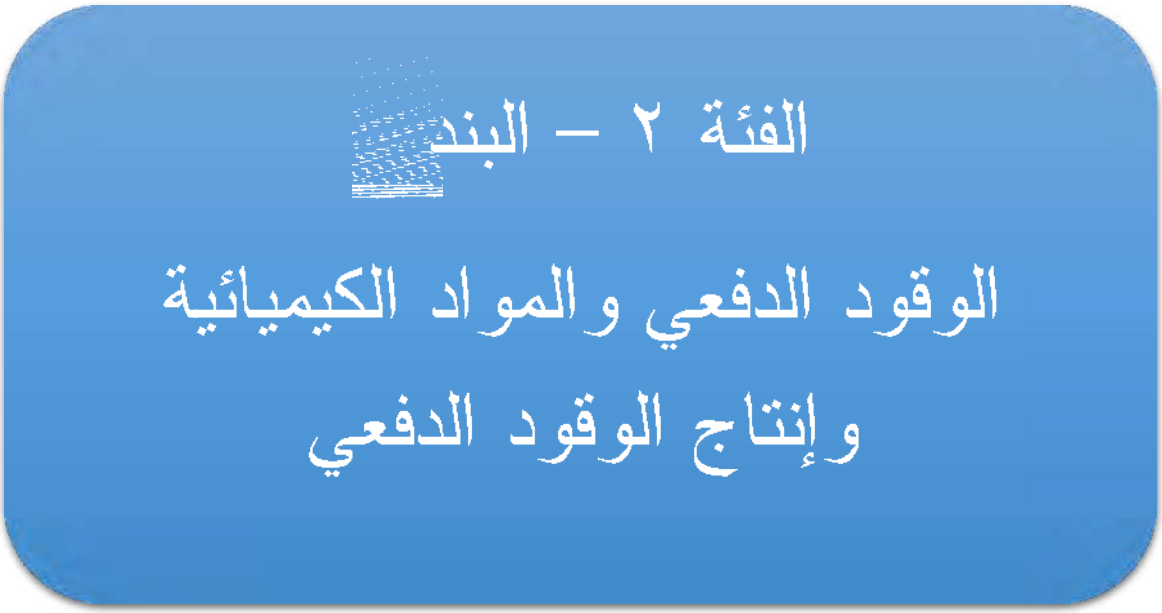

الفئة ٢ – البند
الوقود الدفعي والمواد الكيميائية
وإنتاج الوقود الدفعي

الفئة ٢ – البند ٤: الوقود الدفعي والمواد الكيميائية وإنتاج الوقود الدفعي

٤.أ المعدات والمنظومات والمكونات

لا يوجد.

٤.ب معدات الاختبار والإنتاج

٤.ب.١ "معدات الإنتاج"، والمكونات المصممة خصيصاً لها، لأغراض "إنتاج" أو مناولة أو اختبار قبول الوقود الدفعي السائل أو مكوناته المحددة في البند ٤.ج.

- ألبانيا
- النمسا
- البرازيل
- كندا
- جمهورية التشيك
- فنلندا
- ألمانيا
- دول
- بلجيكا
- كوريا الجنوبية
- بلغاريا
- مالطا
- جنوب أفريقيا
- بيرو
- أوكرانيا
- الإمارات المتحدة

- المملكة المتحدة
- السويد
- سويسرا
- جمهورية سلوفاكيا
- سلوفينيا
- إسبانيا
- سنغافورة
- رومانيا
- البرتغال
- النرويج
- نيوزيلندا
- هولندا
- المجر
- اليونان
- إيران
- إندونيسيا
- أستراليا

الإنتاج المحلي

الطبيعة والغرض: تتوفر المكونات الفردية للمعدات المستخدمة في إنتاج الوقود الدفعي السائل في أي منشأة مخصصة لتصفية البترول أو في المصانع الكيميائية الكبرى. من المكونات التي تندرج تحت هذا الإطار خزانات المُفاعل، والمكثفات، وأعمدة الاسترداد، والسخانات، والمبخرات، ومنظومات الفلترة، وأجهزة التصفيق، والمبردات، وفرازات الغاز، إلى جانب مضخات الطرد المركزي. لا يتم تصميم أي من هذه المكونات كل على حدة لاستخدامها خصيصاً في صناعة الوقود الدفعي. إلا أنها لدى اجتماعها معاً في منشأة مخصصة لإنتاج الوقود الدفعي، يتم تطوير هذه المنشأة بشكل عام لإنتاج نوع خاص من الوقود الدفعي فقط إذ من غير المناسب استخدامها لإنتاج شيء آخر.

تعد التكنولوجيات المستخدمة في صناعة الوقود الدفعي معروفة، بالرغم من أن العديد من الشركات تتبع إجراءات خاصة بها لزيادة إنتاجها إلى أقصى حد، أو لتخفيف نفقاتها إلى أدنى حد أو لإيجاد استخدامات بديلة لمنتجاتها الفرعية.

يتطلب اختبار قبول الوقود الدفعي السائل وجود معدات تحليل متوفرة بشكل شائع في مختبرات ضبط الجودة الكيميائية، بما في ذلك المعدات مثل معدات تحليل ألوان الغاز، ومقاييس طيف الامتصاص الذري، ومقاييس طيف الأشعة تحت الحمراء، ومُسعر التفجير. يمكن استخدام المعدات بشكل عام بدون تعديلات عليها بهدف تحليل الوقود الدفعي السائل الخاص بالصواريخ لقبوله.

طريقة التشغيل: تعتمد طرق الإنتاج الخاصة على نوع الوقود الدفعي الذي يتم صناعته. فالعديد من المكونات المستخدمة في الوقود الدفعي السائل يتم تصنيعها لأغراض تجارية بشكل عام، إلا أنها تتطلب عملية معالجة إضافية لتنقيتها، أو موازنتها، أو تثبيطها، أو مزجها لإضفاء خصائص معينة عليها. على سبيل المثال، يتم استخدام حمض الكبريت أو كربونات المغنيزيوم لتنقية حمض النتريك. عادةً يتم مزج حمض النتريك المخصص للاستخدام التجاري مع الماء للحصول على الهيدرات، يتضمن هذا المزيج ما نسبته من ٥٥% إلى ٧٠% حمض. وهنا تدعو الحاجة لإجراء معالجة كيميائية لفصل الهيدرات لإنتاج ما نسبته من ٩٧% إلى ٩٩% حمض نتريك نقي خالٍ من الماء (لا مائي). لتشكيل حمض النتريك المدخن الأحمر المثبط (IRNFA)، تتم إضافة رباعي أكسيد ثنائي النتروجين (N_2O_4)، إلى حمض النتريك المركز لموازنته منعاً لتحليله السريع، فيما تتم إضافة كميات ضئيلة من فلوريد الهيدروجين (HF) لتخفيف نسبة تآكل الحاويات.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: من المطلوب توفر معدات إنتاج واختبار قبول الوقود الدفعي السائل لتطوير القدرات المحلية الخاصة بصناعة الوقود الدفعي.

الاستخدامات الأخرى: تعتبر المعدات والتكنولوجيات المستخدمة شائعةً ومعروفةً على نطاق واسع في قطاعات إنتاج البترول والكيماويات.

الشكل عند التصنيع: بشكلٍ عام، لا يتم شراء منشآت تصنيع الوقود الدفعي السائل كاملةً ثم يجري تحويلها إلى قطعة واحدة، بل يتم تجميعها من عدة أجزاء من المعدات المستخدمة في العمليات الكيميائية والصناعية. وما لم يتم شحن المحطة كاملةً، هنالك بعض المسائل التي من المحتمل مواجهتها مثل المخططات، والرسومات، والحسابات، ولوائح المعدات المرافقة لتصميم المحطة. كما توجد برمجية متوفرة في الأسواق يمكن للمهندسين الكيميائيين الاستعانة بها لتصميم مثل هذه المنشأة.

الشكل (عند التعبئة): يفرض حجم المعدات المستخدمة في تصنيع الوقود الدفعي تعبئة الآلات صغيرة الحجم في حاويات ماصة للصدمات أو يتم وضعها على منصات نقالة ذات سنادات ويتم فصلها عن الطرود الأخرى. أما المعدات الأكبر حجماً فيتم تفكيكها لدى شحنها ويتم إعادة تجميعها في الموقع حيث تتم تعبئة مكوناتها بشكل منفصل في صناديق أو على منصات نقالة.

٤.ب.٢ "معدات الإنتاج" بخلاف المعدات المبينة في البند ٤.ب.٣، والمكونات المصممة خصيصاً لها، لأغراض إنتاج الوقود الدفعي الصلب أو مكونات الوقود الدفعي المحددة في البند ٤.ج، أو مناولتها، أو مزجها، أو معالجتها، أو صبها، أو كبسها، أو معالجتها آلياً، أو تشكيلها بواسطة البثق، أو اختبار قبولها.

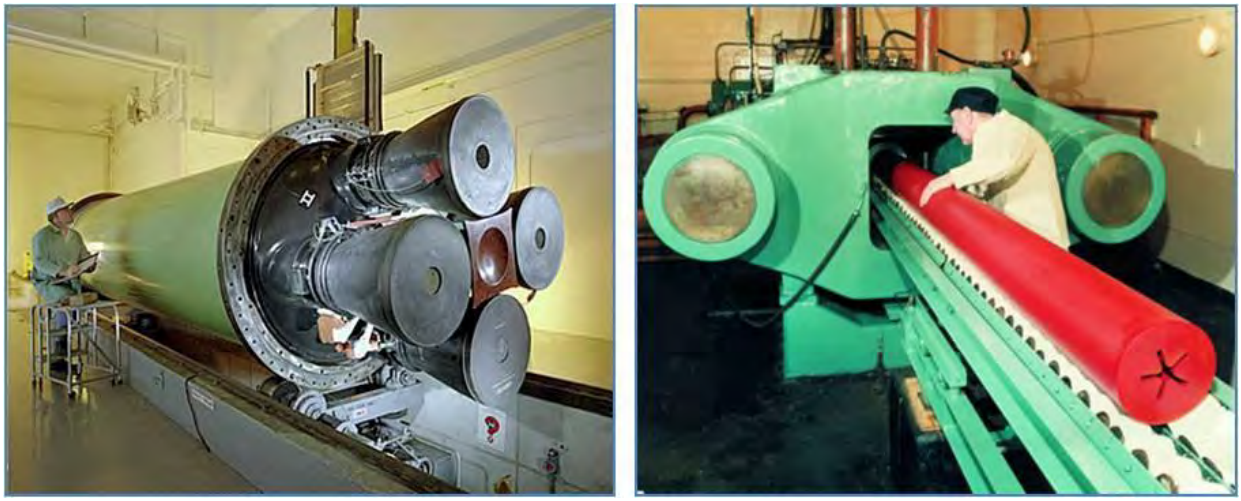
الشكل ٤٨: قالب صب الوقود الدفعي

الطبيعة والغرض: تعتبر المعدات والبنية التحتية اللازمة لإنتاج الوقود الدفعي للصواريخ ذات طبيعة معقدة ومتخصصة. فالمنشآت والمعدات ضروريةٌ لإعداد مكونات الوقود الدفعي على اختلافها، ولخلط الوقود الدفعي والتعامل معه، ولصبه ومعالجته داخل غلاف المحرك، كما أنها ضروريةٌ لتنفيذ العمليات الخاصة الأخرى مثل الضغط، واستخدام الآلات، والتشكيل بالبثق إضافةً إلى إجراء اختبار القبول.

طريقة التشغيل: يتم إنتاج الوقود الدفعي بواسطة واحدة من عمليتين، إما الخلط على دفعات أو الخلط بشكل مستمر. تستخدم معظم برامج القذائف طريقة الخلط على دفعات لصناعة الوقود الدفعي السائل للصواريخ. وبعد استلام وقبول المكونات كل على حدة، تتم إضافة بيركلورات الأمونيوم (AP) في الطواحين العاملة بطاقة الموائع للحصول على حجم الجزيء المطلوب. يتم خلط جميع المكونات بما فيها المادة اللاصقة، وبيركلورات الأمونيوم، والفلزات المعدنية، والمُثبتات، وعوامل المعالجة، ومواد تغيير معدل الاحتراق في خلطات ضخمة لينتج عنها سائل طيني لزج. يتم صب الوقود الدفعي اللزج في غلاف المحرك الصاروخي (الشكل ٤٩)، بحيث يقوم قالب التشكيل بإنشاء حجرة مجوفة نزلاً إلى منتصف المحرك. ثم يتم وضع غلاف المحرك الذي تمت تعبئته في فرن ضخم لمعالجة الوقود الدفعي. خلال عملية المعالجة، يتحول السائل اللزج إلى مادة مطاطي قاسية تسمى حبيبات الوقود الدفعي. ثم يتم بعد ذلك تبريد المحرك الصاروخي الذي يضم داخله الوقود الدفعي المعالج، ويتم نزع القالب، ويتم إنجاز أية عمليات تشذيب أطراف وعمليات تشغيل الآلات النهائية. كما يتم فحص المحركات المنتهية عادةً بواسطة الأشعة السينية (الشكل ٥٠) للتأكد من أن الوقود الدفعي الحبيبي متجانس، وملتق في كل مكان من الغلاف، وخالٍ من الشقوق. كما يجوز استخدام اختبارات غير إتلافيه (NDT) إضافية مثل فحص الحامل الطولاني بواسطة جهاز الصدى النبضي للموجات فوق الصوتية للتحقق من تكامل الخط الرابط بين الغلاف وطبقة العزل.

الشكل ٤٩: وقود دفعي بشكله السائل يتم صبه في أغلفة الصاروخ وسكبه بالشكل المطلوب. يتم تحريك الغلاف بواسطة الرفع الهيدروليكي لإزالة الفقاعات أو العيوب الأخرى. (أيه تي كيه)

خلال عملية الخلط المستمرة، يتم قياس نفس مكونات الوقود الدفعي بشكل مستمر داخل حجرة الخلط، ويتم خلطها، تفريغها بشكل مستمر في المحرك أو الحاويات الأخرى حتى يتم الحصول على كمية الوقود الدفعي المطلوبة. تعتبر طريقة الخلط هذه صعبةً للغاية بسبب صعوبة القياس الدقيق للكميات الصغيرة لبعض المكونات مثل عوامل المعالجة المطلوبة لبعض خلائط الوقود الدفعي. بالتالي لا يتم استخدام طريقة المعالجة المستمرة على نطاقٍ واسع.



الشكل ٥٠: فحص المحركات المنتهية بواسطة الأشعة السينية للتأكد من أن الوقود الدفعي الحبيبي متجانس. وملتصق بالغلاف، وخالٍ من التشققات وغيرها من العيوب. (أيه تي كيه)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تساعد الأنواع الجيدة من الوقود الدفعي الصلب في تحسين مدى القذيفة وحمولتها. فكل دولة تحتاج إلى وجود معدات إنتاج الوقود الدفعي الصلب إلى جانب معدات اختبار القبول لتطوير قدراتها الوطنية لإنتاج الوقود الدفعي للقذائف الصاروخية العاملة بمحركات.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد

الشكل (عند التصنيع): تستخدم أجهزة متخصصة لصب الوقود الدفعي بواسطة التفريغ الهوائي، وذلك من خلال إزالة الهواء من الوقود الدفعي بمجرد صبه في غلاف المحرك الصاروخي. يتنوع حجم هذه الأجهزة تبعاً لحجم المحرك الصاروخي، إلا أن مبدأ تشغيلها واحد. يبين الشكل ٤ المعدات والعملية الخاصة بالمحركات صغيرة الحجم. يتم صب الوقود الدفعي من وعاء الخلط داخل قمع صب ضخم يتم وصله بالمحرك الصاروخي. في حين يقوم صمام ضخم موجود في عنق القمع بعزل المحرك بواسطة تفريغ الهواء عن الظروف الجوية المحيطة. وبمجرد امتلاء قمع الصب بالوقود الدفعي، يتم فتح الصمام ببطء للسماح للوقود الدفعي بالتدفق داخل غلاف المحرك الصاروخي. يتم صب الوقود أحياناً في حفرة مخصصة للصب/المعالجة،

الشكل ٥١: معدات خلط ذات قاعدة مزدوجة للمزيج اللزج المصبوب في المحركات الصغيرة. (بريتيش أيروسبيس ليمتد).

وهي عبارة عن هيكل اسمنتي موجود تحت الأرض ومتصل بملفات تسخين. كما يتم إخلاء كامل الحفرة قبل البدء بعمليات صب الوقود. حالها كحال معدات الوقود الدفعي المتخصصة الأخرى، يتم بناء معدات الصب عموماً في الموقع، ويعتمد حجمها على حجم المحرك وطريقة تنفيذ عملية الصب.

تمتلك معدات المعالجة أحجاماً مختلفة تتراوح بين أفران التسخين الضخمة العاملة بالكهرباء أو البخار، والأبنية الضخمة المسخنة. ولا تعد هذه المعدات متخصصةً بشكل خاص نظراً لبساطة العملية، والتي تتطلب رفع درجة حرارة المحرك فقط لفترة زمنية معينة. من جهةٍ أخرى، يتم بناء حفر الصب/المعالجة الضخمة في مواقع المنشآت بشكل دائم.

هنالك وجه تشابه بين المعدات المستخدمة في اختبار قبول دفعات الوقود الدفعي وتلك المستخدمة في الكيمياء التحليلية

أو مختبرات اختبار المواد. تستخدم هذه المعدات لتنفيذ الاختبار الكيميائي بهدف التحقق من صحة المكونات، ولحرق كميات صغيرة من الوقود الدفعي، أو للاختبار المحركات الفرعية بهدف التحقق من معدل الاحتراق، وأيضاً اختبار الشد بُغية التأكد من امتلاك الوقود الدفعي الخصائص المادية التي يتطلبها تصميم المحرك الصاروخي.

أما التشغيل الآلي لأسطح الوقود الدفعي الصلب فيتم عموماً بواسطة آلات قص ضخمة يتم تعديلها بشكل خاص لتتناسب مع أخطار السلامة المرافقة للوقود الدفعي الصلب. فالعديد من أنواع هذه الآلات يتم بناؤها بشكل خاص لمحركات صاروخية معينة.

تعتبر حبيبات الوقود الدفعي الصلب المخصص للمحركات الصاروخية الضخمة موضوع الدراسة عادةً ضخمةً للغاية ليتم التعامل معها بشكل مباشر من قبل مُشغل آلة البثق. إلا أن بعض الوقود الدفعي المذكور في نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف يتم تشكيله بالبثق خلال خطوة معالجة أولية. تقتصر عملية البثق على حبيبات الوقود الدفعي التي يقل قطرها عن ٠,٣ م والتي يتم استخدامها بشكل أكبر في القذائف التكتيكية من نوع الجو –جو، أرض جو، جو أرض.

الشكل (عند التعبئة): يفرض حجم المعدات المستخدمة في تصنيع الوقود الدفعي تعبئة الآلات صغيرة الحجم في حاويات ماصة للصدمات أو يتم وضعها على منصات نقالة ذات سنادات ويتم فصلها عن الطرود الأخرى. أما المعدات الأكبر حجماً فيتم تفكيكها لدى شحنها ويتم إعادة تجميعها في الموقع حيث تتم تعبئة مكوناتها بشكل منفصل في صناديق أو على منصات نقالة.

٤.ب.٣المعدات على النحو التالي، والمكونات المصممة خصيصاً لها:

أ. خلاط الدفعات المصمم للخلط بواسطة التفريغ في مدى يبلغ من صفر إلى ١٣,٣٢٦ كيلو باسكال؛ والقادرة على التحكم في درجة الحرارة في حجرة الخلط ويمتلك جميع المواصفات التالية:

1. يمتلك سعة حجمية إجمالية تبلغ ١١٠ لترات أو أكثر؛ و
2. يمتلك ساق واحدة على الأقل لتنفيذ عمليات الخلط والعجن يتم تركيبها بعيداً عن مركزه.

ملاحظة:

في البند ٤.ب.٣.أ.٢، لا يشير المصطلح "ساق الخلط/العجن" إلى "معدات التفكيك/التقطيع".

ب. الخلاطات التي تعمل بشكل متواصل المصممة للخلط بواسطة التفريغ في مدى يبلغ من صفر إلى ١٣,٣٢٦ كيلو باسكال والقادرة على التحكم في درجة الحرارة في حجرة الخلط؛ وتمتلك المواصفات التالية:

1. تمتلك ساقان أو أكثر للعجن؛ أو
2. ساق دوارة واحدة وعمود نبذبة مزودة بأسنان/دبابيس، وأسنان/دبابيس العجن داخل غطاء حجرة الخلط.

الطبيعة والغرض: تمتاز خلاطات الدفعات بأنها آلات خلط قوية مخصصة لخلط كميات من المواد اللزجة للغاية. وقد استوحيت فكرتها من الآلات المستخدمة في عجين الخبز. أما الهدف منها فيتمثل في خلط السوائل والبودرة مختلفة الكثافات لتشكيل مزيج موحد.

أما الخلاطات التي تعمل بشكل متواصل فهي تمتاز بكونها آلات خلط قوية تعمل بطريقة التدفق المستمر. فهي تقوم بخلط كميات أكبر من خلطات الدفعات وتقوم بإنتاج كميات أكبر منها.

طريقة التشغيل: تعمل خلطات الدفعات بطريقة مشابهة لعمل الخلطات المنزلية التي تعمل بالطاقة الكهربائية. إذ يعمل الوعاء على حفظ المكونات التي تتم إضافتها بشكل تسلسلي في حين تقوم الشفرات الدوارة بمزج الخليط كله مع بعضه البعض. ويتم التحكم بدرجة الحرارة وتقوم الخلاطات بالتفريغ بواسطة إحاطة الوعاء بقميص مائي وتغطيته بواسطة غطاء محكم الإغلاق (الشكل ٥٢).

تقوم الخلاطات التي تعمل بشكل متواصل بإدخال جميع المكونات إلى منطقة الخلط في آنٍ واحد وبنسب صحيحة. وبدورها تقوم ساق الخلط/العجن بخلط التدفق المستمر للسائل والبودرة بشكل دقيق، ليتم بعدها تفريغ المزيج الموحد بشكل تدريجي من أنبوب ضخم على شكل سائل لزج متدفق بشكل ثابت.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: يتم استخدام خلاطات الدفعات والخلاطات التي تعمل بشكل متواصل لخلط كميات دقيقة من مكونات الوقود الدفعي السائلة والتي تكون على شكل بودرة لتشكيل خليط موحد. يحترق هذا الخليط بشكل عنيف في حال اشتعاله.

الشكل (٥٢): وعاء خلط وقود دفعي كوكبي سعة ٤٢٠ غالون. (أيه تي كيه)

لذلك من الهام مراعاة إجراءات السلامة. يتم لاحقاً صب المزيج الناتج ومعالجته ضمن عملية أخرى تهدف إلى تشكيل مادة مطاطية مركبة تقوم مقام الوقود الدفعي الذي يستخدم في المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب.

الاستخدامات الأخرى: يجوز استخدام خلاطات الدفعات والخلاطات التي تعمل بشكل مستمر كلما تطلب الأمر استخدام خلاطات الدفعات والخلاطات التي تعمل بشكل متواصل لإنتاج مزيج لزج. من ناحية أخرى، لا يتطلب التطبيق التجاري لهذه الخلاطات وجود قدرات للتحكم بدرجة الحرارة والتفريغ المحددة في البند ٤.ب.٣.

الشكل (عند التصنيع): يعد وعاء الخلط من أبرز مكونات خلاط الدفعات إلى جانب مجموعة شفرات الخلط. يأتي وعاء الخلط النموذجي بعمق يتراوح بين ٠,٧٥ م إلى ١,٥ م في حين يبلغ قطره بين ١ إلى ٢ م وفق ما هو مبين في الشكل ٥٣، إلا أن حجمه يمكن أن يكون أكبر بكثير بالنسبة للخلاطات التي تزيد سعتها عن ٤٥٠ غالون (١,٧٠٠ لتر). تتضمن هذه الخلاطات جداراً مزدوجاً، يتم صناعة الجدار الداخلي منها من الفولاذ الذي لا يصدأ شديد اللمعان، أما الجدار الخارجي فيصنع عموماً من الفولاذ المشكل على البارد، ويتم طلاؤه في بعض الأحيان. أما المسافة الفاصلة بين الجدران فتستخدم لوضع سترة المياه الساخنة/الباردة أو سترة التسخين/التبريد. يمتلك الجدار الخارجي صمامان مخصصان لتوصيل خراطيم مياه الإدخال/الإخراج. كما يتم لحام الوعاء بشكلٍ عام على صفيحة فولاذية سميكة تتخذ شكلاً مستطيلاً وتمتلك عجلات في كل زاوية. ونظراً لأنه من الممكن أن تتشكل الأخاديد في العجلات، يمكن وضع منظومة الوعاء على قضبان لسهولة الحركة.

الشكل ٥٣: وقود دفعي صلب يتم خلطه في خلاط كوكبي أفقي سعة ٦٠٠ غالون. (أيوكول كورب)

في بعض الأحيان يتم تشكيل الإطار العلوي من الوعاء بواسطة الآلات على شكل سطح مسطح فيه أخدود ليتلاءم مع (الحشية) التي تكون دائرية على شكل حرف أو، وفي أحيانٍ أخرى يتم تزويد رأس الخلط بأخدود أو أكثر من هذه الأخاديد. يتمثل الغرض من وجود الحلقة الدائرية على شكل حرف أو توفير مانع تسرب أثناء القيام بعملية الخلط بواسطة التفريغ. تتألف منظومة الشفرات من شفرتان أو ثلاثة بحجم ضخم، مصنوعة كذلك من الفولاذ الذي لا يصدأ شديد اللمعان. فضلاً عن ذلك، تستخدم معظم المنظومات شفرات ذات ريش معقوفة عندما تتضمن إحدى الشفرات في بعض الأحيان فتحة. بالمقابل تستخدم المنظومات الأخرى شفرات تشبه بشكلها بريمة سحب السدادات. وعلى الرغم من أن هذا الأمر لا يتضح جلياً من إعدادات الشحن، إلا أن منظومة الشفرات تعمل بطريقة "كوكبية"، أي أن الشفرة المركزية تدور في وضعٍ ثابت، في حين تدور الشفرة أو الشفرتان المتبقيتان حول محوريهما كما أنهما تدوران حول الشفرة المركزية الثابتة. أما المكونات المتبقية للخلاط فتتضمن المحرك الكهربائي، ومجموعة المسننات، ورأس الخلاط، وهيكل الدعم.

الشكل (عند التعبئة): يجوز شحن الخلاطات على شكل وحدات كاملة أو على شكل مكونات. وحالها كحال الأجهزة الدقيقة التي تعمل بواسطة الآلات، يتم تعبئة شفرات الخلاط لحمايتها من التلف ومن بيئة الشحن. ومن المرجح جمعها مع رأس الخلاط ومنظومة الإطار وتعبئتها في صناديق مغلقة بإحكام تتضمن مادة عازلة ماصة للصدمات الناتجة أثناء الشحن. تعتبر أوعية الخلط من المعدات ضخمة الحجم، وثقيلة الوزن ومن المرجح شحنها في صناديق خشبية ضخمة تتسم بقوتها. حيث يتم توصيلها إلى الصناديق بشكل آمن منعاً لتعرضها للتلف. في حين لا تتضمن هذه الصناديق أية خصائص أو علامات مميزة.

٤.ب.٣.ج الطواحين العاملة بطاقة الموائع والصالحة للاستخدام في جرش أو طحن المواد المحددة في البند ٤.ج.

الطبيعة والغرض: تستخدم الطواحين العاملة بطاقة الموائع (يشار إليها غالباً باسم الطواحين النفاثة) الهواء عالي الضغط أو الغاز الخامل لدفع الجسيمات للتأثير على بعضها البعض. تعمل هذه التأثيرات على تفتيت المواد إلى قطع صغيرة إلى أن يتم الحصول على أصغر حجم من الجسيمات. في حين تخرج الجسيمات الأصغر حجماً من الطاحونة لتواصل الجسيمات الكبيرة عملية الطحن. ينتج لدينا منتج مطحون بتوزيع حجمي صغير جداً حيث يبلغ حجم الجسيم النموذجي أقل من ٢٠ ميكرون. وتعد عملية الحصول على أحجام الجسيمات ضمن هذا المدى صعبةً للغاية بواسطة عمليات الطحن الميكانيكي التي تمتلك الجسيمات الناتجة عنها حجماً بحد أدنى يبلغ ٤٤ ميكرون (قياس عيون شبكة المنخل ٣٢٥). فضلاً عن ذلك، تعتبر الطواحين العاملة بطاقة الموائع أكثر أماناً لطحن المواد المتفجرة مثل متفجرات رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي (HMX) وثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين الحلقي (RDX).

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تنتج الطواحين العاملة بطاقة الموائع بودرة دقيقة الحبيبات مثل بيركلورات الأمونيوم أو رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي (HMX) أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين الحلقي (RDX) التي تستخدم بمثابة مواد مؤكسدة أو مواد تغيير معدل الاحتراق للوقود الدفعي الصلب.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم الطواحين العاملة بطاقة الموائع كذلك الأمر في صناعات الأغذية، والصناعات الدوائية، والتعدين، وصباغ الطلاء.

الشكل (عند التعبئة): تعتبر الطواحين العاملة بطاقة الموائع أجهزةً بسيطةً للغاية بدون أجزاء متحركة. يأتي معظمها بشكل مسطح أسطواني مصنوع من الفولاذ الذي لا يصدأ، حيث يبلغ طولها من 7 إلى 10 سم وقطرها من 7 إلى 40 سم. كما تمتلك مأخذاً ومخرجاً لتوصيل المعدات الثانوية مثل نطاطات الإمداد، ومأخذ الغاز وأجهزة الفصل الدوامية للمنتجات التي تعمل على فصل المنتج المطحون عن مجرى الغاز.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن الطواحين العاملة بطاقة الموائع (الشكل 54) بشكلٍ عام في صناديق خشبية تحتوي على رغوة أو مواد تعبئة تستخدم في حمايتها أثناء الشحن. ولا يشترط أن تكون الصناديق مميزة.

الشكل ٤٥: أمثلة مختلفة عن الطواحين العاملة بطاقة الموائع. (شركة ذا بولفيرايزر)

٤.ب.٣.د. "معدات إنتاج" المسحوق الفلزي المستخدم في "إنتاج" المواد الكروية أو شبه الكروية، أو المواد المحولة إلى ذرات المحددة في البنود ٤.ج.٢.ج، ٤.ج.٢.د أو ٤.ج.٢.هـ في بيئة خاضعة للمراقبة.

ملاحظة:

يشتمل البند ٤.ب.٣.د على ما يلي:

أ- مولدات البلازما (منفث قوسي ذو تردد عالي) للحصول على مساحيق فلزية مشكلة بالنفث أو كروية مع تنظيم العملية في بيئة ماء – أرغون؛

ب- معدات الدفق الكهربائي التي يمكن استخدامها للحصول على مساحيق فلزية مشكلة بالنفث أو كروية مع تنظيم العملية في بيئة ماء – أرغون؛

ج- معدات يمكن استخدامها لأغراض "إنتاج" مساحيق الألمنيوم الكروي بسحق صهارة في وسط خامل (مثل النيتروجين).

الملاحظات:

1. الخلطات الوحيدة من بين خلطات العبوات والخلطات التي تعمل بشكل متواصل، التي يمكن استخدامها لأجل الوقود الدفعي الصلب، أو مكونات الوقود الدفعي المحددة في ٤.ج، والطواحين العاملة بطاقة الموائع المحددة في البند ٤.ب، هي الخلطات المحددة في البند ٤.ب.٣.

2. ينبغي تقييم أشكال "معدات إنتاج" المسحوق الفلزي غير المحددة في البند ٤.ب.٣.د وفق البند ٤.ب.٢.

طريقة التشغيل: من أكثر الطرق شيوعاً لإنتاج المساحيق الفلزية الناعمة لاستخدامها كمكونات في الوقود الدفعي الخاص بالقذائف عملية المعدن المنصهر باستخدام المعدات المتخصصة المحددة في البند ٤.ب.٣.د أعلاه. تسمى هذه العملية أيضاً باسم (التزذيذ بواسطة الغازات) وهي مستخدمة على نطاق جيد ويمكن استخدامها لإنتاج كميات ضخمة من الفلزات المعدنية وتحقيق وفورات في التكلفة. تعتبر كل من طرق مولد البلازما والتفجير الكهربائي من الطرق التي تم تطبيقها حديثاً، وهي لا تستخدم على نطاق واسع في برامج الإنتاج. فهي تعتبر حالياً من ضمن العمليات المخبرية أو عمليات البحث والتطوير، حيث يتم تطوير عملية المعدن المنصهر بشكلٍ كامل لاستخدامها في تطبيقات الإنتاج واسعة النطاق

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم المعدات المخصصة لإنتاج المسحوق الفلزي المحول إلى ذرات أو الكروي لإنتاج مساحيق فلزية موحدة دقيقة الحبيبات والتي يتم استخدامها بدورها لتكون ضمن مكونات الوقود الدفعي الصلب والسائل للصواريخ. يستخدم المسحوق الفلزي لتحسين خصائص أداء اللآلة المحركة/المحرك. حيث يعتبر المسحوق الفلزي من أهم المكونات الحديثة التي تتكون منها محركات الوقود العاملة بالوقود الدفعي. إذ يوفر المسحوق الفلزي المحول إلى ذرات أو الكروي المستخدم في الوقود الدفعي الخاص بالقذائف قوة دفع أكبر ما ينتج عنها تسحين مدى وحمولة القذيفة.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام المسحوق الفلزي المحول إلى ذرات أو الكروي لإنتاج المساحيق الفلزية لأي من التطبيقات التجارية، بدايةً من الأصباغ الموجودة في الطلاءات المعدنية وصولاً إلى المواد الأولية الخاصة بآلات التصنيع المضاف.

الشكل (عند التصنيع): يتم تجميع المعدات المخصصة لإنتاج المسحوق الفلزي المحول إلى ذرات أو الكروي وفق الطريقة المذكورة أعلاه بشكلٍ جاهز بالنسبة للمعدات الصناعية المعروفة. حيث تتضمن المعدات فرن تذويب المواد، إلى جانب منظومة البخاخ/الفوهة/البوتقة التي تقوم بحقن المعدن في الخزان، وهو عبارة عن خزان مبرد ضخم يتم رش المعدن السائل فيه؛ إلى جانب مضخة موصولة بالخزان للتخلص من الهواء، فضلاً عن نظام تعبئة الغاز الخامل (مثال الخزانات والصمام)، إلى جانب وحدة فصل الدوامية؛ ومُجمع الأتربة وخزان تخزين المنتج.

الشكل (عند التعبئة): لا يتم شحن معدات المسحوق الفلزي المحول إلى ذرات أو الكروي كوحدة واحدة، بل يتم تفكيك مكوناتها، وتعبئتها وشحنها حالها حال معظم المعدات الصناعية. أما الأصغر حجماً فيتم وضعها في صناديق أو علب ويتم إغلاقها بإحكام ووضعها على منصة نقالة. أما الخزان فيتم وضعه في صندوق لحمايته من التبعاج. أما فوهات البخاخ فيتم تعبئتها بشكل منفصل ويتم تعبئتها بشكل منفصل في صناديق.

٤.ج المواد

٤.ج.١ الوقود الدفعي المركب والمركب المعدل ثنائي القاعدة.

الشكل ٥٥: وقود دفعي مركب مخصص للاستخدام مع المحركات الصاروخية (دايسل كيميكال اندستريز ليمتد)

الطبيعة والغرض: يعد الوقود الدفعي المركب خليطاً منفصلاً مكوناً من مادة مؤكسدة ووقود، كلاهما سوائل حبيبية صلبة، (مثال، البودرة أو البلورات)، الذين يتم جمعهما معاً بواسطة مادة مطاطية تسمى المادة اللاصقة (الشكل ٥٥). فهي توفر وقوداً دفعياً مستقراً كيميائياً، متيناً من الناحية البنيوية، قابلاً للتخزين، عالي الأداء صلباً للمحركات الصاروخية. أما الوقود الدفعي المعدل المركب ثنائي القاعدة (CMBD) فإما يكون وقوداً دفعياً مركباً متضمناً مكونات ثنائية القاعدة، أو وقوداً دفعياً ثنائي القاعدة مضافاً إليه بعض المكونات. يمكن استخدام المصطلح "الوقود الدفعي المعدل المركب ثنائي القاعدة" أيضاً للإشارة إلى الوقود الدفعي المركب الذي تكون فيه المادة اللاصقة نوعاً من المواد عالية الطاقة ثنائية القاعدة. من جهةٍ أخرى، تتألف المواد ثنائية القاعدة بشكلٍ رئيسي من الوقود والمادة المؤكسدة في مختلف أجزاء نفس الجزيء، مثل النيتروسليلوز والنتروجليسرين.

طريقة التشغيل: يتم خلط المواد اللاصقة، والوقود، والمواد المؤكسدة وفق النسب المحددة ويتم صبها (يتم سكبها ثم يتم جعلها صلبة) مباشرةً في أغلفة المحركات الصاروخية أو في قالب مخصص لإدخال المواد إلى الغلاف (يتم تحميل خرطوشة). بالنسبة لكلتا الطريقتين، تتم الإشارة إلى الكتلة أسطوانية الشكل للوقود الدفعي الصلب باسم الوقود الدفعي الحبيبي. وفي داخل المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الصلب، تمتلك الحبيبات عادةً منطقةً مركزيةً مفتوحة يحدث الاحتراق فيها. وعلى نحوٍ بديل، يوجد هنالك حبيبات الاحتراق النهائي. عند اشتعاله، يقوم الوقود الدفعي الحبيبي بحرق منطقة سطحه المكشوفة (الداخلية أو الطرفية فقط)، في حين يلتصق الجزء الخارجي لحبيبات في الغلاف لتفادي الاحتراق

على سطحه الخارجي. لتكون النتيجة إنتاج غازات عادم تتسم بضغطها العالي، ودرجة حرارتها العالية والتي تقوم بالخروج عند السرعات العالية لتوفير قوة الدفع. وبمجرد اشتعاله، لا يمكن خنق الوقود الدفعي الصلب أو إطفاؤه بسهولة لأنه يحترق بدون وجود هواء وفي درجات الحرارة المرتفعة للغاية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يتم استخدام الوقود الدفعي المركب والوقود الدفعي المعدل المركب ثنائي القاعدة لتوفير طاقة الدفع للعديد من نظم الصواريخ بما في ذلك مراحل القذائف التسيارية ومركبات الإطلاق الفضائية، والمحركات المعززة الخاصة في إطلاق القذائف المانسيابية وغيرها من المركبات الجوية غير المأهولة.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام الوقود الدفعي الصلب كذلك الأمر، على نطاق أصغر، في القذائف التكتيكية وفي بعض الأحيان مع الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية. فضلاً عن ذلك، تم في بعض الأحيان إنجاز عمليات الانتقال من مدار النقل الأرضي التزامني (GTO) إلى المدار الثابت بالنسبة للأرض (GEO) باستخدام الوقود الدفعي الصلب مع "محركات الدفع الأوجية". كما تضمنت تطبيقات المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب في مجال الفضاء الهبوط على سطح القمر (جهاز المسح سيركا ١٩٦٥)، والدخول إلى مدار كوكب الزهرة (المسبار ماجيلان ١٩٨٩).

الشكل (عند التصنيع): عادةً يتم صب الوقود الدفعي الصلب على شكل حبيبات بعد فترة قصيرة من عملية الخلط، بالتالي يكون الشكل المُصنع إما حبيبي فقط أو حبيبي يتشكل داخل غلاف المحرك الصاروخي الأسطواني، يتضمن الأخير عادةً فوهةً مخروطية الشكل في أحد طرفيه ما يجعل المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الصلب كاملاً. ولدى النظر في الوقود الحبيبي لوحده فقط، يعتبر الوقود الدفعي المركب والوقود الدفعي المعدل المركب ثنائي القاعدة مادةً قاسيةً مطاطية تشبه في شكلها إطارات السيارات من حيث البنية والشكل (الشكل ٥٦). ولدى إضافة مكونات مثل الألمنيوم أو مسحوق فلزي آخر، سيتحول لون المادة إلى رمادي غامق، لكن، لدى إضافة مواد مضافة أخرى، التي تتم إضافتها للتحكم بالخصائص التسيارية والميكانيكية، وأيضاً لضمان الاستقرار الكيميائي، يمكن أن يتحول لون المادة إلى لون منوع (يتراوح بين الأحمر للأخضر أو البني للأسود).

الشكل (عند التعبئة): بمجرد خلط مكونات الوقود الدفعي معاً، يتم صبها بشكل مباشر في غلاف المحرك (الذي يكون عادةً نفسه الجدار الخارجي لمرحلة القذيفة) كما يتم تصليبها لتصبح مادة مؤلفة من قطعة واحدة لتشكل حبيبات متكاملة داخل غلاف المحرك. بالتالي، يتم شحن الوقود الدفعي فقط بوصفه المكون الداخلي الرئيسي في المحرك الصاروخي المحمل، وعادةً لا يوجد بشكل منفصل عن غلاف المحرك. هنالك استثناءات تتعلق في النظم المحملة بخراطيش والتي تناسب الوقود الدفعي الموجود في غلاف المحرك، وعادةً ما يتم تنفيذ هذه العمليات مع المحركات صغيرة الحجم.

الشكل ٥٦: عينة من الوقود الدفعي المركب ثنائي القاعدة للمحركات الصاروخية. (بايرن كيمي جي ام بي اتش).

أما بالنسبة للوقود الدفعي الخاص بالمحركات الصاروخية المستخدمة في المركبات الفضائية، تدعو الحاجة إلى مضاعفة جودة الوقود الدفعي الخاص بها تبعاً لكتلة الغلاف. بالتالي، تبدو هذه المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الصلب بشكل دائري عوضاً عن الشكل الأسطواني لأن أدوات الديناميكية الهوائية غير مستخدمة في الفضاء (لا يعتبر طولها أو ضيقها ميزة).

معلومات إضافية: تعتبر بودرة الألمنيوم من أكثر المكونات الشائع استخدامها مع الوقود الدفعي المركب، والتي تعتبر ذات أداء أفضل وأسهل استخداماً من غيرها من المساحيق الفلزية التي يمكن استخدامها. أما المادة المؤكسدة التي تعبر الخيار الأفضل معه فهي بيركلورات الأمونيوم، كما يمكن استخدام مواد مؤكسدة أخرى مثل البيركلورات المعدنية التي لا تتكون من الألمنيوم مثل نترات الأمونيوم (AN) وديناميتر اميد الأمونيوم (ADN).

من مزايا استخدام البيركلورات المعدنية أو نترات الأمونيوم بأنها تخفض الأداء إلى حد كبير وبالتالي تتمتع باستخدامات محدودة فقط في الوقود الدفعي المتخصص. أما دينيترا اميد الأمونيوم فيعتبر مادةً مؤكسدةً أحدث من نترات الأمونيوم، فضلاً عن أن أداءها أفضل منها، إلا أن توفرها محدود كما أن التعامل معها أصعب. كما يمكن استخدام المواد شديدة التفجير مثل رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي (HMX) وثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين الحلقي (RDX) كمساعد لبيركلورات الأمونيوم لتحسين أداء الوقود الدفعي. عادةً ما يتم استخدام المطاط الصناعي كمادة لاصقة مع الوقود الدفعي المركب، في حين تعتبر مادة البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي (HTPB). أفضلها على الإطلاق. أما المواد اللاصقة الأخرى التي يمكن استخدامها فهي البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي (CTPB)، أو متعدد البوتاديلين – حمض الأكريليك (PBAA)، أو متعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل (PBAN). فضلاً عن ذلك، يمكن استخدام البوليسترات الصناعية والبولي إثيرات مثل غليكول البولي بروبيلين كواد للاصقة. في حين أن الوقود الدفعي المعدل المركب ثنائي القاعدة يستخدم أيضاً النيترو سليلوز المُلدن بواسطة النيترو غليسرين أو غيرها من استرات النترجة كمادة لاصقة.

.

4.ج.2 مواد الوقود على النحو التالي:

أ- مادة ليدرازين (CAS 203-01-2) بتركيز وزني 07%؛

ب- مشتقات ليدرازين على النحو التالي:

1. ليدرازين أحادي الميثيل (MMH) رقم المستخلص الكيميائي: 07-43-3(
2. ليدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل (UDMH) رقم المستخلص الكيميائي: 70-43-0(؛
3. أحاديترات ليدرازين (رقم المستخلص الكيميائي: 44303-70-0(؛
3. ليدرازين ثلاثي الميثيل (رقم المستخلص الكيميائي: 4034-74-4)
5. بارا ميثيل ليدرازين (رقم المستخلص الكيميائي: 0347-42-7)
6. ن، ن ثنائي ليدرازين (رقم المستخلص الكيميائي: 7403-44-3)
0. أزيد ليدرازين (رقم المستخلص الكيميائي: 0322-07-7)
8. ميثيل نيترات ليدرازين (رقم المستخلص الكيميائي: 0707-77-7)
9. ليدرازين أحادي الميثيل الثنائي التيرات؛
11. تيرات ليدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل؛
11. أزيد ليدرازينيوم (رقم المستخلص الكيميائي: 43730-33-2)
11. 1.أزيد ليدرازينيوم ثنائي الميثيل (رقم المستخلص الكيميائي: 220777-72-3)
1.2أزيد ليدرازينيوم ثنائي الميثيل (رقم المستخلص الكيميائي: 277400-77-0)
44. نيترات ليدرازينيوم (رقم المستخلص الكيميائي: 44303-77-0(؛
43. ليدرازين ميدو حمض الأكساليك (رقم المستخلص الكيميائي: 4370-40-2(؛
47. ثنائي تيرات ليدروكسي إيثيل ليدرازين (HEHN)
40. بيركلورات ليدرازينيوم (رقم المستخلص الكيميائي: 20707-73-0)
40. بيركلورات ليدرازينيوم (رقم المستخلص الكيميائي: 44742-47-7)
47. تيرات ميثيل ليدرازين (MHN) رقم المستخلص الكيميائي: 27003-70-2)
47. 1.تيرات ثنائي إيثيل ليدرازين (DEHN)
2.تيرات ثنائي إيثيل ليدرازين (DEHN) رقم المستخلص الكيميائي: 404374-40-2(
27. تيرات 4.0 - ليدرازينيوترازين (DHTN)

ملاحظة فنية:

يطبق أيضاً على تيرات 4.0 - ليدرازينيوترازين كذلك بمسمى تيرات 4.3 ليدرازينو.

الطبيعة والغرض: يعتبر الهيدرازين، والهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل من أنواع الوقود السائل المستخدمة مع الصواريخ. إذ يتم استخدامها مع مجموعة متنوعة من المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي التي تتطلب أداءً عالياً وفترات تخزين طويلة. يشار إلى هذه الأنواع الثلاثة من الوقود باسم "الوقود القابل للتخزين" لأنها تبقى سائلة وفق درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي (على خلاف وقود الهيدروجين السائل على سبيل المثال). يستخدم الهيدرازين على نطاقٍ واسع كوقود دفعي أحادي (بدون مادة مؤكسدة) وذلك عن طريق تفكيكه بواسطة الغازات الساخنة (الهيدروجين، والنتروجين والأمونيا) بواسطة مادة محفزة. من جهةٍ أخرى، يتم خلط الهيدرازين مع وقود الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل بُغية تحسين الاداء.

طريقة التشغيل: يعد الهيدروجين أحد أفراد عائلة الوقود تلقائي الاشتعال (ذاتي الاشتعال) لدى اتصاله مع المواد المؤكسدة مثل رباعي أكسيد النتروجين، أو حمض النتريك، أو الكلورين، أو الفلورين. ولدى استخدامه مع نظام وقود دفعي ثنائي، يتحرر الهيدرازين من حوالي نصف طاقته من خلال التفكك إلى غاز ساخن والنصف الأخر من خلال حرق الهيدروجين مع المادة المؤكسدة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يشار إلى الهيدرازين الصافي (N_2H_4) في بعض الأحيان باسم "الهيدرازين الصرف" بغية تمييزه عن الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل، على سبيل المثال. ونظراً لأن الهيدرازين يتمتع بأداء طاقة أعلى من الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل، فهو يتجمد أسرع من الماء. يعتبر الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل من أنواع الوقود التي يفضل استخدامها مع القذائف لأنها أكثر ثباتاً عند الاحتراق ولأنها تبقى سائلة في نطاق درجات حرارة أعلى بكثير، مثال من ناقص ٥٠ درجة مئوية إلى زائد ٧٠ درجة مئوية. من شأن إضافة الهيدرازين مع الخلائط تحسين أداء الطاقة دون التضحية بنطاق درجة حرارة التخزين. كما يمكن استخدام المواد الأخرى المدرجة في البند ٤.ج.٢.ب من نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف مع خلائط الوقود لأسباب عدة.

يستخدم الهيدرازين والهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل على نطاق واسع مع رباعي أكسيد ثنائي النتروجين (N_2O_4 أو "NTO") في محركات الصواريخ التي تعمل بوقود دفعي ثنائي. هنالك أحد الاعتبارات العملية التي ينبغي أن يؤخذ بالحسبان وهو أن النسبة المطلوبة من الهيدرازين أحادي الميثيل ورباعي أكسيد النتروجين تسمح باستخدام خزانات متساوية الحجم مع الوقود والمادة المؤكسدة.

ينتج عن تفاعلات أنواع الهيدرازين الميثيلية وغيرها من أنواع الهيدرازين الأليلية مع رباعي أكسيد النتروجين في ظروف مثالية ثاني أكسيد الكربون، وثنائي النتروجين والماء. إلا أن من النادر تحقيق الاحتراق التام، إن وجد، أثناء حدوث عمليات الاحتراق الفعلية في المحركات. لعدة أسباب منها توقيت عمل الصمام والاحتكاك غير المثالي بين الوقود والمادة المؤكسدة وبخاخات الحاقن، لا يكتمل الاحتراق خلال تشغيل الوضع النبضي (التشغيل–إيقاف التشغيل) للمحركات الصاروخية التي تعمل بوقود دفعي ثنائي، المطلوب للمناورة بشكل دقيق. وأيضاً خلال تشغيل الوضع النبضي، يصبح متوسط درجات حرارة الاحتراق أدنى ما يساهم في عدم اكتمال الاحتراق.

الاستخدامات الأخرى: يعتبر الهيدرازين الوقود الدفعي الأكثر انتشاراً حالياً مع منظومات الدفع التحفيزية المستخدمة في المركبات الفضائية للتحكم بالوضع ولتنفيذ عمليات المناورة البسيطة الخاصة بالأقمار الصناعية. إذ تتغير السرعة القوية للأقمار الصناعية التي تستخدم المادة المؤكسدة مع والهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل أو خلائط الوقود التي يدخل الهيدرازين في تركيبتها. كما يستخدم الهيدرازين في الطلاء الإلكتروليتي للمعادن على الزجاج والبلاستيك، وفي الصناعات الدوائية، وخلايا الوقود، والاصباغ، والمواد الكيميائية الفوتوغرافية، والمواد الكيميائية الزراعية، كما يستخدم كمحفز بلمرة ومثبط تآكل في ماء تغذية المراجل (معالجة المياه) وفي ماء المفاعل المبرد. فضلاً عن ذلك، يستخدم الهيدرازين أحادي الميثيل في وحدات الطاقة في حالات الطوارئ الخاصة بالطائرات.

الشكل (عند التصنيع): يعتبر الهيدرازين سائلاً صافياً ويتجمد عند نقطة أعلى من نقطة تجمد الماء، عند ٢ درجة مئوية تقريباً، أما نقطة غليانه العادية فتبلغ ١١٤ درجة مئوية. أما كثافته فهي أعلى من كثافة الماء، إذ تبلغ ١,٠٠٣ غ/سم مكعب. كما أنه يتسبب تهيج الجلد، والعينان، والرئتان، وينطوي على سُمية عالية لدى ابتلاعه. يعتبر الهيدرازين أحادي الميثيل سائلاً صافياً إذ تبلغ نقطة تجمده ٥٢ درجة مئوية، أما نقطة غليانه الطبيعية فتبلغ ٨٨ درجة مئوية. وهي الخصائص التي تجعل منه وقوداً جذاب الاستخدام مع القذائف العسكرية التكتيكية. كما يتمتع بكثافة منخفضة تبلغ ٠,٨٧ غ/سم مكعب وهو كذلك الأمر ينطوي على سُمية عالية. بالمقابل، ينطوي الهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل وهو أيضاً من السوائل الصافية إذ تبلغ نقطة تجمده ٥٧ درجة مئوية، أما نقطة غليانه الطبيعية فتبلغ ٦٢ درجة مئوية. أما كثافته فتبلغ ٠,٧٨ غ/سم مكعب.

الشكل ٥٧: حاوية شحن هيدرازين لا مائي سعة ٣٤ غالون مصنوعة من الفولاذ الذي لا يصدأ من الفئة ٣٠٠. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

الشكل (عند التعبئة): يعتبر كل من الهيدرازين والهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل من السوائل اللامائية (منزوع الماء) كما تصنف بأنها سوائل قابلة للاشتعال ومُسممة. يمكن تخزين منتجات الهيدرازين وشحنها في براميل أو خزانات مصنوعة من الألومنيوم والفولاذ الذي لا يصدأ من الفئة ٣٠٠، وأيضاً من سبائك التيتانيوم. يتم عادةً تعبئة المواد التي يتم شراؤها بكميات صغيرة في براميل محمولة، بينما يتم شحن الطلبيات الكبيرة في عربات الصهاريج المنقولة بواسطة السكك الحديدية. كما يتم استبدال الهواء الموجود ضمن حاويات الوقود الذي يندرج ضمن عائلة الهيدرازين بغاز خامل مثل النيتروجين منعاً لحدوث التلوث والأكسدة البطيئة. وفي حال وضع بطاقات ملائمة عليها، (الشكل ٥٧)، يجب أن تنص هذه البطاقات التي توضع على الحاويات بأنها "قابلة للاشتعال" كما ينبغي أن تتضمن هذه البطاقات على معلومات رقمية مثل تسميات الأمم المتحدة المخصصة للشحنات الدولية التي تنطوي على خطر. من الأمثلة على هذه الأرقام UN 2029، وUN 1244 وUN 1163 على التوالي بالنسبة لكل من الهيدرازين والهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل اللامائية، فضلاً عن أرقام التسجيل بدائرة المستخلصات الكيميائية التي ينبغي أن تكون موجودة أيضاً.

٤.ج.٢.ج– مسحوق الألمنيوم الكروي أو شبه الكروي (رقم المختصر الكيميائي: 5–90–7429) الذي يقل حجم جسيماته عن ٢٠٠×١٠^-٦ متر (٢٠٠ ميكرون) ومحتواه من الألمنيوم نسبة ٩٧% من وزنه أو أكثر، إذا كانت نسبة ١٠% على الأقل من الوزن الإجمالي تتكون من جسيمات يقل قطرها عن ٦٣ ميكرون، وفقاً للمعيار ٢٥٩١–١:١٩٨٨ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (أيزو ١:١٩٨٨ – ٢٥٩١) أو ما يعادله على الصعيد الوطني؛

ملاحظة تقنية:

إن حجم الجسيم الذي قدره ٦٣ ميكرون (أيزو R–565) يقابله شبكة قياس عيونها ٢٥٠ (تايلر) أو ٢٣٠ (المعيار E–11 من معايير الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد).

٤.ج.٢.د– مساحيق فلزية لأي مادة من المواد التالية: الزركونيوم، رقم المختصر الكيميائي:(7–67 –7440) والبريليوم (رقم المختصر الكيميائي: 7–41–7440) والمغنيزيوم (رقم المختصر الكيميائي: 4–95–7439) أو سبائكها، إذا كانت نسبة ٩٠% على الأقل من مجموع الجسيمات بحسب حجم الجسيمات أو وزنها تتكون من جسيمات يقل قطرها عن ٦٠ ميكرون (محددة وفق تقنيات القياس مثل استخدام الغربال أو الانحراف بالليزر أو المسح الضوئي)، سواء أكانت كروية أو مذراة أم شبه كروية أم على شكل قشور أم مطحونة، وتتكون من ٩٧% من الوزن من أي من الفلزات المذكورة أعلاه؛

ملاحظة:

يخضع خليط المسحوق بأكمله للمراقبة عند اعتماد توزيع الجسيمات متعددة الطرائق (مثل الخلائط المتكونة من جسيمات ذات أحجام مختلفة)، وتتم مراقبة هذه العملية بطريقة واحدة أو أكثر.

ملاحظة تقنية:

يحسب المحتوى الطبيعي من الهافنيوم (رقم المختصر الكيميائي: 6–58–7440) الموجود في الزركونيوم (عادة من ٢% إلى ٧%) مع الزركونيوم.

٤.ج.٢.ه– المساحيق الفلزية من البورون (رقم المختصر الكيميائي: 8–42–7440)، أو سبائك البورون التي تحتوي على نسبة من البورون تصل إلى ٨٥% أو أكثر من الوزن، إذا كانت نسبة ٩٠% على الأقل من مجموع الجسيمات، بحسب حجم الجسيم أو وزنه، تتكون من جسيمات يقل حجم كل منها عن ٦٠ ميكرون (يجري تحديده بواسطة تقنيات قياس الجسيمات الدقيقة مثل استخدام الغربال، أو طريقة الانحراف بالليزر أو المسح الضوئي)، سواء كانت كروية أو مذراة أو شبه كروية أو على شكل قشور أو مطحونة؛

ملاحظة:

في نموذج توزيع الجسيمات متعددة الأحجام والأوزان (مثل خليط من الحبوب ذات الأحجام أو الأوزان المختلفة)، تجري مقارنة واحدة أو أكثر من عناصر القياس، وتتم مقارنة خليط المسحوق بالكامل.

٤.ج.٢.و – المواد التي لها كثافة طاقة عالية، المستخدمة في المنظومات المحددة في البنود ١.أ أو ١٩.أ، على النحو التالي:

١– أنواع الوقود المخلوط التي تشمل كلاً من الوقود الصلب والوقود السائل، مثل ملاط البورون، التي تبلغ كثافة طاقتها القائمة على الكتلة ٤٠×١٠^٩ جول/كغ أو أكثر؛

٢– أنواع الوقود الأخرى التي لها كثافة طاقة عالية والمواد المضافة للوقود (مثل الكوبان، والمحاليل الأيونية، ووقود الطائرات JP–10) التي تبلغ كثافة طاقتها القائمة على الحجم ٣٧,٥ × ١٠^٩ جول/م^٣ أو أكثر، عند قياسها في درجة حرارة تبلغ ٢٠ وضغط جوي (١٠١,٣٢٥ كيلوباسكال).

ملاحظة:

لا ينطبق البند ٤.ج.٢.و.٢على أنواع الوقود الأحفوري المكررة وأنواع الوقود الأحيائي المستخرجة من النباتات، بما في ذلك أنواع الوقود المخصصة للمركبات المرخص باستخدامها في الطيران المدني، وذلك ما لم تكن معدة خصيصاً للمنظومات المحددة في ١.أ أو الفقرة ١٩.أ.

الطبيعة والغرض: تعتبر الفلزات المعدنية لكل من الألمنيوم، والبيريليوم، والبورون، والمغنيزيوم، والزركونيوم التي يقل حجم جسيماتها عن ٢٠٠×١٠$^{-6}$ متر (٢٠٠ ميكرون) من أنواع الوقود الجيدة. فهي تستخدم كوقود مركب لتحسين أداء الوقود الدفعي السائل المستخدم في الصواريخ. على سبيل المثال، تشكل فلزات الألمنيوم عند استخدامها كمادة مضافة للوقود من ٥% إلى ٢١% من وزن الوقود الدفعي الصلب. إذ يعمل احتراق الوقود الذي يحتوي على الألمنيوم على زيادة درجة لهب الوقود الدفعي إلى ٨٠٠ كلفن كما أنها تزيد قوة الدفع المحددة بمقدار ١٠%.

طريقة التشغيل: تتم إضافة الفلزات المعدنية إما للوقود الدفعي الحبيبي الصلب خلال إنتاج المحرك الصاروخي أو إلى الوقود الصاروخي السائل لتشكيل السائل اللزج. ولأن نسبة السطح إلى الحجم لهذه الجسيمات الفلزية الصغيرة مرتفعة للغاية، يتم تطويق المادة المؤكسدة ويتم بسرعة حرق الجسيمات الفلزية، ما يؤدي إلى تحرير طاقة عالية وفق الوزن في درجة حرارة مرتفعة للغاية.

فضلاً عن ذلك، هنالك وقود يتسم بكثافة طاقته العالية إلى جانب المواد المضافة إلى الوقود التي يتم تشكيلها لاستخدامها مع القذائف ولا تمتلك فلزات معدنية. الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر فلزات الألمنيوم غير مكلفة نسبياً وتستخدم على نطاق واسع كإحدى مكونات الوقود الصلب والسائل المستخدم في المحركات أو الآلات المحركة الصاروخية لزيادة قوة الدفع المحددة للوقود الدفعي وأيضاً للمساعدة في ثبات الاحتراق. فضلاً عن ذلك، يمكن استخدام الوقود الفلزي الذي يتضمن البيريليوم، والبورون، والمغنيزيوم، والزركونيوم، إلا أنها من الناحية العملية لا تستخدم في تطبيقات القذائف العسكرية. بشكل عام، تتسم بأنها مكلفة، وتنطوي على خطر لدى التعامل معها، وعلى صعوبة للتحكم بها. وقد جرى تطوير المحركات التي تعمل بالبريليوم فقط لتكون ضمن المراحل العلوية للقذائف لأن عادمها ينتج مواداً سامة.

يتم تطوير بعض أنواع الوقود التي تمتلك كثافة طاقة عالية بشكل خاص لاستخدامها في تطبيقات القذائف، مثل وقود الطائرات JP–10 المستخدم في القذائف الانسيابية محدودة الحجم، وفي بعض صيغ الكيروسين المحددة التي تستخدم كوقود للصواريخ. كما يمكن استخدام مواد أخرى تمتلك كثافة طاقة عالية مثل الكوبان، أو السيكلان الرباعي كمادة مضافة إلى الوقود لكسب المزيد من الثواني من قوة الدفع المحددة للنظم الصاروخية والوقود الدفعي الموجودة، إلا أن كلاهما يتسم بصعوبة التركيب والكلفة العالية لإنتاج كمية منه.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم فلزات الألمنيوم كمكون رئيسي في طلاء الألمنيوم البخاخ. كما تستخدم فلزات الألمنيوم الكروية كمحفز وكأحد المكونات التي تدخل في طلاء الأغلفة التوربينية، وفي مواد البناء مثل الخرسانة الرغوية وكمادة أولية لآلات التصنيع المضاف. أما المغنيزيوم فيستخدم بشكل رئيسي في صناعة الألعاب النارية. وبالنسبة للبورون فيستخدم في بعض الأحيان في الوقود اللزج الذي يستخدم في المحركات التي تمتلك قنوات متصلة بها وأيضاً في وقود المحركات النضغاطية النفاثة لدى وجود قذائف تكتيكية. أما الزركونيوم فتم استخدامه في بعض أنواع الوقود الدفعي المركب عالي الكثافة وذلك ضمن إطار تطبيقات تكتيكية محدودة الكمية. من جهة أخرى، يتم استخدام كل من البورون والزركونيوم في مركبات الاشتعال الخاصة بأجهزة الإشعال.

الشكل (عند التصنيع): يتراوح لون فلزات الألمنيوم بين الرمادي أو الفضي الباهت. يتراوح حجم جسيم معظم فلزات الألمنيوم المستخدمة في الوقود الدفعي من ٣ إلى ١٠٠ ميكرون، بالرغم من أنه تم استخدام أحجام أكبر. أما شكل الجسيم فهو كروي ويحتمل زيادة أو نقصان. وبالنسبة لكل من فلزات البيريليون والمغنيزيوم والزركونيوم، فإنها تتخذ اللون الرمادي أو الفضي الباهت أيضاً. بينما تتخذ فلزات البورون اللون البني الداكن. يعتمد شكل سائل البورون اللزج على السائل الذي تتم إضافته إليه وعلى حجم جسيمات البورون، ويكون لونه عادةً بني غامق أو أسود. على سبيل المثال، يمكن خلط البورون مع ثنائي حلقي البنتاديين للحصول على وقود محتمل للمحركات النضغاطية النفاثة ولتشكيل سائل لزج بني بلون الشوكولا يكون متماسكاً كتماسك العسل. أما وقود القذائف مثل الوقود الدفعي للقذائف ١ (RP–1) وJP–10، فتشبه في شكلها وقود الطائرات الذي يتسم بأنه سائل

يتراوح لونه بين الصافي والكهرماني.

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة فلزات الألمنيوم وشحنها في براميل فولاذية تبلغ سعتها ٣٠ غالوناً أو أقل. يبلغ وزن فلزات الألمنيوم الموجودة في برميل سعة ٣٠ غالون ١٨٠ كغ تقريباً. أما المعادن الأخرى، على الرغم من أن احتمال وجودها اقل بكثير، فيتم تعبئتها بذات الطريقة. ويجوز تعبئة وقود الصواريخ، مثل JP–10 و RP–1 وشحنه في براميل سعة ٥٥ غالون. أما الكميات الكبيرة من الوقود RP–10 المستخدم في أنظمة الصواريخ، فيمكن نقله أيضاً في عربات صهاريج ذات مقطورات ذات سعة ضخمة تبلغ ٧٠٠٠ غالون.

معلومات إضافية: يمتلك الألمنيوم كثافة تبلغ ٢,٧ غ/سم مكعب، إلا أن كثافته بشكله السائب أقل نوعاً ما، تبعاً لحجم الجسيم. وينطوي البريليوم ومنتجات احتراقه على درجة سُمية كبيرة. أما البورون فيتسم بأنه صعب الاحتراق. والزركونيوم ينطوي على خطورة في التعامل معه عندما يكون مسحوقاً فلزياً دقيقاً لأنه يشتعل بشكل عفوي في الهواء، ولذلك، يتم شحنه عادةً في الماء.

٤.ج.1.ج أنواع وقود الهيدرازين الهيدروجيني على النحو التالي:

4 ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد (DMAZ) (رقم المختصر الكيميائي: 86147048)

الطبيعة والغرض: نظراً للاستخدام واسع النطاق للهيدرازين ومشتقاته، تسببت المخاطر الصحية التي تسببها أنواع الوقود هذه بإجراء العديد من البحوث حول أنواع الوقود الدفعي التي تتشارك بنفس أداء الطاقة والخصائص الفيزيائية، والتي تكون المخاطر التي تتسبب بها للناس أقل لدى التعرض لها (بواسطة استنشاق البخار أو ملامسة الجلد).

بالنسبة للصواريخ التي تعمل بوقود دفعي ثنائي، أصبح ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد (DMAZ) يستقطب المزيد من الاهتمام كبديل عن الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل. ما يميز ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد بأن كثافته قريبة من كثافة الماء، إلى جانب نقطة تجمده المنخفضة (ناقص ٦٩ درجة مئوية) ونقطة غليانه العالية (١٣٥ درجة مئوية).

وقد تمت دراسة مواد أخرى لتكون بديلاً غير سُمي للهيدرازين الصرف، كوقود دفعي أحادي. يتكون أحد البدائل من مواد طاقة صلبة تنحل في الماء. ومن الأمثلة على هذه الحالة الأخيرة نترات هيدروكسيل الأمونيوم (HAN)، والذي خضع للعديد من التجارب، إلا أنه غير خاضع للمراقبة بموجب البند ٤.ج.٢.ج.

طريقة التشغيل: يمكن استخدام ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد بنفس استخدامات الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل. يمكن جمع ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد في نظام وقود دفعي سائل مع مادة مؤكسدة مثل رباعي أكسيد النتروجين أو حمض النتريك المدخن الأحمر المثبط (IRNFA)، (أنظر البند ٤.ج.٤ في نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف).

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تشبه استخدامات ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد مع القذائف بشكلٍ كبير نفس استخدامات الهيدرازين أحادي الميثيل والهيدرازين ثنائي الميثيل غير متماثل. (أنظر البند ٤.ج.٤ في نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف).

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد

الشكل (عند التصنيع): يعد ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد من السوائل عديمة اللون.

الشكل (عند التعبئة): يمكن تعبئة ثنائي ميثيل أمين إيثيل الأزيد في براميل تحمل بطاقة تنص على أنه سائل قابل للاحتراق.

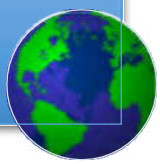
٤.ج.٣ المؤكسدات/الوقود على النحو التالي

البيركلورات أو الكلورات أو الكرومات المخلوطة بفلزات معدنية على هيئة بودرة من مكونات الوقود عالي الطاقة.

الطبيعة والغرض: هنالك العديد من استخدامات البيركلورات، والكلورات، والكرومات المخلوطة مع مكونات الوقود أياً كان نوعها (مثال الفلزات المعدنية على هيئة بودرة) والتي ينطوي عليها اشتعال أو انفجار محتمل. نادراً ما يتم شحن بيركلورات الأمونيوم، وهي المادة المؤكسدة المفضلة مع معظم تطبيقات الوقود الدفعي، في كميات سائبة ضخمة عندما تكون مخلوطة مع مكونات الوقود بسبب أخطار الاحتراق التي ترافقها. إلا أنه يتم شحن الخلائط في مكونات مثل أجهزة الإشعال أو في بعض مواد التعبئة (بكمية تبلغ ٣ كغ تقريباً).

- لا يوجد موردين معروفين لهذه المواد بسبب أخطار الحريق الشديدة التي تنطوي عليها؛ إلا أن العديد من الدول قادرة على إنتاجها وشحنها.

الإنتاج العالمي



طريقة التشغيل: ينبعث الأوكسجين في البيركلورات، والكلورات، والكرومات أثناء الاحتراق، ما يجعله متاحاً لحرق الوقود عالي الطاقة الموجود في خليط الوقود الدفعي. ونظراً لأن الأوكسجين يتوزع على الخليط على قدم المساواة، فهو يحترق بسرعة كبيرة دون وجود هواء كما يصعب تمييزه بمجرد اشتعاله.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: يستخدم خليط بيركلورات الأمونيوم مع بودرة الألمنيوم بشكل روتيني مع المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب. كما تستخدم خلائط المواد المؤكسدة والوقود الأخرى عموماً في إشعال القذائف أو في أجهزة تأخير الإشعال ونادراً ما يتم استخدامه لأغراض أخرى مع القذائف.

الاستخدامات الأخرى: لدى خلطها مع الفلزات المعدنية، تستخدم البيركلورات، والكلورات، والكرومات من الناحية التجارية في صناعة شعلات اللهب وأجهزة الإحراق.

الشكل (عند التصنيع): يتباين لون هذه المواد تبعاً للمادة المؤكسدة والوقود المستخدمين. هنالك مجموعات متعددة من هذه المواد، إلا أن أكثرها استخداماً (بيركلورات الأمونيوم وبودرة الألمنيوم) هي المواد التي يكون لونها رمادياً فاتحاً وتكون على هيئة مادة نسيجية رقيقة للغاية.

الشكل (عند التعبئة): ينطوي على البيركلورات، والكلورات، والكرومات لدى خلطها مع الفلزات على شكل بودرة أخطار حريق أو انفجار شديدة لذلك من المرجح شحنها في مثل هذه الخلائط. عوضاً عن ذلك، يمكن شحنها بشكل منفصل عن الفلزات على شكل بودرة أو غيرها من مكونات الوقود عالي الطاقة ومن ثم يتم خلطها معاً قبل صبها في مرحلة المحرك.

٤.ج.٤ المؤكسدات وهي على النحو التالي:

أ- المؤكسدات القابلة للاستخدام في الوقود السائل للمحركات الصاروخية على النحو التالي:

١- ثنائي أكسيد ثنائي النتروجين (رقم المختصر الكيميائي: 7-73-10544)؛

٢- ثنائي أكسيد النتروجين (رقم المختصر الكيميائي: 0-44-10102) / رباعي أكسيد ثنائي النتروجين (رقم المختصر الكيميائي: 6-72-10544)؛

٣- خماسي أكسيد ثنائي النتروجين (رقم المختصر الكيميائي: 1-03-10102)؛

٤- أكاسيد النيتروجين المختلطة (MON)؛

٥- حمض النتريك المدخن الأحمر المثبّط (IRFNA) (رقم المختصر الكيميائي: 7-58-8007)؛

٦- مركبات مؤلفة من الفلور وهالوجين آخر أو أكثر أو الأكسجين أو النتروجين.

ملاحظة:

لا يندرج ثلاثي فلوريد النتروجين (رقم المختصر الكيميائي: 2-54-7783) (NF_3) في حالته الغازية في البند ٤.ج.٤.أ.٦ لأنه يستخدم في تطبيقات القذائف.

ملاحظة تقنية:

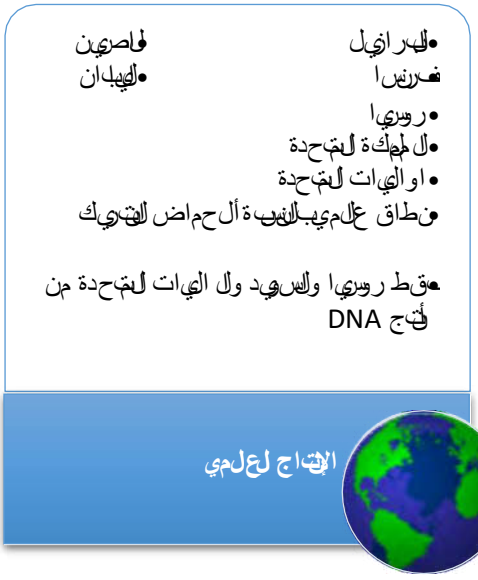
أكاسيد النيتروجين المختلطة هي محاليل لأكسيد النتروجين (NO) في رباعي أكسيد ثنائي النتروجين/ثنائي أكسيد النيتروجين (N_2O_4/NO_2)، التي يمكن استخدامها في منظومات القذائف. هنالك مجموعة من المركبات التي يمكن الإشارة إليها بالرمزين MONi أو الرمز MONij حيث يمثل الحرفان "i" و"j" أعداداً صحيحة تمثل النسبة المئوية لأكسيد النيتروجين في الخليط (مثال، يشتمل مركب MON3 على ٣ % من أكسيد النيتروجين ويحتوي MON25 على ٢٥% من أكسيد النيتروجين. ويشتمل مركب MON40 على نسبة قصوى، أي ٤٠% من الوزن).

الطبيعة والغرض: توفر المواد المؤكسدة الأوكسجين أو الهالوجين بهدف إحراق الوقود في أي محرك أو آلة تحريك صاروخية. ومن خلال حمل الوقود والمادة المؤكسدة معاً، لا تعتمد القذيفة على الغلاف الجوي لتأمين الأوكسجين ما يجعلها بالتالي تعمل في الفضاء. فضلاً عن ذلك، تكون نسبة المادة المؤكسدة المتدفقة إلى القذيفة أكبر بكثير من نسبة الأوكسجين الآتي من الغلاف الجوي وهي العملية التي تتم بواسطة مأخذ هوائي.

طريقة التشغيل: يتم تغذية المحركات التي تعمل بالوقود الدفعي السائل بواسطة المادة المؤكسدة والوقود من خزانات منفصلة ثم يتم حقنها في حجرة الاحتراق وفق ضغط وخليط كبير ثم يتم إشعالها. في كافة الحالات، تتسبب الحرارة بانفصال ذرات الأوكسجين أو الهالوجين عن جزيئات المادة المؤكسدة المزود بها وتصبح متوافرة لحرق الوقود. تمتاز بعض أنواع الوقود الدفعي السائل بأنها تلقائية الاشتعال، بمعنى أنها تتفاعل بشكل عفوي بالتلامس. ما ينتج عنه غازات ساخنة تتسارع عبر فوهة الصاروخ لإنتاج قوة دفع.

تعتبر المواد المؤكسدة المدرجة في البند ٤.ج.٤ من نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف شديدة التفاعل، وتلقائية الاشتعال مع أنواع الوقود التي تقترن بها عادةً (الهيدرازين وأنواع الوقود ذات الطاقة عادةً). يتيح الاحتراق التلقائي تشغيل وإيقاف تشغيل المحركات الصاروخية بشكل موثوق للغاية وبغاية البساطة بواسطة صمامات التحكم، دون الحاجة لوجود مصدر إشعال منفصل داخل حجرة الاحتراق. يسمح عدم وجود مصدر إشعال منفصل بإنتاج أحجام صغيرة وكذلك كبيرة من المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود السائل تلقائي الإشعال، كما لا يفرض وجود عدد محدد من عمليات إعادة التشغيل. يسمح هذا الأمر كذلك بتكرار المناورة الدقيقة. هنالك ميزة أخرى تتسم بها أنواع الوقود الدفعي تلقائية الاشتعال وهي أن درجة حرارة السائل فيها تتماهى مع درجة حرارة المحيط، بخلاف الهيدروجين السائل على سبيل المثال. ونتيجةً للراحة النسبية التي تنتج عنها، تمت الإشارة إلى هذه الأنواع من الوقود الدفعي باسم "الوقود الدفعي القابل للتخزين على الأرض"، أو يتم الإشارة إليها ببساطة باسم "الوقود الدفع القابل للتخزين". من ناحية أخرى، ينطوي الوقود الدفع القابل للتخزين تلقائي الاشتعال على إحدى المساوئ الهامة وتتمثل في أنه سام للغاية للبشر، ويتفاعل مع أو يتسبب بتفكك معظم المواد المستخدمة عادةً في حاويات تخزين الوقود الدفعي.

الاستخدامات النموذجية مع نطاق أطول:



ثلاثي أكسيد ثنائي النتروجين (N2O3) عبارة عن سائل يتخذ اللون الأسود في درجة ضغط جوي طبيعية ويتحلل فوق درجة ٣,٥ درجة مئوية ويتجمد عند الدرجة ١٠٢ درجة مئوية، ولا يتم استخدامه عادةً كوقود دفعي.

رباعي أكسيد ثنائي النتروجين (N2O4)، الذي يعرف أيضاً باسم رباعي أكسيد النتروجين، وهو مركب مزدوج الصيغة الجزيئية لغاز ثنائي أكسيد النتروجين (NO2). يشكل رباعي أكسيد ثنائي النتروجين وثنائي أكسيد النتروجين مزيجاً متوازناً، مع نسبة تفكك أكبر بالنسبة إلى ثنائي أكسيد النتروجين في درجات الحرارة المرتفعة والضغط المنخفض. وفي حال توفر المركب مزدوج الصيغة الجزيئية معاً، يشار إلى السائل فقط باسم رباعي أكسيد ثنائي النتروجين أو رباعي أكسيد النتروجين. يكون رباعي أكسيد ثنائي النتروجين في الحالة السائلة بدرجة ضغط جوي وحرارة طبيعية (من ناقص ١١ درجة مئوية إلى زائد ٢١ درجة مئوية). من شأن نطاق درجة الحرارة المحدود هذا جعل رباعي أكسيد النتروجين غير ذي فائدة في الأنظمة التي تتطلب تخزيناً كاملاً مع الوقود الدفعي، مثل الصواريخ المتحركة والتكتيكية.

إلا أنه تم استخدامه بنجاح مع مركبات الإطلاق الفضائية (SLVs) التي يتم تعبئتها قبل وقت قصير من الإطلاق، وأيضاً في الصواريخ التي يتم حفظها في بيئات يمكن التحكم فيها بدرجة الحرارة مثل الصوامع (تمر تركيب الصاروخ الأمريكي تيتان من مكونات الصواريخ التي يتم الاحتفاظ بها في الصوامع ومن مكونات مركبات الإطلاق الفضائية).

ولكي يتم خفض درجة حرارة تجمد رباعي أكسيد النتروجين، يتم عادةً خلط أكسيد النتريك (NO). يشار إلى هذه العملية الناتجة باسم أكسيدات النتروجين المخلوطة (MON)، والتي يتم تمثيلها بالرمز MON–i، حيث يمثل الحرف i أعداداً صحيحة تمثل النسبة المئوية لأكسيد النيتروجين في الخليط. وفي حين أن الوقود الدفعي MON–3 متوفر بشكل عام، تم تشغيل محركات الصواريخ بالأنواع MON–1 و MON–١٠ و MON–15 و MON–25. تتخذ هذه الأنواع من الوقود الدفعي اللون الأخضر وتتميز بضغوط بخار عالية ودرجات حرارة منخفضة يسمح باستخدامها النهائي في القذائف التكتيكية.

خماسي أكسيد ثنائي النتروجين (N2O5) لا يستخدم عادةً كمادة مؤكسدة مع المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي السائل لأنها تمتاز بأنها صلبة في الضغط الجوي ودرجة الحرارة الطبيعية.

حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط (IRFNA) يمتاز بكثافة عالية ونقطة تجمد منخفضة، ويعد حمض نتريك متاح بشكل عام ويعتبر من الأصناف المفضلة مع القذائف وبعض القذائف التسيارية. أما حمض النتريك (HNO) فيباع على نطاق واسع على أنه محلول مركز بالماء، مثال ٧٠% حمض نتريك (وليس وقود دفعي). يمكن تخفيف الماء مقابل ثاني أكسيد النتريك، وفي هذه الحالة تسمى النتيجة حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط (IRFNA) لأن بعض محاليل ثاني أكسيد النتريك تدخل مرحلة البخار بسرعة على هيئة غاز ذو لون بني مُحمر. فضلاً عن ذلك، تتم إضافة المكونات الإضافية إلى حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط من خزانات الوقود الدفعي الصدأة، وغيرها من الأجزاء المعدنية، لذلك يشار إلى حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط في بعض الأحيان باسم "حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط الصدأ".

الكلور ثلاثي الفلوريد (ClF3) وفلوريد البيركلوريل (ClO3F) أكثر نوعان شائعان من المواد المؤكسدة المعتمدة على الهالوجين. ونظراً لأنها مواد مؤكسدة ذات سُمية وطاقة عالية، من الصعب التعامل معها. لذلك، من النادر استخدامها إلا لغرض تطوير التكنولوجيا. وقد تم تطوير المواد المؤكسدة المؤلفة من الهالوجين وأجريت عليها اختبارات إلا أنه لا يتم استخدامها نظراً لكلفتها المرتفعة، ونظراً لاعتبارات التعامل والسلامة. فعلى سبيل المثال،

الكلور خماسي الفلوريد (ClF5) والكلور ثلاثي الفلوريد المؤكسد (ClF3O) هي محاليل يصعب تصنيعها بسلامة ولا يمكن أن تتوفر جاهزة. إذ جرى تطويرها في الأصل لأن الكلور/الهيدرازين يعتبر مجموعة وقود دفعي عالي الأداء للغاية، إلا أنه ينبغي حفظ الكلور تحت نقطة غليانه (ناقص ١٨٨ درجة مئوية) لمنعه من الغليان ما يجعله غير مفيد للاستخدامه كمادة مؤكسدة مع القذائف التكتيكية. وهو أمر ينطبق على الكلور. ومن غير المرجح أن يصدف وجود المؤكسدات التي تعتمد على الهالوجين في الصواريخ المستخدمة ميدانياً في جميع أنحاء العالم.

الاستخدامات الأخرى: من الشائع استخدام رباعي أكسيد ثنائي النتروجين و3–MON في الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية العلمية وفي نظم المناورة المدارية، كما يستخدم عادةً مع السخانات المقاومة للكهرباء المثبتة على جدران الخزانات بهدف الحيلولة دون تجمدها. من ناحية أخرى، يعتبر ثنائي أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النتروجين من السلائف المستخدمة في إنتاج جميع أنواع حامض النيتريك، كما يستخدم كعامل نترات في إنتاج المواد الزراعية الكيميائية، والبلاستيكية، والورقية، والمطاطية. فضلاً عن ذلك، يستخدم خماسي أكسيد ثنائي النتروجين لتصنيع المتفجرات ويستخدم كذلك كعامل نترات في الكيمياء العضوية.

بالإضافة إلى ذلك، يستخدم النتريك المركز، الذي يعتبر المكون الرئيسي لحمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط.

هنالك العديد من الاستخدامات التجارية للكلور والفلور. فالكلور يستخدم على نطاق واسع لتنقية الماء، ولتطهير المواد أو تبييضها، وأيضاً لتصنيع العديد من المركبات الهامة بما في ذلك الكلوروفورم ورابع كلوريد الكربون. يستخدم الكلور ثلاثي الفلوريد في إعادة معالجة الوقود النووي، وفي تصنيع أشباه الموصلات، في حين يستخدم فلوريد البيركلوريل كعازل كهربائي غازي في المحولات.

الشكل (عند التصنيع) (تم أخذ القياسات في درجة حرارة وضغط قياسية): ثاني أكسيد النتريك هو عبارة عن غاز بني مُحمر، في حين يتخذ رباعي أكسيد ثنائي النتروجين في درجات الحرارة المحيطية المثالية اللون البني المُحمر بسبب محتواه الموازن من ثاني أكسيد النتريك. وتبعاً لدرجة الحرارة والضغط، يشكل ثاني أكسيد النتريك ورباعي أكسيد ثنائي النتروجين عوامل موازنة بنسب مئوية مختلفة. تبلغ كثافة رباعي أكسيد ثنائي النتروجين ١,٤٣ غ/ملم، ويتجمد بدرجة ناقص ١١ درجة مئوية في حين يغلي بدرجة زائد ٢١ درجة مئوية.

تبدو أكسيدات النتروجين المخلوطة (MON) بلونٍ أخضر بسبب إضافة أكسيد النتريك إلى عامل الموازنة المؤلف من ثاني أكسيد النتريك ورباعي أكسيد ثنائي النتروجين. يبدو السائل عادةً بلونه للأخضر عبر الأواني الزجاجية، نظراً لأن بخار ثاني أكسيد النتريك البني المُحمر يطغى على مظهره عند السماح بالتبخر (مثال، عبر وعاء مفتوح على الغلاف الجوي).

يعد حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط من أحماض النتريك اللامائية تقريباً والذي لا يستقر إلا بإضافة ثاني أكسيد النتروجين بكثافات عالية. عادةً تذوب ما نسبته ١٥٪ من ثاني أكسيد النيتروجين تقريباً في الحمض إلا أنه من الممكن إضافة المزيد منه لزيادة كثافة السائل. يبلغ الحد الأقصى لكثافة حمض النيتريك (MDNA) ما نسبته ٥٦ ٪ من حمض النتريك وما نسبته ٤٤ ٪ من رباعي أكسيد ثنائي النتروجين. ونظراً لأن حمض النيتريك يسبب تآكلاً لمعظم المواد غير النبيلة، (المواد التي تتفاعل كيميائياً)، تتم إضافة كمية صغيرة (تقريباً ٠,٧٥٪) من حمض الهيدروفلوريك (HF) كمثبط للتآكل بهدف إنتاج حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط. عندما يتم تخزين حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط في حاويات من الفولاذ الذي لا يصدأ أو الألمنيوم، يشكل حمض الهيدروفلوريك فلوريدات واقية تتسبب في خفض نسبة تآكل الجدران. يتجمد حمض النتريك المدخّن الأحمر تقريبا عند ٦٥ درجة مئوية ويغلي تقريباً عند +٦٠ درجة مئوية. في حين تبلغ كثافته في درجة حرارة الغرفة العادية ١,٥٥ غ/ملم تقريباً، تبعاً لكمية رباعي أكسيد ثنائي النتروجين المضافة.

الفلورين: وهو أحد عناصر الهالوجين الذي يمتاز بلونه الأصفر الباهت، كما يعد من المواد المسببة للتآكل الشديد، وهو سُمي، وغازي كذلك. كما يعتبر عادةً أكثر العناصر تفاعلاً على الإطلاق. فنقطة تجمده ناقص ٢٢٠ درجة مئوية، ويغلي عند ناقص ١٨٨ درجة مئوية، ما يجعله سائلاً شديد البرودة. أما جاذبيته المحددة في حالة السائل فتبلغ ١,١٠٨ غ/ملم عند نقطة غليانه.

الكلورين: وهو عبارة عن غاز أصفر مُخضر يسبب التهيج الشديد ويمكن جمعه مع جميع العناصر الأخرى تقريباً. فنقطة تجمده ناقص ١٠١ درجة

مئوية، ويغلي عند ناقص ٣٥ درجة مئوية أما جانبيته المحددة فتبلغ ١,٥٦ غ/ملم (عند ناقص ٣٤ درجة مئوية).

الكلور خماسي الفلوريد (ClF5)، الذي يغلي عند ناقص ١٤ درجة مئوية، وفي ضغط جوي واحد، يجب ضغطه للحفاظ على الشكل السائل بدرجات حرارة محيطية مثالية. يمتاز بكثافته العالية التي تبلغ ١,٨٧ غ/ملم عند زائد ٢٥ درجة مئوية. ولأن الكلور ثلاثي الفلوريد يغلي عند زائد ١٢ درجة مئوية، من السهل التعامل معه أكثر من الكلور خماسي الفلوريد إلا أنه يجب أن يبقى مضغوطاً لشحنه. يغلي البرومين خماسي الفلوريد عند زائد ٤٠ درجة مئوية، إلا أن مزاياه الأخرى مثل الحساسية ضد الصدمات، والسُمية، وقابلية التآكل، والدفع النوعي المنخفض تجعل من الصعب اتخاذه كوقود دفعي.

النتروجين ثلاثي الفلوريد (NF3) يعد من المواد المؤكسدة شديدة البرودة إذ يغلي عند ناقص ١٣٠ درجة مئوية وتبلغ كثافته ١,٥٥ غ/ملم عند نقطة غلياته الطبيعية. أما النتروجين رباعي الفلوريد (N2F4) فكثافته ونقطة غلياته أعلى إلا أنه يعد كذلك من بين المواد شديدة البرودة.

الشكل (عند التعبئة): يتم تخزين كل من حمض النتريك وأكسيد النتريك وأكسيدات النتروجين المخلوطة عادةً في خزانات من الفولاذ الذي لا يصدأ التي يتم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض. ويمكن أن تترافق مع خزانات الألمنيوم والبطانات. تتضمن طرود التعبئة المخصصة لشحن هذه المواد الكيميائية كلمات، وتحذيرات، وبطاقات، ورموز تحدد طبيعتها. يجب شحن أكسيد النتريك وأكسيدات النتروجين المخلوطة في حاويات تتحمل الضغط، بسبب الضغوط الناتجة عن التبخر العالي التي ترافق نقاط الغليان المنخفضة نسبياً.

يتم تخزين حمض النتريك المدخّن الأحمر المثبّط وشحنه عادةً في خزانات من الألمنيوم يتم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض. ويمكن أن تترافق مع خزانات من الفولاذ الذي لا يصدأ والبطانات.

وفي حال تضمن الحاويات بطاقات مناسبة، يجب أن تحدد البطاقات كلمة "مادة مؤكسدة" كما ينبغي أن تتضمن هذه البطاقات على معلومات رقمية مثل تسميات الأمم المتحدة المخصصة للشحنات الدولية التي تنطوي على خطر. من الممثلة على هذه الأرقام UN١٠٦٧، وUN٢٠٣٢ على التوالي بالنسبة لكل من أكسيد النتريك وأكسيدات النتروجين المخلوطة، فضلاً عن أرقام التسجيل بدائرة المستخلصات الكيميائية التي ينبغي أن تكون موجودة أيضاً. مثل ٠-٤٤-١٠١٠٢ الذي يشير إلى كل من ثنائي أكسيد النتروجين وأكسيدات النتروجين المخلوطة.

تعد أنواع الوقود الدفع النادرة مثل الكلورين والفلورين من السوائل شديدة البرودة وتعتبر من المواد شديدة التفاعل والسُمية. لذلك، يتم تنظيم عملية شحنها والتعامل معها بشكل صارم. لذلك لا يتم استخدام الحاويات المعدنية العادية لتخزينها. بل ينبغي وجود خزانات فائقة البرودة والضغط لشحنها في حالتها السائلة. يمكن تخزين ثنائي فلوريد الأوكسجين بدرجات حرارة منخفضة في خزانات من الفولاذ الذي لا يصدأ المبطنة بالزجاج والتي يتم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض.

٤.ج.٤.ب المؤكسدات القابلة للاستخدام في الوقود الصلب للمحركات الصاروخية وبياناتها كالتالي:

1. بيركلورات الأمونيوم (AP) (رقم المختصر الكيميائي: 9-98-7790)؛
2. دينيترامايد الأمونيوم (ADN) (رقم المختصر الكيميائي: 6-78-140456)؛
3. نترامين (رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي (HMX) (رمز المختصر الكيميائي: 0-41-2691)؛ رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي (RDX) (رقم المختصر الكيميائي: 4-82-121)؛
4. نيتروفورمات الهيدرازينيوم (NHF) رقم المختصر الكيميائي: (8-28-20773)؛
5. ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠، ١٢ هيكسانيتروهيكساأزايزوورتزيتان (CL 20) (رقم المختصر الكيميائي: 4-90-135285)؛

الإنتاج العالمي

- الولايات المتحدة
- روسيا
- فرنسا
- الصين
- المملكة المتحدة
- الهند
- باكستان
- إسرائيل
- كوريا الجنوبية
- أستراليا
- الإمارات العربية المتحدة

HNF

- الهند
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: توفر المواد المؤكسدة الصلبة الأوكسجين المطلوب لإحراق الوقود في المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب. ومن خلال حمل الوقود والمادة المؤكسدة معاً، لا تعتمد القذيفة على الغلاف الجوي لتأمين الأوكسجين. لا تعتبر النترو أمينات من المواد المؤكسدة، فهي مواد شديدة الانفجار تتم إضافتها إلى الوقود الدفعي لزيادة أدائها.

طريقة التشغيل: يتم خلط الوقود الدفعي الصلب بشكل متساوٍ مع الوقود في المحرك الصاروخي. ينفصل الأوكسجين خلال عملية الاحتراق ويصبح متوفراً لحرق الوقود المتوفر، والذي يقوم من خلال توليد الغازات المستنفذة بدرجات حرارة عالية، بتوليد قوة الدفع.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تعد بيركلورات الأمونيوم عامل أكسدة يستخدم في معظم صيغ الوقود الدفعي الصلب الحديثة. وتبعاً لصيغته، فهو يشكل ما نسبته من ٥٠% إلى ٨٥% من الوقود الدفعي.

يعتبر دينيترامايد الأمونيوم عامل مؤكسد للوقود الدفعي. تستخدم هذه المادة بطريقة مشابهة لبيركلورات الأمونيوم.

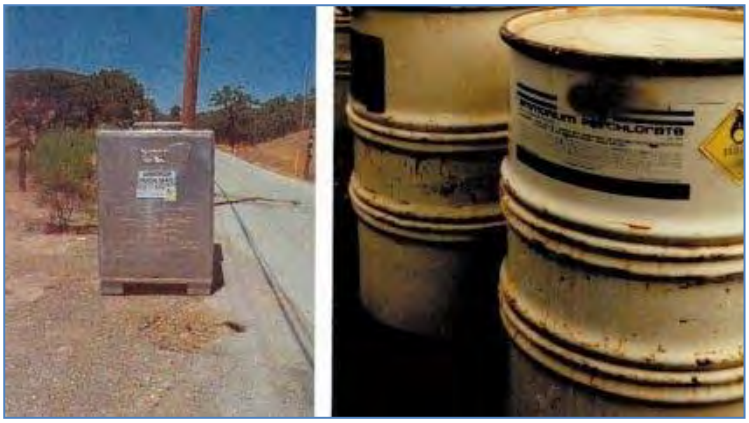
تتم إضافة رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي الذي يسمى في بعض الأحيان أوكتوجين، وثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين الحلقي الذي يسمى في بعض الأحيان سيكلونيت، من المواد المتفجرة عالية الطاقة لخفض درجة حرارة الاحتراق ولخفض الدخان. يتم عادةً إضافة أقل من 30% من وزن الوقود الدفعي من رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين.

يعتبر نيتروفورمات الهيدرازينيوم مادة مؤكسدة عالية الطاقة ويستخدم في الوقود الدفعي الصاروخي الصلب، يعد احتراقه عالي الكفاءة ولدى جمعه مع مواد الربط الحديثة، فإن أثره الأيكولوجي يكون صغيراً للغاية، كما أنه خالٍ من الكلورينات. في حين يعتبر ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠، ١٢ هيكسانيتروهيكساأزايزوورتزيتان أقوى بنسبة 20% من رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم بيركلورات الأمونيوم في تصنيع المتفجرات، والألعاب النارية، وفي التحليل الكيميائي، ويعبر من العوامل التي تستخدم في الحفر والنقش. أما دينيترامايد الأمونيوم فلا استخدامات تجارية معروفة له. رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين تستخدم في تصنيع الرؤوس الحربية، والمتفجرات المخصصة للاستخدامات العسكرية والمدنية، وأيضاً في قص أنابيب آبار النفط. بالنسبة لنيتروفورمات الهيدرازينيوم فلا استخدامات تجاريه له خارج مجال صناعة الفضاء/الوقود الدفعي الصاروخي.

الشكل (عند التصنيع): تتخذ بيركلورات الأمونيوم اللون الأبيض أو، تبعاً لدرجة النقاوة، شكل كريستال صلب بلورن أبيض ضارب للصفار، وتشبه في شكلها ملح الطعام المعروف. بالنسبة لدينيترامايد الأمونيوم فهو أبيض اللون، وشمعي، وكريستالي صلب يبدو بشكله مثل الصفيحات الرقيقة أو أقراص الدواء الصغيرة الدائرية. رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين عبارة عن مواد بيضاء كريستالية تشبه في شكلها ملح الطعام الدقيق. أما نيتروفورمات الهيدرازينيوم فهو مادة كريستالية صفراء اللون تشبه بشكلها الماير الطويلة، وتتخذ شكلاً حُبيبياً مع المزيد من التطويرات التي تدخل عليها. من جهة أخرى، يعد ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠، ١٢ هيكسانتروهيكسا أزا إيزوورتزيتان من المواد الكريستالية.

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة بيركلورات الأمونيوم وشحنها في براميل مبطنة بالبولي إيثيلين سعة 30 أو 55 غالون وتتضمن هذه البراميل علامات تدل على أنها مادة مؤكسدة أو رمز المتفجرات. يبين الشكل 58 الحاويات المخصصة لنوعا بيركلورات الأمونيوم مع العلامات الخاصة بها. تتم تعبئة دينيترامايد الأمونيوم وشحنه بطريقة مشابه لبيركلورات الأمونيوم. أما رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين فتتم تعبئتها وشحنها عادةً إما بالماء أو الكحول (لأنها تكون عرضةً للانفجار عندما تكون بشكل جاف) في براميل مبطنة بالبولي إيثيلين سعة 30 أو 55 غالون وتتضمن هذه البراميل علامات تدل على أنها مادة مؤكسدة أو رمز المتفجرات.



الشكل ٥٨: نوعان مختلفان من حاويات شحن بيركلورات الأمونيوم. (ذا تشارلز ستارك درابر لابوراتوريز آند كير ماك غي)

معلومات إضافية: يتم إنتاج بيركلورات الأمونيوم عادةً بمتوسط حجم جسيمات يبلغ من 200 إلى 400 ميكرون (70 إلى 40 فتحة منخل). تبلغ كثافة بيركلورات الأمونيوم ١,٩٥ غ/سم مكعب، أما كثافته في الحالة السائبة فهي أقل وتتباين تبعاً لحجم الجسيم. تتفكك بيركلورات الأمونيوم بعنف قبل ذوبانها. وتتخذ الصيغة الكيميائية NH4ClO4. أما دينيترامايد الأمونيوم فتبلغ كثافته ١,٧٥ غ/سم مكعب في حين تبلغ نقطة ذوبانه المعروفة من ٩٢–٩٥ درجة مئوية. ويتخذ الصيغة الكيميائية NH4N(NO2)2.

يتم إنتاج رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين بحجم جسيمات يبلغ من 150 إلى 160 ميكرون (100–80 فتحة منخل). تبلغ كثافة رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي 1.91 غ/سم مكعب، في حين تبلغ نقطة ذوبانه ٢٧٥ درجة مئوية ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_4H_8N_8O_8$ بـلاقبل تبلغ كثافة ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين 1.81 غ/سم مكعب في حين تبلغ نقطة ذوبانه ٢٠٤ درجة مئوية ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_3H_6N_6O_6$. ويتسم كل من رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي أو ثلاثي نتريت الأمين ثلاثي الميثيلين بأنهما يتفككان بعنف عند نقطة ذوبانهما.

٤.ج.٥ المواد البوليمرية وبياناتها كالتالي:

أ– بوليبيوتادين المنتهي بمجموعة كربوكسي (بما في ذلك بوليبيوتادين المنتهي بمجموعة كربوكسيل) (CTPB)؛

ب– بوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي (بما في ذلك بوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسيل) (HTPB)؛

ج– بوليمر أزيد الغليسيديل (GAP) بما في ذلك الهيدروكسيل المنتهي في بوليمر أزيد الغليسيدول.

د– متعدد البوتاديلين – حمض الأكريليك (PBAA)؛

ه– متعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل (PBAN) (رقم المختصر الكيميائي: 4-19-25265 / 9-50-68891)؛

و– بوليترا هيدروفوران غليكول البولي إثيلين (TPEG).

ملاحظة تقنية:

إن بوليمر بوليترا هيدروفوران غليكول البولي إثيلين (TPEG) هو بوليمر كتلي مختلط يتألف من ١،٤– بوتانديول (رقم المختصر الكيميائي: 4-63-110) وغليكول بولي إثيلين (PEG) (رقم المختصر الكيميائي: 3-68-25322 CAS)؛

ز– نترات البوليغليسيدول (PGN أو GLYN متعدد) (رقم المختصر الكيميائي: 8-48-27814).

الطبيعة والغرض: تعد هذه المواد البوليمرية الست من المواد الكيميائية المستخدمة كمادة للصقة وكوقود في المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب. فهي عبارة عن سوائل تتبلمر خلال تصنيع المحرك لتشكيل مادة الترابط المطاطية المرنة والتي تقوم بدورها بمسك مكونات الوقود الدفعي الصلب مع بعضها البعض في مادة مركبة بوليمرية تشبه المطاط. تحترق هذه المواد مثل الوقود وتساهم في إنتاج قوة الدفع النهائية. فيما يعتبر بوليمر أزيد الغليسيديل المادة البوليمرية الوحيدة في هذه المجموعة التي تنتج الطاقة. فهو يزود بالطاقة نتيجة تفككه أثناء عملية الاحتراق.

طريقة التشغيل: تستخدم خلطات الدفعات (أو بشكل نادر الخلطات التي تعمل بشكل متواصل) لخلط نسب خاضعة للتحكم من مكونات الوقود الدفعي الصاروخي بعناية وتحويلها إلى مادة بوليمرية. يتم بعد ذلك صب المادة اللزجة، المخلوطة بشكل جيد في غلاف المحرك، حيث تتبلمر فيه وتلتصق إما بالبطانة الداخلية أو مادة العزل الموجودة داخل غلاف المحرك الصاروخي. ينتج عن ذلك تعبئة المحرك الصاروخي بشكل كامل بالوقود الدفعي الصلب.

المصنعين
فرنسا
الهند
إيطاليا
روسيا
الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الاستخدامات المتألية مع القذائف: تستخدم المواد البوليمرية في إنتاج الوقود الدفعي الصلب للمحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الصلب والمحركات الصاروخية الهجينة. تستخدم هذه المواد في إنتاج المحركات الصاروخية الأصغر حجماً التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب المستخدمة في إطلاق القذائف التسيارية وغيرها من المركبات الجوية غير المأهولة. تؤثر مكونات اللصق هذه بشكلٍ كبير على أداء المحرك، وعمره الافتراضي، وقابلية التخزين، ومعالجة الوقود الدفعي، وعلى موثوقية عملها.

على الرغم من أن جميع هذه المواد تعتبر مثار اهتمام على اعتبارها مواد لاصقة محتملة مستخدمة في الوقود الدفعي الصلب، إلا أن البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي يعد المادة اللاصقة المفضلة. في الوقت الراهن، لا يوجد أي من نظم القذائف التسيارية الميدانية يستخدم بوليمر أزيد الغليسيديل أو متعدد البوتاديلين – حمض الأكريليك. فقد حل البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة كربوكسي ومتعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل إلى حد كبير محل متعدد البوتاديلين – حمض الأكريليك بسبب خصائصها المتفوقة من حيث الأداء الميكانيكي وإطالة العمر الافتراضي.

الاستخدامات الأخرى: لا توجد استخدامات تجارية لمتعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل. أما البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي فله العديد من الاستخدامات في مجال تصنيع الأسفلت، والمواد الإلكترونية، ومانع التسرب.

الشكل (عند التصنيع): تعد هذه المواد البوليمرية الست سوائل صافية، عديمة اللون، لزجة. تتم إضافة المواد المضادة للأكسدة بمستوى واحد بالمائة أو أقل في وقت التصنيع

بهدف تحسين العمر التخزيني، كما أنها تضفي لوناً على المواد يتراوح من الأصفر الخفيف إلى البني الغامق. يعتمد هذا اللون على نوع وكمية مضاد الأكسدة المستخدم.

تتراوح درجة لزوجة هذه المواد الست بين درجة لزوجة الشراب الخفيف إلى درجة لزوجة دبس السكر. وباستثناء بوليمر أزيد الغليسيديل، التي يعتبر عديم الرائحة تقريباً وتبلغ كثافته ١,٣ غ/سم مكعب، فإن البوليمرات التي تعتمد على البوليبوتادين لها رائحة شبيهة برائحة النفط وتتمتع بكثافة أقل قليلاً من كثافة الماء (٠,٩١ غ/سم مكعب إلى ٠,٩٤ غ/سم مكعب).

الشكل ٥٩: برميل شحن متعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل. (ذا تشارلز ستارك درابر لابوراتوريز)

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن هذه السوائل عادةً في براميل فولاذية سعة ٥٥ غالون. يتم عادةً طلاء القسم الداخلي من البراميل بطلاء إيبوكسي أو مواد أخرى للحيلولة دون حدوث الصدأ. وفي حال شحن السوائل في براميل من الفولاذ الذي لا يصدأ، لا يعتبر الطلاء أمراً ضرورياً. يجوز استخدام الحاويات الأصغر أو الأكبر حجماً تبعاً للكمية التي يتم شحنها، ويجوز استخدام عربات أو شاحنات صهريجية لشحن الكميات الضخمة للغاية. على سبيل المثال، يبين الشكل ٥٩ متعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل في براميل الشحن المخصصة له.

٦.ج.٤ المواد والعوامل الأقوى التي تضاف إلى وقود الدفع، وبياناتها كالتالي:

أ– عوامل الربط وبياناتها كالتالي:

١– تريس (٢ إثيل – ١– أزيريدينيل) أوسيد الفوسفين (MAPO) (رقم المختصر الكيميائي: 6-39-57)؛

٢– تريميزول -١، ١،١– تريس (٢ إثيل أزيريدين) (HX-868، BITA)، (رقم المختصر الكيميائي: 8-73-7722)؛

٣– التيانول (HX-878)، نتيجة تفاعل رباعي إيثيلين البنتامين، والأكريلونيتريل والغليسيدول (رقم المختصر الكيميائي: 4-46-68412)؛

4– التيان (HX-879) نتيجة تفاعل رباعي إيثيلينبنتامين و الأكريلونتريل (رقم المختصر الكيميائي: 3-45-68412)؛

٥– أميدات الأزيريدين المتعددة الوظائف ذات سلسلة إيزوفثاليك (isophthalic) أو تريميزيك (trimesic) أو إيزوسيانوريك (isocyanuric) أو تريميثيل الأدِيبيك (trimethyladipic) التي تتضمن أيضاً مجموعة 2 – ميثيل أو 2 إيثيل الأزيريدين.

ملاحظة:

يشمل البند ٦.ج.٤.٥ ما يلي:

1– ١،١ – أيزوفثالويل – بس – (٢–ميثيل الأزيريدين) (HX-752) (رقم المختصر الكيميائي: ٤-٦٤-٧٦٥٢)؛

2– ٢،٤، 6، – تريس (2–إثيل–1–أزيريدينيل) -1،2،5 – تريازين (HX-874) (رقم المختصر الكيميائي: 9-91-18924)؛

3– ١،١ – ثنائي ميثيل الأديبويلبس (2–إثيل أزيريدين) (HX-877) (رقم المختصر الكيميائي: ٢-٦٢-٧١٤٦٣).

الطبيعة والغرض: تستخدم عوامل ربط الوقود الدفعي لتحسين التصاق أو التحام مادة الربط والمادة المؤكسدة، والتي تكون عادةً بيركلورات الأمونيوم. تعمل هذه العملية على تحسين الخصائص الفيزيائية للوقود الدفعي بشكل كبير من خلال زيادة قدرته على تحمل الضغط والإجهاد. تستخدم المواد اللاصقة عادةً مع الوقود الدفعي الذي يحتوي على بوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي. تستخدم بعض عوامل الربط كعوامل معالجة أو مواد ربط متقاطع مع الوقود الدفعي الذي يحتوي على البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة كربوكسي أو متعدد البوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل.

تريس (٢ إثيل – ١- أزيريدينيل) أوسيد الفوسفين

الصيغة الكيميائية: $C_9H_{18}N_3OP$

الرقم القياسي: ٥٧٠٧٩-٩٠-٦

الأسماء الأخرى: تريس (١-أزيريدينيل) أوكسيد الفوسفين، تريس (١-أزيريدينيل) فوسفين أوكسيد، تريس (٢-ميثيل-١-أزيريدينيل) أوسيد الفوسفين

الوصف: سائل لزج، عديم اللون إلى أصفر خفيف

الاستخدامات: تستخدم الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي والآسيوي هذه المواد الكيميائية في إنتاج مواد بلاستيكية وطلاء. يمكن أن تتراوح كميات إنتاج هذه المواد بين بضعة أطنان إلى مئات الأطنان سنوياً. لا تتوفر معلومات عن طرق إنتاج هذه المواد.

الإنتاج العالمي

طريقة التشغيل: تتم إضافة عوامل الربط إلى الوقود الدفعي خلال عملية الخلط بمستويات تقل عادةً عن ٠,٣%. تتفاعل عوامل الربط مع بيركلورات الأمونيوم لإنتاج طلاء بوليمري رقيق للغاية على سطح جسيم بيركلورات الأمونيوم. يعمل هذا الطلاء البوليمري كمادة لاصقة بين بيركلورات الأمونيوم وبولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي. دون إحداث تغيير في هيكل الجسيم.

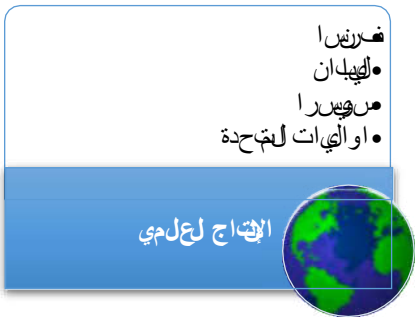
الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم عوامل ربط الوقود الدفعي لبلمرة الوقود الدفعي (ربط المادة المؤكسدة) في المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب. في حين يستخدم تريس (٢ إثيل – ١- أزيدينيل) أوسيد الفوسفين كعامل معالجة للبوليمرات الأولية في البولبيوتادين المنتهي بمجموعة كربوكسي وكعامل ربط مع البوليمرات الأولية في البولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي. كما يعتبر التيبان عامل ربط مع البولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي. كما تستخدم أمينات الأزيريدين متعددة الوظائف (PAAs) كعوامل ربط مع البولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي وكمُثخنات مع البولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي والبوتادين – حمض الأكريليك – أكريلونيتريل.

الاستخدامات الأخرى: يستخدم تريس (٢ إثيل – ١- أزيدينيل) أوسيد الفوسفين فقط مع الوقود الدفعي الصلب للمحركات الصاروخية. في حين يستخدم تريميزول –١، ١،١"– تريس (٢ إثيل أزيريدين) مع البولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي في استخدامات القطاع التجاري، لا سيما الإلكترونيات، كمانع تسرب وكعامل معالجة مع البوليمرات الأولية في البولبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي. بينما يستخدم كل من التيبانول والتيبان فقط مع الوقود الدفعي الصلب للمحركات الصاروخية. أما أمينات الأزيريدين متعددة الوظائف فتستخدم كواد لاصقة في القطاع التجاري.

الشكل (عند التصنيع): يعتبر تريس (٢ إثيل – ١- أزيدينيل) أوسيد الفوسفين من السوائل الكهرمائية اللزجة بشكل بسيط. إذ يمتاز برائحة حادة مميزة. فهو يتبلمر بعنف عند اتصاله مع الأحماض وبيركلورات الأمونيوم. فهو يغلي عند ١٢٠٠ درجة مئوية بدرجة ٠,٠٠٤ بار، وتبلغ كثافته ١,٠٨ غ/سم مكعب ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_9H_{18}N_3OP$. أما تريميزول –١، ١،١"– تريس (٢ إثيل أزيريدين) فيتخذ لوناً أصفر خفيف، وهو سائل لزج، وعند تبريده بدرجة حرارة أقل من ١٦٠ درجة مئوية، يصبح شاحب اللون، ويتخذ لوناً أبيض مائل إلى الأصفر، ويصبح سائلاً شمعياً. لا توجد نقطة ذوبان معروفة له، وتبلغ كثافته ١,٠٠ غ/م مكعب، ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_{21}H_{27}N_3O_3$. من جهة أخرى، يعتبر التيبانول سائلاً لزجاً بلون أصفر غامق. وله رائحة قوية مثل رائحة الأمونيا. أما التيبان فهو أقل لزوجة منه إلا أنه يشبهه بجميع النواحي الأخرى بما في ذلك رائحته القوية للغاية التي تشبه رائحة الأمونيا. بينما تشبه أمينات الأزيريدين متعددة الوظائف تريميزول –١، ١،١"– تريس (٢ إثيل أزيريدين).

الشكل (عند التعبئة): تتم تعبئة وشحن تريس (٢ إثيل – ١- أزيدينيل) أوسيد الفوسفين في علب أو براميل فولاذية سعتها من ١ إلى ٥٥ غالون. في حين تتم تعبئة تريميزول –١، ١،١"– تريس (٢ إثيل أزيريدين)، والتيبانول والتيبان، وأمينات الأزيريدين متعددة الوظائف في علب فولاذية سعة ١ غالون والتي يتم شحنها عادةً في حاويات معزولة وتتم تعبئتها مع ثلج جاف ويتم تخزينها بدرجة حرارة ٠ درجة مئوية أو أقل لإطالة عمرها التخزيني.

٤.ج.٦.ب– عوامل حفزة الإنضاج وبياناتها كالتالي:
تريفينيل البزموث (TPB) (رقم المختصر الكيميائي: ٨-٣٣-٦٠٣)؛



الطبيعة والغرض: تستخدم عوامل المعالجة والمُحفزات لبلمرة المحركات التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب، أي أنها تتسبب بجعل الخليط اللزج لسائل مادة البلمرة وغيرها من مكونات الوقود الدفعي الصلب تتصلب لتصبح مركباً مطاطياً يلتصق بالبطانة أو مادة العزل الداخلية لغلاف المحرك.

طريقة التشغيل: تتم إضافة تريفينيل البزموث (TPB) بكميات صغيرة إلى البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي لإحداث تفاعل كيميائي متوسط نسبياً وهي العملية التي تعرف باسم البلمرة. تبقى جسيمات البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي على حالها بحد كبير إلا أن المادة تتحول من شكلها السائل إلى الشكل الصلب بسبب عملية الربط المتقاطع للجسيمات.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم تريفينيل البزموث كمُحفز معالجة في المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب الذي يحتوي على البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي.

الاستخدامات الأخرى: يستخدم تريفينيل البزموث في تصنيع بعض المواد البلاستيكية.

الشكل (عند التصنيع): يعتبر تريفينيل البزموث بودرة كريستالية يتراوح لونها من الأبيض إلى الأبيض الفاتح. تبلغ كثافة تريفينيل البزموث ١,٧ غ/سم مكعب، وتبلغ نقطة ذوبانه ٨٧ درجة مئوية، ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_{18}H_{15}Bi$.

الشكل (عند التعبئة): تتم تعبئة تريفينيل البزموث في حاويات زجاجية بنية اللون لأنها حساسة للضوء. تتراوح سعة هذه الحاويات من بضعة غرامات إلى ٥ كغ. عند شحنه، في كميات أكبر حجماً، يمكن تعبئته في أكياس من البولي إثيلين داخل طرود ليفية أو كرتون مقوى.

٤.ج.٦.ج – مواد تغيير معدل الاحتراق وبياناتها كالتالي:

1– الكربورانات، والبورانات العشرية، والبورانات الخمسية، ومشتقاتها؛

2– مشتقات الفيروسين وبياناتها كالتالي:

أ– الكاتوسين (رقم المختصر الكيميائي: 1–42–37206)؛

ب– إثيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 8–89–1273)؛

ج– ن–بروبيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 3–92–1273) / أيزو–بروبيل فيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 7–81–12126)؛

د– ن–البوتيل–الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 7–29–31904)؛

ه– بنتيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 6–00–1274)؛

و– ثنائي سيكلو بنتيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 8–17–12586)؛

ز– ثنائي سيكلو هيكسيل الفيروسين؛

ح– ثنائي إثيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 8–97–1273)؛

ط– ثنائي بروبيل الفيروسين؛

ي– ثنائي بيوتيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 4–08–1274)؛

ك– ثنائي هيكسيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 8–59–93894)؛

ل– أسيتيل الفيروسين (رقم المختصر الكيميائي: 2–55–1271) / 1،1 – فيروسين الأستيل (رقم المختصر الكيميائي: 5–94–1273)؛

م– حمض الفيروسين أحادي مجموعة الكربوكسيل (رقم المختصر الكيميائي: 7–42–1274)، 1،1 – حمض الفيروسين ثنائي مجموعة الكربوكسيل ((رقم المختصر الكيميائي: 4–87–1293)؛

ن– البيوتاسين (رقم المختصر الكيميائي: 4–62–125856)؛

س– مشتقات الفيروسين التي يمكن استخدامها كمواد تعديل معدل احتراق الوقود الدفعي.

ملاحظة:

لا ينطبق البند ٤.ج.٦.ج.٢.س على مشتقات الفيروسين التي تحتوي على زمرة وظيفية عطرية سداسية الكربون مرتبطة بذرة الفيروسين.

الطبيعة والغرض: تعتبر مواد تغيير معدل الاحتراق مواد كيميائية مضافة إلى الوقود الدفعي الخاص بالمحركات الصاروخية ويعمل على تغيير نسبة احتراق الوقود. الغرض من هذه العملية ضبط وقت احتراق المحرك الصاروخي للوفاء بالمتطلبات المطلوبة.

طريقة التشغيل: يتم خلط مواد تغيير معدل الاحتراق بكميات يتم التحكم بها بعناية مع الوقود الدفعي للمحرك الصاروخي خلال عملية الإنتاج.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تتم إضافتها إلى الوقود الدفعي لضبط نسب الاحتراق كما تسمح للمصممين بضبط قوة الدفع للوفاء بالمتطلبات المطلوبة.

الاستخدامات الأخرى: تمتلك بعض مشتقات البورانات استخدامات تجارية إذ تستخدم كمُحفزات في بلمرة الأوليفين، ومعالجة المياه، المستخدمة في مجال الصناعات الدوائية في تشخيص الأمراض والعلاج، كما تستخدم كذلك كعوامل لتصليد المطاط بالكبريت.

الشكل (عند التصنيع): يعد الكاتوسين سائلاً ذو لزوجة طفيفة يتخذ اللون الأحمر الغامق إلا أنه يبدو بلون أصفر في الطبقات الرقيقة أو كلون بقعة صفراء على الملابس أو الورق. وهو عبارة عن خليط مؤلف من ستة ايسومرات، تتمتع جميعها بدرجة حرارة غليان عالية. فهو غير قابل للذوبان في الماء ولكنه قابل للذوبان في معظم المذيبات العضوية. تبلغ كثافته ١,١٤٥ غ/سم مكعب، أي أعلى قليلاً من كثافة الماء. يتخذ الكاتوسين الصيغة الكيميائية C27H32Fe2. يعتبر الكاتوسين اسم العلامة التجارية لمادة ٢، ٢ ' – [بيس] ([إثلفروسنل]) بروبان، وربما يكون النوع المستخدم على نحو واسع من الفيروسين في مجال صناعة الوقود الدفعي. تحتوي جميع مشتقات الفيروسين على الحديد وتتم إضافته إلى الوقود الدفعي الذي يحتوي على بيركلورات الأمونيوم.

مصانع الكلوروسيلان
- الولايات المتحدة

مصانع مشتقات الفينيل سيلان
- فرنسا
- ألمانيا
- اليابان
- روسيا
- سويسرا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

مصانع مشتقات البوران
- فرنسا
- روسيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

مصانع البيوتاسين
- فرنسا

يعد الفيروسين ومشتقاته بودرةً لونها بين البرتقالي إلى كريستالي أصفر. وهي من المركبات المعدنية العضوية وتتخذ شكل طبقة بينية.

يتشابه ن–البيوتيل– الفيروسين وغيره من مشتقات الفيروسين في شكله مع الكاتوسين. تمتلك مشتقات الفيروسين تطبيقات قليلة في القذائف من الفئة ١ بخلاف تطبيقاته في القذائف التكتيكية الأصغر حجماً. فهي تزيد من حساسية الوقود الدفعي ليشتعل بشكل عرضي بواسطة الاحتكاك والتفريغ الكهربائي الساكن.

يعد البيوتاسين من المواد المميزة لأنه يستخدم كعامل ربط مع البوليبيوتادين المنتهي بمجموعة هيدروكسي وكمادة لتعديل الاحتراق. فهو سائل يتميز بلزوجته العالية ويشبه بلون لون شراب سائل الذرة الغامق أو الدبس.

تتسم الكربورانات، والكربورانات الثنائية، وخماسي البوران ومشتقاتها بأنها سوائل صافية، عديمة اللون والرائحة. أكثر مشتقات الكربوران المستخدمة في الوقود الدفعي هي ن–هيكسل الكربوران وبروبيونات ميثيل الكربورانيل. يمكن أن تسبب الكربورانات تلفاً للأعصاب، وفقاً لبعض الدراسات. الأملاح الفلزية القلوية للكربورانات الثنائية، وخماسي البوران عبارة عن بودرة بيضاء. تعتبر معظم مشتقات البوران أقل كثافةً من الماء وهي سُمية. تستخدم مشتقات البوران لإنتاج نسب احتراق عالية للغاية في الوقود الدفعي الصلب. تعتبر مشتقات البوران شديدة الانفجار عند إنتاجها. لذلك نادراً ما تستخدم مع الوقود الدفعي للقذائف التسيارية.

الشكل (عند التعيئة): يتم شحن جميع هذه المواد في حاويات فولاذية أسطوانية تتراوح سعتها من ١ غال إلى ٥٥ غال.

د- الإستيرات والملدنات وبياناتها كالتالي:

١- ثنائي إيثيلين جليكول ثنائي النترات (TEGDN) (رقم المختصر الكيميائي: 8-22-111)؛

٢- ثنائي ميثيل أوليثان ثنائي النترات (TMETN) (رقم المختصر الكيميائي: 1-55-3032)؛

٣- ١،٢،٤-البوتانيتريول ثنائي النترات (BTTN) (رقم المختصر الكيميائي: 5-60-6659)؛

٤- ثنائي إيتيلين جليكول ثنائي النترات (DEGDN) (رقم المختصر الكيميائي: 0-21-693)؛

٥- ٤،٥ – ثنائي ميثيل الأزيد -٢-ميثيل-١،٢،٣- تريازول (iso-DAMTR)؛

٦- الملدنات التي أساسها مادة نيترو ميثيل النيترامين (NENA) وبياناتها كالتالي:

أ- ميثيل – NENA (رقم المختصر الكيميائي: 8-47-17096)؛

ب- إثيل – NENA (رقم المختصر الكيميائي: ١-٧٣-٨٥٠٦٨)؛

ج- البوتيل – NENA (رقم المختصر الكيميائي: ٦-٨٢-٨٢٤٨٦)؛

٧- الملدنات التي أساسها مادة ثنائي نترات البروبيل، وبياناتها كالتالي:

أ- بيس (٢،٢-ثنائي نترات البروبيل) أسيتال (BDNPA) (رقم المختصر الكيميائي: 0-69-5108)؛

ب- بيس (٢،٢-ثنائي نترات البروبيل) فورمال (BDNPF) (رقم المختصر الكيميائي: 0-69-5108)؛

- يمكن لأي دولة امتلاك القدرة التي تؤهلها لإنتاج هذه المنتجات. أي دولة لديها محطة نترجة، مثل تلك المخصصة لإنتاج المتفجرات، يمكنها إنتاج مجموعة واسعة من إسترات النترجة هذه.

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تعرف إسترات النترجة هذه كذلك باسم المذيبات المنترجة، وهي مواد تضاف إلى الوقود الدفعي الصلب الخاص بالصواريخ وتستخدم لزيادة نسبة احتراقها.

طريقة التشغيل: تعتبر إسترات النترجة والمذيبات المنترتة سوائل متفجرة تحتوي على ما يكفي من الأوكسجين لدعم احتراقها. فهي تضاف عموماً إلى الوقود الدفعي عالي الأداء الذي يحتوي على رباعي ميثلين رباعي نيترامين الحلقي والألمنيوم لتحقيق أداء أعلى.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تضاف إسترات النترجة والمذيبات المنترتة إلى الوقود الدفعي ثنائي القاعدة لزيادة طاقتها التفجيرية. ونظراً لأن الملدنات لا تتفاعل مع عوامل المعالجة وتبقى على شكل سائل في درجات الحرارة المنخفضة، فهي تجعل الوقود الدفعي الصلب أقل عرضةً للتشقق أو الانكماش في درجات الحرارة الباردة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم إسترات النترجة كمكونات للمتفجرات العسكرية والتجارية.

الشكل (عند التصنيع): تعتبر إسترات النترجة من السوائل الكثيفة والزيتية وتتراوح لونها من اللون الصافي إلى الأصفر الخفيف.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن إسترات النترجة في براميل فولاذية تتراوح سعتها بين ٥ إلى ٥٥ غالون وتتضمن هذه البراميل علامات تشير إلى أنها قابلة للانفجار. وباستثناء البوتانيتريول ثنائي النترات، يتم شحن إسترات النترجة هذه دون تخفيف، إلا إذا طلب المستخدم النهائي شحنها مخففةً بواسطة مُذيب. وبسبب حساسيتها للصدمات، يتم شحن البوتانيتريول ثنائي النترات مخففةً بواسطة كلوريد الميثيلين أو الأسيتون. عند تخفيفه بواسطة كلوريد الميثيلين، تصبح رائحة البوتانيتريول ثنائي النترات عطرةً مثل رائحة الكلوروفورم. عندما تخفيفه بواسطة الأسيتون، تصبح رائحة مثل رائحة طلاء الأظافر. وعند إضافة المُثبتات (عادةً عند مستوى ١,٠%) يصبح لون إسترات النترجة أحمر غامق.

٤.ج.٦.ه– المثبتات وبياناتها كالتالي:

1- ثنائي نترات ثنائي فينيل الأمين (رقم المختصر الكيميائي: 5-75-119)؛

2- ن-ميثيل-ب-نترات الأنيلين (رقم المختصر الكيميائي: 2-15-100).

الطبيعة والغرض: ثنائي نترات ثنائي فينيل الأمين (2-NDPA) و ن-ميثيل-ب-نترات الأنيلين (MNA) من المواد المضافة التي تثبط أو تخفف تفكك وقود الصواريخ التي تحتوي على إستيرات نترات أو النيتروسللوز. يشار إلى هذه الأنواع من الوقود الدفعي بالوقود الدفعي ثنائي القاعدة، أو الوقود الدفعي المركب-المعدل ثنائي القاعدة، أو الوقود الدفعي ثنائي القاعدة متقاطع الربط.

طريقة التشغيل: تعمل هذه المُثبتات على تعديل البيئة الكيميائية داخل الوقود الدفعي لخفض تفكك مكوناته.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تجعل هذه المثبتات من الوقود الدفعي المركب أقل عرضةً لتأثيرات التقادم الزمني. بالنتيجة، تعمل على زيادة العمر الفعلي للقذائف التي تعمل بالوقود الدفعي.

الاستخدامات الأخرى: يستخدم ثنائي نترات ثنائي فينيل الأمين في المتفجرات كمثبت للنتروغلسرين. وهو مستخدم على نطاقٍ واسع في مجال صناعة الذخائر. أما ن-ميثيل-ب-نترات الأنيلين فليس له استخدامات تجارية معروفة.

الشكل (عند التصنيع): في حالته النقية، يكون ثنائي نترات ثنائي فينيل الأمين بلون أصفر لامع، وكريستالي صلب وتبلغ كثافته 1.15 غ/سم مكعب وتبلغ نقطة ذوبانه من 74-76 درجة مئوية. ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_{12}H_{10}N_2O_2$. وعند تعرضه للضوء، يتحول لونه إلى البرتقالي الغامق.
أما ن-ميثيل-ب-نترات الأنيلين فله لون أصفر لامع، وكريستالي صلب وتبلغ كثافته 1.20 غ/سم مكعب وتبلغ نقطة ذوبانه من 152-154 درجة مئوية. ويتخذ الصيغة الكيميائية $C_7H_8N_2O_2$.

الشكل (عند التعبئة): عند شحنها بكميات صغيرة، تتم تعبئة ثنائي نترات ثنائي فينيل الأمين و ن-ميثيل-ب-نترات الأنيلين في حاويات زجاجية بنية اللون بسبب حساسيتها للضوء. عند شحنها، في كميات أكبر حجماً، يمكن تعبئتها في أكياس من البولي إثيلين داخل طرود ليفية أو حاويات كرتون مقوى.

.

٤-ج-٧ "الوقود الدفعي الهلامي" المعد خصيصاً للاستخدام في المنظومات المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩.

ملاحظة تقنية:

"الوقود الدفعي الهلامي" هو عبارة عن وقود أو عامل أكسدة معد باستخدام مادة هلامية بواسطة السليكات أو الكاولين (الصلصال) أو الكربون أو أي مادة هلامية بوليمرية أخرى.

ملاحظة:

أرقام التسجيل بدائرة المستخلصات الكيميائية المدرجة في البند ٤.ج هي عبارة عن ملاحظة تقنية. وللاطلاع على استعمال هذه الأرقام في المرفق، أنظر القسم (و)

المصنعون
- ألمانيا
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: يعمل الوقود الدفعي الهلامي عمل الوقود الدفعي الصلب في حالة التخزين وعمل الوقود الدفعي السائل في حالة الاستخدام. يجمع الوقود الدفعي الهلامي بين ميزة سهولة التعامل وفترة التخزين الطويلة التي يتمتع بها الوقود الدفعي الصلب مع القدرة على الخنق، والتحكم بالدفع، وإعادة تشغيل المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي السائل. ويوفر الوقود الدفعي الهلامي قوة دفع محدد أفضل من الوقود الدفعي الصلب أو السائل.

طريقة التشغيل: يوفر تخزين الوقود الدفعي الهلامي مضغوطاً الضغط اللازم لدفع الوقود الدفعي الهلامي نحو حجرة الاحتراق. تحتوي المرحلة العلوية على بعض طرق تسليم غاز يتسم بالضغط العالي، إما الهيليوم أو باستخدام مولد غاز الوقود الدفعي الصلب، لدفع الوقود الهلامي نحو حجرة الاحتراق. في حال استخدام مولد غاز الوقود الدفعي الصلب لتوليد الضغط، يتطلب الخزان وجود أحد أنواع الدروع الحرارية.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: يستخدم الوقود الدفعي الهلامي لخفض الوزن الإجمالي عند الإطلاق بسبب كثافته المنخفضة أكثر من الوقود الدفعي السائل أو الصلب. يوفر الوقود الدفعي الهلامي درجة عالية من الحساسية كما أنه يصدر دخان بحد أدنى، بالتالي فهو يمتلك بصمة منخفضة. يمكن أن يوفر الوقود الدفعي الهلامي أفضل تركيبة للسماح بضبط قوة الدفع كما هو الحال مع محركات الوقود الدفعي السائل لزيادة درجة تحمل الأسلحة إلى أقصى قدرة وأداء، وأيضاً توفير عمل تخزيني طويل إلى جانب جاهزية تشغيل عالية للمحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): يعتبر الوقود الدفعي الهلامي من السوائل الهلامية الصافية كما يتمتع بمتانة ثابتة ولون يتراوح من الصافي إلى الأصفر.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد

٤.د البرمجيات

٤.د.١ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً من التشغيل أو صيانة المعدات المدرجة في البند ٤.ب بهدف "إنتاج" وتداول المواد المدرجة في البند ٤.ج.

الطبيعة والغرض: كما هو مذكور في البند ٤.ب.١، تعتبر معدات الإنتاج المطلوبة لتصنيع الوقود الدفعي السائل شائعة الاستخدام في الصناعات الكيميائية والبترولية. يمكن استخدام برمجية التحكم بهذه العملية المستخدمة في هذه الصناعات في منشآت تصنيع الوقود الدفعي السائل مع إدخال التعديلات عليها لتلائم الخصائص المميزة للوقود الدفعي. يمكن أن يكون الوقود الدفعي ساما، ويمكن أن ينطوي خطر على التعامل معه كما أنه سريع الاشتعال ويدعم الاحتراق بسرعة. من شأن برمجية التحكم بالعملية المخصصة لإنتاج هذه الأنواع من الوقود الدفعي خفض الخطر وإنتاج مخرجات متسقة.

أما المعدات التحليلية المستخدمة في مختبرات تنفيذ اختبار قبول الوقود الدفعي فهي آلية بحد كبير. تنتج معدات الاختبار الجاهزة هذه تحليلات تتسم بموثوقيتها ودقتها دون الحاجة لإجراء تعديل على برمجية التشغيل.

تعمل منشآت إنتاج الوقود الدفعي الصلب بشكل رئيسي بطريقة العمليات الموجهة على دفعات. يتم استخدام طواحين الطاقة السائلة لإنتاج مواد مؤكسدة بحجم جسيمات محدد. كما تستخدم معدات إنتاج الفلزات المعدنية لإنتاج مواد الوقود المضافة المحددة في البنود ٤.ج.٢.ج، ٤.ج.٢.د، ٤.ج.٢.ه. يمكن لهذه النظم استخدام برمجية تحكم بالعملية تكون مصممة خصيصاً للحفاظ على المعايير الملائمة للعملية. فضلاً عن ذلك، يمكن استخدام موازين (تناظرية أو رقمية) لقياس الكميات الدقيقة لمكونات الوقود الدفعي (الوقود، المادة المؤكسدة، المادة اللاصقة، المثبطات، المثبتات، مواد تعديل معدل الاحتراق عوامل المعالجة). كما يتم استخدام نظم خلط بتفريغ الهواء يتم التحكم بها بواسطة الحاسوب لجمع مكونات الوقود الدفعي لينتج لدينا سائل لزج. تتحكم البرمجيات بمستويات تفريغ الهواء، وأوقات التبريد والخلط التي تحتاجها العملية. وبعد صب الوقود الدفعي في غلاف المحرك، يجب معالجته بدرجات حرارة آخذة بالارتفاع لفترة زمنية محددة. تعتبر معايير المعالجة هذه من العوامل الرئيسية التي تتيح للخصائص الميكانيكية بالثبات ويتم التحكم بها عادةً بواسطة البرمجية التي تشغل الفرن أو غرفة المعالجة. كذلك الأمر، تعتمد المعدات التحليلية لتقييم الوقود الدفعي الصلب على معدات مؤتمتة بهدف تحديد تركيبتها الكيميائية.

يتم إشعال عينات الوقود الدفعي ليتم تحليل خصائص هذه العينات بواسطة أجهزة قياس السعرات الحرارية المستخدمة مع القنابل وبواسطة مقاييس الطيف بالأشعة تحت الحمراء. يتم كذلك تقييم عينات الوقود الدفعي الصلب من حيث قوتها الميكانيكية وقدرتها على تحمل الضغط والإجهاد بواسطة معدات اختبار وقياس الضغط/الإجهاد التي تعمل بمساعدة الحاسوب. بالإضافة لذلك، يتم استخدام التصوير بالأشعة السينية لتقييم الوقود الدفعي من حيث الفراغات الموجودة فيه ومن حيث متانة التصاق الوقود الدفعي/البطانة. تقوم هذه النظم بتغذية برمجية التحكم بالجودة الي ترافق الوقود الدفعي.

طريقة التشغيل: يتم تحميل البرمجية على أجهزة الحاسوب الصغيرة مثل أجهزة الحاسوب المحمولة ووحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة للتحكم العملية المحددة. لا يمكن استخدام البرمجية المستخدمة في التحكم بالصمامات الإلكتروميكانيكية وغيرها من المعدات الموجودة في المحطة الكيميائية لإدارة عملية نقل السائل، وإدارة الحرارة وغيرها من العمليات المستخدمة في تصنيع الوقود الدفعي السائل. تقوم البرمجية بإدارة معايير العملية الخاصة في خلطات الوقود الدفعي الصلب، ومعدات إنتاج الفلزات المعدنية ومحطات المعالجة. كما يتم استخدام آلات التحكم العددي لطحن وصنع أسطح أغلفة محركات الوقود الدفعي الصلب بواسطة الآلات وذلك لإزالة النفايات المتبقية عند إزالة القالب من المحرك. وفي المنشآت المتطورة، يتم وصل جميع وحدات التحكم بالعملية المنفصلة وأجهزة الحاسوب على شبكة متصلة بمركز التحكم الذي يراقب جميع العمليات.

الاستخدامات الأخرى: تتوفر معظم البرمجيات المستخدمة في إنتاج الوقود الدفعي السائل والصلب تجارياً ويتم تعديلها لدعم إنتاج الوقود الدفعي. تستخدم بعض البرمجيات في عمليات/آلات محددة ولا يوجد استخدامات أخرى معروفة لها.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية المستخدمة في التحكم بالعمليات شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٥.٤ التكنولوجيا

٤.هـ "التكنولوجيا"، وفق ما هو وارد في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا واللازمة لـ"تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" معدات أو مواد مدرجة في البند ٤.ب أو ٤.ج.

الطبيعة والغرض: تعرف تكنولوجيا الوقود الدفعي بأنها المعرفة المطلوبة لتطوير أو استخدام المعدات المحددة في البند ٤.ب لإنتاج أو استخدام المواد المحددة في البند ٤.ج والمخصصة لإنتاج الوقود الدفعي السائل أو الصلب. تتضمن هذه المعرفة تشكيل وتصنيع مكونات الوقود الدفعي الصلب أو السائل، ونسب خلط مكونات الوقود الدفعي، ومعايير تشغيل الآلات والعملية، والمخططات، والكتيبات والتدريب. تعتبر هذه المعرفة عادةً مشمولةً بحقوق الملكية الفكرية للمعدات المحددة أو العملية ذات العلاقة.

طريقة التشغيل: يمكن الحصول على التكنولوجيا المستخدمة لتصميم منشآت الإنتاج من كتب مقررات الهندسة الميكانيكية. وأية دولة صناعية تمتلك صناعات كيميائية أو بترولية تمتلك المعرفة والخبرة الأساسية لذلك. فالمسألة تتعلق بالحصول على المعرفة أو نقلها لتصميم وتصنيع واستخدام العناصر المطلوبة لإنتاج الوقود الدفعي السائل الخاضع للمراقبة.

بالمقابل، تعتبر التكنولوجيا المرافقة لإنتاج الوقود الدفعي الصلب أكثر تخصصاً. حيث تعتبر معايير التشكيل والتصنيع الخاصة بإنتاج الوقود الدفعي الخاص ملكاً خاصاً للدولة/المصانع وخاضعة لتحكمهم. كما تتم مراقبة أية تعديلات على الطواحين العاملة بطاقة الموائع، ومعدات أو خلاطات إنتاج الفلزات المعدنية للوفاء بمتطلبات إنتاج المكونات و/أو الوقود الدفعي النهائي.

تمتلك أية دولة تسعى إلى تطوير إمكانيات إنتاج الوقود الدفعي على المستوى المحلي العديد من الخيارات بهذا الخصوص. إذ يمكن لأي دولة شراء التكنولوجيا جاهزةً من طرف ثالث. كما يمكنها الاستفادة من المعرفة المتوفرة لديها في مجال الصناعات الكيميائية والبترولية والاستعانة باستشاريين لديهم باع خبرة طويل بشأن تعديل معدات إنتاج الوقود الدفعي. هنالك خيار ثالث يتمثل في إرسال الكادر الفني لتلقي التدريب في دولٍ أخرى للحصول على المعرفة ومراقبة العملية من الصفر.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه التكنولوجيا لإنتاج أنواع الوقود الدفعي لتشغيل القذائف.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة 1 –البند 5

تم ترك هذا الحيز فارغاً لملئه في المستقبل.

الفئة ٢ – البند ٦

إنتاج المركبات الهيكلية، والترسيب

والتكثيف بالحل الحراري، والمواد الهيكلية

الفئة ٢ – البند ٦، إنتاج المركبات الهيكلية، والترسيب والتكثيف بالحل الحراري، والمواد الهيكلية

٦.أ المعدات والمنظومات والمكونات

٦.أ.١ البنى المركبة، والمنتجات المصنوعة منها المصممة خصيصاً للاستخدام في النظم المدرجة في البنود ١.أ، ١.أ.١٩، ١.أ.١٩.٢ والنظم الفرعية المدرجة في البنود ٢.أ أو ٢٠.أ.

الإنتاج العالمي

- الولايات المتحدة
- الصين
- روسيا
- الهند
- فرنسا
- ألمانيا
- المملكة المتحدة

الطبيعة والغرض: تستخدم المكونات والصفائح ذات الطبقات في صناعة أجزاء الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة التي تكون عادةً خفيفة الوزن، وأقوى وأكثر وأطول عمراً من الأجزاء المصنوعة من المعادن أو غيرها من المواد.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم المكونات والصفائح ذات الطبقات عموماً في صناعة المكونات الهيكلية الرئيسية للقذائف النسيارية أو المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف النسيابية. تتضمن هذه الاستخدامات أغلفة المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب، والمراحل المترابطة، والأجنحة، والمداخل، والفوهات، والدروع الحرارية، ورؤوس المقذوفات، والعناصر الهيكلية والأطر.

الاستخدامات الأخرى: يمكن تشكيل الهياكل المركبة أي شكل تقريباً للوفاء بالاحتياجات المطلوبة. فهي قادرة على زيادة صناعة المنتج، وتضفي مرونةً أكبر في تشكيل المنتج النهائي. يمكن تصنيع المكونات لتوفير متانة توجيهية عند اللزوم، والتي من شأنها خفض الوزن مقارنةً مع نظيراتها من المكونات المعدنية. فهي تستخدم في كل من الطائرات المدنية والعسكرية، كما تستخدم كدرع للمركبات العسكرية، وفي المنتجات الترفيهية (الزلاجات، ومضارب التنس، والأحذية، ونوادي الغولف)، وفي تصنيع قطع السيارات، والكمبيوترات المحمولة، والهواتف الذكية، والبنى التحتية (عمليات إصلاح الجسور والتسليح الخرساني).

الشكل (عند التصنيع): تتخذ المكونات المركبة شكل الجسم، أو قالب التشكيل، أو القالب الذي يتم استخدامه لتشكيلها. ويمكن استخدام التسليح لصناعة المُركب ما ينتج عنه عادةً تشكل طبق تشبه النسيج على سطح الجسم، لاسيما عند استخدام قماش مشرب مسبقاً. وحتى عند عدم استخدام قماش، قد يبقى النمط الخطي للشرط موجوداً. ويمكن للدهانات والطلاءات الهلامية في بعض الأحيان إخفاء هذا النمط.

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة الهياكل المركبة بنفس الطريقة المتبعة مع الهياكل الأخرى، سواء باستخدام الرغوة أو المواد الأخرى لحمايتها من تعرض سطحها لخدوش أو تشوهات نتيجة الضغط.

٦.أ.٢ المكونات المشبعة بالحل الحراري (أي مركبات كربون– كربون) التي ينطبق عليها ما يلي:
أ– المكونات المصممة من أجل منظومات الصواريخ؛ أو
ب– المكونات القابلة للاستخدام في النظم المدرجة في البنود ١.أ أو ١٩.أ.١.

فرنسا
• الهند
• اليابان
• روسيا
• المملكة المتحدة
• الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: يتم صناعة مكونات الكربون – كربون من ألياف الكربون، والتي يتم عادةً صناعتها من القطران، أو الحرير الصناعي أو بوليمر الأكريلونيتريل (PAN) ضمن قالب غالبيته من الكربون (أو الغرافيت). وعادةً ما يتم تصنيعها باستخدام راتنج كربون بنسبة عالية كقالب مبدئي، ثم يتم استخراج العناصر غير الكربونية بواسطة الحرارة العالية. تتسم هذه المكونات بخفة وزنها، ومقاومتها العالية للحرارة، ومقاومتها للصدمات الحرارية، ومرونتها في التشكيل.

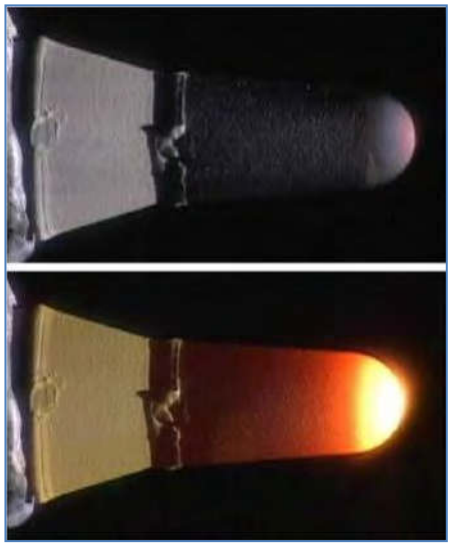
الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم مواد الكربون – كربون لصناعة المواد مثل مخاريط الخروج والفوهات، وفي صناعة رؤوس مقدمات المركبات العائدة، والدروع الحرارية، والحواف الأمامية لأسطح التحكم التي ينبغي أن تكون مقاومةً للآثار الناتجة عن الحرارة العالية والتذرية.

يبين الشكل ٦٠ نتيجة تطبيق اختبار محرك نفاث قوسي لمدة ٣٠٠ ثانية على مخروط موجود في المقدمة مصنوع من مواد كربون – كربون ومطلي بكاربيد السيليكون. أسفر عن هذا الاختبار عدم وجود تغييرات في كتلة أو أبعاد الهيكل المخروطي بعد تعرضه لدرجات حرارة عالية.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام هياكل الكربون – كربون في تطبيقات الطائرات المدنية والعسكرية مثل مداسات الفرامل عالية الحرارة، وفي غيرها من التطبيقات التي تتطلب متانة عالية وخفة وزن مثل أصول الأجنحة. كما يمكن استخدامها فضلاً عن ذلك في صناعة الأدوات التي تتطلب عمرا مديداً يتحمل بيئات التصنيع القاسية التي تنطوي عادةً على درجات حرارة عالية، مثل مغارف صب الفولاذ، وسخانات الأفران ذات الحرارة العالية، وأدوات التعامل مع الزجاج الساخن إلى جانب أدوات الكبس على الساخن.

الشكل (عند التصنيع): تتخذ مواد الكربون – كربون المصممة لاستخدامها عادةً مع نظم الصواريخ لوناً أسوداً وتمتلك سطحاً منقوشاً نتيجة طبقة التسليح النسيجية. عادةً يتم تشكيل رؤوس المقدمات وفوهات الصواريخ بواسطة الآلات من كتل أو قضبان أو مواد نسيجية لتتخذ شكلها النهائي.

الشكل (عند التعبئة): قبل وضعها في الآلات، تصبح مواد الكربون – كربون خشنةً بما يكفي ليتم تعبئتها في جهاز التعبئة وشحنها في صناديق من الورق المقوى. بينما تتطلب الأجزاء المصنوعة بواسطة الآلات حذراً لدى تعبئتها لأنها بالرغم من مقاومتها للكسر، (مقاومة التأثير)، إلا أنها يمكن أن تتعرض للكشط والخدش بسهولة.



الشكل ٦٠: تأثيرات درجات الحرارة العالية على المقدمة المخروطية المصنوعة من مواد كربون – كربون الملاحظة بعد مرور ١٥ ثانية (الصورة العلوية) و٢٩٥ ثانية (ألترا ميت أدفانسد ماتيريالز سولوشنز)

٦.ب معدات الاختبار والإنتاج

٦–ب–١ المعدات اللازمة لـــ"إنتاج" المركبات الهيكلية أو الألياف، أو مواد التقوية التحضيرية أو خامات التشكيل، التي يمكن استخدامها في النظم المدرجة في البنود ١.أ، ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩، حسبما يرد بيانها أدناه، والمكونات والملحقات المصممة خصيصاً لها وهي:

أ– آلات لف القذائف أو آلات تثبيت الألياف/النُسال، التي يمكن فيها تنسيق وبرمجة حركات تحديد وصنع الألياف وتغليفها ولفها في ثلاثة محاور أو أكثر، والمصممة خصيصاً لصنع هياكل مركبة أو رقائق مركبة من ألياف أو مواد فتيلية، بالإضافة إلى أدوات التحكم في التنسيق والبرمجة؛

الطبيعة والغرض: تقوم آلات لف القذائف، أو آلات تثبيت الألياف/النُسال بوضع الألياف/النُسال المطلية بطلاء إيبوكسي أو راتنج البوليستر في قوالب تشكيل دوارة وفق الأنماط المحددة لصنع أجزاء مركبة تكون نسبة المقاومة للوزن فيها عالية. تشبه آلات لف القذائف من حيث شكلها وطريقة عملها آلات الخرط. أما آلات تثبيت الألياف/النُسال فتأتي بأشكال مختلفة عدة فهي تأتي على شكل قنطرة، أو عامودية أو آلية تبعاً لحجم الجزء ودرجة تعقيده من الناحية الهندسية. وبعد إنجاز عملية اللف، يحتاج الجزء إلى نوع من المعالجة لتطبيق نظام طلاء الإيبوكسي أو الراتنج. تتم عملية المعالجة هذه إما في فرن، أو في جهاز أوتوكلاف أو هيدروكلاف.

طريقة التشغيل: تتطلب كل من آلات لف القذائف، أو آلات تثبيت الألياف/النُسال وجود قوالب تشكيل لتشكيل الجزء الهندسي المناسب للجزء الذي يتم تشكيله. بالنسبة لآلات لف القذائف، يتم تركيب قالب التشكيل على الآلة ويعمل بطريقة الدوران. ولدى بدء دورانه، يقوم بسحب مستمر للألياف من البكرات التي تزوده بالألياف الموجودة على السطح الخارجي للقالب بطريقة دقيقة. ويجوز صباغة الألياف التي يتم سحبها بشكل مستمر أو يجوز وضعها في حوض يتضمن طلاء الإيبوكسي أو راتنج البوليستر. أما بالنسبة لآلات تثبيت الألياف/النُسال، يمكن أن يدور قالبها أو يتخذ وضعاً ثابتاً. ويقوم رأس هذه الآلات بوضع "حزم الألياف" التي تكون مصبوغةً مسبقاً أو تم تطبيق راتنج جاف عليها، التي يتم سحبها من البكرات على القالب مع تطبيق الحرارة والضغط في نفس الوقت. وبخلاف آلات لف القذائف، يتم قص "حزم القذائف" في موضع محدد مسبقاً تبعاً لهندسة الجزء. وبعد اللف، يتم فصل قالب التشكيل والجزء المدمج معه عن الآلة، وتتم معالجة الجزء قبل فله عن القالب. هنالك بعض الأنواع الشائعة من القوالب المستخدمة مثل قالب الشبكة العنكبوتية القابل للذوبان في الماء أو قوالب الجص، والقالب المُجزأ، والقالب القابل للطي. كما يتم في بعض الأحيان استخدام بطانات غير قابلة للفصل. على سبيل المثال، تتم صناعة أوعية الضغط التي تتضمن بطانة معدنية باستخدام قالب تشكيل يتضمن بطانة معدنية تتم تركها داخل غلاف اللف بغاية البساطة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم آلات لف القذائف، وآلات تثبيت الألياف/النُسال لصناعة أغلفة المحركات الصاروخية، وخزانات الوقود الدفعي، وأوعية الضغط، وأغطية الحمولة. لأن المقاومة العالية وخفة الوزن التي تتسم بها الهياكل الناتجة تجعل من زيادة مدى وحمولة القذائف أمراً ممكناً.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام آلات لف الفتائل، وآلات تثبيت الألياف/النُسال لإنتاج أجزاء الطائرات مثل مُثبتات الذيل، وأجزاء من الأجنحة، وبدن الطائرة. كما يمكن استخدامها في صناعة خزانات الغاز الطبيعي السائل، وخزانات الماء الساخن، وخزانات الغاز الطبيعي المضغوط، إلى جانب المضارب المستخدمة في ملاعب الغولف، ومضارب التنس، وقصبات صيد السمك.

الشكل (عند التصنيع): يتباين حجم آلات لف الفتائل، وآلات تثبيت الألياف/النُسال تبعاً للجزء الذي تتم صناعته. حيث يتم استخدام آلات لف الفتائل لصناعة الأجزاء التي يبلغ قطرها ١٠ سم بقياسات ١ م × ٢ م × ٧ م والتي يمكن وضعها على سطح المنضدة. أما آلات لف الفتائل الخاصة بالمكونات الضخمة، مثل الأجزاء المكونة للمحركات الصاروخية الضخمة، فيبلغ قطرها ٣ م وطولها ٨ م تقريباً فيما يبلغ وزنها عدة أطنان (الشكل ٦١). أما آلات لف الفتائل المتطورة فيتم التحكم بها عددياً بواسطة الحاسوب وهي قادرة على لف أشكال معقدة للوفاء بالمتطلبات المحددة.

الشكل ٦١: على اليسار: غلاف غرافيت مطلي بالإيبوكسي تم إنتاجه بواسطة آلة لف فتائل متطورة. (أيه تي كيه) في الوسط: آلة لف فتائل مثبتة على سطح منضدة. (تيوكول كورب). على اليمين: آلة لف فتائل مع بكرات ألياف متعددة (آيبيد)

الشكل (عند التعبئة): يفرض حجم آلات لف الفتائل الطريقة المستخدمة في تعبئتها. إذ يتم تعبئة الآلات الأصغر حجماً في صناديق وتوضع في حاويات ماصة للصدمات أو يتم وضعها على منصات نقالة تمتلك سنادات بمعزل عن الطرود الأخرى. أما الآلات الأكبر حجماً فيتم تفكيكها لشحنها وإعادة تجميعها في الموقع، بينما تتم تعبئة مكوناتها بشكل منفصل في صناديق أو يتم وضعها على منصات نقالة.

٦.ب.١.ب آلات لف الشرائط، والتي يمكن فيها تنسيق وبرمجة حركات تحديد وضع الشرائط ولفها على محورين أو أكثر، والمصممة خصيصاً لصنع هياكل الطائرات أو القذائف المركبة؛

ملاحظة:

لأغراض البنود ٦.ب.١.أ و٦.ب.١.ب، تنطبق التعاريف التالية:

١- 'حزمة الفتائل' هي عبارة عن قطعة واحدة متصلة من الشرائط أو النسال أو الألياف المشبعة بالراتنج كلياً أو جزئياً. وتشمل 'حزم الفتائل' المشبعة بالراتنج كلياً أو جزئياً والحزم المطلية بمسحوق جاف يثبت عند تسخينه.

٢- 'آلات تثبيت الألياف/النسال' و 'آلات لف الشرائط' هي آلات تقوم بعمليات مشابهة وتستخدم رؤوساً موجهة بواسطة الحاسوب من أجل لف حزمة واحدة أو أكثر من 'حزم الفتائل' حول قالب، من أجل صنع أحد الأجزاء أو الهياكل. وتتميز هذه الآلات بالقدرة على قطع واستئناف مسالك 'حزم الفتائل' أثناء عملية اللف كل على حدة.

٣- تتميز آلات تثبيت الألياف/النسال' بالقدرة على تثبيت حزمة واحدة أو أكثر من 'حزم الفتائل' التي لا يتجاوز عرضها ٢٥,٤ ملم. ويشير ذلك إلى الحد الأدنى لاتساع عرض المواد التي يمكن للآلة أن تثبته، بصرف النظر عن القدرة القصوى للآلة.

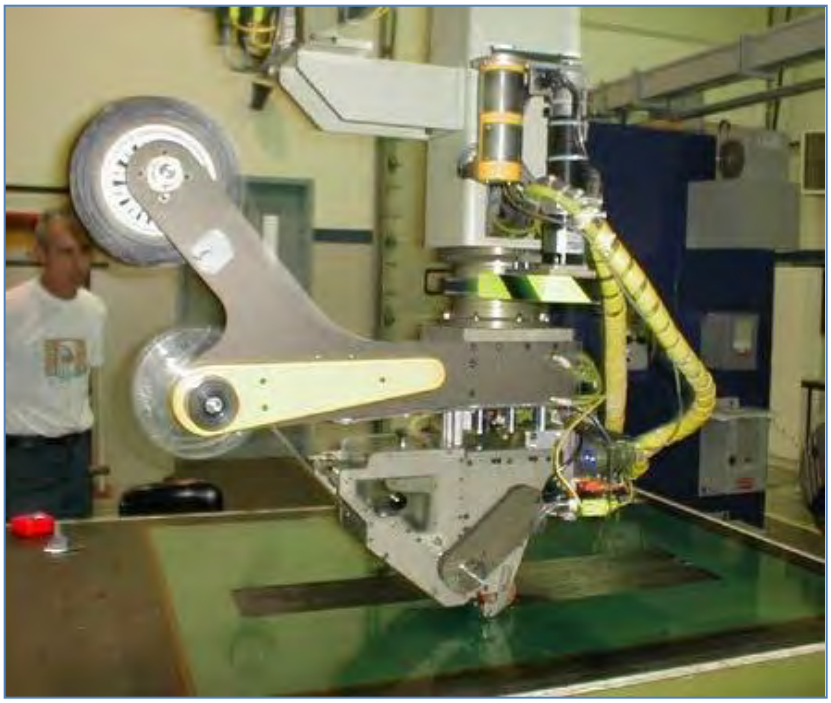
٤- تتميز آلات 'لف الشرائط' بالقدرة على تثبيت حزمة واحدة أو أكثر من 'حزم الفتائل' التي لا يتجاوز عرضها ٣٠٤,٨ ملم، لكنها غير قادرة على تثبيت 'حزم الفتائل' التي يبلغ عرضها ٢٥,٤ ملم، وما دون ذلك. ويشير ذلك إلى الحد الأدنى لاتساع عرض المواد التي يمكن للآلة أن تثبته، بصرف النظر عن القدرة القصوى للآلة.

الطبيعة والغرض: تأتي آلات لف الشرائط في أحجام وأشكال عدة. حيث تشبه الآلات المستخدمة في صناعة أجسام الطائرات وهياكل القذائف في شكلها آلات التفريز التي تكون على شكل قنطرة. فعوضاً عن فصل المواد "حزم الفتائل" التي تقوم بوضعها على القالب، تمتلك الأجزاء المرشحة لتصميمها بواسطة هذه الآلات خطوط ارتفاع أو زوايا متدرجة بما يكفي للسماح باستخدام "حزم الفتائل" السميكة أو العريضة. تختلف هذه الآلات عن آلات تثبيت الألياف/النسال من حيث درجة تعقيد الأجزاء التي يتم إنتاجها، حيث تكون هذه الآلات مطلوبةً عند الحاجة لإنتاج أجزاء تمتلك أسطحاً مجوفة أو محدبة بدرجة عالية إلى جانب مناطق متداخلة مطلوبة لتثبيت "حزم الفتائل".

طريقة التشغيل: تعمل آلات لف الشرائط من خلال وضع "حزم فتائل" ذات اتجاه واحد للمادة المقوية على قالب تشكيل يحدد بدوره شكل الجزء الذي يتم تصنيعه. وبخلاف آلات لف الفتائل، يتم تقطيع "حزم الفتائل" هذه أثناء عملية التخطيط في نقاط محددة مسبقًا عادةً وفق المتطلبات الهندسية أو التصميم للجزء المراد تصنيعه. من جهةٍ أخرى، تستخدم الهياكل التي تتضمن انحناءً بسيطاً شرائط بعرض أكبر (يصل إلى حوالي ٣٠ سم). في حين تستخدم الهياكل التي تتضمن انحناءً يتراوح في حجمه بين المتوسط إلى الكبير أشرطةً بعرض أصغر تقوم بتطبيقها على نحوٍ مائل مع الأخذ بالاعتبار اتجاه الانحناء الرئيسي.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم آلات لف الشرائط لصناعة الدروع الحرارية، وأسطح المراقبة، وفواصل المراحل المترابطة، وغيرها من مواد القشرة الخارجية التي تمتلك انحناءً بدرجة متوسطة بخلاف المواد المستخدمة في الدوران للمركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم آلات لف الشرائط على نطاقٍ واسع في الصناعات الفضائية العسكرية والتجارية على حدٍ سواء إذ تستخدم في صناعة الطبقة الخارجية للجناح وأقسام بدن الطائرة التي تتطلب التوجيه الدقيق لـــ"حزم الفتائل" لتحقيق عوامل المتانة والسلامة. يبدو حجم الأجزاء ضخمةً وتكون إما مسطحةً أو منحنية بدرجة متوسطة.



الشكل ٦٢: رأس آلة لف شرائط آلي (أوتوموتيد ديناميكس)

الشكل (عند التصنيع): يتباين حجم آلات لف الشرائط تبعاً لحجم الأجزاء المطلوبة. تعمل هذه الآلات بمساعدة الحاسوب أو بواسطة التحكم العددي بواسطة الحاسوب (CNC). تمتلك الآلات التي تعمل بواسطة التحكم العددي بواسطة الحاسوب لوحة مفاتيح لإدخال البيانات المتعلقة بأشكال المكونات المطلوب الحصول عليها. يبلغ طول الجزء المسطح، وهو السمة المميزة للآلة، من ١ إلى ٢ م وهو مخصص لتصنيع الأجزاء الصغيرة والأجزاء الضخمة جداً التي يبلغ طولها ١٠ متر. في حين يمكن أن يصل وزن الآلات الضخمة مع الطاولة الفولاذية والقنطرة من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ طن متري. يوضح الشكل ٦٢ مثالاً لآلة وضع الشرائط.

الشكل (عند التعبئة): يفرض حجم آلات لف الشرائط الطريقة المستخدمة في تعبئتها. إذ يتم تعبئة الآلات الأصغر حجماً في صناديق وتوضع في حاويات ماصة للصدمات أو يتم وضعها على منصات نقالة تمتلك سنادات بمعزل عن الطرود الأخرى. أما الآلات الأكبر حجماً فيتم تفكيكها لشحنها وإعادة تجميعها في الموقع، بينما تتم تعبئة مكوناتها بشكل منفصل في صناديق أو يتم وضعها على منصات نقالة.

٦.ب.١.ج آلات النسج أو آلات التشبيك متعددة الاتجاهات والأبعاد، بما في ذلك المحولات ولوازم التعديل، المستخدمة في نسج وتشبيك وجدل الألياف اللازمة لصناعة الهياكل المركبة؛

ملاحظة:

لا يشمل البند ٦.ب.١.ج آلات النسيج غير المعدلة للاستخدامات النهائية المذكورة آنفاً.

نعم ربما
- ألمانيا
- اليابان
- روسيا
- الولايات المتحدة

•يمكن شراء آلات النسيج غير الخاضعة للمراقبة والمعدلة مسبقاً لاستخدامها من قبل المستخدم النهائي من عدة دول.

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تستخدم آلات النسج أو آلات التشبيك متعددة الاتجاهات والأبعاد لربط الألياف بُغية تصنيع الهياكل المركبة. في حين توفر آلات الجدل طريقةً عامةً لإنتاج خامات التشكيل متعددة الاتجاهات للمواد. يتمثل الغرض من هذه الآلات في تشكيل الألياف بطريقة منهجية باستخدام خطوط ضغط متوقعة بخامات تشكيل معقدة، لجعل الأجزاء أقوى وأخف وزنا قدر الإمكان.

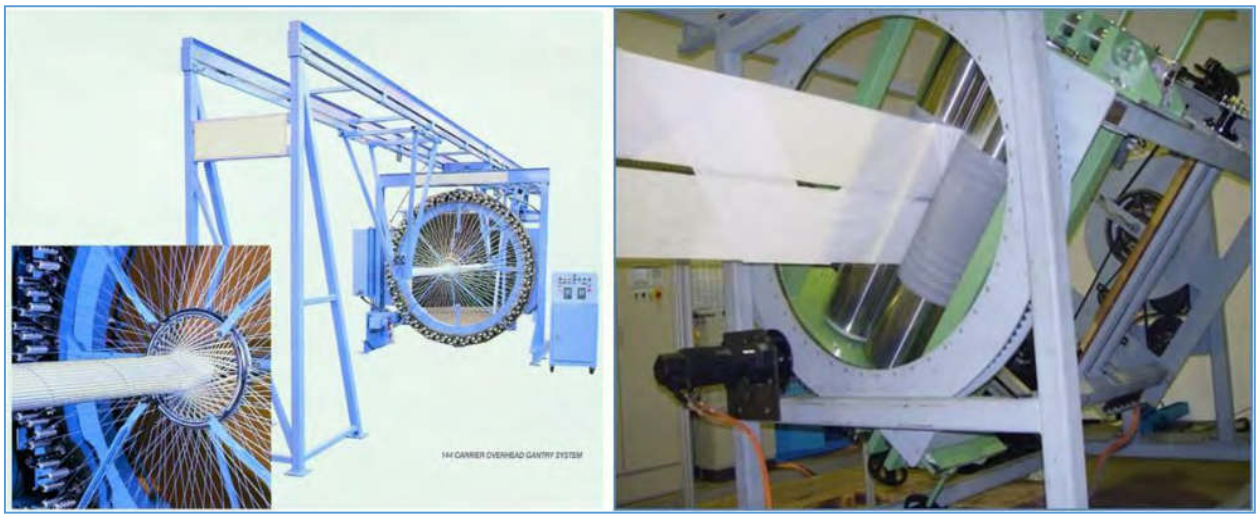
تتطلب آلات النسج آليات تعامل معقدة لربط الألياف ببعضها، كما تمتلك كل آلة بكرات وآليات دوران/حركة. في حين يتم تركيب بعض الآلات، لاسيما المستخدمة في تصنيع الدروع الحرارية للمركبات العائدة، على سطح وتستند على قضبان قاسية تكون باتجاه واحد على الأقل لتأمين الاستقرار الهندسي لعملية النسج. أما بالنسبة لآلات النسج المستخدمة في صناعة خامات التشكيل القطبية ثلاثية الأبعاد، فتتطلب بنية شبكتها الأساسية المطلوبة لتنفيذ عملية النسج وجود ألواح متقوبة تتضمن أنماطاً من الفتحات المصممة خصيصاً، وألواح صرف، وقضباناً معدنية، وإبر حياكة وشفرات سحب، وفي حال كانت العملية مؤتمتة بالكامل، مطلوب وجود الآلات التي تقوم بتشغيل إبر الحياكة وشفرات السحب. أما العناصر الفرعية لأنواع النسج الأخرى فتعتمد على التصميم المحدد للآلة.

طريقة التشغيل: في أي نظام أحادي، مطلوب تركيب قالب النسج على الآلة في المقام الأول. وبمجرد دوران منظومة قالب التشكيل، يتم تثبيت ألياف كفافية بشكل مستمر في موقع النسج بواسطة نظام إيصال الألياف الأنبوبي، الذي يتضمن أجهزة شد الألياف فضلاً عن حساسات الألياف الناقصة. في كل ممر مشكل بواسطة شبكة النسج على شكل فطيرة، تمر إبرة حياكة شعاعية عبر الممر، وتقوم بالتقاط ليف شعاعي موجود داخل المنفذ، ثم تعود إلى خارج المنفذ، وتقوم بصناعة قُطبة إغلاق تمنع حركة الليف الشعاعي خلال العمليات التالية. تعتبر هذه العلية ذات طبيعة مستمرة ويتم إنجازها بواسطة عملة الخياطة النهائية.

تقوم آلات الجدل بجدل نظاما ألياف أو أكثر في اتجاه مائل لتشكيل هيكل متكامل عوضاً عن خياطتها في اتجاه طولاني كما هو الحال في آلات النسج. بالتالي، تختلف المادة المجدولة التي تنتجها عن الأقمشة المنسوجة أو المُحاكة من حيث الطريقة التي يتم من خلالها إدخال الألياف إلى النسيج ومن حيث الطريقة التي يتم من خلالها تشبيك الألياف.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم آلات النسج أو آلات التشبيك متعددة الاتجاهات والأبعاد في صناعة الأجزاء الرئيسية للقذائف مثل رؤوس مقدمات المركبات العائدة، وأغلفة وفوهات المحركات الصاروخية التي تتعرض لدرجات حرارة وضغط عالية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم آلات النسج لإنتاج مجموعة واسعة من الأجزاء المركبة التي تنطوي على تعقيد مثل دافعات الطائرات، وساريات الحوامات، والطبقة الخارجية، وأعمدة الكهرباء والسلع الرياضية.



الشكل ٦٣: على اليسار: آلة نسج ذات هيكل مؤقت علوي مؤلفة من ١٤٤ حامل. (واردويل بريدينج ماشين كو). على اليمين: نموذج أولي لآلة نسج متعددة الاتجاهات قيد التطوير (إم دي فايبرتك كوربر).

الشكل (عند التصنيع): تتطلب آلة النسج وجود منطقة عمل فوق طاولة دوارة مع وجود شبكة من القضبان التي تدخل في ألوح مثقوبة يتم نسج الألياف حولها. تكون منطقة العمل محاطةً ببكرات توزيع ألياف كما تكون محاطةً كذلك بإبر النسج والتشبيك. كما يتم تركيب محركات الدفع، وقضبان الدفع التي تقوم بالنسج على الإطار الرئيسي للآلة.

يمكن أن يبلغ طول آلات النسج المستخدمة في صناعة الأجزاء الصغيرة ٢ م في حين يبلغ عرضها ٢ م. وقد يبلغ طول هذه الآلات المستخدمة في تصنيع الأجزاء الضخمة إلى ١٠ م في حال وضعها بطريقة أفقية بارتفاع ١٠ م في حال وضعها بطريقة شاقولية. يمكن تثبيت آلات الجدل على الأرض أو يمكن أن تتضمن قنطرة علوية تدعم المغزل الذي يتم صناعة خامات التشكيل بواسطته. وفي كلتا الطريقتين، يتم تغذية المغزل بالألياف بسرعة بواسطة العجلة الضخمة المثبتة على المغزل. أما لوحة التحكم فتوجد في وسط القنطرة لمراقبة عملية تطوير خامات التشكيل.

الشكل (عند التعبئة): يفرض حجم آلات النسج الطريقة المستخدمة في تعبئتها. إذ يتم تعبئة الآلات الأصغر حجماً بشكل كامل في صناديق تعبئة في حين يتم تفكيك الآلات الأكبر حجماً لشحنها وإعادة تجميعها في الموقع، بينما تتم تعبئة مكوناتها بشكل منفصل في صناديق أو يتم وضعها على منصات نقالة. ومن المحتمل أن يتم وضع إطار الآلة في صندوق ضخم واحد. وتتم حماية كافة المكونات بشكل مناسب ضد الصدمات والاهتزاز خلال عملية النقل والمناولة.

٦.ب.١.د المعدات المصممة أو المعدلة من أجل إنتاج المواد الليفية أو الفتيلية وبياناتها كالتالي:

١- معدات تحويل الألياف البوليمرية (مثل بوليمر الأكريلونيتريل أو الحرير الصناعي أو البولي كربوسيلان)، بما في ذلك المعدات الخاصة اللازمة لتخفيف إجهاد الألياف أثناء التسخين؛

- ألمانيا
- اليابان
- روسيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تعتبر الألياف البوليمرية سلائف مخصصة لتصنيع ألياف الكربون وألياف الخزف. تؤثر جودة هذه السلائف بشكل مباشر على خصائص المواد على فروق الكميات المنتجة من المنتج النهائي. تتم عملية التحويل من الألياف البوليمرية إلى الألياف الكربونية أو الخزفية من خلال تسخين أو إطالة السائف في إطار جو يتم التحكم به. وتقوم المعدات الخاضعة للمراقبة بموجب هذا القسم بتسخين، وإطالة، والتحكم بالجو الذي تتم معالجة الألياف فيه.

طريقة التشغيل: فيما يلي عملية تصنيع ألياف الكربون من بوليمر الأكريلونيتريل (PAN):

يتم تحميل ألياف بوليمر الأكريلونيتريل الموجودة على بكرات على سلة تقوم بتغذية خط الإنتاج. يتم مد الألياف البوليمرية بشكل مسطح لتشكل شريط أو طبقة سحب قبل دخولها إلى أفران الأكسدة. عند هذه النقطة يبدأ تشبيك سلاسل البوليمر. وتزداد كثافة الألياف لتصل نسبة محتوى الكربون من ٥٠ إلى ٦٥ بالمائة. بعد ذلك، تتم عملية التكربُن في أفران عالية الحرارة توفر جوّاً خاملاً (نيتروجين أو أرغون) لمنع الأكسجين من إتلاف الألياف. ومع مرور الألياف من خلال هذه الأفران يفقد الوزن والحجم. وتبعاً لعدد الأفران المستخدمة في عملية التكربُن والتعرض النهائي لدرجات الحرارة، يمكن أن يتراوح محتوى الألياف من الكربون بين ٩٣ و٩٩ في المائة. وخلال تنفيذ هذه العملية، يعتبر ضغط أو تمدد الألياف من العوامل الحاسمة لتكوين الخصائص الميكانيكية للمنتج النهائي.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: ينبغي أن تنطوي المعدات المستخدمة في تحويل وتخفيف إجهاد الألياف البوليمرية لإنتاج الألياف المستخدمة في تطبيقات القذائف على متانة عالية وخفة وزن والتي تعتبر شرطاً أساسياً. يتم استخدام هذه الألياف في القذائف لتحسين متانة غلاف المحرك، وألواح التغطية الانسيابية، وخزانات الوقود الدفعي مع تخفيف وزنها في نفس الوقت ما يؤدي بالتالي إلى زيادة مدى وحمولة القذيفة.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام المعدات في تحويل الألياف البوليمرية لتتلاءم مع العديد من الاستخدامات، بما في ذلك هياكل، وإطارات الطائرات، وفي نوادي الغولف وهياكل القوارب.

الشكل (عند التصنيع): من الصعب تقديم وصف لشكل المعدات المستخدمة في تحويل الألياف البوليمرية بسبب تنوع مخططات نصب هذه الآلات. يتم عادةً وضع المخطط خصيصاً بما يتلاءم مع بناء الإنتاج وأسطحه المغطاة مع الأخذ بالاعتبار المساحة الطابقية. أما أهم مكونات هذه المعدات فهي البكرات الدقية وآليات التحكم بها. يتراوح قطر هذه البكرات عادةً بين ٨ إلى ٢٠ سم، في حين يتراوح طولها من ٣٠ إلى ١٢٠ سم، أما حجمها فهو رهنٌ بحجم الأفران التي يتم استخدامها. يتم استخدام بكرات التشغيل لسحب سلائف الألياف ببطء عبر الفرن في ظل ضغط خاضع للتحكم. تتم صناعة بكرات التشغيل عادةً من الفولاذ الذي لا يصدأ المصقول أو من الفولاذ المطلي بالكروم ويتم تشغيلها بإحدى الطريقتين، الأولى بطريقة تبقي الفتائل تحت ضغط ثابت، أو الثانية من خلال تشغيل الفتائل بمعدل مبرمج مسبقاً للإطالة الفتائل في إطار العملية. بالتالي، يمكن تشغيل البكرات بواسطة محركات فردية توضع على أعمدة الإدارة الخاصة بها أو يتم تشغيلها بشكل تناسبي بواسطة مسننات عامود الإدارة الذي يعمل بمحرك واحد.

تم تصميم الآلات بطريقة تسمح للألياف بالمرور عدة مرات من المنطقة الخاضعة للتسخين مع التحكم الدقيق بسرعة الألياف، وبدرجة الحرارة في كل ركن من أركان الفرن وبضغط الألياف. كما ينبغي أن تمر الألياف عبر العديد من هذه الأفران لأن العملية تتطلب مجموعة واسعة من ردود الفعل المختلفة. يمتلك نظام فرن سحب الألياف عادةً العديد من البكرات ومناطق خاضعة للتسخين معزولة داخل الفرن. في حين يتباين حجم المعدات على نطاقٍ واسع.

عادة، تستخدم نظم أفران المعالجة العمودية في عمليات المعالجة التي تتطلب درجات حرارة أعلى. إلا أن، عمليات المعالجة المتنوعة المطلوبة لإنتاج الكربون أو الألياف الحرارية الأخرى من الألياف البوليمرية تتطلب استخدام عدة قطع من المعدات. هنالك متطلبات مطلوب توفرها عادةً مثل الأفران التي تعمل بدرجة حرارة منخفضة إلى جانب نظم مناولة النسيج وأفران تعمل بدرجات حرارة عالية، فضلاً عن القدرة على التعامل مع الألياف لتحويل الألياف إلى حالتها النهائية.

الشكل (عند التعبئة): تتباين طريقة تعبئة الأفران، والأفران الحرارية، ومعدات المعالجة اللازمة لإنتاج ألياف الكربون تبعاً لحجمها ووزنها وحساسيتها تجاه العوامل البيئية. بشكل عام، يمكن تعبئة المعدات المستخدمة في المخابر وشحنها بالكامل بواسطة السكك الحديدية أو الشاحنات. أما الأفران الأكبر حجماً والمصممة للاستخدام التجاري فيجب شحنها بشكلٍ عام كوحدات كاملة وتجميعها في الموقع. إلا أن بعض الأفران يمكن أن تمتلك قطراً كبيراً تتطلب التعامل معها بشكل خاص بنفس الطريقة التي يتم التعامل فيها مع البضائع كبيرة الحجم. فضلاً عن ذلك، يصل وزن هذه الأفران الضخمة إلى ١٠٠٠ طن متري أو أكثر.

6.ب.1.د
٢. معدات ترسيب أبخرة العناصر أو المركبات على المواد الفتيلية المسخنة؛

- ألمانيا
- البلدان
- روسيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تقوم معدات ترسيب الأبخرة بتطبيق طبقة طلاء لواجهة الفتائل. تقوم طلاءات الواجهة هذه بتغيير خصائص الفتائل. تتسم الطلاءات المعدنية بأنها موصلة وتضفي مقاومةً للتآكل، في حين تقوم بعض طلاءات الخزف بحماية الألياف من التفاعل مع الجو أو المواد القريبة. يمكن للطلاءات كذلك تحسين الانسجام النهائي بين الألياف والمادة الرابطة، كما هو الحال مع بعض مكونات الربط المعدنية.

طريقة التشغيل: توفر هذه المعدات بيئةً فراغيةً جزئيةً مناسبة لتكثيف أو ترسيب الطلاءات على الألياف. هنالك اختلافات عدة لعملية ترسيب الأبخرة، إلا أن أهم عمليتين رئيسيتين لها هي ترسيب الأبخرة الكيماوية (CVD) وترسيب الأبخرة الفيزيائية (PVD).

ضمن عملية ترسيب الأبخرة الكيماوية، يتم ترسيب الطلاءات الصلبة غير العضوية من غاز تفاعلي أو تفكيكي بدرجات حرارة آخذة بالارتفاع. تحصل هذه العملية في بعض الأحيان بواسطة بلازما مولدة بالترددات اللاسلكية لضمان الانتظام الحراري وتحسين جودة طلاءات ترسيب الأبخرة الكيماوية في عملية تسمى ترسيب الأبخرة الكيماوية بمساعدة البلازما (PACVD). أما عمليات ترسيب الأبخرة الفيزيائية فتستخدم الطلاء بالترذيذ، والتبخير والطلاء الأيوني لترسيب الطلاء على القذائف. تشبه المعدات المستخدمة في عمليات ترسيب الأبخرة الفيزيائية المعدات المستخدمة في عمليات ترسيب الأبخرة الكيماوية باستثناء أن الحجرة لا يجب أن تعمل بدرجة حرارة عالية ولا تتطلب إمدادها بغاز تفاعلي.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم معدات ترسيب العناصر على الفتائل المسخنة لإنتاج الألياف في تصنيع فوهات المحركات الصاروخية ورؤوس المقدمات للمركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم معدات طلاء الألياف في الطائرات النفاثة. يعتبر ترسيب الأبخرة الكيماوية بمساعدة البلازما من أهم أساليب تصنيع الأغشية الرقيقة في مجال صناعة الإلكترونيات الدقيقة وقد تم تطبيقها في الطلاء المستمر للألياف الكربون.

الشكل (عند التصنيع): تختلف هيئات حجرات الترسيب الكيميائي وترسيب الأبخرة الفيزيائية بشكل كبير. فبعضها عبارة عن أنابيب طويلة مع موانع تسرب في كل طرف بما يسمح لمرور الفتائل بدون غازات. بعضها الآخر عبارة عن حجرات ضخمة يبلغ طول كل جانب منها من ٢ إلى ٣ م، مع وجود مساحة كافية لتثبيت بكرات الفتائل، ومعدات توجيه الفتائل بما في ذلك بكرات توزيع وشد الفتائل، ومنطقة ساخنة إن لزم الأمر، والغازات التفاعلية. بسبب هذا الاختلاف، يعتبر الجزء القياسي الوحيد والقابل للتمييز بسهولة من بين المعدات نظام إمداد الغاز، وهو عبارة عن نظام إمداد طاقة ضخم، يتضمن مضخات تفريغ، وممكن أدوات التحكم بالحرارة. في كافة الأحوال، تتسم نظم إمداد الطاقة بحجمها ووزنها الكبيرين، يكون عادةً أكبر من ٠,٦ × ١,٥ م مع مأخذ مياه التبريد، والمضخات، وقواطع السلامة. في حين تبدو معدات ترسيب الأبخرة الكيماوية بمساعدة البلازما بشكلها مثل نظم الترسيب الكيميائي والفيزيائي للأبخرة باستثناء نظم إمداد الطاقة التي تعتمد على الترددات اللاسلكية لإنتاج البلازما.

الشكل (عند التعبئة): تتباين طريقة التعبئة تبعاً للحجم والوزن والحساسية تجاه العوامل البيئية. بشكل عام، يمكن تعبئة المعدات المستخدمة في المخابر وشحنها بالكامل بواسطة السكك الحديدية أو الشاحنات. إلا أن المعدات المستخدمة في المخابر تتضمن بشكل عام أجزاءً يمكن شحنها بشكل منفصل بحيث تحظى بكرات النسيج والمحركات والأواني الزجاجية الخاصة بقدرٍ كافٍ من الحماية. أما النظم الضخمة المصممة للاستخدام التجاري فيتم شحنها عادةً كمنظومات فرعية أو مكونات ويتم تجميعها في الموقع.

6.ب.1.د
3. معدات التشكيل الرطب للخزفيات الحرارية مثل (أكسيد الألمنيوم)؛

الطبيعة والغرض: تستخدم معدات التشكيل الرطب في إنتاج الفتائل الطويلة من خليط من السوائل والمواد الصلبة. تخضع هذه الفتائل لمعالجة إضافية لإنتاج فتائل خزفية عالية المقاومة عالية الحرارة تستخدم في المكونات الخزفية أو المواد المركّبة ذات مادة رابطة معدنية.

طريقة التشغيل: في عملية التشكيل الرطب للخزفيات الحرارية، تتم معالجة سائل لزج من جسيمات تشبه جسيمات الألياف فيزيائياً وكيميائياً ويتم سحبها إلى الفتائل بواسطة فتحة صغيرة تسمى المغزل. أما الحجرة التي يتم فيها تشكيل الألياف

فإما تكون دوارة أو تتضمن جهاز خلط داخلي، وفي كلتا الحالتين يتم إنتاج دوامة يتم بواسطتها تشابك الفتائل. تخرج المادة من المغزل ويتم تصليبها بواسطة درجة الحرارة أو التغيير الكيميائي، وهذا رهنٌ بنام المادة اللاصقة المستخدمة في الحوض الرطب المحيط بالمغزل. يقوم الحوض بدعم الفتائل وتأمين ثباتها عندما تبرد.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم معدات التشكيل الرطب لتصنيع ألياف خزفية عالية الجودة تستخدم في رؤوس مقدمات القذائف وفوهات المحركات الصاروخية. تستخدم هذه الألياف كذلك في إنتاج بعض أجزاء المحركات التضغاطية النفاثة والمحركات النفية النفاثة المستخدمة في القذائف التاتسيابية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم معدات التشكيل الرطب لتصنيع الألياف الخزفية المخصصة لإنتاج الأجزاء الصغيرة للمحركات العنفية التي تعمل بالغاز، وحاويات المعالجة الكيميائية، وفي التطبيقات الهيكلية التي تتضمن درجة حرارة عالية. من جهةٍ أخرى، يمكن الجمع ما بين الألياف أو الشعيرات الخزفية وما بين مواد مركبة أخرى لتحسين متانة العديد من المنتجات التجارية وزيادة مقاومتها لدرجات الحرارة العالية.

الشكل (عند التصنيع): تعتبر حجرة التفاعل الكيميائي الأسطوانية من أهم مكونات معدات التشكيل الرطب. وبالرغم من أن استخدام الأواني الزجاجية مقبول بالنسبة لمعدات التشكيل الرطب المستخدمة في المختبرات وفي إنتاج خامات التشكيل، يتم استخدام حجرات التفاعل المصنوعة من الفولاذ الذي لا يصدأ أو المبطنة بالزجاج لإنتاج معدات التشكيل الرطب. تكون الحجرة ذات اتجاه شاقولي وتكون مدببةٌ من أسفل، حيث توجد قوالب التشكيل التي تقوم ببثق الفتائل.

هنالك معدات أخرى تترافق مع حجرة التفاعل الكيميائي مثل الوعاء الأسطواني (يكون طوله أكبر بكثير من قطره) الذي يحتوي على السائل اللزج الذي يتم إنتاج الفتائل منه، ومقياس الضغط، وخط غاز العادم المتصل بالوعاء، وهو عبارة عن منظومة أنبوبية تتضمن أقساماً مكونةً من أنابيب الغاز الثابتة والدوارة، وصمام كروي متصل بأنبوب الغاز الثابت، ومحرك ووحدة تحكم لتشغيل الأنبوب الدوار، وبكرة ممتصة للصدمات وبكرة تجميع للفتائل المنجزة.

الشكل (عند التعبئة): تشابه عملية تعبئة هذه المعدات عملية تعبئة أية معدات صناعية ذات حجم مماثل. بشكل عام، يمكن تعبئة المعدات المستخدمة في المخابر وشحنها بالكامل بواسطة السكك الحديدية أو الشاحنات. أما مكونات المعدات الضخمة المصممة للاستخدام التجاري فيتم شحنها عادةً في صناديق أو علب منفصلة ويتم تجميعها في الموقع.

٦.ب.١.ه – المعدات المصممة أو المعدلة من أجل المعالجات السطحية الخاصة للألياف أو إنتاج مواد التقوية التحضيرية أو خامات التشكيل، بما في ذلك البكرات وأدوات الشد ومعدات التلبيس ومعدات القطع وقوالب القطع.

فرنسا
ألمانيا
السويد
سويسرا
المملكة المتحدة
الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تستخدم معدات المعالجة السطحية للألياف ومعدات التقوية التحضيرية لإعداد الألياف بُغية تشكيل مواد مركبة تتسم بجودتها العالية. تعمل المعالجات السطحية على تحسين الالتصاق من خلال زيادة المنطقة السطحية للألياف، أما التقوية التحضيرية فتضفي ما يكفي من المرتنج إلى الألياف (أو الفتائل، أو حزمة الألياف المستمرة، أو الشريط) لمعالجتها وتشكيل المواد المركبة.

طريقة التشغيل: تمر الفتائل، أو حزمة الألياف المستمرة، أو الشريط التي تخضع للمعالجة بواسطة معدات المعالجة السطحية، عبر سلسلة من الأحواض الكهروكيميائية أو الإلكتروليتية المتضمنة مواداً تفاعلية سائلة مخصصة لنقش أو تقشير الألياف وإضافة مجموعات مواد كيميائية تفاعلية. بعد المعالجة السطحية، يتم تطبيق طلاء خاص يسمى "التغرية" على ألياف الفتائل لحماية الألياف أثناء التعامل معها ولحمايتها من العمليات المنفذة ما بعد التغرية مثل النسج. يتم تطبيق المواد وهي موجودة على البكرات بواسطة حوض المواد التفاعلية من خلال عملية غمس بسيطة. من جهة أخرى،

يحدد عدد البكرات الموجودة في الحوض وسرعتها المدة التي تستغرقها عملية نقش الجزء أو مقدار التغرية الذي تخضع له. كما تستخدم السخانات لتعديل نسبة تفاعل نظام الحفر، وللتحكم في لزوجة حوض التغرية، بُغية تعزيز التفاعلات الكيميائية التي تجعل من حجم الجزء ثابتاً وتعمل على تجفيف المنتج.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم هذه المعدات في المعالجة السطحية لأنواع مختلفة من الألياف المستخدمة في تصنيع أجزاء القذائف لتحسين التصاق مكونات القذائف مثل رؤوس المقدمات، وأغلفة المحرك، وفوهات العادم.

الاستخدامات الأخرى: تعتبر هذه المعدات مطابقةً للمعدات المستخدمة في صناعة ألياف التطبيقات التجارية التي تتطلب وجود تكنولوجيا مركبة بدايةً من هياكل القوارب وصولاً إلى ملاعب الغلف.

الشكل (عند التصنيع): تعتبر منضدة المختبر بما تمتلكه من بكرات صغيرة ومسدسات حرارية المعدات الوحيدة المطلوبة لمعالجة أو لتقوية الألياف التحضيرية على أساس إعداد النموذج الأولي. أما بالنسبة للأنشطة على مستوى الإنتاج، تعتبر معدات التعامل مع النسيج ذات حجم أضخم بحيث يتم التعامل مع عدة خطوط في نفس الوقت. يمكن أن تتضمن العملية كذلك سخاناً يقوم بتكديس العديد من المنتجات في درجة حرارة عالية. تمتلك جميع النظم بكرات لإبقاء المواد النسيجية في حالة حركة، وللحفاظ على مستوى الضغط المطبق على الألياف، ولاستخراج السائل، فضلاً عن فرن يتضمن حوضاً معقداً فوق البكرات لكي تمر الفتائل من الفرن عدة مرات.

الشكل (عند التعبئة): تتطلب تعبئة المعدات، باستثناء الأجهزة المخبرية الصغيرة، عادةً شحن المكونات بشكل منفصل وإعادة تجميعها في الموقع. يعود السبب في هذا إلى أن القاعدة، والأحواض المخصصة لاحتضان المواد الكيميائية، وجهاز مناولة النسيج تطلب أنواعاً مختلفة لحماية مواد التعبئة. يمكن تعبئة أحواض المواد الكيميائية في صناديق مموجة بسيطة، لكن البكرات التي تتضمن تشطيبات سطحية دقيقة أو خاصة لتفادي تلف الفتائل، تتطلب وجود سنادات ومواد تعليق قاسية داخل صناديق ضخمة. في حسن تتم تعبئة معدات التحكم الكهربائي، إن وجدت، بنفس طريقة تعبئة الإلكترونيات القابلة للعطب.

الشكل ٦٤: على اليسار: آلة إنتاج مواد تقوية تحضيرية مبنية من قبل مجموعة كومبوزيت ماتيريال غروب لإنتاج مواد التقوية التحضيرية باستخدام الألياف والراتنج. (كاثوليك يونيفرسيتي ليوفين). على اليمين: آلة تضفير الراتنج على سبعة خطوط حزم ألياف مستمرة. (هانتنج انجينيرينج ليمتد)

ملاحظة:

من الأمثلة على مكونات الآلات وملحقاتها المدرجة في البند ٦.ب.١ القوالب، ومثبتات الدوران، وقوالب القطع، والتركيبات الثابتة، والعدة الخاصة بكبس خامات تشكيل الهياكل المركبة والرقائق، وغيرها من المواد المصنعة، أو معالجتها، أو صبها، أو تكبيسها أو لصقها.

٦.ب.٢ الفوهات المصممة خصيصاً للعمليات المشار إليها في ٦.هـ.٣.

فهرس
- ألمانيا
- روسيا
- الولايات المتحدة

المطبوعة والغرض: تعمل الفوهات المخصصة للترسيب الحراري على توجيه الغازات غير التفاعلية على السطح المطلوب إجراء الترسيب عليه. يجب أن تكون الفوهات متحركةً أو ينبغي أن تتخذ موقعاً يمكنها من تغطية كامل السطح داخل فرن ترسيب الأبخرة الكيماوية بدرجة حرارة وضغط عاليين.

طريقة التشغيل: تعمل الفوهات المستخدمة في فرن ترسيب الأبخرة الكيماوية على إيصال الغازات الباردة غير التفاعلية على السطح المطلوب إجراء الترسيب عليه. ينبغي أن يتسم الغاز بأنه غير تفاعلي بحيث تتم عملية طلاء السطح المخصص عوضاً عن القسم الداخلي للفوهة، وأيضاً قريباً من السطح الخاضع للمعالجة بحيث يتم رش السطح وليس جدران الفرن. تعتبر الفوهة بمثابة مسدس بخ طلاء، وينبغي أن تكون قريبة من الجزء الذي يتم طلاؤه.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر هذه الفوهات من الأجزاء المطلوب وجودها ضمن معدات الترسيب الحراري المستخدمة في صناعة المعدات الرئيسية التي تتسم بتحملها لدرجات الحرارة العالية مثل فوهات الصواريخ، والمواد الملحقة مع العنق، ورؤوس مقدمات المركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم الفوهات في تصنيع أجزاء تتحمل درجات الحرارة العالية للمحركات النفاثة.

الشكل (عند التصنيع): يتم تصميم فوهات ترسيب الأبخرة الكيماوية لتحمل درجات الحرارة العالية في الفرن إما من خلال تشكيلها بواسطة مواد مقاومة للحرارة العالية مثل الغرافيت، أو بواسطة التبريد بالماء. تبلغ أبعاد الفوهة حوالي نصف عرض الفرن. في حين تتم صناعة الفوهات الغير عادةً من الغرافيت لأنه غير مكلف، وسهل الاستبدال، وخفيف الوزن (يبلغ وزنه من ٠,٥ إلى ٢,٥ كغ تقريباً). أما الفوهات الأكبر حجماً المخصصة لأفران الإنتاج فهي تصنع عادةً من المعدن، وتتطلب تبريداً بالماء، ويمكن أن تتضمن شفاه وصل متكاملة، ويمكن أن يصل وزنها إلى ٢٥ كغ.

تتم صناعة الفوهات بأطوال متباينة، تبعاً لحجم الفرن والسطح. تعتبر الفوهات الأكبر حجماً أكثر تعقيداً، إذ يصل طول الفوهات المبردة بالماء إلى ١,٥ م، ويبلغ قطر الجزء الأنبوبي منها إلى ٢٠ سم. من ناحيةٍ أخرى، نظراً لأنه يتم تصميم بعض أجزاء معظم الفوهات حسب الطلب، لا يوجد شكل او حجم قياسي لها.

الشكل (عند التعبئة): ينبغي تعبئة الفوهات ومعدات الترسيب الحراري بطريقة مناسبة منعاً لتعرض الأنبوب المخصص ليدوم طويلاً إلى جانب بعض الصمامات والتركيبات التي تمتاز بسهولة العطب للتلف. عادةً، يتم شحن العديد من الفوهات معاً في مواد تعبئة محمية بشكل جيد بمعزل عن هيكل الفرن الضخم.

٦.ب.٣. مكابس الضغط المتساوي ذات المواصفات التالية:

أ- المكابس التي يعادل الحد الأقصى لضغطها التشغيلي ٦٩ ميغا باسكال أو يتجاوز هذه القيمة، و

ب- المكابس المصممة لإيجاد وضبط بيئة حرارية تبلغ ٦٠٠ درجة مئوية أو أكثر؛ و

ج- المكابس ذات غرفة مجوفة يبلغ قطرها الداخلي ٢٥٤ ملم او أكثر.

فرنسا
ألمانيا
روسيا
الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تستخدم مكابس الضغط المتساوي لتشريب الكربون بخامات تشكيل الكربون غير المسامي المستخدم في فوهات الصواريخ أو رؤوس مقدمات المركبات العائدة بوجود ضغط ودرجات حرارة عالية. تقوم هذه العملية، التي يشار إليها باسم التكثيف، بإزالة الفجوات من خامة التشكيل وتحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للجسم الخاضع للمعالجة.

طريقة التشغيل: يتم وضع الجسم الخاضع للمعالجة في حجرة مناسبة ويتم إنزاله إلى المنطقة الساخنة من الفرن. يتم توصيل جميع التوصيلات المائية والكهربائية كما يتم توصيل جميع أدوات القياس قبل إنزال الغطاء إلى الفرن وإغلاقه بإحكام.

وبمجرد تسخين الجسم، يتعرض إلى ضغط عالٍ حتى إنجاز عملية التكثيف المناسبة. فضلاً عن ذلك، تتم إزالة المنتجات التفاعلية بواسطة أعمال أنابيب داخلية بحيث لا تحتك مع عناصر سخان.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم مكابس الضغط المتساوي لتصنيع رؤوس مقدمات المركبات العائدة وملحقات فوهات المحركات الصاروخية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم مكابس الضغط هذه في الربط التغلغلي للمعادن المتشابهة، والربط التغلغلي للمعادن المختلفة لتشكيل الصفائح الطبقية (فضة-نيكل-فضة أو نحاس-فولاذ لا يصدأ)، فضلاً عن توفير مفاصل عديمة الوصلات. كما تستخدم في العديد من تطبيقات تشكيل الأدوات المعدنية من مسحوق المعادن بالضغط والحرارة. فضلاً عن ذلك، تستخدم المكابس لتحسين جودة المعدن المصبوب والمواد المشكلة بالحدادة من خلال إزالة العيوب بطريقة هيدروستاتيكية وإغلاق الشقوق عن طريق الإلصاق.

الشكل (عند التصنيع): يتم تعديل مكابس الضغط المتساوي المخصصة لإجراء عملية التكثيف خصيصاً لتعمل أثناء وجود تفاعل حراري. يتألف النظام المخصص للعمل في المختبرات من خمسة مكونات رئيسية وهي وعاء الضغط، والفرن الداخلي، ونظم التعامل مع الغاز، والنظام الكهربائي، والنظم الفرعية. يكون وعاء الضغط عادةً شاقولياً، على شكل أسطوانة سميكة الجدران مع أداة إغلاق قابلة للإزالة عالية الضغط، أو قابس، تكون موجودة إما في أطرافه العلوية أو السفلية (الشكل ٦٥). في حين تمتلك بعض المكابس أوعية ضغط أفقية.

يقبع الفرن داخل وعاء الضغط ويوفر الحرارة والمساحة المطلوبة في عملية التكثيف. كما تستخدم عناصر التسخين المصنوعة من الغرافيت، أو الموليبدينوم أو النيكل/الكروم لتسخين الجزء من خلال الإشعاع المباشر أو من خلال تسخين الغاز الخامل الذي يقوم بعد ذلك بتسخين الجزء بواسطة الحمل الحراري.

الشكل ٦٥: على اليسار: مكبس ضغط مخصص للمختبرات (اي اس بي آي). على اليمين: مكبس ضغط ساخن مخصص للمختبرات (أبرا فلويد ايه جي)

تقوم معدات التعامل مع الغاز بتوريد الغاز الخامل، عادةً الأرغون، بهدف تطبيق قوة موحدة على الجزء المراد تكثيفه. يتم تحقيق ضغط الغاز باستخدام الضاغط. يمكن أن تتراوح ضغوط التشغيل من ١٠ ميغاباسكال وصولاً إلى ٣٠٠ ميغاباسكال.

تتضمن النظم الكهربائية والثانوية لوحة تحكم بالمعدات مع درجة حرارة صناعية نموذجية ومعدات تحكم بالضغط ومعدات تسجيل. ومن المطلوب وجود جهاز كمبيوتر لإدخال مؤشرات المعالجة وللتحكم بتشغيل المكبس.

يمكن أن يحيط بالمكبس بدرع امتصاص طاقة. يمكن هندسة هذا الدرع في المحطة التي يتم تشغيل النظم فيها ويتطلب عادةً تركيب الحجرة تحت الأرض. يمتلك وعاء الضغط كذلك حجرة عزل وأنابيب للتأكد من إزالة الغاز الصادر عن منطقة المعالجة من العادم وعدم اتجاهه نحو منطقة السخان.

الشكل ٦٦: على اليسار: صورة جانبية لمكبس ضغط متساوي (الجنيرينج بريشر سيستمز انك). على اليمين: زاويتان مختلفتان لصندوق شحن بديل للمكبس متساوي الضغط (الجنيرينج بريشر سيستمز انك).

الشكل (عند التعبئة): من المرجح شحن مكونات نظام مكبس الضغط المتساوي بشكل منفصل وتجميعها في وجهة العمل النهائية. تتباين مواد التعبئة تبعاً لمتطلبات المشتري، إلا أن أكثر المواد استخداماً هي المنصات الخشبية النقالة والصناديق التي تكون مسلحةً ومطوقةً بالفولاذ (الشكل ٦٦). أما الحجرات الضخمة فتعتبر ثقيلة الوزن للغاية بسبب سماكة جدرانها ويمكن تعبئتها في صناديق خشبية أسطوانية واسعة مطوقة بالفولاذ.

٦–ب–٤ أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية المصممة أو المعدلة لتكثيف مركبات الكربون – كربون.

الطبيعة والغرض: تستخدم أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية لتشريب الكربون بخامات تشكيل الكربون غير المسامي المستخدم في فوهات الصواريخ أو رؤوس مقدمات المركبات العائدة. تقوم هذه العملية، التي يشار إليها باسم التكثيف، بإزالة الفجوات من خامة التشكيل وتحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للجسم الخاضع للمعالجة. تعتمد الخصائص النهائية لمركبات الكربون – كربون بشكلٍ كبير على نوع ووجهة ألياف الكربون في خامات التشكيل وعلى معايير العملية المستخدمة في التكثيف.

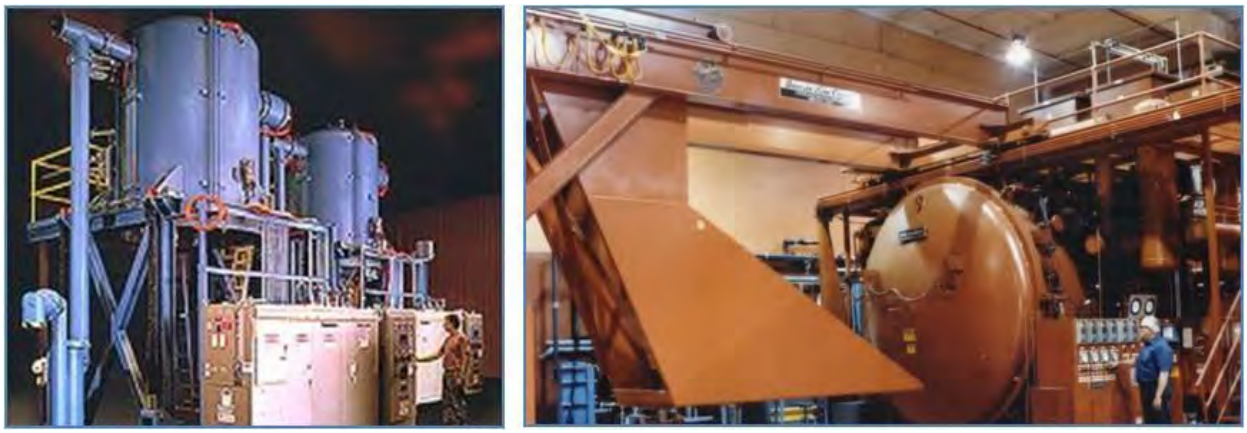
طريقة التشغيل: تستفيد أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية من إما عمليات مساوية بدرجة الحرارة أو ذات تدرج حراري في عملية التكثيف. يتم وضع الجسم الخاضع للمعالجة في حجرة مناسبة ويتم إنزاله إلى المنطقة الساخنة من الفرن. يتم توصيل جميع التوصيلات الغازية والمائية والكهربائية كما يتم توصيل جميع أدوات القياس قبل إنزال الغطاء إلى الفرن وإغلاقه بإحكام. بعد ذلك يتم إخلاء الفرن من الهواء وتسخينه إلى حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية. ثم يتم إدخال الغاز الهيدروكربوني مثل الغاز الطبيعي أو الميثان. ينتشر الغاز في خامات التشكيل، وينفكك في جزيئات المكونات، ويقوم بترسيب الكربون الحراري في خامة التشكيل لملء الفراغات. تتم عملية تسخين وتوريد غازات الترسيب بشكل آلي. أما بالنسبة للعملية متساوية الحرارة، فيتم الاحتفاظ بخامات التشكيل في درجة الحرارة الموحدة هذه لمدة تتراوح بين ٣٠ إلى ٤٠ يوماً حتى يتم الحصول على الكثافة ومسامية المركب المطلوبة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يتم استخدام أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية لصناعة فوهات الصواريخ وأطراف المقدمات المكونة من مواد كربون – كربون. تعتبر قطع الكربون – كربون خفيفة الوزن ومتينة، فضلاً عن قدرتها على زيادة أداء النظام.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية لطلاء المواد الضوئية، وتكثيف المواد الملتكاكية الموجودة في نظم الكبح المستخدمة في صناعة الفضاء، فضلاً عن أدوات القطع، وفي طلاء وتلميع الأسطح الدقيقة، وأيضاً في صناعة أشباه الموصلات.

الشكل (عند التصنيع): أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية عبارة عن أوعية ضخمة، ثنائية الجدران أسطوانية الشكل مانعة لتسرب الغاز. تكون أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية ضخمةً عادةً لأنها تحتوي على منطقة تسخين داخلية، وسخانات كهربائية، ومواد عزل. تستخدم الأفران التي يكون ارتفاعها أصغر من ١,٥ م وقطرها أصغر من ١ م في مجال المخابر وهي بالكاد قادرة على معالجة طرف مقدمة واحد أو أحد ملحقات الفوهات الصاروخية. في حين يبلغ ارتفاع المعدات المستخدمة في الإنتاج أكثر من ٢ م وقطرها أكثر من ٢ م. تتضمن هذه الأفران العديد من المنافذ: منفذ ضخم واحد على الأقل لخطوط التغذية بالطاقة، وأخرى لمعدات القياس، وعند قياس درجات الحرارة بالبيرومترات، نحن بحاجة لمنفذ آخر أو أكثر من منافذ العرض.

ونظراً لأن أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية ذات جدران مزدوجة، فإنها تحتاج للتبريد بواسطة الماء خلال التشغيل. تعتبر كابلات الطاقة ضخمةً ويمكن تبريدها بالماء كذلك. كما أن الأنابيب الملتفة التي تستخدم في تقطير السوائل موجودة داخل الفرن ويتم تسخينها بواسطة الحث الغرافيتي أو سخان مقاوم في درجات حرارة تتراوح بين ٢,٢٠٠ و٢,٩٠٠ درجة مئوية.



الشكل ٦٧: على اليسار: فرن ترسيب أبخرة كيماوية ضخم الذي يقوم بتسخين الغرافيت بالحث إلى درجة ٢٨٠٠ درجة مئوية. (سي في آي). على اليمين: فرن ترسيب أبخرة كيماوية ضخم. (سيكو واريك)

يبين الشكل ٦٧ مثالاً على أفران ترسيب الأبخرة الكيماوية مصمم حسب الطلب، ويتألف من العديد من المكونات، بما فيها وعاء التشريب الخاص بإضافة رانتج سائل لخامة التشكيل، إلى جانب أدوات القياس ولوحات التحكم (الصورة الأمامية)؛ وفرن تشريب الكربون بالضغط.

الشكل (عند التعبئة): تتكون ماد التعبئة من منصات نقالة ومن صناديق مخصصة لكل جزء بسبب ضخامة حجم ووزن المعدات. من ناحية أخرى، تمتلك الأغطية الضخمة، ونظام التزويد بالطاقة، وهيكل الفرن عادةً نقاط أو حلقات رفع مدمجة معها للمساعدة في تحريكها وتجميعها.

٦.ب.٥ أدوات التحكم في المعدات والعمليات، غير تلك الواردة في البندين ٦.ب.٣ و٦.ب.٤، المصممة أو المعدلة لتكثيف فوهات الصواريخ المصنوعة من المواد الهيكلية المركبة، ورؤوس مقدمات المركبات العائدة ومعالجتها بالحل الحراري.

الطبيعة والغرض: تعتبر المعدات التخصصية ووحدات التحكم بالعمليات من أهم العنصر المطلوبة لعملية التكثيف والتحلل بالحرارة اللازمة لإنتاج المكونات الهيكلية المستخدمة في الفوهات الصاروخية ورؤوس مقدمات المركبات العائدة. يتطلب الأمر عادةً وجود برمجية مصممة خصيصاً لتشغيل المعدات و/أو للتحكم في عمليات إنتاج المكونات الهيكلية. عادة ما يتطلب تصنيع الأجزاء المركبة من هذا النوع من المواد المرور بالعديد من العمليات وظروفها مثل درجة الحرارة العالية و/أو الضغط. ويعد التحكم الدقيق في الظروف خلال العمليات وتوقيتها العامل الرئيسي للحصول على نتائج مقبولة. يتطلب هذا البند أيضاً توثيق (البيانات التقنية) الخاصة بالمراحل الرئيسية لمختلف العمليات اللازمة لإنتاج هذه المواد.

طريقة التشغيل: تستخدم المعدات، ووحدات التحكم بالعمليات، والبرمجية الخاصة بالتكثيف والتحلل الحراري خلال عملية تصنيع المكونات الهيكلية للتعامل مع المواد، ومعالجتها، وتشطيبها إلى جانب المنتجات الناتجة (مثال، الفوهات الصاروخية ورؤوس مقدمات المركبات العائدة).

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه المعدات، ووحدات التحكم بالعمليات، والبرمجية المرافقة لها لإنتاج المكونات الهيكلية (بما في ذلك مواد الكربون –كربون) المستخدمة في تصنيع الفوهات الصاروخية ورؤوس مقدمات المركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم هذه المواد أيضاً في ربط المعادن بواسطة الربط التغلغلي، وفي تشكيل الأدوات المعدنية من مسحوق المعادن بالضغط والحرارة، ولمعالجة المكونات المعدنية.

الشكل (عند التصنيع): تشبه هذه المعدات معدات التصنيع الأخرى لكن يمكن أن تحتوي مواد أصغر حجماً (حجم يناسب الأبحاث). يمكن أن تتخذ وحدات التحكم شكل بيانات تقنية مثل الورق، أو القرص المغنط، أو غيرها من الوسائل.

الشكل (عند التعبئة): يمكن شحن القطع الكبيرة من المعدات على شكل مكونات، في حين يمكن شحن المواد الأصغر حجماً مجمعة. تم عادةً شحن هذه المواد في صناديق أو على منصات نقالة بنفس طريقة شحن المعدات الأخرى. يتم شحن وحدات التحكم (بما فيها البيانات التقنية) بنفس طريقة شحن المعلومات الأخرى الموجودة على الورق، أو القرص المغنط، أو غيرها من الوسائل. أما بالنسبة للبرمجية والبيانات التقنية فيمكن إرفاقها في حاويات الشحن مع المعدات الخاصة بها.

.

٦.ج المواد

٦.ج.١ مواد التقوية التحضيرية الليفية المشبعة بالراتنج وخامات التشكيل الليفية المكسوة بالفلزات الموجهة للاستخدام مع السلع المدرجة ف البند ١.أ.٦، المصنوعة أساساً من مادة عضوية أو من مادة فلزية والمشتملة على عناصر تقوية ليفية أو فتيلية ذات مقاومة شد نوعية تفوق ٧,٦٢×١٠٤ أمتار ومعامل نوعي يفوق ٣,١٨×١٠٦ أمتار.

ملاحظة:

تقتصر مواد التقوية التحضيرية الليفية المشبعة بالراتنج المدرجة في البند ٦.ج.١ على المواد المشتملة على الراتنجات التي تتجاوز درجة حرارة تحولها الزجاجي، بعد إنضاجها، البالغة ١٤٥ درجة مئوية وفق المعيار D4065 للجمعية الأمريكية لاختبار المواد أو المعايير الوطنية المعادلة له.

ملاحظات تقنية:

1- في البند 6.ج.1 تعني "مقاومة الشد النوعية" مقاومة الشد القصوى مقاسة بالنيوتن/م2 مقسومة على الوزن النوعي مقاساً بالنيوتن/م3، على أن تقاس تحت درجة (296 ± 2) كلفن (23± 2) مئوية ورطوبة نسبية قدرها (50 ± 5) في المائة.

2- في البند 6.ج.1 يعني المصطلح "المعامل النوعي" معامل يونغ مقاساً بالنيوتن/م2 مقسوماً على الوزن النوعي مقاساً بالنيوتن/م3، على أن تقاس تحت درجة (296 ± 2) كلفن (23± 2) مئوية ورطوبة نسبية قدرها (50 ± 5) في المائة.

فرنسا
- ألمانيا
- روسيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تعتبر مواد التقوية التحضيرية وخامات التشكيل من المواد الرئيسية التي تدخل في صناعة المكونات الهيكلية خفيفة الوزن عالية المقاومة. مواد التقوية التحضيرية هو الاسم الممنوح للمواد التي تشبه الأقمشة المصنوعة من الألياف والمشربة بالراتنج. يتم تجميع مواد التقوية التحضيرية بواسطة نموذج (مثال، قالب تشكيل أو قالب) لتتخذ الشكل المطلوب. في بعض الأحيان يتم استخدام العديد من الطبقات لإنتاج الصفائح ذات الطبقات المتعددة. أما خامات التشكيل فهي عبارة عن هياكل صلبة، ثلاثية الأبعاد، ليفية تكون بنفس شكل وأبعاد الجزء المطلوب تشكيله وتكون مشربةً بالراتنج. بعد المعالجة، يتم تشكيل خامات التشكيل بواسطة الآلات لتتخذ شكلها النهائي. عادةً، تتم معالجة المواد المطلوبة بعد ذلك في درجات حرارة تتعدى ١٧٥ درجة مئوية وذلك لإنجاز عملية بلمرة الراتنج بالتصلد الحراري للحصول على درجة حرارة تحول زجاجي عالية.

طريقة التشغيل: تعتبر مواد التقوية التحضيرية وخامات التشكيل سلائف لإنتاج المكونات والصفائح ذات الطبقات المتعددة التي يمكن استخدامها تقريباً في كل مكان من الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية. تتضمن هذه الاستخدامات أغلفة المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب، والمراحل المترابطة، والأجنحة، والمآخذ، والفوهات، والدروع الحرارية، ورؤوس المقدمات، والعناصر الهيكلية والأطر.

.

الشكل ٦٨: على اليسار: مخروط مقدمة سفينة إطلاق فضائية مصنوع باستخدام تقنيات التقوية التحضيرية (أيه تي كيه). على اليمين: مادة تقوية تحضيرية مستخدمة في تصنيع هياكل فضائية ودفاعية خفيفة الوزن عالية المقاومة. (آيبيد)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه المواد لإنتاج المكونات الهيكلية (بما في ذلك مواد الكربون – كربون) المستخدمة في مجموعة واسعة من التطبيقات الفضائية والدفاعية، بما فيها فوهات الصواريخ، والقذائف، وهياكل الأقمار الصناعية، ورؤوس مقدمات المركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: تتيح مواد التقوية التحضيرية وخامات التشكيل تشكيل الهياكل المركبة إلى أي شكل يؤدي إلى الوفاء بالمتطلبات. يتم استخدام هذه المواد في الطائرات المدنية والعسكرية على حدٍ سواء، وفي المنتجات الترفيهية (مثل معدات الرياضات المائية، وفي نوادي التزلج والغولف)، وكذلك في مجال البنى التحتية والصناعة. كما يمكن استخدام هذه المواد في التطبيقات الطبية مثل تصميم الأطراف الاصطناعية والأجهزة الجراحية.

الشكل (عند التصنيع): تعتبر مواد التقوية التحضيرية من المنتجات النسيجية المشربة براتنج مرن. حيث يتم تصنيعها على هيئة فتائل، وأشرطة يتراوح عرضها من بضعة ملمترات إلى سنتمترات، ويمكن أن يصل عرض الأقمشة إلى بضعة أمتار. يتم عادةً تخزينها في بكرات أو رولات، حالها حال خيوط الغزل أو الأقمشة (أنظر الشكل ٦٨ – على اليمين)، وتبدو بشكل قريبٍ من خيوط الغزل غير المشربة.

بالرغم من أن مواد التقوية التحضيرية لا تمتلك شكلاً محدداً، إلا أن القدرة على لفها أقل بكثير من القدرة على لف الأقمشة، أو الأشرطة أو خيوط الغزل التي لا تتضمن راتنج، إلا أنها لا تزال قابلة للتشكيل على هيئة أي جزء من أجزاء المركبات الهيكلية. يمكن استخدام مواد التقوية التحضيرية لتشكيل الشكل المطلوب لأي جزء مطلوب، المسمى خامة التشكيل. يمكن استخدام مواد تقوية تحضيرية متقدمة لتصنيع المقدمات مخروطية الشكل وفق ما هو مبين في الشكل ٩ على اليسار. وبعد تسخينها ومعالجتها، يتم استخدام الآلات لإضفاء الشكل والتشطيبات النهائية على خامات التشكيل هذه.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن مواد التقوية التحضيرية في أكياس بلاستيكية متعددة تمتلك صفائح تقوية مخصصة لطرفي المادة للحيلولة دون انحنائها، أو التوائها أو انثنائها. يعمل الكيس الخارجي بمثابة حاجز مضاد للبخار/الرطوبة ويتضمن مادة مجففة للحفاظ على رطوبة نسبية بنسبة ٥٠% أو أقل. يجب أن تخضع الليفية للتبريد بعد تشريبها بالراتنج، حيث يمنع التبريد الراتنج من البلمرة والتصلب قبل استخدام مواد التقوية التحضيرية لتصنيع المواد المركبة. ففي حال الحفاظ على درجة الحرارة عند مستوى ٢٠ درجة مئوية تقريباً، يكون العمر التخزيني لمواد التقوية التحضيرية ٦ أشهر تقريباً. وللحفاظ على درجات حرارة منخفضة بشكلٍ كافٍ خلال الشحن، يتم تعبئة مواد التقوية التحضيرية في حاويات خاصة لتبريدها بواسطة الثلج الجاف (الشكل ٦٩) أو يتم شحنها في حاويات شحن مبردة آلياً.

٦.ج.٢ المواد المشبعة المعالجة بالحل الحراري (أي مركبات الكربون – كربون) التي لها جميع المواصفات التالية:

أ– المواد المصممة من أجل منظومات الصواريخ؛ و

ب– المواد القابلة للاستخدام في النظم المدرجة في البند ١.أ أو ١٩.أ.١.

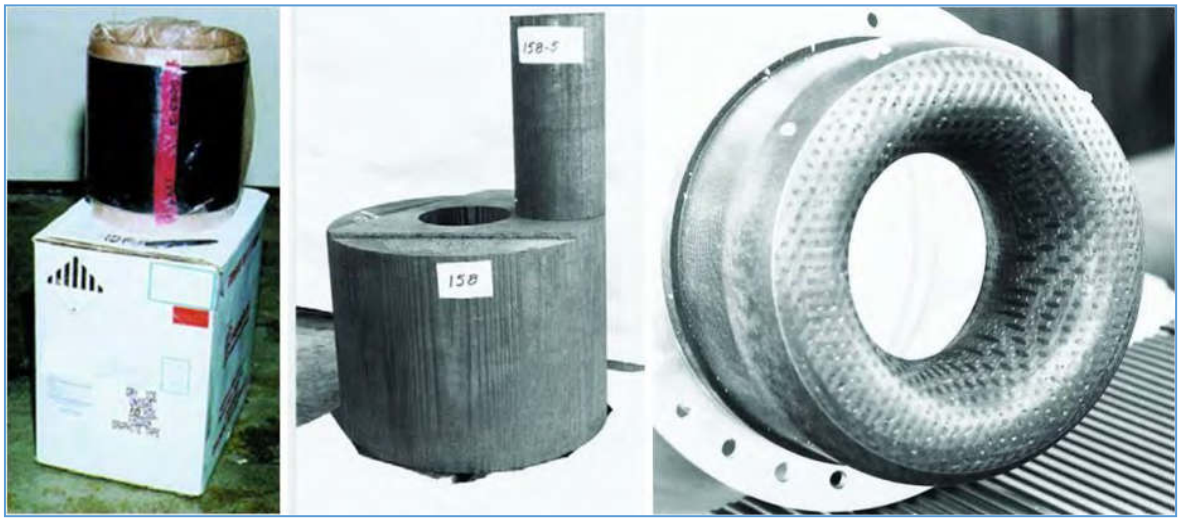
الطبيعة والغرض: يتم صناعة مكونات الكربون – كربون من ألياف الكربون، والتي يتم عادةً صناعتها من القطران، أو الحرير الصناعي أو بوليمر الأكريلونيتريل (PAN) ضمن قالب غالبيته من الكربون. وعادةً ما يتم تصنيعها باستخدام راتنج كربون بنسبة عالية كقالب مبدئي، ثم يتم استخراج العناصر غير الكربونية بواسطة الحرارة العالية. تتسم هذه المكونات بخفة وزنها، ومقاومتها العالية للحرارة، ومقاومتها للصدمات الحرارية، ومرونتها في التشكيل. .

- البرازيل
- فرنسا
- الهند
- اليابان
- أوكرانيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم مواد الكربون – كربون لصناعة المواد مثل مخاريط الخروج والفوهات، وفي صناعة رؤوس مقدمات المركبات العائدة، والدروع الحرارية، والحواف الأمامية لأسطح التحكم التي ينبغي أن تكون مقاومةً للآثار الناتجة عن الحرارة العالية والتذرية.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام هياكل الكربون – كربون في تطبيقات الطائرات المدنية والعسكرية مثل مداسات الفرامل عالية الحرارة، وفي غيرها من التطبيقات التي تتطلب متانة عالية وخفة وزن مثل أصول الأجنحة. كما يمكن استخدامها فضلاً عن ذلك في صناعة الأدوات التي تتطلب عمرا مديداً يتحمل بيئات التصنيع القاسية التي تنطوي عادةً على درجات حرارة عالية، مثل مغارف صب الفولاذ، وسخانات الأفران ذات الحرارة العالية، إلى جانب أدوات الكبس على الساخن.



الشكل ٦٩: على اليسار: صندوق ورق مقوى خاص للاحتفاظ بالثلج الجاف حول بكرة شريط مادة النقوية التحضيرية المصنوع من ألياف الكربون خلال الشحن. يتم عادةً الاحتفاظ بالثلج الجاف في كيس بلاستيكي ويتم تعبئته حول البكرة. (دليل مجموعة الموردين النوويين الملحق ثنائي الاستخدام، رقم التقرير LA-13131-M (أبريل ١٩٩٦). في الوسط" كتلة مادة كربون-كربون جاهزة لتثبيتها على فوهة الصاروخ بواسطة الآلات. يبلغ قطر أكبر كتلة أسطوانية ٧٠ سم. (آيبيد). على اليسار: عنق فوهة صاروخ مصنوعة من مواد كربون-كربون تبين النمط النسيجي للألياف ذات العلاقة. (آيبيد)

الشكل (عند التصنيع): تتخذ مواد الكربون – كربون المصممة للاستخدامها عادةً مع نظم الصواريخ لوناً أسوداً وتمتلك سطحاً منقوشاً نتيجة طبقة التسليح النسيجية. عادةً يتم تشكيل رؤوس المقدمات وفوهات الصواريخ بواسطة الآلات من كتل أو القضبان.

الشكل (عند التعبئة): قبل وضعها في الآلات، تصبح مواد الكربون – كربون خشنةً بما يكفي ليتم تعبئتها في جهاز التعبئة وشحنها في صناديق من الورق المقوى. بينما تتطلب الأجزاء المصنوعة بواسطة الآلات حذراً لدى تعبئتها لأنها بالرغم من مقاومتها للكسر، (مقاومة التأثير)، إلا أنها يمكن أن تتعرض للكشط والخدش بسهولة.

٦.ج. ٣ الغرافيت دقيق الحبيبات الذي لا تقل كثافته الظاهرية عن ١,٧٢ غ/سم مكعب والتي يتم قياسها في درجة حرارة تبلغ ١٥ درجة مئوية، وحجم حبيبات يساوي ١٠٠×١٠^ متر (١٠٠ ميكرومتر) أو أقل، والتي يمكن استخدامها في فوهات الصواريخ ورؤوس مقدمات المركبات العائدة، وفي تصنيع أي من المنتجات التالية:

أ– الأسطوانات التي يبلغ قطرها ١٢٠ ملم أو أكثر، ويبلغ طولها ٥٠ ملم أو أكثر؛ أو

ب– الأنابيب التي يبلغ قطرها الداخلي ٦٥ ملم أو أكثر وسمك جدارها ٢٥ ملم أو أكثر، وطولها ٥٠ ملم أو أكثر، أو

ج– الكتل التي يبلغ حجمها ١٢٠ ملم×١٢٠ ملم×٥٠ ملم أو أكثر.

الطبيعة والغرض: يستخدم الغرافيت السائب دقيق الحبيبات المعد بلورته لتصنيع الأجزاء القوية للغاية المقاومة للحرارة. يعد الغرافيت المادة الوحيدة المعروف بأنها تتضاعف متانتها مع ازدياد درجة الحرارة عندما تصل درجة حرارة الغرفة إلى ٢,٧٠٠ درجة مئوية. يتم جمع جسيمات الكربون مع القطران، وهو عبارة عن بقايا قطران فحمي لزج، في قالب مناسب ويتم تعريضه للحرارة والضغط. يمكن تشكيل الكتلة التي يتم الحصول عليها بواسطة الآلات بالشكل المطلوب بغاية السهولة. تمتاز هذه الكتل بمقاومتها الممتازة للصدمات الحرارية وبقابليتها الجيدة لتوصيل الحرارة والكهرباء. يتم تشكيل الغرافيت المعالج بالحل الحراري من خلال ترسيب البخار عالي الحرارة، إلا أن هذه الطريقة غير مستخدمة على نطاق واسع لأن قابلية التوصيل الحراري المتفاوتة التي تمتاز بها تتشعب تشققات فيها لدى تسخينها.

الشكل ٧٠: أجزاء مختلفة مصنوعة من الغرافيت السائب دقيق الحبيبات (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم الغرافيت السائب دقيق الحبيبات المعاد بلورته في تصنيع رؤوس مقدمات المركبات العائدة، وفي أغطية الدوافع، وأعناق الفوهات. حيث يبلغ حجم السبيكة المعدنية المثالية المستخدمة لتصنيع رؤوس المقدمات أصغر من عدة سنتيمترات لكل واحد من أبعادها.

الاستخدامات الأخرى: يستخدم الغرافيت في التطبيقات الطب الحيوي، وفي المفاعلات النووية، كما يستفاد منه كقالب لصب وتصنيع الأجزاء المعدنية، وفي تصنيع تركيبات الأفران دقيقة الأبعاد. ويعتبر الغرافيت كذلك من المواد المفضلة لصناعة الأقطاب الكهربائية لآلات التفريغ الكهربائية اللاسلكية. ولدى تشريبه بالمعادن، يستخدم الغرافيت لتصنيع فراشي المحركات الكهربائية وكحوامل في العديد من التطبيقات الميكانيكية.

الشكل (عند التصنيع): يعتبر الغرافيت السائب مسحوقاً دقيق الحبيبات، يتراوح لونه بين الرمادي الغامق والأسود. تتراوح كثافة الغرافيت المُعالج من ١,٦٤ غ/سم مكعب إلى ٢,٧ غ/سم مكعب، هذه الكثافة الأخيرة تناسب الغرافيت المعالج بالحل الحراري. يكون لون الأجزاء الميكانيكية المصنوعة من الغرافيت أسوداً مع لمعة تبعاً للآلات المستخدمة في العملية.

يمكن تمييز الغرافيت دقيق الحبيبات من سطحه الذي يخلو من التنقير ومن بعض التفاصيل الدقيقة التي تظهر جليةً في المنتج المُصنع. يعد الغرافيت أكثر نعومةً من المعادن، إذ يمكن ثقب سطحه بواسطة قلم حبر جاف.

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة هذه المواد بُغية الحفاظ على أسطحها الرقيقة وأيضاً للحيلولة دون تلوث سطحها. يتم عادةً وضع الأجزاء في أكياس أو حاويات بلاستيكية، والتي يتم تعبئتها في مواد تستخدم عادةً لتعبئة المواد القابلة للعطب (مثال، الأغلفة التي تتضمن فقاعات، أو الرغوة، وغيرها).

فرنسا
ألمانيا
الهند
روسيا
الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

6 ج.٤ الغرافيت المعالج بالحل الحراري أو المقوى بالألياف، المستخدم في فوهات الصواريخ ورؤوس المركبات العائدة، وكذلك في النظم المدرجة في البند ١.أ. أو ١.أ.١٩.

الطبيعة والغرض: يعتبر الغرافيت المعالج بالحل الحراري من الأنواع المميزة للغرافيت. يتم تصنيعه من خلال تفكك الغاز الهيدروكربوني، الذي يكون الميثان عادةً، في فرن فراغي بدرجات حرارة عالية. ما ينتج عنه منتج صافي بشكل استثنائي يكون قريباً للغاية من الكثافة النظرية المحددة له والذي يكون متباين الخواص نتيجة هيكله المؤلف من طبقات. تمتاز طبقاته (المستوى ج) بقابليتها المنخفضة لتوصيل الحرارة وتقوم مقام المادة العازلة. أما طبقاته (المستوى أ–ب) بقابليتها العالية للغاية لتوصيل الحرارة وتقوم مقام المُوصل الممتاز. أما وجه الاختلاف بينه وبين الغرافيت العادي فيتمثل في خصائصه الحرارية، والكهربائية والميكانيكية التي تفوق خصائص المأول بكثير. يعتبر الغرافيت المعالج بالحل الحراري بأنه خاملٌ كيميائياً، ويبقى ثابتاً عند درجة حرارة تبلغ ٣,٠٠٠ درجة مئوية، وهو غير منفذ للماء، وذاتي التشحيم، وغير جامع للأتربة، وخفيف الوزن. إلا أنه متفاوت في قابلية التوصيل الحراري ما يؤدي إلى حدوث تشققات تثقب عائقاً في وجه العديد من التطبيقات.

فرنسا
الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

طريقة التشغيل: لتصنيع الغرافيت المعالج بالحل الحراري، يتم تسخين مادة السطح ذي العلاقة التي يتم ترسيب الغرافيت المعالج بالحل الحراري عليها بدرجة حرارة عالية نسبياً، تتراوح بين ١,٥٠٠ درجة مئوية و٢,٥٠٠ درجة مئوية. ثم يتم بعد ذلك إدخال الغاز الهيدروكربوني بدرجة حرارة آخذة بالارتفاع وضغط منخفض. ينتج عن هذه العملية تشكيل الغرافيت المعالج بالحل الحراري لطبقة تذرية عازلة (يمكن حرقها بطريقة خاضعة للتحكم) قادرة على تحمل درجة حرارة المحرك الصاروخي.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم الغرافيت المعالج بالحل الحراري في تطبيقات فضائية ودفاعية متنوعة والفضل يعود إلى قدرته على تحمل درجات الحرارة العالية وعلى امتصاص الصدمات الحرارية. بشكلٍ خاص، يستخدم الغرافيت المعالج بالحل الحراري في تصميم وتصنيع فوهات الصواريخ، والمقدمات المخروطية للمركبات العائدة، والدروع الحرارية.

الاستخدامات الأخرى: توفر خصائص التوصيل الاستثنائية التي يمتلكها الغرافيت المعالج بالحل الحراري حلولاً مفيدة لتبديد الحرارة الموجودة في تدفق أشباه موصلات الإلكترونيات العاملة بالطاقة، مثل صمامات التردد الإذاعي، والصمامات اللاسلكية، والصمامات الباعثة للضوء، والصمامات الليزرية، وأشباه الموصلات واسعة الفجوة، وأغطية الدوائر الكهربائية المتكاملة. كما يستخدم الغرافيت المعالج بالحل الحراري في تصنيع قوالب التشكيل وفي تشكيل الأدوات التي تشبه في شكلها الزجاج شبه المصهور إلى جانب عناصر السخان، والأسطح المستهدفة المشكلة بالنفث، ومواد العزل الحرارية.

يستخدم الغرافيت المعالج بالحل الحراري أيضاً من قبل المصنعين المختصين في مجال الزجاج وأيضاً في تصنيع الأواني الزجاجية والأواني ذات السيقان المستخدمة في الحاويات.

الشكل (عند التصنيع): تتراوح كثافة الغرافيت المعالج من ١,٦٤ غ/سم مكعب إلى ٢,٧ غ/سم مكعب. وعندما يكون على شكل مسحوق، يتراوح لونه بين الرمادي الداكن والأسود. ويكون لون الأجزاء المصنوعة من الغرافيت أسوداً مع لمعة تبعاً للآلات المستخدمة في العملية. وتكون أسطحه منقرة.

الشكل ٧١: مجموعة من الصفائح المصنوعة من الغرافيت والقضبان المعالجة بالحل الحراري والتي تعتبر عالية الكثافة والمتانة والنقاوة. يرجى ملاحظة السطح المثقب على الصفائح الضخمة الموجودة في يسار الشكل. (أدفانسد كاربون تكنولوجيز انك).

الشكل (عند التعبئة): يتطلب خطر التشقق الذي يكون الغرافيت المعالج بالحل الحراري عرضةً له تعبئته بشكل جيد، ويتم وضع مكوناته عادةً في أكياس بلاستيكية أو حاويات تكون محاطةً بالأغلفة التي تتضمن فقاعات أو الرغوة.

٦.ج.٥ المواد المركبة الخزفية (التي يقل عزلها الكهربائي الثابت عن ٦ درجات عند تردد يتراوح بين ١٠٠ ميغاهرتز و١٠٠ غيغاهرتز)، المستخدمة في قبب هوائيات القذائف، والقابلة للاستخدام في النظم المدرجة في البند ١.أ أو ١٩.أ.١.

الطبيعة والغرض: تمتلك المواد المركبة الخزفية متانةً وخصائص حرارية بما يكفي لاستخدامها كمواد دروع حرارية. وعلى خلاف المواد الكربونية، تعتبر المواد الخزفية مواداً عازلة ولا تقوم بإيصال الكهرباء أثناء مرور الإشعاع الكهرمغنطيسي (مثال الموجات الرادارية أو موجات الراديو) عبرها. وهي مفيدة في حماية الهياكل والمعدات من التسخين الأيروديناميكي في الوقت الذي تسمح فيه بإرسال أو استقبال الإشارات.

تعتبر المركبات الخزفية المقوية بكاربيد السيليكون مناسبةً لاستخدامها في درجات الحرارة التي تصل إلى ١٢٠٠ درجة مئوية في جو مؤكسد، وفي درجات حرارة أعلى نوعاً ما في حال كانت مطلية. بالمقابل تتمتع مركبات كاربيد السيليكون المقوية بالفتائل بمتانة عالية ضد الكسر وتعتبر أخف وزناً من السبائك الفائقة. تجعل هذه الخصائص منها ملائمةً للاستخدام في قبب هوائيات القذائف.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم المواد الخزفية المركبة لتصنيع نوافذ هوائيات المركبات العائدة من القذائف التسيارية. أما بالنسبة لمواد كاربيد السيليكون الخزفية غير المعالجة حرارياً المستخدمة في تصنيع رؤوس المقدمات فهي تمتاز بأنها صلبة ومقاومة لدرجات الحرارة العالية، إلا أنها ونظراً لأنها تميل للتشظية دون أن تتكسر، لا يتم استخدامها على نطاق واسع.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم المواد الخزفية التي تمتاز بمقاومتها العالية في بعض المحركات العنفية التي تعمل بالغاز، وفي محركات السيارات، والأفران، ومستقبلات الطاقة الشمسية. كما تستخدم أيضاً في كرات وقضبان الطحن، وفي بلاط الأفران، وفي كؤوس اللحام، والفوهات، والفوهات المرشوشة بالرمل، وفي أجزاء معقدة متنوعة تدخل في صناعة التطبيقات الإلكترونية. كما تعتبر بأنها مواد شائعة الاستخدام في تشكيل القطع المستخدمة في خطوات التصنيع في درجات حرارة آخذة بالارتفاع. فضلاً عن ذلك، تستخدم المركبات الخزفية المقوية بكاربيد السيليكون في بعض محركات الطائرات العسكرية في سدائل التحكم بموجه الدفع.

الشكل (عند التصنيع): تستخدم المواد المركبة الخزفية المستخدمة في تصنيع نوافذ هوائيات المركبات العائدة عموماً خزف مقوى بالفتائل للحيلولة دون حدوث عطل ناتج عن الإجهاد الحراري. كمما تمتلك كتلة السيلسكا – سيليكا ثلاثية الأبعاد التي تم صناعة نوافذ الهوائي منها نمطاً نسيجياً خاصاً يتضح جلياً على كافة الأسطح. يتم عادةً تغطية هذه المادة بطلاء واقي صافي يشكل حاجزاً ضد الرطوبة. بالمقابل تمتلك المركبات الخزفية المقوية بكاربيد السيليكون نفس النمط إلا أن لونها يتراوح بين الرمادي الغامق والأسود. تتسم جميع هذه المواد الخزفية بأنها قاسية للغاية، وأقسى بكثير من المركبات الأخرى، ويبدو سطحها بنفس نمط الأسطح المقوية بالنسيج. يمكن الحصول على هذه المواد بأي حجم تقريباً على شكل أقراص يبلغ حجمها ١ مم ومكعبات يبلغ حجمها ٥٠ سم، إذ يمكن تقطيعها لتشكيل الهيئة المطلوبة بواسطة حجارة الجلخ.

الشكل (عند التعبئة): بسبب تكلفتها العالية وهشاشتها، يتم تعبئة هذه المكونات في مواد ماصة للصدمات. نظراً لأن مواد السيليكا – سيليكا ماصة للرطوبة (أي ماصة للماء)، تتم تعبئتها أيضاً في أكياس محكمة الإغلاق إما من ماركة مايلار أو غيرها من الأكياس البلاستيكية، تمتلك بعض الأنواع منها عامل مجفف لحماية المواد من امتصاص الماء.

٦.ج.٦ مواد الخزف على الحرارة، كما يلي:

أ. الخزف الرابط غير المتضمن في البند ٦.ج.٥.أ.٤ أو ٦.أ.٤.٤.

ب. مركبات الخزف المقوى المكونة من كاربيد السيليكون، والمستخدمة في رؤوس المقذوفات والمركبات العائدة من الطبقة الفوقية، والتي يمكن استخدامها في النظم المدرجة في البند ٦.أ.٤ أو ٦.أ.٤.٤.

ج. الخزف الرابط المشكل من مواد تتألف من مزيج من الخزف المشكل بالحرارة الفائقة (UHTC) والذي يتضمن درجة انصهار تساوي ٤٠٠٠ درجة مئوية أو أكثر، والمستخدمة في المستشعرات الصواريخ (مثل رؤوس المقذوفات والمركبات العائدة، ورؤوس المقذوفات، وأجهزة الاستشعار والأسطح التحكم أو الدفع الموجودة في محركات الصواريخ) في النظم المحددة في البند ٦.أ.٤.٤، أو ٦.أ.٢.

ملاحظة:

البند ٦.ج.٥.ج لا يخضع مواد "الخزف المشكل بالحرارة الفائقة" عندما تكون في حالة غير مركبة.

ملاحظة فنية:

يتضمن "الخزف المشكل بالحرارة الفائقة" ما يلي:

-4 ثنائي بوريد التيتانيوم (TiB2)؛

-2 ثنائي بوريد الزركونيوم (ZrB2)؛

-4 ثنائي بوريد النيوبيوم (NbB2)

-3 ثنائي بوريد الهافنيوم (HfB2)

-7 ثنائي بوريد التانتالوم (TaB2)

-0 كربيد التيتانيوم (TiC)

-0 كربيد الزركونيوم (ZrC)

-7 كربيد النيوبيوم (NbC)

-7 كربيد الهافنيوم (HfC)

١٠- كربيد التانتالوم (TaC)

الطبيعة والغرض: يعد كاربيد السليكون مكوناً مؤلفاً من السيليكون والكربون ويستخدم في تصنيع المواد الخزفية القوية. كما يوجد أيضاً في مركب مويسانايت المعدني النادر. في حين يتم تسخين مسحوق كاربيد السيليكون بدرجة حرارة تحت درجة انصهاره في عملية تسمى "التلبيد"، تلتصق الجسيمات ببعضها البعض لتشكيل مواد خزفية قاسية للغاية ذات خصائص تحمل عالية. يمكن للمركبات الخزفية التي تمت تقويتها بكاربيد السيليكون تحمل درجات حرارة تصل إلى ١٢٠٠ درجة مئوية في ظروف مؤكسدة.

أما الخزف المشكل بالحرارة الفائقة (UHTC) فهو فئة من المواد التي يمكن استخدامها في بيئات تتمتع بدرجات حرارة قصوى، وتفاعل كيميائي (الأكسدة)، وتآكل. تبلغ درجات انصهار الخزف المشكل بالحرارة الفائقة أكثر من ٣٠٠٠ درجة مئوية.

- النمسا
- فنلندا
- ألمانيا
- إيطاليا
- روسيا
- سويسرا
- الولايات المتحدة
- البرازيل
- نيوزيلندا
- الهند
- اليابان
- جمهورية كوريا
- المملكة المتحدة

الإنتاج العالمي

تستفيد مواد الخزف المشكل بالحرارة الفائقة المركبة من الألياف أو الفتائل المصنوعة من مواد مثل كاربيد البورون أو كاربيد السيليكون لتقوية هذه المواد الخزفية.

طريقة التشغيل: يتمتع كاربيد السيليكون بخصائص هامة مثل الكثافة المنخفضة، والمقاومة العالية، والتمدد الحراري المنخفض، وقابلية التوصيل الحراري العالية، والصلابة العالية، والمقاومة الممتازة للصدمات الحرارية، والخمول الكيميائي الممتاز.

يمكن لدرجات الانصهار العالية للخزف المشكل بالحرارة الفائقة المترافقة مع استخدام التقوية بالألياف (المركبة) التخفيف من السلبيات التي تترافق مع المواد الخزفية الأخرى، بما فيها قابليتها للكسر عند تعرضها لإجهاد حراري والمقاومة المنخفضة للأكسدة. هنالك أنواع واعدة تستخدم حتى تاريخه من هذه المركبات وهي تلك التي تستخدم المواد ثنائية البوريد والكاربيدات الخاصة بمعادن الانتقال المبكر مثل ثنائي بوريد التيتانيوم (TiB_2)، وكاربيد الهافنيوم (HfC) وكاربيد التيتانيوم (TaC).

الشكل ٧٢: أطلية كاربيد السيليكون تستخدم في العديد من التطبيقات الفضائية والجوية، بما في ذلك حماية مادة لغرافيت من التأكسد. (شاتك غروب)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم كاربيد السليكون في فوهات المحركات الصاروخية، ومخاريط المقدمات، وسدائل الفوهات. كما يستخدم في نوافذ هوائيات المركبات العائدة الخاصة بالقذائف التسيارية. فقدرته على تحمل الصدمات الحرارية القوية تسمح باستخدامه كدرع حراري، في حين تمكنه عدم قابليته لتوصيل الكهرباء والإشعاع الكهرومغناطيسي من حماية المركبات الفضائية من الحرارة وفي نفس الوقت السماح بالاتصال بمحطة التحكم الأرضية. يقوم طلاء كاربيد السيليكون بحماية لوحات الكربون – كربون المقوية من الأكسدة على طول الحواف الأمامية ومخاريط مقدمات المركبات العائدة. وتعد المركبات التي تتضمن كاربيد السيليكون والمقوية بالفتائل ذات عمر مديد، ومقاومة للحرارة، وأخف وزناً من السبائك الفائقة، وهي الخصائص التي تعد في غاية الاهمية بالنسبة لمخاريط المقدمات للمركبات العائدة لدى عودتها للغلاف الجوي للأرض.

يمكن استخدام مركبات الخزف المشكل بالحرارة الفائقة في تصنيع رؤوس مقدمات المركبات العائدة، والملحقات الخاصة بعنق محركات الصواريخ التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب، وأرياش المنافث، وأسطح التحكم. تمتاز مركبات الخزف المشكل بالحرارة الفائقة بميزة جذابة تتمثل في كثافتها المنخفضة (وبالتالي خفة وزنها) مقارنةً بالفلزات الحرارية التي يمكن أن تحل محلها، مثل التنغستين والريهينيوم، ما يسمح بتحسين أداء نظام القذائف من حيث المدى/ الحمولة.

الشكل ٧٣: لوح طولي من الخزف المشكل بالحرارة الفائقة يتضمن ثلاثة أقسام مختلفة من ثلاثة مركبات من الخزف المشكل بالحرارة الفائقة (دليل مركبات الخزف)

الاستخدامات الأخرى: تعد خصائص كاربيد السليكون المقاومة للكشط، وتكلفته المنخفضة، وقدرة تحمله مفيدةً في مجال صقل المعادن الكريمة، جنباً إلى جنب مع فائدته في تنفيذ وظائف الآلات التي تعمل بالكشط مثل آلات الرش بالرمل، والتلميع، وآلات التقطيع بواسطة نفث المياه، والطحن. فضلاً عن ذلك، يستخدم كاربيد السيليكون في صناعة الدروع المركبة، وفي التصفيح الخزفي للسترات الواقية ضد الرصاص. ومؤخراً أصبح درع الجسم المطور الذي تم تصنيعه من صفائح خزف كاربيد السيليكون الصغيرة المتداخلة يقدم للشخص الذي يرتديه مرونة متزايدة إلى جانب مقاومة لعدة طلقات نارية صادرة عن بندقية أيه كيه – ٤٧.

تستخدم مركبات الخزف المقوية بكاربيد السيليكون كسدائل تحكم بموجه الدفع في بعض المحركات العسكرية النفاثة. يعد كاربيد السيليكون من المكونات الهامة للصمامات الباعثة للضوء. فمُعامل التوسع الحراري المنخفض فيه، وصلابته العالية، وخصائص التوصيل الحراري التي يمتاز بها يستفاد منها في صناعة مرايا التلسكوبات الفلكية. كما يستخدم المركب كذلك في بعض السيارات والمحركات العنفية التي تعمل بالغاز، والأفران، وألواح الطاقة الشمسية السلبية. إذ يمكن أن تجده في بلاط الأفران، وكؤوس اللحام، وفي التطبيقات الصناعية التي تعمل بدرجات الحرارة العالية.

من ناحية أخرى، تُعد مركبات الخزف المشكل بالحرارة الفائقة التي تستخدم المواد ثنائية البوريد من الهافنيوم والزركونيوم مثار اهتمام خاص من قبل صناعة الفضاء إذ تستخدم في تطبيقات الحواف الأمامية الحادة التي تتطلب متانةً كيميائية وهيكلية في ظل درجات حرارة التشغيل العالية. ويعتبر الطيران المستدام بسرعة أعلى من سرعة الصوت متوقفاً على وجود لمواد نظراً للتدفق الحراري العالي عبر المناطق الصغيرة، ودرجة الحرارة العالية، والأكسدة، والتآكل وتدرجات درجات الحرارة العالية داخل المواد. كما أن استخدام مركبات الخزف المشكل بالحرارة الفائقة لتوصيل الحرارة عبر المواد وتوجيهها عبر الأسطح الباردة من أحد البدائل المستخدمة لإدارة حرارة أسطح التحكم بسرعة الطيران بسرعة أعلى من سرعة الصوت.

الشكل (عند التصنيع): تستخدم المواد المركبة الخزفية المستخدمة في تصنيع نوافذ هوائيات المركبات العائدة عموماً خزف مقوى بالفتائل للحيلولة دون حدوث عطل ناتج عن الإجهاد الحراري. كما تمتلك كتلة السيلسكا – سيليكا ثلاثية الأبعاد التي تم صناعة نوافذ الهوائي منها نمطاً نسيجياً خاصاً يتضح جلياً على كافة الأسطح. يتم عادةً تغطية هذه المادة بطلاء واقي صافي يشكل حاجزاً ضد الرطوبة. بالمقابل تمتلك المركبات الخزفية المقوية بكاربيد السيليكون نفس النمط إلا أن لونها يتراوح بين الرمادي الغامق والأسود. تتسم جميع هذه المواد الخزفية بأنها قاسية للغاية، وأقسى بكثير من المركبات الأخرى، ويبدو سطحها بنفس نمط الأسطح المقوية بالنسيج. يمكن الحصول على هذه المواد بأي حجم تقريباً على شكل أقراص يبلغ حجمها ١ مم ومكعبات يبلغ حجمها ٥٠ سم، إذ يمكن تقطيعها لتشكيل الهيئة المطلوبة بواسطة حجارة الجلخ.

الشكل (عند التعبئة): يعتبر كاربيد السيليكون مركباً هشاً، يتم تعبئة هذه المكونات في مواد ماصة للصدمات. ويتم استخدام أكياساً مغلقةً بإحكام أو غيرها من المواد البلاستيكية للحيلولة دون تعرضها للرطوبة خلال الشحن. تمتلك الشحنات الضخمة عادةً عاملاً مجففاً. ويتم تعبئة الأكياس محكمة الإغلاق في بعض الأحيان بنتروجين جاف لتوفير حماية إضافية للمواد من امتصاص الماء.

٦.ج.٧ المواد المستخدمة في صناعة مكونات القذائف في المنظومات المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩. أو ١.أ.١٩.١. أو ٢.أ.١٩، على النحو التالي:

أ. التنغستين والسبائك على شكل جسيمات التي تحتوي على التنغستين بنسبة ٩٧% بالوزن أو أكثر، ويبلغ حجم جسيماتها ٥٠×١٠ – ٦ م (٥٠ ميكرومتر) أو أقل؛

ب– الموليبدنوم والسبائك على شكل جسيمات تحتوي على ٩٧% من الموليبدنوم بالوزن أو أكثر، ويبلغ حجم جسيماتها ٥٠×١٠ – ٦ م (٥٠ ميكرومتر) أو أقل؛

ج– مواد التنغستين الصلبة والمشتملة على جميع العناصر التالية:

١. أي من المكونات المادية التالية:

١. التنغستين والسبائك المحتوية على التنغستين بنسبة ٩٧% في المائة بالوزن أو أكثر، أو

٢. التنغستين المخلوط بالنحاس المحتوي على التنغستين بنسبة ٨٠% بالوزن أو أكثر، أو

٣. التنغستين المخلوط بالفضة المحتوي على التنغستين بنسبة ٨٠% بالوزن أو أكثر، و

٢. يمكن استخدامها في أي من المنتجات التالية:

١. الأسطوانات التي يبلغ قطرها ١٢٠ ملم أو أكثر ويبلغ طولها ٥٠ ملم أو أكثر؛ أو

٢. الأنابيب التي يبلغ قطرها الداخلي ٦٥ ملم أو أكثر، ويبلغ سمك جدارها ٢٥ ملم أو أكثر وطولها ٥٠ ملم أو أكثر، أو

٣. القوالب المكعبة بقياس ١٢٠ ملم × ١٢٠ ملم × ٥٠ ملم أو أكثر.

- ألمانيا
- البيلدان
- روسيا
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: يندرج كل من التنغستين والموليبدنوم ضمن فئة الفلزات الحرارية. هنالك عدة خصائص تجمع بينهما وهي أن كلاهما ينصهر بدرجات تزيد عن ٢٠٠٠ درجة مئوية، فضلاً عن الكثافة النسبية العالية، والخمول الكيميائي، ومقاومة التشوه الزحفي في البيئات التي تنطوي على درجات حرارة عالية. ونظراً لدرجة الصهر المرتفعة لهذه المواد، تعتبر طريقة تشكيل الأدوات المعدنية من مسحوق المعادن بالضغط والحرارة طريقة التصنيع المفضلة لهذه المواد.

يزود التنغستين والسبائك التي تحتوي على التنغستين على شكل مسحوق خصائص استثنائية لإنتاج مكونات الصواريخ. إذ تجعل درجة انصهار التنغستن العالية للغاية (تبلغ ٣٤٢٢ درجة مئوية)، وقدرته على التحكم بمسامية الجزء ومقاومته للانتشار الذاتي التنغستين الخيار المثالي للاستخدامه مع مناطق فوهات الصواريخ التي ينبغي أن تعمل في ظروف قاسية مثل ملحقات العنق. بالمقابل، يتم استخدام الموليبدنوم والسبائك التي تحتوي على الموليبدنوم على شكل مسحوق عندما تسمح الظروف البيئة بذلك (تبلغ درجة انصهاره ٢٦٢٣ درجة مئوية) لأنه أقل تكلفة وأخف وزناً من التنغستين.

ويمكن تشريب التنغستين بشكله الصلب بالنحاس أو الفضة. ينتج لدينا مادة تكون أخف وزناً من التنغستين الصرف، وأكثر سهولة لتشكيلها بواسطة الآلات وأكثر مقاومةً للتعطل بفعل الصدمة الحرارية بسبب قابليتها المتزايدة لتوصيل الحرارة بواسطة المادة المتشربة.

.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم سبائك التنغستين والموليبدنوم في نظم القذائف لتصنيع أرياش التحكم بالموجه، وفي ملحقات الفوهات والعنق، ودروع عامود الحارف ورؤوس مقدمات المركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: يستخدم مسحوق التنغستين في أعمال التبخير المعدني، وفي موانع التسرب من الزجاج إلى المعادن، وفي مناطق الاتصال الكهربائي، وكعنصر سبك للفولاذ. وتعتبر أدوات القطع المصنوعة من التنغستين المطلي بالكاربيد من العناصر الهامة في الأعمال المعدنية، والتعدين، والصناعات البترولية. في حين يستخدم التنغستين المشرب بالنحاس في أعمال لحام الأقطاب الكهربائية، ومناطق الاتصال الكهربائي عالية الفلطية وفي بعض تطبيقات أقطاب آلات التفريغ الكهربائي التي تتطلب تفاصيلاً أدق وتشطيبات سطحية ممتازة. أما الموليبدنوم فيستخدم بشكل رئيسي كعنصر سبك لإنتاج الفولاذ. بينما تتضمن التطبيقات الأخرى استخدامه في العناصر الحرارية الخاصة بالأفران وكمادة مضافة للمشحمات عالية الحرارة.

الشكل (عند التصنيع): يبدو التانغستين والموليبدنوم وسبائكهما على شكل جسيمات كروية أو دقيقة حالها حال العديد من المنتجات الأخرى المستخدمة في تشكيل الأدوات المعدنية من مسحوق المعادن بالضغط والحرارة. تمتاز الجسيمات ببريقٍ معدني وحرية التدفق بسبب شكلها الكروي. أما التنغستين في شكله الصلب فيبدو معدناً لامعاً يتراوح لونه بين الأبيض والفضي ويفقد لمعانه في الهواء مشكلاً طلاءً أكسيدياً واقياً.

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة هذه المواد، التي تكون على شكل جسيمات، في حاويات مغلقة بإحكام أو في براميل لخفض الاتصال مع الهواء وأكسدة السطح الذي يحتوي على الجسيمات. تبدو الحاويات ثقيلةً بسبب حجمها إذ يتم شدها بإحكام على المنصات لمنعها من الحركة.

.

٦.ج.٨. أنواع الفولاذ المصلد بالحرارة، التي يمكن استخدامها في الأنظمة المحددة في البنود ١.أ أو ١٩.أ.٢، والتي تمتلك جميع الخصائص التالية:

أ. مقاومة شد حدّية يتم قياسها عند درجة حرارة تبلغ ٢٠ درجة مئوية، وتبلغ أو تفوق ما يلي:

١. ٠,٩ غيغا باسكال، في مرحلة التلدين بمحلول، أو

٢. ١,٥ غيغا باسكال، في مرحلة التصليد الترسيبي، و

ب. يكون لها أي من الأشكال التالية:

١. لوح أو صفيحة أو أنبوب بجدار أو سمك يبلغ ٥ ملم أو أقل، أو

٢. أشكال أسطوانية بجدار يبلغ أو يقل سمكه عن ٥٠ ملم، وقطر داخلي يبلغ ٢٧٠ ملم أو أكثر.

ملاحظة تقنية:

أنواع الفولاذ المصلد هي سبائك حديدية كما يلي:

أ. تتميز عادة بنسبة نيكل مرتفعة ونسبة منخفضة جداً من الكربون، وهي تشتمل على عناصر بديلة أو ترسبات تقوي السبيكة وتطيل عمرها؛ و

ب. خضعت لدورات معالجة حرارية لتسهيل عملية التصلد بمحلول وإطالة عمرها في مرحلة لاحقة.

الإنتاج العالمي

- النمسا
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- إيران
- إيطاليا
- اليابان
- جنوب أفريقيا
- السويد
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: يشتهر الفولاذ المصلد بالحرارة بمقاومة الشد الحدية المرتفعة ومتانته الجيدة ضد الكسر مع الحفاظ في نفس الوقت على قابلية تشكيله بواسطة الآلات، وقابلية تشكيله بالطرق وقابلية لحامه. يختلف الفولاذ المصلد بالحرارة عن أنواع الفولاذ التقليدية بأنه يستفيد من طريقة ترسيب المركبات السيبكية عوضاً عن الكربون للحصول على المتانة المطلوبة. تمتلك مركبات الفولاذ المصلد بالحرارة عادةً محتوى مرتفع نسبياً من النيكل (١٨% أو أكثر). يتم الحصول على المركبات السيبكية من إضافة الكوبالت والموليبدنوم والتيتانيوم. في حين يتم الحفاظ على محتوى من الكربون (بنسبة أقل من ٣%) مع كافة درجات الفولاذ المصلد بالحرارة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يتم استخدام الأشكال الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف (الألواح والصفائح والأنابيب) منه عموماً لتصنيع أغلفة المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب، وخزانات الوقود الدفعي إلى جانب مكونات المراحل المترابطة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم أنواع الفولاذ في تصنيع أجزاء الطائرات الخاصة، وهياكل الغواصات، وأرياش الأسيجة، والأنابيب، والمفاعلات في مجال الصناعات الكيميائية والنووية.

الشكل (عند التصنيع): يصبح لون الفولاذ المصلد بالحرارة رمادياً براقاً عند تنظيفه وإعداده حديثاً.

وفي حال خضع المعدن لعلاج التأثير بمرور الزمن لتحسين متانته، يمكن أن تتشكل طبقة أكسيد سوداء على سطحه. يمكن أن تكون هذه الطبقة أيضاً إشارةً إلى أن الفولاذ المصلد بالحرارة قد مر بدرجة أكسدة خاضعة للمراقبة لتسحين مقاومته للتآكل خلال فترة خدمته.

الشكل (عند التعبئة): يتم عادةً شحن الفولاذ المصلد بالحرارة في ظروف مقاومة منخفضة، وفي ظروف عدم المعالجة بالحرارة للتمكُّن من تشكيله بالشكل المطلوب من قبل المستخدم النهائي. أما طريقة تحزيمه وتعبئته فهي تشبه الطريقة المتبعة مع الفولاذ الذي لا يصدأ الذي يشبهه إلى حد كبير. يتم تكديس الألواح والصفائح وشدها بإحكام على المنصة النقالة. حالها كحال الأنابيب التي يتم تحزيمها وشدها بإحكام على المنصة النقالة كذلك. يمكن تغطية كلا النوعين من الفولاذ بصفيحة بلاستيكية و/أو تعبئته في صناديق لحماية المواد من ظروف بيئة الشحن.

٦.ج.٩. الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم (Ti-DSS)، المستخدم في النظم المدرجة في البند ١.أ أو ١.أ.١٩، وتنطبق عليه المعايير التالية:

أ. الفولاذ المشتمل على جميع الخصائص التالية:

١- نسبة الكروم بالوزن تتراوح بين ١٧ و٢٣ %، ونسبة النيكل بالوزن تتراوح بين ٤,٥ و٧ %؛ و

٢- نسبة التيتانيوم بالوزن تزيد عن ٠,١%؛ و

٣- بنية مصغرة مكونة من الفيريت والأوستينيت (تعرف كذلك باسم البنية المصغرة ثنائية الطور)، يمثل الأوستينيت فيها ما نسبته ١٠% على الأقل بالحجم (حسب المعيار F-1181-87 للجمعية الأمريكية للاختبار المواد أو المعايير الوطنية المعادلة له)؛ و

ب- الفولاذ المهيأ على أي من الأشكال التالية:

أ- الكتل أو القضبان الفلزية التي يبلغ حجمها ١٠٠ ملم أو أكثر في جميع الأبعاد؛ أو

ب- الألواح التي يبلغ عرضها ٦٠٠ ملم أو أكثر، وسمكها ٣ ملم أو أقل؛ أو

ج- الأنابيب التي يبلغ قطرها الخارجي ٦٠٠ ملم أو أكثر، ويبلغ سمك جدارها ٣ ملم أو أقل.

الطبيعة والغرض: يعد الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم (Ti-DSS)، نوعاً خاصاً من سبائك الفولاذ غير القابل للصدأ وهو مشهور بسهولة لحامه ومقاومته للتآكل الناتج عن المواد المؤكسدة للوقود لدفعي السائل. تتراوح نسبة الكروم بالوزن بين ١٧ و٢٣ %، ونسبة النيكل بالوزن تتراوح بين ٤,٥ و٧ % في الصيغ النموذجية للفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم، كما أن هذا النوع من الفولاذ يمتلك آثاراً من التيتانيوم والتي تجعل منه، مقارنةً مع الأنواع الأخرى من الفولاذ غير القابل للصدأ، مقاوماً للمواد المؤكسدة بشكل خاص مثل حمض النتريك المدخن الأحمر المثبط (IRFRAN). فضلاً عن ذلك، يعد الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم من المواد المفضلة في تطبيقات القذائف التي تعمل بالوقود الدفعي السائل نظراً لسهولة لحامه باستخدام تكنولوجيا اللحام العادية، بخلاف أشكال الفولاذ غير القابل للصدأ الأخرى، فهو لا يتطلب معالجة حرارية بعد اللحام.

- الهند
- روسيا
- جمهورية كوريا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يتم استخدام السبائك أو القضبان، والألواح، والأنابيب التي تفي بمعايير نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بأحجام كافية لتصنيع خزانات الوقود الدفعي السائل وأعمال الأنابيب في محركات الصواريخ.

الاستخدامات الأخرى: يستخدم الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم في استخدامات تجارية معروفة قليلة للغاية. بالرغم من أنه مستخدم في العديد من تطبيقات الفولاذ غير القابل للصدأ، فإن الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم قاسٍ للغاية، ما يجعل من الصعب تشكيله على شكل ألواح أو أنابيب. كما أن تشكيل هذه المادة بالآلات مكلفٌ للغاية عند استخدامه في التطبيقات التجارية. فضلاً عن ذلك، بالرغم من أنه مقاومٌ لحمض النتريك المدخن الأحمر المثبط، وهي مادة مؤكسدة تستخدم في القذائف بشكل شائع، فهو لا يعمل جيداً عند تعرضه لمواد مشابهة مسببة للتآكل مثل الأسمدة الكيميائية.

الشكل (عند التصنيع): يشبه الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم في شكله أنواع الفولاذ غير القابل للصدأ الأخرى. فهو يمتلك حبيبات دقيقة للغاية، ويتطلب عادةً عدسة مكبرة أو ميكروسكوب لرؤيته.

الشكل (عند التعبئة): يتم عادةً تحزيم وشحن الفولاذ الثنائي العناصر غير القابل للصدأ والمثبت بالتيتانيوم بنفس الطريقة المتبعة مع الفولاذ الذي لا يصدأ. يتم تكديس الألواح والسبائك أو القضبان وشدها بإحكام على المنصة النقالة. حالها كحال الأنابيب التي يتم تحزيمها وشدها بإحكام على المنصة النقالة كذلك. ويمكن تغطية كلا النوعين من الفولاذ بصفيحة بلاستيكية و/أو تعبئته في صناديق لحماية المواد من ظروف بيئة الشحن.

٤ـد البرمجيات

١.د.٦ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً من أجل تشغيل أو صيانة المعدات المدرجة في البند ٦.ب.١.

الطبيعة والغرض: تستخدم برمجية معدات إنتاج الألياف والمواد المركبة في أجهزة التحكم العددي بواسطة الحاسوب (CNC) والتي تعمل على التحكم بحركة آلات لف الفتائل، أو آلات تثبيت الألياف/النُسال، وآلات لف الأشرطة. توفر معظم هذه الآلات برمجية محاكاة تسمح بتحسين حركة هذه الآلات بالشكل الأمثل دون اتصال. في حين تستخدم برمجيات أخرى من هذه الفئة للتحكم بآلات النسج والتشبيك متعددة الاتجاهات والأبعاد المستخدمة في تصنيع هياكل المركبات المعقدة.

- فرنسا
- ألمانيا
- ألمانيا
- إيطاليا
- اليابان
- هولندا
- روسيا
- السويد
- سويسرا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

طريقة التشغيل: يتم تهيئة هذه البرمجية خصيصاً لتعمل على أجهزة التحكم العددي بواسطة الحاسوب المتصلة بآلات آلات لف الفتائل، أو آلات تثبيت الألياف/النُسال، وآلات لف الأشرطة. حيث تمتلك آلات النسج والتشبيك متعددة الاتجاهات والأبعاد أنماطاً من البرامج المخزنة في قواعد البيانات تكون قابلة للتعديل تبعاً للمكونات كل على حدة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يمكن استخدام البرمجية لإنتاج أغلفة المحركات، والزعانف، والفوهات، ومقدمات رؤوس المركبات العائدة، والهياكل، والأجزاء والمكونات الأخرى للصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة.

الاستخدامات الأخرى: يمكن تعديل البرمجية لإنتاج خزانات تخزين الغاز الطبيعي المسال، وخزانات الماء الساخن، وخزانات الغاز الطبيعي المضغوط، والمضارب المستخدمة في ملاعب الغولف، ومضارب التنس، وأجزاء الطائرات التجارية والمدنية.

الشكل (عند التصنيع): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب.

٢.د.٦ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً من أجل استخدام المعدات المدرجة في البند ٦.ب.٣ أو ٦.ب.٤ أو ٦.ب.٥.

الطبيعة والغرض: تعمل البرمجية المستخدمة في حاسوب التحكم في مكابس الضغط المتساوي على تشغيل المكبس ومراقبة الضغط ودرجة حرارة الماء المبرد. تستخدم معدات ترسيب الأبخرة الكيماوية هذه البرمجية للتحكم بعملية تسخين وتوريد غازات الترسيب إلى خامات التشكيل الكربونية المسامية. أما برمجية التحكم بالعملية فتستخدم لتشغيل أفران الحل الحراري عالية الحرارة إلى جانب مراقبة والتحكم بالعمليات المستخدمة لإنتاج الأجسام مثل فوهات الصواريخ ورؤوس مقدمات المركبات العائدة.

طريقة التشغيل: تقبل البرمجية المستخدمة في حاسوب التحكم بمكبس الضغط البيانات التي يدخلها المشغل والتي تحدد كمية الضغط والوقت.

تقوم البرمجية بتفعيل المكبس وتتحكم بضغط التشغيل طيلة المدة. فهي تقوم بمراقبة درجة حرارة الماء المبرد والفرن للتأكد من أن النظام يعمل بطريقة مناسبة وآمنة للمادة التي يتم إنتاجها. يستخدم مشغل عملية ترسيب الأبخرة الكيماوية حاسوباً محملاً بالبرمجية المناسبة للتحكم بالعملية بهدف ضبط درجة الحرارة، وضغط غاز التشريب ووقت العملية وأيضاً لمراقبة درجة حرارة الماء المبرد وغيرها من أدوات القياس ومخرجات الحساسات. إذ يعد التحكم الدقيق بدرجة الحرارة في إطار زمني طويل نسبياً عاملاً مهماً لإنتاج فوهات الصواريخ ورؤوس مقدمات المركبات العائدة المصنوعة من مواد كربون–كربون. وتستخدم برمجية التحكم بالعملية لإنتاج مواد هيكلية مركبة تتحكم في درجات حرارة وضغوط أفران الحل الحراري وفق عدد الدورات التي يحددها المستخدم.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم البرمجية التي يستفاد منها في التحكم في عمليات التكثيف والحل الحراري لتصنيع مكونات القذائف المقاومة لدرجات الحرارة العالية جداً والتي تتسم بخفة وزنها مثل فوهات المحركات الصاروخية ورؤوس مقدمات المركبات العائدة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم برمجية تحكم في مكبس الضغط المتساوي لربط المواد المتشابهة والمختلفة بطريقة الربط التغلغلي. كما تستخدم برمجية التحكم بعملية ترسيب الأبخرة الكيماوية في إنتاج المواد الضوئية، وأدوات القطع، والأدوات الطبية، المطلية إلى جانب تصنيع أشباه الموصلات. فضلاً عن ذلك، تستخدم برمجية التحكم في عمليات التكثيف والحل الحراري في ربط المعادن بواسطة طريقة الربط التغلغلي وأيضاً في معالجة المركبات المعدنية.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية المستخدمة في التحكم بالعمليات شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب.

٥.٦ التكنولوجيا

٦.هـ.١ "التكنولوجيا"، وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا واللازمة لـ"تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات أو المواد أو "البرمجيات" المدرجة في البند ٦.أ أو ٦.ب أو ٦.ج أو ٦.د.

٦.هـ.٢ "البيانات التقنية" (بما فيها شروط التجهيز) وعمليات ضبط الحرارة ومستويات الضغط أو البيئة في أجهزة التعقيم أو أجهزة التعقيم الهيدرولية المستخدمة لإنتاج المركبات أو المركبات المعالجة جزئياً، والقابلة للاستخدام لصنع المعدات أو تلك المدرجة في البنود ٦.أ أو ٦.ج.

•يتم إنتاج أجهزة التعقيم أو أجهزة التعقيم الهيدرولية في معظم الدول الصناعية لأنها تستخدم في عمليات التصنيع العامة. وبالرغم من أن المعرفة العامة لهذه العمليات منشرة على نطاق واسع، إلا أن البيانات الخاصة في هذه البيانات والتي تستخدم في التطبيقات الخاصة مشمولة بحقوق الملكية.

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تخضع التكنولوجيا المخصصة لإنتاج المكونات الهيكلية والترسيب والتكثيف بالحل الحراري، وإنتاج المواد الهيكلية المحددة في البنود ٦.أ، و٦.ب، و٦. للمراقبة بواسطة الملحق. يمكن أن يشمل هذا المعروفة المتعلقة باللختيار المناسب للمواد الخام (المألياف، ونظام البيوكسي أو الراتنج، وعوامل التصليد)، إلى جانب الطرق المتبعة (تعليمات المعالجة والتجميع) لإنتاج المكونات المركبة والمعاد إشباعها والمعالة بالحل الحراري إلى جانب التشغيل المناسب وصيانة المعدات المستخدمة. من الممكن أيضاً أن يخضع التدريب على استخدام البرمجية وفق ما هو محدد في البند ٦.د من الملحق والوثائق المرافقة له للمراقبة أيضاً.

تستخدم بيانات التحكم بالعملية لإدارة معالجة المركبات أو للمعالجة الجزئية للمركبات لتصبح مكونات مفيدة. تشمل البيانات التقنية مثار الاهتمام التي تتعلق في أجهزة التعقيم وأجهزة التعقيم الهيدرولية عادةً معايير المعالجة وإجراءاتها، والأدوات والإعداد للمعالجة والتحكم بالمعالجة. ونظراً لأن إعدادات المعالجة الدقيقة لدرجة الحرارة، والضغط والمدة لها تأثير هام على عوامل المتانة، ومقاومة التأثير ومعامل الانثناء الخاصة بالأجزاء المنتجة، قام الصانعون بتطوير عمليات خاضعة لحقوق الملكية الفكرية. فنادراً ما يقومون بنشر المعلومات التي تتعلق بإنتاج الأجزاء الخاصة. كما يقومون بتصميم ظروف المعالجة، وفترات تصغير الحجم والإجراءات ذات العلاقة عادةً كل على حدة بما يتلاءم مع هندسة الجزء المحدد ونظام المادة/الراتنج المستخدم.

طريقة التشغيل: تستخدم هذه البيانات كتوجيهات لتصنيع أو معالجة أجزاء المركبات كلياً أو جزئياً في أجهزة التعقيم وأجهزة التعقيم الهيدرولية. يمكن للعنصر البشري القيام بالتحكم بعملية المعالجة، إلا أن قيام الحواسيب بهذه العملية أمر أكثر شيوعاً بسبب طول الفترة الزمنية المطلوبة للعملية. يمكن أن تستند هذه العملية الأخيرة إلى دورة عملية المعالجة المحددة من قبل الشركة المصنعة للمعدات أو إلى مجموعة من نماذج العمليات التحليلية وأجهزة الاستشعار المستخدمة الموجودة في أو بالقرب من الجزء الذي تتم معالجته، إلى المعرفة الفنية الخاصة بالعملية والمدمجة مع النظام.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر هذه البيانات جزءاً لا يتجزأ من إعداد خامات التشكيل أو المركبات لتصبح مكونات تتحمل درجات الحرارة العالية وكمكونات معالجة بالتذرية للاستخدامها في تصنيع رؤوس مقدمات المركبات العائدة وفوهات المحركات الصاروخية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم عمليات وإجراءات مشابهة لتصنيع نسخة من المواد المصنعة وفق تكنولوجيا تصنيع المواد المركبة للاستخدامها في التطبيقات التجارية، بدايةً من هياكل القوارب وصولاً إلى نوادي الغولف.

الشكل (عند التصنيع): عموماً، يمكن أن تتخذ البيانات التقنية شكل المخططات الأساسية، والخطط، والمخططات البيانية، والنماذج، والصيغ، والتصاميم والمواصفات الهندسية، والكتيبات والتعليمات المكتوبة أو المسجلة على وسائل أو أجهزة أخرى مثل الأقراص، والأشرطة، وأجهزة USB، والذاكرات المخصصة للقراءة فقط. يتم توفير هذه البيانات عادةً في كتيبات ورسوم بيانية تكون جزءً من وثائق صانع أجهزة التعقيم أو أجهزة التعقيم الهيدرولية، أو كجزء من توصيات صانع الراتنج. تشير وثائق الصانع إلى كل من المكونات الفرعية ومواصفات التجميع وكتيبات التعليمات الخاصة بكل منها. كما تتضمن هذه المكونات مواداً مثل وحدات التحكم في الحالة الصلبة أو أجهزة الحاسوب الخاصة في مراقبة والتحكم بدرجة الحرارة والضغط أثناء عملية المعالجة.

الشكل (عند التعبئة): يتم إدراج البيانات التي ترافق المعدات والتي تحتوي على المعلومات الخاصة بعملية المعالجة عادةً في كتب ذات أوراق متحركة أو مجموعة من التعليمات المرتبة. تمتلك الوثائق شكل التقرير وترافق المعدات الجديدة. يتم توفير البيانات من قبل صانعي الراتنج أو مواد التقوية التحضيرية على شكل أوراق بيانات ترافق مواد الراتنج أو مواد التقوية التحضيرية الخام.

٣.٥.٦ "التكنولوجيا" المستخدمة لإنتاج المواد المعالجة بالحل الحراري المشكلة باستخدام قوالب أو مثبتات أو غير ذلك من المواد، والتي يتم الحصول عليها من غازات سلائف تتحلل في درجة حرارة تتراوح بين ١٣٠٠ درجة مئوية و٢٩٠٠ درجة مئوية عند مستويات ضغط تتراوح بين ١٣٠ باسكال (١ ملم زئبق) و٢٠ كيلو باسكال (١٥٠ ملم زئبق)، بما في ذلك "التكنولوجيا" المتعلقة بتكوين غازات السلائف، ومعدلات التدفق، وخطوات ومعايير التحكم في العمليات والبارامترات.

الطبيعة والغرض: يعتبر الترسيب بالحل الحراري من العمليات عالية الحرارة التي تستخدم لترسيب طبقة طلاء رقيقة ومكثفة من المعدن، أو الخزف، أو الكربون على مادة أولية (قالب أو قالب تشكيل) لتشكيل جزء ما. كما يمكن استخدامها في إنشاء مواد أخرى لتحقيق التحام والتصاق قويين بين مادة الطلاء والسطح السفلي. يتمثل الهدف من هذه العمليات تحسين قابلية المواد المطلية أو المكثفة للصمود في البيئات القاسية التي تعمل فيها أجزاء النظم الصاروخية الهامة.

تعتبر الإجراءات والطرق العامة المستخدمة لإنشاء المواد المشتقة بالحل الحراري إلى جانب غازات السلائف الخاصة بها معروفةً على نطاقٍ واسع. إلا أن الصيغ والعمليات وإعدادات المعدات الخاصة يتم اشتقاقها عادةً بشكل تجريبي وتعتبر أسراراً صناعيةً مشمولةً بحقوق ملكية فكرية. يمكن أن تتخذ البيانات الخاضعة للمراقبة (التكنولوجيا) شكل المساعدة التقنية بما في ذلك التعليمات، والمهارات، والتدريب، والمعرفة الفنية، إلى جانب المساعدة في الشراء والخدمات الاستشارية. يمكن أن تتخذ البيانات التقنية شكل المخططات الأساسية، والخطط، والمخططات البيانية، والنماذج، والصيغ، والتصاميم والمواصفات الهندسية، والكتيبات والتعليمات المكتوبة أو المسجلة على وسائل أو أجهزة أخرى مثل الأقراص، والأشرطة، وأجهزة USB، والذاكرات المخصصة للقراءة فقط وأقراص DVD.

طريقة التشغيل: توجد تكنولوجيا ترسيب الكربون بالحل الحراري في المختبرات الأولية صغيرة الحجم. لا يوجد إنتاج صناعي معروف على نطاقٍ واسع بشأن الترسيب بالحل الحراري. كما أن مشاركة التكنولوجيا أو تصديرها لا يتم بسهولة. تعتبر تكنولوجيا ترسيب المعادن أو السيراميك أكثر انتشاراً ويمكن لدولةٍ ما الحصول عليها بعدة طرق. إذ يمكن لدولةٍ ما الحصول على التكنولوجيا من خلال التعليمات التي يوفرها شخص لديه سجل خبرة حافل في أحد هذه المواد الخاضعة للمراقبة أو أكثر والذي يقوم مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج. أو يمكنها الحصول عليها من خلال استغلال الخدمة الاستشارية المتخصصة في مجال إنتاج المواد المحددة أو في مجال تقديم التوجيهات المتعلقة بشراء الآلات أو المعدات أو المواد. في نهاية المطاف، يمكن لأي دولة الحصول على المساعدة التقنية من خلال إرسال طلاب إلى دول أخرى لإجراء التدريبات واكتساب المهارات اللازمة لبناء وتشغيل النظم المحددة. وقد ترقى الكتيبات والمواد التي يتم الحصول عليها أثناء التدريب لتكون "بيانات تقنية".

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم هذه التكنولوجيا لبناء الدروع الحرارية وفي طلاء ملحقات أعناق الفوهات الخاصة بالقذائف.

الاستخدامات الأخرى: يمكن الاستفادة من بعض "التكنولوجيات" في صناعة الطائرات العسكرية والتجارية، وفي تصنيع قوالب التشكيل وفي تشكيل الأدوات التي تشبه في شكلها الزجاج شبه المصهور إلى جانب عناصر السخان، والأسطح المستهدفة المشكلة بالنفث، ومواد العزل الحرارية. تستخدم هذه التكنولوجيا أيضاً من قبل المصنعين المختصين في مجال الزجاج.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ٧

تم ترك هذا الحيز فارغاً لملئه في المستقبل.

الفئة ٢ – البند ٨

تم ترك هذا الحيز فارغاً لملئه في المستقبل.

الفئة ٢ – البند ٨: تم ترك هذا الحيز فارغا لملئه في المستقبل.

الفئة ٢ – البند ٩
الأجهزة والملاحة وتحديد الاتجاه

الفئة ٢ – البند ٩: الأجهزة والملاحة وتحديد الاتجاه

٩.أ المعدات والمنظومات والمكونات

٩.أ.١ نظم أجهزة الطيران المدمجة التي تشمل المثبتات الجيروسكوبية وأجهزة التحكم الآلي في الطيران، المصممة أو المعدلة للاستخدام في النظم المدرجة في البند ١.أ أو ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩، والمكونات المصممة خصيصاً لها.

• ألمانيا	• فرنسا
• بلجيكا	• الهند
• البرازيل	• إيطاليا
• الصين	• النرويج
• روسيا	• جنوب أفريقيا
• إسبانيا	• السويد
• سويسرا	• أوكرانيا
• المملكة المتحدة	• الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: تستخدم نظم أجهزة الطيران المدمجة مجموعة من المستشعرات إلى جانب معدات تعمل بالقصور الذاتي (الأجهزة الجيروسكوبية وأجهزة قياس التسارع) لتتبع مسار النظم الصاروخية والمركبات الجوية غير المأهولة. ومن خلال جمع والاستفادة من المزيد من المعلومات أكثر من منظومات التوجيه بالقصور الذاتي الصرفة، تعتبر هذه النظم دقيقةً للغاية، في حين تتيح بيانات المستشعر الإضافية استخدام أدوات تعمل بالقصور الذاتي أقل تكلفةً فضلاً عن خفض نسبة الأخطاء التي تستهلك وقتاً طويلاً دون خفض الدقة الكلية التي يتمتع بها النظام. أطلق الصانعون على نظم أجهزة الطيران المدمجة العديد من الأسماء، مثل نظم الملاحة المدمجة، والتي تخضع بمسمياتها الأخرى للمراقبة بموجب البند ٩.أ.١.

طريقة التشغيل: تعمل نظم أجهزة الطيران المدمجة على جمع ومعالجة البيانات في وضع الطيران من المستشعرات الفعالة وغير الفعالة، وأجهزة الاستقبال،

والمعدات التي تعمل بالقصور الذاتي بهدف تتبع مسار طيران القذيفة. إذ تستخدم أحد مخططات التسلسل الهرمي أو الاقتراع المتعددة لاستخلاص أفضل تقدير للوضعية والوجهة لمقارنتها مع مسار الطيران المبرمج مسبقاً. تستخدم النتائج في توليد إشارات لتوجيه المركبة على طول مسار الطيران المخصص ولتشغيل الوظائف الأخرى المبرمجة مسبقاً (مثل تفريغ الحمولة) في الوقت المناسب.

الاستخدامات النموذجية: مع القذائف: تعتبر نظم أجهزة الطيران المدمجة من المعدات المطلوب وجودها في المركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم نظم أجهزة الطيران المدمجة في الطائرات المدنية والعسكرية على حد سواء. **(عند التصنيع):** يتباين حجم وشكل نظم أجهزة الطيران المدمجة بشكل كبير لأنها مصممة وفق أشكال تصميم داخلي مختلفة لمركبات مختلفة.

الشكل ٧٤: نظم أدوات الطيران المتكاملة الملحقة بالهيكل الرئيسي لقذيفة انسيابية. (ليتون لنظم التوجيه والتحكم).

وهي تستفيد من مجموعات مختلفة من النظم الفرعية. يمكن أن يصل طول النظم المصممة للقذائف التسيابية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة الأكبر حجماً إلى ٠,٥ متر في حين يصل وزنها إلى عدة كيلوغرامات (الشكل ٧٤). أما النظم الأخرى المصممة للمركبات الجوية غير المأهولة الأصغر حجماً فيمكن أن تصل أبعادها إلى ٠,٢ متر × ٠,٢ متر × ٠,١ متر أما وزنها فيمكن أن يصل إلى ١ كغ (الشكل ٧٥). حالها كحال نظم توجيه القذائف الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٢.أ.١.د، يتم تعبئة نظم أجهزة الطيران المدمجة الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٩.أ.١ في صناديق معدنية (غالباً من الألمنيوم)، والتي تمتلك عادةً لوحات قابلة للفصل للتحكم بالوصول. وفي بعض الحالات، يمكن توزيع مكونات النظام على طول القذيفة، مع وضع بعض المستشعرات والهوائيات بعيداً عن أجهزة الحاسوب ووحدات القياس التي تعمل بالقصور الذاتي (IMU).

الشكل ٧٥: مجموعة مختارة من نظم الملاحة بالقصور الذاتي (INS) المصممة لتطبيقات المركبات الجوية غير المأهولة. من اليمين: أجهزة التحكم الآلي في الطيران ونظام إدارة المهمة في المركبات الجوية غير المأهولة؛ ونظام INS/GPS متكامل بشكل تام؛ يمتلك جهاز جيروسكوب حالة صلبة متكامل، وأجهزة قياس تسارع، ومقياس شدة المغناطيسية، ومستقبل GPS. (روكويل كولينز)

الشكل (عند التعبئة): بالرغم من أن نظم أجهزة الطيران المدمجة ليست هشةً ومكلفةً مثل بعض منظومات توجيه القذائف التسيارية، إلا أن مواد تعبئتها تكون عادةً أقوى وتحتوي على مادة مجففة ويتم تعبئتها أحياناً في أكياس محكمة الإغلاق لحمايتها من الرطوبة. يتم شحن هذه النظم عادةً في حاويات بسنادات تتضمن بطاقات للإشارة إلى الحاجة للتعامل معها بعناية.

٩.أ.٢ البوصلات الجيروسكوبية الفلكية والأجهزة الأخرى التي تحدد الموقع أو الاتجاه بالاعتماد على رصد آلي للأجرام سماوية أو سواتل، والمكونات المصممة خصيصاً لها.

الطبيعة والغرض: تعد البوصلات الجيروسكوبية الفلكية من المنظومات الدقيقة التي تتضمن معدات بصرية وإلكتروميكانيكية حساسة وتستخدم في مجال الملاحة. فهي توفر تحديثات بشأن الوجهة أثناء الطيران ما يؤدي بالتالي إلى زيادة دقة الملاحة.

طريقة التشغيل: تستخدم هذه الأجهزة مستشعراً بصرياً لرصد نقطة مصادر الضوء عن بعد في وجهة معروفة، عادةً بالاعتماد على النجوم، وأيضاً من خلال الاستفادة من الأقمار الصناعية التي تدور في المدارات المعروفة. حيث يقوم حاسوب التوجيه بمقارنة الوجهة المتوقعة للنجم خلال المسار الحالي مع وجهته الخاضعة للقياس ويقوم بإرسال إشارات إلى نظام التحكم بالطيران لإجراء أية تصحيحات ضرورية في المسار.

فهرس ا
• ل ا
• ر ي ا
• ل ك ة ل ت ح د ة
• ا ي ا ت ل ت ح د ة

الإنتاج العالمي

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم البوصلات الجيروسكوبية الفلكية مع القذائف التي تطير بجزء من مسارها فوق المحيط الجوي.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم البوصلات الجيروسكوبية الفلكية في المسابير الفضائية وفي بعض الطائرات جنباً إلى جنب مع بعض السفن لمساعدتها في الملاحة.

الشكل (عند التصنيع): كان من شأن التحسينات التي شهدتها تكنولوجيا المستشعرات البصرية خفض حجم ووزن هذه المستشعرات، ومن المرجح أن يستمر الحال على هذا المنوال. وبالرغم من الاهتمام الشديد الذي تلقاه البوصلات الجيروسكوبية الفلكية عند التصميم، يتم الاهتمام كذلك بالمستشعرات البصرية، أو التلسكوبات، التي تمتلك جميعها عدسات بصرية، التي يمكن حمايتها بواسطة غالق تلقائي أو باب أفقي. يتم تركيب العديد من التلسكوبات على سنادات جيمبال (أي يتم تركيبها في قفص ارتكاز واحد أو أكثر) وبالتالي يمكن توجيهها تلقائياً لتحديد موقع مرجع بصري. يمكن أن يصل طول الوحدة النموذجية إلى أقل من نصف متر بوزن يقل عن ١٠ كغ. يبين الشكل ٧٦ صورة فوتوغرافية لبوصلة جيروسكوبية فلكية. أما البوصلات التي لا تتضمن سنادات جيمبال فهي تتألف من عدد أقل من المستشعرات البصرية التي تمتلك أسطح تركيب دقيقة، وغالق، وأجهزة دعم إلكترونية. يبلغ حجم الأغلفة المعدنية لهذه البوصلات فقط من ٥ سم إلى ٧ سم من كل جانب، ويصل وزنها إلى ٠,٥ كغ تقريباً.

الشكل ٧٦: بوصلة جيروسكوبية فلكية عالية الدقة. (ليتون أليني ديفيسا).

الشكل (عند التعبئة): نظراً لأن البوصلات الجيروسكوبية الفلكية آلات تتسم بالدقة، يتم تعبئتها عادةً في حاويات شحن تتسم بقوتها، تمنعها من التعرض للتلف بفعل الرطوبة والصدمات الخفيفة. تتضمن حاويات الشحن عادةً بطاقات تحذيرية تشير إلى أنها تحتوي على منظومات معدات بصرية أو كهربائية أو ميكانيكية حساسة باهظة الثمن.

٩.أ.٣ أجهزة قياس التسارع الخطي المصممة للاستخدام في نظم الملاحة بالقصور الذاتي أو في نظم التوجيه بجميع أنواعها والتي يمكن استخدامها في النظم المدرجة في البنود ٩.أ.١.١ أو ٩.أ.١.٢، وتشتمل على الخصائص التالية بالإضافة إلى المكونات المصممة خصيصاً لها:

أ. "تكرارية" "معامل القياس" أقل (أفضل) من ١٢٥٠ جزء في المليون؛ و

ب. "تكرارية" "معامل الانحياز" أقل (أفضل) من ١٢٥٠ ميكرو غ.

ملاحظة:

لا تندرج في البند ٩.أ.٣ أجهزة قياس التسارع المصممة والمطورة خصيصاً لكي تستخدم كمستشعرات قياس أثناء تنفيذ عمليات حفر الآبار العميقة.

ملاحظات تقنية:

١. يعرف "الانحياز" بأنه خرج جهاز قياس التسارع في غياب التسارع.

٢. يعرف "معامل القياس" بأنه نسبة تغير الناتج إلى تغير المُدخل.

٣. يستند قياس "الانحياز" و "معامل القياس" إلى انحراف معياري بقيمة ١ سيغما بالنسبة لمعايير محددة خلال سنة واحدة.

٤. تعرف "التكرارية" حسب معيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات المتعلق بمصطلح أجهزة الاستشعار التي تعمل بالقصور الذاتي الوارد برقم ٢٠٠١-٥٢٨ في الفقرة ٢-٢١٤ من باب التعاريف وهي الفقرة العنوان المتكررة (الجيروسكوب، جهاز قياس التسارع) كما يلي: "هي مدى تقارب القياسات المكررة لنفس التغير في نفس ظروف التشغيل، عندما تتغير القياسات بتغير الظروف أو خلال فترات عدم التشغيل".

الطبيعة والغرض: تعد أجهزة قياس التسارع قطع معدات إلكتروميكانيكية حساسة تستخدم في قياس التسارع، الذي يعرف بأنه نسبة تغيير السرعة في اتجاه محدد. يتم توحيد التسارع في المرة الأولى لتوفير السرعة وفي المرة الثانية لتوفير المسافة المقطوعة من النقطة الأصلية أو نقطة الإطلاق.

تعتمد دقة القذيفة بشكل مباشر على جودة أجهزة قياس التسارع الموجودة في القذيفة وعلى جودة الأجهزة الجيروسكوبية، إذ تتطلب القذائف التي تطير لفترة زمنية طويلة دون تحديثات خارجية وجود مقاييس تسارع عالية الجودة. ويمكن للنظم التي تستخدم نظم استشعار مثل مستشعرات أجهزة استقبال النظام العالمي لسواتل الملاحة، أو مستشعرات نظام التصحيحات النجمية أو مستشعرات نظم الملاحة المعتمدة على التضاريس استخدام مقاييس تسارع أقل جودة (الشكل ٧٧). تأتي معظم التكلفة الباهظة للأجهزة قياس التسارع التي تعمل بالقصور الذاتي عالية الجودة من اختبار المعايرة الموسع الذي يجب تنفيذه على كل وحدة.

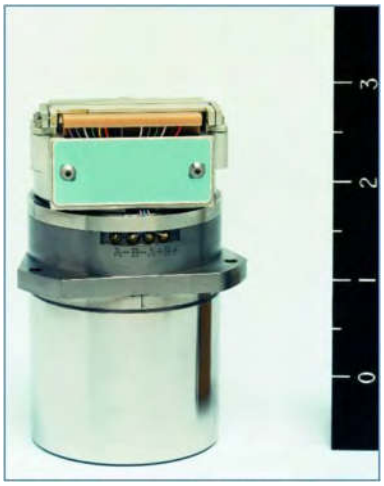
طريقة التشغيل: تقوم أجهزة قياس التسارع باستقبال الطاقة الكهربائية، واستشعار التسارع، وتوفير معلومات

الشكل ٧٧: يستخدم جهاز قياس التسارع هذا في العديد من أجهزة الملاحة المتدلية بالقصور الذاتي. (هوني ويل)

تتعلق بالقياس مثل الإشارة الكهربائية. إذ تتيح المعلومات التي يتم الحصول عليها من أجهزة قياس التسارع، جنباً إلى جنب مع المعلومات التي يتم الحصول عليها بشأن الوقت، ومعدل الجاذبية المحلي، والوجهة، وممكن مقاييس أخرى، تقييم سرعة المركبة، ووجهتها ووضعيتها بواسطة منظومة التوجيه أو نظام أجهزة الطيران المدمجة. من ناحية أخرى، تتوفر العديد من الأنواع المختلفة لأجهزة قياس التسارع، تمتلك كل واحدة منها طريقة التشغيل الخاصة بها.

تفرض العديد من أجهزة قياس التسارع المتدلية (التي يشار إليها عادةً باسم مقاييس تسارع موازنة القوة، أو مقاييس تسارع نسبة القوة إلى الموازنة، أو مقاييس تسارع إعادة موازنة القوة) وزناً صغيراً على المفصلات المرنة التي يتم تدعيمها ضد قوى الجاذبية والتسارع بفعل حقل مغناطيسي. يوجد العديد من الاختلافات في تصميم هذه المقاييس، إلا أن مبادئ عملها متشابهة إلى حد كبير. يقوم المغناطيس الكهربائي بالاحتفاظ بالوزن الصغير في وضعية الصفر. ومع تغيير التسارع، يتغير الوزن، لذلك تقوم مجموعة دوائر التحكم بتغيير التيار في المغناطيس الكهربائي لإعادة الوزن إلى وضعية الصفر. ويكون مقدار التيار المطلوب لإحداث عملية إعادة الوضعية، أو إعادة الوزن هذه متناسباً مع التسارع.

هنالك نوع من أجهزة قياس التسارع شائع الاستخدام في نظم الملاحة والتوجيه ويعرف باسم جهاز قياس التسارع كيو-فليكس (كوارتز فليكتشر). وهو عبارة عن مقياس تسارع مثبت بمُفصلة مؤلفة من قطعة واحدة وهيكل متدلي مصنوع من الكوارتز المصهور، وهو مادة مستقرة للغاية وغير موصلة. حيث يقوم التسارع المطبق بإنتاج عزم دوران في منظومة الكتلة الثابتة المصنوعة من حجر الكوارتز. كما ينتج عن الانزياح الذي يقوم جهاز الكشف باستشعاره جهداً كهربائياً خارجاً تناسبياً. يتم تضخيم هذا الجهد الخارج وتلطيفه، ثم تتم تغذيته إلى وشيعة التسارع المثبتة على الكتلة الثابتة. بينما يقوم التيار الذي يمر من الوشيعة، في الحقل المغناطيسي الدائم، بتطوير عزم إرجاع متساوي وعاكس للتسارع المطبق. ثم يمر نفس التيار عبر مقاوم هد خارجي مولداً جهداً كهربائياً خارجاً يتناسب مع العزم المطبق.



الشكل ٧٨: جهاز قياس تسارع جيروسكوبي متكاملة متدلية بنطاق قريب من البوصة (ذا تشارلز ستارك درابر لابوراتوريز انك).

ويمكن استخدام جيروسكوب ذو كتلة دوارة مع كتلة غير متوازنة تتم إضافتها على طول محور دورانه كمقياس تسارع. يقوم الجيروسكوب الذي يدور حول محور الارتكاز بالدوران حول محور دورانه بخط عامودي بمعدل يتناسب مع التسارع بما في ذلك الجاذبية. تعمل كمية هذه الدورات كعامل تكامل ميكانيكي للتسارع لتوفير تيار خارج يتناسب مع السرعة أكثر من التسارع. تعرف هذه الأنواع من أجهزة قياس التسارع باسم أجهزة قياس التسارع الجيروسكوبية المتكاملة المتدلية (PIGAS) (الشكل ٧٨). يمكن أن تكون أجهزة قياس التسارع الجيروسكوبية المتكاملة المتدلية مكلفة للغاية وقد تم استخدامها في بعض نظم القذائف التسيارية الأكثر دقة.

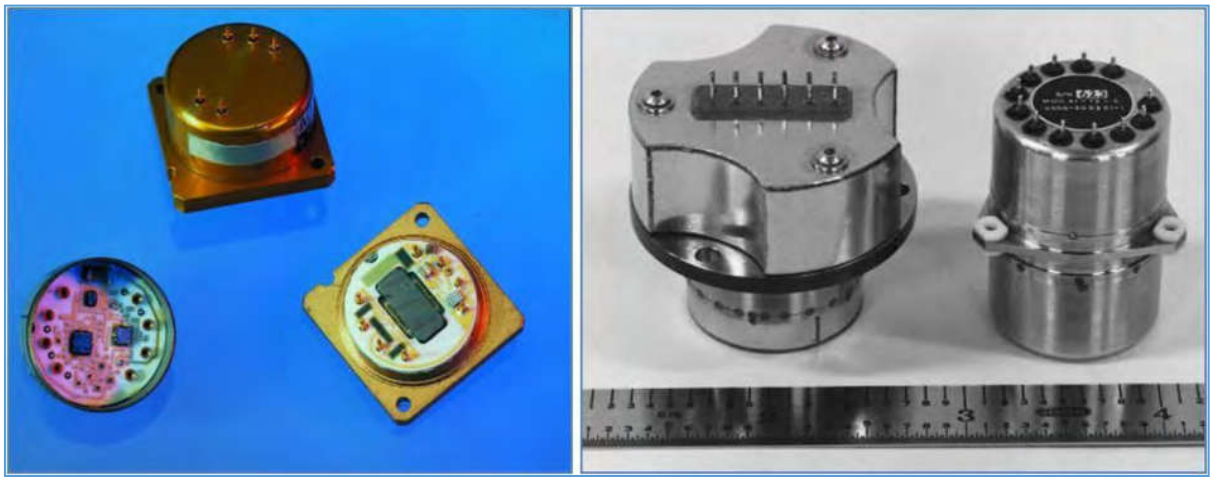
هنالك تصاميم أخرى لأجهزة قياس التسارع مثل أجهزة قياس التسارع ذات العنصر الاهتزازي الذي يقوم بتغيير شدة وتردد العنصر الاهتزازي. أما أجهزة قياس التسارع التي تكون على شكل شريحة فتستخدم جزءاً مرناً من شبه موصل الدارة الدقيقة

لتغيير المقاومة الكهربائية وإنتاج جهد كهربائي خارج (الشكل ٧٩). تعتبر أجهزة قياس التسارع من هذا النوع بالحد الأدنى من نطاق الأداء، إلا أن جهود التصميم ستتواصل بهدف خفض التكلفة الكبيرة. كما أن بعض أجهزة قياس التسارع المستخدمة حالياً في وحدات القياس بالقصور الذاتي تتطلب درجة دقة منخفضة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم أجهزة قياس التسارع في منظومات توجيه القذائف أو في نظم أجهزة الطيران المدمجة. عادةً يتم تركيب ثلاثة مقاييس تسارع متدلية مع بعضها البعض لوفير جميع معلومات قياس التسارع الضرورية للملاحة بالقصور الذاتي. يمكن تركيب هذه المقاييس في هيكل جيمبال (أنظر البند ٢.أ.١.د)، ويتم تركيبها في كرة عائمة، أو يمكن تثبيتها (ربطها) على إطار القذيفة. ولدى وجود أجهزة جيروسكوبية معها، تشكل معاً وحدة قياس قصور ذاتي أو منظومة استشعار قصور ذاتي (ISA). تبعاً لمتطلبات القذيفة، يمكن أن تعمل بعض نظم المركبات الجوية غير المأهولة وبعض القذائف التسيابية بواسطة مقياسا تسارع.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم أجهزة قياس التسارع في كل من الطائرات المدنية والعسكرية والنظم الفضائية، وفي تنفيذ اختبارات إجهاد حفر آبار النفط، وفي أجهزة الملاحة التي تعمل بالقصور الذاتي وفي مركبات أرضية أخرى، وأيضاً في المعدات الكهربائية، ومقاييس الجاذبية، وفي تصميم الروبوتات، وفي الهواتف النقالة، وفي الجولات الكرنفالية (السكك الحديدية في الملاهي). إلا أن معظم هذه الاستخدامات لا تتطلب متانة عالية ودقة معايرة عالية لأجهزة قياس التسارع التي تعمل بالقصور الذاتي.

الشكل (عند التصنيع): تتباين أشكال أجهزة قياس التسارع كثيراً، بسبب وجود العديد من تصاميمها. تتخذ المقاييس عادةً الشكل الأسطواني، والمعدني، وأيضاً شكل الآلات الدقيقة اللامعة. بالنسبة لأجهزة قياس التسارع المستخدمة في القذائف التسيارية، فإن طولها يبلغ عدة سنتمترات ويمكن ان يصل وزنها إلى سبعة كيلوغرامات. بالمقابل، فإن هذه المقاييس المستخدمة في المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف التسيارية، فهي أصغر حجماً وأقل وزناً، ويمكن أن يصل طولها إلى بضعة سنتمترات فقط من كل جانب ووزنها يكون أقل من كيلوغرام واحد. تمتلك العديد من أجهزة قياس التسارع مثار الاهتمام في نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف توصيلات كهربائية وأسطح تركيب دقيقة عالية الجودة من أجل تحقيق ضبط دقيق لها. فالعديد من أجهزة قياس التسارع تكون مغلقة بإحكام من مصنعها، ولا يتم عادةً تفكيكها أو فتحها من قبل العميل لاستخدامها. كما ينبغي أن يكون الطراز والرقم التسلسلي واضحين على الهيكل الخارجي لجهاز قياس التسارع والتي ينبغي أن تظهر أيضاً على الوثائق المرافقة له، والتي تتضمن معلومات حول دقته.



الشكل ٧٩: على اليسار: مقياس تسارع ذو دارة متكاملة. (إيتون سيكستان لأفيونيكس). على اليمين: مقاييس تسارع إعادة موازنة القوة عدد ٢ يمكن دمجها مع أي من قدرات الأداء واسعة النطاق. (لوكهيد مارتن فيديرال سيستمز).

ويعتبر من الصعوبة بمكان تمييز أجهزة قياس التسارع الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف عن غيرها بواسطة معاينة بصرية بسيطة لأنه بالرغم من أن الموديلات المختلفة لأجهزة قياس التسارع لها قدرات أداء مختلفة، إلا أنها تبدو بشكل متشابه. كما يمكن الحصول على المعلومات ذات العلاقة التي تميز كل موديل وأرقامها التسلسلية من الوثيقة المرافقة (تسمى عادةً صفحة المعايرة أو بيانات المعايرة)، بما في ذلك عتبة الجانبية والأخطاء الخطية. وتعد الاختبارات الشاملة المطلوب تنفيذها لجمع البيانات الخاصة بالمعايرة من أهم عوامل الوصول إلى الدقة الكافية لجهاز قياس التسارع المستخدم في منظومات توجيه القذائف المتطورة. لذلك، تعتبر التفاصيل وبيانات التعيير ونمذجة الخطأ المرافقة لكل مقياس تسارع من أهم المؤشرات الخاصة بتحديد استخدام جهاز قياس التسارع في القذيفة ذات العلاقة.

الشكل (عند التعبئة): نظراً لتصميمها لتكون حساسةً تجاه التسارع والدقة، تعتبر أجهزة قياس التسارع عرضةً للتلف بسبب أي حوادث تصادم بسيطة نسبياً. تتم عادةً حمايتها من الصدمات المادية من خلال تعبئتها في طرود صغيرة الحجم عالية الجودة تتضمن بطانة سميكة تحتوي على رغوة على أطرافها كما هو الحال عند تعبئة الساعات الجيبية الدقيقة. وعند الشحن، تتم تعبئة واحد أو أكثر من هذه الصناديق الخاصة في صندوق آخر أو حاوية أخرى تتضمن أحد أنواع البطانات المزودة بسنادات. كما يتم إرفاق الوثيقة التي تتعلق بدقة كل موديل ورقمه التسلسلي في الطرد الخاص به.

3.أ.7 جميع أنواع أجهزة قياس التسارع المستخدمة في النظم المدرجة في البنود 4.أ أو 4.أ.47 أو 2.أ.47 والتي يتميز بها معدل انحراف "عشوائي للقياسات" يقل عن 7.7 درجة (4 غرام أو أقل) في الساعة في أي محور قياس في أي من نطاقات التسارع الخطي التي تتعادل 4 غ، لفترة زمنية لا تقل عن 3 دقائق.

الملاحظات التفسيرية:

1. يعرف "معدل الانحراف العشوائي" بأنه مكون من مكونات تدهور أجهزة قياس التسارع والتوجيه عن الدوران المقاس، ويعبر عنه كمعدل زاوي (حسب المعيار IEEE 2774-727 المعدل في الفقرة 2-70).
2. يعرف "الثبات الأولي" بأنه مدى قياسي لقدرة أداة معينة أو معامل أداء معين على البقاء دون تغير عندما يتم إخضاع مصدره لظروف تشغيلية ثابتة (ولا يشمل هذا التعريف الثبات الداخلي أو ثبات المعززات) (حسب المعيار IEEE 2774-727 المعدل في الفقرة 2-230).

الطبيعة والغرض: تعد الجيروسكوبات قطع معدات إلكتروميكانيكية أو إلكتروبصرية حساسة تستخدم في قياس الدوران حول محور حساس أو أكثر. يتم تركيب الجيروسكوبات عادةً مع أجهزة قياس التسارع في منظومة التوجيه أو في نظام أجهزة الطيران المدمجة. فهي تقوم بقياس أي تغيير يطرأ على الاتجاه الزاوي لأجهزة قياس التسارع بحيث تصبح قياسات اتجاه جهاز قياس التسارع معروفة. يعد ثبات نسبة الانحراف من أحد أهم معايير الأداء، والذي يتم قياسه عادةً بمقدار أجزاء صغيرة من الدرجة بالساعة. يحدد هذا الأمر مدى سرعة خسارة الجيروسكوب للمعلومات المتعلقة باتجاهه. بالنسبة للجيروسكوبات المستخدمة في نظم التوجيه المثبتة، يعد ثبات معامل القياس – وهو المعامل المتعلق في قياس نسبة أو زاوية الدوران التي يتم استشعارها إلى جانب إشارة خرج الجيروسكوب– أمراً على قدرٍ كبيرٍ ممن الأهمية.

- النمسا
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- الهند
- إيطاليا
- إسرائيل
- كوريا الجنوبية
- النرويج
- روسيا
- السويد
- سويسرا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

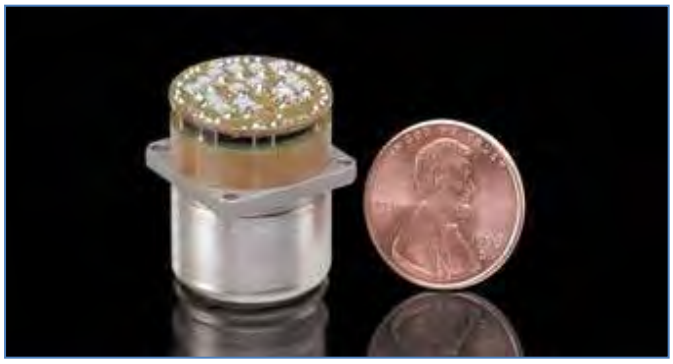
الإنتاج العالمي

تعتمد دقة القذيفة بشكل مباشر على جودة أجهزة قياس التسارع الموجودة في القذيفة وعلى جودة الأجهزة الجيروسكوبية، إذ تتطلب القذائف التي تطير لفترة زمنية طويلة دون تحديثات خارجية وجود مقاييس تسارع عالية الجودة. ويمكن للقذائف التي تستخدم نظم استشعار مثل مستشعرات أجهزة استقبال النظام العالمي لسوائل الملاحة، أو مستشعرات نظام التصحيحات النجمية أو مستشعرات نظم الملاحة المعتمدة على التضاريس استخدام مقاييس تسارع أقل جودة. تأتي معظم التكلفة الباهظة لأجهزة قياس التسارع التي تعمل بالقصور الذاتي عالية الجودة من اختبار المعايرة الموسع الذي يجب تنفيذه على كل وحدة.

طريقة التشغيل: تستشعر الجيروسكوبات التغييرات الزاوية (التغييرات في الاتجاه) وتوفر معلومات قياس، على شكل إشارة كهربائية. تتيح معلومات الاتجاه التي يوفرها الجيروسكوب، جنباً إلى جنب مع المعلومات التي يتم الحصول عليها بشأن الوقت، ومعدل الجاذبية المحلي، والوجهة، وممكن مقاييس أخرى، تقييم سرعة المركبة، ووجهتها ووضعيتها بواسطة منظومة التوجيه أو نظام أجهزة الطيران المدمجة. من ناحية أخرى، تتوفر العديد من الأنواع المختلفة للجيروسكوبات، تمتلك كل واحدة منها طريقة التشغيل الخاصة بها. تستخدم معظم القذائف الموجهة التي تعمل بالقصور الذاتي إما جيروسكوب ذو كتلة دوارة أو جيروسكوب إلكتروبصري.

يمتلك الجيروسكوب ذو الكتلة الدوارة قرصاً دواراً ويعمل وفق المبدأ الجيروسكوبي والذي بموجبه يتم توليد عزم دوران تناسبي قابل للقياس بخط عمودي تجاه التشويش الزاوي. هنالك نوعين شائعين من الجيروسكوبات ذات الكتلة الدوارة. الأول الجيروسكوب ذو درجة حرية واحدة (SDF) الذي يستشعر الدوران حول محور واحد فقط، والجيروسكوب ذو درجة حرية ثنائية (TDF) الذي يستشعر الدوران حول محورين. ونظراً لأن نظم توجيه القذائف تتطلب عادةً معرفة اتجاه جميع المحاور الثلاثة، فإنها تتصلب وجود الجيروسكوب ذو درجة حرية واحدة عدد ثلاثة، والجيروسكوب ذو درجة حرية ثنائية عدد ٢ فقط (يكون محور واحد فائض عن الحاجة).

يتم تعليق الكتلة الدوارة للجيروسكوب ذو درجة حرية واحدة على محور التعامد داخل الأسطوانة تطفو داخل أسطوانة أخرى أكبر بقليل منها مثبتة على منصة التوجيه. هنالك العديد من التصاميم التي تكون فيها الأسطوانة الداخلية طافيةً في سائل في حين في تصاميم أخرى يتم تعليقها داخل غاز متدفق. تكون دورات الأسطوانة التي تطفو داخل أسطوانة متعلقة بتغييرات مدخلات الاتجاه بفعل التأثير الجيروسكوبي للكتلة الدوارة. كما يتم الحصول على قياس هذه الدورات أو قياس القوة المطلوبة لمنع هذه الدورات فيكون بواسطة خرج الجيروسكوب ذو درجة حرية واحدة.



الشكل ٨٠: هذا الجيروسكوب المضبوط ديناميكياً يستخدم في مجموعة من التطبيقات العسكرية، بما فيها وحدات القياس بالقصور الذاتي ونظم توجيه القذائف التكتيكية. (نورثروب غرومان)

بالنسبة للجيروسكوب ذو درجة الحرية الثنائية هنالك نوع شائع جداً منه وهو الجيروسكوب المضبوط ديناميكياً (DTG) (الشكل ٨٠). لا تستخدم هذه الأنواع سائل طفو لذلك يشار إليها في بعض الأحيان باسم الجيروسكوبات المضبوطة "الجافة". يتم تعليق الكتلة الدوارة للجيروسكوب المضبوط ديناميكياً على منظومة مفصلات مرنة مثبتة على جيمبال، والتي تتكون بشكل أساسي من مفصل عام فائق الدقة. يتم ضبط منظومة المفصلات المعقدة بحيث يتم إلغاء عزم دوراتها الخاص بتصحيح الخطأ بسرعة محددة، تتجاوز عادةً ١٠٠٠٠ دورة في الدقيقة. يحتاج الجيروسكوب المضبوط ديناميكياً إلى تنظيم السرعة بشكل جيد جداً للعمل بشكل موثوق أثناء عملية الضبط التي تتم خلال الدورة في الدقيقة. تتألف الأنواع الأقدم من الجيروسكوب المضبوط ديناميكياً من سلسلة من الجيمبالات الميكانيكية التي تقوم بعزل جهاز الدوران عن الغلاف. يتم استخدام الموضع الزاوي للكتلة الدوارة من حيث الغلاف لقياس التغييرات الحاصلة في اتجاه المنصة.

تولد الجيروسكوبات الإلكتروبصرية أشعة ليزر عكس اتجاه الدوران حول مسارٍ مغلق لتشكيل نمط متداخل يستشعره جهاز الكشف. وعندما يحدث الدوران حول محور ما ولا يصل إلى مستوى دورة كاملة، يقوم الفرق في الأطوال الفعالة للمسارات ذات العلاقة بإحداث تغيير نسبي في النمط المتداخل. هذا التغيير (المعروف باسم تأثير سانياك) يتم ملاحظته بواسطة جهاز الكشف، الذي يقوم بدوره بإرسال خرج يتناسب مع دوران الجيروسكوب.

هنالك نوعان شائعان من الجيروسكوبات البصرية، الأول جيروسكوب الليزر الحلقي (RLG) وجيروسكوب الألياف البصرية (FOG)، يوجد اختلافات متعددة بينهما. يقوم جيروسكوب الليزر الحلقي بتوليد أشعة ليزر عكس اتجاه الدوران داخل أنابيب الغاز التي تكون على هيئة تجاويف يتم تهيئتها في مسار مضلع مغلق، ويكون غالباص على شكل مستطيل، وفي بعض الأحيان يكون له أربع أو خمس جوانب. تتم صناعة التجاويف من الزجاج مع نسبة تمدد حراري قريبة من الصفر للحصول على دقة أعلى. أما جيروسكوب الألياف البصرية فيستخدم بكرات أطول من الألياف البصرية قادرة على حمل الأشعة التي تكون عكس اتجاه الدوران.

هنالك فرق جوهري بين جيروسكوب الليزر الحلقي وجيروسكوب الألياف البصرية وهو أن بكرة كبل الألياف البصرية يمنح جيروسكوب الألياف البصرية مسار بصري أطول، والذي يؤدي إلى الحصول على دقة أفضل، من الناحية النظرية على الأقل. ومع ذلك، يقابل هذا التحسُن يقابله عيوب في كابلات الألياف البصرية وواجهات الكابلات.

يتم تصميم جيروسكوب الألياف البصرية على أساس أنه جيروسكوب أحادي المحور لذلك تحتاج معظم القذائف التي تستخدمه ثلاثة جيروسكوبات لتتبع مسار الدورات حول جميع المحاور الثلاثة، وهو ما ينطبق على جيروسكوبات الليزر الحلقية أحادية الحلقة. في بعض الأحيان يتم استخدام جيروسكوبات الليزر الحلقية التي تحتوي على ثلاثة حلقات أو أكثر ضمن كتلة زجاجية واحدة، وتكون منظومة التوجيه بحاجة لوحدة واحدة منها فقط.

هنالك أنواع أخرى من الجيروسكوبات منها جيروسكوبات الرنين نصف الكروية، والتي تقوم بإنشاء ومراقبة موجة ذبذبة دائمة في فنجان نصف كروي (يشبه إلى حد ما كأس نبيذ زجاجي صغير). هنالك أيضاً تصاميم أخرى مثل أشواك الضبط الصغيرة التي تعمل بطريقة تتطلب وجود تأثير كوريوليس. من ناحيةٍ أخرى، تتم مراقبة أي جيروسكوب قادر على الوفاء بمواصفات الأداء المحددة في نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بصرف النظر عن طريقة تشغيله.

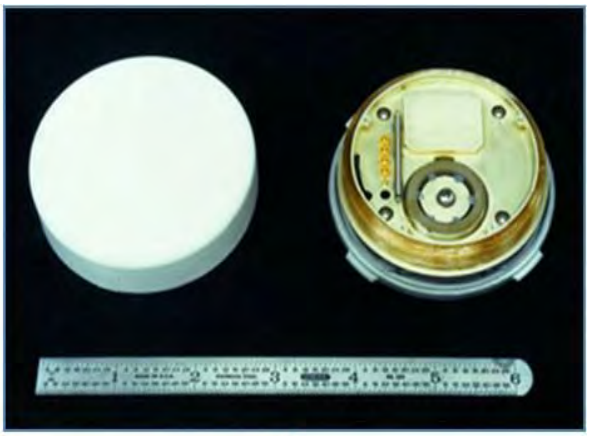
الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم الجيروسكوبات في منظومات توجيه القذائف أو في نظم أجهزة الطيران المدمجة لاستشعار التغييرات التي تطرأ على اتجاه جهاز قياس التسارع. هنالك بعض التصاميم التي تتطلب تركيب جيروسكوبان أو ثلاثة أو أربعة يتم تركيبها مع بعضها البعض باتجاه عمودي لتوفير معلومات قياس زاوي لجميع المحاور الثلاثة. يمكن تركيب هذه الجيروسكوبات في هيكل جيمبال (أنظر البند ٢.أ.١.د)، ويتم تركيبها في كرة عائمة، أو يمكن تثبيتها على كتلة يتم تركيبها بدورها على إطار القنيفة. ولدى وجود مقاييس تسارع معها، تشكل معاً وحدة قياس قصور ذاتي أو منظومة استشعار قصور ذاتي.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم الجيروسكوبات في منظومات التوجيه غير الصاروخية، وفي نظم أجهزة الطيران المدمجة، والمثبتات الجيروسكوبية، واجهزة التحكم الآلي في الطيران، وفي معدات الملاحة. وتستخدم كذلك في تطبيقات عسكرية مثل المدفعية، والخزانات، والسفن، والطائرات. أما تطبيقاتها التجارية فتتضمن السفن، والطائرات، والتنقيب عن النفط. وفي معظم التطبيقات غير الصاروخية، يمكن أن تكون الجيروسكوبات أصغر حجماً، وأقل تكلفةً، وأقل تعقيداً لأن بيئات التشغيل ومتطلبات الدقة فيها تكون أقل تطلباً.

الشكل ٨١: جيروسكوب ذو هيكل هزاز (بريتيش إيروسبيس ليمتد).

الشكل ٨٢: جيروسكوب مضبوط ديناميكياً (DTG). (ذا تشارليز ستارك درابر لابوراتوريز انك)

الشكل ٨٣: جيروسكوب ألياف بصرية (FOG) على اليسار، جيروسكوب الليزر الحلقي (في الوسط)، ومقياس تسارع (على اليمين). (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)



الشكل ٨٤: من أعلى اليسار: ثلاثة جيروسكوبات ليزر الحلقية مكشوفة دون أجهزتها الإلكترونية المرافقة. (هوني ويل). من أعلى اليمين: جيروسكوب ألياف بصرية وقسمه الأعلى منزوع. (هوني ويل) من الأسفل: جيروسكوب استشعار النسبة يعمل بالألياف البصرية. بأبعاد ٢ سم × ٦,٥ سم × ٨ سم. (ليتف)

الشكل (عند التصنيع): يتراوح قطر الجيروسكوب ذو درجة حرية واحدة (SDF) من ٥ سم إلى ٨ سم ويتراوح طوله من ٨ سم إلى ١٢ سم، ويصل وزنه إلى ١ كغ. أما الجيروسكوب المضبوط ديناميكياً (DTG) فيتخذ شكلاً أسطوانياً ويتراوح قطره من ٤ سم إلى ٦ سم ويتراوح طوله من ٤ سم إلى ٦ سم، ويبلغ وزنه عادةً أقل من ١ كغ. تعتبر الأنواع الأقدم من الجيروسكوبات أضخم نوعاً ما، إذ تبلغ تقريباً ضعفي حجم الأنواع الأحدث ويصل وزنها إلى عدة كيلوغرامات. أما الجيروسكوبات المستخدمة في المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف الانسيابية، فتكون أصغر حجماً وأخف وزناً، وربما يصل وزنها إلى عشرات الغرامات فقط.

الشكل ٨٥: وحدة قياس بالقصور الذاتي تكتيكية عبارة عن مستشعر حركة جيروسكوبي عالي الأداء من الألياف البصرية يستخدم في نظم المركبات الجوية غير المأهولة ونظم الملاحة. (كيه في اتش)

تمتاز العديد من الجيروسكوبات الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بأسطح تركيبها الدقيقة ودقة محاذاتها وأيضاً بتوصيلاتها الكهربائية عالية الدقة. ونظراً لوجود العديد من التصاميم، يمكن أن يختلف شكل الجيروسكوب كثيراً. يتخذ الجيروسكوب ذو الكتلة الدوارة عادةً شكلاً أسطوانياً معدنياً ويكون ثقيلاً تبعاً لحجمه. كما يتسم بأنه مصقول بفعل الآلات الدقيقة المستخدمة لتصنيعه.

تبدو الجيروسكوبات البصرية الفردية على شكل حشوة ويتم تركيبها على صندوق محكم الإغلاق جانبي منخفض. أما جيروسكوب الليزر الحلقي ثلاثي الحلقات فيبدو على شكل مكعب ويبغ طوله من ٤ سم إلى ١٠ سم من كل جانب. ويبلغ وزنه من عدة أجزاء من الكيلوغرام حتى أكثر من ١ كيلوغرام. في حين تشبه التصاميم أحادية المحور الأسطوانات وتتجاوز أقطارها ٢٠ سم. يبلغ قطر بعض تصاميم جيروسكوب الألياف البصرية من ٢ سم إلى ٤ سم فقط، ويتضمن أليافاً يصل طولها إلى مئات الأمتار أما وزنها فيبلغ عدة أجزاء من الكيلوغرام.

هنالك تطابق في شكل الجيروسكوبات الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف وتلك غير الخاضعة للمراقبة بموجب النظام. كما يمكن الحصول على المعلومات ذات العلاقة التي تميز كل موديل وأرقامها التسلسلية من الوثيقة المرافقة (تسمى عادةً صفحة المعايرة أو بيانات المعايرة)، بما في ذلك ثبات نسبة الانحراف. وكما هو الحال مع أجهزة قياس التسارع، تعد الاختبارات الشاملة المطلوب تنفيذها لجمع البيانات الخاصة بالمعايرة من أهم عوامل الوصول إلى الدقة الكافية للجيروسكوب المستخدم في منظومات توجيه القذائف المتطورة. لذلك، تعتبر التفاصيل وبيانات التعيير ونمذجة الخطأ المرافقة لكل مقياس جيروسكوب من أهم المؤشرات الخاصة بتحديد استخدام الجيروسكوب في القذيفة ذات العلاقة. تتضمن بيانات المعايرة عادةً الرقم التسلسلي المذكور على الجيروسكوب.

الشكل (عند التعبئة): يعتبر الجيروسكوب ذو الكتلة الدوارة عرضةً للتلف بسبب أي حوادث تصادم، إلا أن الجيروسكوبات البصرية صلبة بما يكفي. تتم تعبئة الجيروسكوب ذو الكتلة الدوارة في حاويات ذات سنادات عالية الجودة. في حين لا تحتاج الجيروسكوبات البصرية الكثير من مواد الإسناد في الطرد، إلا أنها لا تزال ممكنة الشحن بواسطة طرود عالية الجودة مثل تلك المستخدمة في شحن المعدات والمستشعرات الإلكترونية باهظة الثمن.

٩.أ.٥أجهزة قياس التسارع أو الجيروسكوبات من أي نوع المصممة للاستخدام في منظومات الملاحة بالقصور الذاتي أو في نظم الملاحة بجميع أنواعها، والمصممة للعمل في مستويات تسارع تفوق ١٠٠ غ، والمكونات المصممة خصيصاً لها.

ملاحظة:

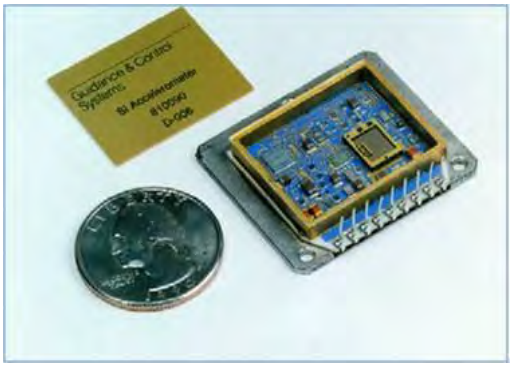
لا يشمل البند ٩.أ.٥ أجهزة قياس التسارع المصممة لقياس الاهتزاز أو الصدمات.

الطبيعة والغرض: تتدرج أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات المخصصة للعمل في مستويات تسارع تزيد عن ١٠٠ غ ضمن فئة أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات الخاصة، وهي الفئة التي تشمل أيضاً تلك المحددة في البند ٩.أ.٣ و٩.أ.٤ على التوالي. تنتج هذه الأجهزة إشارات متواصلة ضمن مداها المحدد وهي مصممة للعمل في مستويات تسارع شديدة تزيد عن ١٠٠ غ. تتم مراقبة جميع الأدوات التي تتدرج تحت هذا البند بصرف النظر عن مواصفات الأداء الخاصة بها. فالغرض منها توفير بيانات للأدوات التي تعمل بالقصور الذاتي في مستويات تسارع شديدة مثل تلك المستخدمة في المركبات العائدة خلال تفادي الدفاعات وخلال تباطؤ السرعة أثناء العودة. يمكن استخدام هذه الأدوات أيضاً كجزء من نظام إشعال الفتيل. لا يوجد مواصفات تتعلق بالدقة نظراً لإمكانية استخدام الأدوات التي تمتاز بدقة منخفضة كبيرة بسبب فترة تشغيلها القصيرة نسبياً.

طريقة التشغيل: تتشابه هذه الأدوات التي تعمل بالقصور الذاتي في طريقة تشغيلها مع تلك المشمولة في البنود ٩.أ.٣ و٩.أ.٤ إلى حد كبير، إلا أنها متينة وتمتلك مدى تشغيلي أكبر (يزيد عن ١٠٠ غ).

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يمكن استخدام أجهزة قياس التسارع هذه كصمامات في المركبات العائدة. تستخدم أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات ذات الخرج المستمر في منظومات التوجيه التي تشرف على عملية المناورة في المركبة العائدة لدى تفاديها الدفاعات أو في توجيهها نحو الهدف النهائي. وتعد أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات دقيقة بما يكفي وربما تكون مصلدة ضد الإشعاعات. فضلاً عن ذلك، تستخدم أجهزة قياس التسارع ذات الخرج المستمر والتي تصنف بأنها تعمل في مستويات تفوق ١٠٠ غ في آليات إشعال الفتيل والإطلاق في القذائف التسيابية التي تمتلك رؤوس حربية مخصصة للاختراق.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام تستخدم أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات ذات الخرج المستمر والتي تعمل في مستويات تفوق ١٠٠ غ في تصنيع المخاثر الموجهة مثل قذائف المدفعية. أيضاً تستخدم أجهزة قياس التسارع هذه في مخابر اختبارات الجاذبية العالية التي تتطلب خرجاً مستمراً.



الشكل ٨٦: جهاز تسارع مدمج الدارة يعمل بمستويات تفوق ١٠٠ غ . (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

الشكل (عند التصنيع): تشبه أجهزة قياس التسارع في شكلها الأجهزة المشمولة في البند ٣.أ.٩ (الشكل ٨٦). على نحوٍ مشابه، تشبه الجيروسكوبات المصممة للعمل في مستويات تسارع شديدة تزيد عن ١٠٠ غ بشكل افتراضي في شكلها الأجهزة المشمولة في البند ٤.أ.٩. تبدو جميعها بشكل أسطواني أو على شكل حشوة عادةً وتتضمن شفاه تثبيت وتوصيلات كهربائية عالية الدقة. ونظراً لأن الأدوات الأصغر حجماً تتحمل المزيد من الجانبية، فهي تكون أصغر حجماً من جميع أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات الأخرى. كما أن هنالك أيضاً أجهزة قياس تسارع الجانبية العالية تكون مدمجةً مع عناصر الدائرة.

الشكل (عند التعبئة): بسبب طبيعتها الصلبة، لا تحتاج هذه الأدوات تعاملاً خاصاً معها. ويتم شحنها حالها حال مكونات الأجهزة الصغيرة. فضلاً عن ذلك، تتضمن مواد تعبئة هذه المواد الوثائق التي تتعلق بمدى تشغيل الجانبية الخاص بكل موديل والأرقام التسلسلية لها.

٧.أ.٥ "معدات أو نظم قياس التتبع بالقصور الذاتي" المحددة في البند ٧.أ.٣ أو ٧.أ.٤ أو ٧.أ.٦، أو المعدات الموجهة في البند ٧.أ.٣ أو ٧.أ.٦، والمكونات المصممة خصيصاً لها.

ملاحظة:

يشمل البند ٧.أ.٥ ما يلي:

أ- النظم المرجعية للوضع والاتجاه؛

ب- الموصلات الجيروسكوبية

ج- وحدات القياس بالقصور الذاتي؛

د- نظم الملاحة بالقصور الذاتي؛

ه- النظم المرجعية التي تتبع بالقصور الذاتي؛

و- الوحدات المرجعية التي تتبع بالقصور الذاتي.

ملاحظة فنية:

تشمل "معدات أو نظم قياس التتبع بالقصور الذاتي" المدرجة في البند ٧.أ.٥، أجهزة قياس التسارع أو الجيروسكوبات القياسية التي تعرض بيانات الوجهة أو الوضع أو الاتجاه دون الحاجة إلى مرجع خارجي بعد معايرتها الأولية.

الطبيعة والغرض: يضمن هذا البند من نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بقاء أي من أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات الخاضعة للمراقبة في البند ٩ خاضعة للمراقبة عندما تكون من ضمن مكونات منظومة أكبر تستخدم في الملاحة وفي تعيين الاتجاه. من بين الأمثلة على هذه المنظومات وحدات القياس بالقصور الذاتي ومنظومات التوجيه الكاملة غير الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٩.أ.١.د.٢. وتخضع أي من وحدات أو نظم القياس بالقصور الذاتي للمراقبة على أنها مواد من الفئة الثانية بموجب هذا البند في حال تضمنت واحداً أو أكثر من المواد المشمولة في البنود ٩.أ.٣، ٩.أ.٤ أو ٩.أ.٥.

الاستخدامات المتأتية مع القذائف: تستخدم هذه المعدات في منظومات التوجيه ونظم أجهزة الطيران المدمجة للقذائف التسيارية والمركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف الانسيابية، وفق ما هو مبين في البنود ٩.أ.١.د.٢ و ٩.أ.١.

الاستخدامات الأخرى: يمكن كذلك استخدام هذه المعدات في منظومات التوجيه ونظم الملاحة في مجالات عدة مثل الطيران في الفضاء، والملاحة، وإعداد خرائط الجاذبية، والملاحة فوق المحيطات، والملاحة الأرضية وكذلك في مجال حفر الآبار.

الشكل (عند التصنيع): يتنوع شكل المعدات التي تعمل بالقصور الذاتي أو غيرها من المعدات التي تستخدم أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات على نحوٍ كبير. يمكن تصميم وحدات القياس بالقصور الذاتي ليتم تركيبها بشكل ثابت بشكل متدلي. يمكن أيضاً للمعدات التي تستخدم أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات أن تستفيد من المستشعرات البصرية الأخرى، ومن أجهزة استقبال النظام العالمي لسواتل الملاحة، ووحدات الرادار، والمستشعرات الأفقية، وأجهزة الحاسوب والبرمجية، وغيرها من المواد، تبعاً للتطبيق المحدد. تمتلك المعدات توصيلات كهربائية وأسطح تثبيت، ويمكن أن تمتلك أيضاً لوحات وصول قابلة للفصل بهدف استبدال أجهزة قياس التسارع، أو الجيروسكوبات، أو غيرها من العناصر الفرعية.

الدول المصنعة

- فرنسا
- ألمانيا
- الهند
- إيطاليا
- بلجيكا
- النرويج
- إسبانيا
- روسيا
- سويسرا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

يتنوع حجم ووزن هذه المعدات تبعاً للتطبيق. أما وحدات القصور الذاتي المبينة في الشكل ٨٨ فيبلغ طولها ٨ سم وقطرها ٨,٥ سم وتزن ٧٥٠ غ.

الشكل (عند التعبئة): نظراً لأن أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات حساسة بطبعها، يتم تعبئتها عادةً في حاويات شحن تتسم بقوتها تمتلك سنادات ومادة عازلة تمنعها من التعرض للتلف بفعل الرطوبة والصدمات الخفيفة. يتم تصنيع هذه الحاويات من الخشب، أو المعدن، أو البلاستيك وتتضمن رغوة. تتضمن حاويات الشحن عادةً بطاقات تحذيرية تشير إلى أنها تحتوي على منظومات معدات أو كهربائية أو ميكانيكية حساسة باهظة الثمن.

الشكل 78: وحدة قياس بالقصور الذاتي (IMU) تستفيد من جيروسكوب الألياف البصرية الذي يعمل بالقصور الذاتي (FOGs) إلى جانب اجهزة قياس تسارع آلية مصغرة وتستخدم في الثبات في الفضاء، وفي توجيه القذائف، وفي توجيه المركبات الجوية غير المأهولة وفي التحكم بالطيران (نورثروب غرومان)

٧.أ.٥ نظم الملاحة المتكاملة" المصممة أو المعدلة لاستخدامها في النظم المدرجة في البنود ٤.أ أو ٤.أ.٤٧ أو ٢.أ.٤٧، أو القادرة على بلوغ دقة ملاحية في حدود دائرة احتمال أخطاء لا تتجاوز قطرها ٢٧٧ م.

ملاحظة فنية:

أ- جهاز قياس القصور الذاتي (أي نظام تحديد مرجع الوضع والوجهة)، أو وحدة تحديد المرجع على القصور الذاتي، أو نظام ملاحة قائم على القصور الذاتي؛ و

ب- مجس خارجي واحد أو أكثر لتحديث الوضع و/أو السرعة، مثل عصورة دوبلر أو مبدرة خلال التحليق، أو جهاز قياس الارتفاع الملاحية و/أو مقياس الارتفاع بالرادار و/أو رادار دوبلر؛ و

ج- أجهزة برمجيات الدمج.

ملحوظة:

ترد برمجيات" الدمج في البند ٧.د.٣.

- ألبانيا
- أستراليا
- النمسا
- بلجيكا
- بلغاريا
- كندا
- جمهورية التشيك
- الدانمرك
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- اليونان
- المجر
- أيسلندا
- أيرلندا
- إيطاليا
- لوكسمبرغ
- هولندا
- النرويج
- بولندا
- البرتغال
- رومانيا
- سلوفاكيا
- إسبانيا
- السويد
- سويسرا
- تركيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تتكون نظم الملاحة المدمجة من مستشعرات تحديث منخفضة النسبة مثل (مستقبل نظام تحديد المواقع العالمي ١–٢٠ هرتز) ومستشعرات بث عالية النسبة (مثال، المكونات التي تعمل بالقصور الذاتي، من ٥٠–١٠٠٠ هرتز) لتوفير حلول تموضع، وسرعة، واتجاه قوية للمنصة المستضيفة. يمكن أن تعمل برمجية المعالجة على أحد معالجات المستشعر أو على منصبة حاسوبية خارجية.

يمكن الاستفادة من مستشعر التحديث والبث في أغراض مختلفة كما أنه يمتلك مزايا مكملة تتعلق بتصحيح الخطأ. تنتج مستشعرات التحديث مثل النظام العالمي لسواتل الملاحة، ومقاييس ارتفاع الرادار، ورادارات دوبلر حلول تخص التموضع و/أو السرعة من خلال عملية قياس مباشرة، كما يمتلك كل حل مستوى قياس خطأ مستقل. أما مستشعرات البث فحالها حال المكونات التي تعمل بالقصور الذاتي (مثال، أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات)، فهي تعمل على قياس التغييرات الإضافية التي تطرأ على السرعة والاتجاه والتي ينبغي دمجها لإنتاج مقارنات مع بيانات مستشعرات التحديث.

توفر مستشعرات البث أساساً للحل الخاص بالاتجاه لأنها تقيس التغييرات التي تطرأ على الاتجاه في الفضاء الداخلي. من جهة أخرى، لا تستطيع مستشعرات البث توفير قياسات فورية للاتجاه.

هنالك مكونات قياس مختلفة تعمل بالقصور الذاتي للوفاء بمتطلبات النسبة التي يحتاجها مستشعر التحديث. يتم عادةً تقسيم النظم التي تعمل بالقصور الذاتي المستخدمة في التطبيقات الدفاعية إلى درجات تكتيكية، وملاحية، وبحرية، ويتم التمييز بينها بشكل رئيسي تبعاً لجودة مكونات الجيروسكوبات التي تمتلكها.

طريقة التشغيل: قبل توفر حل الملاحة، يجب إجراء عملية ضبط المنصة. وهي العملية التي يتم من خلالها تحسين تقدير الاتجاه لمطابقة اتجاه المنصة المضيفة فيما يتعلق في إطار الملاحة الأفقي المحلي.

من المفترض أن تكون زوايا تثبيت نظام الملاحة فيما يتعلق في المنصة المضيفة معروفة وليست بحاجة لتقييم. وتبعاً للمنصة المضيفة، يمكن تحقيق هذا الأمر من خلال عملية ضبط بالوضع السكن، أو في وضع الحركة، أو من خلال عملية النقل.

.

خلال عملية الضبط بالوضع الساكن، يتم استخدام البوصلة الجيروسكوبية (لقياس نسبة دوران الأرض) للعثور على زاوية الانحراف ويتم استخدام أجهزة قياس التسارع للعثور على زاوية الانحدار وزاوية العطوف. وفي الضبط بوضع الحركة، تنخفض أخطاء تقييم الاتجاه بواسطة الأجهزة التي تعمل بالقصور الذاتي من خلال مقارنة حل الملاحة المولد بالقصور الذاتي مع الحل المولد بواسطة نظام التحديث خلال فترات قياس متعددة. أخيراً، بالنسبة للسلاح المحمول، يتم إجراء الضبط خلال عملية النقل لإرسال الحل الخاص باتجاه المركبة المضيفة (بواسطة نظامها الملاحي) إلى منصة السلاح.

الشكل ٨٨: وحدة قياس بالقصور الذاتي ونظام تحديد المواقع العالمي. (نورثورب غرومان).

بمجرد تحويل حل الاتجاه الناتج بواسطة القصور الذاتي، تنتقل قياسات جهاز قياس السرعة آلياً وفق النسبة المولدة بواسطة القصور الذاتي من إطار إحداثيات القياس الخاص بها إلى إطار الملاحة على المستوى المحلي. يتم بعد ذلك دمج قياسات التسارع المحولة لإحداث تغيير إضافي في السرعة ومن ثم يتم دمجها مرةً أخرى لإحداث تغيير إضافي في الموضع داخل إطار الملاحة.

الشكل ٨٩: وحدة قياس بالقصور الذاتي ونظام تحديد المواقع العالمي مع جيروسكوب ليزري (داخلي). (نورثورب غرومان).

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم نظم الملاحة المدمجة في نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف الانسيابية، وبعض نظم القذائف التسيارية. من الأمثلة البارزة على هذا الأمر القذائف التسيارية التي يتم إطلاقها من الغواصات التي تقوم بدمج وحدات القياس المدمجة بالقصور الذاتي مع المستشعرات النجمية أو قذائف الأرض – أرض التي تستفيد من أجهزة استقبال النظام العالمي لسواتل الملاحة.

الاستخدامات الأخرى: تؤدي نظم الملاحة الدمجة العديد من الأغراض خارج إطار العمليات المتعلقة بالقذائف. إذ تستخدم عموماً في الطائرات المدنية والعسكرية على حد سواء. كما تستخدم أيضاً في المركبات الأرضية التي تعمل في المناطق المدنية حيث تضطر إلى التعامل مع النظام العالمي لسواتل الملاحة، بما في ذلك النظام العالمي لتحديد المواقع، أو عمليات انقطاع إشارات التشويش اللاسلكية المقصودة/غير المقصودة. يمكن لنظام الملاحة المدمج أيضاً الاعتماد على الحل المولد بالقصور الذاتي عندما تكون تحديثات النظام العالمي لسواتل الملاحة منقطعة.

فضلاً عن ذلك، تستفيد المركبات الموجهة عن بعد (PRVs) من نظم الملاحة المدمجة. فقد تواجه تحديات ديناميكية جمة ويمكن أن تتعرض للتشويش، وهو ما يؤدي في كلتا الحالتين إلى التعطل المقت لجهاز الاستقبال الملاحي.

بما أن نظام الملاحة المدمج يوفر حل قوي يتعلق بالاتجاه، يمكن للمنصات الجوية التي تحتاج إلى تحديد الموقع بدقة وإلى تحديد زاوية المستشعر بدقة (مثال، التصوير الملاحي والرادار) الحصول على هذه الإمكانية كجزء من نظام ملاحة المنصة أو كوحدة منفصلة.

كما يمكن للمركبات التي تعمل تحت الماء والتي تمتلك مكونات قصور ذاتي تشبه تلك الموجودة في الغواصات المستفادة من نظام الملاحة المدمجة من خلال الطفو على سطح الماء مؤقتاً للحصول على تحديثات النظام العالمي لسوائل الملاحة. تعتمد فترة التحديث على جودة مستشعرات القصور الذاتي المستخدمة وعلى مدى دقة حل الملاحة المطلوب مع مرور الوقت.

الشكل ٩٠: وحدة قياس بالقصور الذاتي ونظام تحديد المواقع العالمي. (نورثروب غرومان).

الشكل (عند التصنيع): يتم تثبيت مكونات نظام الملاحة المدمج (مثال، جهاز استقبال النظام العالمي لسوائل الملاحة، مكونات القصور الذاتي، والأجهزة/عمليات المعالجة المدمجة) عادةً في حاويات متينة التي تمتلك العديد من الموصلات الخارجية الظاهرة. توفر هذه الموصلات مدخلات للطاقة والهوائيات ومخرجات لنظام التوجيه أو الشاشة. يبلغ أطول قطر خطي للحاوية عادةً أقل من قدم واحدة (٣٠ سم). يمكن تثبيت جهاز استقبال النظام العالمي لسوائل الملاحة أو وحدة القياس التي تعمل بالقصور الذاتي خارج حاوية جهاز/برمجية التكامل وذلك تبعاً للتطبيق المستخدم. تبين الأشكال ٨٨، و٨٩، و٩٠ هذه المكونات بأشكال متعددة.

الشكل (عند التعبئة): يمكن شحن نظم الملاحة المدمجة في صناديق معدنية أو بلاستيكية أو في صناديق من الورق المقوى التي تمتلك حشوات. يمكن إرفاق الكابلات الخارجية والهوائيات مع الشحنة تبعاً للمنصة المطلوبة.

.

٩.أ.٨ مستشعرات الاتجاه المغناطيسي ذات المحاور الثلاثة التي تنطوي على جميع السمات التالية، المكونات المصممة خصيصاً لها:

أ. تصحيح الميل الداخلي في زاوية الترجيح (+/– ٩٠ درجة)، على أن تكون لها محاور عطوف (+/– ١٨٠ درجة)؛ و

ب. أن تكون قادرة على إجراء قياس سمتي أدق (أصغر) من ٠,٥ درجة، بالرجوع إلى مجال مغناطيسي محلي؛ و

ج. أن تكون مصممة أو معدلة لإدماجها في نظم التحكم بالطيران والملاحة.

ملاحظة:

تشمل نظم التحكم بالطيران والملاحة الواردة في البند ٩.أ.٨ المثبتات الجيروسكوبية، ونظم الطيار الآلي، والملاحة بالقصور الذاتي.

الطبيعة والغرض: تقوم مستشعرات الاتجاه المغناطيسي ذات المحاور الثلاثة بقياس الحقل المغناطيسي للأرض بواسطة ثلاثة مكونات متعامدة. تكون هذه النقاط الميدانية من القطب الجنوبي المغناطيسي إلى القطب الشمالي المغناطيسي، عمودية الاتجاه (زاوية "ميل" كبيرة) بالقرب من الأقطاب المغناطيسية، وأفقية الاتجاه (زاوية "ميل" صغيرة) بالقرب من خط الاستواء. تستمد هذه المستشعرات زاوية التقدم

من المكونات الأفقية بالرجوع إلى الحقل المغناطيسي المحلي (الشكل ١٨). بالقرب من الأقطاب، يكون من الصعب قياس زاوية التقدم الصحيحة، نظراً لأن الحقل المغناطيسي يمتلك مكون أفقي صغير

بمجرد حساب الوجهة المغناطيسية، قد يفضل المستخدم أو التطبيق أن تكون الوجهة صحيحة، وليس بالضرورة أن تكون متجهة نحو القطب المغناطيسي، نحو الشمال. يتم حساب تصحيح الانحراف لحساب التموضع والوقت اعتماداً على مختلف النماذج العالمية.

الشكل ٩١: مستشعر المقاومة المغناطيسية الدقيق القائم بذاته. (كيه في اتش)

طريقة التشغيل: هنالك نوع عادي من المستشعر المغناطيسي الذي يستفاد منه في الأغراض الملاحية وهو مستشعر المقاومة المغناطيسية (MR). يتكون هذا المستشعر من أشرطة رقيقة من البرمالوي (غشاء مغناطيسي من النيف) والذي تتباين مقاومته المغناطيسية تبعاً للتغيير الحاصل في الحقل المغناطيسي المطبق. تمتلك هذه المستشعرات محور حساسية معروف جيداً ويتم إنتاجه كتلة واحدة على هيئة دائرة متكاملة.

بسبب المواد الحديدية التي يتضمنها هيكل المركبة المضيفة والأنظمة الكهربائية المرتبطة بها، يكون المجال المغناطيسي الخاضع للقياس مختلفاً عن المجال المغناطيسي الحقيقي. يتم التعامل مع الانحراف بفعل الحقول المغناطيسية التي تنتجها المغناطيسات الدائمة والمكونات الكهربائية على أنها أخطاء ناتجة عن مواد "الحديد الصلب" ويمكن نمذجتها على أنها انحرافات ثابتة. أما تلك التي تختلف تبعاً لوجهة المنصة فتعتبر بأنها أخطاء ناتجة عن مواد "الحديد اللين". وفي حال كان هنالك إمكانية لتدوير المنصة بشكل فيزيائي، يمكن تقييم الأخطاء الناتجة عن مواد الحديد الصلب أو اللين وتخزينها في جداول المعايرة. على نحو بديل، تستفيد بعض النظم من حقول مغناطيسية مختلفة مولدة ذاتياً لتنفيذ خطوة المعايرة هذه. قبل معايرة الخطأ، من المفترض أن تكون زوايا التثبيت محور المستشعر المغناطيسي معروفة فيما يتعلق في محور المركبة.

الشكل ٩٢: وحدة بوصلة جيروسكوبية مغناطيسية ثابتة تتضمن مستشعرات الاتجاه المغناطيسي ذات المحاور الثلاثة. (هوني ويل)

حالها كحال وحدات القياس بالقصور الذاتي المتدلية، يتم حساب قياسات مستشعرات الاتجاه المغناطيسي ذات المحاور الثلاثة إلكترونيًا اعتماداً على الإطار الأفقي المحلي. يتم ذلك بعد قياس درجة زوايا الانحدار والعطوف باستخدام جهاز قياس تسارع ثلاثي المحاور أو باستخدام نظام ملاحة إضافي. ثم يتم البت بزاوية التقدم بواسطة مكونات الحقل المغناطيسي الأفقي.

يتم ضبط تعادل الجيروسكوب في بعض الأحيان للحصول على قياس وجهة قوي أثناء تعرض المركبة المضيفة المحتمل للانحرافات المغناطيسية العابرة.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: يمكن أن تستفيد المركبات الجوية غير المأهولة من قياس الوجهة بواسطة المستشعرات المغناطيسية لأغراض الملاحة أثناء طيرانها بين نقاط الطريق المحدد. يمكن كذلك استخدام المستشعرات المغناطيسية في أجهزة تعيين المدى الليزرية، وفي محاذاة الهوائي، وأيضاً يمكن دمجها مع جهاز استقبال النظام العالمي لسواتل الملاحة / نظم الملاحة بالقصور الذاتي لاستخدامها مع القذائف. فضلاً عن ذلك، تقوم هذه المستشعرات مقام مصدر قياس إضافي خلال فترة تحديث حسابات مرشح كالمان. يمكن كذلك الاستفادة بشكل مباشر من تقدير الوجهة بواسطة نظام الطيار الآلي الموجود ضمن نظام توجيه القذيفة.

نظراً لأن المستشعرات المغناطيسية تقوم بإجراء حساب دقيق للوجهة، أكثر من أجهزة القياس المدمجة (مثال أكثر من الجيروسكوب)، فإنها لا تعاني من أخطاء الانحراف الكبيرة التي تعاني منها أنظمة القصور الذاتي غير المصححة على نحو متزايد. وخلال فترات الترددات الراديوية المتداخلة، والتي تحول دون الحصول على تحديثات النظام العالمي لسوائل الملاحة، تبقى قياسات المستشعر المغناطيسي مفيدةً لأنها لا تحتاج إلى تحديثات دورية.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام المستشعرات المغناطيسية في العديد من التطبيقات إلى جانب استخدامها في نظم الملاحة. فهي تستخدم في المركبات الأرضية لتزويد السائق بقراءة للبوصلة "٨ نقاط" (مثال، الشمال الغربي، الشمال، الشمال الشرقي وغيرها). ولأن المركبات الأرضية تعمل عادةً باتجاه قريب من الاتجاه الأفقي، فهي ليست بحاجة إلى ضبط الانحراف في قياسات المستشعر. وفي حال تركيب مستشعرات مغناطيسية في موقع ساكن بشكل دائم، يمكن استخدامها للكشف عن المركبات وتصنيفها لأن الحقول المغناطيسية ستختلف تبعاً لدرجة قرب المركبة والخصائص الحديدية التي تمتلكها. يمكن استخدام المستشعرات المغناطيسية الموجودة في أجهزة الملاحة الشخصية (PNDs) لتحديث خريطة الوجهة أو مزايا الواقع المعزز الموجودة في تطبيقات محمولة محددة أثناء دوران أجهزة الملاحة الشخصية.

الشكل (عند التصنيع): يمكن تثبيت مكونات المستشعر المغناطيسي لتكون بمثابة محور ثلاثي مباشرةً على لوحة دائرة مطبوعة داخل نظام الملاحة او يمكن تثبيتها بشكل منفصل عن المكونات الإلكترونية الأخرى داخل حاويتها غير الحديدية. يسمح وجود حاوية منفصلة بتثبيت المستشعرات المغناطيسية بأبعد قدر ممكن عن المواد الحديدية الموجودة في المركبة المضيفة. تتخذ المستشعرات المغناطيسية حجماً صغيراً للغاية، وتتراوح أبعادها تقريباً بين ٢,٥ سم × ٢,٥ سم × ١٥ سم. كما أنها تتسم بخفة وزنها، إذ يتراوح وزنها بين ١٥ إلى ٢٠ كغ (الشكل ٩٢).

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن مكونات المستشعر المغناطيسي في صناديق أو علب صغيرة وهي ليست عرضة للتلف بفعل الصدمات. إلا أن مكونات ضبط الانحراف (مثال أجهزة قياس التسارع) يمكن أن تتأثر بحوادث الصدمات الكبيرة، لذلك فهي بحاجة إلى وضع حشوة لكل النظام أثناء الشحن.

ملاحظة:

يمكن تصدير المعدات أو البرمجية الواردة في البند ٩.أ أو ٩.د باعتبارها جزءاً من طائرة مأهولة، أو من أحد السوائل، أو مركبة أرضية، أو مركبة بحرية/غواصة أو معدات مسح جغرافي أو بكميات ملائمة لقطع الغيار الخاصة بهذه التطبيقات.

٩.ب معدات الاختبار والإنتاج

7.ب.4 "معدات الإنتاج" وغيرها من معدات الاختبار والمعايرة والضبط الدقيق، غير تلك المحددة في 7.ب.2، المصممة أو المعدلة لاستخدام مع المعدات المدرجة في البند 7.أ.

ملاحظة:

تشمل المعدات المدرجة في 7.ب.4 ما يلي:

أ. بالنسبة لمعدات الجيروسكوب العيزري، المعدات التالية المصممة خصيصاً لاستخدام مع الصواريخ والتي تستهدف بالقدرة الإجمالية أو أداء أفضل من:

4. *متوسط الانحراف (47 جزءاً من المليون)؛*
2. *متوسط الانحراف (77 جزءاً من المليون)؛*
4. *متوسط استقطاب الأشعة (7 أرغ يوم)؛*

ب. بالنسبة لمعدات الأخرى التي تعمل بالقصور الذاتي:

4. *أحصنة وحدة القياس بالقصور الذاتي؛*
2. *أحصنة وحدة القياس بالقصور الذاتي؛*
4. *التوابع المشتركة لأي من المعايير الواردة في البند 7.ب.4 أو 7.ب.2؛*
3. *التوابع المشتركة لموازنة وحدة القياس بالقصور الذاتي؛*
7. *محطة اختبار تعمل بالجيروسكوب؛*
0. *محطة الموازنة التي تعمل بالجيروسكوب؛*
0. *محطة اختبار الرصيف/محرك الجيروسكوب؛*
7. *محطة تقسيم وتوجيه الجيروسكوب؛*
7. *توابع المشتركة للمطرد المركزي لمحاور الجيروسكوب؛*
47. *محطة ضبط محور جهاز القياس المتسارع؛*
44. *محطة اختبار جهاز القياس المتسارع؛*
42. *الآلات المصممة لإنتاج هياكل قبل الجيروسكوب المستخدمة في الأجهزة الموضحة.*

7.ب.2 المعدات التالية:

أ. آلات الموازنة التي تتميز بجميع الخصائص التالية:

4. القدرة على موازنة الأدوار/المكونات التي لها كتلة فوق 4 كغ؛ و
2. القدرة على موازنة الأدوار/المكونات بسرعات تفوق 42777 دورة في الدقيقة، و
4. القدرة على التحكم في اختلال التوازن على مستويين أو أكثر؛ و
3. القدرة على موازنة اختلال التوازن المتبقي المحدد إلى أقل من 7.2 ج لكل كغ من كتلة الدوار؛

ب. رؤوس المؤشرات التي يمكن تحويلها إلى أجهزة موازنة (، المصممة أو المعدلة لاستخدام مع المعدات المدرجة في البند 7.ب.2.أ، ج. المحاكيات الحركية/أجهزة المعايرة) مع القدرة على محاكاة الحركة المتميزة بالخصائص التالية:

4. لها محوران أو أكثر؛ و
2. المصممة أو المعدلة لإدماج القياسات الدقيقة أو أجهزة التحكم المتدرجة في القدرة على الكشف عن اختلال التوازن أو الانحرافات المتبقية أو تقييمها؛ و

3. تتميز بأي واحدة من الخصائص التالية:

أ. بالنسبة لكل محور أحادي له جميع الخصائص التالية:

١. قادر على بلوغ معدلات تساوي ٤٠٠ درجة/ثانية أو أكثر، أو ٣٠ درجة/ثانية أو أقل؛ و

٢. معدل ميْز يساوي ٦ درجات/ثانية أو أقل ودقة تساوي ٠٦ درجة/ثانية أو أقل؛

ب. تتميز بثبات يساوي في أسوأ الحالات +٠,٠٥ & أو أفضل (أي أقل) من ذلك يكون في المتوسط ضمن نطاق ١٠ درجات أو أكثر؛

ج. دقة تحديد الوضع تساوي ٥ ثوان قوسية أو أقل (أفضل) من ذلك؛

د. مناضد تحديد الوضع (معدات قادرة على اتخاذ الأوضاع الدورانية الدقيقة على أي محور)، التي تتميز بالخصائص التالية:

١. محوران أو أكثر؛ و

٢. "دقة" تحديد الوضع تساوي ٥ ثوان قوسية أو أقل (أفضل) من ذلك؛ و

ه. أجهزة طرد مركزي قادرة على خلق تسارع يتجاوز ١٠٠ غ، مصممة أو معدلة لإدماج حلقات منزلقة أو أجهزة مدمجة غير تلامسية قادرة على توصيل التيار الكهربائي أو الإشارات المعلوماتية، أو كليهما.

ملاحظات:

١. تقتصر مكنات الموازنة، ورؤوس المؤشرات، ومحاكيات الحركة، ومناضد المعايرة، ومناضد تحديد الوضع، وأجهزة الطرد المركزي المدرجة في البند ٩ على ما هو مدرج في البند ٩.ب.٢.

٢. لا يشمل البند ٩.ب.٢.أ مكنات الموازنة المصممة أو المعدلة للاستخدام كمعدات طبية أو لطب الأسنان.

٣. لا يشمل البندان ٩.ب.٢.ج و٩.ب.٢.د مناضد الدوران المصممة أو المعدلة للاستعمال في العدد الأولية أو في المعدات الطبية.

٤. يتم تقييم مناضد المعايرة غير المدرجة في البند ٩.ب.٢.ج والتي لها خصائص منضدة تحديد وضع بناءً على البند ٩.ب.٢.د.

٥. يتم تقييم المعدات التي تتوافر فيها الخصائص المدرجة في البند ٩.ب.٢.د، والتي تتوافر فيها أيضاً الخصائص المدرجة في البند ٩.ب.٢.ج بنفس طريقة تقييم المعدات المدرجة في البند ٩.ب.٢.ج.

٦. يطبق البند ٩.ب.٢.ج سواء أكانت الحلقات المنزلقة أو الأجهزة المدمجة غير التلامسية مركبة عند التصدير أو لا.

٧. يطبق البند ٩.ب.٢.ه سواء أكانت الحلقات المنزلقة أو الأجهزة المدمجة غير التلامسية مركبة عند التصدير أو لا.

الطبيعة والغرض: تستخدم معدات الضبط، والمعايرة، والاختبار لبناء، ومعايرة، واختبار، وتحديد معالم هذه الأدوات للوفاء بمتطلباتها. فالجيروسكوبات، وأجهزة قياس التسارع، ووحدات القياس بالقصور الذاتي أجهزة دقيقة لذلك يجب أن تبقى دقيقة وموثوقة مع مرور الوقت. من المهم بشكل خاص اختبار المعدات التي تتسبب بتعرض الأدوات للتغيرات في التسارع والاتجاه أثناء قياس استجابتها مع مرور الوقت. تعتبر هذه المعدات ضروريةً لتصنيع أدوات القصور الذاتي عالية الجودة. كما يتم التحكم في أي معدات اختبار ومعايرة وضبط وإنتاج مصممة خصيصاً حتى لو لم يتم تحديدها في القائمة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: هذه المعدات مطلوبة لإنتاج ومعايرة أدوات القصور الذاتي المستخدمة في جميع أنواع القذائف.

الاستخدامات الأخرى: معظم المركبات الفضائية، والطائرات، وغيرها من المركبات التي تستخدم وحدات الملاحة أو التوجيه بالقصور الذاتي تتطلب وجود معدات وتكنولوجيات مشابهة لتنفيذ عمليات التطوير، والإنتاج، والاختبار، والمعايرة. إلا أن العديد من التطبيقات غير المخصصة للقذائف الأخرى يمكن أن تستفيد من أدوات القصور الذاتي التي تمتلك نسب انحراف عالية، وقدرة تحمل اهتزاز وتسارع أقل، ومتطلبات ثبات أقل. بالتالي، تكون معدات اختبار، ومعايرة، وضبط، وإنتاج المعدات المستخدمة في التطبيقات غير المخصصة للقذائف تكون عادةً أقل تطوراً وأقل دقةً من تلك المطلوب وجودها في القذائف الدقيقة.

الشكل (عند التصنيع): تكون معدات الضبط، والمعايرة، والاختبار، والإنتاج المصممة خصيصاً هذه لاستخدامها مع أدوات الملاحة والتوجيه المنصوص عليها في البند ٩.أ عادةً مواد منتجة بشكل محدود. فهي تمتاز بتنوع حجمها، ووزنها، وشكلها كما هي وظائفها، ويمكن لهذه المزايا أن تتغير بتغير التكنولوجيا. وعلى الرغم من أنها لا تشكل لائحةً كاملة، إلا أنه يوجد أدناه وصف مقتضب لبعض الأمثلة عنها.

ونظراً لأن جيروسكوب الليزر الحلقي يستشعر التغييرات الحاصلة في التغييرات المرحلية التي تطرأ على أطوال الموجات الضوئية على مدار الدقيقة، يتم البت في دقتها بواسطة جودة مراياها. ينبغي أن تكون هذه المرايا متسمةً بشكل دقيق لتعكس جميع الضوء الساقط عليها فتقوم إما بامتصاصه أو تشتيته. فيما يلي ثلاثة قطع معدات مصممة لرسم ملامح المرايا المستخدمة مع هذه الجيروسكوبات.

مقياس التشتت والذي يقيس قدرة المرآة على تشتيت الضوء بعيداً عن وجهته المخصصة بدقة تبلغ ١٠ جزء بالمليون أو أقل. فهو يوفر شعاع كثافة معروف ويقوم بقياس كثافة الأشعة المشتتة.

مقياس الانعكاس والذي يقيس قدرة المرآة على تشتيت عكس الضوء بدقة قياس تبلغ ٥٠ جزء بالمليون أو أقل. فهو يعمل من خلال إرسال شعاع ذو كثافة معروفة إلى المرآة ويقوم بقياس كثافة الضوء المعكوس.

مقياس تباين الأسطح والذي يقيس تباين السطح الضوئي لمرآة بدقة ٥ أنغستروم (٥×١٠^{-١٠}) أو أقل. تستخدم العديد من الطرق لوضع خارطة للتغييرات التي تطرأ على السطح الضوئي على مدار الدقيقة. تساعد عملية وضع الخريطة هذه في تحديد الانحرافات المحلية عن المقاييس الهندسية المثالية من الناحية النظرية، سواء تم تصميم هذه الأسطح لتكون مسطحة، أو مقعرة أو محدبة.

يتم تحديد دقة نظم التوجيه بالقصور الذاتي بواسطة جودة أجهزة قياس التسارع والجيروسكوبات الخاصة بها. فمعظم المعدات التالية التي تستخدم إما لتحديد معالم أو اختبار هذه الأدوات تعمل بشكل منفصل، سواء كمنظومة، أو كوحدات قياس قصور ذاتي كاملة.

يعمل فاحص وحدة القياس بالقصور الذاتي عمل وحدة القياس بالقصور الذاتي فيقوم بشكل كهربائي بمحاكاة المدخلات، وبجمع بيانات الاستجابة لتأكيد التشغيل الكهربائي الصحيح. في حين يعمل فاحص منصة وحدة القياس بالقصور الذاتي كمنصة وحدة قياس قصور ذاتي كاملة، أي أنه يقوم مقام العنصر الثابت أو وحدة القياس بالقصور الذاتي المتدلية التي تعمل بشكل كامل. كما يتم استخدام جدول نسب ثلاثي المحاور، والذي يشار إليه كذلك باسم محاكي الحركة، عادةً كجزء من فاحص منصة وحدة القياس بالقصور الذاتي. تخضع هذه الجداول إلى المراقبة بموجب البند ٩.ب.٢.ج. لذلك ينبغي على وحدة القياس بالقصور الذاتي التي يتم اختبارها بواسطة هذه المعدات استشعار جاذبية الأرض ودورانها

بشكل صحيح خلال جميع التغييرات التي تطرأ على الوجهة دون سوء تفسيرها سواء خلال الحركة الجانبية أو الشاقولية ودون خسارة مسار الضبط المبدئي الخاص بها التي تتعلق في نظام الإحداثيات المرجعي الثابت.

التركيبات الثابتة لمناولة العناصر الثابتة لوحدة القياس بالقصور الذاتي تقوم بمناولة العنصر الثابت في وحدة القياس بالقصور الذاتي، الذي يعتبر، الجزء الداخلي لوحدة القياس بالقصور الذاتي المثبتة على جيمبال أو العائمة، التي تتضمن أدوات القصور الذاتي. فعملية المناولة الدقيقة تسهل تنفيذ عمليات التعديل المتعددة اللازمة دون التسبب بتحطم العنصر الثابت خلال عملية التجميع، والاختبار والضبط.

التركيبات الثابتة لموازنة منصة وحدة القياس بالقصور الذاتي تحدد توازن وحدة القياس بالقصور الذاتي وبالتالي تقوم بتسهيل عمليات الضبط للحصول على التوازن. يجب الحصول على مركز التوازن بشكل دقيق لتفادي عزم الدوران، والتسارع والاهتزاز أثناء الطيران.

الشكل ٩٣: منضدة ضبط نموذجية تستخدم لموائمة الجيروسكوب. (أيديال أيروسميث انك)*

محطة اختبار توليف الجيروسكوب تقوم بتزويد الجيروسكوب بالتيار الكهربائي المطلوب خلال نطاق سرعات محدد لتحديد أفضل نسبة دوران تشغيلي، أو أفضل نسبة دورة بالدقيقة. يتم تحقيق أفضل نسبة دورة بالدقيقة عندما تنخفض الآثار المترتبة على مصادر خطأ الجيروسكوب إلى أدنى مستوى وفق ما هو مشار إليه في البيانات التي يتم جمعها. يبين الشكلان ٩٣ و٩٤ جدول نسب نموذجي مستخدم كجزء من محطة اختبار توليف الجيروسكوب.

تقوم محطة الموازنة الديناميكية للجيروسكوب بالموازنة الدقيقة لعناصر الدوران السريع في الجيروسكوبات ذات الكتلة الدوارة. يعتبر التوازن من العناصر الهامة في أداء الجيروسكوب وإطالة عمره التشغيلي. تخضع آلات الموازنة هذه للمراقبة بموجب البند ٩.ب.٢.أ في حال كانت تمتلك خصائص الأداء المحددة.

تقوم محطة اختبار ترويض/محرك الجيروسكوب بتزويد الجيروسكوب أو محركه بالتيار الكهربائي وبالتردد المطلوب للوصول إلى وقت التشغيل المطلوب وكبح محامل الجيروسكوب وقياس أداء المحرك خلال نسبة الدورة بالدقيقة المخصصة.

تقوم محطة تفريغ وتعبئة الجيروسكوب بتنقية التجويف الداخلي للجيروسكوب وملئه بالسائل أو خليط الغازات المطلوب وفق الضغط المطلوب. يتم ملء معظم الجيروسكوبات وأجهزة قياس التسارع بغاز جاف خامل لتحسين أدائها على المدى الطويل. فضلاً عن ذلك، تمتلك جيروسكوبات معينة تجويفات داخلية تحتاج إما إلى سائل خاص له كثافة ولزوجة محددة أو إلى خليط غازات محدد للعمل على الوجه الأمثل.

تقوم التركيبات الثابتة للطرد المركزي الخاصة بمحامل الجيروسكوب بتسهيل عملية اختبار الجيروسكوبات في جهاز طرد مركزي لتأكيد قدرة الحوامل على تحكم قوى التسارع المتوقعة خلال الطيران. تستخدم تركيبات الطرد المركزي الثابتة كذلك لإزالة الشحم الفائض عن الحاجة عن حلقات تثبيت حامل الجيروسكوب.

تقوم محطة ضبط محور جهاز قياس التسارع بالتحقق من محاور جهاز قياس السرعة من خلال دفع جهاز قياس التسارع للدوران حول محور الإدخال الخاص به عندما يكون المحور في الوضع الأفقي. يتم تكرار الاختبار عادةً بعد إجراء اختبارات الاهتزاز أو درجات الحرارة لتحديد استقرار ضبط محور الإدخال. يتم مرةً أخرى فحص ضبط محور إدخال جهاز قياس التسارع بعد تركيبه على مستوى وحدة القياس بالقصور الذاتي لتحديد الاختلافات الطفيفة والهامة بنفس الوقت عن نسبة التعامدية المشتركة المطلوبة مع محور الإدخال.

تستخدم محطة اختبار جهاز قياس التسارع لاختبار الدقة التي يقوم بواسطتها جهاز قياس التسارع بقياس الجاذبية خلال مجموعة من الوضعيات والزوايا. سيتم استخدام هذه البيانات بعد ذلك لمعايرة الأداة. يتم تثبيت أجهزة قياس التسارع على سطح طاولة شاقولي ويتم قلبها لاختبار تسارع الجاذبية وهي في الوضع القائم وعلى نحو بديل وهي رأساً على عقب. يمكن لمحطة اختبار جهاز قياس التسارع إجراء اختبارات تتضمن ضبط درجة الحرارة باستخدام معدات تسجيل بيانات التي تقوم بجمع المعلومات خلال فترة طويلة من الوقت.

تستخدم آلات لف الملفات الكهربائية بالجيروسكوب المستخدمة فيها الألياف الضوئية للف بكرات الألياف الضوئية في قلب جيروسكوبات الألياف الضوئية. يتم لف ملفات جيروسكوبات الألياف الضوئية باستخدام عملية معقدة تسمى اللف رباعي الأقطاب مع تطبيق ضوابط صارمة للعملية لضمان الحصول على الإجهاد الأمثل للألياف، ولتفادي ثني الألياف، وتحقيق احتكاك سطحي إيجابي وإلغاء الفجوات خلال عملية الفقدان التالية التي تحصل أثناء انحناء الألياف. تعتبر عملية اللف هذه والتي تقوم بلف الألياف الضوئية بانسيابية على البكرة من الخطوات الحاسمة لتصنيع جيروسكوبات الألياف الضوئية عالية الجودة.

تستخدم آلات الموازنة في المقام الأول لموازنة الجيروسكوبات ذات الكتلة الدوارة بنسبة دقة عالية. تخضع آلات الموازنة للمراقبة بموجب البند ٩.ب.٢.أ.

الشكل ٩٤: منضدة ضبط ذات محورين تتضمن محطة اختبار جيروسكوبية تستفيد من محاكي الحركة/منضدة الضبط. (كونترافس لك)

تعتبر رؤوس المؤشرات طاولات فولاذية دائرية دقيقة يمكن تدويرها وقفلها في اتجاه محدد بشكل متكرر دون خسارة الدقة. تعرف أيضاً باسم أجهزة الفحص بواسطة القلب، ورؤوس التبويب، ومناضد ضبط الموضع، ورؤوس التقسيم. تم إدراج رؤوس المؤشرات التي يتم تعديلها لاستخدامها في آلات الموازنة في البند ٩.ب.٢.أ وهي خاضعة للمراقبة بموجب البند ٩.ب.٢.ب، وتمتاز بالدقة العالية، أما رؤوس المؤشرات متعددة المحاور (مثال، مناضد ضبط الموضع) بموجب البند ٩.ب.٢.د.

تعتبر محاكيات الحركة ومناضد الضبط آلات دقيقة تعمل على تدوير منضدة مثبتة حول محاور متعددة بسرعات وزوايا معروفة بدقة.

فهي تستخدم عادةً في تطوير توجيه أدوات الاختبار ومنظومات وحدات القياس بالقصور الذاتي وفق ما هو مبين أعلاه. يبين الشكل ٩٥ محاكي حركة جيروسكوب ذو محورين مضبوط الحركة. تتم مراقبة جداول النسب بموجب البند ٩.ب.٢.ج.

الشكل ٩٥: على اليسار: مقياس تباين الاسطح يستخدم لقياس المرايا. (ديجيتال انسترمنتس). وسط اليسار: فاحص وحدة القياس بالقصور الذاتي آخر محمول متصل مع وحدة قياس بالقصور الذاتي مصغرة. (ليتون جايدانس أند كونترول سيستمز). وسط اليمين: طاولة ثنائية المحاور لقياس وحدة القياس بالقصور الذاتي أو الجيروسكوب.

يستخدم جهاز الطرد المركزي كجزء من محطة اختبار مقياس التسارع لتحديد انعدام خطية مقياس التسارع خلال مدى يزيد على نحو كبير عن نسبة زائد وناقص واحد غ الموجودة في اختبارات القلب. تتم مراقبة أجهزة الطرد المركزي بموجب البند ٩.ب.٢.ه.

الشكل (عند التعبئة): تختلف مواد التعبئة إلى حد كبير تبعاً لحجم، ووزن، ودرجة حساسية المعدات المحددة. إلا أنه نظراً لأن معظم هذه المواد تعتبر معدات دقيقة حساسة للصدمات أو الصدأ، ينبغي أن تكون مواد التعبئة قوية وتتضمن حشوات وأغطية لحمايتها من الصدمات والرطوبة. يمكن تفكيك معظم المعدات وشحنها في حاويات أو علب منفصلة.

٩.ج المواد

لا يوجد.

٩.د البرمجيات

٩.د.١ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات" المحددة في البند ٩.أ أو ٩.ب.

الطبيعة والغرض: تستخدم نظم أجهزة الطيران المدمجة برمجيةً لتفسير وترجمة المعلومات التي يتم جمعها من خارج بدن المركبة إلى معلومات استطلاع، أو توجيه رادي لإصابة الهدف أو توجيه. يمكن تركيب البوصلات الفلكية الجيروسكوبية، وجيروسكوب الليزر الحلقي وأدوات القصور الذاتي الحساسة المستخدمة في التطبيقات الأخرى، كما يمكن استخدامها في نظم ملاحة القذائف كمستشعرات والتي تعمل جنباً إلى جنب مع حاسوب الطيران لتحديد المعلومات التي تتعلق بالتسارع، والسرعة والموضع التي تتسم بدقتها العالية. يحتاج كل واحد من هذه النظم إلى وجود برمجية متخصصة تقوم بضبط خرج المستشعر وتعويض إشارات الخطأ، مثل الانحراف.

تقوم برمجية التوجيه النهائي بدمج المخرجات الناتجة عن العديد من المستشعرات لتوجيه السلاح الذي يتم إطلاقه نحو هدفه المحدد. يتم استخدام أجهزة قياس تسارع متينة بشكل خاص في المركبات العائدة لتحديد مقدار التباطؤ السريع. يمكن تفعيل أو تشغيل السلاح عندما تكون قيمة التباطؤ محددة مسبقاً.

.

الإنتاج العالمي

- النمسا
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- ألفند
- بلجيكا
- إيطاليا
- البرتغال
- النرويج
- إسبانيا
- روسيا
- جنوب أفريقيا
- بريطانيا
- السويد
- سويسرا
- أوكرانيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

تستخدم البرمجية المثبتة على حاسوب طيران المركبة الجوية غير المأهولة لإطلاق وتحليق المركبة الجوية غير المأهولة نحو هدفها وتفعيل الحمولة (الكاميرا، والسلاح وغيرها) بمجرد وصولها إلى الهدف. يمكن تدعيم نظام التوجيه بالقصور الذاتي في المركبة الجوية غير المأهولة بواسطة نظم إضافية تستفيد من إشارات الراديو الأرضية، وإشارات النظام العالمي لسواتل الملاحة أو منظومات البوصلات الفلكية الجيروسكوبية التي تحدد النقاط المرجعية في السماء.

هنالك أنواع أخرى من البرمجيات تستخدم لاختبار، ومعايرة، وضبط منظومات نظام التوجيه. يتم وضع مكونات نظام التوجيه على محطات الاختبار وتخضع لاختبارات مختلفة تم تصميمها خصيصاً لقياس هذه الخصائص مثل عوامل الانحراف والنطاق. ينبغي تحديد معالم كل جهاز. تتم إضافة البيانات التي يتم جمعها بواسطة هذه الاختبارات إلى برنامج الطيران على شكل عامل تصحيح لتلك الأدوات.

طريقة التشغيل: يتكون نظام جهاز الطيران المدمج من سلسلة من أنظمة الملاحة الفائضة عن الحاجة والتي ينتج عنها ملاحة عالية الدقة. تستخدم البوصلة الجيروسكوبية الفلكية المركبة في نظام المركبات الجوية غير المأهولة أو النظام الصاروخي برمجية ملاحة لتحديد (عند استقبال واحد أو أكثر من "الأقفال النجمية") سرعته وموقعه ووجهته. يمكن لنظم الملاحة الآلية الاستفادة من هذا المفهوم لاتخاذ مسارات طيران مبرمجة مسبقاً وهي في طريقها نحو منطقة الهدف. تستخدم الجيروسكوبات للحفاظ على وجهة المنصة التي تعمل بالقصور الذاتي في الفضاء في حين يكون النظام الصاروخي أو المركبة الجوية غير المأهولة على الأرض ويكون في وضع التشغيل الآلي. تحتوي البرامج الفرعية لبرمجية الطيران على عوامل تصحيح مثل بيانات نسبة الانحراف. إذ يعمل حاسوب الطيران على معالجة هذه المعلومات ويقوم بإصدار إشارات تصحيح إلى محركات عزم الدوران المثبتة على إطارات الجيمبال الخاصة بالمنصة. تبقي هذه المحركات المنصة في وجهة ثابتة أثناء الطيران. يتم إرسال المعلومات التي يتم الحصول عليها من أجهزة قياس التسارع المثبتة على المنصة الثابتة إلى حاسوب الطيران باعتبارها بيانات تسارع. تقوم برمجية الطيران بجمع هذه البيانات و، بعد إضافة بيانات نظام أجهزة الطيران المدمجة الإضافية، تقوم بإصدار إشارات توجيه وتحكم لتوجيه الهيكل نحو الهدف.

تضم الإصدارات الخاصة من برمجية الطيران إشارات الخرج الصادرة عن مستشعرات الملاحة الإضافية لتحديث أو تدعيم بيانات التوجيه بالقصور الذاتي. تقوم البوصلات الفلكية الجيروسكوبية بإرسال بيانات موضع القمر الصناعي أو النجم إلى حاسوب الطيران. يمكن لبرمجية حاسوب الطيران الاستفادة من هذه البيانات لتحديث معلومات الموضع أو لتدعيم بيانات التسارع التي يتم استشعارها بالقصور الذاتي. في حين يوفر الجيرسكوب الليزري الحلقي معلومات عالية الدقة بخصوص الفشل في ضبط المنصة والتي يمكن الاستفادة منها للحفاظ على ثبات وجهة المنصة خلال عدد من مناورات الطيران وتسارعات الطيران.

تستخدم محطات الاختبار والمعايرة لقياس أخطار نظام التوجيه، مثل انحراف الجيروسكوب، ولتوفير بيانات تتعلق بالخصائص يتم إرسالها إلى برنامج الطيران للتعويض عن هذه الأخطاء. تؤكد محطات الضبط بدورها جودة وملائمة تركيب ومعايرة أدوات القصور الذاتي المثبتة على المنصة الثابتة. تستغرق هذه الإجراءات وقت تطوير طويل وتضيف تكلفة باهظة على كل أداة. وتتطلب الأدوات المتطابقة التي يتم تصنيعها باستخدام معدات عادية إجراء اختبار ومعايرة دقيقة لتحديد خصائص كل منها على حدة بدقة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم نوع البرمجية الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٩.د.١.٠ لتزويد نظم المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية بملاحة تتسم بالدقة. كما أن وجود المعدات الآلية مطلوب لإنتاج المكونات الدقيقة التي تدخل في أدوات التوجيه بالقصور الذاتي. بمجرد تجميع هذه المكونات، يجري اختبارها ويتم تقييم أدائها في محطات الاختبار التي تعمل بواسطة الحاسوب.

تستخدم هذه الاختبارات لإنتاج بيانات يتم الاستفادة منها في تحديد معالم الأداء، مثل نسبة الانحراف وعامل النطاق، إلى جانب تحديد ثوابت نظام التوجيه في برمجية الطيران.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم جميع عناصر نظم أجهزة الطيران المدمجة (الرادار، والنظم الليزرية ومعدات تحديد الوجهة) جميعاً في الطائرات المدنية والعسكرية لتدعيم نظم التوجيه بالقصور الذاتي. كما يمكن استخدام مكونات ملاحة بالقصور الذاتي أقل جودةً في القياس في تطبيقات الحفر. فضلاً عن ذلك، توجد برمجية اختبار، ومعايرة وضبط هذه الأدوات في منشآت اختبار وصلاح الطائرات المدنية والعسكرية.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٩.د.٢ "برمجيات" الدمج للمعدات المحددة في البند ٩.أ.١.

الطبيعة والغرض: تستخدم البرمجية المدمجة مع نظم الصواريخ أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة الخاصة بالمعدات المحددة في البند ٩.أ.١ لدمج خرج الموازن الجيروسكوبي، أو نظام الطيار الآلي أو غيرها من أجهزة الطيران المدمجة مع حاسوب الطيران. يقوم حاسوب الطيران بدمج هذه المعلومات من أجهزة الملاحة الإضافية هذه مع البيانات التي يتم الحصول عليها من الأدوات المثبتة داخل نظام الملاحة بالقصور الذاتي. لتكون النتيجة توجيهاً وأوامر توجيه دقيقة باستخدام أدوات ملاحة أقل تكلفةً.

طريقة التشغيل: تقوم برمجية نظم ملاحة المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية المخزنة في حاسوب الطيران بقبول المعلومات من نظام أجهزة الطيران المدمج. يتم تقييم معلومات الموضع هذه في مقابل المسار المقرر، ليقوم بعدها حاسوب الطيران بإصدار أوامر تصحيح أو توجيه إلى نظام التحكم بالطيران.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه البرمجية لدعم ملاحة نظم ملاحة المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم هذه البرمجية في دعم نظم توجيه الطائرات المدنية والعسكرية.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ هذه البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٩.د.٣ "برمجيات" الدمج المصممة خصيصاً للمعدات المحددة في البند ٩.أ.٦.

الطبيعة والغرض: تستخدم برمجية الدمج المصممة خصيصاً للمعدات أو النظم المحددة في البند ٩.أ.٦ في دمج منظومات الجيروسكوبات، وأجهزة قياس التسارع، ومنصات الصور الذاتي أو الثابتة المستخدمة في تطبيقات التوجيه (مثل هوائيات تتبع مسار القمر الصناعي، وكاميرات تصوير الفيديو وغيرها) في تطبيقات التوجيه والتحكم في نظم المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية.

طريقة التشغيل: يمكن الاستفادة من أدوات التوجيه بالقصور الذاتي عالية الجودة مثل الجيروسكوبات، وأجهزة قياس التسارع والمنصات الثابتة التي تتسم بالقوة الكافية المستخدمة في منصات الكاميرات الثابتة، وآليات توجيه الحفر، وغيرها كمكونات رئيسية في نظم توجيه نظم المركبات الجوية والنظم الصاروخية من خلال تطبيق برمجية دمج مناسبة. تشبه هذه البرمجية برمجية وحدة القياس بالقصور الذاتي المصممة لتطبيقات توجيه المركبات أثناء الطيران. حيث يتم كتابتها واختبارها باستخدام نفس معدات الاختبار والمعايرة المستخدمة مع أجهزة نظم التوجيه الأكثر تخصصاً.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه البرمجية فقط لدعم نظم المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية أثناء الملاحة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم عناصر نظم أجهزة الطيران المدمجة (الرادار، والنظم الليزرية ومعدات تحديد الوجهة) جميعاً في الطائرات المدنية والعسكرية لتدعيم نظم التوجيه بالقصور الذاتي. فضلاً عن ذلك، توجد برمجية اختبار، ومعايرة وضبط هذه الأدوات في منشآت اختبار وصلاح الطائرات المدنية والعسكرية.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٤.د.٩ "برمجيات" الدمج المصممة أو المعدلة من أجل نظم الملاحة المتكاملة المحددة في البند ٧.أ.٩.

ملاحظة:

يعتمد أحد الأنواع الشائعة لـ"برمجيات" الدمج على نظام كالمان للترشيح.

الطبيعة والغرض: تقوم برمجية الدمج، المصممة أو المعدلة لنظم الملاحة المدمجة المحددة في البند ٧.أ.٩ بضم مخرجات أدوات القياس بالقصور الذاتي وغيرها من المستشعرات الخارجية إلى النظام الذي يقوم بدوره بتوفير معلومات يستخدمها حاسوب الملاحة لحساب معلومات الاتجاه، والموضع، والسرعة بشكل مستمر. يعد نظام كالمان للترشيح أحد إجراءات البرمجية الذي يقوم بتقييم موضع المركبة وسرعتها خلال الوقت استناداً إلى الاداء المعروف لمركبة الطيران ومن ثم يقوم بتحديث التقييم بشكل دوري باستخدام معلومات تخضع للترشيح يتم التزويد بها بواسطة مكونات نظم التوجيه الأخرى. يقوم جهاز الترشيح المستخدم في نظم المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية بتقييم إشارات معلومات الموضع لإلغاء القياسات العشوائية أو الخاصة (الضوضاء) المأخوذة من أجهزة نظم الملاحة المدمجة الأخرى.

طريقة التشغيل: يمكن كتابة أو تعديل برمجية طيران نظم المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية لتشمل هذه البرمجية المدمجة. يتم اختبار البرمجية بشكل مبدئي باستخدام نفس معدات الاختبار والمعايرة التي تشبه تلك المستخدمة في أجهزة نظم التوجيه الأكثر تخصصاً ويتم إثباتها باستخدام سلسلة من اختبارات الطيران.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه البرمجية لدعم نظم ملاحة المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية عالية الدقة.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام هذه البرمجية أيضاً لدعم نظم توجيه الطائرات المدنية والعسكرية.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

ملاحظة:

يجوز تصدير المعدات أو "البرمجيات" المحددة في البنود ٩.أ أو ٩.د كجزء من طائرة مأهولة، أو ساتل، أو مركبة برية، أو سفينة/غواصة، أو معدات مسح جيوفيزيائي، أو كقطع غيار بكميات مناسبة لهذه التطبيقات.

٩.ه التكنولوجيا

٩.ه.١ "التكنولوجيا" وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات أو "البرمجيات" المحددة في البنود ٩.أ أو ٩.ب أو ٩.د.

ملاحظة:

يجوز تصدير المعدات أو "البرمجيات" المحددة في البنود ٩.أ أو ٩.د كجزء من طائرة مأهولة، أو ساتل، أو مركبة برية، أو سفينة/غواصة، أو معدات مسح جيوفيزيائي، أو كقطع غيار بكميات مناسبة لهذه التطبيقات.

- ألبانيا
- الجزائر
- الدانمرك
- ألمانيا
- بلجيكا
- البرتغال
- فاصوليا
- فرنسا
- فنلندا
- إيطاليا
- روسيا
- السويد
- أوكرانيا
- الولايات المتحدة

- اليونان
- كوريا الجنوبية
- موريسيا
- المملكة المتحدة

الطبيعة والغرض: باستطاعة نظم توجيه النظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة حل مشاكل التحكم الديناميكي بالغة التعقيد. لذلك ينبغي على مهندسي القذائف والتوجيه الإلمام بجميع النواحي الفيزيائية للأجهزة المستخدمة في تحقيق الملاحة الدقيقة. يتم الحصول على هذه المعرفة عادةً عبر سلسلة من ممارسات النمذجة بواسطة الحاسوب، والاختبار على طاولة العمل، واختبار الطيران. حيث تنطوي أدوات الملاحة المدمجة المتنوعة مثل نظام الطيار الآلي ومنصات التثبيت الجيروسكوبية وغيرها من المكونات الفعالة مثل الرادار، أو الليزر أو جهاز استقبال النظام العالمي لتحديد المواقع على مهام معقدة. فمعدات تطوير الاختبار والإنتاج المخصصة لدعم هذا النشاط تنطوي على تحديات على قدم المساواة. على المصمم الإلمام بأكبر قدر ممكن بالخصائص الدقيقة لهذه الأجهزة التي يتم اختبارها وإعادة توصيلها على طاولة الاختبار لتطوير برمجية المحاكاة الخاصة بها.

يجوز لمديري الإنتاج تصميم وبناء معدات إنتاج ودمج نظام التوجيه استناداً إلى التصاميم النهائية التي يتم تحديدها في المختبرات. فغالبية التكنولوجيا المطلوبة لإنجاز هذه المهام تأتي عن طريق التجربة فقط.

طريقة التشغيل: في وقت مبكر من برنامج التطوير، تظهر تكنولوجيا دمج التصميم عادةً على هيئة برنامج حاسوبي وتقوم بنمذجة نظم هيكل المركبة، وقوة الدفع، والتوجيه والتحكم فيها. تحاكي البرمجية سلوك نظام التوجيه في جميع نظم الطيران المتوقعة وتقوم بالتنبؤ بالأداء بشكل نظري.

يمكن للمصمم تغيير معايير النظم الفرعية، وإعادة تشغيل عملية المحاكاة واختيار هذه المعايير التي تفضي إلى الأداء الأمثل. في وقت لاحق من برنامج التطوير، يمكن استخدام عمليات محاكاة "أجهزة الحاسوب في دائرة التشغيل" عند توصيل مكونات التوجيه والنظم الفرعية بشكل فعلي جنباً إلى جنب على طاولة الاختبار. يقوم الحاسوب بمحاكاة بيئة الطيران وأي جهاز حاسوبي يخفق في عملية المحاكاة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه التكنولوجيا لتوفير وتحسين أداء ودقة نظام التوجيه للنظم الصاروخية ونظم المركبات الجوية غير المأهولة. كما تأتي على قدر مشابه من الأهمية متطلبات تصميم، وتطوير، وإنتاج، استخدام الاختبارات الأرضية ومعدات التحقق والبرمجية.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام هذه التكنولوجيا كذلك لتصنيع المكونات المستخدمة في توجيه هوائي القطع المكافئ، وتثبيت كاميرات تصوير الفيديو لفترات طويلة بشكل دقيق (بما في ذلك أدوات اختبار مدى القذائف التسيارية).

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ١٠

التحكم بالطيران

البند ١٠ – التحكم بالطيران

10.أ المعدات والمنظومات والمكونات

4.47.أ. النظم الموجية، والموجهة، والموجهة ذاتيا، والموجهة المضادة والموجهة – الموجهة ذاتيا في التحكم في الطيران بهدف أي من النظم الموجهة التالية في التحكم بالطيران، والنظم الضوئية التالية في التحكم بالطيران (المضمنة أو المعمول بها على الانترنت في النظم المحددة في البند 4.أ.

الطبيعة والغرض: يوفر نظام التحكم بالطيران آليات التوجيه المطلوبة للنظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة ويتحكم بها لتحقيق طيران مستقر وإجراء المناورات التالية بدون خسارة الاستقرار. فهو يتلقى عادةً أوامر التوجيه من منظومة التوجيه، أو حاسوب المهمة أو نظام معدات الطيران المدمج.

يتضمن نظام التحكم بالطيران مشغلات لتحريك أسطح التحكم، وتوجيه الفوهات، والتحكم بالتدفقات وتفعيل أدوات الدفع. يتضمن النظام كذلك مستشعرات لرصد التغيرات في الاتجاه، ونسبة تغيير الاتجاه، والسرعة، والارتفاع، وإعداد الخانق، ودرجة الحرارة وضغط الهواء. يتم عادةً مشاركة مخرجات المستشعر هذه بواسطة آليات أخرى موجودة في الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة. يتم توزيع نظام التحكم بالطيران في جميع أنحاء الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة وأحيانا يتداخل مع أجزاء النظم الأخرى.

تكون المعلومات التي يتم نقلها من المستشعرات إلى حاسوب التحكم بالطيران وإلى المشغلات إما تناظرية أو رقمية ويجوز نقلها بواسطة الأسلاك الكهربائية (نظام الطيران بالأسلاك). يمكن للنظم الحديثة استخدام الألياف الضوئية (نظام الطيران بالضوء) لتوفير الاتصالات الرقمية بين مكونات التحكم بالطيران. تعد التوصيلات الضوئية أخف وزناً وأقل عرضةً للتأثيرات الكهرومغناطيسية والتداخل الكهرومغناطيسي والصواعق.

- ألبانيا
- أستراليا
- بلجيكا
- بلغاريا
- كندا
- جمهورية التشيك
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- اليونان
- هنغاريا
- الهند
- أيرلندا
- إيطاليا
- اليابان
- لوكسمبورغ
- النرويج
- بولندا
- رومانيا
- روسيا
- جنوب أفريقيا
- جمهورية كوريا
- إسبانيا
- السويد
- سويسرا
- تركيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

طريقة التشغيل: عندما تحتاج نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية، إلى إجراء مناورة (التفاف، ارتفاع وغيرها)، يقوم نظام أجهزة الطيران المدمجة بإصدار أمر تغيير للوجهة أو الارتفاع. يقوم نظام التحكم بالطيران بضبط مشغلات أسطح التحكم لتحديد زوايا الانحدار و/أو العطوف و/أو التعراج، ويحتفظ بهذه الإعدادات إلى أن يتم تغيير الوجهة، ومن ثم يقوم بإعادة ضبط المشغلات للحفاظ على الوضع الجديد. تعمل نظم التحكم بالطيران عادةً بالتوازي مع الموازن الجيروسكوبي أو نظام الطيار الآلي (الطيار الآلي)، والذي يحدد حركات أسطح التحكم الضرورية لإنجاز المناورات المطلوبة. تقوم نظم الطيار الآلي بالتعويض عن الإزعاجات البيئية. أما النظم الصاروخية فتستخدم كذلك نظم التحكم بالطيران التي تعمل بشكل مشابه، إلا أن الصواريخ تقوم باستخدام نظام التحكم بموجه الدفع وفي بعض الأحيان منافث توجيه صغيرة لتغيير الوجهة. تستخدم بعض النظم الصاروخية أيضاً زعانف أيروديناميكية وهي تحلق في المحيط الجوي.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: نظم التحكم بالطيران مطلوبة لإنجاز الطيران المستقر وتنفيذ المناورات بدون خسارة الاستقرار. يتم عادةً تفصيل هذه النظم وفق خصائص الطيران ووفق وضع نظام القذيفة الخاص بالصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة ما يجعلها مصممةً للنظام بشكل محدد. تستفيد معظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة من هذه النظم.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام المكونات المستخدمة مع نظم التحكم بطيران القذيفة في الطائرات العسكرية والمدنية.

الشكل (عند التصنيع): لا يعتبر نظام التحكم بالطيران مؤلفاً من وحدة واحدة متكاملة، بل يتم توزيعه في القذيفة. تتضمن أجزاء نظام التحكم بالطيران التي يمكن أن تكون موجودة المشغلات، والمنظومات الإلكترونية، والكابلات التخصصية وبعض المستشعرات.

الشكل (عند التعبئة): تعتبر أسطح التحكم الديناميكي والمشغلات من قطع المعدات التي تتسم بقوتها. تتضمن مواد تعبئة هذه النظم عادةً العلب الخشبية والصناديق المصنوعة من الورق المقوى أو الخشب. حيث يتم توصيلها بشكل آمن على حاوية الشحن لتجنب الحركة وربما يتم تعبئتها في رغوة مشكلة وفق شكل الجزء. أما المستشعرات المستخدمة في نظم التحكم بالطيران تتميز غالباً بأنها أكثر دقة لذلك يتم عادةً تغليفها وتعبئتها بشكل آمن في صناديق أو علب ماصة للصدمات. وغالباً ما يتم لفها في أكياس مقاومة للرطوبة.

١٠.أ.٢معدات التحكم بالاتجاه المصممة أو المعدلة للنظم المحددة في البند أ.١.

الطبيعة والغرض: يختلف التحكم بالاتجاه عن التوجيه. تقوم مراكز التوجيه بضمان وصول المركبة إلى موضع محدد مسبقاً في وقت محدد. أما نظام التحكم بالاتجاه فيضمن أن يتخذ الهيكل وجهة محددة في الفضاء في أوقات محددة. هنالك ثلاث طرق رئيسية للتحكم باتجاه المركبة الطائرة وهي: استخدام القوى الديناميكية الهوائية (المأجنحة)، وحرف قوة دفع المحرك الصاروخي الرئيسي واستخدام أجهزة إنتاج قوة الدفع الإضافية.

طريقة التشغيل: يمكن أن تكون المشغلات المستخدمة في تحريك الأسطح الديناميكية الهوائية للمركبة الجوية غير المأهولة إما دوارة أو خطية. يمكن تزويد المشغل الدوار بالطاقة بواسطة محرك كهربائي ليتمكن من الاستجابة إلى الأوامر الصادرة بشكل تناسبي. يعد المشغل جزءاً من منظومة تحكم مغلقة، والتي تتضمن مُضخم وطريقة محددة لاستشعار موضع المشغل. يتمثل الخرج الميكانيكي للمشغل في إما محور يقبل عامود إدارة سطح التحكم أو في عامود إدارة يتم تثبيت السطح عليه. يبين الشكل ٩٦ مشغل التحكم بموجه الدفع (TVC) المستخدم في الصواريخ، بما في ذلك مركبات الإطلاق الفضائية. في حين يبين الشكل ٩٧ المشغل الخطي المستخدم للتحكم بدرجة انحراف شفرات الدوار الموجود في نظم المركبات الجوية غير المأهولة. في بعض الأحيان لا يكون مطلوباً من المشغل تدوير سطح التحكم وفق قوة ديناميكية هوائية كبيرة فقط بل يكون مطالباً بدعم كامل كتلة السطح خلال عمليات الإطلاق والمناورة عالية التسارع. يتم توصيل المشغلات الخطية مع أسطح التحكم بواسطة مجموعة من الروابط الميكانيكية التي تعمل على تحويل حركة المشغل الخطي إلى حركة سطح تحكم زاوي. يتم تزويد هذه المشغلات بالطاقة بواسطة محرك كهربائي، أو غاز مضغوط أو سائل هيدروليكي.

الشكل ٩٦: المشغل الخطي المستخدم للتحكم بدرجة انحراف شفرات الدوار ودوار الذنب الموجود في نظم المركبات الجوية غير المأهولة المصمم للعمل في ظروف بيئة وتحمل شديدة. (موووغ إنك)

الشكل ٩٧: نظام فرعي إلكتروميكانيكي لنظام التحكم بموجه الدفع (TVC) مع مشغل خطي وصندوق المعدات الإلكترونية المرافق المستخدم في الصواريخ، بما في ذلك مركبات الإطلاق الفضائية. (موووغ إنك)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم زعانف ودفات نظم المركبات الجوية غير المأهولة لتصحيح الأخطاء في مسار الطيران التي يتم رصدها بواسطة نظام التحكم أو لإصدار أوامر التوجيه الخاصة بوجهة أو اتجاه مسار جديد. فضلاً عن ذلك، تستخدم أجهزة التحكم بموجه دفع النظم الصاروخية لتحقيق نفس الأغراض.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام المكونات المستخدمة في نظم التحكم بالطيران في المركبات الجوية غير المأهولة كذلك في الطائرات العسكرية والمدنية.

الشكل (عند التصنيع): يتم توزيع مكونات نظام التحكم بالطيران في القذيفة. في حين يتم تعبئة المستشعرات، والمضخمات، وغيرها من المكونات في صناديق محكمة الإغلاق. يتم تركيب أو تصنيع المشغلات ودمجها مع أسطح التحكم بالطيران. يمكن أن تكون المشغلات المستخدمة في تحريك الأسطح الديناميكية الهوائية للمركبة الجوية غير المأهولة إما دوارة أو خطية.

الشكل ٩٨: مشغل إلكتروميكانيكي لنظام التحكم بالطيران الخاص بزعنفة الذيل في قذيفة صغيرة. (دايملر بنز أيروسبيس)

الشكل (عند التعبئة): تعتبر أسطح التحكم الديناميكي والمشغلات من قطع المعدات التي تتسم بقوتها. تتضمن مواد تعبئة هذه النظم عادةً العلب الخشبية والصناديق المصنوعة من الورق المقوى أو الخشب. حيث يتم توصيلها بشكل آمن على حاوية الشحن لتجنب الحركة وربما يتم تعبئتها في رغوة مشكلة وفق شكل الجزء. أما المستشعرات المستخدمة في نظم التحكم بالطيران تتميز غالباً بأنها أكثر دقة لذلك يتم عادةً تغليفها وتعبئتها بشكل آمن في صناديق أو علب ماصة للصدمات. وغالباً ما يتم لفها في أكياس مقاومة للرطوبة.

47.أ.4صممات المؤازرة التي تحتفظ في الطيران المصممة أو المعدلة لاستخدام النظم المحددة في البند 4.أ أو 47.أ.2، المصممة أو المعدلة لتعمل في بيئة اهتزاز متوسط الجذر التربيعي عن 47 وحدات جاذبية في مدى ترددي يتجاوز 27 هرتز ولكن لا يتجاوز 2 كيلوهرتز.

ملاحظة:
يجوز تصدير النظم والمعدات والمصممات المحددة في البند 47.أ.جزء من طلقة مأهولة، أو مركبة مأهولة، أو طائرة مأهولة، أو طائرات بلا طيار للطلقات المأهولة.

- الصين
- فرنسا
- ألمانيا
- الهند
- روسيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: تعتبر صمامات المؤازرة من الصمامات التي تعمل بالطاقة الكهربائية والتي تعتمد على التغذية الراجعة للتحكم الدقيق بموضع الجهاز الداخلي (إما فوهة قابلة أو أنبوب المنفث) للتحكم بتدفق السائل. غالبًا ما يتم استخدام مصطلح صمام المؤازرة الكهروهيدروليكي على اعتبار أنه يتم التحكم بصمامات المؤازرة بواسطة إشارة كهربائية وهي مستخدمة عادةً في النظم الهيدروليكية. تعمل صمامات المؤازرة بدقة عالية للغاية، ونسبة تكرارية عالية للغاية، ونسبة تباطؤ منخفضة للغاية، واستجابة عالية التردد. تمتاز نظم صمام المؤازرة بخصائص عالية الاستجابة، وموثوقية عالية، وتحكم دقيق في الموضع والسرعة والقوة.

تستخدم صمامات المؤازرة عندما يتطلب الأمر تحكم دقيق بالموضع، مثل التحكم بسطح التحكم بالطيران الرئيسي. يتم التحكم بالموضع بواسطة منظومة تحكم مغلقة تتكون من مستشعر الأوامر، ومستشعر التغذية الراجعة، ووحدة التحكم الرقمية أو التناظرية، وصمام المؤازرة. يمكن استخدام صمامات المؤازرة للتحكم بالمشغلات الهيدروليكية أو المحركات الهيدروليكية. يشار إلى مجموعة صمام المؤازرة والمشغل باسم مشغل المؤازرة. تتمثل الميزة الرئيسية لصمام المؤازرة في إمكانية استخدام إشارة طاقة كهربائية منخفضة لتحديد الموضع الدقيق للمشغل أو المحرك.

طريقة التشغيل: من المكونات الرئيسية لصمام المؤازرة محرك عزم الدوران، والفوهة القابلة، أو أنبوب المنفث، إلى جانب بكرة (مؤازرة) أو أكثر. تكون أدوات المؤازرة في صمام المؤازرة المستخدم في المجال الجوي متداخلةً عند درجة صفر، أي أن عرض الحزام الحاضن وعرض منفذ التدفق متساويًا. بالتالي، يوجد موضع واحد للحصول على تدفق بدرجة صفر. ينتج عن هذه الإعدادات عادةً تحكمًا محكمًا ويتم اختيارها بشكل شائع مع صمامات المؤازرة عالية الدقة.

يتضمن صمام المؤازرة مدخل ضغط هيدروليكي ومدخلًا كهربائيًا مخصصين لمحرك عزم الدوران. يتحكم تيار الدخل بموضع القلاب. في حين يتحكم موضع القلاب بالضغط في حجرات المشغل. لذلك سيقوم التيار (+ أو –) بتحديد موضع القلاب، ما يؤدي إلى إحداث ضغط تفاضلي على صمام المؤازرة، ما يدفع صمام المؤازرة إلى التحرك باتجاه أو بآخر. فضلًا عن ذلك، يقوم صمام المؤازرة بإدخال الضغط الهيدروليكي إلى أحد جوانب المشغل أو جانب آخر، في حين يقوم بإمداد الجانب المقابل للمشغل أثناء العودة.

تتضمن معظم صمامات المؤازرة نابض تغذية راجعة بين البكرة المساعدة والقلاب. في حال تحرك القلاب إلى اليسار، يقوم الضغط التفاضلي على البكرة المساعدة بتحريك البكرة نحو اليمين. يقوم سلك القلاب بعد ذلك بسحب القلاب إلى الخلف وصولًا إلى موضع حيادي. بالتالي يقوم سلك القلاب بتوفير قوة ثابتة للقلاب ويساعد في تحسين الثبات والاستجابة لنظام القلاب. يتم تحديد موضع صمام المؤازرة من خلال موازنة القوة المتجهة إلى البكرة، والتي تتضمن ضغطًا تفاضليًا ناتجًا عن الفوهة القابلة، إلى جانب القوى الناتجة عن الاحتكاك، وقوى النابض وقوى التدفق التي تصل إلى البكرة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم نظام التحكم بموجه الدفع عندما تكون الأسطح الديناميكية الهوائية غير كافية للتحكم بالقذيفة، أو عندما يتطلب الأمر رشاقة أكبر للقذيفة. يستخدم النظام الفرعي لنظام التحكم بموجه الدفع لوضع كامل المحرك الصاروخي بوضع أفقي (عادةً مع محركات الوقود السائل) أو للقيام بنفس الشيء مع الفوهة الصاروخية (عادةً مع محركات الوقود الصلب) أو لتحريك أرياش المنفث الموجودة في قسم الفوهة في حجرة الدفع لتوفير توجيه دقيق للقذيفة. يتم تحريك الجيمبال أو أرياش المنفث بواسطة المشغلات. يتم التحكم بحركة المشغلات الهيدروليكية بواسطة صمامات المؤازرة، التي يتم التحكم بها بدورها بواسطة الأوامر الصادرة عن نظام توجيه المركبة.

الاستخدامات الأخرى: توجد صمامات المؤازرة في مجموعة واسعة من التطبيقات الصناعية بسبب قدرتها على التعامل مع أحمال قصور ذاتي وعزم دوران كبيرة، وفي نفس الوقت، فهي تتسم باستجاباتها السريعة وبدقتها وأدائها العاليين. تتضمن التطبيقات النموذجية نظم التعليق الفعالة، والتحكم بالروبوتات الصناعية، ومعالجة البلاستيك. كما أنها واسعة الانتشار في الطائرات التجارية، والأقمار الصناعية، ومركبات الإطلاق، وأجهزة محاكيات الطيران، وفي التحكم بالعنفات، إلى جانب تطبيقات عسكرية عديدة.

الشكل (عند التصنيع): يمكن بناء صمامات المؤازرة في نظم التحكم بالطيران من الفولاذ الذي لا يصدأ إذ أنها تمتلك مثبتات دوران في كل طرف. كما يمكن أن توجد التوصيلات الهيدروليكية والكهربائية على جانب الجهاز. من جهة أخرى، تزود مؤشرات الموضع إشارات تغذية راجعة إلى حاسوب الطيران ويمكن أن تتوفر بموصل كهربائي منفصل.

الشكل (عند التعبئة): تعتبر صمامات المؤازرة للتحكم بالطيران من قطع المعدات القوية للغاية إلا أنها تمتلك آليات تحديد موضع حساسة مرفقة أو مدمجة مع الغطاء. تتضمن مواد تعبئتها عادةً صناديق من الورق المقوى أو الخشب. حيث يتم توصيلها بشكل آمن على حاوية الشحن لتجنب الحركة وربما يتم تعبئتها في رغوة مشكلة وفق شكل الجزء. وغالباً ما يتم لفها في أكياس مقاومة للرطوبة.

١٠.ب معدات الاختبار والإنتاج

١٠.ب.١ معدات الاختبار أو المعايرة أو الضغط، لا سيما المصممة للمعدات المحددة في ١٠.أ.

الطبيعة والغرض: تتضمن معدات اختبار، ومعايرة، وضبط نظام التحكم بالطيران المثبتات والتركيبات الضرورية لتوفير الدعم الميكانيكي والطاقة وإشارات الاختبار الكهربائية إلى أجهزة المستشعر الإلكترونية وإلى مكونات النظام الفرعي للمشغل. يمكن استخدام قطع معدات الاختبار هذه كذلك في دعم المشغل وفي إجراء اختبارات المعايرة والضبط والاختبارات الوظيفية والتشغيلية المخصصة لمستوى آخر من المكونات الفرعية. فهي تتخذ شكل منصات ومناضد اختبار باستخدام الماء أو سائل آخر كمحفز أو باستخدام السوائل الهيدروليكية أو الوقود الدفعي والتي يمكن توظيفها خلال الاستخدام التشغيلي.

طريقة التشغيل: توفر حواسيب قسم الاختبار إشارات توجيه بواسطة أجهزة المحاكاة إلى وحدات نظام التحكم بالطيران بما يتوافق مع ظروف الاختبار وتقوم بتسجيل الحركة الناتجة عن المشغل أو سطح التحكم. يمكن تقييم كل نظام فرعي للتأكد من دقة حركته، كما يتم تقييم معدل التغيير والحد الأقصى للاستجابة للتردد. تتضمن محطات الاختبار معدات تستخدم لتأكيد ضبط سطح التحكم الديناميكي الهوائي بدرجة صفر في المواضع الصدارة بشأنها الأوامر.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر نظم التحكم بالطيران دوائر كهربائية خاضعة للموائمة والتي تستخدم معلومات التغذية الراجعة الصادرة عن المشغلات وغيرها من المستشعرات. لا تعمل معدات الاختبار المبينة في هذا القسم فقط على اختبار ومعايرة وضبط أسطح التحكم من حيث إشارات الدخل، بل تقوم أيضاً بالتقاط بيانات الخرج المستخدمة لمعايرة وتحديد خصائص أداء المشغل. تستخدم هذه البيانات في برنامج الطيران لتحديد مزايا

استجابة وأداء المشغلات كل على حدة.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام هذه المعدات للاختبار، وضبط، ومعايرة معدات التحكم بالطيران المستخدمة في الطائرات العسكرية والمدنية.
الشكل (عند التصنيع): تشبه معدات اختبار التحكم بالطيران الأجهزة المخبرية القياسية الموجودة في الجامعات الكبرى أو في الصناعات الفضائية، مثل الأنفاق الهوائية، ومناضد الاختبار الإلكترونية، وأجهزة المعايرة بالليزر، ومناضد الاختبار الهيدروليكية أو الهيدروديناميكية، وغيرها. تتألف المعدات من معدات الاختبار الإلكترونية، وربما معدات التحكم بواسطة الحاسوب، ونظم إمداد الطاقة الكهربائية وربما الهيدروليكية إلى جانب معدات ميكانيكية متينة لتثبيت مشغلات التحكم بالطيران وأسطح التحكم. كما يمكن أن تضم هذه المثبتات نقاط المعايرة وتجهيزات الضبط.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن المعدات الجديدة أو قطع الغيار البديلة كل على حدة في صناديق أو منصات نقالة لتجميعها في الموقع. يتم تثبيتها بشكل آمن على الصندوق لمنعها من الحركة ومن التعرض للتلف. يمكن وضع المثبتات الأصغر حجماً كل على حدة في صناديق أو على منصات نقالة لشحنها. أما معدات الاختبار فهي سريعة العطب وتتطلب وجود علامات بهذا الخصوص. تتضمن هذه المعدات معدات الحاسوب، ومحطات الاختبار، ومكونات الدعم والواجهة البينية ذات العلاقة. وقد تحتوي هذه المنظومات على نظم الضغط الهيدروليكي وتركيبات الضبط الدقيقة. يتم تعبئة المواد الكبيرة على منصات أو في صناديق خشبية أو معدنية ضخمة، بينما تتم تعبئة المواد الأصغر حجماً في صناديق من الورق المقوى أو الخشب.

١٠.ج المواد

لا يوجد.

١٠.د البرمجيات

١.د.١٠ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البنود ١.أ.١٠ أو ١.ب.١٠.

ملاحظة:

يجوز تصدير "البرمجيات" المحددة في البند ١.د.١٠ كجزء من طائرة مأهولة، أو سائل، أو بكميات مناسبة كقطع غيار للطائرات المأهولة.

الإنتاج العالمي

- ألبانيا
- أستراليا
- النمسا
- بلجيكا
- البرازيل
- بلغاريا
- كندا
- كرواتيا
- جمهورية التشيك
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- اليونان
- هنغاريا
- الهند
- إيرلندا
- إيطاليا
- إسرائيل
- النرويج
- اليابان
- رومانيا
- كوريا الجنوبية
- روسيا
- جمهورية سلوفاكيا
- سنغافورة
- إسبانيا
- السويد
- سويسرا
- تركيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: توفر برمجية الطيران المستخدمة في المركبات الجوية غير المأهولة والنظم الصاروخية أوامر التحكم والتوجيه التي يتم إرسالها إلى مشغلات نظام التحكم بالطيران. تقوم هذه المشغلات بعد ذلك بتغيير موضع أسطح التحكم في المركبة الجوية غير المأهولة أو تعديل موجه دفع الصاروخ أو الأسطح الديناميكية الهوائية لتعديل مسار الطيران. أما البرمجيات الأخرى فتستخدم للاختبار، ومعايرة، وضبط، وصيانة مستشعرات نظام التحكم بالطيران وأدوات وأجهزة المشغل.

طريقة التشغيل: تبلغ برمجية نظام التحكم بالطيران وحدة التحكم بالطيران ("أدمغة" النظام) بكيفية تفسير وترجمة المعلومات التي يتم الحصول عليها من مستشعرات التوجيه إلى أوامر توجيه تخص مشغلات التحكم بالطيران كل على حدة. تقوم هذه الأوامر بصورة مستمرة بتصحيح طيران المركبة لدى اكتشاف أخطاء بسيطة في الاتجاه الزاوي (اتجاه توجيه الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة) وخلال مسار الطيران. كما يمكن استخدام البرمجية في توجيه المركبة خلال وجهة طيران وفق معلومات الدرب والمسار المخزنة في حاسوب الرحلة الرئيسي. فضلاً عن ذلك، يتم استخدام أنواع مختلفة من برمجيات الدعم الأرضي في منشآت المختبرات والصيانة للمساعدة في اختبار أو معايرة المستشعرات وأجهزة المشغلات وصيانة النظام بعد استبدال جزء واحد أو أكثر منه. يمكن أن تزود أجهزة الحاسوب المتصلة بمعدات مناضد الاختبار إشارات محاكاة مناسبة لمستشعر التحكم بالطيران وقياس خرجه. بالإضافة لذلك، يتم إرسال خرج المستشعر إلى مشغل التحكم لتقوم معدات الاختبار بقياس خرجه. كما يتم استخدام أدوات القياس بالليزر أو غيرها من أدوات القياس عالية الجودة لتحديد دقة ضبط وحركة توجيه فوهة الصاروخ، أو القيام بنفس العملية مع أسطح التحكم الديناميكية الهوائية. تبعاً لمواصفات التصميم، يمكن لفني الصيانة إجراء تعديلات على المعدات لتصل إلى معدلات التحمل التي يتطلبها التصميم.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: يتم تحميل برمجية نظام الطيران في ذاكرة حاسوب الطيران الخاص في المركبة الجوية غير المأهولة أو النظام الصاروخي وتعد عادةً من الأجزاء الوظيفية لبرمجية الطيران. فهي تستخدم أثناء الطيران لمراقبة الموضع والمسار الذي يرسلهما نظام التوجيه. يقوم حاسوب الطيران بإصدار أوامر توجيه، بعد مقارنة هذه البيانات مع المعلومات المبرمجة بشكل مسبق، إلى مشغلات التحكم بالطيران كل على حدة لتصحيح وكشف أية أخطاء في الموضع.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام البرمجية المستخدمة في نظم التحكم في طيران المركبات الجوية غير المأهولة والصواريخ في الطائرات العسكرية والمدنية. كما يمكن استخدام برمجية الدعم الأرضي في هذه الصناعات بهدف اختبار وصيانة نظم التحكم في الطائرات والصواريخ. هنالك أوجه تشابه بين برمجية السيارات ذاتية القيادة وبرمجية توجيه الصواريخ ونظم المركبات الجوية غير المأهولة، بالرغم من أن هنالك أوجه اختلاف كبيرة بينها من حيث التطبيق التفصيلي.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

١٠.ه التكنولوجيا

١٠.ه.١ "تكنولوجيا" دمج تصميم جسم المركبة الجوية، ونظام الدفع، وأسطح التحكم في الرفع الخاصة بها، والمصممة أو المعدلة للاستخدام في النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١٩.أ.٢، من أجل تحقيق الأداء الديناميكي الهوائي الأمثل طوال فترة برنامج طيران مركبة جوية غير مأهولة.

الطبيعة والغرض: يعد الطيران المستقر والمضبوط في الفضاء الجوي من إحدى مشاكل التحكم الديناميكي التي تنطوي على التعقيد. فحلها يتطلب إحاطةً معمقةً بكافة النظم الفرعية وردود أفعالها مع كافة نظم الطيران. يتولد هذا الإلمام عادةً بواسطة اختبار نفق الهواء، والنمذجة الحاسوبية لمحاكاة أداء المركبة، وبرنامج اختبار الطيران التفصيلي. تتيح تكنولوجيا دمج التصميم لمصممي نظم المركبات الجوية غير المأهولة (بما في ذلك القذائف الانسيابية) تحديد حجم، وتهيئة، وتحسين جميع النظم الفرعية؛ مع الأخذ بالاعتبار ردود أفعالها المعقدة غالباً، ما يؤدي إلى خفض الأخطاء إلى أدنى حد. بالتالي، تقوم هذه التكنولوجيا بخفض وقت التصميم، والاختبار وإنتاج المركبات الجوية غير المأهولة كما يمكنها دعم الجهود الرامية إلى تحسين الأداء.

طريقة التشغيل: تتضمن تكنولوجيا دمج التصميم عادةً برنامج حاسوب مصمم خصيصاً في وقت مبكر أثناء تصميم برنامج المركبة الجوية غير المأهولة، والمعدل في وقت لاحق، لنمذجة الخصائص الديناميكية الهوائية للهيكل، إلى جانب قوة الدفع، ونظم التوجيه والتحكم الخاصة بالمركبة. يمكن للمصمم تغيير معايير نظام التحكم بالطيران، وإعادة المحاكاة، واختيار المعايير التي تفضي إلى الأداء الأمثل. كما يمكن استخدام تقنيات محاكاة "الأجهزة الحاسوبية في دارة التشغيل" لاحقاً في برنامج التطوير لدمج نظم التحكم بالطيران معاً على منضدة الاختبار، في حين يتم توصيل هذه النظم على حاسوب يحاكي بيئة الطيران. أما معدات الاختبار الأخرى، مثل النفق الهوائي، لتكرار ظروف الطيران والاستجابات الديناميكية الهوائية كجزء من عمليات المحاكاة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يستخدم تصميم تكنولوجيا الدمج لتصميم ودمج نظم التحكم بالطيران الموجودة في نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف الانسيابية.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام بعض "التكنولوجيات" المستخدمة لتصميم، وتصنيع، واختبار نظم المركبات الجوية غير المأهولة في صناعة الطائرات العسكرية والمدنية. من الأمثلة على هذا الأمر نظم الطيار الآلي في الطائرات المأهولة. فضلاً عن ذلك، هنالك بعض التداخلات في المعرفة الفنية المطلوبة لتطوير السيارات ذاتية القيادة والمركبات الجوية غير المأهولة غير العسكرية.

الشكل (عند التصنيع): تتخذ تكنولوجيا دمج تصميم المركبات الجوية غير المأهولة عادةً شكل الخبرة الهندسية المتوفرة لدى الناس، ويتم عكس هذه الخبرة على شكل برامج حاسوب مخزنة أو مطبوعة أو ممغنطة أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت. تكنولوجيا دمج التصميم الأخرى يمكن أن تتكون من التدريب والحصول على الخبرة من مراكز التكنولوجيا الأجنبية، على سبيل المثال في منشآت أنفاق الهواء أو منشآت تقنيات محاكاة "الأجهزة الحاسوبية في دارة التشغيل" المزودة بأجهزة.

٢.٥.١٠ "تكنولوجيا" التصميم لدمج بيانات التحكم بالطيران، والتوجيه، والدفع ضمن نظام إدارة الطيران، المصممة أو المعدلة لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩، من أجل تحقيق المسار الأمثل للمنظومة الصاروخية.

الطبيعة والغرض: تنطوي التكنولوجيا المطلوبة للتحكم بطيران النظام الصاروخي على تعقيد وتتضمن عدد كبير من المتغيرات الفيزيائية التي ينبغي فهمها، وقياسها، وضبطها. لا يكفي أن يمتلك المصممون معرفةً معمقةً بالنظم الفرعية للتحكم بطيران القذيفة وردود أفعالها، بل عليهم تحديد التكنولوجيات اللازمة لحل مشاكل التحكم التي تتطلب سرعات عالية على ارتفاعات واسعة النطاق. يمكن تحويل بعض من هذه المعرفة إلى نمذجة بواسطة الحاسوب تستند إلى مواصفات النظام الفرعي، وإلى اختبار النفق الهوائي، وبرنامج اختبار الطيران التفصيلي. وبقدر تطور القذائف، تتطلب برامج تطوير القذائف تكاليف متزايدة وجداول زمنية طويلة. بالنتيجة، تحاول العديد من الدول الحصول على التكنولوجيا المطلوبة من مصادر أجنبية لخفض وقت وتكلفة برامج تطوير القذيفة.

طريقة التشغيل: تتوفر "المساعدة التقنية" بأشكال عدة. وقد تتكون "المساعدة التقنية" من التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص أو مؤسسات لديهم لديه سجل خبرة حافل بخصوص تطوير نظم التحكم بالطيران للنظم الصاروخية والذين يقومون مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج أو الاختبار. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية من جهة أجنبية واحدة أو أكثر والتي تمتلك منشآت التصميم والتطوير المطلوبة لتقديم الخبرة التي تساعد في تطوير التكنولوجيا المطلوبة. يمكن أن تأتي المساعدة التقنية كذلك على شكل مساعدة في شراء المواد، والمعدات، والمواد. كما يمكن الحصول على تكنولوجيا خاضعة للمراقبة كجزء من نشاط التقدم بعطاء وعرض، بعد طلب عرض أسعار ولكن قبل توقيع أي عقد أو تنفيذ أي عمل.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: مع استثناءات محدودة، يتم استخدام "المساعدة التقنية" المطلوبة لتطوير وبناء نظم التحكم بطيران الصواريخ فقط لهذه الأغراض. ويمكن تحويل الصواريخ المسبارية المستخدمة في أبحاث الطقس، مع إجراء بعض التعديلات عليها، لتكون قذائف تسيارية. تعتبر التكنولوجيا المستخدمة في القذائف التسيارية، ومركبات الإطلاق الفضائية، والصواريخ المسبارية متشابهة للغاية، على الرغم من أن الصواريخ

المسيارية لا تتطلب التحكم الدقيق بالمسار للوصول إلى الموقع الصحيح.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم هذه التكنولوجيا فقط في تطبيقات هندسة الصواريخ الموجودة. هنالك أوجه تشابه عامة، وبعض التفاصيل المشابهة، مع المعرفة الفنية المطلوبة لتطوير نظم الطيار الآلي في الطائرات، وسيارات القيادة الذاتية، والمركبات الجوية غير المأهولة التجارية بالرغم من أن السرعات العالية ونطاق الارتفاعات واسعة النطاق تجعل من تكنولوجيا التحكم بطيران القذائف المسيارية فئةً قائمةً بذاتها.

الشكل (عند التصنيع): تتخذ تكنولوجيا دمج تصميم الصواريخ عادةً شكل الخبرة الهندسية المتوفرة لدى الناس، ويتم عكس هذه الخبرة على شكل برامج حاسوب مخزنة أو مطبوعة أو ممغنطة أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعيئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت. تكنولوجيا دمج التصميم الأخرى يمكن أن تتكون من التدريب والحصول على الخبرة من مراكز التكنولوجيا الأجنبية، على سبيل المثال في منشآت أنفاق الهواء أو منشآت تقنيات محاكاة "الأجهزة الحاسوبية في دارة التشغيل" المزودة بأجهزة.

> ٣.ه.١٠ "التكنولوجيا" وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات أو "البرمجيات" المحددة في البنود ١٠.أ أو ١٠.ب أو ١٠.د.

الطبيعة والغرض: تتكون التكنولوجيا اللازمة لتطوير وتصنيع نظم التحكم بالطيران الخاصة بالصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة من مجموعة واسعة النطاق من المعرفة الهندسية والعلمية. ما يحتم وجود معرفة تفصيلية وخبرة عملية بشأن مشغلات التحكم بالطيران (المستخدمة في البند ١٠.أ.١)، وبشأن طريقة عمل معدات التحكم في الاتجاه الأخرى مثل أرياش المناقث (المشمولة في البند ١٠.أ.٢)، وبشأن صمامات مؤازرة المتخصصة (البند ١٠.أ.٣) في حال استخدام التحكم الهيدروليكي. وعلى نحو مشابه، ينبغي وجود معرفة وخبرة تفصيلية بشأن إنتاج واختبار مكونات التحكم بالطيران، بما في ذلك فهم معدات الاختبار والمعايرة والضبط (البند ١٠.ب.١). في النهاية، تستمد هذه التكنولوجيات من التجارب التي تدعمها الحسابات وقوانين الفيزياء. ففي العديد من الحالات، يمكن لتحويل المعرفة الفنية المذكورة اعلاه إلى برمجية حاسوب خفض الوقت والنفقة المطلوبة لتصميم أو تطوير نظم التحكم بطيران الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة. يمكن أن تشمل هذه البرمجية التمثيلات الميكانيكية لنظم التحكم بالطيران، ونظم الدفع والتوجيه الفرعية وغيرها من النظم الفرعية. كما يمكن أن تظهر تكنولوجيا معدات الاختبار، والمعايرة والضبط بشكل جزئي على هيئة برمجية حاسوب متخصصة. ويمكن الحصول على معظم المعرفة الفنية المطلوبة لتنفيذ نظام التحكم بالطيران من الدول التي تمتلك هذه التكنولوجيا حالياً، ما يخفض وقت ونفقة الحصول على تعليم جديد بواسطة الاختبار فقط.

طريقة التشغيل: تتضمن التكنولوجيا العامة للتحكم بالطيران العديد من المواضيع. يتطلب التنفيذ عادةً فرق هندسية متعددة الاختصاصات مؤلفة من أشخاص يعملون يداً بيد بطريقة منظمة للغاية. يعود هذا الأمر بالنفع الكثير على البرنامج الحاسوبي المستخدم في وقت مبكر أثناء تصميم البرنامج لنمذجة الهيكل، إلى جانب قوة الدفع، ونظم التوجيه والتحكم الخاصة بالمركبة. تحاكي البرمجية سلوك المركبة في جميع نظم الطيران المتوقعة وتقوم بالتنبؤ بالأداء النظري. يمكن للمصمم تغيير معايير النظم الفرعية، وإعادة المحاكاة، واختيار المعايير التي تفضي إلى الأداء الأمثل. كما يمكن استخدام تقنيات محاكاة "الأجهزة الحاسوبية في دارة التشغيل" لاحقاً في برنامج التطوير لدمج نظم التحكم بالطيران معاً على منضدة الاختبار، في حين يتم توصيل هذه النظم على حاسوب يحاكي بيئة الطيران. أما معدات الاختبار الأخرى، مثل النفق الهوائي، لتكرار ظروف الطيران الحقيقية كجزء من عمليات المحاكاة. تؤثر هذه التكنولوجيا في ردود أفعال الأجهزة في الحياة الواقعية، وهو أمر من الصعب رصده أو محاكاته. على سبيل المثال، لم يتم اختبار طيران المكوك الفضائي الأمريكي في شكله النهائي. على الرغم من الاختبارات العديدة والموسعة التي أجريت للعديد من مكوناته ونظمه

الفرعية، طار المكوك وعلى متنه أفراد الطاقم لدى إطلاقه لأول مرة – وهو أمر من الصعب أن يحدث لولا هذه التكنولوجيا.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعد التكنولوجيا العامة لتطوير وإنتاج نظم التحكم بطيران القذائف أمراً جوهرياً لجميع القذائف، لكي تتمكن من اتباع المسار المطلوب والوصول إلى الهدف المنشود.

الاستخدامات الأخرى: تتطلب الطائرات التجارية والعسكرية نظام تحكم بالطيران، والذي تتضمن التكنولوجيا العامة الخاصة به العديد من مواضيع الخبرة الفنية المتداخلة. على نحو مشابه، تحتاج سيارات القيادة الذاتية إلى وجود مشغلات تحكم إلكتروميكانيكي أو هيدروليكي للقيام بعملية التوجيه. وفي حين أن التنفيذ التفصيلي لنظام التحكم بطيران القذيفة مختلف للغاية، إلا أن نقل التكنولوجيا العامة الخاصة بهذه الأنواع الأخرى من المركبات إلى برامج القذيفة لا يزال أمراً قابلاً للتطبيق.

الشكل (عند التصنيع): للحد الذي تتضمن فيه البرمجية هذه التقنية، يمكن تخزين تكنولوجيا التحكم بالطيران على وسائل مخزنة أو مطبوعة أو ممغنطة أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

الفئة ٢ – البند ١١

إلكترونيات الطيران

الفئة 1 – البند 11: الإلكترونيات الطيران

أ.١١ المعدات والمنظومات والمكونات

ملاحظات:

4. تشمل المعدات المحددة في البند 44.أ ما يلي:
   - أ- معدات إعداد الخرائط الطبوغرافية للأرض؛
   - ب- معدات إعداد وعرض الخرائط الشعاعية (الرقمية والتناظرية)؛
   - ج- معدات رادار تعقب الملاحة؛
   - د- معدات تحديد المواقع الداخلية للمركبات الجوية؛
   - ه- معدات الاستشعار البصري (الإلكترونية أو الكهروبصرية).
2. يجوز تصدير "المركبات الجوية" المحددة في البند 44.أ جزئياً من طائرة مأهولة، أو بالتعاون مع طائرات مأهولة، أو بالتعاون مع غيرها من الطائرات المأهولة.

44.أ.4 نظم الرادارات والرادارات الليزرية المصممة خصيصاً لاستخدامها في النظم المحددة في البند 4.أ.

ملاحظة فنية:

تشمل نظم الرادار الليزري المعدات المخصصة لاستخدام الليزر من أجل تحديد المدى، وتتبع الأهداف، والرصد الطبوغرافي، وتحديد الاتجاه، والتعرف على الأهداف.

الطبيعة والغرض: تعتبر نظم الرادار والرادارات الليزرية من نظم الاستشعار الفعالة المتطورة والتي يمكن استخدامها في مهام الاستطلاع، أو التوجيه الراداري لإصابة الهدف، أو التوجيه في نظم المركبات الجوية غير المأهولة، لا سيما القذائف الانسيابية. تتضمن هذه النظم تكنولوجيات كشف وتحديد المدى بواسطة الليزر (LADAR) وكشف وتحديد المدى بواسطة الضوء (LIDAR). تستخدم هذه المصطلحات بشكل متبادل وتستخدم عموماً للإشارة إلى الأجهزة التي تستخدم طاقة الليزر للحصول على المدى المطلوب أو لتصوير جسم ما. تم استخدام روابط تكنولوجيا معدات إعداد ومضاهاة خرائط المشاهد بواسطة الرادار في نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية، والتسيارية. بالمقابل فإن مقاييس الارتفاع الرادارية والليزر تعتبر نوعاً ما أجهزةً أقل تطوراً وتستخدم في الملاحة ونقادي التضاريس الأرضية في القذائف الانسيابية وفي إشعال فتيل السلاح في القذائف الانسيابية والتسيارية. وقد شهدت السنوات الأخيرة تطورات تكنولوجية على صعيد أجهزة الإرسال، والاستقبال، والمعالجة الإلكترونية.

طريقة التشغيل: هنالك أوجه تشابه في طريقة عمل نظم الرادار ونظم كشف وتحديد المدى بواسطة الليزر وكشف وتحديد المدى بواسطة الضوء. فهي تقوم بإصدار نبضات طاقة كهرومغناطيسية وتقوم بكشف الطاقة المنعكسة إليها من الأرض أو الهدف الموجود في الأسفل. يتم حساب المسافة من خلال حساب نصف الوقت المنقضي بين إرسال واستقبال الإشارة، وسرعة الضوء. في حين يتم تحديد الوجهة نحو الهدف أو التضاريس الأرضية بواسطة الزاوية التي تقع بين النبضتين. بالتالي يمكن مقارنة صورة التضاريس الأرضية أو الهدف مع الصور المخزنة، مع إمكانية تعديل مسار الهدف حسب الحاجة.

تعمل مقاييس الارتفاع الرادارية والليزرية بنفس الطريقة، إلا أنها تقوم فقط بقياس المسافة من القذيفة إلى الأرض. تقوم مقاييس الارتفاع هذه بإجراء حسابات دقيقة للمسافة فوق الأرض للمساعدة في تفادي القذائف الطائرة التضاريس الأرضية و، عند مقارنتها مع خرائط الارتفاع، يمكن استخدامها كأدوات مساعدة في الملاحة. كما يمكن استخدام مقاييس الارتفاع الرادارية لاستخدامها في إشعال فتيل القذائف التسيارية عند الوصول للارتفاع المطلوب.

تعمل معدات رادار دوبلر للملاحة عمل مقاييس الارتفاع الرادارية، إلا أنها تقوم بمقارنة الترددات، وليس وقت الإرسال، الخاصة بالأشعة التي يتم إرسالها والطاقة العائدة. ينتج تغيير التردد (الانحراف الدوبلري) نتيجة حركة القذيفة فيما يتعلق في الأرض ويمكن تحويله

مباشرةً نحو سرعة القذيفة. يمكن للعديد من الهوائيات قياس سرعة القذيفة بأي اتجاه في حال استقبلت ما يكفي من الطاقة العائدة. كما يمكن استخدام معلومات السرعة هذه لتصحيح أخطاء التوجيه المتراكمة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه النظم في القذائف التسيابية كمستشعرات تمييز الهدف،والتوجيه بواسطة الرادار، وإشعال فتيل الرأس الحربي. كما تستخدم كذلك كأدوات مساعدة في الملاحة لإبقاء القذيفة على مسار الطيران المحدد وعلى ارتفاعات طيران محددة. يمكن استخدام هذه المستشعرات كذلك في التوجيه النهائي أو في إشعال فتيل القذائف التسيارية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم نظم رادار دوبلر للملاحة في الطائرات العسكرية والتجارية والسفن بخصوص الملاحة، والتنبؤ بالطقس، وتفادي التصادم. تستخدم مقاييس الارتفاع الرادارية عادةً في العديد من الأغراض مثل تحديد مستوى الارتفاع عن الأرض في العديد من أنواع الطائرات. تم استخدام أجهزة كشف وتحديد المدى بواسطة الضوء لإجراء القياسات الجوية، ولإجراء البحوث الأقيانوجرافية والدراسات المتعلقة بانبعاثات المداخن.

الشكل (عند التصنيع): يتم تصميم نظم رادار الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة (أجهزة البحث أو المستشعرات) عادةً كمنظومة واحدة تتألف من منظومة الهوائي الفرعية، التي توجد في أحد أطراف النظام إلى جانب منظومات دعم الطاقة، والتحكم، والمعالجة الفرعية التي توجد في إطار تثبيت واحد أو أكثر (كل على حدة لكنها تكون متصلة). تكون منظومة الهوائي الفرعية عبارة عن عنصر دائري أو مستطيل الشكل مخصص لإرسال واستقبال الإشعاعات وتشكيل الحُزم والذي يكون متصلاً مع كل من مضخم الطاقة وموجهات الموجات، كما يقوم أنبوب مستطيل الشكل بإقران الإشارة الصادرة عن المضخم مع العنصر الإشعاعي. تكون الهوائيات إما مسطحةً أو على شكل قطع مكافئ ويجب أن يكون حجمه ملائماً لقطر القذيفة. يتم تثبيت الهوائيات في نظم المسح الإلكترونية أو يتم وضعه داخل سناد جيمبال في نظم المسح الميكانيكية. وينبغي أن تكون مزايا تعليق الهوائي وهيكل دعمه قويةً بما فيه الكفاية للحفاظ على ثبات ودقة الهوائي في ظل وجود تسارعات كبيرة ناجمة عن الإطلاق، والتشويش والمناورة.

يختلف شكل ووزن هيكل الدعم وإطارات تثبيت المعدات الثانوية من نظام إلى آخر، إلا أنه يمكن أن النظام يمكن أن يتضمن مزايا خاصة بتطبيقات القذائف. على سبيل المثال، المساعدة في خفض منطقة المقطع العرضي للقذيفة وتحسين عملية التبريد، كما يمكن أن تتضمن صناديق المعدات واحد أو أكثر من الأسطح الأسطوانية أو المخروطية ويمكن أن تتضمن مزايا تثبيت لضمان الاتصال الجيد مع هيكل القذيفة أو لتوفير تدفق تبريد عوضاً عن الزعانف الخارجية الخاصة بتبريد الهواء.

عادةً ما تكون مقاييس الارتفاع الرادارية أصغر بكثير من أجهزة البحث أو المستشعرات الأخرى التي تعمل بهوائيات تمتلك أجهزة إرسال واستقبال ثابتة مثبتة على السطح. عادةً تكون هذه الهوائيات، التي ينبغي أن تكون موجهة نحو الأرض، عبارةً عن صفائح مسطحة، أو مستطيلة، أو دائرية وتتضمن سطح تثبيت يتوافق مع السطح الهيكل الخارجي للصاروخ. أما متطلبات الطاقة ومعالجة الإشارات فهي أقل بكثير من متطلبات نظم البحث عن الرادارية. عادة ما يتم إرفاق جهاز الإرسال والاستقبال داخل صندوق متصل بالهوائي بواسطة كابل محوري. يبلغ حجم هذه المنظومة الفرعية عادةً أقل من ٠,٠٥ متر مكعب فضلاً عن أنها لا تتطلب تبريداً خارجياً. بينما يشغل نظام دوبلر النموذجي الذي يتكون من مجموعة أجهزة الاستقبال/الإرسال/ الهوائي ٠,٠٠٧ متر مكعب، ويبلغ وزنه أقل من ٥ كغ، ويتطلب طاقةً تبلغ ١٢ وات تقريباً.

تختلف نظم كشف وتحديد المدى بواسطة الليزر والأخرى بواسطة الضوء عن نظم الرادار في كونها تستخدم أطوال موجات الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء على التوالي والتي تتسم بأنها أقصر. كما يسهل تمييزها بواسطة شكلها الخارجي عن العدسات أو النوافذ الضوئية. تمتلك النظم التي تعمل بأطوال موجات الأشعة تحت الحمراء التي تتسم بأنها أطول منفذاً ضوئياً الذي يبدو بشكل معدني. حالها كحال هوائيات الرادار، تكون الوحدة البصرية للنظام ثابتةً أو متحركة، ويجوز تثبيتها بشكل منفصل. أما بنيتها فهي ثقيلة، وتتضمن مثبتات صلبة. بشكلٍ عام، تمتلك جميع هذه النظم أسطح تثبيت غير مدهونة بل مطلية بطبقة غير موصلة ومقاومة للتآكل. تعتبر التوصيلات الأرضية لشاسيه جميع إلكترونيات الطيران من العوامل الجوهرية لتحمل بيئات كهرومغناطيسية معادية.

الشكل (عند التعبئة): بالرغم من أن هذه النظم مبنية لتحمل الظروف العادية للتعامل مع القذائف وتخزينها، ولتحمل بيئات الطيران القاسية، ينبغي تعبئتها بعناية لضمان عدم فرض إجهادات غير عادية عليها بواسطة حاوية الشحن أو بيئاتها. نظراً لأن هيكل الهوائيات ونظم تشغيلها حساسة للغاية، ينبغي حمايتها بشكل جيد. يتم إغلاق النظم بإحكام في غلاف مانع لدخول الهواء ويتم شحنها في حاويات ذات سنادات. يمكن استخدام مجموعة واسعة من الحاويات الخارجية بما في ذلك البراميل المعدنية، والصناديق الخشبية، والعلب المصنوعة من مواد مُركبة أو المعدنية.

٢.أ.١١ المستشعرات السلبية المستخدمة لتحديد اتجاهات الزوايا الخاصة بمصادر كهرومغناطيسية معينة (معدات تحديد الاتجاه)، أو الخصائص الطبغرافية، المصممة أو المعدلة للاستخدام في النظم المدرجة في البند ١.أ.

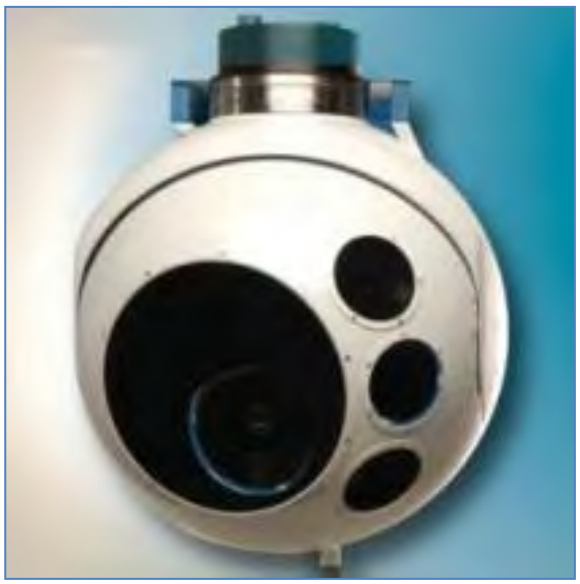
الطبيعة والغرض: تزود نظم تحديد الاتجاه المركبة بمعلومات حول الاتجاه الزاوي (الاتجاه الزاوي) الخاصة بمصادر الإشعاع الكهرومغناطيسية المنبعثة من أجهزة إرسال أرضية. يمكن تحديد خصائص التضاريس الأرضية والهدف بواسطة نظم تصوير، تكون عادةً عبارة عن كاميرات تعمل بأشعة الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء. تعتبر هذه النظم سلبيةً لأنها تستلم الطاقة ولا ترسلها، بالتالي تكون القذائف التي تستخدمها أقل عرضةً للكشف. يستخدم كلا النظامان لتوجيه نظم المركبات الجوية غير المأهولة وكمستشعرات حمولة، ويتم استخدامها في بعض الحالات للتوجيه النهائي للقذائف التسيارية.

- ليتوانيا
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- ألبانيا
- بلجيكا
- إيطاليا
- اليونان
- النرويج
- روسيا
- جنوب أفريقيا
- جمهورية كوريا
- السويد
- تركيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الشكل ٩٩: مستشعر تصوير بالأشعة تحت الحمراء للمركبات الجوية غير المأهولة. (إل إف كيه – جي إم بي انثر)

طريقة التشغيل: تستخدم معدات تحديد الاتجاه مستشعرات سلبية لاستقبال الإشعاع الكهرومغناطيسي من أجهزة الإرسال الأرضية في نقاط متنوعة. على سبيل المثال، تتيح مقارنة أوقات إرسال الإشارات ذات العلاقة الصادرة من موقعين أو أكثر اجهاز الحاسوب الموجود في القذيفة تحديد موقعها ووجهتها. تستخدم هذه المعلومات من قبل نظام أجهزة الطيران المدمجة لاتباع خطة الطيران المبرمجة مسبقاً. في حين يقوم جهاز الباحث المضاد للإشعاع الخاص بالتوجيه الراداري لإصابة الهدف بتوجيه القذيفة نحو الهدف من خلال معالجة الطاقة الرادارية المستلمة من جهاز إرسال واحد.

الخصائص الأرضية في الملاحة. تتكون المنظومة الضوئية من مكثف واحد أو أكثر ومن منظومة حساسة للضوء لتحويل المشهد إلى خارطة رقمية. تعمل هذه المنظومة بأطوال موجات الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء. تستخدم نظم الضوء المرئي بإنارة فلاش عالية الكثافة ليلاً ما يجعلها مستشعرات شبه فعالة. تقوم المستشعرات بجمع الصور من المشاهد الأرضية من نقاط محددة مسبقاً على طول مسار الطيران المبرمج مسبقاً. يتم تحويل هذه الصور إلى رقمية وتتم مقارنتها مع المشاهد المخزنة للمواقع نفسها. يتم تحويل الفروق بين المشهدين إلى خطأ موضعي يستخدم لتصحيح وجهة المركبة. على نحوٍ بديل، يمكن استخدام مستشعرات الصور في نظام التحكم البشري حيث يتم نقل صور الهدف إلى الشخص الذي يقوم بالطيران بالمركبة بشكل فعلي. يمكن للمشغل إما توجيه المركبة الجوية غير المأهولة لإطلاق أو قفل القذيفة المتجهة للهدف وبعد ذلك يتم إطلاق القذيفة بشكل مستقل بواسطة التوجيه الراداري.



الشكل ١٠٠: مستشعر تصوير سلبي عالي الأداء يعمل في المركبات الجوية غير المأهولة بنظام الأشعة تحت الحمراء ويمكن أن يحتوي ما يصل إلى ستة مستشعرات. (نورثروب غرومان)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يتم تحديث نظم التوجيه بالقصور الذاتي بواسطة نظم التصوير يمكن استخدامها لتوجيه القذائف الانسيابية بدقة فائقة أو في التوجيه النهائي للقذائف التسيارية. كما يمكن استخدام معدات تحديد الاتجاه لتوجيه نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية، وفي التوجيه النهائي للقذائف التسيارية.

تستخدم نظم تحديد الاتجاه في الطائرات، والسفن، والمركبات الأرضية. في حين تستخدم نظم المستشعرات في العديد من النظم العسكرية لإيصال الحمولة، لا سيما في الطائرات. فضلاً عن ذلك، تستخدم تكنولوجيا مستشعر التصوير (المستشعرات والخوارزميات) بشكل على نطاق واسع في نظم الروبوتات والتصوير. تم تصميم نظم التصوير لاستخدامها مع القذائف الانسيابية، إلا أنها لا تمتلك تطبيقات تجارية.

الشكل (عند التصنيع): تتألف معدات تحديد الوجهة من ثلاثة منظومات: الهوائي أو منظومة الهوائي، وجهاز استقبال، ومعدات معالجة.

الهوائي عبارة عن طبق على شكل قطع مكافئ موجه نحو الأمام، أو لوحة مسطحة تشبه مصفوفة الطور، ويتم تثبيته عادةً على منظومة جيمبال ويتم ضبط حجمه بما يتناسب لتركيبه في هيكل المركبة. أما جهاز الاستقبال فهو منظومة صغيرة الحجم، منخفض الاستطاعة ويمتلك توصيلات بخصوص مخرجات الطاقة والإشارة، وموصلات هوائي محورية عدد واحد أو أكثر. يمكن دمج معدات معالجة الإشارة مع النظم الإلكترونية الأخرى أو يمكن تثبيتها في صندوق المعدات الإلكترونية الخاص بها. يختلف شكل هذه المعدات الإلكترونية المخصصة لمعالجة الإشارة على نحوٍ كبير، إذ تعكس الخيارات المفضلة للصانع أكثر من الغرض الوظيفي للمعدات. يتراوح حجم معدات معالجة الإشارة من بضعة سنتمترات إلى عشرات السنتمترات من كل جانب.

تتألف مستشعرات التصوير من عدسات ومن مستشعر بأشعة الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء، أو كاميرا. تستخدم هذه المستشعرات مع منظومة إلكترونية تتكون من نظام الإمداد بالطاقة، وإلكترونيات التحكم والمعالجة، وفق ما هو مبين في الشكل ٩٩. في حين يبين الشكل ١٠٠ كاميرا أخرى تعمل بالأشعة تحت الحمراء. يمكن تمييز مستشعرات الضوء المرئي بواسطة العدسات أو النافذة الضوئية الخاصة بها. تمتلك مستشعرات الأشعة تحت الحمراء منفذاً ضوئياً معدنياً. أما وحدة الفلاش فتمتلك نافذة ضوئية ضخمة تغطي العاكس وأنبوب زجاجي.

تكون مستشعرات التصوير إما ثابتة أو متحركة، ويمكن تثبيتها بشكل منفصل عن بقية معدات رسم الخرائط الأرضية. تتسم المزايا الضوئية المثبتة وهيكل الدعم بمتانتها للحفاظ على الثبات والدقة في ظل وجود تسارعات كبيرة ناجمة عن الإطلاق، والتشويش والمناورة. كما يمكن بلورة سطح الوحدة القريب من العدسات بشكل يجعله يتلاءم مع أسفل القذيفة لأن العدسات ينبغي أن تكون وجهتها نحو الأرض أثناء الطيران.

الشكل (عند التعبئة): ينبغي أن يتم تعبئة الهوائيات والعناصر الضوئية ف مواد تعبئة وقائية خاصة بسبب حساسيتها للصدمات. يتم إغلاق هذه العناصر بإحكام في غلاف مانع لدخول الهواء ومقاوم للرطوبة ويتم شحنها في حاويات ذات سنادات. بالمقابل، يتم شحن هذه الطرود في مجموعة من الحاويات، بما في ذلك البراميل المعدنية، والصناديق الخشبية، والعلب المصنوعة من مواد مُركبة أو المعدنية.

4.أ.44 معدات الاستخدام الخاص المتأتية من نظم الملاحة الساتلية العاملة على نحو مماثل لنظم الملاحة الساتلية العالمية (مثل نظام غالليو أو نظام غلوناس) التي تتسم بأي من الخصائص التالية، والمكونات الخاصة بها:

أ. الخاصة أو المعدلة للعمل على سرعات الاستخدام في النظم المحددة في البند 4.أ، أو

ب. الخاصة أو المعدلة للعمل على سرعات الاستخدام في التطبيقات المحمولة جواً، والتي تنطوي على الخصائص التالية:

4 قادرة على توفير معلومات ملاحية عن سرعة تتجاوز 077 م/ث؛ أو

2 تستخدم فك التشفير، الخاص أو المعد خصيصاً لأغراض الخدمات العسكرية أو الحكومية، لخدمات الإشارات المتاحة للجمهور من النظم العالمية للملاحة الساتلية؛ أو

4 الخاصة أو المعدة خصيصاً لاستخدام خصائص التشويش (مثل التشويش الموجي الإغراء بالإشارة التشويش، أو الموجي القابل للتوجيه الاتجاهي) الخاصة بالعمل في نطاق حزمة أو حزم فرعية تقل عن 001 ميغاهرتز.

ملاحظة:

لا تشمل البنود 4.أ.4.ب.2 أو 4.أ.4.ب.4 في المعدات الخاصة بالاستخدام في خدمات النظم العالمية للملاحة الساتلية، سواء كانت إشارات مدنية أم عسكرية، أم نظم تعزيز قائمة على الخدمات الساتلية (مثل سلامة الخدمات الجوية وأمن الطيران).

الطبيعة والغرض: تعتبر أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة وحدات إلكترونية صغيرة تمتلك توصيلات طاقة وهوائي تستخدم في توفير معلومات بغاية الدقة حول موضع وسرعة المركبة. تعتبر أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة أحد ثلاث مكونات رئيسية لهذه النظم، المكونات الأخرى هي الأقمار الصناعية التي تدور حول مدار الأرض، ومحطات التحكم والمراقبة الأرضية. ويعد نظام غلوناس، والنظام العالمي لتحديد المواقع ونظام غاليليو من الأمثلة على النظم العالمية لسواتل الملاحة، والتي تعتمد جميعاً على الصور الفلكية التي تلتقطها الأقمار الصناعية الفعالة التي تقوم باستمرار بإرسال الإشارات إلى أجهزة الاستقبال الموجودة على الأرض.

طريقة التشغيل: تقوم أجهزة استقبال النظام العالمي لتحديد الموقع بكشف الترددات اللاسلكية التي يتم إرسالها من الأقمار الصناعية للنظام العالمي لتحديد الموقع التي تدور حول مدار الأرض في مدارات معروفة بدقة. تحدد الترددات اللاسلكية هذه القمر الصناعي وتتضمن مرجعاً زمنياً دقيقاً. تحدد اجهزة الاستقبال بتحديد الموقع والسرعة من خلال قياس تأخير الإشارة بين أربعة أقمار صناعية أو أكثر في آن معاً وتقوم بحساب النتائج استناداً إلى مواقعها المعلومات الأخرى التي تتضمنها الإشارة. يعمل كل من نظام غلوناس وغاليليو بنفس طريقة عمل النظام العالمي لتحديد الموقع تقريباً. كما يمكن استخدام أجهزة استقبال النظام العالمي لتحديد الموقع/نظام غلوناس/نظام غاليليو معاً.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة المستخدمة على النطاق العسكري والتجاري والمصممة أو المعدلة للأنظمة المبينة في البند أ.١ في نظم أجهزة الطيران المدمجة أو في نظم الملاحة المدمجة التي تتسم بالتعقيد لتوفير حلول تحديد المواقع والملاحة والتوقيت (PNT) عالية الدقة للمركبات العائدة، بما في ذلك القذائف الانسيابية. يمكن كذلك استخدام أجهزة الاستقبال المصممة خصيصاً للأنظمة الصاروخية لتكملة أو تحديث منظومة التوجيه ولزيادة الدقة.

الاستخدامات الأخرى: بالرغم من أن النظام العالمي لتحديد المواقع جرى تصميمه لأغراض عسكرية بالأساس، فإن أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة تستخدم في مجموعة من التطبيقات. تستخدم النظم العالمية لسواتل الملاحة في قطاع الملاحة التجارية وغيرها من نظم النقل،

وفي تقديم خدمات الإغاثة في حالات الطوارئ والكوارث، وأيضاً في عمليات المسح ورسم الخرائط.

الشكل ١٠١: نظام تحديد المواقع العالمي بالقصور الذاتي مصمم لتوفير حلول تحديد المواقع والملاحة والتوقيت (PNT) عالية الدقة للمركبات العائدة. (نورثروب غرومان)

الشكل (عند التصنيع): تعتبر أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة صغيرة الحجم، ويبلغ طولها عادةً بضعة سنتمترات من كل جانب، وهي خفيفة الوزن للغاية، وتزن عادةً أقل من ١ كغ (الشكل ١٠٢). لا يمكن دائماً تمييز أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة المدرجة في نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف عن أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة غير الخاضعة للمراقبة نظراً لأن حدود الارتفاع والسرعة مشمولة في ذاكرة القراءة الخاصة بالدارات المدقيقة. من أفضل الطرق لتحديد ما إذا كان جهاز استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة خاضعاً للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف الاعتماد على موديل جهاز الاستقبال، ورقمه التسلسلي، والوثائق المرافقة. فضلاً عن ذلك، تتوفر أجهزة استقبال النظم العالمية لسواتل الملاحة كجزء من منظومة التوجيه الكاملة وفق ما هو مبين في الشكل ١٠١.

الشكل (عند التعبئة): يتم عادةً تعبئة الأجهزة الإلكترونية الصغيرة باهظة الثمن. يتم إغلاق هذه العناصر بإحكام في غلاف مانع لدخول الهواء ومقاوم للرطوبة ويتم شحنها في حاويات ذات سنادات. بالمقابل، يتم شحن هذه الطرود في مجموعة من الحاويات، بما في ذلك البراميل المعدنية، والصناديق الخشبية، والعلب المصنوعة من مواد مُركبة أو المعدنية.

الشكل ١٠٢: على اليسار: جهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي/وحدة المعالجة مع هوائي التصحيح الخاص به. (سيكستانت أفيونيكس). على اليمين: جهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي/وحدة المعالجة. (إيتون غايدانس آند كونترول سيستمز)

)

١١.أ.٤ لمنظومات والمكونات الإلكترونية، المصممة أو المعدلة للاستخدام في النظم المحددة في البند ١.أ أو ١٩.أ، والمصممة خصيصاً للاستخدام العسكري والتشغيل في درجات حرارة تتجاوز ١٢٥ درجة مئوية.

الطبيعة والغرض: تفرض المساحة المحدودة المتوفرة في النظم الصواريخ ونظم المركبات الجوية غير المأهولة تصميم وتصنيع أنظمة صغيرة الحجم تمتاز بنفس الوقت بأنها نظم (عالية القدرة والكثافة). في حال تصميم الإلكترونيات لتحمل درجات الحرارة المرتفعة، عندها يمكن تفادي وزن المواد المطلوبة خلاف ذلك لعملية التبريد. بالتالي تكون المنظومات والمكونات الإلكترونية المستخدمة في مثل هذه الحالات نتيجة الجهود المضنية المبذولة في سبيل تصميم واختبار هذه النظم لضمان موثوقيتها عند استخدامها في البيئات التي تتمتع بدرجات حرارة عالية. إذ يتمثل الهدف الرئيسي في الحصول مواد إلكترونية متينة مقاومة للحرارة في ضمان الحصول على الأداء والموثوقية الأمثل للنظام مع خفض الوزن والمساحة إلى أدنى حد.

توفر المعدات المتخصصة أداء ملاحة محسن للهياكل الحالية.

تقوم معدات إعداد الخرائط الكفافية للأرض (TERCOM) بجمع القياسات الصادرة عن مقاييس الارتفاع الرادارية مع بيانات الخرائط الرقمية المثبتة في نظام توجيه القذائف.

تستخدم معدات إعداد ومضاهاة خرائط المشاهد مستشعرات بصرية لجمع المعلومات الارضية والتي يتم تالياً مقارنتها مع الصورة الرقمية المخزنة في حاسوب الطيران.

تستخدم معدات رادار دوبلر للملاحة تأثير دوبلر لتتبع مسار المزايا الأرضية وفق نسب مؤقتة لتحديد سرعة هيكل المركبة، بما في ذلك الانحراف الجانبي. تستخدم المعلومات التي يتم الحصول عليها بواسطة رادار دوبلر عادةً في تحديث معلومات الملاحة بالقصور الذاتي على حاسوب التوجيه.

تستفيد معدات القياس السلبي لتداخل الموجات من معدات إعداد ومضاهاة خرائط المشاهد الرقمية (DSMAC) للسماح للمركبات الجوية غير المأهولة بالملاحة وصولاً إلى هدفها بواسطة مقارنة الصور التي يتم التقاطها بواسطة كاميرا تصوير الفيديو الموجودة في مركبة الطيران مع الصور الرقمية رمادية النطاق المخزنة في حاسوب الطيران. يتم تفعيل هذا النظام بمجرد قيام نظام التوجيه الرئيسي بالطيران بالمركبة الجوية غير المأهولة نحو منطقة الهدف.

يمكن تقسيم معدات استشعار التصوير إلى فئتين، فعالة وأخرى خاملة. تتطلب مستشعرات التصوير الفعالة وجود إشارة منبعثة من المستشعر لكي تعمل. تستقبل المستشعرات الفعالة الإشارات المنعكسة وتقوم بمعالجتها. من الأمثلة على معدات استشعار التصوير الفعالة الرادارات ذات الفتحة التركيبية (SAR) أو رادارات التصوير الليزرية. تقوم مستشعرات التصوير الخاملة باستقبال الإشارات المنبعثة أو المنعكسة من الأجسام الموجودة في البيئة. من الأمثلة على معدات استشعار التصوير الخاملة المنظومات الضوئية الحساسة تجاه الأطياف المرئية أو الاشعة تحت الحمراء أو الاشعة فوق البنفسجية. في معظم الحالات، تستخدم البيانات التي يتم الحصول عليها من مستشعرات التصوير لتصحيح اخطاء التوجيه من خلال مطابقة الصورة مع صور الهدف المخزنة مسبقاً وإرسال أخطاء الموضع إلى برمجية التوجيه والتحكم.

طريقة التشغيل: يتم تشغيل المنظومات والمكونات الإلكترونية العسكرية عادةً بواسطة البطاريات ويتم تشغيلها بطريقة مشابهة كثيراً لطريقة تشغيل الإلكترونيات الأخرى. إلا أنها مصممة بهامش خطأ أكبر، وقد تم تأكيد موثوقيتها المحسنة بواسطة اختبارات درجة الحرارة والعمر المتسارع.

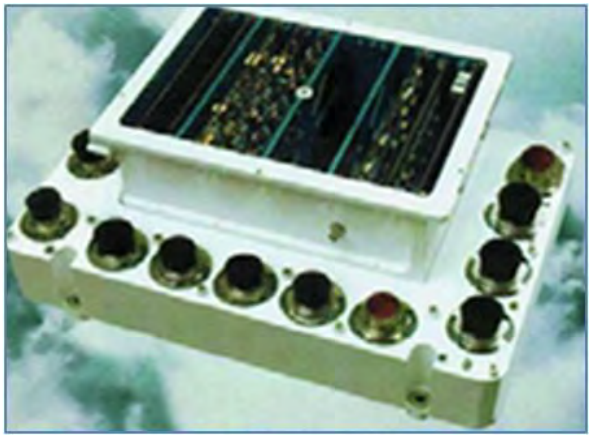
الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم الإلكترونيات القادرة على تحمل الحرارة في توجيه الحواسيب، وفي نظم الملاحة بالقصور الذاتي، وفي المركبات العائدة في القذائف التسيارية. كما أنها تعتبر كذلك مفيدةً في نظم الرادارات، والحواسيب، وأجهزة البحث الموجودة من بين نظم المركبات الجوية غير المأهولة.

الاستخدامات الأخرى: هنالك استخدامات افتراضية غير محدودة للمنظومات والمكونات الإلكترونية مع جميع أنواع الطائرات العسكرية والنظم العسكرية الأخرى. فضلاً عن ذلك، يتم استخدام أنواع منظومات أخرى تمتلك نفس المواصفات في الطائرات التجارية والسفن البحرية.

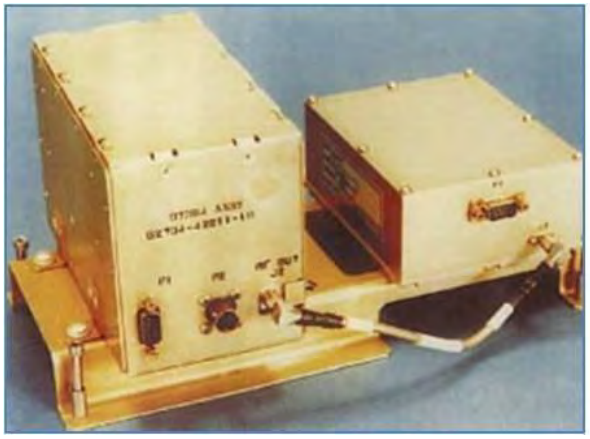
الشكل (عند التصنيع): تعتبر المنظومات الإلكترونية عادةً صغيرة الحجم وخفيفة الوزن، إذ يبلغ طولها بضعة سنتمترات من كل جانب ويبلغ وزنها بضعة غرامات. تشبه مكونات هذه المنظومات تلك المستخدمة في مجموعة واسعة من التطبيقات التجارية. إلا أن المنظومات الإلكترونية المستخدمة في التطبيقات العسكرية يتم تعبئتها عادةً في علب معدنية أو خزفية مانعة لدخول الهواء وإغلاقها بإحكام وليس في الأكياس البلاستيكية الشفافة المستخدمة لتعبئة المنظومات التجارية مثل معالج الصور الرقمي (DIPs). هنالك حالات استثنائية مثل المعالجات عالية الاداء مثل معالج الإشارات الرقمي رباعي النواة (DSP) (الشكل ٦) الذي يتم تعبئته في مواد التعبئة الخاصة في الوحدة النمطية متعددة الرقاقات بما في ذلك شرائح الذاكرة المكدسة، عالية الكثافة التي تمتلك سرعة وسعة ذاكرة استثنائية. يدل وجود مثل هذه الأجهزة عالية التكلفة على استخدام عسكري محتمل، إلا أن بعض المنظومات قد تبدو تقليديةً مثل تلك المبينة في الشكل ٥.

يتم عادةً تصميم المنظومات الإلكترونية المخصصة للاستخدام العسكري لتثبيت الحرارة. في بعض المنظومات، يتم تزويد المصارف الحرارية المدمجة معها بماء تبريد. تمتاز الواجهات البينية للكابلات بوجود توصيلات دارات متينة أو توصيلات مشدودة ببراغي مع الكابلات المحمية. يتم عادةً تثبيت للإلكترونيات داخل درع حماية الترددات اللاسلكية الخارجية (قفص فارادي) الذي يكون مغلقاً بإحكام لمنع دخول الهواء أو الذي يكون مفتوحاً أمام الضغط المحيط. تستخدم الأوعية المضغوطة في بعض الأحيان مع نظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة التي يجب أن تعمل على ارتفاع عالٍ للمساعدة في توصيل الحرارة إلى الغطاء وإلى إطار تثبيت المصرف الحراري. يتم عادةً تصنيع الأغطية من الألمنيوم، ويتم طلاء الأسطح المعدنية المكشوفة أو معالجتها بواسطة مواد مقاومة للتآكل مثل صفائح النيكل.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن المنظومات والمكونات الإلكترونية عادةً في أكياس بلاستيكية تتضمن علامات تشير إلى أنها أجهزة إلكتروستاتيكية حساسة، ويتم إحاطتها برغوة مطاطية أو غلاف الفقاعات لحمايتها من الصدمة، ويتم شحنها داخل صناديق من الورق المقوى أو، بصناديق خشبية بالنسبة للحمولات التي تتجاوز ٢٠ كغ.



الشكل ١٠٤: معالج إشارة رقمي منزوع الغطاء. يبلغ حجمه من ٥ إلى ٧.٥ سم من كل جانب. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)



الشكل ١٠٣: صندوق إلكترونيات المركبة الجوية غير المأهولة. (أيه أيه آي كوربوريشن)

٥.أ.١١ الموصلات المركزية وموصلات التجميع الكهربائية المصممة خصيصاً لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ.١ أو ١٩.أ.١.

ملاحظة تقنية:

تشمل موصلات التجميع المشار إليها في البند ٥.أ.١١ أيضاً الموصلات الكهربائية المركبة بين النظم المحددة في البنود ١.أ.١ أو ١٩.أ.١ و "حمولتها".

- ألمانيا
- روسيا
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تستخدم الموصلات المركزية وموصلات التجميع الكهربائية لوصل مراحل القذيفة، ونظم التوجيه، والحمولة مع بعضها ولوصل الصاروخ مع جهاز الإطلاق. يمكن أن توفر الموصلات المركزية وموصلات التجميع الكهربائية معلومات حول ترميز الإطلاق، والحالة الصحية، وسوائل التبريد الضرورية لنظم التوجيه.

طريقة التشغيل: تقوم الموصلات المركزية بوصل الصاروخ بمعدات الدعم الأرضية الموجودة على منصة الإطلاق، أو الصومعة أو جهاز النصب/الإطلاق. يتم تثبيت الموصلات المركزية في مكانها ميكانيكيا ويتم تحريرها قبل الإطلاق مباشرةً بواسطة مشغل. قد يكون هذا المشغل محملاً بنابض أو يتم تنشيطه بواسطة إصبع تفجير والتي تعمل على فصل الموصل المركزي أو أداة التوصيل ميكانيكياً عن جهاز الإيصال. بالمقابل، يتم تحرير الموصلات المركزية الأخرى عند تحرك المركبة نحو الأمام خلال الإطلاق حيث تقوم بالرجوع خلف غلاف الإطلاق لضمان عدم ارتطام الموصل المركزي بالصاروخ.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: توفر الموصلات المركزية وموصلات التجميع الكهربائية مساراً للصواريخ لاستقبال المعلومات وتستخدم كوسائل لمراقبة النظام واستجوابه.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد

الشكل (عند التصنيع): تبعاً لنوع موصل التجميع الكهربائي يتم تزويده بمسامير أو مقابس متعددة وتمتلك معظم الموصلات أسطوانة ربط مسننة. أما الموصلات المركزية فتمتلك وجهاً مسطحاً، مصنوع عادةً من راتنج الإيبوكسي أو البلاستيك الصلب. يمكن أن يحتوي وجه الموصل المركزي على كل من المسامير والمقابس ويمكن أن يحتوي كذلك على موصلات سائل التبريد لنظام التوجيه.

الشكل (عند التعبئة): يتم تغليف رؤوس الموصل المركزي وموصلات التجميع الكهربائية بمواد بلاستيكية مقاومة للصدمات الاستاتية، والتي تأتي عادةً بلون رمادي أو زهري. بسبب الأسلاك المتعددة الموجودة في الموصلات المركزية أو موصلات التجميع الكهربائية، لذلك يتم تعبئتها مع الأخذ بالاعتبار نصف قطر المنعطف. وللحيلولة دون تلف هذه الأسلاك، يتم تغليف الكبل بدائرة موسعة.

١١.ب معدات الاختبار والإنتاج

لا يوجد.

١١.ج المواد

لا يوجد.

11.د البرمجيات

١١.د.١ "البرمجيات المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البنود ١١.أ.١ أو ١١.أ.٢ أو ١١.أ.٤.

الطبيعة والغرض: تستخدم نظم المركبات الجوية غير المأهولة، ونظم الليزر والرادارات الليزرية التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء برمجية لتفسير وترجمة الإشارات المنعكسة إلى معلومات استطلاع، أو معلومات التوجيه الراداري لإصابة الهدف، أو معلومات التوجيه (باستخدام تقنيات مطابقة التضاريس الأرضية). في حين تستخدم معدات تحديد الاتجاه برمجية لتحديد (بعد استلام إشارتا ملاحة أو أكثر من أجهزة بيكون) موقع المركبة ووجهتها. يمكن لنظم الملاحة الآلية استخدام هذه المعدات وخطط الطيران المبرمجة مسبقاً لتوجيه المركبة إلى منطقة الهدف. كما يمكن لمستشعرات التصوير استخدام تقنيات رسم الخرائط الأرضية لتوجيهها أو سلاحها نحو الهدف. تستخدم نظم رادار دوبلر في نظم المركبات الجوية غير المأهولة لتحديد السرعة، ويجوز استخدامها في القذائف التسيارية في حال تمكنت نظم دوبلر من استلام ما يكفي من الطاقة المنعكسة.

طريقة التشغيل: تشكل مجموعة إلكترونيات الطيران من مستشعرات، وأجهزة التكامل والحواسيب سلسلةً من النظم الإضافية التي تفضي إلى ملاحة بغاية الدقة للقذائف التسيابية. يقوم كل واحد من هذه المستشعرات بجمع معلومات محددة من الإشارات الأرضية الفعالة (أجهزة بيكون الخاصة بالتوجيه الراداري لإصابة الهدف) والمصادر الخاملة (انعكاسات الرادار من أجسام معروفة ومرسومة على الخريطة) وتوفير إشارات ملاحة لحاسوب الطيران الذي يقوم بتعزيز مصادر نظام التوجيه بالقصور الذاتي. من جهة أخرى، تستخدم برمجية توجيه القذيفة لتفسير بيانات المستشعر هذه والبت بماهية التصحيحات المطلوب تنفيذها على حاسوب الطيران. يتم دمج جميع وظائف هذه البرمجية مع برنامج الرحلة الموجود على متن المركبة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذ الأجهزة لدعم نظم المركبات الجوية غير المأهولة وأيضاً لدعم ملاحة القذائف التسيارية.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم نظم الرادار، ونظم الليزر، ومعدات تحديد الاتجاه جميعاً في الطائرات المدنية والعسكرية لتعزيز نظم الملاحة بالقصور الذاتي.

الشكل (عند التعبئة): عادةً ما تتخذ برمجية نظام الرادار، وبرمجية المستشعرات الخاملة وبرمجية الطيران الملائمة للنظم المحددة في البند ١١.أ شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٢.د.١١ "البرمجيات المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البند ١١.أ.٣.

الطبيعة والغرض: تعمل برمجية النظم العالمية لسوائل الملاحة على معالجة إشارات الأقمار الصناعية لتصبح معلومات تتعلق بالموضع والتي تستخدم تالياً في نظم توجيه النظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة. يمكن أن تتضمن عملية المعالجة كذلك خوارزميات فك التشفير التي تسمح لجهاز الاستقبال بالوصول إلى معلومات التموضع العسكري الأكثر دقةً.

طريقة التشغيل: يمكن تثبيت أجهزة استقبال النظم العالمية لسوائل الملاحة التي تتسم بمتانتها في النظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة. تعمل برمجية النظم العالمية لسوائل الملاحة على حل خوارزميات هذه الإشارات وتقوم باشتقاق معلومات الموضع والسرعة الدقيقة. تعتبر هذه البرمجية عادةً جزءاً لا يتجزأ من برمجية الطيران برمجية الطيران الموجودة على متن المركبة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يمكن استخدام جهاز استقبال النظم العالمية لسوائل الملاحة لتعزيز بيانات الموضع والسرعة التي توفرها أدوات القصور الذاتي، أو يمكن أن تقوم مقام المصدر الرئيسي لهذه المعلومات.

الاستخدامات الأخرى: تعتبر برمجية النظم العالمية لسوائل الملاحة متخصصة وقد جرى تصميمها للعمل مع أجهزة استقبال النظم العالمية لسوائل الملاحة الخاصة. يمكن تطوير نظم من الفئة التجارية (الأقل دقة) من النزم العسكرية (دقة الموضع < ٦ متر في أي اتجاه، ومعلومات السرعة الأكثر دقةً) من خلال فك تشفير معلومات التوقيت الصادرة عن الأقمار الصناعية الأكثر دقةً والتي يتم توفيرها بواسطة إشارات نظام تحديد المواقع العالمي المدني الجديد والتي تأتي عبر شبكة الإنترنت ببطء كجزء من برنامج تحديث نظام المواقع العالمي. بدأت الأقمار الصناعية الجديدة ببث إشارات نظام تحديد المواقع العالمي المدني الجديد في ١ أبريل ٢٠١٤، ومن المتوقع أن يبدأ برنامج تحديث نظام تحديد المواقع العالمي ببث جميع الإشارات المدنية الجديدة على ٢٤ قمر اصطناعي لنظام تحديد المواقع العالمي بحلول عام ٢٠٢٠.

الشكل (عند التعبئة): عادةً ما تتخذ برمجية النظم العالمية لسوائل الملاحة شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية. لا يمكن دائماً تمييز أجهزة استقبال النظام العالمي لتحديد المواقع الخاضعة للمراقبة بواسطة نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بصرياً عن أجهزة استقبال النظام العالمي لتحديد المواقع غير الخاضعة للمراقبة نظراً لأن خوارزميات الارتفاع والسرعة يتم تنفيذها في الذاكرة المخصصة للقراءة أو البرمجية.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

١١.ه التكنولوجيا

١.ه.١١ "تكنولوجيا" التصميم لحماية الإلكترونيات الجوية الفضائية والنظم الفرعية الكهربائية من النبض والتداخل الكهرومغناطيسي الآتية من مصادر خارجية، على النحو التالي:

أ. "تكنولوجيا" التصميم لأغراض نظم حجب المجال المغناطيسي؛

ب. "تكنولوجيا" التصميم لأغراض تهيئة الدارات الكهربائية المُصلّدة والنظم الفرعية؛

ج. "تكنولوجيا" التصميم لمعايير التصليد الخاصة بما ورد أعلاه.

٢.ه.١١ "التكنولوجيا" وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات أو "البرمجيات" المحددة في البنود ١١.أ أو ١١.د.

الطبيعة والغرض: تستخدم تكنولوجيا النبض الكهرومغناطيسي (EMP) وتكنولوجيا التداخل الكهرومغناطيسي (EMI) لتحسين مقاومة النظم في البيئات التي تتضمن تشويشاً صناعياً على الترددات اللاسلكية لا سيما التشويش على الترددات اللاسلكية الناتج عن الأسلحة النووية التفجيرية. تستخدم هذه التكنولوجيا ثلاثة طرق، غالباً في آن معاً: فهي تقوم بتهيئة دارات حساسة لخفض التداخل إلى أدنى حد، كما أنها تقوم بإرفاق الدارات في صناديق التوصيل، كما تقوم كذلك بحماية أسلاك الدخل/الخرج (I/O) بواسطة أجهزة إخماد التغير المفاجئ في التيار الكهربائي، وكل هذا يتم عادةً داخل صندوق التوصيل.

الإنتاج العالمي

فواصين
- الهند
- المملكة المتحدة

فرنسا
- روسيا
- الولايات المتحدة

بالرغم من ان التكنولوجيا المستخدمة لحماية الدارات من النبض والتداخل الكهرومغناطيسي شائعة ومتوفرة، إلا أنه من الصعب تحديدها وتنفيذها أمر بالغ الصعوبة وينطوي على مشاكل جمة. حيث يمكن التحقق من هياكل الدارات، ومن استخدام أجهزة التخميد، ونماذج توقع تأثيرات الأسلحة ومن تحديد المعايير بواسطة برامج حاسوب تفاعلية، التي تقوم باستلام المعايير الخاصة في الأسلحة والنظم واستخدامها لتقييم البيئات التي تنطوي على التهديدات مثل الحقول المغناطيسية ومستويات التيار الكهربائي.

طريقة التشغيل: تتسم الحماية من النبض والتداخل الكهرومغناطيسي عموماً بأنها خاملة. إذ تقوم أجهزة الترددات اللاسلكية الملحقة بتوزيع طاقة الترددات اللاسلكية على هيئة تيارات كهربائية عبر سطح التوصيل الخارجي. ينبغي توخي الحرص مع الأغطية والأبواب للتأكد من أن الحقول

غير قادرة على التسرب إلى الغلاف الخارجي، ويتم استخدام الحشوات المعدنية ومُرشحات عادةً لإغلاق هذه الفتحات بإحكام. تعتبر أجهزة تخميد تداخل الدخل/الخرج حقولاً كهربائية بسيطة ذات دارة قُصر والتي تكون متصلة بالأرض أو توفر مقاومة عالية للتيار (مثال، المقاومة الكهربائية) بواسطة خوانق وفلاتر الترددات اللاسلكية. من ناحيةٍ أخرى، بعض أجهزة التخميد مثل صمامات زنر الثنائية، والصمامات الثنائية، وفجوات الشرر ومقاومات الأكسيد المعدني المتغيرة تقوم بتغيير مقاومتها عند شدة أو مستويات تيار معينة.

الشكل ١٠٥: بعض أجهزة تخميد التداخل الكهرومغناطيسي. (سابرينك)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم تكنولوجيا تصميم النبض والتداخل الكهرومغناطيسي في القذائف التسيارية لحماية منظومة التوجيه والمعدات الإلكترونية في المركبات العائدة من آثار النبض والتداخل الكهرومغناطيسي الناتجة عن المتفجرات النووية. كما تستخدم كذلك لحماية الأجهزة النارية مثل نظم فصل المراحل من الإشعال قبل الأوان. فضلاً عن ذلك، يمكن استخدام هذه التكنولوجيا في نظم المركبات الجوية غير المأهولة، إلا أنها تحتاج عموماً إلى حماية فقط من مستويات منخفضة من النبض والتداخل الكهرومغناطيسي التي يتم مواجهتها عند مسافة بعيدة عن الانفجارات النووية أو مصادر التداخل الأخرى.

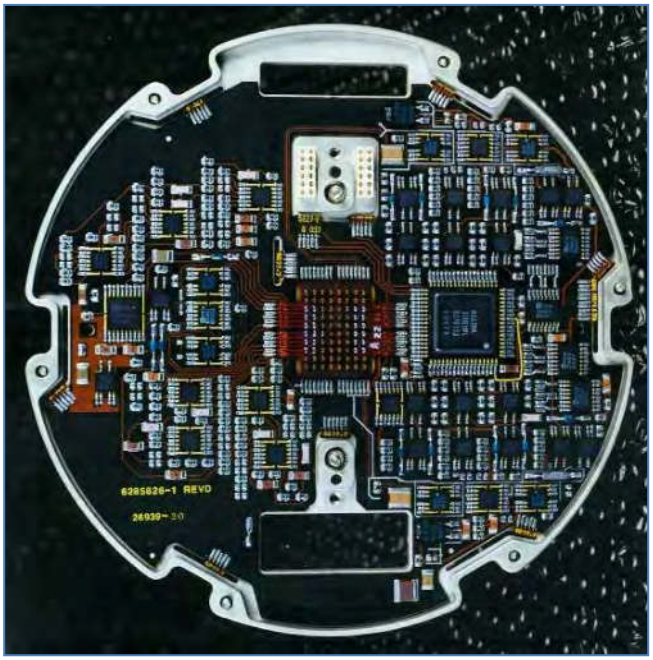
الاستخدامات الأخرى: تستخدم تكنولوجيا تصميم النبض والتداخل الكهرومغناطيسي مع الأقمار الصناعية، ومع بعض الطائرات العسكرية ونظم الأسلحة. كما تستخدم تكنولوجيا تداخل كهرومغناطيسي مشابهة في تصميم بعض النظم الإلكترونية ذات الاستخدام التجاري مثل برمجية أجهزة راديو الموجات القصية ومعدات مضخمات الصوت وذلك لخفض أو منع التداخل القادم من الأجهزة الكهربائية الأخرى. ومن الأمثلة الأخرى على الحماية من النبض والتداخل الكهرومغناطيسي أجهزة تخميد التغير المفاجئ في التيار الخاصة بالصواعق التي تضرب إمدادات وأسلاك الكهرباء.

الشكل (عند التصنيع): يمكن أن تأخذ تكنولوجيا التصميم هذه شكل مساعدة تقنية بما في ذلك التدريب والخدمات الاستشارية. يمكن أن تتخذ التكنولوجيا أيضاً شكل المخططات الأولية، أو الخطط، أو المخططات البيانية، أو النماذج، أو الصيغ، أو التصاميم والمواصفات الهندسية، والكتيبات والتعليمات المكتوبة أو المسجلة على اجهزة مثل قرص وشريط والذاكرات المخصصة للقراءة فقط.

يتم إنجاز بعض تكنولوجيات التصميم من قبل المعدات نفسها. تتم حماية منظومات الترددات اللاسلكية بواسطة غلاف خارجي معدني، يصنع عادةً من الألمنيوم. بالنسبة للتطبيقات خفيفة الوزن، يتم عادةً استخدام صناديق بلاستيكية مركبة مُعمرة تمتلك طبقة طلاء رقيقة من المعدن لحماية منظومات الترددات اللاسلكية. تتكون طبقة الطلاء عادةً من الألمنيوم، وتطبق على السطح الداخلي للصندوق. في حين يتم طلاء الأسطح المعدنية المكشوفة أو تتم معالجتها بواسطة مواد مقاومة للصدأ مثل صفائح النيكل. يبين الشكل ١٠٥ بعض أجهزة تخميد التداخل الكهرومغناطيسي. في حين يبين الشكل ١٠٦ وحدة الإلكترونيات الخاصة في النبض/التداخل الكهرومغناطيسي. تتم حماية الأجهزة الإلكترونية بواسطة طبقة محيطة من الألمنيوم والتي تقوم مقام قفص فارادي لمنظومات الترددات اللاسلكية عند إغلاقها بإحكام بواسطة الوحدات والغطاء المرافقة لها. يقوم سطح الألمنيوم الموجود أسفل لوحة الدارة مقام جدار فاصل بين منظومات الترددات اللاسلكية والوحدات الداخلية. ويتم تثبيت براغي الغطاء حيث تكون المسافة بينها بضعة سنتمترات للحيلولة دون حدوث فجوات في الغلاف الخارجي وللحفاظ على مستوى ضغط متساوي

على حشية منظومات الترددات اللاسلكية التي يمكن أن تكون من معدن رقيق، أو حشية مملوءة بالمعدن، أو نابض معدني أو شبكة أسلاك. يمكن أن تكون أجهزة النبض/التداخل الكهرومغناطيسي الإلكترونية بأي شكل كان بحيث تتلاءم مع المساحات الضيقة.

الشكل (عند التعبئة): يمكن تعبئة التكنولوجيا التي تكون على شكل تقارير، أو بيانات أو برامج إعداد المعايير في المغلفات المستخدمة في الأعمال كبيرة الحجم أو في مواد التعبئة المستخدمة في توزيع وسائط الحاسوب الإلكترونية العادية كبيرة الحجم. يتم شحن منظومات النبض/التداخل الكهرومغناطيسي عادةً في مواد مصنوعة من الورق المقوى تتضمن رغوة مطاطية أو غلاف الفقاعات الواقي أو، في حال تجاوز وزنها ٢٠ كغ، يتم شحنها عادةً في أكياس بلاستيكية تحمل علامة تتضمن بأنها تحتوي على أجهزة إلكتروستاتيكية حساسة حتى لو لم تكن كذلك.



الشكل ١٠٦: وحدة الإلكترونيات الخاصة في النبض/التداخل الكهرومغناطيسي. (سابر بيتك)

الفئة ٢ – البند ١٢

دعم الإطلاق

الفئة ٢ – البند ١٢: دعم الإطلاق

١٢.أ المعدات والمنظومات والمكونات

١٢.أ.١ الأنظمة والأجهزة، المصممة أو المعدلة لأغراض مناولة ومراقبة وتنشيط وإطلاق النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١٩.أ.١ أو ١٩.أ.٢.

الشكل ١٠٧: بطانة مخصصة للصومعة موضوعة في المكان المحدد لتركيبها في صومعة القذائف في مجمع إطلاق قيد البناء. (شركة بوينغ)

الطبيعة والغرض: تتضمن الأنظمة والأجهزة منشآت منصات الإطلاق، والهياكل المؤقتة، وكتل المباني، وصوامع الإطلاق الموجودة تحت الأرض، ومعدات المناولة، ونظم اختبار وفحص المعدات، ومعدات التزويد بالوقود، ومعدات الضبط ومعدات المراقبة والتحكم. تتسم بعض المعدات ببساطتها النسبية، مثل منصات الإطلاق الخرسانية. في حين تتسم المواد الأخرى، مثل منصات الإطلاق المتطورة ومنشآت الإطلاق التي تكون على شكل هيكل مؤقت، المستخدمة مع بعض مركبات الإطلاق الفضائية المتطورة بأنها على درجة تعقيد أكبر. أما العامل الحاسم في شمول هذه المعدات بموجب البند ١٢.أ.١ فهو ما إذا كانت هذه المعدات مصممة أو معدلة بخصوص النظم المحددة في البنود ١.أ، أو ١٩.أ.١ أو ١٩.أ.٢.

طريقة التشغيل: يعتمد نوع المعدات المستخدمة خلال إطلاق القذائف التسيارية على الطريقة المستخدمة في إيصال القذيفة إلى الموقع. في معظم الطرق، يتم إيصال القذيفة إلى الموقع بواسطة شاحنة، أو قطار، أو منصة إطلاق، أو منصة ذات عجلات. يتم بعد ذلك وضع القذيفة في موضعها بواسطة أجهزة نصب خاصة يتم بناؤها خصيصاً للموقع والقذيفة، أو بواسطة رافعة ملحقة مع الهياكل المؤقتة. في الصوامع، يتم وضع القذيفة في موضعها بواسطة رافعة تكون مركبة على الناقل، والتي تقوم بخفض القذيفة إلى أسفل الصومعة، وعلى نحو بديل، يتم خفض مراحل القذيفة أسفل الصومعة بواسطة رافعة أو ونش ويتم تفكيكها داخل الصومعة (الشكل ١٠٧).

من ناحية أخرى، يتم عادةً ضبط نظم توجيه الصواريخ الكاملة ومعايرتها بواسطة البوصلات و/أو معدات المسح. يمكن تنفيذ عملية الضبط هذه بشكل مبدئي ومن ثم يتم تحديثها بشكل منتظم قبل الإطلاق. إذ تستطيع العديد من نظم التوجيه تنفيذ عملية ضبط ذاتي بواسطة استشعار دوران الأرض. قبل الإطلاق، يتم تحميل بيانات الهدف والصورة البيانية للطيران في نظام التوجيه. ويتم التحقق من أداء النظم الفرعية بواسطة معدات اختبار إلكترونية وبرمجية تكون مرفقة مع القذيفة بواسطة كابلات. فضلاً عن ذلك، يتم التحقق من القذائف التي تبقى على أهبة الاستعداد بشكل مستمر. وعندما تكون حالة جميع الاستجابات للمعدات التي تم التحقق منها مرضية،

تكون المركبة جاهزة للإطلاق، ويتم تنفيذ تسلسل الإطلاق بحسب الأوامر. أما نظم المركبات الجوية غير المأهولة، لا سيما القذائف الانسيابية، فهي تصمم عادةً لتتناسب مع العديد من منصات الإطلاق (التي تتضمن واجهات بينية قياسية).

الشكل ١٠٨: منصة إطلاق بالحد الأدنى مع هيكل مؤقت وتوصيلات مع نظام صاروخي كامل. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

الشكل ١٠٩: منصة إطلاق خاصة بمكوك فضائي على منصة إطلاق متحركة قبل الإطلاق (ناسا).

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: معدات دعم الإطلاق مطلوبة لإعداد وإطلاق القذائف. حيث تستمر بعض هذه الأجهزة (أجهزة التوجيه والقيادة والتحكم) في مراقبة هذه القذائف والتحكم بها خلال كامل أو خلال أجزاء من مسار الطيران.

الاستخدامات الأخرى: هنالك تشابه إن لم يكن تطابق بين معدات النظم الهيدروليكية، وإلكترونيات التحكم، والحواسيب، والخزانات والأنابيب، المطلوبة للإطلاق القذائف، إن لم يكن تطابقاً، وبين تلك المطلوبة للأغراض المتعددة الأخرى. وتعتبر معدات النقل، والمناولة، والنصب، وخوارزميات الاستهداف والاختبار خاصةً بكل قذيفة بحيث لا يكون لها استخدامات أخرى. أما معدات دعم الإطلاق من الصواميع فهي مميزة، ومصممة خصيصاً لإطلاق القذائف البالستية ولا استخدامات تجارية لها.

الشكل (عند التصنيع): تمتاز منشآت منصات إطلاق مركبات الإطلاق الفضائية بأنها ضخمة للغاية وتنطوي على التعقيد، وتتألف من مباني منفصلة لتجميع المركبة، ومركبات ذات مسار ضخم (منصات الإطلاق المتحركة) لنقل المركبات الفضائية من نقاط التجميع إلى منصة الإطلاق، وأبراج الخدمة الثابتة (الشكل ١٠٨).

- ألبانيا
- الجزائر
- أرمينيا
- أستراليا
- النمسا
- أذربيجان
- بلجيكا
- بنين
- بوليفيا
- بوتسوانا
- البوسنة والهرسك
- البرازيل
- بلغاريا
- بوركينا فاسو
- بوروندي
- كمبوديا
- الكاميرون
- كندا
- جمهورية أفريقيا الوسطى
- تشاد
- تشيلي
- الصين
- كولومبيا
- جزر القمر
- جمهورية الكونغو الديمقراطية
- كوستاريكا
- كوت ديفوار
- كرواتيا
- قبرص
- جمهورية التشيك
- الدانمرك
- جيبوتي
- الدومينيكان
- الإكوادور
- مصر
- السلفادور
- إريتريا
- إستونيا
- إثيوبيا
- فنلندا
- فرنسا
- غابون
- غامبيا
- جورجيا
- ألمانيا
- غانا
- اليونان
- غواتيمالا
- غينيا
- غينيا بيساو
- هايتي
- هندوراس
- هنغاريا
- أيسلندا
- الهند
- إندونيسيا
- إيران
- العراق
- أيرلندا
- إسرائيل
- إيطاليا
- ساحل العاج
- جامايكا
- اليابان
- الأردن
- كازاخستان
- كينيا
- كوريا الجنوبية
- كوسوفو
- لاتفيا
- ليبيريا
- ليتوانيا
- لوكسمبورغ
- مقدونيا
- مدغشقر
- مالي
- موريتانيا
- موريشيوس
- المكسيك
- مولدوفا
- موناكو
- منغوليا
- الجبل الأسود
- المغرب
- موزامبيق
- ناميبيا
- هولندا
- نيوزيلندا
- النيجر
- نيجيريا
- النرويج
- عمان
- باكستان
- بنما
- باراغواي
- بيرو
- الفلبين
- بولندا
- البرتغال
- رومانيا
- روسيا
- رواندا
- السنغال
- صربيا
- سيشيل
- سيراليون
- سنغافورة
- سلوفاكيا
- سلوفينيا
- جنوب أفريقيا
- إسبانيا
- السويد
- سويسرا
- تايوان
- طاجيكستان
- تنزانيا
- تايلاند
- ترينيداد وتوباغو
- تونس
- تركيا
- تركمانستان
- أوغندا
- أوكرانيا
- الإمارات العربية المتحدة
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة
- أوروغواي
- أوزبكستان
- فنزويلا
- فيتنام
- زامبيا
- زيمبابوي

الإنتاج العالمي

يمكن أن تتضمن منصات إطلاق النظم الصغيرة مواقف طيارات خرسانية، وهي عبارة عن منصة صغيرة الحجم نسبياً يتم وضع القذيفة عليها، إلى جانب هيكل مؤقت مصنوع من عارضات فولاذية. لا تتضمن منصات الإطلاق المخصصة للعمليات العسكرية عادةً وقوداً دفعياً مخزناً، أو مضخات، أو منشآت مناولة، إذ يتم تنفيذ هذه العمليات بواسطة شاحنات ضخ وشاحنات صهريجية. كما أنها لا تتضمن كذلك نظام أوامر وتحكم دائم ولا معدات لفحص النظام، ويتم تنفيذ هذه العمليات بواسطة شاحنات تحمل هذه المعدات.

الشكل (عند التعبئة): يفرض حجم اتحدار منصات الإطلاق، والهياكل المؤقتة، والصوامع بناء هذه الأجهزة على الموقع، ونادراً ما يتم شحنها مجمعة. ووفق حجمها ووزنها، يتم لف المكونات الإلكترونية ووحدات التحكم وإغلاقها بإحكام في داخل مواد تبطين لحمايتها من الصدمات والرطوبة أثناء عملية نقلها وتخزينها، ليتم بعد ذلك تعبئتها كل على حدة في صناديق أو علب. أما المعدات الإلكترونية المستخدمة في ملاجئ التحكم بالإطلاق التي تتراوح بين صغيرة إلى متوسطة الحجم فغالباً ما يتم تركيبها في الملجأ، ويتم تثبيت كل الملجأ على منصة نقالة لنقلها. في حين هناك بعض معدات دعم الإطلاق الإلكترونية المحمولة والتي تم تخفيض حجمها لتصبح بحجم حقيبة يد.

١٢.أ.٢ المركبات المصممة أو المعدلة لأغراض نقل ومناولة ومراقبة وتفعيل وإطلاق النظم المحددة في البنود ١.أ.

الطبيعة والغرض: يتم إطلاق الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في البند ١.أ من الشاحنات، والقطارات، والطائرات، والسفن، والسفن البحرية. وباستثناء المركبات الجوية غير المأهولة الأضخم والأكثر قوة القادرة على الإقلاع الذاتي، تتطلب عمليات إطلاق معظم الصواريخ والقذائف (بما في ذلك عمليات الإطلاق من المواقع الثابتة) مركبات، لا سيما للنقل والمناولة.

تعد المركبات المعدلة لحمل، ونصب، وإطلاق القذائف مميزةً لأنها لا استخدامات عملية أخرى لها. من بين هذه المركبات، المركبات التي يشار إليها باسم المركبة الناصبة القاذفة الناقلة (TEL)، والتي توفر منصة إطلاق متحركة مستقلة عن منشآت الإطلاق الدائمة. على نحو بديل، يمكن حمل وإطلاق القذائف من مركبة ناصبة قاذفة متحركة (MELs أو ELs)، وهي عبارة عن مقطورة متصلة بمركبة قطر تسمى المحركات الأساسية. فالمركبات المعدلة لحمل معدات الأوامر والتحكم المطلوبة لتفعيل، وتحديد أهداف، والتحكم بالصواريخ أو مركبات الإطلاق الفضائية تعتبر مميزةً كذلك الأمر. فالبند ١٢.أ.٢ يشمل مراقبة المركبة بما في ذلك المعدات الموجودة على متنها، والتي يخضع بعضها للمراقبة بموجب البند ١٢.أ.١ في حال نزعها عن المركبة.

طريقة التشغيل: تؤدي المركبة الناصبة القاذفة الناقلة وغيرها من القاذفات المتحركة نفس وظائف الإعداد والإطلاق التي تؤديها منشآت دعم الإطلاق المشمولة في البند ١٢.أ.١. يتم عادةً تحميل المركبة الناصبة القاذفة الناقلة بالصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة التي تحملها بواسطة رافعة (التي يمكن أن تكون جزءاً منها) في منطقة العمل على مراحل. تقوم المركبة الناصبة القاذفة الناقلة بنقل الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة إلى موقع الإطلاق، حيث تقوم بنصبها في وضعية الإطلاق. في هذه المرحلة، يتم تزويد بعض القذائف بالوقود بواسطة شاحنات صهريجية أو شاحنات ضخ منفصلة، في حين يتم نقل البعض الآخر مزودةً بالوقود مسبقاً. بدوره يقوم كادر الإطلاق بإجراء التوصيلات الكهربائية للمركبة لضمان أن تكون جميع النظم الفرعية جاهزةً للإطلاق. يتم تحميل معلومات الاستهداف أو معلومات خطة الطيران، ويتم ضبط ومعايرة نظام التوجيه قبل الإطلاق.

الشكل 111: من الأعلى: مركبة ناصبة قاذفة متحركة ثمانية المحاور تحمل قذائف تسيارية في المقدمة، ومركبة ناصبة قاذفة ناقلة تحمل قذائف تسيارية متوسطة المدى. (بواسطة شبكة الإنترنت الصينية)

الشكل 111: أعلى اليمين: [illegible] (بواسطة شبكة الإنترنت الصينية)

الشكل ١١٠: من اليمين: مركبة مراقبة أرضية (المركبة، على اليسار) قادرة على التعامل مع مجموعة من نظم المركبات الجوية غير المأهولة. (أيه أيه آي كوربوريشن)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تتطلب نظم الصواريخ الكاملة ونظم المركبات الجوية غير المأهولة وجود مركبات مصممة أو معدلة خصيصاً للنظام، مثل المركبة الناصبة القاذفة الناقلة و/أو نظم الأوامر والتحكم ومركبات الدعم المرافقة.

الاستخدامات الأخرى: تستوحى فكرة هذه المركبات، ونظمها الهيدروليكية، وإلكترونيات التحكم، والحواسيب، ومعدات الاتصالات، من مجموعة واسعة من المعدات التجارية والعسكرية.

الشكل (عند التصنيع): من المزايا الاستثنائية للمركبة الناصبة القاذفة الناقلة المصممة للقذائف التسيارية وجود آلية نصب قادرة على رفع القذيفة إلى وضعية شاقولية. يمكن تزويد المركبة بقاطرة، إلا أن معظمها عبارة عن مركبات ضخمة يصل حجمها إلى حجم مقطورة الجرار أو سيارة شحن، إذ تمتلك من ٣ إلى ٨ محاور إطارات مطاطية. يبين الشكل ١١٠ أمثلة على أنواع هذه المركبات.

تمتاز المركبات الناصبة القاذفة الناقلة أو المركبات الناصبة الناقلة المتحركة ببساطتها النسبية وبوجود هيكل إطلاق (مثل سكة الحديد أو علبة) تتم إمالتها في بعض الأحيان للإطلاق. يمكن أن يتباين حجم ووزن هياكل الإطلاق بشكل كبير، تبعاً للمركبة الجوية غير المأهولة المخصصة للإطلاق. تشغل هياكل إطلاق المنصات الهيدروليكية أو المنصات الصاروخية للمركبات الجوية غير المأهولة حجماً صغيراً يتراوح بين ٢ إلى ٣ متر. يمكن تثبيت هياكل إطلاق مشابهة على مركبة مقطورة أو ذات عجلات (الشكل ١١١). في حين يورد الشكل (١١٢) مثالاً على شاحنة أوامر وتحكم يمكن أن ترافق المركبات الناصبة القاذفة الناقلة أو المركبات الناصبة الناقلة المتحركة.

الشكل (عند التعبئة): تكون شكك الإطلاق أو آليات النصب الموجودة على المركبات الناصبة القاذفة الناقلة أو المركبات الناصبة الناقلة المتحركة مدموجةً مع المركبة أو شاسي المقطورة. بالنتيجة، يتم وضع هذه الأجهزة في مكانها الطبيعي على المركبة أو المقطورة عند تعبئتها لشحنها من منشأة الإنتاج. تتم قيادة، أو قطر، أو شحن المركبات أو جرها أو شحنها بواسطة السكك الحديدية إلى منشأة المستخدم. في حين تتم تعبئة المركبات الأخرى بنفس طريقة تعبئة المركبات العسكرية أو التجارية الأخرى.

الشكل ١١٣: على اليسار: مركبة ناصبة قاذفة مفصولة عن ناقلها الرئيسي. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥). أعلى اليمين: مركبة ناصبة قاذفة ناقلة مخصصة للقذائف النسيابية الضخمة من الفئة ٢. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥). أسفل اليمين: ناصبة قاذفة للمركبات الجوية غير المأهولة المدعمة بصاروخ ونظام الأوامر والتحكم المرافق لها. (تيليدين ريان أيرونوتيكال).

الشكل ١١٤: قاذفة مركبة جوية غير مأهولة هوائية. على اليمين: مركبات نظام الأوامر والتحكم ملائمة لإطلاق القذائف من مواقع ثابتة أو متحركة. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥).

٤.أ.42 مقاييس التدرج الجانبية أو مقاييس التدرج الجانبية المصممة أو المعدلة لاستخدام الجوي أو الفضائي التي يمكنها استخدام أنظمة الملاحة بالقصور الذاتي المحددة في البند ٤.أ.٤ أو أنظمة الملاحة المرجعية العالمية المحددة في البند ٤.أ.٥ والتي تحقق أيًا مما يلي، طوال مدة تشغيلها العادية، لمستويات الإشعاع المتوقعة:

أ. تحقق جميع المواصفات التالية بعد تعرض مقاييس التدرج الجانبية لإجمالي جرعة متراكمة تبلغ 7.0 كيلوراد (سي) أو أكثر؛ و

٤. تظل الانحراف المعياري لقياس الخطأ (أي التحيز الثابت) أقل من أو يساوي 0.7 جرام أو أقل؛ و

٢. تظل الانحراف المعياري لقياس الخطأ (أي التحيز الثابت) أقل من أو يساوي 1.4 جرام أو أقل.

ب. مقاييس التدرج الجانبية.

- مقاييس التدرج الجانبية الخطية
- كندا
- الصين
- ألمانيا
- روسيا
- الولايات المتحدة
- مقاييس التدرج الدليلية
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: بما أن الأرض ليست كروية تماماً، فإن قوة حقل جاذبيتها تتقلب عبر سطحها. إذ يمكن أن يؤثر التغير في التضاريس والارتفاع والكثافة الجوفية على قوة الجاذبية. تقوم مقاييس الجاذبية ومقاييس تدرج الجاذبية بإجراء قياسات دقيقة لمقدار قوة الجاذبية في مواقع مختلفة. يتم استخدام هذه البيانات لإنشاء خرائط حقل جاذبية الأرض على نطاق عدة كيلومترات حول موقع إطلاق القذيفة التسيارية لأن الجاذبية المحلية المتغيرة من شأنها أن تتسبب في حدوث أخطاء في التوجيه بالقصور الذاتي ما لم يؤخذ ذلك في الحسبان في برمجية توجه القذيفة. من جهةٍ أخرى، تستطيع الطائرات، والحوامات، والسفن، والغواصات المجهزة بمقاييس جاذبية رسم خرائط الجاذبية في البحر. كما يمكن للطائرات والحوامات المجهزة بمقاييس الجاذبية رسم الخرائط فوق التضاريس الجبلية. فضلاً عن ذلك، يمكن استخدام مقاييس تدرج الجاذبية كمستشعرات في نظم التوجيه لتحسين الدقة.

طريقة التشغيل: تختلف طرق التشغيل مع اختلاف أنواع المعدات. إذ يمكن لبعضها قياس زمن سقوط كتلة ما بدقة، في حين تستخدم أخرى مجموعة من أجهزة قياس متدلية تدور على حزام دوار وتقيس تسارع إعادة توازن القوة الإلكترومغناطيسية. كما أن بعضها يتم تشغيله مع بدء حركة الطائرة أو السفينة أو الغواصة، وبعضها الآخر يتم خفضه إلى سطح الأرض أو إلى قاع البحر لإجراء عملية القياس. تحتاج النظم المصممة للعمل على منصة متحركة مثل السفينة أو الطائرة جيروسكوبات وأجهزة قياس تسارع بالقصور الذاتي ذات جودة عالية لتحقيق ثبات محوري منصة المستشعر. تحتاج النظم المصممة لخفضها إلى سطح الأرض أو قاع البحر أن تمتلك تكنولوجيا ضبط مستوى ذاتية.

تستخدم مقاييس تدرج الجاذبية مجموعة من مقاييس التسارع عالية الجودة المثبتة على قرص دوار يتسم بالدقة. ومع دوران أجهزة قياس التسارع بمستوى أفقي، تستطيع رصد فروقات الجاذبية الدقيقة حول محيط القرص الدوار. وينتج عن تقسيم الفرق بين متوسط القراءات المأخوذة على الجانبين الشرقي والغربي للقرص الدوار على قطر القرص الدوار، الحصول على تدرج الجاذبية الطولية.

وعلى نحوٍ مشابه، ينتج عن تقسيم الفرق بين متوسط القراءات المأخوذة على الجانبين الشمالي والجنوبي للقرص الدوار على قطر القرص الدوار، الحصول على تدرج الجاذبية العرضية. يؤدي استخدام العديد من أجهزة قياس التسارع إلى خفض تأثير انحراف معامل قياس أجهزة قياس التسارع كل على حدة، كما ينتج عن تدوير أجهزة قياس التسارع حول المحيط الإلغاء الافتراضي لتأثير انحراف معامل الانحياز.

الشكل ١١٥: مقياس الجاذبية الآلي هذا من أكثر مقاييس الجاذبية دقةً، ومتانةً، وأخفها وزناً. فخلال الظروف العادية، يمكن ضبطه للقراءة بدرجة الميلغال في غضون ٣٠ ثانية، وهو يمتلك نسبة انحراف أقل من ٠,٥ ميلغال في الشهر. (زد ال اس كوربوريشن)

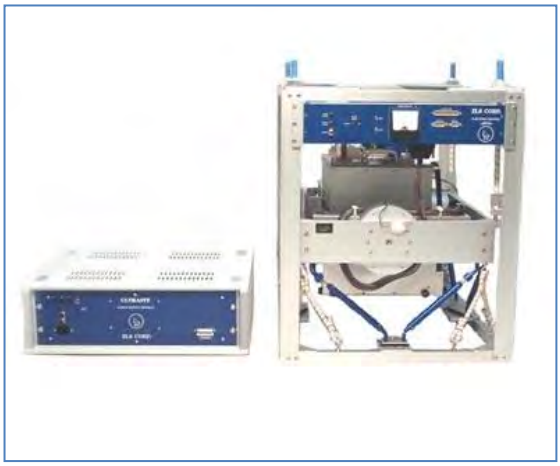
الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تتطلب النظم عالية الدقة وجود خرائط جاذبية تغطي مسافة تبلغ من عدة كيلومترات إلى مئات الكيلومترات لمنطقة مواقع إطلاق القذائف الانسيابية. يمكن استخدام مقاييس الجاذبية في الطائرات لرسم خرائط منطقة كبيرة من التضاريس الوعرة أو من البحر المفتوح أو بالقرب من الطرق الجبلية أو غيرها من المناطق التي ينبغي أن تعكل فيها القذائف المتحركة. كما يمكن استخدام مقاييس الجاذبية في السفن أو الغواصات لرسم خارطة جاذبية المثل تحت سطح البحر لتسهيل الإطلاق الدقيق للقذائف التسيارية من الغواصات أو من التركيبات الأرضية بالقرب من الساحل. نظراً لأن الآثار الناجمة عن فروقات الجاذبية في منطقة الإطلاق صغيرة للغاية، لذلك تعتبر خرائط الجاذبية مفيدة للغاية لنظم القذائف التسيارية المعروف مسبقاً بأنها تتسم بالدقة. من ناحية أخرى، يمكن أن تكون مقاييس تدرج الجاذبية مفيدةً لتوجيه المركبات الجوية غير المأهولة فوق الماء أو فوق التضاريس عديمة الميزات.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم مقاييس الجاذبية ومقاييس تدرج الجاذبية في استكشاف البترول والموارد المعدنية، وفي مجال الهندسة المدنية، ورسم الخرائط الجيوفيزيائية، وفي الهندسة الجيوتقنية وفي اكتشاف الآثار، وفي دراسات المياه الجوفية والدراسات البيئية، وفي الأبحاث المعمارية، وفي الأبحاث البركانية، وفي أبحاث الحرارة الجوفية. تستخدم مقاييس تدرج الجاذبية كأجهزة ملاحة مساعدة في الغواصات.

الشكل (عند التصنيع): تصنف مقاييس الجاذبية ومقاييس تدرج الجاذبية بأنها أدوات ميكانيكية وإلكترونية عالية الجودة تتسم بحساسيتها. يختلف شكل مقياس الجاذبية على نحو واسع لأن الشركات تقوم ببنائها بشكل مختلف تبعاً للأغراض المختلفة. تكون النظم المدمجة كلياً في علبة واحدة صغيرةً بأبعاد تبلغ ٢٥ سم × ٣٢ سم × ٣٢ سم ويبلغ وزنها بحد أدنى ٦ كغ (دون بطارية) (الشكل ١١٥).

أما النظم ذات العلب المنفصلة فيمكن أن تكون كبيرة الحجم إذ يصل حجمها إلى متر مكعب ووزنها إلى ٣٥٠ كغ؛ تعد هذه النظم الكبيرة نموذجيةً ويجوز تعبئتها في أكثر من حاوية واحد لشحنها. ومن الصعب تمييز وحدة مستشعر الجاذبية المأرض جوي – المصممة خصيصاً لاستخدامها في التطبيقات البحرية والجوية (الشكل ١١٦) – على اعتبار أنها تعتمد على مزايا السفينة، وظروف البحر، ودقة الملاحة (التي تكون عادةً بدرجة ١ ميليغال). تخضع مثل هذه النظم للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف في حال كانت تفي بمعايير الأداء المحددة في البند ١٢.أ.٣.

يتم إرفاق المكونات الإلكترونية أو الميكانيكية إما في علب من البلاستيك الصلب أو المعدن. تتضمن بعض النظم الأدوات ولوحة التحكم في نفس العلبة، أما نظم أخرى فتنفصل أدواتها عن لوحات التحكم. عادةً ما تمتلك العلب



الشكل ١١٦: مقياس ديناميكي، نظام التحكم الرقمي الكامل بالمقياس لتحسين الدقة الكلية للنظام من خلال إلغاء انحرافات التضخيم والموازنة الكامنة في الإلكترونيات التناظرية. (زد ال اس كوربوريشن)

لوحات تحكم إلكترونية أو ميكانيكية، وحشوات، وأقراص تحكم دوارة، ومفاتيح بزر مفصلي، وتوصيلات للإلكترونيات الخارجية وكابلات الحاسوب.

تمتلك بعضها شاشات لرؤية البيانات التي تم تجميعها إما بطريقة رقمية أو تناظرية، والبعض الآخر يمتلك منافذ لطباعة النسخ الورقية من البيانات. لكن معظمها تمتلك لوحات وصول قابلة للنزع. ويمكن تزويد النظم ببطاريات لتشغيل النظام. بالمقابل تمتلك بعض النظم حواسيب وبرمجيات مدمجة معها. من جهة أخرى، تم بناء بعض مقاييس الجاذبية ليتم خفضها باتجاه الأرض بواسطة كبل لتعمل من حواسة. أما المقاييس الأخرى فقد تم بناؤها ليتم خفضها إلى قاع البحر بواسطة سفينة أو غواصة.

الشكل (عند التعبئة): نظراً لأن بعض النظم حساسة وباهظة الثمن، يتم تعبئتها وشحنها بواسطة حاويات متينة، تتضمن مواد بلاستيكية، وفوشار بلاستيكي، وأكياس فقاعات بلاستيكية، أو غيرها من المواد المصممة لحمايتها ضد الصدمات. تتضمن حاويات الشحن عادةً بطاقات تحذير تتضمن عبارات مثل "سريع العطب"، "ينبغي توخي الحذر معها" أو "أدوات حساسة".

3.أ.42 معدات القياس عن بعد والتحكم عن بعد بالمعدات الأرضية، المصممة أو المعدلة لأغراض النظم المحددة في البنود 4.أ أو 4.أ.47 أو 2.أ.47.

ملاحظات:

4. لا ينطبق البند 3.أ.42 على معدات التحكم المصممة أو المعدلة لأغراض الطائرات المأهولة أو الصواريخ.
2. لا ينطبق البند 3.أ.42 على المعدات الأرضية المصممة أو المعدلة لأغراض التطبيقات الأرضية أو البحرية.
4. لا ينطبق البند 3.أ.42 على المعدات المصممة لأغراض الخدمات التجارية أو المدنية أو التحقق من صلاحية الأرواح" (مثل سلامة الهيئات وأمن الطيران) للنظام الدولي العام للملاحة.

المصنعون
- فرنسا
- الهند
- روسيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: تتضمن معدات القياس عن بعد المستشعرات، وأجهزة الإرسال، وأجهزة الاستقبال التي تقوم بإرسال معلومات أثناء الطيران بشأن أداء الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة إلى الأرض. تتيح هذه الأجهزة للمهندسين مراقبة طيران وأداء المركبة، وتحديد أسباب أي إخفاق. تستخدم مثل هذه المعدات على نحو واسع خلال اختبار طيران الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة خلال الطيران باستخدام الطاقة. إلا أن العديد من القذائف التسيارية والانسيابية الصالحة للتشغيل تطير بشكل ذاتي (أي بدون تحكم عن بعد).

طريقة التشغيل: تقوم معدات القياس عن بعد المركبة في نظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة المتطورة على مراقبة معايير الطيران الهامة (التسارع، الاهتزاز، الطاقة/التيار، إعدادات سطح التحكم، الضغوط، درجات الحرارة، نسبة التدفق، مواضع الصمامات، الطاقة/التيار الكهربائي واحدة أو أكثر. تقوم أجهزة الاستقبال بدورها بفك تشفير البيانات، وعرضها وتسجيلها

لإعادة تشغيلها وتحليلها لاحقاً. يتم إعداد معظم العمليات داخل مبنى بواسطة وصلة هوائي خارجي. وفي حال كان موضوعاً في سناد جيمبال، يمكن لهذا الهوائي الارتكاز على ثلاثة محاور لتتبع مسار النظام الصاروخي أو المركبة الجوية غير المأهولة أثناء الطيران. ويمكن أن يتطلب الأمر وجود العديد من المحطات الأرضية، الثابتة أو المتحركة، على طول مسار الطيران.

الشكل ١١٧: بعض أجهزة إرسال القياس عن بعد المصممة لتحمل بيئات التشغيل القاسية التي تتطلب مواد تعبئة مضغوطة ومتينة. (ايه بي ام)

هنالك اختلاف عادةً بين نظم التحكم عن بعد الموجودة في الصاروخ وتلك الموجودة في المركبة الجوية غير المأهولة. يتم تتبع مسار الصواريخ التي تتضمن توجيهاً بواسطة الأوامر بواسطة الرادار الموجود بالقرب من موقع الإطلاق عادةً. تتم معالجة بيانات مسار الطيران لمقارنة المسار الفعلي والمسار المطلوب. في حال وجود اختلافات، يتم إرسال أوامر توجيهية من المحطة الأرضية بواسطة الراديو إلى جهاز الاستقبال الموجود في النظام الصاروخي، والذي يقوم بتنفيذ الأوامر لوضعه في المسار الصحيح. تتم المحافظة على دائرة الأوامر هذه حتى يتم إطفاء المحركات، وتتواصل بقية الرحلة بواسطة النظام التسياري ما لم تستخدم القذيفة أسطح التحكم الديناميكية. يتم تنفيذ التحكم عن بعد في نظم المركبات الجوية غير المأهولة بواسطة مفهوم "التحكم البشري". يقوم مستشعر (كما هو الحال في التلفاز) موجود في المركبة الجوية غير المأهولة بإرسال صورة بصرية إلى محطة التحكم الأرضية. يقوم الشخص الذي يطير بالمركبة برؤية هذه الصورة فيرسل تعليمات توجيهية إلى المركبة بواسطة رابط البيانات.

الشكل ١١٨: نظام هوائي قياس عن بعد ضخم مصمم للمركبات الجوية غير المأهولة ومراكز اختبار الطيران. (تشيلتون أنتينا)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعد عملية التحكم عن بعد من العمليات الهامة التي ترمي إلى التحقق من الأداء أثناء اختبارات الطيران الخاصة بكل من نظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة. دون مثل هذه البيانات، يمكن أن يطول وقت اختبار الطيران وتزداد تكلفته ويتطلب الأمر تنفيذ العديد من اختبارات الطيران الأخرى. أما التحكم عن بعد فيستخدم في تطبيقات المركبات الجوية غير المأهولة. نادراً ما يتم استخدام التحكم عن بعد مع القذائف التسيارية الصالحة للتشغيل أو القذائف المانسيابية التي تحمل أسلحة لأن رابط البيانات عرضة للتشويش أو الانقطاع.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم معدات قياس عن بعد مشابهة لاختبار الطائرات التجارية والعسكرية. كما أنها تستخدم كذلك في المجال الصناعي لجمع البيانات من المواقع النائية ومن المحطات الكيميائية وغيرها من المحطات التي تحتوي على بيئة محفوفة بالمخاطر. فضلاً عن ذلك، تستخدم هذه المعدات مع المركبات الأرضية الآلية التي يجب أن تعمل في بيئات محفوفة بالمخاطر.

الشكل (عند التصنيع): يتم إرفاق معدات القياس عن بعد التي يتم تركيبها في المركبات الطائرة في صناديق معدنية صغيرة مع كابل الطاقة،

الشكل ١١٩: هوائي SATCOM عسكري ضخم مخصص لنشر الأوامر الهامة ومالئم لإجراء الاتصالات مع المركبات الجوية غير المأهولة. (جنرال ديناميكس)

وتوصيلات الهوائي، وبعض الخصائص المميزة (الشكل ١١٧). يعد هوائي استقبال نظام القياس عن بعد الموجود في المحطة الأرضية الجزء الأبرز من معدات القياس عن بعد. فهي تتكون عادةً من صحون دوار ضخم يمكنه الدوران في بُعدين، وفق ما هو مبين في الشكل ١١٨ (يبلغ قياسه أحياناً ٦٠ قدم ويتم تركيبه على برج فولاذي على ارتفاع ٣٨ قدم). تتخذ المعدات الإلكترونية المستخدمة في المحطة الأرضية لإعادة تنظيم، وقراءة، وتسجيل، وتفسير، وعرض القياس عن بعد

شكل معظم المعدات العلمية المركبة على حامل أو اجهزة الحاسوب التي لا تمتلك مزايا مميزة.

تتيح معدات التحكم عن بعد في نظم المركبات الجوية غير المأهولة الاتصال بين المركبة ومحطة التحكم الأرضية. حالها كحال معدات القياس عن بعد، يتم احتواء هذه المعدات في صناديق معدنية مع نظام الطاقة، والكابلات، وتوصيلات الهوائي، دون أن يكون شكلها مميزاً. هنالك بعض نظم المركبات الجوية غير المأهولة التي تتصل بمحطات تحكمها الأرضية بواسطة الأقمار الصناعية وتتطلب وجود هوائيات SATCOM أرضية خاصة (الشكل ١١٩).

الشكل (عند التعبئة): نظراً لحساسية الأجهزة الإلكترونية فيها، يتم شحن معدات القياس عن بعد عادةً في حاويات من الورق المقوى أو الخشب والتي تمتلك سنادات. يمكن أن تتضمن بعض الحاويات بطاقات تشير إلى ضرورة التعامل معها بعناية. يتم عادةً وضع المعدات في مواد بلاستيكية محكمة الإغلاق لحماية الأجهزة الإلكترونية من الرطوبة والتفريغ الإلكتروستاتيكي. كما يتم تفكيك منظومات المعدات الضخمة مثل محطات التحكم عن بعد المدمجة ويتم شحنها في حاويات منفصلة.

الشكل ١٢٠: أعلى اليسار: هوائي SATCOM مركب في مركبة جوية غير مأهولة (جينيرال أتوميكس أيرونوتيكال). أعلى اليمين: جهاز إرسال واستقبال للقمر الصناعي مع هوائي انسيابي الشكل (راكال افيونيكس). أسفل اليمين: لوحة مفاتيح وحدة تحكم بالطيران محمولة في مركبة جوية غير مأهولة (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥). أسفل اليسار: نظام تجاري مع هوائي موجه ميكانيكياً (الشكل الانسيابي غير مبين. (راكال افيونيكس).

الشكل ١٢١: صورة تمثيلية لمعدات استقبال ومعالجة القياس عن بعد في المحطة الأرضية (إن–سنيك)

7.أ.42 نظم التتبع الدقيق، التي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البنود 4.أ أو 4.أ.47 أو 2.أ.47 على النحو التالي:

أ. نظم التتبع التي تستخدم أيًا من التالي:

1. مرفق مركب في الصاروخ، أو في المركبة الجوية غير المأهولة، أو في المركبة الجوية غير المأهولة إلى أبعد من مدى 300 كم أو في المركبة الجوية غير المأهولة على سرعة تفوق 900 كم/ساعة؛ أو

2. نظم ملاحة تستخدم البيانات الواردة من أكثر من مستقبلين ملاحيين عبر الأقمار الصناعية (مثل نظام تحديد المواقع العالمي أو نظام الملاحة العالمي عبر الأقمار الصناعية) في أي من الحالات التالية:

a. تعمل بالاستفادة من تشفير مصمم خصيصًا للحكومة؛ أو

b. تتضمن أجهزة استقبال تستخدم تقنية الهوائي المصفوفي للتكيف الفعال أو الهوائي النشط للتكيف الفعال؛

ب. رادارات أجهزة المدى بأي من الخصائص التالية:

1. مدى سرعة يتجاوز 4.7 ميغاهرتز؛ و

2. مدى يبلغ 47 كم أو أكثر بدقة تتجاوز 10 أمتار ؛ أو

3. سرعة تتجاوز 4 أمتار في الثانية.

الطبيعة والغرض: تصدر نظم التتبع الدقيق سجلات دقيقة لمسار النظار الصاروخي أو مسار رحلة المركبة الجوية غير المأهولة. يستخدم المهندسون هذه البيانات لمساعدتهم في تحديد أداء المركبة وأسباب فشل المركبة. كما يستخدم المهندسون المسؤولون عن سلامة المدى هذه البيانات لمراقبة مسار طيران القذيفة. فإذا ما انحرفت القذيفة عن مسار السلامة، ستتدمر. يمكن استخدام نظم التتبع الدقيق بالتوازي مع، أو كبديل عن معدات القياس عن بعد، التي تقوم بإعادة إرسال البيانات الخاصة بسجل زمن تسارع المركبة، الذي تتم إعادة هيكلة مسار القذيفة وفقاً لها.

المصنعين
- لوكهيد مارتن الولايات المتحدة
- بوينغ الولايات المتحدة
- نورثروب غرومان الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي
- فرنسا
- ألمانيا
- الهند
- روسيا
- إسرائيل
- اليابان

طريقة التشغيل: تقوم ناقلة الشفرة المركبة على الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة بمعالجة الإشارات التي تستلمها من الأرض أو من أجهزة إرسال القمر الصناعي. تحمل هذه الإشارات بيانات التوقيت التي تسمح لناقلة الشفرة بتحديد المسافة إلى كل جهاز إرسال. بعد ذلك تتم إعادة هذه البيانات إلى المحطة الأرضية بواسطة تردد وصلة هبوط مختلف. ونظراً لأن أجهزة الإرسال موجودة في موقع معروف، يمكن للمحطة الأرضية أن تحدد بدقة موضع القذيفة وسرعتها. يمكن عرض هذه البيانات في الوقت الحقيقي أو يمكن تسجيلها.

فضلاً عن ذلك، تستخدم رادارات أجهزة المدى لتحديد موضع وسرعة القذيفة. يتم عادةً استخدام رادار ذو مجال رؤية عريض لتتبع الموقع التقريبي للمركبة، الذي يستخدم بعد ذلك لتوجيه الرادارات بمجال رؤية ضيق، أو بواسطة مراقبات التتبع البصرية أو مراقبات التتبع بالأشعة البصرية تحت الحمراء القادرة على تحديد زاوية، ومدى، وسرعة القذيفة بالدقة المطلوبة. يتم تسجيل هذه البيانات فور حدوثها، إلى جانب تسجيل الوقت المستمر. يتمثل الاختلاف في هذا النهج في تركيب جهاز إرسال صغير في مركبة الرحلة والذي يقوم ببث أو جهاز مرسل مستجيب يقوم بالاستلام وإعادة البث وفق التردد التشغيلي للرادار وبالتالي يوفر مرشد ملاحي يسمح للرادار بتتبع القذيفة بسهولة أكبر.

لا تعتبر الطريقة التي جمعت فيها البيانات مهمة، ولكي تكون مفيدة، ينبغي تفسير البيانات المتعلقة في الوقت والموضع. ويمكن تنفيذ عملية معالجة بيانات ما بعد الرحلة في أي مكان، إلا أن ذلك يجري عادةً في مركز معالجة بيانات القياس عن بعد حيث يتم استقبال البيانات في الوقت الحقيقي وتسجيلها. تتم قراءة هذه البيانات المسجلة، وفلترتها ومعالجتها. بعد ذلك يتم إعادة تسجيل بيانات التتبع المعالجة على قرص أو شريط لإجراء التحليلات التالية عليها أو إعداد رسم بياني للخرج.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر نظم التتبع الدقيق ورادارات أجهزة المدى مفيدةً خلال مرحلة اختبار برنامج الطيران لتحديد ما إذا كانت القنيفة تطير وفق المسار المقرر ولمراقبة أية أخطاء تشوب طيران القنيفة. تستخدم هذه المعلومات لتقييم وتحسين أداء العديد من النظم الفرعية. لذلك من الضروري وجود برمجية تعالج بيانات ما بعد الرحلة المسجلة والتي تساعد في تحديد موضع المركبة خلا مسار الطيران وذلك لتفسير بيانات الرحلة هذه.

الشكل ١٢٢: نظام تتبع ليزري إلكتروني بصري. (بي ايه اي سيستمز)

الشكل ١٢٣: نظام تتبع قذائف ليزري متحرك. (كونترافس)

الشكل ١٢٤: رادارات المصفوفة الطورية المتحرك لتتبع القذائف. . (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام النظم في دعم اختبار الطائرات العسكرية والتجارية وتطوير الأسلحة، بما في ذلك القذائف المدفعية والصواريخ الصغيرة. يمكن في المجال الصناعي استخدام بيانات ما بعد المعالجة لتقييم الحوادث بعد وقوعها، مصل أداء سيارات السباق.

الشكل (عند التصنيع): تشبه معدات التتبع الدقيق ورادارات أجهزة المدى الأجزاء الأرضية من معدات القياس والتحكم عن بعد. يشمل ذلك الرادارات المعروفة على شكل أطباق المبينة في الشكل ١١٨ والشكل ١١٩، فضلاً عن رادارات المصفوفة الطورية، التي تتميز بسطحها المسطح (أكثر منه محدب) (الشكل 124). كما تستخدم الأجهزة البصرية التي تشبه التلسكوبات، والمناظير الآلية الضخمة ونظم التتبع بالليزر التي تشبه المعدات البصرية (الشكلان 122 و123).

تعد أجهزة نظام التتبع الدقيق (جهاز مرسل مستجيب) المحمولة على متن نظم الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة عموماً أغلفة إلكترونية صغيرة جداً تتراوح مساحتها بين ٨٠٠ سم ٣ و ٢٥٠٠ سم ٣. وتتسم عموماً بأنها أغلفة متينة ومغلقة بإحكام تكون مقاومةً للعوامل البيئية مع توصيلات طاقة وهوائي خارجية. العنصر الفرعي الوحيد بين الأجهزة المرسلة المستجيبة هذه هو الهوائي، والذي يثبت عادةً على السطح الخارجي للصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة.

الشكل (عند التعبئة): نظراً لحساسيتها ضد الصدمات، يتم شحن المعدات الإلكترونية عادةً في حاويات تمتلك سنادات. يمكن أن تتضمن بعض الحاويات بطاقات تشير إلى ضرورة التعامل معها بعناية. يتم عادةً وضع المعدات في مواد بلاستيكية محكمة الإغلاق لحماية الأجهزة الإلكترونية من الرطوبة والتفريغ الإلكتروستاتيكي. كما يتم تفكيك منظومات المعدات الضخمة مثل الرادارات، والمتتبعات البصرية، والمتتبعات الليزرية ويتم شحنها في صناديق خشبية ويتم تجميعها في الموقع ويتم حماية جميع الأجهزة البصرية في أغطية مقاومةً للعوامل البيئية.

ملاحظة:

لا ينطبق البند 42.أ.0 على البطاريات الحرارية الصممة خصيصاً لنظم الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة التي يقل "مداها" عن 477كم أو أكثر.

ملاحظة فنية:

البطاريات الحرارية هي بطاريات تستخدم مرة واحدة وتحتوي على محلول ملح عضوي وغير موصل للماء يعمل بدور الإلكتروليت. وتضم هذه البطاريات مادة صلبة بالحرارة تخيب الإلكتروليت عند تنشيطها في النار وتشتغل البطارية.

الطبيعة والغرض: تعد وظيفة البطارية الصحيحة من أهم المكونات للوفاء بمتطلبات المهمة المتعلقة بنظم الإيصال الكاملة. فالبطاريات الحرارية، التي تتميز بالاكتفاء الذاتي، والمغلقة بإحكام، إلى جانب مصادر الطاقة الإلكتروميكانيكية، تمتاز بالعديد من الخصائص المميزة التي تجعل منه مقاومةً لبيئات التشغيل القاسية، وعليه فهي ملائمة تماماً للوفاء بالعديد من المتطلبات العسكرية. تتضمن هذه المزايا القدرة على البقاء خاملة مع طول العمر التخزيني وصولاً حتى ٢٠ عاماً، دون الهبوط في أداءها مع الحفاظ في نفس الوقت على القدرة على تفعيل وتفريغ طاقتها في على الفور، إلى جانب العمل في درجات الحرارة القصوى (التي تتراوح من –٦٥ درجة مئوية إلى +٢٢١ درجة مئوية)؛ فضلاً عن ذلك، فهي تمتاز بكثافة تيار عالية تناسب تطبيقات الطاقة العالية؛ والموثوقية العالية، وانخفاض تكاليف صيانتها وتخزينها.

الشكل ١٢٥: بطارية حرارية (مجموعة ايه اس بي)

طريقة التشغيل: تتألف البطاريات الحرارية من سلسلة من الخلايا (تعرف باسم مجموعة الخلايا)، وتمتلك كل واحدة منها قطباً موجباً، ومحلولاً كهربائياً، وقطباً سالباً وكتلةً حرارية. يبقى المحلول الكهربائي في حالته الصلبة حتى يتم تفعيله، في حين تبقى الخلايا خاملةً تماماً أثناء تخزين البطارية. تمتلك ميزة التخزين بحالة عدم التفعيل هذه فائدة مزدوجة وهي تفادي تلف المواد الفعالة خلال عملية التخزين، وفي نفس الوقت إلغاء خسارة السعة بسبب التفريغ الذاتي إلى أن يحين الوقت لاستخدام البطارية.

هنالك نوعان من تصاميم البطارية الحرارية التي تزود البطارية بالعديد من الآليات عند تفعيلها. فأحد الأنواع يستخدم طريقة تجريد الصمام الموجود على طرف الكريات الحرارية لبدء عملية تسخين المحلول الكهربائي. يتم البدء بعملية تجريد الصمام بواسطة جهاز التشغيل الكهربائي وذلك من خلال تطبيق التيار الكهربائي عبره.

أما التصميم الثاني فيستخدم ثقباً مركزياً موجود في وسط مجموعة البطارية والذي يقوم جهاز التشغيل الكهربائي عالي الطاقة بإشعال خليط الغازات الساخنة والجسيمات المتوهجة فيه. يتيح التصميم الأخير أوقات تفعيل أسرع بكثير (عشرات الأجزاء من ألف جزء من الثانية مقابل مئات الأجزاء من ألف جزء من الثانية لتصميم تجريد الحافة). يمكن تفعيل البطارية كذلك بواسطة كبسولة، تشبه تلك المستخدمة في ذخائر الأسلحة الصغيرة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم البطاريات الحرارية في التطبيقات التي تتطلب الإيصال الفوري للطاقة العالية، مثل توفير الطاقة إلى نظم التفعيل الكهربائي في نظم مركبات الإطلاق الفضائية والقذائف، ولتشغيل نظم التوجيه المشغلة إلكترونياً في القذائف، أو في نظم الدفاع الجوي والقياس عن بعد. إذ تشكل المصدر الرئيسي للطاقة الكهربائية لمجموعة من القذائف والأسلحة النووية. فمن شأن متطلبات الكهرباء المأخذة بالتزايد في هذه النظم بسبب الوظائف الإلكترونية المأخذة بالتزايد في القذائف المتقدمة والمتطورة زيادة الطلب على البطاريات الحرارية في هذه الأنواع من التطبيقات.

الشكل ١٢٦: مجموعة مختارة من البطاريات الحرارية المصممة لمجموعة من التطبيقات العسكرية. (اتش بي إل باور سيستمز)

الاستخدامات الأخرى: يستفاد من البطاريات الحرارية في مجموعة من التطبيقات الأخرى، العسكرية والمدنية منها. فهي توفر الطاقة الكهربائية للألغام وقذائف المدفعية الموجهة، كما تستخدم كذلك بمثابة مصادر طاقة لأغراض صناعية (مثل منصات الحفر ونظم المراقبة. يمكن كذلك تطبيقها في سوق السيارات الكهربائية. أما العائق الرئيسي الذي يقف في وجه الاستخدام واسع النطاق للبطاريات الحرارية بعيداً عن التطبيقات العسكرية المحددة أنها غير مجدية من الناحية الاقتصادية. فمعظم البطاريات الحرارية تستخدم لمرة واحدة فقط، لأن البطاريات الحرارية القابلة لإعادة الشحن لا تتسم بالكفاءة (بسبب الخسارة العالية للطاقة بفعل العزل الحراري ووقت بدء التشغيل الطويل الذي تستغرقه للوصول إلى درجة حرارة التشغيل المثلى).

الشكل (عند التصنيع): يتم تصنيع البطاريات الحرارية في إطارات تثبيت فولاذية محكمة الإغلاق ضمن ضغط جوي يتضمن إعادة تعبئة إما الهـواء الجاف أو الغاز الخامل. فهي صغيرة الحجم نسبياً، ويبلغ عرضها من حوالي ٣,٥ إلى ١٧,٥ سم أما ارتفاعها فيبلغ ٢٢ سم. يتراوح وزنها من حوالي ٢٠٠ غ إلى ١,٢ كغ (الشكل ١٢٦).

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن البطاريات الحرارية في صناديق معدنية أو بلاستيكية أو في صناديق ورق مقوى مبطنة.

١٢.ب معدات الاختبار والإنتاج

لا يوجد.

١٢.ج المواد

لا يوجد.

١٢.د البرمجيات

١٢.د.١ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البند ١٢.أ.١.

الإنتاج العالمي

- ألمانيا
- البرازيل
- فنلندا
- فرنسا
- إيران
- إيطاليا
- اليابان
- كوريا الجنوبية
- روسيا
- جنوب أفريقيا
- السويد
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة
- روسيا البيضاء
- سلوفينيا
- سويسرا
- تايوان
- تركيا
- أوكرانيا
- جمهورية التشيك

الطبيعة والغرض: تستخدم برمجية الدعم الأرضي وفحص القذائف لمراقبة ظروف جاهزية النظم الصاروخية أو المركبات الجوية غير المأهولة قبل إطلاقها. يتم تركيب هذه البرمجية على قطعة او أكثر من قطع معدات الدعم الأرضي ويمكن تصميمها خصيصاً لمراقبة نظام صاروخي فرعي وحيد، مثل نظام التوجيه. عادةً، تحتوي هذه البرمجية على رموز آمنة تحول دون إطلاق شخص غير مخول للقذيفة دون وجود تفويضات مناسبة، كما أنها تحتوي على رمز يقوم ببدء الإطلاق ومراقبة العد التنازلي النهائي إلى أن يتم إشعال المرحلة الاولى.

طريقة التشغيل: يتم تحميل برمجية الدعم الأرضي وفحص القذائف في معدات الدعم الأرضي الخاصة بالنظم الصاروخية والمركبات الجوية غير المأهولة. تقوم هذه البرمجية بإدارة الأجهزة الأرضية المتصلة كهربائياً مع النظام الصاروخي أو المركبة الجوية غير المأهولة بواسطة توصيلات مخفية بهدف تجميع الإشارات الخاصة بحالة القذيفة. عند استلام أمر الإطلاق، يمكن أن تكون البرمجية متضمنةً رموزاً تتأكد من صحة أمر الإطلاق، وإن كان صحيحاً، فإنها تقوم ببدء تسلسل إطلاق الصاروخ/المركبة الجوية غير المأهولة ومراقبته. ولدى تصميمها بشكل صحيح، تزود البرمجية المشغل بحالة العد التنازلي للإطلاق التي تكون مفيدةً في حال وجود أعطال في النظام وفشل الإطلاق قبل إشعال المرحلة الأولى. في حين يتيح التحليل الفني لمؤشرات النظام التعافي الفوري ومحاولة إعادة الإطلاق فيما بعد.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه البرمجية لمراقبة نظم القذائف قبل الإطلاق. يمكن استخدام الإصدارات الأخرى منها لبدء الإطلاق ومراقبته إلى أن يتم إشعال المرحلة الاولى.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ برمجية الدعم الأرضي وفحص القذائف شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط المغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٢.د.١٢ البرمجيات التي تعالج البيانات المسجلة بعد الطيران، والتي تتيح تحديد موقع المركبة طوال مسار طيرانها، والمصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩.

الطبيعة والغرض: يمكن تنفيذ عملية معالجة بيانات ما بعد الرحلة في أي مكان، إلا أن ذلك يجري عادةً في مركز معالجة بيانات القياس عن بعد حيث يتم استقبال البيانات في الوقت الحقيقي وتسجيلها. تتم قراءة هذه البيانات المسجلة، وفلترتها ومعالجتها. بعد ذلك يتم إعادة تسجيل بيانات التتبع المعالجة على قرص أو شريط لإجراء التحليلات التالية عليها أو إعداد رسم بياني للخرج.

تتألف برمجية معالجة بيانات ما بعد الرحلة والبيانات المسجلة عادةً من برمجية تصفية رياضية تقوم بشكل روتيني بمعالجة البيانات المسجلة سابقاً بهدف توفير تقييم سلس لمسار المركبة. تستخدم برمجية المعالجة هذه لتوفير بيانات موضع المركبة التقديري خلال الفترات الزمنية التي تنقطع فيها بيانات الوقت الحقيقي وأيضاً لتنفيذ عملية التصفية أملاً في الحصول على أفضل تقييم للمسار. تستخدم العديد من أنواع التصفية الرياضية المختلفة التي تتراوح بين البسيطة مثل استكمال الخط المستقيم بين نقاط البيانات، وصولاً إلى التصفية متعددة الحدود الأكثر تطوراً مثل طريقة تصفية الشريحة المناسبة. كما تستخدم بعض طرق التصفية الروتينية مثل نظام كالمان للتصفية للمعالجة التالية لهذه البيانات، بالرغم من أن نظام كالمان يستخدم عادةً في تطبيقات التتبع في الوقت الحقيقي نظراً لقدرته على استخدام مضاعفات مصفوفة مبسطة للوصول إلى حل التتبع.

طريقة التشغيل: تقوم منشآت اختبار مدى الطيران بإرسال بيانات الطيران وبيانات تتبع المدى إلى منشأة معالجة مركزية. تحتوي منشأة المعالجة على حواسيب عالية السرعة تقوم بتحويل هذه البيانات و، في بعض الحالات، تقوم بجمع بيانات مجموعة من المستشعرات الأرضية المنفصلة وبيانات أجهزة الطيران التي يتم قياسها عن بعد من الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة بهدف تجميع معلومات حول الأداء.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم بيانات اختبار الطيران لدعم أداء النظام الصاروخي وتقييم دقته. كما أنها تستخدم لتقييم اداء طيران المركبات الجوية غير المأهولة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم المعدات المستخدمة في دعم تقييمات اختبار طيران الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة لتقييم أداء الطائرات العسكرية والمدنية.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية المستخدمة في معالجة معلومات ما بعد رحلة القذائف والمعلومات المسجلة شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

٣.د.١٢ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البنود ٤.أ.١٢ أو ٥.أ.١٢، التي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩.

- ألبانيا
- أفغانستان
- أنغولا
- أنتيغوا وبربودا
- الأرجنتين
- أستراليا
- النمسا
- بلجيكا
- بوليفيا
- البوسنة والهرسك
- البرازيل
- بلغاريا
- كمبوديا
- كندا
- تشيلي
- كولومبيا
- كوستاريكا
- كرواتيا
- قبرص
- جمهورية التشيك
- الدانمرك
- جمهورية الدومينيكان
- إكوادور
- السلفادور
- إستونيا
- فنلندا
- فرنسا
- ألمانيا
- اليونان
- غواتيمالا
- هايتي
- هندوراس
- هنغاريا
- أيسلندا
- الهند
- إندونيسيا
- إيرلندا
- إسرائيل
- إيطاليا
- اليابان
- الأردن
- كازاخستان
- كينيا
- كوريا الجنوبية
- لاتفيا
- ليتوانيا
- لوكسمبورغ
- مقدونيا
- ماليزيا
- مالطة
- المكسيك
- موناكو
- الجبل الأسود
- المغرب
- هولندا
- نيوزيلندا
- نيكاراغوا
- النرويج
- باكستان
- بنما
- باراغواي
- بيرو
- الفلبين
- بولندا
- البرتغال
- رومانيا
- روسيا الاتحادية
- سانت كيتس ونيفيس
- سانت لوسيا
- سانت فنسنت وغرينادين
- صربيا
- سنغافورة
- سلوفاكيا
- سلوفينيا
- جنوب أفريقيا
- إسبانيا
- السويد
- سويسرا
- تايلند
- ترينيداد وتوباغو
- تركيا
- أوكرانيا
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة
- أوروغواي
- فنزويلا

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تستخدم البرمجية المبينة في هذا القسم في جمع بيانات الطيران التي يتم بثها إلى المحطات الأرضية (القياس عن بعد) لتحليلها.

طريقة التشغيل: تستخدم هذه البرمجية لجمع معلومات حول النظام والأداء أثناء الطيران (عادةً من حاسوب الطيران) وأيضاً لضغط البيانات ونمذجتها على شكل دفق بيانات والذي يتم بعد ذلك بثه إلى أجهزة الاستقبال الأرضية. تقوم بعد ذلك برمجية أخرى موجودة ففي هذه المحطات الأرضية بأخذ دفق البيانات المستلم، وتقوم بتفكيك البيانات وتحويلها إلى معلومات حول الأداء. ثم يقوم مهندسو النظام بعد ذلك بتحليل المعلومات لتقييم أداء النظام.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: هذه البرمجية مصممة فقط لجمع، ومعالجة وعرض معلومات حول أداء طيران الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة والتي يقوم المهندسون بتحليلها لتحديد أداء النظام. والتي تعتبر جوهريةً لتقييم اختبار طيران الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية المستخدمة في جمع ومعالجة معلومات مسارات القذيفة شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط المغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو الإنترنت.

١٢.ه التكنولوجيا

١٢.ه.١ "التكنولوجيا"، وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات أو "البرمجيات" المحددة في البنود ١٢.أ أو ١٢.د.

الطبيعة والغرض: تُعرف تكنولوجيا دعم الإطلاق بأنها المعرفة أو البيانات المطلوبة لتطوير وتشغيل معدات دعم الإطلاق، والبرمجية المرتبطة بها. يتمثل الغرض من تكنولوجيا دعم الإطلاق إعداد أو تحسين عملية تطوير وإنتاج واستخدام معدات دعم الإطلاق والفحص، إلى جانب التحكم (بدء التشغيل أو رفضه) في إطلاق الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة ومراقبته. تشتمل التكنولوجيا، المبينة في هذا القسم، المعرفة الضرورية لتشغيل وتطوير معدات دعم الإطلاق والبرامج المرتبطة بها إلى جانب القدرة على فهم بيانات القياس عن بُعد الناتجة.

طريقة التشغيل: تتوفر تكنولوجيا دعم الإطلاق في عدة أشكال. فقد تتضمن التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص أو مؤسسات لديهم لديه سجل خبرة حافل بخصوص تطوير التحكم والفحص الأرضي أو نظم القياس عن بعد لنظم الصواريخ أو المركبات الجوي غير المأهولة والذين يقومون مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج أو الاختبار. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية بشأن تطوير وتصميم معدات الدعم الأرضي أو القياس عن بعد بواسطة التدريب المقدم من قبل دولة أخرى. ويمكن أن ترقى أية كتيبات ومواد يتم استلامها خلال فترة التدريب لتكون بيانات تقنية. يمكن أن تأتي المساعدة التقنية كذلك على شكل مساعدة في شراء المواد، والمعدات، والمواد التقنية إما عن طريق توفير المواد أو على شكل توجيه بشأن ماهية المعدات التي ينبغي شراؤها.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه التكنولوجيا في المقام الأول لتطوير وإنتاج واستخدام برمجية الدعم والفحص الأرضي، وبرمجية التحكم في الإطلاق ومراقبته، إلى جانب معدات دعم الإطلاق التي تستخدم هذه البرمجية، ولجمع، وإرسال، واستقبال، ومعالجة معلومات أداء القذيفة باستخدام معدات القياس عن بعد وبرمجية الدعم.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ١٣

الحواسيب

الفئة ٢ – البند ١٣: الحواسيب

١٣.أ المعدات والمنظومات والمكونات

٤٤.أ.٤ الحواسيب التناظرية أو الرقمية أو الهجينة التناظرية الرقمية، المصممة أو المعدّلة للاستخدام في النظم المحددة في البند ٤.أ، والتي تتميز بأي من الخصائص التالية:
أ. أعدت للتشغيل المستمر في درجات حرارة تتراوح بين أقل من -37 درجة مئوية وأكثر من +77 درجة مئوية؛ أو
ب. صممت لتكون مقاومة أو "مُحصّنة ضد الإشعاع".

ملاحظة:
لا تخضع الحواسيب المعدات الواردة في البند ٤٤.أ.٤ إذا كانت جزءاً من طائرة مأهولة، أو من أحد الصواريخ، أو الأقمار الصناعية، أو المركبات الفضائية المأهولة.

الطبيعة والغرض: تستخدم نظم الصواريخ الكاملة ونظم المركبات الجوية غير المأهولة الخاضعة للتحكم بموجب البند ١.أ حاسوباً واحداً على الأقل، في منظومة التوجيه بشكل أساسي، أو في نظم أجهزة الطيران المدمجة أو في نظم الملاحة المدمجة. يقوم حاسوب التوجيه بحساب المعلومات المتعلقة في سرعة القذيفة وموضعها المستلمة من المستشعرات الموجودة على متنها، باستخدام البيانات التي يتم جمعها لمقارنتها مع مسار طيران القذيفة المحدد والمسار الفعلي، وتقوم بإرسال أوامر التوجيه لتصحيح الأخطاء المكتشفة. يمكن أن تقوم الحواسيب كذلك بتوفير التفضيلات الزمنية للقذيفة فتصدر أوامر إيقاف لنظام الدفع والتسليح بشأن حمولة الأسلحة في أوقات طيران مناسبة. يمكن كذلك استخدام حواسيب المهمة لتخزين وتنفيذ خطط الطيران المبرمجة مسبقاً.

طريقة التشغيل: تقوم حواسيب الطيران التناظرية أو الرقمية بالدمج السريع لمعادلات حركة طيران القذيفة وتقوم بحساب مقدار وفترة الأوامر الضرورية للحفاظ على مسار طيران القذيفة. تستلم الحواسيب الإشارات الكهربائية من المستشعرات الموجودة على متن المركبة، وتقوم بتنفيذ العمليات الحسابية المناسبة، وإرسال إشارات الأوامر إلى مختلف نظم القذيفة في محاولة لمقارنتها مع مسار الطيران المبرمج مسبقاً. يتم عادةً تشغيل هذه النظم بواسطة البطاريات (باستطاعة ٢٨ فولت عادةً) وتستخدم كابلات التوصيل لإجراء عملية التوصيل البيني مع المستشعرات ونظم التحكم.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تمتلك معظم نظم الصواريخ الكاملة والمركبات الجوية غير المأهولة (بما في ذلك القذائف الانسيابية) على الأقل حاسوب رقمي واحد يتسم بمتانته لإجراء حسابات الملاحة والتحكم ولإجراء الدمج الرقمي لبيانات وحدة القياس بالقصور الذاتي. كما تستخدم العديد من النظم حواسيب لضبط مُؤازرة مقفلة الحلقات لأجهزة جيمبال وحدة القياس بالقصور الذاتي وأيضاً لتحقيق ثبات سطح التحكم بالطيران

يجب أن يكون الحاسوب قادراً على العمل بدرجات الحرارة القاسية التي تواجهها القذائف التسيارية أثناء طيرانها في الفضاء، أو المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات عالية (HALE)، أو القذائف التسيابية التي تحمل على هياكل معدنية في ارتفاعات عالية. تتطلب القذائف وجود حواسيب متينة للتعامل مع الاهتزازات والصدمات الناتجة عن طيران القذيفة، في حين تتطلب القذائف المصممة للتحمل والعمل في البيئات النووية حواسيب مصلدة ضد الإشعاع.

الاستخدامات الأخرى: تمتلك الحواسيب المتينة العديد من التطبيقات في المجالات العسكرية والتجارية. إذ تتطلب معظم الطائرات، القذائف التكتيكية، والمركبات الفضائية العسكرية والمدنية حواسيب متينة تعمل ضمن درجات الحرارة القاسية المحددة في مرفق نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف. من جهة أخرى، تتطلب المركبات الفضائية والأقمار الصناعية ذات العمر المديد المتمركزة في أحزمة الإشعاع أو بالقرب منها، متطلبات تتعلق في التصلد ضد الإشعاع، ولكن قد تكون هذه المتطلبات أقل بعض الشيء من مواصفات المحددة في المرفق.

الشكل ١٢٩: منظومة أجهزة إلكترونية مصلدة ضد الأشعة مع تبريد بالسائل. (ذات تشارلز ستارك درابر لابوراتوري إنك)

الشكل ١٢٨: حاسوب مهمة آخر لمنصات متعددة، هذا الحاسوب مصمم لاستخدامه في تطبيقات فضائية وعسكرية قاسية. (كورتس رايت اميديد كومبيوتنج كونترولز)

الشكل ١٢٧: حاسوب مهمة لمهام متعددة. يجعل حجمه المضغوط منه مثالياً لبعض المركبات الجوية غير المأهولة ذات المساحات الضيقة. (كورتس رايت اميديد كومبيوتنج كونترولز)

الشكل (عند التصنيع): عادةً يتم إرفاق الحواسيب التي تتم تهيئتها بخصوص القذائف والمركبات الجوية غير المأهولة في علب معدنية تتضمن مصارف حرارية مدمجة معها لتشتيت الحرارة الناتجة عن سرعات التشغيل العالية. كما أنها تتسم بحجمها المدمج وتصميمها المناسب للبيئات ذات المساحات الضيقة. هنالك مثالان بشأن الحواسيب المتينة متعددة المهام المصممة لاستخدامها في التطبيقات الفضائية والعسكرية في الشكلان ١٢٧ و١٢٨. هنالك شريحة واسعة من الأجزاء الإلكترونية التي تبدو بشكل مشابه لتلك المستخدمة في التطبيقات التجارية ضمن هذه المنظومات.

كما تمتلك هذه الحواسيب سمةً مميزةً (بالرغم من أنها ليست فريدة من نوعها لاستخدامها عسكرياً) تتمثل في المكونات المعدنية والخزفية محكمة الإغلاق مقارنةً مع المكونات البلاستيكية الشائعة المستخدمة في الإلكترونيات التجارية (الشكل ١٢٩). تمتاز الواجهات البينية للكابلات بوجود توصيلات دارات متينة أو توصيلات مشدودة ببراغي مع الكابلات المحمية. يتم عادةً تثبيت الإلكترونيات داخل درع حماية الترددات اللاسلكية الخارجية (قفص فارادي) الذي يكون مغلقاً بإحكام لمنع دخول الهواء أو الذي يكون مفتوحاً أمام الضغط المحيط. تستخدم الأوعية المضغوطة في بعض الأحيان مع نظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة التي يجب أن تعمل على ارتفاع عالٍ للمساعدة في توصيل الحرارة إلى الغطاء وإلى إطار تثبيت المصرف الحراري. وبالنسبة للتطبيقات التي تتطلب منظومات خفيفة الوزن، يمكن تعبئة الحواسيب في علب بلاستيكية متينة تتضمن أغطيةً معدنية داخل الأغطية البلاستيكية لدرع حماية الترددات اللاسلكية.

.

الشكل (عند التعبئة): يبلغ وزن منظومات الحواسيب الإلكترونية وأجزاؤها أقل من ٢٠ كغ عادةً. وتتم تعبئتها في أكياس بلاستيكية، وتوضع داخل صناديق من الورق المقوى ويتم إحاطتها برغوة مطاطية أو غلاف الفقاعات لحمايتها من الصدمة. تتضمن الصناديق علامات تشير إلى أنها أجهزة إلكتروستاتيكية حساسة. أما الوحدات الضخمة للنظم الأكبر والتي يتجاوز وزنها ٢٥ كغ فيتم شحنها داخل صناديق معدنية أو خشبية.

١٣.ب معدات الاختبار والإنتاج

لا يوجد.

١٣.ج المواد

لا يوجد.

١٣.د البرمجيات

لا يوجد.

١٣.ه التكنولوجيا

١٣.ه.١. "التكنولوجيا" وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا، لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات المحددة في البند ١٣.أ.

الطبيعة والغرض: التكنولوجيا المبينة في هذا القسم هي التكنولوجيا الضرورية لتطوير، وإنتاج واستخدام الحواسيب المتينة في النظم الصاروخية والمركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية.

طريقة التشغيل: تتوفر "المساعدة التقنية" بأشكال عدة. وقد تتكون "المساعدة التقنية" من التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص أو مؤسسات لديهم لديه سجل خبرة حافل بخصوص تطوير حواسيب متينة للنظم الصاروخية أو للمركبات الجوية غير المأهولة، والذين يقومون مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج أو الاختبار. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية من جهة أجنبية واحدة أو أكثر والتي تمتلك منشآت التصميم والتطوير المطلوبة لتقديم الخبرة التي تساعد في تطوير التكنولوجيا المطلوبة. يمكن أن تأتي المساعدة التقنية كذلك على شكل توجيه بشأن ماهية الأجزاء أو المكونات التي ينبغي شراؤها أو على شكل المساعدة في شرائها.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم التكنولوجيا المشمولة في هذا القسم لتوفير حواسيب رقمية أو تناظرية تصمم للعمل في النظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة لإجراء حسابات الملاحة والتحكم ولإجراء الدمج الرقمي لبيانات وحدة القياس بالقصور الذاتي. كما تستخدم العديد من النظم حواسيب لضبط مُوازرة مقفلة الحلقات لأجهزة جيمبال وحدة القياس بالقصور الذاتي وأيضاً لتحقيق ثبات سطح التحكم بالطيران.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ١٤
محولات البيانات التناظرية إلى بيانات رقمية

الفئة ٢ – البند ١٤: محولات البيانات التناظرية إلى بيانات رقمية

١٤.أ المعدات والمنظومات والمكونات

١٤.أ.١ محولات البيانات التناظرية إلى بيانات رقمية، التي يمكن استخدامها في النظم المحددة في البند ١.أ، والتي تتميز بأي من الخصائص التالية:

أ- صُممت بغرض استيفاء المواصفات العسكرية لأغراض المعدات المتينة؛ أو

ب- صُممت أو عدلت لأغراض الاستخدام العسكري بحيث تكون عبارة عن أحد الأنواع التالية:

١. "الدارات المصغرة" لمحولات البيانات التناظرية إلى بيانات رقمية، التي تكون "مُصلدة ضد الأشعة" أو تتميز بأي من الخصائص التالية:

أ- أن تكون معدة للتشغيل في درجات حرارة تتراوح بين أقل من -٥٤ درجة مئوية وأكثر من +١٢٥ درجة مئوية؛ أو

ب- أن تكون مغلقة بإحكام؛ أو

٢- لوحات أو وحدات نمطية للدارات المطبوعة لمحول البيانات التناظرية إلى بيانات رقمية من طراز المدخلات الكهربائية، تتميز بجميع الخصائص التالية:

أ- أن تكون معدة للتشغيل في درجات حرارة تتراوح بين أقل من -٤٥ درجة مئوية وأكثر من +٨٠ درجة مئوية؛ أو

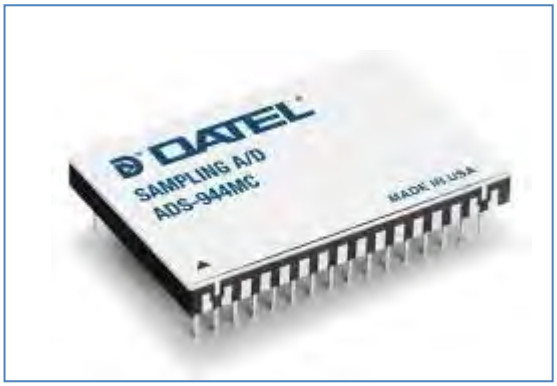
ب- أن تدمج "الدارات الصغرية" المحددة في البند ١٤.أ.١.ب.١.

الطبيعة والغرض: تعتبر محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية (ADCs) أجهزة إلكترونية مخصصة لتحويل الإشارة التناظرية، التي تمتلك فولطية متغيرة بشكل مستمر، إلى إشارة رقمية، والتي تتكون من فولطيات خفية تمثل النمط "1s" و "0s". (بيانات ثنائية). تتيح هذه المحولات معالجة مخرجات الأجهزة المختلفة مثل المستشعرات، وأجهزة قياس التسارع، والجيروسكوبات بواسطة الأجهزة الرقمية مثل معالجات الإشارة الرقمية (DSPs) والحواسيب.

طريقة التشغيل: في أبط أشكالها، تعتبر محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية مقياساً فلطياً بدخل يتكون من "كلمة" ثنائية. وكلما كانت الكلمة أطول (مثال كلما زاد عدد "بتات" الكلمة) كلما كان تمثيل دخل الفلطية أكثر دقةً. على سبيل المثال، تمثل كلمة تتكون من ٨ بت نطاقاً فلطياً يتراوح من صفر إلى واحد فولت والذي يوفر ٢٥٦ قيمة مخفية. فمع كلمة واحدة مخصصة لقيمة تبلغ صفر، ينتج عن هذا زيادات تبلغ درجة كل واحدة منها أكثر من ٣,٩٢ ملي فولت. في حين تحد الزيادات عن نطاق ٣,٩٢ ملي فولت من الدقة النظرية لتصبح + أو – ١,٩٦ ملي فولت أو ٠,١٩٦ %. هنالك ميزة هامة أخرى تتمتع بها محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية وهي نسبة التحويل، والتي تعتبر عملية قياس مدى سرعة الجهاز في تحديث كلمة الخرج لتعكس التغييرات السريعة في فلطية الخرج. تتيح نسبة تحويل أسرع لمحولات البيانات من تناظرية إلى رقمية معالجة إشارات الدخل بمحتوى تردد أعلى.

يستخدم الصانعون واحداً من أساليب تصميم الدارات المختلفة (مثال، التحويل المباشر، الدمج، دلتا المشفر، سيغما-دلتا وغيرها) لإجراء عملية التحويل.

تم تصميم معظم محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية لتكون بينها علاقة دخل-إلى-خرج خطية. من ناحية أخرى، في المخططات الأكثر تفصيلاً، يتم تحويل فلطيات الدخل إلى قيم رقمية وفق بيانات المعايرة المأخوذة سابقاً من جهاز التناظر المقترن مع محول البيانات من تناظرية إلى رقمية. تتيح عملية التحويل هذه لمحول البيانات من تناظرية إلى رقمية لتعويض انعدام الخطية في عملية القياس التناظرية.



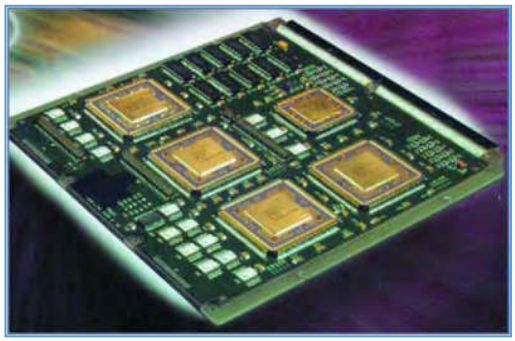
الشكل ١٣٠: محول البيانات من تناظرية إلى رقمية يستخدم بشكل رئيسي في تحليل إشارة الرادار. (دايتل).

للاستخدامات النموذجية مع القذائف: أي قذيفة تستخدم حاسوب رقمي تتطلب وجود محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية. ينبغي أن تعمل محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية وفق مدى درجة الحرارة المحدد أعلاه وأن يتم إغلاقها بإحكام في حال، مثل معظم القذائف التسيارية، طارت في الفضاء الخارجي.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية على نطاق واسع، والتي تمتلك أجزاءً متينة في جميع الطائرات، ونظم الإشعال الإلكترونية للسيارات، ومستشعرات المحرك. تتضمن تطبيقاتها التجارية الأخرى مجموعة من نظم المستشعرات، والكاميرات الإلكترونية، ونظم التصوير الطبي، وأجهزة الراديو. أما المركبات الفضائية والأقمار الصناعية المتمركزة في أو بالقرب من الحزام الإشعاعي فإنها تتطلب محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية مصلدة ضد الإشعاع، والتي تعمل فوق درجات الحرارة العالية المشار إليها. على الرغم من أن بعض متطلبات التطبيق في الفضاء (جرعة كلية تبلغ ١٠٠ كراد (Si) تقريباً) أقل بخمسة أضعاف تقريباً من المواصفات المحددة في المرفق، فإن هذه النظم تستخدم غالباً محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف.

الشكل (عند التصنيع): يتم تعبئة محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية ذات الاستخدام العسكري في مواد تعبئة معدنية مغلقة بإحكام لضمان حسن تشغيلها في بيئات معاكسة ولتثبيت الحرارة المرافقة لمعالجة البيانات القادة من المستشعرات بسبب بيانات عالية. ويعتبر الألمنيوم المعدن الرئيسي المستخدم لصناعة إطارات لوحة محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية، وهياكلها، ومصارفها الحرارية. يمكن أن يتراوح حجم المنظومات من بضعة سنتمترات إلى حوالي ٠,٣ سم أو أكثر من كل جانب في حين يبلغ وزنها من ١٠٠ غ إلى ٢٥ كغم. في حين تصل كثافتها إلى ثلث كثافة الألمنيوم.

تتكون منظومات محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية من مجموعة واسعة من الأجزاء الإلكترونية التي لا يمكن تمييزها بسهولة عن تلك المستخدمة في التطبيقات التجارية. إذ يمكن أن تكون مكتظة بمكونات خفية ويمكن أن تكون مشابهة للإلكترونيات العسكرية الأخرى (الشكل ١٣١). تختلف محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية المخفية بنوعيها العسكري والتجاري من الخارج فقط من حيث رقم الجزء. يتم تعبئة محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية المصلدة ضد الإشعاع في لوحة دائرة مدمجة مطبوعة واحدة (IC) تكون مثالية للاستخدام في القذائف التسيارية. تمتلك هذه الأجهزة مزايا تصميم خاصة لتجعلها متينة ومقاومة للصدمات والاهتزازات البيئية. بالرغم من أن لوحات دائرة محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية مشابهة لتلك الموجودة في معالجات الإشارة الرقمية، إلا أنها تمتلك دوائر كهربائية إضافية لمضخمات الصد



الشكل ١٣١: لوحة محول البيانات من تناظرية إلى رقمية/معالج إشارة رقمي. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

أو نظام الإرسال المتعدد، أو لتكييف الإشارة (الفلاتر، تحديد الفلطية، وغيرها). بالنتيجة، تتم صناعة جزء كبير من محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية من مكونات مخفية (المقاومات، المكثفات، والصمامات الثنائية وغيرها). لوحات الدارات المطبوعة مصنوعة من الألياف البصرية ومطلية بالإيبوكسي وتتضمن مصارف حرارية وأجهزة تتبع مصنوعة من النحاس. في حين يتم وضع أجزاء الإلكترونيات في علب معدنية خاصة (غالباً من النحاس والنيكل) وتتضمن أسلاك ربط من الالمنيوم أو الذهب إلى جانب رقائق من السيليكون.

الشكل (عند التعبئة): يبلغ وزن لوحة منظومة دائرة محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية المطبوعة ووحداتها أقل من ٢٥ كغ. تتم تعبئتها في أكياس بلاستيكية تتضمن علامات تشير إلى أنها أجهزة إلكتروستاتيكية حساسة، وتوضع داخل صناديق من الورق المقوى ويتم إحاطتها برغوة مطاطية أو غلاف الفقاعات لحمايتها من الصدمة.

١٤.ب معدات الاختبار والإنتاج

لا يوجد.

١٤.ج المواد

لا يوجد.

١٤.د البرمجيات

لا يوجد.

١٤.٥ التكنولوجيا

١٤.٥.١ "التكنولوجيا"، حسب ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات المحددة في البند ١٤.أ.

الطبيعة والغرض: تعرف "التكنولوجيا" المبينة في البند ١٤ بأنها المعرفة والخبرة اللازمة لتطوير، وإنتاج، واستخدام محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية في النظم الصاروخية والمركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية. في حين تعتبر المخططات الأولية، والمخططات البيانية، والرسومات الهندسية جزءاً من البيانات التقنية الخاصة بهذه التكنولوجيا.

طريقة التشغيل: يتم دمج محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية في منظومات لوحة الدائرة الإلكترونية لتطبيقات القذائف. يمكن أن تتكون المساعدة التقنية المطلوبة لإنجاز هذا الأمر مهارات مثل تصميم لوحة الدائرة، ووضع مخطط لوحة الدائرة، وتصميم، وتصنيع، واختبار هذه المنظومات. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية من جهة أجنبية واحدة أو أكثر والتي تمتلك منشآت التصميم والتطوير المطلوبة لتقديم الخبرة التي تساعد في تطوير التكنولوجيا المطلوبة. يمكن للدولة أيضاً الحصول على المساعدة بشأن شراء المكونات الرئيسية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تتيح هذه التكنولوجيا معالجة مخرجات الأجهزة التناظرية المختلفة مثل المستشعرات، وأجهزة قياس التسارع، والجيروسكوبات بواسطة الأجهزة الرقمية مثل معالجات الإشارة الرقمية وحاسوب الطيران.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم محولات البيانات من تناظرية إلى رقمية على نطاق واسع في الطائرات، ونظم الإشعال، ومستشعرات المحرك. تتضمن استخداماتها التجارية تسجيل الموسيقى، والأدوات، والكاميرات الإلكترونية، والمعدات الطبية.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ١٥

منشآت الاختبار ومعداته

الفئة ٢ – البند ١٥: منشآت الاختبار ومعداته

١٥.أ المعدات والمنظومات والمكونات

لا يوجد.

١٥.ب معدات الاختبار والإنتاج

ملاحظة تقنية:

في البند ١٥.ب، تعني عبارة "منضدة فارغة" طاولة مسطحة أو سطح بدون تجهيزات ثابتة.

١٥.ب.١ معدات اختبار الاهتزاز، التي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩، أو النظم الفرعية المحددة في البنود ٢.أ أو ٢٠.أ، ومكوناتها، ذوات البيانات التالية:

أ. نظم اختبار الاهتزاز التي تستعمل تقنيات التغذية المرتدة أو الدارة المغلقة والتي تضم أجهزة مراقبة رقمية، قادرة على هز نظام بتسارع يبلغ متوسط جذره التربيعي ١٠ وحدات جاذبية أو أكثر في تردد يتراوح بين ٢٠ هرتز و٢ كيلوهرتز مع إحداث قوى يبلغ ٥٠ كيلو نيوتن أو أكثر، تقاس على طاولة مكشوفة؛

ب. أجهزة مراقبة رقمية، مقترنة بـ"برمجيات" لاختبار الاهتزاز مصممة خصيصاً لذلك الغرض، يفوق نطاق عرضها الترددي التحكمي بالزمن الحقيقي ٥ كيلوهرتز، وهي مصممة للاستخدام مع نظم اختبار الاهتزاز المحددة في البند ١٥.ب.١.أ.

ملاحظة تقنية:

يُعرّف "عرض النطاق الترددي التحكمي بالزمن الحقيقي" بأنه الحد الأقصى للمعدل الذي يمكن لجهاز المراقبة فيه تنفيذ دورة كاملة لأخذ العينة، ومعالجة البيانات، وبث إشارات التحكم.

ج. أجهزة تضخيم الاهتزاز (وحدات الرج)، قد تكون مقترنة أو غير مقترنة بمضخات "المرافقة" القادرة على إحداث قوة تبلغ ٥٠ كيلو نيوتن، أو أكثر، عندما تقاس على "طاولة مكشوفة"، ويمكن استخدامها في نظم اختبار الاهتزاز المحددة في البند ١٥.ب.١.أ؛

د. هياكل دعم القطع المشكّلة للاختبار والوحدات الإلكترونية المصممة لضم وحدات رج متعددة في نظام كامل للرج، قادر على توفير قوة مجمعة فعالة تساوي ٥٠ كيلو نيوتن أو أكثر، عندما تقاس على "طاولة مكشوفة"، ويمكن استخدامها في نظم اختبار الاهتزاز المحددة في البند ١٥.ب.١.أ.

ملاحظة تقنية:

إن نظم اختبار الاهتزاز التي تضم أجهزة مراقبة رقمية هي تلك النظم التي تراقب وظائفها، جزئياً أو كلياً، بشكل تلقائي بواسطة إشارات كهربائية مخزنة ومشفرة رقمياً.

الطبيعة والغرض: تعتبر نظم اختبار الاهتزاز معداتٍ ضخمة وقوية تحاكي اهتزازات الطيران والصدمات التي تواجهها الصواريخ ونظم المركبات الجوية غير المأهولة وحمولاتها خلال الإطلاق، وخلال فصل المراحل، وخلال الطيران الاعتيادي. يجري اختبار النظم الفرعية لتحديد نماذجها المرنة، وتردداتها، وحساسيتها تجاه الاهتزاز والصدمة. تستخدم هذه المعلومات لتقييم النظم، والنظم الفرعية، والمكونات من حيث صلاحيتها للطيران. فهي تستخدم في بعض الأحيان في اختبارات ضمان الجودة لتحديد التوصيلات الضعيفة والمكونات المرتخية.

يتضمن نظام اختبار الاهتزاز النموذجي وحدة رج بالاهتزاز، أو جهاز تضخيم الاهتزاز، لاختبار اهتزاز المواد المرفقة معها، إلى جانب مضخم طاقة أو غيره من مصادر الطاقة التي تحرك وحدة الرج، ووحدة تحكم تصدر أوامراً لمضخم الطاقة وفق تردد الاهتزاز المطلوب ووفق المدى الأقصى المحدد في ملف تعريف الاختبار، إلى جانب نظام تبريد بالهواء أو السائل لوحد الرج والمضخم.

طريقة التشغيل: تستخدم نظم اختبار الاهتزاز جهاز تضخيم الاهتزاز الميكانيكي الذي يعمل عادةً وفق مبدأ الدفع الإلكترومغناطيسي المشابه لذلك الموجود في مضخم الصوت، باستثناء أنه أضخم بكثير منه ويتحكم بمواد اختبار ضخمة عوضاً عن مجهار مخروطي الشكل بسيط. تقوم وحدات التحكم الرقمية بتنظيم أنماط الاهتزاز بواسطة محتوى ترددي ضمن مدى متحكم به يتراوح بين 20 هرتز إلى 2،000 هرتز.

الشكل ١٣٣: جهاز تضخيم اهتزاز يتم إعداده لاختبار اهتـزاز قذيفة. (أونهولتز ديكي)

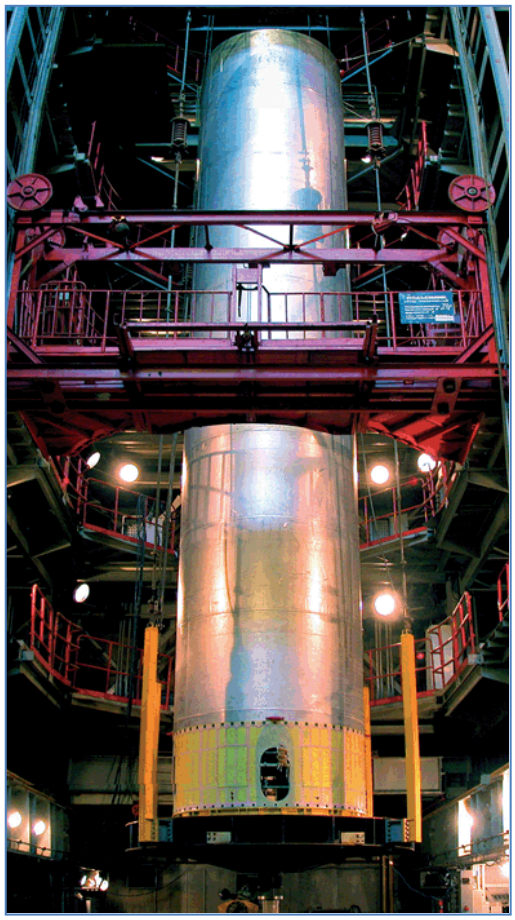
تم تصميم هذه الأنماط لمحاكاة ترددات ومدى الاهتزاز التي تتم مواجهتها أثناء المهمة، بما في ذلك محاكاة التفجارات أو الصدمات الاهتزازية. ينبغي تضخم الدخل الصادر عن وحدات التحكم هذه لتشغيل جهاز تضخيم الاهتزاز. من جهة أخرى، وبالرغم من أن نظم الاهتزاز الهيدروليكية أو التي تعتمد على الهواء المضغوط قادرة على إجراء اختبار اهتزاز المواد الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، إلا أنها غير قادرة بشكل عام على الوفاء بمواصفات الأداء المحددة أعلاه.

يمكن ربط محركان أو أكثر من محركات جهاز تضخيم الاهتزاز معاً داخل هيكل دعم معدات الاختبار للحصول على مستويات الاهتزاز المطلوبة. ينبغي أن تكون هذه الهياكل قوية ومتينة في آن معاً. وهنالك حاجة لاستخدام وحدات إلكترونية للتحكم بأجهزة تضخيم الاهتزاز المتعددة بطريقة متزامنة. فهي تقبل الأوامر من وحدة التحكم الرقمية وتقوم بتحويلها إلى أجهزة تضخيم الاهتزاز المتعددة، الذي يقوم كل واحد منها بتشغيل وحدة رج.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تخضع جميع منظومات الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة لاهتزازات وصدمات أثناء النقل والطيران. وفي حال تم فهم الاهتزاز والصدمة بشكل صحيح، يمكن تصنيع المركبات الطائرة بطريقة أقوى وبوزن أخف لأنه يمكن خفض هوامش السلامة فيها. يساعد استخدام هذه المعدات كذلك في تفادي اختبارات فشل الطيران المكلفة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم نظم اختبار الاهتزاز لاختبار المعدات والمنتجات العسكرية والتجارية الأخرى مثل اجزاء الطائرات. يتم تنفيذ اختبار الاهتزاز على العديد من البضائع المخصصة للاستهلاك، إلا أن نظم اختبار الاهتزاز الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف تعتبر أكثر قوةً وتكلفةً من هذه المطلوبة في تطبيقات أقل تطلباً.

الشكل (عند التصنيع): تعتبر نظم اختبار الاهتزاز الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف أجهزةً ضخمة تشغل حيزاً يبلغ تقريباً ٣ م × ٣ م. فيما يلي تفاصيل المكونات الخاصة بها.



الشكل ١٣٤: معزز مرحلة أولى رئيسي في جهاز رج. (كرونيكي سيس سنتر)

وحدات التحكم الرقمية وبرمجية اختبار الاهتزاز المصممة خصيصاً: يبلغ حجم وحدة التحكم الرقمية نفس حجم جهاز الحاسوب الشخصي، إذ يبلغ عرضها ٠,٥ متر × وعمقها ٠,٥ متر × وارتفاعها ٠,٢٥ متر. وفي بعض الحالات، تعتبر وحدة التحكم جهازاً إلكترونياً صغيراً بما يكفي ليتم تثبيته على حامل فوق مضخم الطاقة. وفي حالات أخرى، يتم استخدام حاسوب، كاملاً مع الشاشات وبطاقات الواجهة البينية المصممة حسب الطلب لتوصيله مع مضخم الصوت. تتطلب وحدات التحكم برمجية تحكم بالاهتزاز ذات غرض محدد. في هذه الايام يقوم صانعو نظم اختبار الاهتزاز بتقديم برمجية تعتمد على الحاسوب كعرض والتي تقوم بدمج وظائف التحكم بنظام الاختبار، وتسجيل البيانات وتحليلها.

وحدات الرج: تتضمن وحدات الرج الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف قاعدةً ثقيلةً، على شكل حرف يو، من الحديد المصبوب مع شفاه توصيل سميكة لتثبيتها بإحكام في الأرض. يبلغ قياسها ١,٣ متر تقريباً من كل جانب، ويبلغ وزنها عدة أطنان مترية. أما إطار تثبيت وحدة الرج الأسطواني أو على شكل برميل فهو مصنوع من الفولاذ ويبلغ طوله وقطره ١ متر، ويتم تعليقه بين الجوانب الشاقولية للقاعدة. تتضمن هذه الجوانب الشاقولية عادةً محاور تتيح لإطار وحدة الرج بالدوران لتغيير اتجاه وحدة الرج. يبين الشكل ١٣٢ مقياس ارتفاع قمر صناعي ليزري قيد اختبار الاهتزاز. أما الشكل ١٣٤ فيبين المعزز الرئيسي في معدات اختبار الاهتزاز.

يتكون جزء جهاز تضخيم الاهتزاز الي يقوم برج المادة الخاضعة للاختبار درعاً معدنياً يظهر من أحد جوانب إطار تثبيت وحدة الرج.

يتم تثقيب الدرع بنمط من الحفر لوضع براغي تثبيت المادة الخاضعة للاختبار.

ويتم تطبيق غشاء مطاطي عازل بين صفيحة الدرع وإطار تثبيت جهاز تضخيم الاهتزاز لإغلاق الأعمال الداخلية بإحكام.

يمكن أن يتضمن نظام جهاز تضخيم الاهتزاز منضدة ملحقة منزلقة (الشكل ١٣٥)، تكون مصنوعةً عادةً من المغنيزيوم لخفض الوزن إلى أقصى حد. فهي تدعم وزن المادة الخاضعة للاختبار المثبتة فوق طبقة زيتية أو حامل هوائي فوق قاعدة المنضدة المنزلقة، التي تكون مصنوعةً عادةً من الغرانيت. لاستخدام المنضدة المنزلقة، يكون جهاز تضخيم الاهتزاز مرتكزاً على محاوره حتى يصبح محور حركة درعه في وضع أفقي. يتم بعد ذلك إرفاق الدرع على الحافة الجانبية للمنضدة المنزلقة

لرج الوحدة الخاضعة للاختبار بواسطة اي من المحاور الأفقية. تمتلك منظومة هذه المنصدة المنزلقة نفس حجم ووزن وحدة جهاز تضخيم الاهتزاز، ويجوز تثبيتهما معاً على قاعدة مشتركة.

الشكل ١٣٥: مثال على مضخم اهتزاز مع منصدة منزلقة. (كنجدوم بي تي واي ليمتد)

مضخم الطاقة: يشغل مضخم طاقة نظام اختبار الاهتزاز الكهربي الديناميكي الخاضع للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف واحداً أو أكثر من الرفوف الكاملة (يبلغ عرض كل واحد ٠,٥ متر × عمق ٠,٧٥ متر، × ارتفاع ٢ متر) الخاصة بمعدات التحكم بالطاقة الإلكترونية. تتراوح الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل نظام ما بين ٦٠ و٨٠ كيلو وات. ويعتبر نظام السحب الكهربائي ضخماً جداً بحيث يجب تزويده بسلك مصلد ممدود على نظام إمدادا الطاقة الكهربائية للمبنى، إذ لا يمكن استخدام سلك ومقبس كهربائي قياسيان.

التبريد: يصرف جهاز تضخيم الاهتزاز والمضخم حوالي نصف دخل طاقتهما الكهربائية على التسخين والتبريد بواسطة هواء مدفوع أو بواسطة تدوير السائل المبرد. تبلغ قياسات مروحة تبريد الهواء عادةً ١,٥ م × ٠,٥ م × ٠,٨ م ويبلغ وزنها من ٢٠٠ إلى ٢٥٠ كغ. يقوم جهاز تبريد السائل بتدوير الماء المبرد عبر نظام الاختبار وفي داخل برج التبريد أو الراديتير المزود بمراوح كهربائية. يبلغ حجم أي نظام تبريد بالسائل على الأقل حجم مروحة تبريد الهواء. على نحو بديل، يمكن أن يجري التدفق المستمر لماء الموقع ببساطة عبر نظام التبريد ويتم تصريفه بعيداً.

هياكل الدعم: تعد هياكل دعم معدات الاختبار المستخدمة مع معدات اختبار الاهتزاز هذه منظومات مصممة حسب الطلب، والتي يبلغ قياسها ٣ م × ٣ م × ٣ م أو أكثر، تبعاً لوحدة الاختبار، ويبلغ وزنها من ٥ إلى ١٠ طن. أما الوحدات الإلكترونية المصممة لجمع العديد من وحدات جهاز مضخم الاهتزاز مع نظام جهاز مضخم الاهتزاز الكامل فيتراوح حجمها ما بين حجم الحاسوب الشخصي العادي المزود بالعديد من بطاقات الواجهة البينية الخاصة، والذي يتحكم كل وتحد منها بوحدة جهاز مضخم اهتزاز واحدة، وصولاً إلى حجم واحد أو أكثر من الرفوف المصممة خصيصاً للمعدات الكهربائية.

أصبحت الاتجاهات السائدة مؤخراً في اختبارات الاهتزاز تستخدم بشكل متزايد نظم تعتمد على الحاسوب الشخصي لأنها توفر مرونةً بتكلفة منخفضة. ونظراً لأنه يتم تركيب بطاقات الواجهات البينية للتحكم بالاهتزاز داخل الحواسيب الشخصية، فقد لا تبدو واضحةً أثناء الفحص الخارجي للحواسيب المطلوب بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف.

الشكل (عند التعبئة): باستثناء وحدة التحكم بالنظام، التي يبلغ حجمها عادةً حجم الحاسوب الشخصي والتي يمكن تعبئتها للشحن في مواد تعبئة الحواسيب الشخصية العادية، فإن نظام اختبار الاهتزاز الخاضع للتحكم بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف أكبر حجماً وأثقل وزناً ما يستوجب تعبئته في صناديق خشبية مصممة خصيصاً له والتي تتسم ببنية قوية للغاية.

١٥.ب.٢ "مرافق اختبار ديناميكية هوائية" مصممة لسرعة تبلغ ٠,٩ ماك أو أكثر، يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البند ١.أ أو ١٩.أ، أو النظم الفرعية المحددة في البنود ٢.أ أو ٢٠.أ.

ملاحظة:

لا يشمل البند ١٥.ب.٢ الأنفاق الريحية لسرعة تبلغ ٣ ماك أو أقل بحيث تساوي بعد "حجم مقطع الاختبار العرضي" ٢٥٠ سم أو أقل.

ملاحظات التقنية:

1. *تشمل "مرافق الاختبارات الديناميكية الهوائية" الأنفاق الريحية، والأنفاق الصدمية من أجل دراسة تدفق الهواء فوق الأجسام.*
2. *يقصد بـ "حجم مقطع الاختبار العرضي" قطر الدائرة، أو جانب من المربع، أو أطول جانب من المستطيل، أو المحور الأكبر من القطع الناقص عند أوسع موقع من "قطع الاختبار العرضي"، و"قطع الاختبار العرضي" هو القطع المتعامد مع اتجاه التدفق.*

الطبيعة والغرض: الأنفاق الريحية عبارة عن هياكل يتم تدوير الهواء أو نفخه فيها عبر قسم اختبار يتضمن نسخة طبق الأصل عن الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة، والتي تكون أحياناً بحجم كامل إلا أنها تكون عادةً نموذجاً مصغراً. تستخدم الأنفاق عادةً لقياس الأداء الديناميكي الهوائي لتصميم هيكل المركبة خلال طيران المحاكاة عبر الجو. تقوم المعدات الموجودة في قسم الاختبار بجمع البيانات حول المركبة من حيث نسبة الرفع إلى الجر، والثبات والتحكم، وتهيئة مدخل وعادم المحرك، والآثار الحرارية، وبصمة الأشعة تحت الحمراء. هنالك نوعان للأنفاق الريحية وهي نوع التدفق المستمر والنوع العامل بالنفخ (مثال أنبوب الصدم) واللذين يقومان بقياس معايير ديناميكية الهواء لفترة زمنية طويلة أو قصيرة، على التوالي. تقوم بعض أنفاق التدفق المستمر بتدوير نفس الهواء في الأرجاء، في حين تقوم أخرى بسحب الهواء النقي إلى الداخل بواسطة أحد الأطراف وتقوم بإعادته إلى الجو من الطرف الآخر.

الشكل ١٣٦: نفق ريحي بسرعة أسرع من الصوت بدرجة تعادل ٥ ماخ لاختبار ظروف طيران مركبات الإطلاق. (ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة م.م.)

طريقة التشغيل: يستخدم النفق الريحي العامل بالتدفق المستمر مروحة ضخمة أو أكثر لتحقيق سرعة الهواء المطلوبة في قسم الاختبار. يمكن إطلاق اسم العنق على قسم الاختبار لأن بقية النفق يمتلك مقطعاً عرضياً ضخماً ذو سرعات هواء أبطئ، بما في ذلك عبر المروحة. قبل الوصول إلى قسم الاختبار، يتباطأ الهواء بواسطة ناشر هواء ثم يعاد تدويره بواسطة المروحة لخلق تدفق هوائي مستمر حول الجسم الخاضع للاختبار.

وعلى نحو بديل، تقوم بعض الأنفاق الريحية بسحب الهواء إلى الداخل من الجو من جانب واحد عبر مدخل مخروطي، حيث يبين الشكل ١٣٧ نفقاً ضخماً مستطيل الشكل.

الشكل ١٣٧: منشأة نفق ريحي ضخم بني في الأصل للعمل من خلال حلقة من المباني الموجودة في الخلفية. تمت إضافة مخروط المدخل في المقدمة للسماح أيضاً بالعمل مرة أخرى باستخدام نفس المراوح. (ناسا)

وعليه ولدى "مروره داخل" النفق الريحي، يخرج الهواء ببساطة بعد أن يتباطأ قبل وصوله إلى قسم الاختبار. وفي حين أن النوع الأخير من الأنفاق يمكن أن يتضمن تصميماً مستقيماً ومبسطاً لتخفي فالتكلفة، فإنه يتطلب طاقة مروحة أقوى لتسريع الهواء بعد وضع الخمول. وعلى العكس، فإن ميزة أنفاق الريح التي تدور الهواء تتمثل في أن الكتلة المغلقة من الهواء تستمر في التحرك، ما يقلل من متطلبات الطاقة.

ولتفادي الحاجة إلى مروحة قوية للغاية لتحقيق أقصى السرعات، يقوم النفق الريحي العامل بالنفخ بالعمل بشكل عابر في وضع "المرور داخل النفق" مع تفادي جميع المراوح. يتم تخزين الهواء أو نوع آخر من الغاز في مستوعب ضخم بضغط عالٍ، ثم يتم تحريره بواسطة صمام تحكم داخل النفق وعلى هذا المنوال داخل قسم الاختبار وخارجه.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تستخدم الأنفاق الريحية التي تتجاوز قدرتها ٠,٩ ماخ لاختبار الصواريخ، والمركبات الجوية غير المأهولة التي تفوق سرعتها سرعة الصوت، والمركبات العائدة. بالنسبة للطيران بسرعة عالية، التي تفوق عادةً درجة ٣ ماخ، يجوز إجراء اختبارات النقل الحراري. فعناصر مثل المحتوى الحراري العالي، وأنفاق التدفق المستمر، أو على نحو بديل أنابيب الصدمة، مطلوبة لإنتاج رياح بسرعات تتجاوز درجة ٥ ماخ اللازمة لاختبار القذائف التسيارية طويلة المدى أو المركبات الجوية غير المأهولة التي تفوق سرعتها سرعة الصوت (الشكل ١٣٦).

الاستخدامات الأخرى: تستخدم الأنفاق الريحية لتصميم الطائرات على اختلاف نطاقات سرعتها بما فيها تلك التي تفوق سرعتها سرعة الصوت.

الشكل (عند التصنيع): يمكن أن يبلغ حجم النفق الريحي المخصص لاختبار النماذج ذات النطاق الصغير حجم غرفة واحدة في مبنى. ويمكن أن يكون شكل قسم الاختبار الخاص به وغيره من أقسام النفق دائرياً أو مستطيلاً على شكل مقطع عرضي. أما الأنفاق الريحية المصممة لاختبار النظم الصاروخية أو المركبات الجوية غير المأهولة فهي عادةً تتخذ شكلاً مستطيلاً. فالأنفاق الأخيرة هذه عبارة عن منشآت ضخمة وتتضمن العديد من المباني المخصصة لقسم الاختبار، والضاغطات (المراوح)، ونظم الحصول على البيانات، ونظم الإمداد بالطاقة (الشكل ٦). تاريخياً، لم تحقق الأنفاق الريحية الأضخم حجماً المخصصة لاختبار الطائرات سرعات تقترب من ٠,٩ ماخ.

من ناحية أخرى، يبلغ حجم النفق الريحي الذي يعمل بنمط التدفق المستمر الملائم لاختبار القذائف ذات الحجم الكامل عادةً من ٥٠ م إلى ١٠٠ م طولاً، ومن ٢٥ م إلى ٥٠ م عرضاً، ويتضمن ناشرات هواء (مخاريط تتوسع بشكل متدرج) يبلغ قطرها من ١٠ م إلى ١٥ م.

الشكل ١٣٨: جسم خاضع للاختبار في قسم الاختبار الخاص في نفق ريحي سرعته أسرع من الصوت. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصـــدار الثالـــث (مايو ٢٠٠٥)

أما النفق الريحي الاضخم حجماً فيكون على شكل بيضوي أفقي ويزيد حجمه من ١٠ إلى ٢٠ ضعف عن حجم قسم الاختبار أما عرضه فيزيد من ٥ إلى ١٠ أضعاف. يتم عادةً صناعة الأقسام الأنبوبية للنفق من صفائح الفولاذ الملحومة معاً لتشكيل الدائرة، والتي يتم تدعيمها من الخارج بواسطة هياكل فولاذية. تستخدم بعض الأنفاق الريحية فوهات ذات أقسام قابلة للضبط لتتلاءم مع المزايا المتباينة لتدفق الهواء.

تمتلك أقسام الاختبار عادةً أبواب وصول بحيث يسمح بتحريك الجسم الخاضع للاختبار بالدخول إلى داخل وخارج النفق الريحي وتثبيته على هياكل دعم الاختبار. عادةً، تتضمن هياكل دعم الاختبار أجهزةً لقياس القوة بغرض تحديد قوى الرفع والجر الديناميكية الهوائية، إلى جانب لحظات الدوران (عزم الدوران) التي تواجهها الوحدة الديناميكية الهوائية قيد الاختبار. يمكن أن يتضمن قسم الاختبار نوافذ لمشاهدة تدفق الهواء بسرعة تفوق سرعة الصوت حول القذيفة إلى جانب أجهزة سكليرين للتسجيل الفوتوغرافي (أو غيرها من أجهزة مراقبة التدفق بدون تدخل). يمتلك قسم الاختبار في النفق الكبير عادةً مباني تشغيل مرافقة تضم اجهزة التحكم وجمع البيانات، والتي يمكن أن تعامل مع عملية إدخال، أو تموضع، أو إزالة الأجسام الخاضعة للاختبار.

ينتج عن اختبار القذائف ذات الحجم الكامل في الأنفاق الريحية التي تعمل بنمط التدفق المستمر نتائج دقيقة للغاية إلى أن العملية تتطلب طاقةً عاليةً (تقدر بـــ٢٠٠،٠٠٠ حصان) لتحريك كميات الهواء الضخمة بما يتناسب مع سرعات الطيران.

أما الأنفاق التي تعمل بنمط النفخ فهي تقوم بتخزين الهواء أو الغازات الأخرى بضغوط عالية في خزانات أو أسطوانات ضخمة. تقوم قناة هواء هنا مغلقة بواسطة صمام ضخم أو غشاء عازل بوصل الخزانات مع مدخل النفق المخروطي وقسم الاختبار. يتم عادةً صناعة جدران النفق من فولاذ سميك نسبياً ويتم في بعض الأحيان طلاءها بمادة عازلة بسبب درجة الحرارة العالية الناتجة عن سرعات الريح العالية للغاية. كما يتم استخدام ضاغط ضخم لضخ الهواء الخاضع للضغط في الخزانات قبل كل اختبار.

تتدرج منشآت الاختبار الديناميكية الهوائية المخصصة للسرعات العالية ضمن نمط الأنفاق العاملة بالنفخ. ويشار إليها عادةً باسم أنابيب الصدمات عوضاً عن الأنفاق الريحية، ويتم تصميمها لتلاءم النماذج صغيرة الحجم. ولكي تتمكن من تحمل الضغوط ودرجات الحرارة الشديدة، يمكن أن تتكون من أنابيب معدنية دائرية، دون أن تمتلك أقسام الاختبار فيها أبواباً. يتم وصل أقسام الأنابيب أو القنوات بواسطة شفاه وصل بحيث تسمح بإزالة قسم الاختبار بسرعة لوضع نماذج اختبار داخل القناة.

الشكل (عند التعبئة): يتم تصميم الأنفاق الريحية الضخمة حسب الطلب ويتم بناؤها في الموقع. وحتى الأنفاق الريحية الأصغر حجماً نسبياً والتي يمكن أن تبلغ حجم غرفة واحدة، والتي يمكن تصنيعها بشكل تسلسلي، لا يتم تجميعها بالكامل قبل الشحن. حيث يتم وضع المكونات كل على حدة مثل محرك الضاغط، وشفرات المروحة، وأرياش التدوير الزاوي (بالنسبة لأنفاق التوزيع)، وقسم الاختبار الكامل، وجدران قسم الاختبار، ونوافذ المشاهدة، ولوحات التحكم والأجهزة في صناديق أو يتم تثبيتها على منصات نقالة لشحنها. يتم عادةً شحن جدران النفق على شكل مكونات هيكلية يتم تجميعها معاً في موقع المنشأة.

١٥.ب.٣ مناضد/منصات الاختبار، التي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١.أ.١٩ أو ٢.أ.١٩، أو النظم الفرعية المحددة في البند ٢.أ أو ٢٠.أ، وقادرة على تحمل الصواريخ أو المحركات الصاروخية، أو الآلات المحركة التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب أو السائل التي تتجاوز قوة دفعها ٦٨ كيلو نيوتن، أو القادرة على قياس مكونات الدفع المحورية الثلاثة على نحو متزامن.

الإنتاج العالمي

فرنسا
• ألمانيا
• روسيا
• الولايات المتحدة

فرنسا
• ألمانيا
• روسيا
• الولايات المتحدة

الطبيعة والغرض: على اعتبار أن عتبة الدفع ٦٨ كيلو نيوتن (تقريباً ١٥،٠٠٠ باوند)، تستطيع مناضد ومنصات الاختبار أن تمتلك هياكل متينة ضخمة لاختبار النظم الصاروخية، والمحركات العاملة بالوقود الصلب، والهجين، والهلامي، تلك العاملة بالوقود السائل. فهي تقوم بتأمين المواد التي يتم تشغيلها بقوة دفع كاملة وفي نفس الوقت تقوم بجمع بيانات حول الأداء وفق المعايير الأساسية. تدعم هذه البيانات تطوير التصميم وتؤكد سلامة التصميم والأداء، بما في ذلك الموثوقية وعمر التشغيل. وفي بعض الأحيان يتم اختبار المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود السائل في منصات الاختبار للتحقق من أدائها قبل تسليمها.

طريقة التشغيل: يتم تثبيت المادة الخاضعة للاختبار على منضدة أو منصة الاختبار. ويتم وضع المستشعرات في أماكنها ويتم فحصها. يمكن إجلاء الموظفين من منطقة الاختبار، ويتم تجميع البيانات بمساعدة المستشعرات وتخزينها عن بعد والصاروخ قيد التشغيل.

يتم عادةً اختبار المحركات الصاروخية الضخمة التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب وهي في وضع أفقي بالرغم من أن العملية تتم مع بعضها في وضع شاقولي. من ناحية أخرى، يتم عادةً اختبار المحركات الصاروخية الضخمة التي تعمل بالوقود الدفعي السائل وهي في وضع شاقولي أو أفقي بينما يتم تزويدها بالوقود الدفعي من الخزانات الموجودة في المنشأة. وفي بعض الأحيان، يتم اختبار المراحل الصاروخية الكاملة التي تعمل بالوقود السائل (بما في ذلك خزانات الطيران) وهي في وضع شاقولي حتى تصل السوائل إلى الأطراف السفلية للخزانات ومنها إلى قنوات تغذية المحرك. يتم وضع المراحل الصاروخية التي تعمل بالوقود السائل على منصة الاختبار قبل تزويدها بالوقود الدفعي، بحيث تكون خفيفة الوزن نسبياً وسهلة النصب في الوضع الشاقولي. تعمل المستشعرات على قياس الضغوط، وتدفقات الوقود الدفعي، والقوى، وتوقيت الأحداث، والاهتزازات، وعمليات الانزياح، ودرجات الحرارة. تعمل آلات التحريك الصاروخية وفق مبدأ استنفاذ الوقود الدفعي وحرقه، بالمقابل، تعمل المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي السائل والحجين والهلامي بواسطة الخنق أو إطفاء التشغيل. بعد ذلك، يتم إجراء معاينات ما بعد الاختبار، ويتم تحليل البيانات.

لاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر مناضد ومنصات الاختبار من المعدات الجوهرية المطلوبة في مرحلة تطوير برنامج القذيفة. فضلاً عن ذلك، تستخدم منصات اختبار المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود السائل لاختبار مكونات المحرك بالحجم الكامل مثل الحاقنات، واجهزة الاحتراق، والمضخات العنفية.

الاستخدامات الأخرى: على نحوٍ مشابه، وعلى الرغم من أنها أصغر حجماً، يتم استخدام مناضد ومنصات الاختبار لاختبارات المحركات النفاثة، بما في ذلك تلك المستخدمة في نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف الانسيابية. في حين يتم اختبار المحركات النفاثة في وضعية شاقولية، تتخذ منصات اختبارها عادةً شكل هياكل شاقولية تعمل على رفع المحركات فوق الأرض، وذلك لحماية الموظفين والحصول على الهواء الخالي من الأجسام المتفككة والأوساخ التي تكون موجودة على الأرض والتي يمكن أن تدخل مدخل الهواء.

الشكل ١٣٩: نظام قياس الحمل على منصة اختبار المحرك الصاروخي بالوقود الصلب.

الشكل (عند التصنيع): تتكون منصة اختبار المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب (الشكل ١٣٩) عادةً من منصة ذات عجلات، وغطاء الدافع، وخلية التحميل، وكتلة الدفع، والأجهزة.

يتم في البداية تثبيت المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الصلب على منصة ذات عجلات متحركة بوضع أفقي ويتم قفلها. يتم عادةً توصيل المحركات الضخمة مع المِطار، ويتم إدخاله بعد ذلك في غطاء الدافع، أما المحركات الأصغر حجماً فيتم إدخالها مباشرةً إلى غطاء الدافع. يكون غطاء الدافع مقترناً مع منظومة خلية التحميل التي تقوم بقياس مكونات الدافع الثلاث، أحدها محوري، والاثنان جانبيان، وذلك للتحقق من أن القوى المنحرفة عن المحور بسيطة. يمكن كذلك تصميم هيكل خلية التحميل لقياس عزم الدوران (قوى الدوران). يتم تثبيت منظومة خلية التحميل على كتلة اسمنتية ضخمة أو على إطار معدني يسمى كتلة الدافع، التي تقوم بامتصاص اهتزازات القوة الأمامية بينما المحرك يعمل. تقوم الأجهزة المتصلة مع خلية التحميل بإرسال البيانات إلى الكتلة المحصنة التي تتضمن معدات التسجيل. يتم عادةً وضع كامل المنظومة في الخارج إلا أنه يمكن وضعها بشكل جزئي أو كلي ضمن بناء أو ملجأ اسمنتي.

تستخدم المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي السائل منصات اختبار شاقولية، وهياكل مؤقتة ضخمة مصنوعة من عوارض وتدعيمات فولاذية (الشكل ١٤٠). بالنسبة للاختبارات في الوضعية الأفقية، ينبغي أن تكون منصات اختبار الصواريخ التي تعمل بالوقود السائل بالقرب من الأرض، وتتضمن

الشكل ١٤١: منصة اختبار عامودية مصممة لاختبار محركات الصواريخ بالوقود السائل. (انترأوربيتال سيستمز)

الشكل ١٤٠: محرك صاروخي بالوقود الصلب على منصة اختبار. (أفيو سبا)

حشوات اسمنتية تدعم الهيكل المعدني عند تثبيت المحرك عليها. يتم توصيل المحرك الصاروخي العامل بالوقود السائل بخلايا التحميل، التي تقوم بدورها بقياس مكونات الدفع المذكورة أعلاه؛ يتم إرسال هذه البيانات إلى الكتلة المحصنة لتسجيلها. فضلاً عن ذلك، تعتبر خزانات التشغيل التي تحمل الوقود الدفعي، ووعاء اللهب، وعادةً موقف الطائرات الاسمنتي التي تقوم بتوجيه العادم بعيداً عن منصة الاختبار جزءاً من عملية التركيب.

الشكل (عند التعبئة): تكون مناضد ومنصات اختبار الصواريخ مصممة حسب الطلب وعادةً ما يتم بناؤها في الموقع، لذلك نادراً ما يتم شحنها على شكل هياكل مجمعة. ويمكن إجراء مراجعة لمخططات التصميم والتصنيع او تعليمات التجميع لتحديد الاستخدام المخصص لمواد ومكونات البناء.

١٥.ب.٤ الحجرات البيئية التالية، والتي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١٩.أ، أو النظم الفرعية المحددة في البنود ٢.أ أو ٢٠.أ:

أ. حجرات بيئية تتسم بجميع الخصائص التالية:

١. قادرة على محاكاة أي من ظروف الطيران التالية:

أ. ارتفاعات تساوي أو تفوق ١٥ كم؛ أو

ب. درجات حرارة تتراوح ما بين أقل من –٥٠ درجة مئوية وفوق +١٢٥ درجة مئوية؛ و

٢. تضم أو هي مصممة أو معدلة لتضم وحدة رج أو غير ذلك من معدات اختبار الاهتزازات، من أجل تهيئة بيئات اهتزازية يبلغ متوسط جذرها التربيعي ١٠ وحدات جاذبية أو يزيد عن ذلك، وتقاس على "طاولة مكشوفة"، في تردد يتراوح بين ٢٠ هرتز و٢كيلوهرتز وتحدث قوة تبلغ ٥ كيلو نيوتن أو أكثر؛

ملاحظات تقنية:

١. يصف البند ١٥.ب.٤.أ.٢ نظماً قادرة على توليد بيئة اهتزاز ذات موجة وحيدة (مثل موجة ذات منحنى جيبي)، ونظماً قادرة على توليد اهتزازات عشوائية عريضة النطاق (أي طيف القدرة)؛

٢. تعني عبارة "مصممة أو معدلة" الواردة في البند ١٥.ب.٤.أ.٢ أن الحجرة البيئية توفر وصلات ربط مناسبة (مثل أجهزة الختم) تسمح بإدماج وحدة رج أو غير ذلك من معدات قياس الاهتزازات، على النحو المبين في هذا البند.

ب. حجرات بيئية قادرة على محاكاة كل ظروف الطيران التالية:

١. بيئات صوتية في ظل مستوى ضغط صوتي إجمالي يبلغ ١٤٠ ديسبل أو أكثر (قياساً إلى المرجع ٢×١٠ $^{-5}$ نيوتن/م^{2}) وبخرج للإجمالي القدرة الصوتية المقننة يبلغ ٤ كيلووات أو أكثر؛

٢. أي من الشروط التالية:

أ. ارتفاعات تصل إلى ١٥ كلم أو أكثر؛ أو

ب. درجات حرارة تتراوح بين أقل من –٥٠ درجة مئوية وما فوق +١٢٥ درجة مئوية؛

الطبيعة والغرض: يقوم الاختبار البيئي في المنشآت الأرضية بتعريض المكونات، والنظم الفرعية، والمركبات بأكملها إلى ضغوط منخفضة، ودرجات حرارة مرتفعة ومنخفضة، واهتزازات، واختبارات صوتية أثناء الطيران التشغيلي لقياس مكوناتها. تستخدم البيانات الناتجة لتأكيد أو تصحيح التصاميم وبالتالي التأكد من صلاحيتها للطيران.

طريقة التشغيل: تتم محاكاة الارتفاعات العالية من خلال إغلاق الأجسام بإحكام داخل حجرات الضغط المتينة ويتم إجلاؤها بعد ذلك بواسطة مضخات التفريغ. تتم محاكاة درجات حرارة الطيران داخل حجرات معزولة حرارياً مزودة بمعدات تسخين وتبريد. ينبغي كذلك تجهيز الغرف الخاصة بدرجة الحرارة لتكرار بيئات اهتزاز أو صوت محددة. معدات الاهتزاز هي عبارة عن طاولات تعمل بمحرك وتكون قادرة على توفير أطياف تردد المدى للمستويات المذكورة أعلاه وعلى تكرار نطاق الاهتزازات التي يتعرض لها مكون أو نظام فرعي أو نظام ما أثناء الطيران التشغيلي.

تستخدم الحجرات الصوتية مجموعة من الابواق التي تعمل بالكهرباء المستقرة أو بالطاقة الكهرومغناطيسية، حالها حال السماعات، لتوفير طيف من الضغوطات القوية مثل تلك التي ينتجها عادم المحرك الصاروخي والطيران الأيروديناميكي بسرعات عالية للغاية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم اختبارات الارتفاع للتحقق من أداء المحرك، والنقل الحراري، والإشعال عند الارتفاع، وتطوير الفوهة، والظواهر الديناميكية للوقود الدفعي. في حين تستخدم اختبارات الحرارة الصوتية لإخضاع أجهزة القذائف لبيئات طيران عالية الدقة بهدف تطوير التكنولوجيا ولتأهيل القذائف للطيران. هذا الاختبار غير مطلوب في برامج القذائف التشيارية، إلا أنه مطلوب لعملية تطويرها. يمكن لهذه المعدات كذلك خفض تكلفة برنامج اختبار الطيران، إلا أن بعض هذه المعدات، لا سيما الحجرات البيئية الضخمة، يمكن ان تكون باهظة التكلفة.

الاستخدامات الأخرى: يتم إجراء اختبارات درجة حرارة – اهتزاز واختبارات درجة حرارة – صوتية على ارتفاع عال بشكل متزامن وروتيني على مكونات الأقمار الصناعية والطائرات.

الشكل (عند التصنيع): تتميز حجرات الضغط البيئي بمتانتها، وتتصف عادةً بأنها معدنية، ومانعة لدخول الهواء، وأسطوانية الشكل ذات أطراف دائرية أو شبه كروية لتحمل الضغط الشديد في جو ما (إضافةً إلى هامش السلامة). تمتلك هذه الحجرات منافذ رؤية زجاجية أو أكريليكية. وتستخدم لوحة وصول أو باب في نهايتها لإدخال ونزع المواد الخاضعة للاختبار. ترتبط الحجرات عادةً بمضخات تفريغ ضخمة لإخلاء الحجرة. ويستند

الشكل ١٤٢: محرك صاروخي بالوقود الصلب بنطاق كامل قيد الاختبار في ارتفاع محاكاة عالي. (إيه اي دي سي)

حجمها إلى حجم المواد الخاضعة للاختبار، بالتالي، يمكن أن يتراوح حجمها من أقل من متر وصولاً إلى عشرات الأمتار من كل جانب. يتم عادةً تدعيم هذه الحجرات بالعديد من المباني والمضخات، والطاقة، ووظائف جمع بيانات، وعمليات عديدة. يبين الشكل ١٤٢ مشهداً داخلياً لمحرك صاروخي يعمل بالوقود الصلب يجري اختباره في ارتفاع خاضع للمحاكاة.

يتم عزل حجرات أو غرف الحرارة حرارياً بمعدات تسخين أو تبريد. أما حجرات الحرارة الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف فتتضمن شروطاً خاصة باختبار الاهتزاز أو الاختبار الصوتي في درجات حرارة مختلفة أثناء الطيران.

تتضمن حجرات الحرارة الخاصة باختبار الاهتزاز جهازاً قوياً لرج المواد الخاضعة للاختبار.

الشكل ١٤٣: تهيئة جهاز اختبار اهتزاز بيئي. (تي يو في رينلاند)

يعرف هذا الجهاز باسم مضخم الاهتزاز أو الرجاج، ويمتلك طاولة دائرية، مسطحة، فولاذية، والتي يمكن أن تتضمن مواقع تثبيت مثقبة/مسننة لتوصيل مواد الاختبار. تتحرك الطاولة عادةً بواسطة محرك كهربائي خطي متغاير السرعة. تبعاً لحجم المواد الخاضعة للاختبار، يتراوح وزن هذه الطاولات بين عشرات آلاف الكيلوغرامات (الشكل ١٤٣ والشكل ١٤٤). يمكن للحجرات البيئية الخاضعة للتحكم بموجب هذا البند محاكاة ظروف الطيران التالية: ١٠ غ لكل دورة في الدقيقة أو أكثر من ٢٠ هرتز إلى ٢،٠٠٠ هرتز، كما يمكنها نقل قوى من ٥ كيلو نيوتن أو أكثر، مع درجات حرارة تشغيل أقل من ٥٠ درجة مئوية إلى +١٢٥ درجة مئوية. يبين الشكل ١٤٣ مجموعة من أجهزة الاختبار/الاهتزاز البيئية.

تعتبر حجرات درجة الحرارة الخاصة بالاختبارات الصوتية حجرات ضخمة متضمنةً أبواقاً صوتية معلقةً على الجدران. تعمل الأبواق بوتيرة واحدة (تعمل بتردد واحد) ويتراوح طولها من عدة سنتمترات بالنسبة للأبواق عالية التردد وصولاً إلى ١ م للأبواق منخفضة التردد، كما تمتلك منطقة خرج أو فم بأحجام متطابقة. يتطلب الاختبار الصوتي عادةً أن تكون الحجرة مبطنةً بمادة ممزوجة خشنة (غالباً ما تكون مخروطية)، رقيقة، مسامية، وقادرة على امتصاص الصوت.

الشكل (عند التعبئة): يتباين حجم الحجرات البيئية، إلا أنها عادةً ما تكون ضخمةً جداً ويتم بناؤها في الموقع. يجوز شحن الحجرات الحرارية الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف على هيئة ألواح مسبقة الصنع من مواد البناء. ويمكن لتعليمات التجميع وخطط البناء المساعدة في تحديد الغرض المخصص لها. أما الحجرات الحرارية الأصغر حجماً فيتم شحنها بنفس طريقة الثلاجة العادية. في حين يتم شحن طاولات الاختبار الديناميكية بحالة تجميع جزئي وذلك بواسطة صناديق خشبية صغيرة، إذ يتم إحاطتها من الداخل وتدعيم أجزائها بسنادات. لا تتضمن حاويات الشحن الخاصة بالقطع المتينة من المعدات أية علامات تعامل خاصة بها.

الشكل ١٤٤: حجرة بيئية خاضعة للمراقبة مزودة بقدرة اهتزاز. (آر ام اس ديناميك تيست سيستمز)

من ناحية أخرى، يتم شحن الأبواق الصوتية في حاويات معدنية أو صناديق خشبية لأن الأغشية العازلة الخاصة بالمحرك في هذه الأبواق مكونات حساسة، بالتالي يمكن أن تتضمن حاويات شحنها علامات خاصة بالتعامل معها.

47.ب.7 أجهزة التسارع القادرة على إطلاق شعاع من الإلكترونات بطاقة طرفية تتجاوز 500 ميغا إلكترون فولط أو أكثر، والمعدات المتخصصة لها، كما يلي، لكن لا تشمل المعدات المصممة خصيصاً لأغراض طبية:

ملاحظة:
البند 47.ب.7 لا يشمل المعدات المصممة خصيصاً لأغراض طبية.

الطبيعة والغرض: هنالك ثلاثة انواع رئيسية لأجهزة التسارع الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف وهي: أجهزة التسارع التي تعمل بتردد الراديو الخطي (Linac)، وتلك العاملة بواسطة الأشعة السينية الومضية، وأجهزة التسارع التي تعمل بفلطية عالية الكتروستاتية، التي تشحن ميكانيكياً (من نوع فان دي غراف). يتمثل الاستخدام الرئيسي من هذه الأجهزة في إنشاء أشعة سينية قادرة على النفاذ إلى أجزاء القذاف (مثل المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب) لكي يتم أخذ صور الأشعة السينية من داخلها. تتضمن الاستخدامات الأخرى للأشعة السينية ذات الطاقة العالية محاكاة آثار الأسلحة النووية إلى جانب إجراء عملية التصوير المتقطع بالأشعة السينية أثناء الأحداث شديدة السرعة مثل الانفجارات وحوادث التصادم.

طريقة التشغيل: تعتبر أجهزة التسارع من نوع "Linac" مثار الاهتمام الأكبر. فهي تقوم بدفع سرعات شعاع ما أو مجموعة إلكترونات للتسارع وصولاً إلى سرعة الضوء من خلال دفعها للمرور بتجويفات مشحونة بتيار كهربائي (فلطي) مولد من قبل مولد الترددات اللاسلكية. نظراً لأن تأثير هذه التجاويف هو تأثر مضاف، يمكن الحصول على طاقات إلكترونات إجمالية تصل إلى ملايين إلكترون فولت يمكن الحصول عليها بواسطة أجهزة صغيرة نسبياً. يخرج هذا الشعاع عالي الطاقة المؤلف من الإلكترونات من جهاز تسارع Linac ليصيب هدفاً ما (يكون عادةً معدناً كثيفاً مثل التنغستين). تقوم الإلكترونات بإخراج إشعاعات الأشعة السينية عندما تبدأ بالتباطؤ داخل الهدف، وتسمى هذه الظاهرة " إشعاع الصدم"، وهو مصطلح باللغة الألمانية ويعني إشعاع الكبح. تمر الأشعة السينية خلال الجسم ويتم تسجيلها في فيلم أو، وفق الاتجاه الآخذ بالتزايد، في المستشعرات الإلكترونية التي تقوم بعرض الصورة على شاشة الحاسوب على الفور. أما أجهزة التسارع من نوع فان دي غراف فتقوم عادةً بإنشاء جهد الكتروستاتي بواسطة الدفع الميكانيكي لحزام مطاطي مفلكن أو سلك عزل مكون من حبيبات معدنية مصقولة على سطح عازل. أما الأهداف المستخدمة في إيقاف الإلكترونات في المولدات الإلكتروستاتيكية فتشبه بشكلها الرقاقات المعدنية المستخدمة في أجهزة التسارع الخطية. من جهة أخرى، تعمل معظم أجهزة التسارع العاملة بواسطة الأشعة السينية الومضية من خلال شحن مجموعة من المكثفات حتى تصل إلى شدة فلطية عالية ومن ثم تقوم بتفريغها فجأةً. وكما هو الحال في أجهزة التسارع من نوع Linac، قوم تيار الإلكترونات الناتج باستهداف الهدف المعدني الثقيل وإنشاء الأشعة السينية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: من أهم استخدامات جهاز التسارع من نوع Linac إنتاج الأشعة السينية بهدف إجراء اختبار غير تدميري لمحركات الوقود التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب. إذ تستخدم للكشف عن التشققات والفراغات في حبيبات الوقود الدفعي، إلى جانب الكشف عن التشققات واللحام غير المكتمل في الغلاف، أو عمليات الالتصاق غير المكتملة مع المادة العازلة أو البطانة. يمكن استخدام معدات الأشعة السينية هذه لمعاينة معظم مكونات القذيفة مثل العناصر الهيكلية، واللحام، والفوهات، وأجزاء المضخة العنفية. وفي حال وجود أي من القضايا التي تتعلق بالجودة هذه ومرورها دون كشف، يمكن أن تحدث أخطاء كارثية في مراحل القذيفة، بالتالي يعتبر وجود هذه المعدات ضرورةً ملحة. يستخدم جهاز التسارع من نوع Linac كذلك

في التحقق من آثار الإشعاعات النووية الخاصة بإلكترونيات القذيفة ولاختبار المعدات والأجزاء من حيث التصليد ضد الإشعاع. وهي نفس الاستخدامات الرئيسية لأجهزة التسارع العاملة بواسطة الأشعة السينية الومضية. بالمقابل، لا تستخدم أجهزة التسارع من نوع فان دي غراف لنفس هذه الأغراض بسبب حجمها الصغير وخرج تيار شعاعها المنخفض (بالتالي أشعتها السينية المنخفضة).

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام آلات صناعية تعمل بالأشعة السينية عالية الطاقة وبالموجات المصغرة اعتماداً على أجهزة تسارع بشكل روتيني مع مجموعة من التطبيقات الصناعية منذ أكثر من ثلاثين عاماً. تتضمن هذه التطبيقات الكشف عن العيوب في منظومات الصب واللحام الضخمة المستخدمة في مجالات السيارات، وبناء السفن، والفضاء الجوي، وتصنيع مكونات إنتاج الطاقة. تستخدم هذه الآلات كذلك في النظم الأمنية الضخمة الخاصة بالكشف عن البضائع المهربة أو المتفجرات في حاويات الشحن. كما تستخدم تكنولوجيا مشابهة في إنتاج الآلات المستخدمة في علاج مرض السرطان.

الشكل (عند التصنيع): يعد جهاز التسارع Linac الذي يولد طاقة تصل إلى ٢ ليون إلكترون فولت، وفق ما هو مبين في الشكل ١٥٤، الجهاز الأكثر استخداماً، بسبب صغر حجمه ومتانته. تتكون الآلات العاملة بالأشعة السينية من خمسة أجزاء رئيسية: جهاز التسارع، ورأس الأشعة السينية، ومضخمات الترددات اللاسلكية أو عناصر الضبط، ولوحة التحكم الرئيسية، وحجرة مضخة الماء. يبين الشكل ١٤٥ الهيكل على شكل صندوق الذي يتضمن جهاز التسارع ورأس الأشعة السينية.

الشكل ١٤٥: نظام الأشعة السينية النموذجي Linac. (فاريان أسوسييتس)

يعتبر رأس الأشعة السينية بمثابة مصدر الحصول على الأشعة السينية. حيث يتم وصله مع عنصر ضبط الترددات اللاسلكية عن طريق الدليل الموجي، الذي يتخذ شكل موصل أو كابل مستطيل الشكل ويكون متيناً أو شبه متين.

يتكون الجزء من جهاز التسارع المتصل مع رأس الأشعة السينية من قناة أو أنبوب مزودة بأقراص نصف دائرية على جوانبها المتعاقبة الموجودة على طولها. كما يمكن أن توجد هذه المنظومة في وسط مغناطيس كهربائي ذو قطر ضخم. أما عنصر الضبط أو مضخم الترددات اللاسلكية الذي يزود أنبوب جهاز التسارع بطاقة الترددات اللاسلكية فيوجد عادةً في حجرة منفصلة. يتم عادةً إقران هذه الطاقة عبر دليل موجي مستطيل الشكل أو، بوتيرة أقل، عبر كبل محوري. يعمل عنصر الضبط بتردد يتوافق مع الهيكل المتسارع، عادةً بين مدى يتراوح بين ١ غيغاهرتز إلى ٣ غيغاهرتز.

أما مكونات الدعم الأخرى فهي نظام التحكم ونظام تبريد الماء. تعمل هذه النظم على التحكم في جهاز التسارع وتبريده لإبقائه ضمن درجات حرارة تشغيل بمدى ضيق. يبين الجدول ١ الأبعاد القياسية لرأس الأشعة السينية، وحجرة عنصر الضبط، ولوحة التحكم الرئيسية.

تكون الأشعة السينية الناتجة عن أجهزة التسارع الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف ذات طاقة عالية بما يكفي لتتلاءم مع الدرع الرئيسي الذي تبلغ سماكته عدة سنتمترات. يتم عادةً شحن أجهزة التسارع هذه بدون درع لأنه يمكن للمستلم تصنيع الدرع وتركيبه بسرعة. يتم عادةً وضع النظام الذي لا يمتلك درعاً داخل مكان محصن. .

من ناحية أخرى، النوع الآخر من أجهزة التسارع المستخدمة في توليد الأشعة السينية عالية الطاقة هو مولد من نوع فان دي غراف الذي يعمل بشكل ميكانيكي. هذه الأنواع أضخم بكثير من أجهزة التسارع الخطية وتتسم بصعوبة أكبر في التمركز، لذلك لا تستخدم عادةً في التصوير بالأشعة السينية. فهي تتكون من مزود طاقة عالي الجهد الفلطية قادر على توليد جهد إلكتروستاتيكي يبلغ ٢ مليون إلكترون فولت أو أكثر، إلى جانب أنبوب تسارع مصنوع من النيكل المصقول بدرجة عالية، إلى جانب وحدة تحكم مركزية. ويعتبر مورد الطاقة وأنبوب التسارع جزءاً لا يتجزأ من النظام.

إذ يقبعان في خزان ضغط عالي مصنوع من جدران سميكة من الفولاذ، والذين لدى عملهما، يضمان غاز عازل بنسبة عالية مثل سداسي فلوريد الكبريت أو النتروجين النقي خلال مواجهة الضغط في عدة اجواء. وبخلاف أجهزة التسارع الخطي، التي تعتبر صغيرة بما يكفي لتدويرها حول القطعة التي تخضع للأشعة السينية، تبقى أجهزة التسارع الإلكتروستاتية المضخمة ثابتة، ويتم تدوير القطعة الخاضعة للاختبار وفق الحاجة لتحقيق الوضعية النسبية المطلوبة. يبين الجدول ٢ أبعاد نظام فان دي غراف.

الجدول ١: أبعاد جهاز Linac النموذجية

	رأس أشعة الرؤية	حجرة عصر الضغط	وحدة التحكم الرئيسية
الارتفاع	1.5 م	1.1 م	1.1 م
العرض	1.5 م	1.5 م	1.3 م
العمق	1.1 م	1.1 م	1.3 م
الوزن	111كغ	311كغ	3كغ

الجدول ٢: أبعاد جهاز فان دي غراف النموذجية

	وعاء الضغط	وحدة التحكم الرئيسية
الطول	1.5 م	1.1 م
القطر		1.1 م
العرض		1.1 م
الوزن	1.111كغ	1كغ

يتباين حجم معدات الأشعة السينية الومضية فمنها ما هو بحجم وحدة مكتبية ومنها نظم ضخمة تتطلب مبانٍ خاصة. يبين الشكل ١٤٦ وحدة نموذجية تستخدم في معاينة حبيبات الوقود الدفعي الصلب الخاص بالمحركات الصاروخية.

الشكل ١٤٦: وحدة أشعة سينية ومضية بقدرة ٢,٣ ميغا فولت لمعاينة المحركات الصاروخية بالوقود الصلب. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة اجهزة التسارع الخطية لشحنها في علب أو صناديق. وهي تبدو على شكل ثلاثة حجرات منفصلة. عادةً يأتي رأس الأشعة السينية وعنصر الضبط من بائع واحد. ويمكن شراء نظام التبريد ونظام التحكم بشكل منفصل.

يستخدم في مواد التعبئة رغوة، من مادة ستيروفوم، أو غيرها من المواد المخففة للصدمات والتي يتم تعبئتها لحماية عنصر الضبط من الاهتزازات أو الصدمات الشديدة.

يمكن وضع بطاقات على هذه المعدات تشير إلى تضمنها أشعة سينية وينبغي التعامل معها بحذر، إلى جانب علامات تتعلق الترددات اللاسلكية، وإشارات تشير إلى الفلطية العالية. يمكن أن يكون وزن النظام أثقل من نظم الطاقة المنخفضة بسبب كمية الدروع الرئيسية، في حال شحنها والدروع مركبة عليها، المطلوبة لحماية الموظفين من نفاذ الأشعة السينية.

أما اجهزة التسارع الإلكتروستاتية فهي أضخم بكثير. يتم شحن مصدر الفلطية العالية وأنبوب التسارع معاً داخل وعاء الضغط. وبسبب وزنه، يتم شحن وعاء الضغط في صندوق يمكن مناولته بواسطة الرافعة الشوكية. لا يجوز شحن الوحدة وهي في وضعية التشغيل وعادةً ما تحتوي على مواد تعبئة إضافية داخل وعاء الضغط لدعم مصدر الفلطية العالية وعمود التسارع.

0.47.ب "مرفق الاختبار الديناميكية الحرارية الهوائية"، التي يمكن استخدام طي النظم المدرجة في البنود 4.أ أو 47.أ، أو النظم الفرعية المدرجة في البند 2.أ أو 27.أ، والتي تتسم بالخصائص التالية:
أ. الإمداد بطاقة مولدة تتساوى أو تفوق 7 ميغاواط؛ أو
ب. الإمداد بغاز يحقق غطس الجاه الهوائي أعلى من 4 ميغاباسكال.

ملاحظة فنية:
تشمل "مرفق الاختبار الديناميكية الحرارية الهوائية" مرفق النفث المستخدم أقواس البلازما، والأنفاق التي تستخدم البلازما الدرجة الحرارية والديناميكية الهوائية لمحاكاة الهواء على الأجسام.

الطبيعة والغرض: تحاكي مرافق الاختبار الديناميكية الحرارية الهوائية بيئة التدفق الشديد التي تواجهها القذيفة أثناء الطيران بسرعات عالية جداً مثل تلك المرافقة لعودة القذائف التسيارية. كما تستخدم مرافق الاختبار الديناميكية الحرارية الهوائية لتطوير نظم الحماية الحرارية في القذائف التسيارية.

من جهتها، توفر مرافق النفث باستخدام أقواس البلازما تدفقات في درجات حرارة عالية تكون قادرة على إعادة إنتاج درجات الحرارة والمتصهارات الحرارية المرافقة لحرارة هواء العودة الذي تواجهها المادة الخاضعة للاختبار. أما أنفاق البلازما الريحية (نفق النفث بواسطة البلازما) فتحتوي على بلازما لمحاكاة الحرارة الديناميكية الهوائية والتدفق بالقرب من سطح القذيفة الطائر بسرعة عالية جداً.

طريقة التشغيل: يعد يعتبر قوس النفث (الشكل ١٤٧) جهازاً يقوم بتسخين الغاز وتمديده بدرجات حرارة عالية للغاية وبسرعات تساوي / تفوق سرعة الصوت بواسطة قوس كهربائي مستمر يتم تركيبه بين مجموعتين من الأقطاب الكهربائية. ينتج مصدر الفلطية العالية قوساً كهربائياً يقوم بتسخين غاز الاختبار إلى درجة التأين. تمر الغازات (الهواء عادةً) عبر فوهة مخصصة لتفريغ عينة الاختبار، وتمر فيها، ما ينتج عنه نسبة منطقية قريبة من درجة حرارة وضغط السطح إلى جانب المحتوى الحراري للغاز الموجود بسرعة عالية وبتدفق أسرع من الصوت من النوع الذي تواجهه المركبة أثناء العودة إلى الغلاف الجوي

تستخدم الأنفاق الريحية باستخدام البلازما قوساً كهربائياً عالي التيار لتسخين غاز الاختبار إلى جردة حرارة عالية للغاية. تتحدد شروط البلازما الموجودة في الأنفاق الريحية باستخدام البلازما بواسطة مصدر البلازما المستخدم، ومعايير التشغيل ووضعية المادة الخاضعة للاختبار في شعاع البلازما. تتكون الأنفاق الريحية باستخدام البلازما من حجرة القوس، وفوهة، وحجرة اختبار، ونظام تفريغ للحفاظ على حجرة الاختبار عند ضغط منخفض. يتدفق غاز الاختبار البارد عبر حجرة القوس والفوهة. يتشكل القوس الكهربائي بواسطة الغاز الموجود بين قطب كهربائي معزول في حجرة القوس وبين سطح حجرة القوس. يقوم القوس الكهربائي برفع درجة حرارة غاز الاختبار إلى مستوى التأين ما يؤدي إلى إنتاج البلازما، التي تتكون من خليط من إلكترونات حرة، وأيونات مشحونة بشكل إيجابي، وذرات حيادية. كما يستخدم الأرغون كغاز اختبار عوضاً عن الهواء بسبب درجة التأين العالية المتحققة بشأن مدخل الطاقة ذو العلاقة.

الشكل ١٤٧: منشأة تسخين تفاعلي (٦٠ ميغا وات). (ناسا)

لإعادة إنتاج ظروف التدفق قريبة من تلك التي يمكن أن يواجهها سطح المادة الخاضعة للاختبار أثناء الطيران الفعلي بسرعات حقيقية في الأنفاق الريحية باستخدام البلازما بأكبر قدر من الدقة، ينبغي فحص خصائص شعاع البلازما والتغييرات التي تطرأ على المادة بأكبر دقة ممكنة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم مرافق الاختبار الديناميكية الحرارية الهوائية التي يتم إمدادها بطاقة كهربائية تساوي أو تفوق ٥ ميغاواط أو غاز يبلغ ضغطه الإجمالي أو يفوق ٣ ميغا باسكال في اختبار القذائف بظروف بيئية تحاكي ظروف العودة.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم مرافق الاختبار الديناميكية الحرارية الهوائية كذلك في اختبار نظم الحماية الحرارية الخاصة بالمركبات الفضائية في ظروف بيئية تحاكي ظروف العودة وبظروف بيئية تحاكي الظروف المرافقة لظروف استكشاف الكواكب. تمتلك بعض نظم البلازما عالية الحرارة في المجال الصناعي لا سيما في مجال تحويل الحرارة العالية إلى غاز في الكتلة الحيوية، والنفايات غير الخطيرة، وفي تدمير النفايات الخطيرة (مثل الرماد المتطاير والحرير الصخري)، وذلك لخفض وشل حركة النفايات الإشعاعية منخفضة المستوى، كما تستخدم في صناعة الفولاذ.

الشكل (عند التصنيع): يمكن أن تتباين منشآت قوس النفث والأنفاق الريحية بواسطة البلازما بحجمها الذي يتراوح من النماذج صغيرة الحجم التي تناسب غرفة في مبنى (الشكل ١٤٨) وصولاً إلى منشآت مؤلفة من مبنى كامل مرتفع وصولاً إلى المجمعات التي تضم العديد من المباني والتي تضم المكونات المختلفة لنظام قوس النفث (الشكل ١٨).

الشكل (عند التعبئة): يتم تصميم منشآت قوس النفث والأنفاق الريحية بواسطة البلازما عادةً حسب الطلب ويتم بناؤها في الموقع. يتم تعبئة مكونات منشآت قوس النفث والأنفاق الريحية بواسطة البلازما مثل أقسام الاختبار، ولوحات التحكم والأجهزة في صناديق ويتم تحميلها على منصات ثقالة ثقيلة لشحنها.

الشكل ١٤٨: صورة داخلية لمركز جونسون الفضائي. منشأة تقييم مواد الغلاف الجوي العائدة والهياكل (قوس النفث). (ناسا)

الشكل ١٤٩: مشهد جوي لمجمع قوس النفث في ناسا أميس ريسيرتش سنتر. (ناسا)

51.ج لمواد

لا يوجد.

١٥.د البرمجيات

4.د.47 "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البند 47.ب التي يمكن استخدامها لأغراض نظم الاختبار المحددة في البنود 4.أ أو 4.أ.47 أو 2.أ.47، أو النظم الفرعية المحددة في البنود 2.أ أو 27.أ.

الطبيعة والغرض: تكون البرمجية المستخدمة في منشآت اختبار الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة في بعض الأحيان مصممة خصيصاً لتشغيل معدات اختبار متخصصة وتسجيل نتائج الاختبار لتحليلها فيما بعد. إلا إنه في بعض الحالات، يمكن تهيئة البرمجيات الحديثة ذات الغرض العام من قبل المستخدم النهائي للوفاء باحتياجات منشآت الاختبار هذه. تؤدي هذه البرمجية وظيفةً عامة واحدة وهي التشغيل التلقائي لمعدات الاختبار، كما تقوم بوظيفة ثانية تتمثل في جميع وتخزين بيانات الاختبار. الوظيفة الثانية، وهي الحصول على البيانات، يمكن أن تنفذ بواسطة برمجية مخصصة للأغراض العامة غير خاضعة للمراقبة بموجب البند ١٥.د.١. هنالك وظيفة ثالثة تؤديها البرمجية وهي تحليل نتائج الاختبار، التي يمكن تنفيذها بواسطة برمجية متخصصة، أو بواسطة برمجية ذات غرض عام يتم تهيئتها بشكل خاص.

فعلى سبيل المثال، توفر البرمجية المستخدمة في نظم اختبار الاهتزاز إشارات مناسبة وتوصلها إلى وحدات التحكم الرقمية التي تقوم بمحاكاة الاهتزازات المرافقة للطيران التشغيلي للقذائف التسيارية. يمكن أن تتباين هذه الإشارة تبعاً لمجموعة من الترددات والسعات المختلفة. يقوم نظام حاسوب المنشأة بتسجيل الإشارات الصادرة عن مقياس التسارع لتحديد الاستجابة الاهتزازية للمادة الخاضعة للاختبار، مثل اهتزازات لوحة إلكترونيات الطيران، والجيروسكوب الثابت أو مكونات الوقود الدفعي. هنالك مثال آخر عن عمل البرمجية والذي يتمثل في جمع بيانات النفق الريحي أثناء اختبار هيكل المركبات باستخدام الأجهزة. من جهة اخرى، يمكن للنظام المؤتمت جمع المعلومات من المحرك المزود بأجهزة القياس. يمكن للنظم المحوسبة تسجيل سرعة الريح وقوة الرفع، واجر، والثبات والآثار الحرارية وبيانات البصمة الصادرة عن المادة الخاضعة للاختبار. في حين تقوم برمجية اختبار المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب والسائل بجمع المعلومات من المحرك المزود بأجهزة القياس ومكونات المحرك أثناء اختبار المحرك/الآلة المحركة. تتضمن النتائج ضغوط بدء التشغيل المؤقتة وتلك الناتجة أثناء التشغيل، والتشوهات الحاصلة في غلاف المحرك، والبيانات الحرارية وبيانات المحرك/الآلة المحركة من بين عدة بيانات أخرى. يتم تحليل جميع هذه البيانات لتقييم أداء نظام الصاروخ الفرعي ومدى ملاءمة التصميم.

طريقة التشغيل: يتضمن نظام اختبار الاهتزاز وحدة رج للاختبار المواد التي يتم توصيلها بها، إلى جانب مضاعف الطاقة الكهربائية ومصدر طاقة آخر (مثال الهيدروليك) لتشغيل وحدة الرج، إلى جانب وحدة تحكم للتحكم في مضاعف الطاقة بما يتلاءم مع تردد الاهتزاز المطلوب إلى جانب ملف تعريف اختبار السعة، إلى جانب نظام تبريد بالهواء أو السائل لوحدة الرج والمضخم. يتم تثبيت المادة الخاضعة الاختبار بإحكام على تجهيزات طاولة الاهتزاز، ويكون للمادة الخاضعة للاختبار مستشعراتها وأجهزة الالتقاط بالتتابع، والتي تكون عادةً أجهزة قياس تسارع كهروضغطية صغيرة ذات مولدات ذاتية. كما يتم توصيل كابلات الإشارة الأخرى لتسجيل أية استجابات كهربائية داخلية أو تغييرات في الإشارة قد تحصل أثناء الاختبار. يقوم المشغل بإدخال تردد الاهتزاز ومعلومات التضخيم إلى وحدة التحكم بواسطة الحاسوب والتي تقوم بترجمة الدخل هذا إلى إشارات يتم إرسالها إلى مضخم الطاقة الذي يقم بالتحكم بطاولة الرج.

يمكن أن تتضمن البرمجية المستخدمة في دعم اختبارات إطلاق النفق الريحي ومحركات الصواريخ التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب أو تلك العاملة بالوقود الدفعي السائل تسلسلاً مبرمجاً بشأن سرعات النفق الريحي ومواقيته، أو تسلسل مبرمج بشأن عمليات فتح إغلاق الصمام في حال اختبار الصواريخ التي تعمل بالوقود الدفعي السائل. وبالتزامن خلال عملية الاختبار،

تقوم برمجية أخرى بتجميع البيانات من نظم ومستشعرات أجهزة القياس المثبتة على المادة الخاضعة للاختبار. وفي حين أنه يمكن تنفيذ وظيفة الحصول على البيانات عن طريق حاسوب منفصل، تجعل البرمجية الحديثة المخصصة للأغراض العامة من الممكن تشغيل الاختبارات وجمع البيانات بواسطة حاسوب واحد. يمكن أن يتضمن جانب الحصول على البيانات من البرمجية قدرات تحليلية لمساعدة مهندس القذائف لتقييم نتائج الاختبار.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يقوم هذا النوع من البرمجيات بالتحكم في معدات الاختبار التي تقوم بمحاكاة البيئة التي يواجهها الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة أثناء الطيران دون الحاجة لاستهلاك قذيفة لإجراء الاختبار. فمن شأن تطبيق إجراءات اختبارات قوية على الأرض على نظم الطيران خفض وقت وتكلفة تطوير هذه النظم الفرعية.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام هذه البرمجية في صناعات أخرى. في حين تستخدم محطات اختبار الاهتزاز والأنفاق الريحية لاختبار العديد من المنتجات العسكرية والمدنية، مثل الطائرات. في حين تستخدم نفس البرمجية، ربما مع تعديلات طفيفة، في التحكم بتشغيل هذه القطع من معدات الاختبار ولمراقبة نتائج الاختبار الخاصة بمواد الاختبار هذه. في حين تستخدم البرمجية المخصصة للأغراض العامة الخاصة بأجهزة الاختبار (مثال: LabVIEW™) في مجموعة واسعة من الأغراض وهي غير خاضعة للمراقبة بموجب البند ١٥.د.١.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ البرمجية المستخدمة في التحكم بالعمليات شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل، إلا أنه يجوز بيعها وتحويلها مباشرةً عبر الإنترنت. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على هذه البرمجية عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب.

٥.١٥ التكنولوجيا

4.د.47 "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المعدات المحددة في البند 47.ب التي لم تستخدم لأغراض نظم الاختبار المحددة في البنود 4.أ أو 4.أ.47 أو 2.أ.47، أو النظائر الفرعية المحددة في البنود 2.أ أو 27.أ.

الطبيعة والغرض: تتضمن التكنولوجيا الخاصة بتطوير منشآت ومعدات الاختبار، التي تستخدم بدورها لتطوير وإنتاج الصواريخ أو المركبات الجوية غير المأهولة، فهماً شاملاً لكل من نظم الطيران الخاضعة للاختبار والاستجابة المتوقعة للاختبار. فالتجربة مطلوبة كذلك لتصميم، وبناء، وتشغيل معدات الاختبار التي تكون دقيقةً بما يكفي لمحاكاة بيئة الطيران بدقة أثناء تسجيل القياسات. وفي ظل غياب نقل التكنولوجيا، يجوز لدولة ما تطوير برمجية اختبار متخصصة أو إعداد برمجية مخصصة لأغراض عامة مع الوقت لدى حصولها على المعلومات المستندة إلى التجارب. فضلاً عن ذلك، تعتبر المخططات الهندسية (التي يشار إليها أحياناً باسم المخططات الأولية) والتي تبين كيفية تصنيع أو تشغيل معدات اختبار القذائف التي تعتبر بشكل لا لبس فيه أجزاءً جوهرية من التكنولوجيا. يرقى نقل المعرفة الفنية الخاصة في إنتاج أو إعداد برمجية الاختبار والتحليل ليعتبر نقلاً للتكنولوجيا الخاضعة للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف.

طرق التشغيل: تتوفر المساعدة التقنية بعدة أشكال. فقد تتضمن التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص أو مؤسسات لديهم [redacted] بخصوص موضوع أو أكثر من المواضيع الخاضعة للمراقبة مثل معدات اختبار الاهتزاز الضخمة أو عملية إجراء اختبارات المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي السائل، والذين يقومون مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج أو الاختبار. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية بواسطة خدمة استشارية واحدة أو أكثر تكون متخصصةً في مهارات الإنتاج ذات العلاقة. يمكن أن تأتي المساعدة التقنية كذلك على شكل مساعدة في شراء المعدات، أو الآلات، أو المواد أو على مساعدة بشأن تحديد المواد المطلوبة للبرنامج. في النهاية، يجوز لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية من خلال إرسال طلاب لدول أخرى للحصول على التكنولوجيا لحضور التدريبات وممارسة المهارات اللازمة لبناء وتشغيل النظم المطلوبة.

الاستخدامات النموذجية غير القذائف: يمكن استخدام المساعدة التقنية المطلوبة لبناء وتشغيل الصواريخ، أو معدات اختبار المركبات الجوية غير المأهولة فقط لهذه الأغراض (مثال في حالة منصات الاختبار) أو يمكن أن تكون مفيدةً في مجموعة من التطبيقات العسكرية أو المدنية. المستخدمة في أبحاث الطقس، مع إجراء بعض التعديلات عليها، لتكون قذائف تسيارية. تعتبر التكنولوجيا المستخدمة في القذائف التسيارية، ومركبات الإطلاق الفضائية، والصواريخ المسبارية متشابهةً للغاية.

الاستخدامات الأخرى: يمكن للمركبات المدنية والعسكرية استخدام نماذج مصغرة من هذه التكنولوجيا. على نحوٍ مشابه، يمكن استخدام هذه التكنولوجيا لاختبار النظم الفرعية الحساسة ومكونات المركبات الأرضية.

قيود التصدير: لا يوجد.

قيود الحيازة: لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ١٦

النمذجة والمحاكاة ودمج التصميم

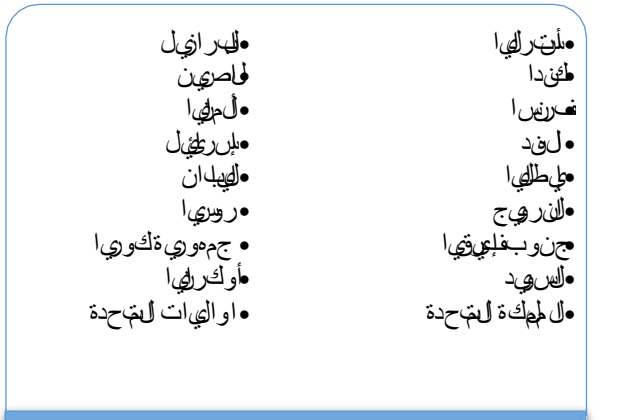
الفئة ٢ – البند ١٦: النمذجة والمحاكاة ودمج التصميم

١٦.أ المعدات والمنظومات والمكونات

٤٠.أ حواسيب معينة هجينة تناظرية ورقمية (مصممة خصيصاً لأغراض نمذجة أو محاكاة أو دمج تصميم النظم الفرعية) المحددة في البند ٤.أ، أو النظم الفرعية المحددة في البند ٢.أ.

ملاحظة:
لا ينطبق هذا الضابط على الحالة التي تكون فيها المعدات مزودة بالبرمجيات المحددة في البند ٤٠.د.٤.

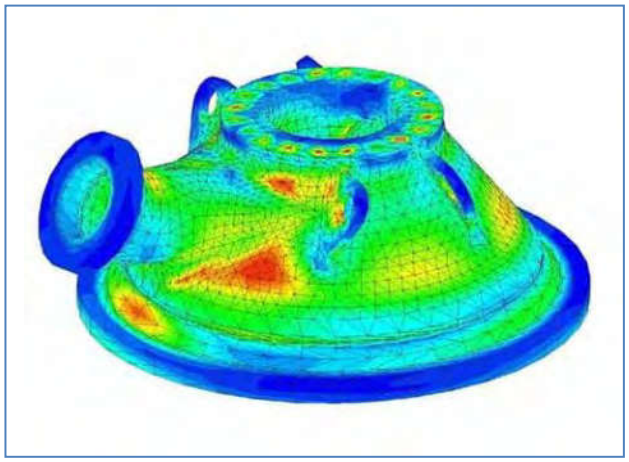
٤٠.ب معدات الاختبار والإنتاج



الطبيعة والغرض: توفر أدوات برمجية النمذجة والمحاكاة ودمج التصميم وسائل ميسورة التكلفة لتخطيط وتحسين المهام والعمليات الفضائية والعسكرية عالية التكلفة. ومن خلال تمكين المصمم من بناء النظم الصاروخية والمركبات الجوية غير المأهولة ودفعها للطيران باستخدام الحواسيب، يمكن إجراء التغييرات المتعددة على التصميم وبيئات الطيران ويمكن التحقق منها واختبارها بواسطة أدوات البرمجية، ما يؤدي إلى خفض نفقة البناء، والاختبار، وإعادة تصميم أجهزة الطيران بشكل متكرر. أما النمذجة الرياضية فتعمل على الخفض التدريجي للتكلفة والوقت المطلوبان لتطوير النظم الصاروخية أو المركبات الجوية غير المأهولة. في حين تلعب الرموز المولدة بواسطة الحاسوب دوراً جوهرياً في تصميم القذائف وفق قدرات الأداء المطلوبة، لا سيما القذائف ذات المدى الأطول. كما يؤدي استخدام مكتبة كاملة من نماذج البرمجية للتحقق من الاداء خلال مرحلة التصميم إلى إنتاج قذائف ذات خيارات تفضيلية ملائمة تتعلق بالقذيفة، بما في ذلك قدرات المدى والحمولة.

من ناحية أخرى، تجمع الحواسيب الهجينة ما بين المكونات التناظرية والرقمية بهدف الاستفادة من مزايا كل واحدة منها. فضلاً عن ذلك، يمكن الاستفادة من تاريخ نمذجة التصميم، إذ يوجد تطبيقات تتعلق بمعالجة البيانات في الوقت الحقيقي. فهي مفيدة في الأوضاع التي تكون فيها نسب البيانات عالية للغاية، في حين تكون نسبة الإشارة إلى الضجيج منخفضة، مثل منظومة المستوى البؤري الموجود في المستشعرات المتطورة. يمكن أن تكون هذه الشروط مرهقة للحواسيب الرقمية الصرفة لأن هذه الحواسيب لا تتماشى دائماً مع دفق البيانات، ولأن قوة الإشارة المنخفضة لا تولد في بعض الأحيان نسبة "١" أو "٠" صافية والتي تتطلبها الأجهزة الرقمية. بالتالي، تستخدم مجموعة الدوائر التناظرية في بعض الأحيان لجمع ومعالجة خرج المستشعر قبل رقمنة البيانات.

طريقة التشغيل: تمثل معظم نماذج برمجية تصميم القذيفة فيزياء تشغيل القذيفة لاختبار الخصائص الهيكلية للقذائف ومكوناتها (الشكل ١٥٠ و ١٥١). توفر، من جهة أخرى، النماذج الديناميكية الهوائية الحديثة علاجاً عالي الدقة للتدفقات الداخلية والخارجية للقذيفة ويمكن تصميمها حسب الطلب وفق هندسة القذيفة المحددة قيد التقييم.

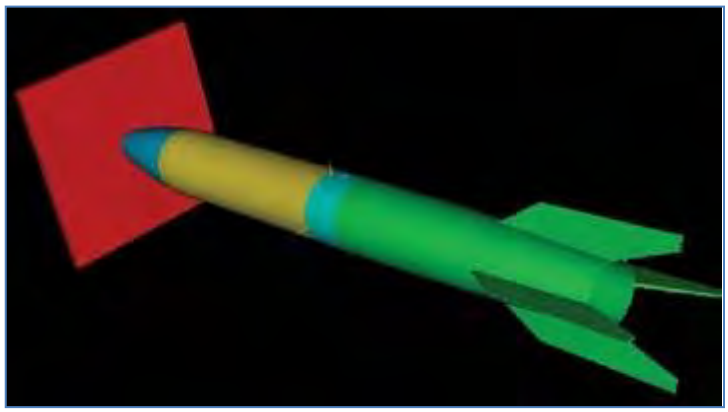


الشكل ١٥٠: برمجية نمذجة ومحاكاة تستخدم لتحليل هيكل المحركات الصاروخية ومكوناتها، وأجهزة دفع الأقمار الفضائية، وخزانات الوقود والهوائيات. (اي ايه دي اس)

من جهتها، تتوقع النماذج الديناميكية الحرارية عملية التسخين الجزئي والتفاعلات الكيميائية الناتجة عن دفع القذيفة وحمايتها ضد الحرارة، إلى جانب التدفق الناتج عن الحرارة والذي يدخل إلى المكونات الجوهرية للقذيفة. والآن تتوفر تطبيقات نماذج الجزئيات المحددة في تصميم هياكل القذائف في متناول اليد، على اعتبار أنها تطبيقات نماذج تجمع بين أجهزة التوجيه وبين أجهزة التحكم بالقذيفة لاختبار الأداء. وبمجرد تصميمها، يتم اختبار أجهزة المنظومة الفرعية بشكل متكرر بواسطة تقنيات محاكات الأجهزة الحاسوبية في دائرة التشغيل. تشير تقنيات محاكات الأجهزة الحاسوبية في دائرة التشغيل إلى أنشطة الاختبار التي تعتمد على المحاكاة الجزئية وعلى الواقع الجزئي، مثل أنشطة مناضد الاختبار ونظام توجيه القذيفة باستخدام زعانف ومشغلات حقيقية، بينما يقوم الحاسوب بمحاكاة مسار الطيران الناتج بواسطة نموذج رياضي يمثل كامل القذيفة وهي في وضع الطيران. أما بالنسبة للاختبار "الحلقة المغلقة"، فيمكن أن يستخدم جهاز الحاسوب مسار الطيران المحسوب لإنتاج بيانات مستشعر ملاحة خاضعة للمحاكاة لتغذيتها في نظام التوجيه الحقيقي قيد الاختبار. يمكن أن تتراوح درجة تعقيد هذا الاختبار على نحو كبير، مثال، يمكن أن يكون الجهاز الحقيقي قيد الاختبار مكوناً من رابط ميكانيكي واحد أو يمكن أن يكون رابطاً ميكانيكياً واحداً أو يمكن أن يكون منظومة توجيه وحكم فرعية كاملة.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: يمكن تطبيق برمجية تصميم القذيفة عبر مجموعة من الطرق عندما تكون في مرحلة مبكرة لمعالجة تصميمها. يمكن استخدام أساليب النمذجة والمحاكاة في تحديد واختبار المعايير والوظائف الخاصة بالمستشعرات وغيرها من معدات الاتصالات، إلى جانب حمولة الأسلحة، وأيضاً في إنشاء وتحديد العديد من الإعدادات، وإمكانيات الدفع، وحمولات التحليق الديناميكية الهوائية، والمتطلبات الهيكلية، ومتطلبات العزل الحرارية، ومعدات التوجيه أو التحكم الخاصة بأفكار أو نماذج التصميم المرشحة. تسند تصاميم أجهزة المنظومة الفرعية إلى اختبار أداء هذه النماذج، والذي يتم غالباً بواسطة برمجية محاكاة الأجهزة الحاسوبية في دائرة التشغيل، وذلك للتحقق من قدراتها وأيضاً لتحسين هذه النماذج بحيث تركز على التصميم بشكل أكبر. بعد ذلك، يقوم الحاسوب بتجميع هذه النماذج التي تركز على التصميم بهدف تمثيل نظام الصاروخ أو المركبة الجوية غير المأهولة المدمج أثناء وهي في حالة الطيران وللتحقق من قدراتها التصميمة قبل اختبار الطيران الفعلي. بالتالي يلغي أسلوب النمذجة هذا الحاجة إلى إجراء اختبار الطيران المكلف بشكل متكرر.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام كثير من نماذج البرمجيات التي تعتبر أساسيةً بدرجة كبيرة والتي تستخدم في تصميم نظم القذائف في المجال التجاري. تستخدم أساليب النمذجة الهيكلية في تصميم السيارات، والشاحنات، والطائرات، والمباني، وغيرها من البنى التحتية. في حين تستخدم الرموز الديناميكية الهوائية في تصميم الأقمار الصناعية، ومحطات الطاقة الكهربائية، وجميع أنواع المحركات. أما حواسيب حركة الطيران فلها تطبيقات واسعة في مجال التدريب التجريبي ومحاكيات الطيران.



الشكل ١٥١: نموذج حسابي مستخدم لمحاكاة تأثير القذيفة. (مختبرات سانديا الوطنية)

الشكل (عند التصنيع): لا يمكن تمييز برمجية تصميم القذيفة من البرمجية التجارية من الناحية المادية. فهي توضع على أقراص حاسوب أو أقراص مدمجة وغيرها متشابهة. أما الحواسيب التناظرية/الرقمية الخاصة بالقذائف فهي عبارة عن إلكترونيات عادية تكون عادةً بحجم أصغر من حافظة الخبز. بالمقابل، حواسيب حركة الطيران فهي عبارة عن حجرات تتضمن رفوفاً مخصصةً لتخزين الإلكترونيات التجارية. كما يمكن أيضاً تحميل برمجية القذيفة ونماذج ديناميكيات الطيران المتخصصة على حاسوب رقمي صرف يعمل بالوقت الحقيقي (محاكي الطيران). يمكن استخدام نماذج الوقت الحقيقي لاستبدال الأجهزة الحاسوبية في دائرة التشغيل الخاصة بالمادة الخاضعة للاختبار.

الشكل (عند التعبئة): يجوز تعبئة الإلكترونات العادية مثل الحواسيب التناظرية/الهجينة بمجموعة من الطرق، بما في ذلك الحاويات التي توضع في صندوق السيارات المستخدمة في شحن الأدوات الحساسة وشاشات الحاسوب. يتم شحن حواسيب حركة الطيران عموماً بنفس طريقة شحن المعدات الإلكترونية. ويجوز تعبئة أجهزة محاكي الطيران الأخرى، بما في ذلك مناضد حركة الطيران، في صناديق خشبية لشحنها. أما برمجية النماذج والوقت الحقيقي فيبدو شكلها مثل أي من منتجات برمجية أخرى لذلك تتم تعبئتها في صناديق من الورق المقوى، ويمكن في ورق اللف (إن كانت تجارية/جديدة) أو في وسائط نقل قياسية لا تحمل علامات، مثل الأقراص المرنة، أو الأقراص المدمجة، أو في خراطيش شرائط ممغنطة قياس ٤/١".

11.ب معدات الاختبار والإنتاج

لا يوجد.

51.ج المواد

لا يوجد.

51.د لبرمجيات

4.د.40 "البرمجيات" المصممة خصيصاً لأغراض نمذجة أو محاكاة أو دمج تصميم النظم المحددة في البند 4.أ أو النظم الفرعية المحددة في البند 2.أ أو 27.أ.

الحظ تقنية:
تشمل هذه نماذج قوة خاصة للتحليل الديناميكي الهوائي والديناميكي الحراري للنظم.

- الباكستان
- البرازيل
- الصين
- الهند
- إسرائيل
- إيران
- جنوب إفريقيا
- روسيا
- كوريا الشمالية
- مصر
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: يمكن التحقق من العديد من التغييرات الحاصلة في التصميم وبيئات الطيران بواسطة استخدام برمجيات النمذجة، والمحاكاة ودمج التصميم، ما يؤدي إلى خفض نفقة البناء، والاختبار، وإعادة تصميم الأجهزة الحقيقية. تتسبب قدرة النمذجة هذه في الخفض الدراماتيكي للتكلفة والوقت المطلوب لتطوير صاروخ أو مركبة جوية غير مأهولة ما. تلعب النماذج التي تعتمد على الحاسوب دوراً جوهرياً في تصميم صاروخ ما أو مركبة جوية غير مأهولة وفق قدرات النطاق والحمولة والأداء المنشودة. يتضح هذا الأمر جلياً عند تصميم قذائف تسيارية طويلة المدى. في حين يساهم استخدام نموذج برمجية شامل للتحقق من الأداء خلال مرحلة التصميم إلى إنتاج قذائف ذات خيارات تفضيلية ملائمة تتعلق بالقذيفة، بما في ذلك قدرات المدى والحمولة.

طريقة التشغيل: تمثل معظم نماذج برمجية تصميم القذيفة فيزياء تشغيل القذيفة. توفر، من جهة أخرى، النماذج الديناميكية الهوائية الحديثة علاجاً عالي الدقة للتدفقات الداخلية والخارجية للقذيفة ويمكن تصميمها حسب الطلب وفق هندسة القذيفة المحددة قيد التقييم. من جهتها، تتوقع النماذج الديناميكية الحرارية عملية التسخين الجزئي والتفاعلات الكيميائية الناتجة عن دفع القذيفة وحمايتها ضد الحرارة، إلى جانب التدفق الناتج عن الحرارة والذي يدخل إلى المكونات الجوهرية للقذيفة. والآن تتوفر تطبيقات نماذج الجزئيات المحددة في تصميم هياكل القذائف في متناول اليد، على اعتبار أنها تطبيقات نماذج تجمع بين أجهزة التوجيه وبين أجهزة التحكم بالقذيفة لاختبار الأداء. من الأمثلة على الخرج الناتج عن نموذج هيكل القذيفة الشكل ١٥١ أعلاه.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يمكن تطبيق برمجية تصميم القذيفة عندما تكون في مرحلة مبكرة لمعالجة تصميمها لتحديد لإعداداتها الكلية، وإمكانيات الدفع، وحمولات التحليق الديناميكية الهوائية، والمتطلبات الهيكلية، ومتطلبات العزل الحرارية، ومعدات التوجيه أو التحكم الخاصة بأفكار أو نماذج التصميم المرشحة.

تستند تصاميم أجهزة المنظومة الفرعية إلى اختبار أداء هذه النماذج، والذي يتم غالباً بواسطة برمجية محاكاة الأجهزة الحاسوبية في دائرة التشغيل، وذلك للتحقق من قدراتها وأيضاً لتحسين هذه النماذج بحيث تركز على التصميم بشكل أكبر.

الاستخدامات الأخرى: يتم استخدام كثير من نماذج البرمجيات التي تعتبر أساسيةً بدرجة كبيرة والتي تستخدم في تصميم نظم القذائف أو المركبات الجوية غير المأهولة في المجال التجاري. هنالك نموذج هيكلي شائع وهو، NASTRAN، الذي يستخدم في تصميم السيارات، والشاحنات، وطائرات الركاب، والجسور من بين مجالات عدة اخرى. في حين تستخدم الرموز الديناميكية الهوائية مثل SINAD، في تصميم الأقمار الصناعية، ومحطات الطاقة الكهربائية، وجميع أنواع المحركات.

الشكل (عند التصنيع): لا يمكن تمييز برمجية تصميم القذيفة من البرمجية التجارية من الناحية المادية. فهي توضع على أقراص حاسوب أو أقراص مدمجة وغيرها المستخدمة مع برمجيات أخرى. على نحو بديل، يمكن أيضاً تحميل برمجية القذيفة ونماذج ديناميكيات الطيران المتخصصة على حاسوب رقمي صرف يعمل بالوقت الحقيقي (محاكي الطيران). يمكن استخدام نماذج الوقت الحقيقي لاستبدال الأجهزة الحاسوبية في دائرة التشغيل الخاصة بالمادة الخاضعة للاختبار.

الشكل (عند التعبئة): يتم الإعلان عن البرمجية المصممة خصيصاً لتصميم المنتجات الفضائية والعسكرية بنفس الطريقة. أما برمجية النماذج والوقت الحقيقي فيبدو شكلها مثل أي من منتجات برمجية أخرى لذلك يمكن بيعها مباشرةً عبر الإنترنت. في الماضي، كان يتم تعبئة البرمجية في صناديق من الورق المقوى، ويمكن في ورق اللف (إن كانت تجارية/جديدة) أو في وسائط نقل قياسية لا تحمل علامات، مثل الأقراص المرنة، أو الأقراص المدمجة، أو في خراطيش شرائط مغنطة قياس ٤/١".

المعلومات الإضافية: يمكن أن توفر الحواسيب الرقمية عالية السرعة فائدةً لا يستهان بها في تطوير برمجية طيران القذيفة في الوقت الحقيقي. تمتاز بعض معايير الحواسيب التجارية بسرعتها الكافية لدعم محاكيات أداء القذيفة في الوقت الحقيقي. في حين يعتبر حاسوب حركة الطيران الجزء الأساسي الذي يجعل من هذه الحواسيب ذات التجارية مفيدة لتكون محاكيات لدعم تطوير برمجية القذيفة وعمليات الاختبار. تستخدم حواسيب حركة الطيران برمجية نظام تشغيل متخصصة تمكنها من العمل كوحدات تحكم بالمحاكاة وكمسجلات لبيانات الأداء.

١٦.د التكنولوجيا

١٦.د.١ "التكنولوجيا" وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض 'تطوير' أو 'إنتاج' أو 'استخدام' المعدات أو 'البرمجيات' المحددة في البند ١٦.أ أو ١٦.د.

الطبيعة والغرض: تعرف تكنولوجيا النمذجة والمحاكاة ودمج التصميم بأنها المعرفة أو البيانات الضرورية لتصميم البرمجية والحواسيب المطلوبة لتطوير القذائف، والمركبات الجوية غير المأهولة، ونظمها ومكوناتها الفرعية. يمكن استخدام برمجية النمذجة في هندسة التصميم، وماكيات التصميم، وكأداة مساعدة في الاختبارات. تتضمن النمذجة بواسطة الحاسوب فهماً معمقاً للنطاق الفيزيائي قيد المحاكاة. لذلك ينبغي على المصمم الإلمام التام بنظام القذيفة أو المنظومة الفرعية ليتمكن بعد ذلك من تحويل الإلمام بهذا الموضوع إلى نموذج حاسوبي، مثال: برمجية الحسابات الرياضية وبرمجية إنتاج نتائج عددية وبيانية. ومع اكتساب المصمم الخبرة بواسطة إجراء التجارب والاختبارات في العالم الحقيقي، ستتحسن دقة النموذج.

طريقة التشغيل: تتوفر تكنولوجيا النمذجة والمحاكاة ودمج التصميم بعدة أشكال. فقد تتضمن التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص لديه سجل خبرة حافل بخصوص كتابة أو تعديل برمجية النمذجة أو التصميم أو محاكاة الطيران منخفضة الجودة بحيث تدعم نظام الصاروخ أو عمل تصميم المركبات الجوية غير المأهولة، أو شخص يقوم مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج أو الاختبار. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية بواسطة خدمة استشارية واحدة أو أكثر تكون متخصصةً في نمذجة أو تصميم البرمجية. في النهاية، يجوز لدولة ما الحصول على

المساعدة التقنية من خلال إرسال طلاب لدول أخرى للحصول على التكنولوجيا لحضور التدريبات وممارسة المهارات اللازمة لبناء وتشـــغيل الـــنظم المطلوبة. ويمكن أن ترقى أية كتيبات ومواد يتم استلامها خلال التدريب لتكون بيانات تقنية.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تكون التكنولوجيا المطلوبة لتطوير برمجية نمذجة أو تصميم خاصة بالصواريخ، أو المركبات الجوية غير المأهولة متخصصةً بشكل جزئي. يمكن استخدام البرمجية في القذائف المسبارية المستخدمة في أبحاث الطقس، مع إجراء بعض التعديلات عليها، لتكون قذائف تسيارية . تعتبر التكنولوجيا المستخدمة في القذائف التسيارية، ومركبات الإطلاق الفضائية، والصواريخ المسبارية متشابهةً للغاية.

الاستخدامات الأخرى: بالرغم من أن التكنولوجيا المطلوبة لتطوير برمجية نمذجة أو تصميم خاصة بالصواريخ، أو المركبات الجوية غير المأهولـــة متخصصةً بشكل جزئي، يمكن استخدام بعضها بشكل عام مع العديد من الأغراض الأخرى. يجوز لمصممي المركبات الجوية غير المأهولة استخدام نسخ برمجية التصميم والنمذجة المستخدمة في صناعة الطائرات المدنية والعسكرية.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة 1 – البند 11

تقنية التخفي

الفئة ٢ – البند ١٧: تقنية التخفي

40-ألمعداتوالمنظوماتوالمكونات

١٧.أ.١ الأجهزة المصممة للحد من الخاصيات القابلة للرصد مثل عاكسية الرادار وتوقيع الأشعة فوق البنفسجية/دون الحمراء والتوقيع الصوتي (أي تكنولوجيا التخفي)، لأغراض التطبيقات القابلة للاستخدام في النظم المحددة في البند ١.أ. أو ١٩.أ، أو النظم الفرعية المحددة في البنود ٢.أ أو ١٩.أ.١ أو ١٩.أ.٢ أو ٢٠.أ.

- ألبانيا
- أستراليا
- أفغانستان
- أوكرانيا
- بلجيكا
- بلغاريا
- تشيكيا
- جمهورية كوريا
- جنوب أفريقيا
- جورجيا
- الدانمرك
- رومانيا
- سلوفاكيا
- سلوفينيا
- السويد
- سويسرا
- فنلندا
- فيجي
- فيلبينيا
- كرواتيا
- لاتفيا
- لكسمبرغ
- مالطة
- المملكة المتحدة
- النرويج
- نيوزيلندا
- هنغاريا
- هولندا
- الولايات المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: دفعت الحاجة إلى حماية القذائف من الرصد، ومن الاعتراض والتدمير إلى تطوير تكنولوجيات التي تجعل منها غير ملحوظة، ويعتبر جعل المركبات غير ملحوظة من أهم أهداف التصميم في المركبات الجديدة، وتسمى هذه التقنية عادةً باسم تقنية "التخفي". بموجب هذه التقنية، تنخفض الانعكاسات والانبعاثات أو يتم ضبطها بواسطة استخدام أشكال ومواد خاصة تم تصميمها بعناية فائقة. ويجوز استخدام أجهزة خاصة مثل رادار خفض احتمال الاعتراض. الغرض من هذا الامر جعل الجسم عصياً على الرصد.

طريقة التشغيل: تعتبر الانبعاثات والانعكاسات صوتية أو الكهرومغناطيسية بطبيعتها. يمكن خفض الانبعاثات إلى أدنى حد باستخدام مجموعة واسعة من التقنيات مثل تطوُح التردد، وعزل الاهتزاز، والتزويد بالدروع، والإخفاء، والتوجيه، والتخميد.

تنطلق الانبعاثات والانعكاسات الكهرومغناطيسية ضمن عدد من نطاقات التردد، بما في ذلك الموجات الدقيقة، والأشعة تحت الحمراء، والنطاقات المرئية، ونطاقات الأشعة فوق البنفسجية. نظراً للاختلاف الكبير في نظام توقيع المركبة سواء بين نطاقات التردد وحتى داخلها، يجب استخدام طرق مختلفة مع الطيف. يمكن توجيه الانبعاثات والانعكاسات بعيداً عن عين الملاحظ و/أو يمكن خفض مقدارها أو تعديله أثناء استجابة التردد بمساعدة الأشكال والمواد التي جرى انتقاؤها بعناية فائقة. يتحقق هذا الخفض بواسطة الاشكال أو المواد أو الأجهزة الخاضعة للمراقبة الخاصة في الانبعاثات، والانعكاس، والامتصاص والاسطح الثانوية (المواد العازلة والعاكسات التي تتم إضافتها). تقوم هذه الأساليب أو الاجهزة بإخفاء أو تمويه الطبيعة الحقيقة للجسم بعيداً عن عين الملاحظ أو تسمح للمركبة بأن تصبح قابلة للرصد فقط عند زوايا محددة ولفترات زمنية قصيرة، ما يؤدي إلى تأخير الرصد والاشتباك أو تفاديه.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تدخل تقنية التخفي في تصنيع الصواريخ التسيارية والمركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها الصواريخ الانسيابية وحمولاتها، ما يجعل رصدها وتتبعها والاشتباك معها بواسطة نظم الأسلحة الدفاعية بالغ الصعوبة. تمر معظم عناصر تصميم هذه النظم لعملية معالجة تجري بواسطة تقنية التخفي، يشمل ذلك شكلها الأساسي، ومكوناتها الهيكلية، وأسطحها، وحوافها الأمامية، ومداخلها وفتحاتها (الشكل ١٥٢).

الشكل ١٥٢: صورة لمركبة من المفترض أن تكون مركبة غير مأهولة ذات قابلية رصد منخفضة. (أفيشن ويك)

الاستخدامات الأخرى: تم تطوير معظم المواد التي يتم استخدامها التحكم بالتوقيع في المقام الأول لصالح الطائرات العسكرية، وكانت تستخدم مع نظم الطائرات ذات الأجنحة الثابتة والأخرى الدوارة. فضلاً عن ذلك، تستخدم مادة الامتصاص الراداري على نطاق واسع في منشآت اختبار الرادار. هنالك نسخ معدلة عن المواد وأساليب العلاج موجودة في السفن، والغواصات، والمركبات القتالية الأرضية والمركبات التكتيكية. كما تستخدم تكنولوجيا التحكم في انبعاثات المواد للتحكم بدرجات حرارة الأقمار الصناعية. يمكن استخدام العديد من الأجهزة إلى جانب نظام الاتصالات وذلك بهدف خفض نسبة القابلية للرصد. هنالك استخدامات تجارية للمواد منخفضة التكلفة والأداء وذلك لخفض التداخل الكهرومغناطيسي وكذلك لخفض نسبة تحميل الطاقة الشمسية.

الشكل (عند التصنيع): تتضمن الأجهزة النموذجية التي يمكن من خلال خفض قابلية الرصد، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، الفئات التالية:

هنالك نوعان من *الحشوات الموصلة*: الألياف الموصلة، التي تبدو على شكل شعيرات خفيفة للغاية يتراوح طولها من ٢ إلى ٦ مم، وهي مصنوعة من الكربون، والمعدن، أو الألياف الزجاجية المطلية التي تتضمن مادة موصلة، إلى اثب جسيمات المواد المطلية، التي تبدو على شكل رمل ملون.

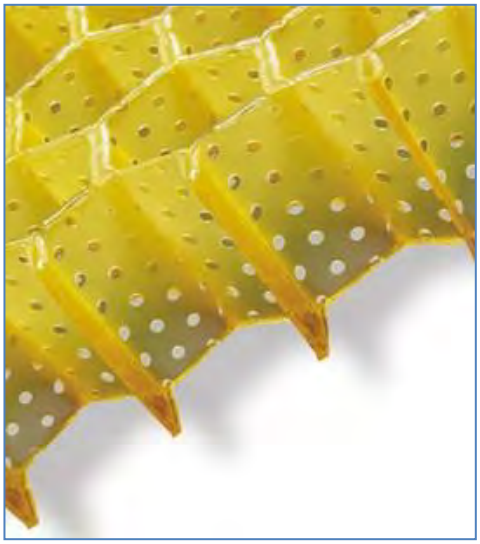
الرغوات على شكل خلايا صغيرة، بنوعيها المفتوح والمغلق، يتم طلاؤها أو تحميلها، بواسطة صباغ او دهانات ماصة. تشبه هذه الرغوات في شكلها صفائح المطاط المرنة أو فلاتر تكييف الهواء. يمكن أن تتكون من طبقة واحدة او من عدة طبقات، وتتكون من خطوط صمغية تفصل الطبقات عن بعضها. وفي حال تطبيق طبقة أرضية، يمكن أن تتكون من طلاء معدني، ومن صفائح معدنية (صفائح الألمنيوم أو صفيحة بلاستيكية رقيقة مطعمة بمعدن)، أو أصباغ مرشوشة غير قابلة للرصد. من جهة أخرى، يقوم بعض الصانعون بوضع علامة في مقدمة هذه الرغوات تنص على ما يلي "الجانب الأمامي" لتعليم الجانب الأمامي أو بأرقام تسلسلية في حال كانت الطبقة الأرضية غير واضحة. يمكن أن تتضمن بعض الرغوات ألياف مركبة لجعلها أكثر متانة أو حتى هيكلية. يبن الشكل ١٥ أربعة أنواع من هذه الرغوات.

الشكل ١٥٣: أربعة مواد رغوة امتصاص راداري، من اليسار: رغوة عازلة منخفضة (إيبوكسي)؛ رغوة لامعة خفيفة الوزن (يوريثان)؛ رغوة خفيفة الوزن قابلة للرش (يوريثان): ورغوة بلاستيك حراري (البوليثيريميدات). (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

بطاقات المقاومة: وتتكون من طبقة من الألياف الورقية أو البلاستيكية الرقيقة للغاية (الشكل ١٥٤) المغطاة بواسطة طبقة مستمرة من الصباغ الموصل، أو الطلاء، أو بواسطة طبقة معدنية رقيقة للغاية. يمكن أن تكون المقاومة الكهربائية للسطح ثابتة أو يمكن أن تختلف بشكل مستمر في اتجاه أو اتجاهين. تتخذ إصدارات الصباغ الموصل لوناً يتراوح بين الرمادي الغامق والأسود. فضلاً عن ذلك، يمكن أن يختلف لون إصدارات الطلاء المعدني تبعاً للمعادن المحددة المستخدمة والسماكات المطلوبة، إلا أن الشائع منها ما هو بلون صباغ أسود، وأصفر، وأخضر وذهبي.

الشكل ١٥٤: طبقة كابتون بوليميد (اليسار) تستخدم عادة في تصنيع بطاقات المقاومة، مثل تلك الموجودة على اليمين. (صورة لطبقة كابتون: بي اس جي ليمتد)

بلاط السيراميك المرشوش بالتحميل: وهو عبارة عن طلاءات سيراميك مشوية ومرشوشة المُحملة بقوة بواسطة حشوات موصلة للكهرباء أو جسيمات مغناطيسية حديدية. يتراوح لونها من الرمادي الغامق إلى الأسود. وتبعاً للحسوة الخاصة ومادة الزجاج المستخدمة في عزل السطح، فقد يتراوح نسيج سطحها بين الأملس إلى الكاشط. في حين تتراوح سماكة الطلاءات المرشوشة من بضعة ميليمترات إلى عشرات السنتمترات.



الشكل ١٥٥: قرص عسل ماص يستخدم في مجموعة متنوعة من التطبيقات في مجالات الدفاع والفضاء بما فيها تقنية التخفي (سويراكور)

قرص العسل الماص: وهو عبارة عن مركب يمتاز بخفة وزنه متضمناً خلايا مفتوحة يبلغ قطرها عادةً بين ٣ إلى ١٢ مم في حين تبلغ سماكتها القصوى من ٢٥ مم إلى ١٥٠ مم. وتتم معالجتها بواسطة أصباغ، أو طلاءات، أو ألياف موصلة جزئياً. يمكن شحن نواة قرص العسل دون حشوة، وفي هذه الحالة لا يمكن تمييزه عن المواد المستخدمة لأغراض هيكلية فقط. يمكن أن تأتي الاصباغ والطلاءات الموصلة التي يتم تحميلها لاحقاً من مصدر مختلف تماماً عن مصدر النواة نفسها. يبين الشكل ١٥٥ قرص عسل ماص.

الشكل (عند التعبئة): يتراوح طول الألياف الموصلة من ٢ إلى ٦ مم ويتم تعبئتها عادةً في حقائب بلاستيكية، أو قوارير أو جرار. ويعتمد وزنها على المواد المستخدمة. يمكن أن تتخذ الألياف المشحونة قبل تقطيعها وفق الطول المناسب شكل بكرات الألياف النسيجية أو حزم يتراوح طولها بين ١ إلى ٢ م في حين يبلغ قطرها بين ٢ إلى ١٠ سم.

الرغوات وتأتي على شكل صفائح لا يتعدى حجمها عادةً ١ م × ١ م، وتتراوح سماكتها بين ٦ مم إلى ٢٠٠ مم، ويقل وزنها عن ٤٠ غ/قدم مربع. وتتم تعبئتها في صناديق من الورق المقوى.

بطاقات المقاومة يتم تعبئتها في مغلف أو صندوق يحتوي أطباق ورقية مانعة للاحتكاك توضع بين كل بطاقة. يجوز شحن كميات أكبر في لفافات يتراوح طولها من ٠,٢ م إلى ١ م ويبلغ قطرها ١٥ سم، وتوضع في أنابيب مجففة، أو في صناديق من الورق المقوى. أما *بلاط السيراميك المرشوش بالتحميل* فيتم تغليفه بواسطة أكياس فقاعات وتعبئته في صناديق من الورق المقوى. بينما يتم شحن *قرص العسل الماص* في صناديق من الورق المقوى.

58.ب معدات الاختبار والإنتاج

١٧.ب.١ النظم المصممة خصيصاً لقياس المقطع العرضي للرادار، والتي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البنود ١.أ أو ١٩.أ.١ أو ١٩.أ.٢ أو النظم الفرعية المحددة في البند ٢.أ.

الطبيعة والغرض: تم تطوير معدات قياس المقطع العرضي للرادار لتقييم، وتصميم، وخفض المقطع العرضي للرادار في نظم القذائف بهدف خفض نسبة القابلية للرصد من قبل رادارات الدفاع الجوي. يقيس المقطع العرضي للرادار المعدات التي يمكن استخدامها في النطاقات الداخلية أو الخارجية. يتم استخدام النطاقات لأغراض عسكرية وتجارية على حد سواء. كما يمكن استخدام معدات قياس المقطع العرضي للرادار بهدف تقييم عينات المواد، ومكونات القذائف، ونماذج القذائف المصغرة، والنظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة الحقيقية.

.

طريقة التشغيل: يسمى الجسم الخاضع للاختبار عادةً "الهدف" والذي يتم تثبيته أو تعليقه في منطقة الاختبار مع أو بدون أجسام أخرى بهدف خفض مصار التشويش الراداري الدخيلة إلى أدنى حد. بعد ذلك، يتم تسليط الضوء على الهدف بشكل متكرر وفق مجموعة ترددات رادارية ذات سعة معروفة، ثم يتم بعد ذلك قياس الانعكاسات. يتم تقييم البيانات الناتجة، ويتم تحديد معامل انعكاس الهدف عند تحديد زاوية الرؤية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه المعدات في تحديد، وتصميم، وخفض إشارات الرادار الخاصة في الصواريخ، أو المركبات الجوية، أو الحمولة. تستخدم نظم القياس هذه كذلك في تقييم الأداء بواسطة الحاسوب، والتأكد من أن القذائف تتضمن الخاصيات القابلة للرصد المخفضة والمصممة وفق الحد المطلوب. كما تستخدم معدات المقطع العرضي للرادار لتحديد ملامح مادة الامتصاص الراداري.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام معدات قياس المقطع العرضي للرادار لتحديد إشارة الرادار الصادرة من أي مركبة عسكرية جوية أو بحرية أو برية. توفر القياسات المعلومات التي تساعد في تصميم أو خفض المقطع العرضي للرادار. يمكن تهيئة النطاقات الداخلية لقياس المقطع العرضي للرادار وذلك لقياس أنماط الأداء الهوائي لتطبيقات تجارية مختلفة مثل الهوائيات الخليوية، وهوائيات السيارات وأطباق الأقمار الصناعية.

الشكل (عند التصنيع): يتكون مدى اختبار المقطع العرضي للرادار من عناصر رئيسية (يبين الشكل ١٥٦ مثالاً عليها) وهي معدات المصدر الراداري، والعاكسات الثانوية، وأجهزة دعم الهدف، والأقواس ثنائية الاتجاه.

معدات المصدر الراداري: تعتبر معدات الترددات اللاسلكية مجموعةً من المعدات الإلكترونية التي تثبت على الرفوف والتي، عند تجميعها، تشغل حيز خزانة حفظ الملفات وتستخدم في جميع أنواع نظم قياس المقطع العرضي للرادار.

.

يتم تزويد الرادار بالإنارة بواسطة محولات ضبط للأعلى/الأسفل المزودة بأبواق تغذية. ولتوفير مجموعة متنوعة من الترددات، يتباين قُطر أبواق التغذية المخروطية من ١ سم إلى ١٠٠ سم من حيث العرض الداخلي. ويبلغ طول بوق التغذية عموماً ضعفين ونصف ضعف العرض الداخلي. فهي مبطنة ببطانة معدنية ومعدة مسبقاً لتوصيل الكابل المحوري أو الدليل الموجي في المؤخرة. في نظم قياس المقطع العرضي للرادار، يمكن استبدال مصادر تغذية الرادار بمصدر راداري مثل نظام راداري تجارية (مثال، رادار بحري). يمكن لمحللات الشبكة قياس الامتصاص والانعكاس، وتستخدم بشكل شائع في القطاع التجاري لتطوير الهوائيات ومواد حجب التداخل الكهرومغناطيسي. كما يتطلب الأمر وجود كبل الترددات اللاسلكية مثل الكبل المحوري منخفض نسبة الفاقد وذلك لتوصيل المكونات. يختلف طول هذه الكابلات إلا أن قطرها يبلغ عادةً من ١ سم إلى ٢ سم وتمتلك سطحاً خارجياً شبكياً.

الشكل ١٥٦: قذيفة استهداف في وحجرات امتصاص الموجات الراديوية، لقياس المدى المضغوط للمقطع العرضي للرادار. (البحرية الأمريكية)

العاكسات الثنائية: تستخدم نظم قياس كاسيغرين صفيحتان أو طبقان ضخمان بأبعاد مختلفة لتكون بمثابة عاكسات، ويمكن أن يتراوح شكلها بين الدائري، أو البيضاوي، أو المستطيل. تحتوي الصفائح على علامات معايرة على أجزاء متعددة من الأسطح وهي قابلة للطلاء. يمكن تجميع العاكسات من قطع ويمكن أن تحتوي على حافات مجدولة أو مسننة. ولقياس المقطع العرضي للرادار الذي يستخدم عادةً مع القذائف المانسيابية، ينبغي أن تبلغ سماكة العاكسان من ٢ إلى ٥ سم، وينبغي أن يبلغ طول محوراها الرئيسيان ٥ م و ٥ م. تقوم العاكسات بإنشاء "بقعة قياس مناسبة" يبلغ قطرها ٢ م. يستخدم هذا النظام بشكل دائم تقريباً في القياسات الداخلية. تجدر الإشارة إلى أنه يمكن تشغيل نظام القياس بواسطة عاكس واحد.

أجهزة دعم الهدف: تبقي هذه الأجهزة الهدف بعيداً عن الأرض وضمن دائرة إنارة الرادار، لإبقائه غير مرصود من قبل الرادار قدر الإمكان. من الطرق الشائعة المستخدمة في دعم وتعليق الهدف قيد القياس أعمدة الستيروفورم، والشفرات المعدنية المطلية بمادة امتصاص راداري

إلى جانب الخيوط المستخدمة في تعليق الدمى بواسطة مثبتات علوية. يتراوح طول أعمدة الستيروفورم من ٢ م إلى ٥ م ويبلغ قطرها ٠,٥ م إلى ٢ م. يمكن أن يتخذ مقطعها العرضي شكلاً دائرياً (مع أو بدون تناقص تدريجي)، أو شكلاً مربعاً، أو مستطيلاً، أو على شكل الماسة. يتراوح طول الشفرات المعدنية، أو المأعمدة من ٢ م إلى ٤٠ م بأبعاد تبلغ ٥ سم × ٣٠ سم من الأعلى، أما الأعمدة الأقصر فتبلغ أبعادها ٥٠ سم × ٩٠ سم من الأسفل، بينما تبلغ أبعاد الأعمدة الطويلة ٢ م × ٨ م من الأسفل. يمكن تعليق كل من أعمدة الستيروفورم والأعمدة الأخرى بآلية تقتضي بإمالتها للأمام. يمكن كذلك استخدام واجهات بينية دوارة لتدوير أعمدة الستيروفورم والهدف. ويمكن استخدام مجموعة من أعمدة ستيروفورم من ثلاث إلى خمس أعمدة مثبتة على طاولة دوارة عادية لدعم وتدوير الهدف. في حين تمتلك بعض الأعمدة الأخرى واجهة بينية دوارة يكون الهدف في أعلاها.

الأقواس ثنائية الاتجاه: هنالك أسلوب آخر لقياس المقطع العرضي للرادار في القذيفة باستخدام قوس ثنائي الاتجاه مصنوع من الخشب الرقائقي، أو الألياف الضوئية، أو المعدن. كما يستخدم نظام تشغيل بمحرك كهربائي لإعادة تحديد موقع أبواق التغذية على طول القوس. وتقوم وصلات كابلات عادية بربط القوس على حاسوب التحكم (يتكون عادةً من حاسوب شخصي بلوحة مفاتيح وشاشة) وعلى أجهزة التحكم بالتغذية. يتم وضع المادة الخاضعة للاختبار، بحيث يكون سطحها متعامداً مع السطح المستوي المحدد بواسطة القوس، في وسط القوس. يبلغ حجم المواد عادةً من ٠,٣ م إلى ١,٠ م من كل جانب. ويكون مرجع المعايرة عبارة عن سطح مستوي معدني مسطح وسلس بنفس حجم المادة الخاضعة للاختبار.

الشكل (عند التصنيع): يبدو نظام نفق قياس المقطع العرضي للرادار بواسطة البث/الانعكاس على شكل صفيح معدنية أو قنوات تصريف الهواء. تمتلك هذه النظم أبواق تغذية معدنية متطابقة عدد اثنان إلى جانب كابل محوري ودليل موجي يصل إلى مصدر الرادار وإلكترونيات القياس الخاصة بالرصد. يتم التحكم بهذه النظم بواسطة حواسيب تبدو على شاكلة أية حواسيب شخصية تمتلك لوحة مفاتيح وشاشة. ويمكن إدخال رغوة امتصاص رادارية (يكون لونها عادةً أزرقاً أو أسوداً متوسط الدرجة ويتم تثبيتها بمسامير على السطح) داخل اجزاء من القناة. تستخدم نظم الإثارة الداخلية المباشرة والنظم الخارجية ذات المدى المرتد عاكسات رادار على شكل قطع مكافئ يتراوح حجمها من بضعة سنتيمترات إلى ١٠ م.

الشكل (عند التعبئة): نادراً ما يتم شحن الرادارات على اختلاف نطاقاتها كقطعة واحدة، بل يتم عوضاً عن ذلك جميعها من عدة مكونات في الموقع. لا تتطلب هذه المعدات مواد تعبئة معينة بذاتها مختلفة عن المواد القياسية المستخدمة في المجال الصناعي لتعبئة الإلكترونيات المثبتة على حوامل ومكونات الحواسيب التجارية. يمكن أن تكون بعض المكونات (مثل عاكسات كاسيغرين) ضخمة الحجم لذلك تتطلب وجود صناديق خاصة. أما داعمات الهدف مثل أعمدة ستيروفوم فهي عرضة للكسر وينبغي تعبئتها في طرود للحيلولة دون خدشها.

١٧ج المواد

١٧.ج.4. المواد المصممة خصيصاً من الخصائص المقابلة للرصد مثل عكسية الرادار وتوهج الأشعة فوق البنفسجية/دون الحمراء والتوهج الصوتي (أي التقليل الموجي المتحفي)، لأغراض التطبيقات القابلة للاستخدام في النظم المحددة في البند ٤.أ. أو ٤٧.أ، أو النظم الفرعية المحددة في البند ٢.أ.

ملاحظات:

1. يشمل البند ١٧.ج.4. المواد الحوائلية والطلاءات بما في ذلك الدهانات، المصممة خصيصاً لتحقيق أوضاع طريقة الإخماد أو الإشعاعات في أطياف الإشعاعات الحقيقية الصغيرة أو دون الحمراء أو فوق البنفسجية.

2. لا يشمل البند ١٧.ج.4. الطلاءات بما في ذلك الدهانات، عندما تستخدم خصيصاً لأغراض الامرفقة الحرارية فقط.

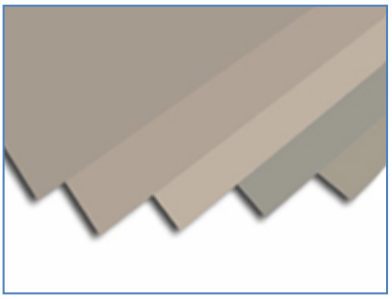
الطبيعة والغرض: دفعت الحاجة إلى حماية القذائف التاسيابية والمركبات الجوية غير المأهولة (بما فيها القذائف التاسيابية) من الرصد، ومن الاعتراض والتدمير إلى تطوير تكنولوجيات تجعل منها غير ملحوظة بواسطة مواد خاصة تم تصميمها بعناية فائقة لامتصاص طاقة الرادار أو الدرع أو للإخفاء المركبة عن طاقة الرادار أو غيرها من نظم الكشف المستخدمة. الغرض من هذا الامر جعل القذيفة أ المركبة الجوية غير المأهولة عصيةً على الرصد.

طريقة التشغيل: يتم خفض النابعاثات والانعكاسات كذلك إلى أدنى حد باستخدام تقنيات أخرى مثل التزويد بالدروع، والإخفاء، والتوجيه، والتخميد. يمكن أن تتأثر النابعاثات والانعكاسات بمساعدة مواد مختارة يتم تطبيقها بعناية على هيكل المركبة. ويتحقق هذا الخفض بواسطة تصميم مواد خاضعة للمراقبة خاصة في النابعاثات، والانعكاس، والامتصاص والسطح الثانوية (المواد العازلة والعاكسات التي تتم إضافتها). تقوم هذه الأساليب أو الأجهزة بإخفاء أو تمويه الطبيعة الحقيقية للجسم بعيداً عن عين الملاحظ أو تسمح للمركبة بأن تصبح قابلة للرصد فقط عند زوايا محددة ولفترات زمنية قصيرة.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تدخل تقنية التخفي في تصنيع الصواريخ التسيارية والمركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها الصواريخ الانسيابية وحمولاتها، ما يجعل رصدها وتتبعها وتحديدها والاشتباك معها أمراً بالغ الصعوبة. تمر معظم عناصر تصميم هذه النظم بعملية معالجة تجري بواسطة تقنية التخفي، يشمل ذلك شكلها الأساسي، ومكوناتها الهيكلية، وأسطحها، وحوافها الأمامية، ومداخلها وفتحاتها.

الاستخدامات الأخرى: تم تطوير معظم المواد التي يتم استخدامها للتحكم بالتوقيع في المقام الأول لصالح الطائرات العسكرية، وقد كانت تستخدم مع نظم الطائرات ذات الأجنحة الثابتة والأخرى الدوارة. هنالك نسخ معدلة عن المواد وأساليب العلاج موجودة في السفن، والغواصات، والمركبات القتالية الأرضية. كما تستخدم تكنولوجيا التحكم في انبعاثات المواد للتحكم بدرجات حرارة الأقمار الصناعية. من جهة أخرى، هنالك استخدامات تجارية للمواد منخفضة التكلفة والأداء وذلك لخفض التداخل الكهرومغناطيسي وكذلك لخفض نسبة تحميل الطاقة الشمسية.

الشكل (عند التصنيع): تتضمن المواد النموذجية التي يمكن من خلالها خفض قابلية الرصد، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، الفئات التالية: الطلاء المبخوخ: يتضمن أصباغاً أو دهانات موصلة، تتضمن عادةً مكونات رئيسية مثل الفضة، النحاس، الزنك، البرونز، أو الذهب. تبدو المواد بألوان الأسود، أو الرمادي المعدني، أو النحاسي، أو الذهبي.



الشكل ١٥٧: مادة الامتصاص الراداري المغناطيسية المصممة بشكل هندسي من راتنج الايبوكسي. (إم اس إم انديستريز)

مادة الامتصاص الراداري المغناطيسية والتي تعرف باسم (Mag RAM) وتطبق على المركبات، وتظهر بعدة أشكال مثل أغطية السطح، أو الحواف المصبوبة، أو حشوات تعبئة الفجوات. تتألف المادة من جسيمات مغناطيسية حديدية دقيقة الحبيبات المثبتة بواسطة مجموعة من مواد لاصقة من المطاط أو الطلاء أو راتنج بلاستيكي. ويمكن تطبيقها على شكل طلاء مبخوخ، أو صفائح، أو أجزاء مصبوبة أو أجزاء مشكلة بواسطة الآلات. وبسبب الألوان العامة للمواد اللاصقة والجسيمات المغناطيسية الحديدية النموذجية التي يتم استخدامها، تتخذ مادة الامتصاص الراداري المغناطيسية لوناً يتراوح بين الرمادي الفاتح أو البني والأسود (الشكل ١٥٧)؛ من ناحية أخرى، ولدى استخدام أية أصباغ لأية أسباب أخرى، (مثال التمويه البصري أو رموز الصناعة/الصيانة المساعدة)، يمكن أن تتخذ المواد أي لون.

ويمكن أن تغطي طبقات رقيقة من البلاستيك أو الورق جانب أو أكثر من الطبقات لتحديد الرمز أو للحفاظ على نظافة السطح قبل التطبيق. يمكن أن تتراوح سماكة الطبقات من أقل من مليمتر إلى عدة سنتمترات. في حين تتراوح كثافة المواد من ٥٠% إلى ٧٥% من الحديد الصلب.

مادة الامتصاص الراداري الشفافة (T-RAM) تبدو بشكلها مثل طبقة البولي كربونات. وتبلغ شفافية طيفها المرئي عادةً من ٧٨% إلى ٨٥%. يمكن أن تتنوع أشكال مواد الامتصاص بين ألياف أو كريات تنتشر في جميع أنحاء المادة وصولاً إلى طبقات طلاء رقيقة، والتي تبدو مثل الصبغة المعدنية المستخدمة مع النوافذ بلون أصفر/أخضر.

عمليات المعالجة بالأشعة تحت الحمراء وتتكون عادةً من دهانات وطلاءات. تستخدم هذه الطلاءات عادةً لتصميم انعكاس و/أو إشعاع طاقة الأشعة تحت الحمراء. ونظراً لطيفها العريض (بطول موجة يبلغ من ٠,٨ ميكرون إلى ١٤,٠ ميكرون) وبسبب تنوع تطبيقاتها، يمكن تصميم طلاءات الأشعة الحمراء لتكون عاكسة (ذات نسبة انبعاث منخفضة) أو لتكون ماصة (ذات نسبة انبعاث عالية). تتضمن طلاءات المعالجة بالأشعة تحت الحمراء طلاءات مصممة لأغراض عسكرية وتتضمن ألواناً تمويهية أو دهانات تجارية مصممة لتعكس حرارة الطاقة الشمسية. في حين تتضمن بعض هذه المنتجات محتوى معدني ملحوظ داخل الدهان/المادة اللاصقة بسبب صبغات الأشعة تحت الحمراء المستخدمة. في حين يتم تصميم بعضها الآخر مع نسبة انبعاث عالية لذلك تتضمن صبغات تمتص الأشعة تحت الحمراء.

تتضمن هذه الطلاءات ذات نسبة التبعثر العالية صبغات كربونية أو غيرها من صبغات الجسيمات ذات نسبة التبعثر العالية (تكون قريبة من اللون الأسود عادةً). وفي جميع الأحوال، يتم في بعض الأحيان شحن صبغات الأشعة تحت الحمراء هذه بشكل منفصل عن الدهان/المادة اللاصقة.

الشكل (عند التعبئة): يتم عموماً شحن الطلاءات المبخوخة والأصباغ في علب ذات حجم قياسي. ويجوز وضع العلب في صناديق تتضمن مواداً مجففة، ويجوز شحن الأصباغ والمادة اللاصقة بشكل منفصل. يتم شحن الأصباغ في جارات أو أكياس بلاستيكية أو علب، ويتم شحن العلب المواد اللاصقة في علب أو براميل. وتعتبر معظمها مواداً سُمية أو أو كاوية إلى أن يتم تطبيقها ومعالجتها.

يجوز شحن مادة الامتصاص الراداري المغناطيسية، على شكل سوائل لزجة غير المعالجة والأجزاء غير المصقولة، أو على شكل مواد خام (يتم شحن الجسيمات، والمادة اللاصقة ومادة تنشيط البلمرة بشكل منفصل). ويجوز شحن الجسيمات على شكل بودرة دقيقة للغاية أو على شكل ألياف قصيرة ولكن يمكن تغطيسها في سائل طارد للماء للحيلولة دون حدوث الصدأ. كما يمكن شحنها على شكل صفائح يصل طولها وعرضها إلى بضعة أمتار. تتراوح سماكة الصفائح من أقل من مليمتر وصولاً إلى عشرات السنتمترات. ويمكن شحنها على شكل طبقات متعددة عميقة على منصات نقالة مسطحة أو على شكل صفائح ملفوفة داخل أنبوب من الورق المقوى. وفي حال شحنها على شكل أجزاء مشكلة، يجوز تعبئتها في صناديق خشبية يبلغ حجم أبعادها القصوى ١,٠ م × ١,٠ م × ٢,٠ م أو الصغرى ٢٠ سم × ٢٠ سم × ٢٠ سم.

يتم تعبئة مادة الامتصاص الراداري الشفافة بنفس طريقة تعبئة البولي كربونات أو أجزاء النوافذ أو الأغطية. يمكن أن تتضمن المادة مادة ورقية لاصقة وقائية يتم وضعها على جانبها الخارجي. وفي حال شحنها بقطع صغيرة، يمكن وضعها في صناديق.

يتم عادةً تعبئة دهانات وطلاءات الأشعة تحت الحمراء الحرارية في علب مثل أي منتج طلاء. أما أصباغ الأشعة تحت الحمراء فيتم تعبئتها في علب أو قوارير أو أكياس بلاستيكية.

١٧.د البرمجيات

4.د.40 "البرمجيات" الخاصة خصيصاً للحد من الخصائص القابلة للرصد لنظم الرادار وتوقيع الأشعة فوق الطيفية/دون الحمراء ولتوقيع الصوتي (أيكوستي) أو المغنطيسي، لأغراض التطبيقات القابلة للاستخدام في النظم المحددة في البند 4.أ. أو 47.أ، أو النظم البرمجية المحددة في البند 2.أ.

ملاحظة:
يشمل البند 4.د.40 "البرمجيات" الخاصة خصيصاً لتحليل الحد من المخاطر لكشف التوقيع.

الطبيعة والغرض: يتطلب تصميم وإنتاج مواد ونظم للحد من إمكانية كشف التوقيع وجود برمجية وقواعد بيانات لتحليل هذه المواد والنظم. تخضع البرمجية وقواعد البيانات المصممة خصيصاً لتحليل الحد من إمكانية كشف التوقيع للمراقبة. تتضمن قواعد البيانات والبرمجية هذه بيانات أو وظائف جوهرية لتحليل القدرة على الحد من إمكانية كشف التوقيع الخاص بالنظم والبرمجيات.

طريقة التشغيل: يمكن أن تتخذ التبعاثات والانعكاسات أشكالاً متعددة إذ يمكن أن تكون على شكل صوت أو تردد لاسلكي (مثل الرادار)، أو ضوء مرئي أو طاقة أشعة تحت الحمراء. يمكن استخدام البرمجية لنمذجة هذه التأثيرات الفيزيائية بشكل رياضي من حيث شكل الجسم وخصائصه السطحية. فضلاً عن ذلك، تؤثر مواد البناء، بما في ذلك الطلاء، على خصائص السطح. تحتوي البرمجية و/أو قواعد البيانات الخاضعة للمراقبة على معلومات أو منهجيات جرى تصميمها خصيصاً لتحليل التبعاثات والانعكاسات (التواقيع). يمكن استخدام البرمجية وقواعد البيانات كذلك لتحليل نظم التطوير أو النظم الحالية بهدف تحديد فعالية المواد والأجهزة المدمجة مسبقاً وأيضاً لتحديد المجالات التي تحتاج إلى التطوير.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم هذه المواد لتحليل شكل هيكل المركبة والمواد التي يتم تطبيقها على القذائف التسيارية والمركبات الجوية غير المأهولة (بما في ذلك القذائف الانسيابية)، بهدف انتقاء حلول الحد من إمكانية كشف التوقيع أو لتحديد بؤر تنفيذ النشاط (المناطق التي يحتمل تطويرها). على نحو مشابه، يمكن استخدام هذه المواد لتقييم توقيع الأنظمة، وقياس الأداء الخاص بالتصاميم والمواد المختارة ضمن النظم، وأيضاً لتقييم المجالات التي تحتاج إلى تطوير.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام نفس البرمجيات وقواعد البيانات أو أخرى مشابهة لها في تحليل وتصميم خاصية الحد من كشف التوقيع في العديد من المواد ذات الصبغة العسكرية، بما في ذلك المركبات الأرضية، والطائرات المأهولة، والسفن. فضلاً عن ذلك، يمكن استخدام البرمجية المصممة لنمذجة أنواع متشابهة من الآثار الفيزيائية التي يمكن استخدامها لتحليل نظم إدارة الطاقة الخاصة بالأقمار الصناعية والمباني، لا سيما انبعاثات الطاقة تحت الحمراء التي تتعلق في وحدات التحكم الحرارية. من ناحية أخرى، قد تحتاج أجهزة الكشف الخاملة والنشطة المستخدمة في نظم الإنذار الأمنية ونظم التحكم الذاتي مثل السيارات ذاتية القيادة لتحليل باستخدام برمجية وقواعد بيانات مشابهة.

الشكل (عند التصنيع): يمكن تخزين أدوات تصميم برمجية الحد من إمكانية كشف التوقيع على أقراص مرنة، أو أشرطة، أو وحدة التخزين USB أو الأقراص المضغوطة. على نحو بديل، يمكن استخدام شبكة حاسوب لتوزيع البرمجية ووثائقها إلكترونياً.

الشكل (عند التعبئة): بشكل تاريخي، تم تعبئة البرمجية المخزنة على أقراص مرنة، أو أشرطة، أو وحدة التخزين USB أو الأقراص المضغوطة في مجموعة متنوعة من المغلفات، أو الأكياس، أو الظروف البريدية أو الصناديق. كما يجوز تعبئة البرمجية مع الأجهزة الحاسوبية ذات العلاقة. أما في القرن الواحد والعشرون، من المحتمل نقل البرمجية عبر الإنترنت.

المعلومات الإضافية: يعتبر التحليل بغرض خفض قابلية الرصد من الأنشطة التي تتطلب وجود بيئة ملائمة أكثر من أنواع التحليلات الأخرى مثل العناصر المنتهية (الهياكل) وتدفق السائل (الديناميكية الهوائية وغيرها). في ظل غياب استخدامات غير عسكرية واسعة الانتشار مخصصة للمستخدم النهائي، يمكن الإعلان عن برمجية خفض قابلية الرصد وبيعها بطريقة تجارية.

يمكن أن يمتلك كل طيف أو جزء منها برمجية التصميم الخاصة به. فقد عمدت العديد من الدول ومقاولو الدفاع إلى تطوير الرموز الحاسوبية وذلك بهدف رفع سوية التحليل والتصميم باستخدام بُعد أو بُعدين أو ثلاثة. ففي التردد اللاسلكي/طيف الرادار، يمكن تعديل أي رمز نمذجة مخصص للهوائيات أو أغطية هوائي الرادار واستخدامه كأداة مقطع عرضي للرادار. ومن وحي التجربة، يتم اعتبار أي اسم رمز برمجي يتضمن الأحرف SIG أو RF أو RCS على أنه رمز مقطع عرضي للرادار مشكوك فيه. يمكن للرموز التي يتم تشغيلها على الحواسيب الشخصية توفير توجيهات مفيدة بخصوص التصميم. ولدى دخول المواد الغريبة والأشكال المعقدة إلى الساحة، يصبح استخدام الحواسيب العملاقة والرموز المصممة خصيصاً ذات قيمة خاصة.

من أهم عناصر رموز تصميم المقطع العرضي للرادار القدرة على تحديد ملف تعريف أسطح المركبات ضمن هامش كاف (الذي يمكن أن يكون بحد صغير يبلغ ١/٢٠ من طول موجة أعلى تردد مثار اهتمام)، إلى جانب القدرة على تمثيل العناصر الصغيرة للغاية للسطح مثل الموجهات، والقدرة على إجراء الحسابات الرياضية المرافقة للنفاذية المغناطيسية والنفاذية الكهربائية. تشير هذ المواد إلى قيمة الرموز ذات الأغراض العامة وإلى الآلات القادرة على تحويل ومضاعفة مصفوفات أرقام ضخمة للغاية.

يمكن ألا تكون رموز الأشعة تحت الحمراء الحرارية المخصصة لخفض قابلية الرصد متوفرة بسهولة، إلا أنه يوجد رموز متاحة يمكن استخدامها أو تعديلها لاستخدامها مع التطبيقات العسكرية. تتضمن هذه الرموز تلك المستخدمة في التحكم بالجودة الحرارية. وكما هو الحال مع التردد اللاسلكي، يعتبر الرمز القادر على تمثيل الموجه وفق حجم ووجهة عناصر السطح من النقاط الجوهرية. كما تتضمن عملية التصميم استخدام الرموز التي تقوم بتقدير الانتقال الجوي للأشعة تحت الحمراء على ارتفاعات وفي مواسم مختلفة ضمن أنواع مختلفة من البيئات الغازية. إذ تعتبر الرموز مفيدة في تحديد عملية الانتقال الحراري داخل الطائرة، بهدف تحديد درجات حرارة السطح إلى جانب تدفقات الحرارة الناتجة عن تشغيل المحركات وغيرها من النظم الفرعية الداخلية الأخرى. فضلاً عن ذلك، يتم استخدام الرموز الخاصة بتحديد درجة حرارة العامود بواسطة كمية منتجات الاحتراق التي تمر عبر أنبوب العادم والتي تتمدد وتتبدد في الجو. أما عملية نمذجة العمود، التي يمكن تنفيذها بخصوص غازات العادم الخاصة إما بطريقة الدفع الصاروخية أو طريقة الدفع بواسطة تنفس الهواء، فهي تتطلب وجود رموز سطح المحرك إلا أنها تتجاوز استخدامها لتحديد أداء الدفع. أما الرموز التي تستخدم معاملات نسبة انبعاث المواد والانعكاس ثنائي الاتجاه للمواد كمدخلات يمكن استخدامها في تصميم عملية التحكم بتوقيع الأشعة تحت الحمراء.

١٧.ه التكنولوجيا

١.ه.١٧ "التكنولوجيا"، وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات أو المواد أو "البرمجيات" المحددة في البنود ١٧.أ أو ١٧.ب أو ١٧.ج أو ١٧.د.

ملاحظة:

يشمل البند ١٧.ه.١ قواعد البيانات المصممة خصيصاً لتحليل الحد من إمكانية كشف التوقيع.

الطبيعة والغرض: تعتبر تقنية التخفي من الاكتشافات العلمية الحديثة وهي غير منتشرة على نطاق واسع. تعرف التكنولوجيا المستخدمة في هذا القسم بأنها توفير مساعدة أو يد عون إلى دولة مشتركة في تطوير وسائل الحد من إمكانية كشف توقيع المركبات الجوية غير المأهولة (بما فيها القذائف الانسيابية) والقذائف النسيارية. ولأغراض هذا القسم، تعتبر عمليات نقل الطلاءات المتخصصة مثل مادة الامتصاص الراداري الشفافة ومادة الامتصاص الراداري المغناطيسية والألياف الموصلة أو غيرها من المواد ذات نسبة قابلية رصد منخفضة من عمليات النقل الهامة، حالها كحال نقل تكنولوجيا إنتاج هذه المواد. كما يرتقي تزويد دولة ما بتكنولوجيا إنتاج معدات اختبار المقطع العرضي للرادار أو المعلومات المطلوبة لبناء نطاق اختبار المقطع العرضي للرادار ليكون عملية نقل للمعلومات التقنية الخاضعة للمراقبة.

طريقة التشغيل: تتوفر المساعدة التقنية بعدة أشكال. فقد تتضمن التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص لديه سجل خبرة حافل بخصوص واحد أو أكثر من المواضيع الخاضعة للمراقبة، مثل تكنولوجيا خفض قابلية الرصد، والذي يقوم مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية بواسطة خدمة استشارية واحدة أو أكثر تكون متخصصةً في مهارات الإنتاج ذات العلاقة. كما يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية على شكل مساعدة في شراء المعدات أو الآلات أو المواد، أو من خلال تحديد الشركات والمواد المطلوبة. في النهاية، يجوز لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية من خلال إرسال طلاب لدول أخرى للحصول على التكنولوجيا لحضور التدريبات وممارسة المهارات اللازمة لبناء وتشغيل النظم المطلوبة.

الاستخدامات المثالية مع القذائف: مع استثناءات محدودة، تستخدم المساعدة التقنية المطلوبة لبناء معدات إنتاج مواد التخفي ومنشآت الاختبار للأغراض المحددة فقط.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد

الفئة ٢ – البند ١٨

الحماية من الآثار النووية

الفئة ٢ – البند ١٨: الحماية من الآثار النووية

١.١٨ المعدات والمنظومات والمكونات

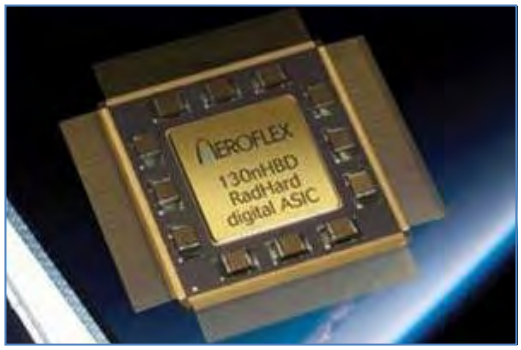
١.أ.١٨ "الدارات الدقيقة" المُصلدة ضد الأشعة"، والتي يمكن استخدامها في حماية نظم الصواريخ والطائرات الصغيرة بلا طيار من الآثار النووية (مثل النبض الكهرمغناطيسي، والأشعة السينية، وآثار الانفجار والحرارة مجتمعة)، والتي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البند ١.أ.

فرنسا
ألمانيا
السويد
الولايات المتحدة
إسرائيل
روسيا
المملكة المتحدة

الإنتاج العالمي

الطبيعة والغرض: تتطلب البيئات الفضائية وبيئات الفضاء الثانوي تكنولوجيات متخصصة بهدف الحد من مخاطر التعرض إلى أشعة مؤينة بواسطة جسيمات مشحونة بالطاقة والأشعة السينية. إذ تتسبب الأشعة المؤينة بحدوث أليتا تلف رئيسيتان في الدارات الدقيقة كما أن بإمكانها تعطيل قدرتها على العمل على الوجه الصحيح. الأثر الأول هو أثر إشعاعي تراكمي، يعرف باسم جرعة التأين الكلية (TID) التي تتعلق في تكوُّن شحنة كهربائية دائمة في دارة ما، والتي تعطل قدرتها على الاستجابة أو تتسبب بفشلها بشكل تام. يعتمد نطاق عملية التكوُّن هذه على المدى الذي تتعرض فيه الدارة للإشعاع. أما الأثر الثاني فيحدث بسبب الشحنة المترسبة بواسطة جسم تأيُّن وحيد ويعرف باسم أثر الحادث المفرد (SEE). هنالك آثار حادث مفردة مثل الحادث المفرد العابر (SET) وأثر التغير في المرة الواحدة (SEU) ذات طبيعة مؤقتة ويمكن التعافي منها. أما الآثار الأخرى مثل حادث الإغلاق المفرد (SEL) فتتسبب بحدوث تلف دائم. تعتمد حساسية جهاز ما تجاه أثر الحادث المفرد على مدى سرعة وصول الإشعاع إلى الدارة (عدد الحوادث/الجسيم في كل سم مربع). هنالك طريقة واحدة للحماية من هذه الآثار وتتمثل في جعلها مقاومةً لجرعة التأين الكلية وأثر الحادث المفرد وهي عملية تعرف باسم "التصلُّد".

طريقة التشغيل: تشبه الدارات الدقيقة المُصلدة (الشكل ١٥٨) في تشغيلها وشكلها الدارات الدقيقة العادية. هنالك استراتيجيات تخفيف متبعة لخفض الآثار المترتبة على جرعة التأين الكلية وأثر الحادث المفرد تعرف باسم أساليب "التصلُّد الإشعاعي أثناء العملية (RHBP) والتصلُّد الإشعاعي بواسطة التصميم (RHBD). يمكن إنجاز التصلُّد الإشعاعي أثناء العملية من خلال تعديل ملفات تعريف التلويث في الأجهزة والركائز وتحسين عمليات ترسيب المواد العازلة. تنطوي أساليب التصلُّد الإشعاعي بواسطة التصميم على تسجيل الزيادة، وزيادة القفل، أو التغذية الراجعة من البوابة المنطقية،

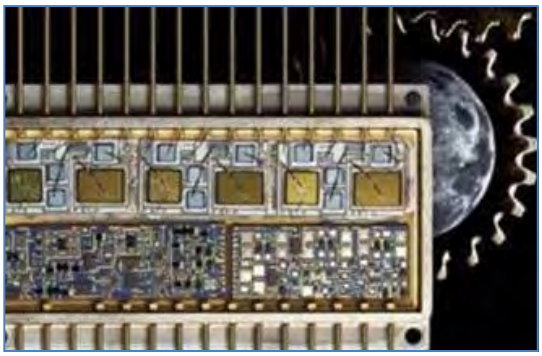


الشكل ١٥٨: دارة مدموجة خاصة بتطبيقات التصلد ضد الإشعاع (ASIC) مصممة مع التطبيقات ذات الموثوقية العالية ذات الكثافة الإشعاعية (أيروفلكس)

وغيرها من مجموعة دارات التصميم. تتسم الأجهزة المصممة والمنتجة لتتضمن أساليب التخفيف هذه بزيادة كبيرة في تكلفة الدارات الدقيقة المصلدة كما أنها تتسم بنسب تشغيل رقمي أقل.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تم تصميم الدارات الدقيقة المُصلدة ضد الأشعة في القذائف التسيارية للعمل في بيئة ذات صبغة نووية. بالنسبة للمركبات الجوية غير المأهولة، بخلاف القذائف التسيلية، غير محمية بشكل عام من الإشعاع المؤين لأنه لا يتم أخذ فرص بقاءها بالاعتبار.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم الأجهزة المُصلدة ضد الأشعة في المهام التي تستغرق مدةً طويلة والتي تتطلب وجود معدات اتصالات، وأقمار صناعية علمية مخصصة للأرصاد الجوية، ومسابير فضائية وكوكبية. أيضاً الدارات الدقيقة المصلدة والتي تستخدم لأغراض برية تستخدم في بيئات عالية الإشعاع مثل نظم السلامة، والأجهزة، ونظم التحكم، وأجهزة الكشف، والمعدات الآلية الخاصة في المفاعلات النووية وأجهزة تسارع الجسيمات الفيزيائية عالية الطاقة.



الشكل ١٥٩: آلة محركة مصلدة ضد الإشعاعات مصممة للاستخدام في تطبيقات الإشعاعات المكثفة العسكرية والفضائية. (أيروفلكس)

الشكل (عند التصنيع): يتم عادةً تثبيت مكونات الأجهزة الإلكترونية المصلدة مع منظوماتها في طرود معدنية أو خزفية مغلقة بإحكام إلى جانب الأجهزة التي تثبت على السطح المستخدمة بشكل شائع في المنظومات عالية الكثافة (الشكل ١٥٩). فهي تبدو مثل الأجهزة التجارية، إلا أنها تمتلك أرقام للأجزاء تعرفها بأنها مصلدة.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن المنظومات والمكونات الإلكترونية عادةً في أكياس بلاستيكية تحمل علامات تشير إلى أنها أجهزة إلكتروستاتيكية حساسة. كما يتم إسنادها بواسطة رغوة مطاطية أو أكياس فقاعات لحمايتها من الصدمات ثم يتم تعبئتها في داخل صناديق من الورق المقوى.

2.أ.47 "أجزاء الكشف" المصممة أو المعدلة خصيصاً لحماية النظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة من الآثار النووية (مثل الضغط الزائد العابر، والأشعة الكهربية، وآثار الانجراز والحرارة المجموعة)، والتي يمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البند 4.أ.

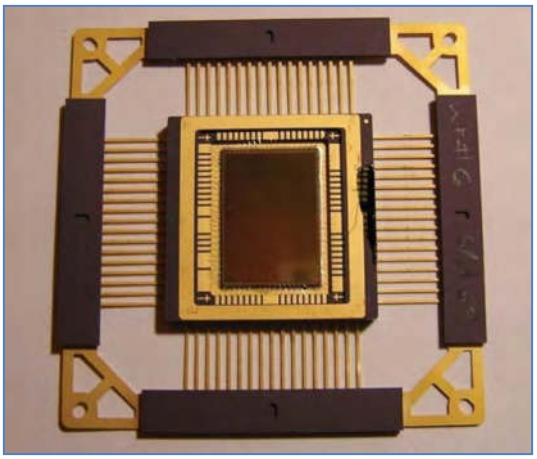
ملاحظة فنية:

يُعرف "جهاز الكشف على أنه جهاز يحتوي أو كاشف بصري أو كاشف يعمل إلكترونياً يمكنه تسجيل عامل التغيرات الفيزيائية المؤقتة على الضغط أو درجة الحرارة، أو الإشارات الكهربية أو الكهرومغناطيسية أو الإشعاعات الصادرة عن مادة شعة.

يشمل تلك الأجزاء التي تتعرض للإشعاع مرة واحدة أو التي أصبحت معطلة.

الطبيعة والغرض: كما هو مذكور أعلاه، من بين آليات حماية الدارات في بيئات تشغيل نووية مكثفة قاسية جعل الدارات الدقيقة مقاومةً بشكل جوهري للإشعاعات المجرعة المؤينة الكلية. هنالك أسلوب آخر يتمثل في استخدام أجهزة الكشف عن الإشعاعات القادرة على استشعار نسب جرعة الإشعاع في هذه البيئات، و/أو ملاحظة وتسجيل التغييرات البيئية الناتجة عن الحوادث النووية. تقوم أجهزة الكشف هذه بعد ذلك بإيقاف تشغيل طاقة الدارة أو تقوم بتنشيط الأجهزة القادرة على الاستجابة لهذه الظروف.

طريقة التشغيل: تتسم أجهزة الكشف عن الإشعاعات بأنها أجهزة بسيطة نسبياً قادرة على استشعار الزيادة في التيار نتيجة الإشعاع. وفي حال وصل مستوى الإشعاع إلى حد خطير أو تجاوزه، تقوم أجهزة الكشف بإرسال إشارة تحكم إلى مجموعة دارات الحماية. تقوم آلية الحماية إما بتفريغ التيار بعيداً عن الأجهزة الحساسة أو تقوم بإيقاف تشغيل المعدات لتفادي احتراقها. تمتلك أجهزة الكشف عادةً مدخل اختبار لتفعيل جهاز الكشف أثناء أنشطة البناء أو الصيانة وذلك للتحقق من عملية التشغيل. إذ ينبغي أن تكون قادرةً على تحمل آثار الإشعاع (مثال، ينبغي أن تكون قابلة لإعادة الاستخدام)، وينبغي أن تكون قادرةً على إصدار أوامر الحماية على الفور قبل أن يلحق التلف في الدارات الدقيقة.



الشكل ١٦٠: جهاز كشف مصنك ضد الإشعاع. (سلاح الجو الأمريكي)

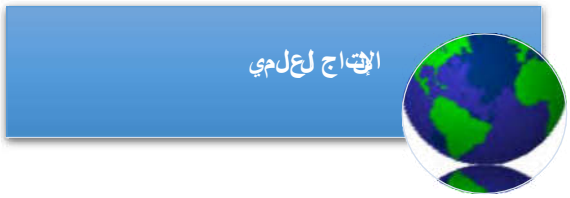
الاستخدامات المثالية مع القذائف: كما هو الحال مع الدارات الدقيقة المصلدة، تستخدم أجهزة كشف الإشعاعات في مركبات الإطلاق الفضائية والقذائف التسيارية المخصصة للعمل في بيئات الفضاء والفضاء الثانوي ذات الكثافة النووية. من غير المطلوب حماية المركبات الجوية غير المأهولة من الإشعاع المؤين لأنها أكثر عرضةً للضغط الزائد الناتج عن الانفجار، لذلك تتأثر المركبة بالانفجار النووي من مسافات بعيدة أكثر من تأثرها بالإشعاع.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم أجهزة الكشف عن الإشعاع في نفس التطبيقات عالية الموثوقية وفي نفس البيئات النووية المكثفة التي تستخدم فيها الدارات الدقيقة المصلدة. يشمل هذا المهام العسكرية التي تستغرق وقتاً طويلاً، ومهام الاتصالات والمهام ذات الصبغة العلمية. فضلاً عن ذلك، تُعد الأجهزة من المكونات الإلكترونية الجوهرية في الأقمار الصناعية العلمية المخصصة للأرصاد الجوية، والمحطات الفضائية، والمسابير الكوكبية. تستخدم أجهزة الكشف كذلك في تطبيقات السلامة والأجهزة، ونظم التحكم، والنظم الآلية الخاصة في المفاعلات النووية.

الشكل (عند التصنيع): يمكن أن تشغل دارات أجهزة الكشف عن الإشعاعات حوالي عشرة سنتيمترات مربعة من مساحة لوحة الدارات. على نحو بديل، يمكن أن يكون جهاز الكشف عبارةً عن دارة دقيقة مفردة تتضمن مجموعة مختارة من المكونات وفق ما هو مبين في الشكل ١٦٠.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن المنظومات والمكونات الإلكترونية عادةً في أكياس بلاستيكية تحمل علامات تشير إلى أنها أجهزة إلكتروستاتيكية حساسة. كما يتم إسنادها بواسطة رغوة مطاطية أو أكياس فقاعات لحمايتها من الصدمات ثم يتم تعبئتها في داخل صناديق من الورق المقوى.

٣.أ.١٨ قباب رادارية مصممة لتحمُّل صدمة حرارية مركبة تفوق ٤,١٨٤ × ١٠^٦ جول في المتر المربع تصاحبها ذروة فوق الضغط تتجاوز ٥٠ كيلوباسكال، يمكن استخدامها في حماية نظم الصواريخ والمركبات الجوية غير المأهولة من الآثار النووية (مثل النبض الكهرومغناطيسي، والأشعة السينية، وآثار الانفجار والحرارة مجتمعة)، ويمكن استخدامها لأغراض النظم المحددة في البند ١.أ.



الطبيعة والغرض: تعتبر القباب الرادارية عبارةً عن هياكل تتخذ شكل غلاف تقوم بحماية الهوائيات من البيئة في حين تسمح بنفس الوقت ببث إشارات التردد اللاسلكي مع الحد الأدنى من فقدان الإشارة والتشويش. تصنع القباب عادةً من مادة عازلة. من جهة أخرى، تستخدم العديد من التركيبات الأرضية القباب الرادارية، بينما يتضمن رأس مقدمة طائرات الركاب قبةً رادارية. فقط القباب الرادارية المتخصصة تخضع للمراقبة بموجب البند ١٨.أ.٣، أي تلك المخصصة للبيئات التي يتوفر فيها آثار نووية، والتي تكون في بعض الأحيان وليس دائماً مخصصةً للطيران بسرعة عالية. يتم عادةً صناعة القباب من مواد خاصة مثل الخزف أو السيليكون الفينولي. إذ تقتصر المعايير المحددة في البند ١٨.أ.٣ على مراقبة القباب المخصصة لتحمل البيئات التي تنطوي على حرارة وضغط شديدين.

طريقة التشغيل: يتم اختيار مواد القباب الرادارية تبعاً لمتانتها وشفافية إشارتها ضمن حزم التردد مثار الاهتمام في نطاق درجة الحرارة المتوقع. يتم عادةً تصميم شكل القباب الرادارية المخصصة للطيران لتحسين الأداء الهوائي الديناميكي للمركبة ولتفادي التشويشات غير اللازمة الناتجة عن التأثيرات الموشورية أو تأثيرات العدسات. إذ تتيح القباب الرادارية المصممة بشكل صحيح للهوائي الموصول ببث واستقبال الإشارات عبر القبة بالحد الأدنى من التشويشات.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تقصِّر البيئات النووية المنصوص عليها في البند ١٨ استخدامات القباب الرادارية مع القذائف على بعض القذائف التسيابية والمركبات العائدة بواسطة قذائف تسيارية التي يتراوح مداها من قصير إلى متوسط. من بين استخدامات القباب حماية أجهزة البحث التوجيهي المركبة في رأس مقدمة المركبات العائدة وهي تقوم بتوجيه المركبات العائدة نحو أهدافها. تدخل القذائف طويلة المدى المجال الجوي بسرعة كبيرة يصعب على القباب الرادارية المثبتة على رأس المقدمة تحملها. بالنسبة لهذه المركبات العائدة يمكن تثبيت القباب الرادارية (النوافذ) في مؤخرة هيكل المركبة العائدة. لا تعتبر القباب الرادارية الخاضعة للمراقبة عادةً بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف مثار اهتمام في نظم المركبات الجوية غير المأهولة بخلاف القذائف التسيابية لأن معظم المركبات الجوية غير المأهولة غير قادرة على تحمل الآثار النووية المحددة..

في حين يمكن لتركيبات أرضية معينة استخدام القباب الرادارية الخاضعة للمراقبة في حال كانت مطلوب وجودها فيها بهدف تصليدها ضد الآثار النووية المحددة. على سبيل المثال، يمكن استخدام قباباً غير مخصصة للطيران تفي بالمعايير المحددة في البند ٣.أ.١٨ لحماية الهوائيات الموجودة في صوامع القذائف أو مراكز القيادة المصممة لتحمل الهجمات النووية

الشكل ١٦١: على اليسار: مجموعة مختارة من القباب الرادارية (نورثروب غرومان). على اليمين: قباب تشبه تلك المستخدمة في حماية المستشعرات عند العودة. (أميريكان تكنولوجي أند ريسيرش الدستريز).

الاستخدامات الأخرى: تمتلك القباب الرادارية المصممة لتحمل الظروف النووية استخدامات تجارية قليلة (إن وجدت).

الشكل (عند التصنيع): تتخذ القباب الرادارية المستخدمة في حماية المستشعرات المثبتة في مقدمة رؤوس المركبات العائدة شكلاً مخروطياً أو شكل منحنى قوطي، وفق ما هو مبين في الشكل ١٦١. وتعتمد أحجامها على حجم المركبة العائدة أو الصاروخ الذي تتصل به، إذ يمكن أن يصل قطرها وطولها الأدنى إلى ٣٠ سم، وإلى ٢ متر أو أكثر بحد أعلى. تكون المواد المستخدمة فيها في الأساس عبارةً عن مواد عازلة على شكل رقائق متينة أو طبقات من الرغوة يتم تشكيلها على هيئة قبة رادارية مصبوبة واحدة. من جهةٍ أخرى، يمكن استخدام قباب رادارية ذات جدار سميك وإطار هيكلي عازل (DSF) تتراوح سماكتها عادةً من ٠,١ سم أو أقل مع الهوائيات الصغيرة. تبلغ سماكة القباب الرادارية ذات الجدار الرقائقي المتين والإطار الهيكلي العازل عادةً ٠,٢٥ سم. أما بالنسبة إلى القباب الرادارية المكونة من إطار هيكلي عازل وطبقتين، تتم إضافة طبقة من الرغوة في الجدار الرقيق للقبة. يتم اختيار سماكة الرغوة في المقام الأول تبعاً لعزلها الحراري ومقاومها للصدمات الحرارية بأحمال تبلغ ١٠٠ ١٠٠ سعرة حرارية لكل سم مربع (أي نفس الطاقة الخاصة بالمنطقة البالغة ٤,١٨٤ × ١٠ ٦ جول في المتر المربع المذكورة في بند المراقبة). ويعتبر تصميم القبة المركب المؤلف من طبقات جدار رغوي النواة هو التصميم الأكثر تكلفة بين التصاميم الأخرى حيث يوفر متانة لتحمل أحمال ضغط في ذروتها تزيد عن ٥٠ كيلو باسكال (تزيد عن الضغط الجوي بنسبة ٥٠% تقريباً). تبلغ سماكة الجدار رغوي النواة المؤلف من طبقات ربع طول موجة بالنسبة لأعلى إشارة تردد للسلكية.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن القباب الرادارية في صناديق خشبية تمتلك دعامات كفافية لدعم هيكلها المكون من جدار رقيق. تمتلك القباب الرادارية إطارات إغلاق مثبتة على شفاه التثبيت الموجودة في نهايتها للحفاظ على متانتها الهيكلية عند شحنها بالعبور كما يتم تغليفها بأكياس من البولي إثيلين. يمكن استخدام حواجز خشبية كدعامات كفافية أو رغوة متعددة اليوريثان مع الصناديق لدعم القبة.

١٨.ب معدات الاختبار والإنتاج

لا يوجد.

١٨.ج المواد

لا يوجد.

57.د البرمجيات

لا يوجد.

١٨.ه التكنولوجيا

١.ه.١٨ "التكنولوجيا" وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات المحددة في البند ١٨.أ.

الطبيعة والغرض: تعرف "تكنولوجيا" الحماية من الآثار النووية بأنها المعرفة أو البيانات المطلوبة لزيادة تحمل النظم الإلكترونية في الخاصة بنظم القذائف في البيئات النووية وهي في طريقها إلى هدف ما أو عند تعرضها لهذه البيئات أثناء تخزينها.

طريقة التشغيل: تتوفر "تكنولوجيا" الحماية من الآثار النووية بعدة أشكال. تتضمن "المساعدة التقنية" التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص أو مؤسسة لديهم سجل خبرة حافل بخصوص تطوير الدارات الدقيقة أو المصلدة ضد الإشعاعات أو الأحداث النووية (الأشعة السينية أو الطاقة الإلكترومغناطيسية أو الآثار الحرارية) أو أجهزة الكشف الملاءمة للقذائف النسيارية، والذي يقومون مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج. يمكن لدولة ما الحصول على المساعدة التقنية من جهة أجنبية واحدة أو أكثر والتي تمتلك منشآت التصميم والتطوير المطلوبة لتقديم الخبرة التي تساعد في تطوير التكنولوجيا المطلوبة. يمكن أن تأتي المساعدة التقنية كذلك على شكل مساعدة في شراء المواد، والمعدات، والمواد أو على شكل توجيه بشأن ماهية المعدات التي ينبغي شراؤها. ويمكن أن ترقى أية كتيبات ومواد يتم استلامها خلال فترة التدريب لتكون بيانات تقنية

الاستخدامات المواجهة مع العلم: تستخدم "التكنولوجيا" المشمولة في هذه الفقرة في المكونات الإلكترونية الموجودة في المعدات المستخدمة في الكشف عن الإشعاع النووي والكشف عن الانفجار النووي.

الاستخدامات الأخرى: تستخدم "التكنولوجيا" الحيوية من الآثار النووية في الصناعات الأخرى المتخصصة في معدات التصوير النووي. توجد الدارات الدقيقة الأرضية في بيئات عالية الإشعاع مثل نظم السلامة، والأجهزة، ونظم التحكم، وأجهزة الكشف، والمعدات الآلية الخاصة في المفاعلات النووية وأجهزة تسارع الجسيمات الفيزيائية عالية الطاقة.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد

الفئة ٢ – البند ١٩

نظم الإيصال الكاملة الأخرى

الفئة ٢ – البند ١٩: نظم الإيصال الكاملة الأخرى

١٩.أ المعدات والمنظومات والمكونات

١٩.أ.١ النظم الكاملة للصواريخ (بما في ذلك القذائف التسيارية، ومركبات الإطلاق الفضائية، والصواريخ المسبارية)، غير المحددة في البند ١.أ.١، والقادرة على تحقيق "مدى" يصل إلى ٣٠٠ كم أو أكثر.

الإنتاج العالمي

- ألبانيا
- أرمينيا
- أستراليا
- أفغانستان
- ألمانيا
- أندورا
- أنغولا
- أوروغواي
- إثيوبيا
- إريتريا
- إسبانيا
- إستونيا
- أفغانستان
- إكوادور
- إندونيسيا
- أوزبكستان
- أوغندا
- أوكرانيا
- إيران
- أيرلندا
- أيسلندا
- إيطاليا
- باراغواي
- باكستان
- بالاو
- بربادوس
- بلجيكا
- بلغاريا
- بنغلاديش
- بنما
- بوتان
- بوركينا فاسو
- بولندا
- بوليفيا
- بيرو
- تايلند
- تركمانستان
- تركيا
- ترينيداد وتوباغو
- تشاد
- تشيكيا
- توغو
- توفالو
- تونس
- تيمور الشرقية
- جامايكا
- جزر القمر
- جزر المارشال
- جزر سليمان
- جمهورية أفريقيا الوسطى
- جمهورية التشيك
- جمهورية الكونغو
- جمهورية الكونغو الديمقراطية
- جمهورية كوريا
- جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية
- جمهورية مقدونيا اليوغوسلافية السابقة
- جنوب أفريقيا
- جنوب السودان
- جورجيا
- جيبوتي
- دانمركا
- دومينيكا
- رواندا
- روسيا
- رومانيا
- زامبيا
- زمبابوي
- سان تومي وبرينسيبي
- سان فنسنت وجزر غرينادين
- سان كيتس ونيفيس
- سان مارينو
- سانت لوسيا
- سري لانكا
- سلوفاكيا
- سلوفينيا
- سنغافورة
- سوازيلند
- سورينام
- سوريا
- سويسرا
- السويد
- سيراليون
- شيلي
- صربيا
- الصين
- طاجيكستان
- طوغو
- عمان
- غابون
- غامبيا
- غانا
- غرينادا
- غواتيمالا
- غيانا
- فانواتو
- فرنسا
- الفلبين
- فنزويلا
- فنلندا
- فيجي
- قبرص
- قرغيزستان
- قطر
- الكاميرون
- كرواتيا
- كمبوديا
- كندا
- كوبا
- كوت ديفوار
- كوستاريكا
- كولومبيا
- الكويت
- كيريباس
- لاتفيا
- لبنان
- لكسمبرغ
- ليبيا
- ليتوانيا
- ليختنشتاين
- ليسوتو
- مالطة
- ماليزيا
- مدغشقر
- مصر
- المغرب
- المكسيك
- ملاوي
- ملديف
- مالي
- منغوليا
- موريتانيا
- موريشيوس
- موزامبيق
- ميانمار
- ميكرونيزيا
- ناميبيا
- نيبال
- نيجيريا
- النيجر
- نيكاراغوا
- نيوزيلندا
- هايتي
- هندوراس
- هنغاريا
- الهند
- هولندا
- الولايات المتحدة الأمريكية
- اليابان
- اليمن
- اليونان

الطبيعة والغرض: تشبه النظم الصاروخية الكاملة المشمولة في البند ١.أ.١٩ في معظم النواحي تلك المشمولة في البند ١.أ.١. إلا أن عدم وجود شرط القدرة على تحميل حمولة تبلغ ٥٠٠ كغ أو أكثر معناه بأن هذه النظم أصغر بكثير من تلك المشمولة في البند ١.أ.١.

يجب أن يأخذ تقييم النظم المشمولة في هذا البند في الحسبان القدرة على استبدال الحمولة والمدى. يمكن أن تختلف القدرة الكامنة لأي صاروخ إلى حد كبير عن المواصفات المحددة من قبل الصانع أو عن المفهوم التشغيلي المقصود.

تخضع هذه النظم للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بسبب ملاءمتها لإيصال الأسلحة الكيميائية والبيولوجية، التي لا تكون مقيدة بالحد الأدنى للأوزان مثل الأسلحة النووية المقيدة بالكتلة الحرجة.

طريقة التشغيل: تعمل هذه النظم بدقة بنفس طريقة عمل النظم الصاروخية الأضخم حجماً، من أربعة عناصر وهي: (الحمولة أو الرأس الحربي، ومنظومة الدفع الفرعية، ونظام التوجيه والمراقبة، والهيكل الكلي). تمتاز القذائف التسيارية المشمولة في هذه الفئة بنفس الخصائص التشغيلية التي تمتاز بها النظم الأضخم المبينة في البند ١.أ.١. يمكن أن تتضمن كلتا المرحلتين من مرحلة واحدة أو أكثر، ويمكنها استخدام وقود دفعي صلب أو سائل، أو هجين مركب من كلا النوعين. ولدى مقارنتها مع نظيراتها الأضخم حجماً المشمولة في البند ١.أ.١، هناك احتمال أكبر أن يتم إطلاق القذائف الخاضعة للمراقبة بموجب البند ١.أ.١٩ من الطائرات. تتم عملية الإطلاق الأخيرة على ارتفاع عالي لخفض مقاومة الهواء للجسم المتحرك، والتي تعتبر ذات أهمية أكبر عند صناعة القذائف ومركبات الإطلاق الفضائية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم القذائف التسيارية في إيصال حمولة الأسلحة إلى هدف محدد. تتضمن حمولاتها المحتملة منخفضة الكتلة الأسلحة الكيميائية والبيولوجية. تمتلك معظم القذائف الموجودة حالياً قدرة تحميل الحمولة التي تزيد عن ٥٠٠ كغ إلى مدى يبلغ ٣٠٠ كم (بالتالي فهي غير خاضعة للمراقبة بموجب البند ١.أ.١)، إلا أنه في الكثير من الأحيان يمكن تعديل قذائف هذه الفئة لإيصال حمولات أصغر (أقل من ٥٠٠ كغ) إلى مسافات تزيد عن ٣٠٠ كم.

يبين هذا الأمر مدى أهمية الأخذ في الحسبان القدرة على استبدال الحمولة والمدى لدى تقييم النظم المشمولة في هذا البند.

تستخدم مركبات الإطلاق الفضائية والصواريخ المسبارية في وضع الأقمار الصناعية في المدار أو لجمع البيانات في الغلاف الجوي العلوي. بدايةً من عام ١٩٥٠، تم استخدام الصواريخ المسبارية لجمع البيانات العلمية في الفضاء الجوي العلوي. في القرن الواحد والعشرون، تجدد الاهتمام في إرسال حمولات علمية صغيرة في مسارات دون المدار، وذلك لغرض الحصول على عدة دقائق من السقوط الحر (التعرض إلى الجاذبية متناهية الصغر). على نحوٍ مشابه، تجدد الاهتمام كذلك في مركبات الإطلاق الفضائية الصغيرة لإيصال الأقمار الصناعية الصغيرة إلى المدار. تقريباً من العام ٢٠١٧، سعت العديد من الشركات التجارية حول العالم لتطوير مركبات الإطلاق الفضائية الصغيرة، ومن المتوقع تواجد عملاء يفضلون عمليات إطلاق الحمولات الصغيرة مثل سواتل المكعبات الفضائية (أقل من ١٠ كغ) على سبيل المثال.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): تشبه نظم الإطلاق الكاملة المشمولة في هذه الفئة في مظهرها إلى حدٍ كبير تلك المشمولة في البند ١.أ.١ لكن في النطاقات الأصغر حجماً. فهي عبارة عن أسطوانات ضخمة، طويلة ضيقة والتي، عند تجميعها، تبلغ أبعادها ٥ م من حيث الطول، و٠,٥ م من حيث القطر، و١٥٠٠ كغ من حيث الوزن وهي معبئة بحمولة وقود دفعي كاملة. يوفر الشكل ١٦٢ مثالاً توضيحياً عن الصواريخ المسبارية المشمولة في البند ١.أ.١٩. يمكن أن تتضمن القذائف المشمولة في معيار الضبط هذا العديد من المراحل، أو مرحلة واحدة فقط. فهي ثقيلة نسبياً عند استخدام وقود دفعي صلب معها، أو خفيفة الوزن عندما تكون خاليةً من الوقود في حال تصميمها للعمل مع الوقود الدفعي السائل.

الشكل ١٦٢: صاروخ مسباري ضخم من الفئة ٢ قادر على إيصال حمولة تبلغ ٢٥٠ كغ إلى مدى يبلغ ٤٠٠ كم. المحرك الصاروخي العامل بالوقود الصلب ذو الغلاف المعدني محاط بأربعة زعانف ذيل على شكل قرص العسل مع حافة أمامية من سبائك التيتانيوم. (جاكسا)

الشكل (عند التعبئة): يتم عادة شحن المكونات الرئيسية لنظم الصواريخ في صناديق أو حاويات معدنية مغلقة إلى منشأة التجميع القريبة من موقع الإطلاق، حيث يتم هناك تجميعها واختبار جاهزيتها التشغيلية. إلا أن احتمال شحن مركبات الإطلاق الأصغر حجماً مجمعةً بالكامل أكثر من المركبات الأكبر حجما. من الأمثلة المحددة على هذا الأمر القذائف التسيارية المتحركة، التي يمكن تجميعها وتخزينها في وضعية أفقية في المركبة الناصبة القاذفة الناقلة (TEL) ونقلها إلى نقطة الإطلاق عند الحاجة. يجوز نقل القذائف ومركبات الإطلاق الفضائية الصغيرة بواسطة الطائرات و/أو يجوز إطلاقها من الطائرات.

١٩.أ.٢ النظم الكاملة للمركبات الجوية غير المأهولة (بما في ذلك القذائف الانسيابية، والطائرات بلا طيار للتدريب على إصابة الأهداف، وطائرات الاستطلاع بلا طيار)، غير المحددة في البند ١٩.أ.١، والقادرة على تحقيق مدى يصل إلى ٣٠٠ كم أو أكثر.

الطبيعة والغرض: تعتبر نظم المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في البند ١٩.أ.٢ أكثر تنوعاً بطبيعتها من تلك المشمولة في البند ١٩.أ.١. بسبب عدم وجود شرط القدرة على تحميل حمولة تبلغ ٥٠٠ كغ. بالتالي تتضمن هذه الفئة من المركبات الجوية غير المأهولة عدداً من المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات متوسطة (MALE) والتي تمتاز بوزن إقلاع منخفض (يتراوح بين ٥٠ كغ و١٥٠٠ كغ) أقل من وزن إقلاع المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات عالية (HALE) التي تفي بالمعايير المحددة في البند ١٩.أ.١.

يجب أن يأخذ تقييم النظم المشمولة في هذا البند في الحسبان القدرة على استبدال الحمولة والمدى. يمكن أن تختلف القدرة الكامنة لأي صاروخ إلى حد كبير عن المواصفات المحددة من قبل الصانع أو عن المفهوم التشغيلي المقصود. تخضع هذه النظم للمراقبة بموجب نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف بسبب ملاءمتها لإيصال الأسلحة الكيميائية والبيولوجية، التي لا تكون مقيدة بالحد الأدنى للأوزان مثل الأسلحة النووية المقيدة بالكتلة الحرجة.

وكما هو الحال مع نظم المركبات الجوية غير المأهولة الضخمة المشمولة في الفئة ١ من نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، تعد نظم المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في البند ١٩.أ.٢ مركبات جوية متنفسة تعمل بواسطة محرك عنفي صغير أو محركات تعمل بمكابس تحركها دافعات حرة أو أنبوبية. تعمل المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات متوسطة وألخرى القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات عالية عادةً في ارتفاعات تشغيلية تبلغ من ٥٠٠٠ إلى ٨٠٠٠ م، وتتحمل الطائرات القادرة على التحمل طويلاً عادةً لفترات تبلغ من 12 إلى 48 ساعة.

تتميز القذائف الانسيابية عن معظم المركبات الجوية غير المأهولة الأخرى بسبب استخدامها كمنصات إيصال أسلحة وبسبب مسارات طيرانها التي تخفض من قابلية رصدها من قبل الدفاعات. فضلاً عن ذلك، لا تمتلك القذائف الانسيابية أية وسائل استعادة (مثل أجهزة الهبوط والمظلات وغيرها). تستطيع القذائف الانسيابية الطيران بأية سرعة، إلا أنها تعمل عادةً بواسطة محركات نفاثة صغيرة تعمل بسرعات أقل من سرعة الصوت عالية (أقل من ٩٠٠ كم/سا). يبين الشكل ١٦٣ مثالاً على القذائف الانسيابية المضادة للسفن من الفئة ٢.

طريقة التشغيل: يمكن مراقبة نظم المركبات الجوية غير المأهولة أثناء الطيران من خلال نظام ملاحة محمول على متنها، ما يجعلها قادرة على الطيران بمسار مبرمج مسبقاً تبعاً للنقاط التي ستمر بها. وعلى نحو بديل، يمكن ضبط مسار نظم المركبات الجوية غير المأهولة أثناء الطيران من خلال أوامر تصدر عن نظام أرضي، يتم نقلها من خلال رابط بيانات موجود على متنها. تشتمل المحطات الأرضية الخاصة بنظم المركبات الجوية غير المأهولة على نظام مراقبة طيران (عادةً ما تكون وحدة تحكم بعصا قيادة)، إلى جانب مجموعة من شاشات العرض التي تراقب المعدات وتقوم بتسجيل البيانات. في هذه الأثناء، يقوم نظام مراقبة الطيران الموجود على متن المركبة بضبط نظام المركبات الجوية غير المأهولة في وضع التحكم بالطيران، كما يقوم بضبط أسطح المراقبة للحفاظ على مسار الطيران المرغوب به.

الشكل ١٦٣: قذيفة انسيابية مضادة للسفن من الفئة ٢. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)

تعمل القذائف النانسيابية في هذه الفئة بطريقة مماثلة لعمل تلك المشمولة في البند ٢.أ.١.١؛ إذ تتضمن معظمها أنظمة مستشعر لمساعدتها على الوصول إلى الهدف من خلال الاستفادة من مزايا التضاريس الأرضية أو بصمات الأهداف. كما تستفيد القذائف النانسيابية بشكل متزايد من نظام الملاحة بالقصور الذاتي الذي يتم تحديثه بواسطة مستقبلات النظام العالمي لسواتل الملاحة فضلاً عن، أو عوضاً عن، أنظمة الملاحة التي تعمل بمساعدة التضاريس لتوجيهها بالقرب من الهدف. يمكن إطلاق هذه القذائف من المركبات الناصبة القاذفة الناقلة وأيضاً من السفن، أو الغواصات أو الطيارات.

وكما هو الحال مع المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في البند ٢.أ.١.١، عادةً ما يتم تجهيز أنظمة المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في البند 2.أ.19 بعدة أنواع من الحمولات، بما في ذلك معدات الاستشعار، التي تشمل إلكترونيات الطيران وروابط البيانات، وتكون مدعومةً بواسطة مكونات تحكم أرضية. خلال العمليات، يشار عادةً إلى عملية تجميع مركبة الطيران الجوية غير المأهولة (إلى جانب الحمولات وإلكترونيات الطيران) ومكونات دعمها على الارض باسم النظم الجوية غير المأهولة (UAS). هنالك فرق رئيسي واحد بين نظم المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في الفئة ٢ وتلك الأكبر حجماً المشمولة في الفئة ٢ يتمثل في أن تنوع نطاق أحجامها وأوزانها الخفيفة يسمح لها بإجراء مجموعة عمليات إطلاق واسعة بنفس القدر. يتم إطلاق واستعادة العديد من المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات متوسطة بواسطة وسائل الإطلاق العادية ذات العجلات أو الأرضية، في حين يمكن إطلاق عدد من المركبات الجوية غير المأهولة الصغيرة بواسطة المنجنيقات الهوائية أو المرنة (الشكل ١٦٤)، والمعززات. فضلاً عن ذلك، يمكن أن تحمل هذه النظم الصغيرة على الكتف.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستطيع المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في هذا البند إيصال حمولة أقل من ٥٠٠ كغ إلى مدى يساوي أو يزيد عن ٣٠٠ كم.

الاستخدامات الأخرى: يمكن أن تتضمن الحمولة نظم المهام المتعددة، بما في ذلك معدات الاستخبارات والمراقبة وللاستطلاع والأسلحة التقليدية. في حين تستخدم المركبات الجوية غير المأهولة الاصغر بشكل حصري في تنفيذ مهام الاستخبارات والمراقبة وللاستطلاع والبحث العلمي.

الشكل (عند التصنيع): تمتاز نظم المركبات الجوية غير المأهولة الكاملة الخاضعة للمراقبة بموجب هذا البند بتنوع أشكالها ومزاياها. ومن الشائع أن تمتلك الطائرة أجنحة ثابتة ونظام دفع يعمل بتنفس الهواء. أما النسخ الحديثة من الطائرات غير المأهولة المزودة بأجنحة دوارة فهي مصممة للوصول إلى مدى يزيد عن ٣٠٠ كم.

تمتاز نظم المركبات الجوية غير المأهولة المصممة لتنفيذ غرض محدد عادةً بشكل مخروطي، مع منطقة منتفخة بالقرب من النهاية الأمامية أو رأس مقدمة جسم المركبة. فضلاً عن ذلك، يمكن أن تشمل نظم المركبات الجوية غير المأهولة الخاضعة للمراقبة بموجب هذا البند المركبات الجوية المأهولة التي يتم تعديلها للطيران بشكل ذاتي، أو عن بعد أو بواسطة نظام الطيار الآلي. تمتلك هذه النظم عادةً مقصورة قيادة التي تكون إما فارغة أو مجهزة بمعدات إلكترونية أو حمولة خلال الطيران. تمتلك نظم المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في البند ٢.أ.١.١٩ العديد من المزايا المشتركة مع تلك المشمولة في البند ٢.أ.١.١، والتي يمكن أن تتضمن أجنحة ذات قناطر ضخمة يتم تثبيتها وسط جسم الطائرة، وجسم الطائرة الأسطواني الذي يتضمن انتفاخات واضحة أو قباب مثبتة فوق رأس المقدمة، إلى جانب ذيول على شكل حرف V أو حرف V معكوس، وأجهزة هبوط قابلة للسحب بشكل كامل. تشبه القذائف النانسيابية المشمولة في هذه الفئة بشكلها تلك المشمولة في البند ٢.أ.١.١.

الشكل (عند التعبئة): يتم تصنيع المركبات الجوية غير المأهولة، بما في ذلك القذائف الانسيابية، على شكل مكونات أو أجزاء في مواقع تصنيع مختلفة، ويمكن تجميعها في موقع عسكري أو منشأة إنتاج مدنية. يجوز تعبئة نظم المركبات الجوية غير المأهولة المشمولة في هذا البند على شكل وحدات كاملة، أو يمكن فصلها عند نقاط الفصل وتعبئتها وفق نفس الإجراءات وبنفس المواد المتبعة مع المركبات المشمولة في البند ٢.أ.١.

الشكل ١٦٤: المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات متوسطة. بالرغم من حجمها الصغير، تستطيع هذه المركبة التي يتم إطلاقها بواسطة منجنيق حمل حمولة قدرها ١ كغ (كاميرات أشعة تحت حمراء وكاميرات رقمية) لمدى يبلغ ٤٠٠ كم. (أيروفجن فيكيولاس أيريوس، إس إل)

٣.أ.١٩ النظم الكاملة للطائرات بلا طيار، غير المحددة في البنود ٢.أ.١ أو ٢.أ.١٩، والتي تتميز بجميع المزايا التالية:

أ. أن يكون لديها أي من الخاصيات التالية:

١. قدرة مستقلة للتحكم في الطيران والملاحة؛ أو

٢. قدرة التحكم في الطيران خارج مجال الرؤية المباشرة بمشاركة عامل بشري، و

ب. أن تتوفر فيها أي من الخاصيات التالية:

١. أن تتضمن نظاماً/آلية لنثر الهباء الجوي تفوق قدرته ٢٠ لتراً، أو

٢. أن تكون مصممة أو معدلة لدمج نظام/آلية لنثر الهباء الجوي تفوق سعته ٢٠ لتراً.

ملاحظة:

لا ينطبق البند ٣.أ.١٩ على التحكم في الطائرات النموذجية المصممة خصيصاً لأغراض الترفيه أو المشاركة في المسابقات.

الملاحظات التقنية:

١. يتكون الهباء الجوي من جسيمات أو سوائل بخلاف مكونات الوقود أو نواتجه العرضية أو المواد المضافة إليه، باعتبارها جزءاً من "الحمولة" التي يتعين نثرها في الغلاف الجوي. ومن الأمثلة على الهباء الجوي مبيدات الآفات التي تستخدم في رش المحاصيل والمواد الكيميائية التي تستخدم في تلقيح السُحُب.

٢. يحتوي نظام/آلية نثر الهباء الجوي على جميع الأجهزة (الميكانيكية والكهربائية والهيدروليكية وإلى ما ذلك) الضرورية لتخزين الهباء الجوي ونثره في الغلاف الجوي. ويشمل ذلك إمكانية حقن الهباء الجوي في بخار عادم الاحتراق وفي تيار انسياب الوقود الدفعي.

الطبيعة والغرض: يغطي البند ٣.أ.١٩ المركبات الجوية غير المأهولة المزودة بنظام / آلية توزيع الهباء الجوي بسعة تتجاوز ٢٠ لتراً، ونظام تحكم ذاتي بالطيران وقدرة ملاحة أو قدرة على الحفاظ على طيران دائم خاضع للتحكم لمدى بعيد عن خط رؤية الشخص المشغل.

طريقة التشغيل: يمكن أن تعتمد نظم المركبات الجوية غير المأهولة على طائرات مصممة لغرض الطيران غير المأهول أو يمكن إجراء تعديلات عليها لأغراض المركبات الجوية المأهولة، مثل الطائرات ثابتة الأجنحة أو حوامة الهليكوبتر. وتبعاً لوسائل الإقلاع الخاصة في المركبات الجوية غير المأهولة، يمكن للطائرة أن تختفي وأن يتم إطلاقها من مجموعة مواقع، بما في ذلك مهابط الطائرات الوعرة، أو السفن البحرية أو المطارات القياسية. يمكن مراقبة نظم المركبات الجوية غير المأهولة أثناء الطيران من خلال نظام ملاحة محمول على متنها،

الشكل ١٦٥: نظام رش جوي قياسي يستخدم في رش المبيدات الحشرية، يستخدم إعدادات تسمى فوهات الرش ذات الحجم الصغير جداً والفوهات المتخصصة مثل تلك الموضحة هنا لنشر نصف أوقية إلى أوقية من المادة الكيميائية فوق مساحة تبلغ فدان. (سلاح الجو الأمريكي).

ما يجعلها قادرة على الطيران بمسار مبرمج مسبقاً تبعاً للنقاط التي ستمر بها. وعلى نحو بديل، يمكن ضبط مسار نظم المركبات الجوية غير المأهولة أثناء الطيران من خلال أوامر تصدر عن نظام أرضي، يتم نقلها

من خلال رابط بيانات موجود على متنها من محطة أخرى. في هذه الأثناء، يقوم نظام مراقبة الطيران الموجود على متن المركبة بضبط نظام المركبات الجوية غير المأهولة في وضع التحكم بالطيران، كما يقوم بضبط أسطح المراقبة للحفاظ على مسار الطيران المرغوب به

يمكن استخدام عوامل الحرب البيولوجية (BW) كأسلحة عن طريق تحويلها إلى هباء جوي. يُعرف الهباء الجوي بموجب هذا البند بأنه جسيمات أو سوائل مختلفة عن مكونات الوقود، أو المنتجات الثانوية أو المواد المضافة التي تعد جزءًا من حمولة نظم المركبات الجوية غير المأهولة المراد نشرها في الغلاف الجوي. يمكن أن يشمل هذا الهباء الجوي المبيدات الحشرية المستخدمة في حماية المحاصيل من الحشرات، والمواد الكيميائية الجافة التي يتم رشها في الغلاف الجوي بهدف تشكيل الغيوم. يحتوي نظام الرش بحد أدنى على خزان لتخزين الهباء، ومضخة لدفع الهباء إلى التدفق نحو فوهة الرش والتي تقوم بنفسها بإطلاق سحابة الهباء الجوي. (الشكل ١٦٥)

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعد طريقة نشر عوامل الحرب البيولوجية أو العوامل الكيميائية باستخدام سحب الهباء الجوي من أكثر طرق النشر فعالية.

- ألبانيا
- أفغانستان
- الإمارات العربية المتحدة
- أوكرانيا
- أوزبكستان
- إيران
- إيطاليا
- باكستان
- بلجيكا
- تشاد
- تونس
- جمهورية التشيك
- جنوب أفريقيا
- جمهورية كوريا
- روسيا
- سوريا
- صربيا
- العراق
- فرنسا
- ليبيا
- مصر
- ألمانيا
- هولندا
- الهند
- اليابان
- الولايات المتحدة

تعتبر مسارات طيران المركبات الجوية غير المأهولة مناسبة لنشر العوامل البيولوجية والكيميائية، على اعتبار أن القذائف يمكن برمجتها بشكل مسبق للطيران فوق أهداف منتقاة ونشر العوامل من حظيرة الرأس الحربي على مدار فترة زمنية من ارتفاع منخفض.

الاستخدامات الأخرى: يمكن استخدام نظم المركبات الجوية غير المأهولة المبينة في هذا البند في المجال الزراعي ومكافحة الحشرات.

الشكل (عند التصنيع): تتخذ نظم المركبات الجوية غير المأهولة التي تضم ناشر (ناشرات) هباء جوي أو التي يتم تعديلها لتحمل مثل هذه النظم / الآليات العديد من الأشكال. حيث تتباين قدرات المدى والحمولة الخاصة بها، ويمكن أن تتضمن أجنحة ثابتة أو دوارة. يمكن أن تشمل نظم المركبات الجوية غير المأهولة الخاضعة للمراقبة بموجب هذا البند المركبات الجوية المأهولة التي يتم تعديلها للطيران بشكل ذاتي، أو عن بعد. تمتلك هذه النظم عادةً مقصورة قيادة التي تكون إما فارغة أو مجهزة بمعدات إلكترونية أو حمولة خلال الطيران.

تعتمد معظم النظم المعروف بأنها قادرة على رش المواد من الجو بشكل ذاتي على طائرات الهيليكوبتر. يتم عادةً تصميم هذه الطائرات التي تعمل بنظام إقلاع وهبوط عمودي (VTOL) لأغراض زراعية، ولرش المحاصيل بالمبيدات الحشرية أو الأسمدة. تمتاز النظم المشمولة في هذه الفئة بأنها تمتلك خزانات حمولة عدد واحد أو أكثر مثبتة بشكل خارجي، إما على بطن الطائرة أو على جوانبها، إلى جانب قضبان بخاخة و/أو فوهة مخروطية. يمكن كذلك تزويد هذه الطائرات بحمولات خاصة بالمراقبة مثل كاميرات تلفزيونية وأخرى بالأشعة تحت الحمراء إلى جانب مستشعرات أخرى. المركبات الجوية غير المأهولة المصممة لرش المنتجات الزراعية، مثل تلك المبينة في الشكل ١٦٦، تمتلك قطر ومدى ودرجة تحمل مخفضة لتنفيذ المهمات وذلك بسبب قيود التحكم والسيطرة بما يتناسب مع المهمة المخصصة للطائرة والمتمثلة في الرش عن قرب.

تستطيع هذه المركبات عادةً العمل لساعات قليلة لمسافات تزيد عن ميلين، إلا أنه يمكن الحصول على تصاميم ذات مدى أطول في هذه الفئة.

يمكن تصميم نظم إيصال المركبات الجوية غير المأهولة بواسطة منصات ذات أجنحة ثابتة إما على هيئة مركبات جوية غير مأهولة مزودة بخزانات وأجهزة نشر، أو على هيئة طائرات مصممة بنظام طيار آلي لأغراض الرش تكون مزودةً بنظم تحكم ذاتية. يمكن أن تضم هذه المركبات خزانات داخلية أو خارجية ونظم رش مثبتة على بطن، أو مقدمة رأس، أو أجنحة الطائرة.

الشكل ١٦٦: مركبة جوية غير مأهولة ذات جناح دوار تتضمن خزانات مواد كيميائية وقضبان رش للأغراض الزراعية. (ياماها)

الشكل (عند التعبئة): يجوز تعبئة نظم المركبات الجوية غير المأهولة الخاضعة للمراقبة بموجب هذا البند بالطريقة المبينة في البند ١.أ.٢. يتم عادةً تعبئة نظم المركبات الجوية غير المأهولة هذه على هيئة مكونات ونظم فرعية منفصلة متعددة، ويجوز تجميعها معاً عند الحاجة لتشغيلها. يمكن أن تتضمن النظم الفرعية إلكترونيات الطيران وروابط البيانات، وقاعدة أرضية ونظام إطلاق واستعادة. يمكن أن تتضمن المكونات عناصر جسم الطائرة، والأجنحة، وأسطح التحكم وأجهزة الهبوط. تتضمن بعض نظم المركبات الجوية غير المأهولة زلاجات هبوط، إلى جانب منجنيقات تستخدم كآليات إطلاق. يجوز تعبئة أجهزة الخزانات والرش في صناديق خشبية وشحنها بشكل منفصل.

١٩.ب معدات الاختبار والإنتاج

١٩.ب.١ "منشآت الإنتاج" المصممة خصيصاً للنظم المحددة في البنود ١٩.أ.١ أو ١٩.أ.٢.

الطبيعة والغرض: تتخذ منشآت الإنتاج المصممة خصيصاً لبناء نظم الإيصال الكاملة أشكالاً عدة. فمنها ما هو جزء من جمعات صناعية ضخمة تمتلك قدرات تصميم واختبار ومنها ما هو قائم بذاته بعيداً عن المناطق المأهولة بالسكان. يتضمن كلا النوعان جميع المرشدات والمثبتات والأدوات اللازمة لإنتاج النظم الصاروخية أو نظم المركبات الجوية غير المأهولة. بالمقابل، تتطلب منشآت إنتاج القذائف التسيارية ومركبات الإطلاق الفضائية على الأقل مبنىً واحداً ضخماً على الأقل لتجميع كامل النظم والذي يتضمن أدوات المحاذاة الضرورية والمواد الخاصة بمناولة المعدات لإتمام المهمة. أما بالنسبة لمنشآت المركبات الجوية غير المأهولة فهي أصغر بشكل كبير وتشبه المخازن أو المواقع الصناعية العادية.

طريقة التشغيل: يتم إيصال المواد، والمكونات والنظم الفرعية إلى منشأة الإنتاج بواسطة صناديق وعلب، وبالنسبة للمواد الأكبر حجماً، بواسطة المنصات المقالة أو الشاحنات أو عربات السكة الحديدية. بالنسبة لنظم الصواريخ، يشمل هذا خزانات الوقود والمادة المؤكسدة أو أغلفة المحركات، ومنظومات المحرك، والهيكل الخارجي والحمولة. وبالنسبة لنظم المركبات الجوية غير المأهولة، يشمل هذا هيكل المركبة، وعضُد الأجنحة، ومنظومات المحرك. من جهة أخرى، تستخدم مواد مناولة المواد مثل الرافعات الشوكية والرافعات العلوية لتحريك المواد نحو الموقع المناسب لها في منشأة الإنتاج. يتم بعد ذلك استخدام المثبتات والمرشدات ومعدات المحاذاة لبناء القذيفة أو نظام المركبة الجوية غير المأهولة. وبالنسبة للقذائف ومركبات الإطلاق الجوية الضخمة، يتم استخدام أجهزة محاذاة ليزرية للمساعدة في العملية.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: يتم استخدام منشآت الإنتاج لتجميع نظام قذيفة كامل من منظوماتها الفرعية والقطع المكونة له. ولدى انتهاء كل خطوة إنتاج، يتم تنفيذ اختبارات الملاءمة الميكانيكية والكهربائية إلى جانب الاختبارات الوظيفية للتحقق من أن عملية التجميع جاهزة للانتقال للخطوة التالية. وفي أعقاب تجميع الصاروخ، وبعد اجتياز كافة اختبارات الإنتاج، يمكن تفكيك النظام عند نقاط فصل الهيكل المحددة. بعد ذلك يتم تحميل مكونات القذيفة كل على حدة في حاويات منفصلة أو صناديق لشحنها إلى إحدى المنشآت لتخزينها لمدة طويلة أو إلى نقطة إطلاق تشغيلية بهدف إعادة تجميعها واستخدامها بشكل نهائي. من ناحية أخرى، يتم شحن نظم المركبات الجوية غير المأهولة، بما فيها القذائف التسيابية، كمجموعة كاملة إلى الوحدات التشغيلية (تبعاً لنوع منصة الإطلاق) أو إلى مستودعات التخزين لتخزينها لمدة طويلة.

الاستخدامات الأخرى: يتم تصميم المرشدات، والمثبتات والأدوات عادةً لنظام صاروخي أو نظام مركبة جوية غير مأهولة واحد فقط. ويعتبر تعديل هذه الوحدات لاستخدامها في نواحي أخرى غير عملي وغير اقتصادي.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما يتم تجميع مثبتات ومرشدات التجميع بواسطة اللحام أو من خلال ربط صفائح فولاذية ضخمة بواسطة براغي لولبية وعوارض خشبية أو عناصر لولبية معاً على أرضية مبنى تجميع القذائف. وفي بعض الحالات، تكون هذه التركيبات مدمجة مع سنادات تثبيت عائمة، ولا تكون مثبتةً ببراغي لولبية على الأرض، تعمل سنادات التثبيت هذه على عزل الهيكل عن الاهتزازات، والتي يمكنها خلاف ذلك التسبب بإحداث اختلال في نقاط الدقة المرجعية الخاصة بها.

الشكل (عند التعبئة): تعتبر مثبتات ومرشدات التجميع الخاصة بالقذائف الضخمة ضخمةً للغاية وثقيلة ليتم تعبئتها وشحنها إلى محطة الإنتاج كوحدات كاملة. عوضاً عن ذلك، يتم شحن أجزاء المكونات كل على حدة في صناديق ضخمة أو يتم وضعها على منصات نقالة لتجميعها في الموقع. ويتم شدها

بإحكام في الصندوق لمنعها من الحركة والحيلولة دون تعرضها للتلف. بالمقابل يمكن تعبئة المثبتات صغيرة الحجم بشكل منفصل في صناديق أو منصات متنقلة لشحنها. يمكن للمصانع الضخمة إنتاج مثبتات ومرشدات التجميع في الموقع في إطار جهود التصنيع النهائية الخاصة بها.

١٩.ج المواد

لا يوجد.

١٩.د البرمجيات

4.د.47 "البرمجيات" التي يتسق وظيفها أكثر من نظام فرعي واحد، الخاصة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "الاستخدام في" النظم المحددة في البند 4.أ.47 أو 2.أ.47.

ملاحظة:
بالنسبة للطائرات المأهولة التي يجري تحويلها لكي تتحكم بها مركبات جوية غير مأهولة تجري الاحتفاظ بالبند 2.أ.47 حيثما ذكر البند 4.د.47، "البرمجيات"، على النحو التالي:
أ- البرمجيات الخاصة أو المعدلة خصيصاً لدمج معدات التحويل مع وظائف تحكم الطائرات؛
ب- "البرمجيات" الخاصة أو المعدلة خصيصاً لتشغيل الطائرات كمركبات جوية غير مأهولة.

الطبيعة والغرض: تمتلك البرمجية المبينة في هذا البند نفس الطبيعة والغرض المبين في البند ١.د.٢.

طريقة التشغيل: تمتلك البرمجية المبينة في هذا البند نفس طريقة التشغيل المبينة في البند ١.د.٢

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تمتلك البرمجية المبينة في هذا البند نفس الاستخدامات مع القذائف التي تتضمنها البرمجية المبينة في البند ١.د.٢.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): تمتلك البرمجية المبينة في هذا البند نفس شكل البرمجية المبينة في البند ١.د.٢.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط المغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على برمجية للتحكم بأكثر من نظام فرعي واحد والتي تكون مصممة أو معدلة خصيصاً لاستخدامها في النظم المحددة في البند ١٩.أ عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب أو عبر الإنترنت.

المعلومات الإضافية: عادةً، لا يوجد برمجية طيران في النظم الصاروخية الصغيرة والتي تعتبر نظماً غير موجهة، موازنة بالتدويم، وتعتمد على التعيين والتصويب. يمكن تحميل رمز محاكاة مسار ذو بعدين / ثلاثة درجات حرية في لوحة التحكم بالإطلاق أو يمكن استخدامها لإعداد جداول الإطلاق.

٥.١٩ التكنولوجيا

١.٥.١٩ "التكنولوجيا"، وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "تطوير" أو "إنتاج" أو "استخدام" المعدات المحددة في البنود ١٩.أ.١ أو ١٩.أ.٢.

الطبيعة والغرض: تمتلك التكنولوجيا المبينة في هذا البند نفس الطبيعة والغرض المبين في البند ١.٥.٢.

طريقة التشغيل: تمتلك التكنولوجيا المبينة في هذا البند نفس طريقة التشغيل المبينة في البند ١.٥.٢

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تمتلك التكنولوجيا المبينة في هذا البند نفس الاستخدامات مع القذائف التي تتضمنها البرمجية المبينة في البند ١.٥.٢.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

الفئة ٢ – البند ٢٠
النظم الفرعية الكاملة الأخرى

الفئة ٢ – البند ٢٠: النظم الفرعية الكاملة الأخرى

٢٠.أ معدات الاختبار والإنتاج

٢٠.أ.1 النظم الفرعية الكاملة التالية:
أ. المحددة في البند 2.أ.4، غير المحددة في البند 2.أ.4، والتي يمكن استخدامها في النظم المحددة في البند 47.أ؛
ب. نظم الدفع الصاروخية غير المحددة في البند 2.أ.4، والتي يمكن استخدامها في النظم المحددة في البند 47.أ وهي على النحو التالي:
1. محركات صاروخية تفوق فيها السعة الإجمالية لدفع الاندفاع 7.734 × 47 ^{7} نيوتن أو أكثر (أي ما يعادل 4.4 × 47 ^{6} نيوتن)؛
2. آلات محرك صاروخية تفوق فيها السعة الإجمالية لدفع الاندفاع 7.734 × 47 ^{7} نيوتن أو أكثر (أي ما يعادل 4.4 × 47 ^{6} نيوتن)، أو ممرات أو غرف تدخل من هذا القبيل.

الطبيعة والغرض: تتشابه النظم الفرعية الكاملة (بما في ذلك المراحل الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب، أو المهجين أو الهلامي، أو الآلات المحركة الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو المهجين أو الهلامي، أو المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل) المستخدمة في النظم التي تندرج في البند ١.أ.١٩ من حيث معظم النواحي مع تلك الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٢.أ.١. الفرق الرئيسي بينها هو عدم وجود شرط القدرة على حمولة تبلغ ٥٠٠ كم أو أكثر للنظم الخاضعة للمراقبة في البند ١٩.أ. يفرض الحجم الصغير لهذه النظم أن تكون المكونات الفرعية ونظم الدفع الخاصة بها صغيرة الحجم وذات طاقة أقل مثل تلك المبينة في البند ٢.أ.١.

تعتبر المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب، والهجين والهلامي التي تفي بمتطلبات البند ٢٠.أ.١ وليس البند ٢.أ.١

الدول المعنية بالإنتاج المحلي

- البرازيل
- مصر
- ألمانيا
- إيران
- إيطاليا
- كوريا الجنوبية
- كوريا الشمالية
- المملكة المتحدة
- الولايات المتحدة
- فرنسا
- الهند
- إسرائيل
- اليابان
- باكستان
- أوكرانيا

غير اعتيادية عادةً، لأن إجمالي الحدود الدنيا لقوة الدفع الخاصة المطلوبة بموجب معيار المراقبة هذا قريبة من بعضها. يتجاوز الحد الأدنى المنصوص عليه في البند ٢٠.أ.١.ب.١٠ ثلاثة أرباع الحد المبين في البند ٢.أ.١.ج.١٠.

تم بناء المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل بأحجام واسعة النطاق (مقادير قوة الدفع). فهي تتراوح بين محركات لمركبات الإطلاق الفضائية الضخمة وصولاً إلى نظم محركات التحكم رد الفعلي الصغيرة المصممة لضبط مسار مركبة فضائية خارج الغلاف الجوي. في حين تعمل نظم محركات التحكم رد الفعلي الصغيرة هذه بقوة دفع منخفضة، فهي قادرة على تحمل الاحتراق لفترة طويلة (آلاف الثواني)، وبالتالي يمكنها كذلك الوفاء بمعيار مراقبة إجمالي قوة الدفع المحدد في البند ٢٠.أ.١.ب.٢٠. من وحي التجربة العلمية.

يتم تحديد إجمالي قوة دفع أي محرك صاروخي عامل بالوقود الدفعي السائل بواسطة كمية خزانات الوقود الدفعي المتصلة بالمحرك.

حظيت المراحل الصاروخية الصغيرة، إلى جانب محركاتها الصاروخية العاملة بالوقود الصلب أو السائل، باهتمام متزايد في القرن الواحد والعشرين بغرض إيصال الأقمار الصناعية الأصغر حجماً إلى مدار الأرض. تستخدم المحركات الصاروخية الصلبة في بعض الأحيان في إجراء المناورة الفضائية بعد مدار الأرض المنخفض.

طريقة التشغيل: تتكون المراحل الصاروخية بشكل عام من هيكل، ووقود دفعي صلب أو سائل، ومن نظام تحكم. وكما هو الحال مع أقرانها ضخمة الحجم، تتخطى النظم الصاروخية متعددة المراحل أثناء حرقها للوقود الدفعي الخاص بها تنفيذ المراحل الأولية. للمزيد من التفاصيل حول طرق التشغيل، أنظر الشرح ذو العلاقة في البنود ٢.أ.١.أ و ٢.أ.١.ج الواردة في دليل نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تعتبر المراحل الصاروخية الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٢٠.أ.١ من النظم الفرعية الضرورية والأساسية في النظم الصاروخية التي تشكل جزءاً منها. كما تستخدم كذلك في اختبار القذائف وتطويرها. فالمحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب والهجين والهلامي والمحركات العاملة بالوقود الدفعي السائل توفر قوة الدفع اللازمة لتسريع النظام إلى السرعة المطلوبة.

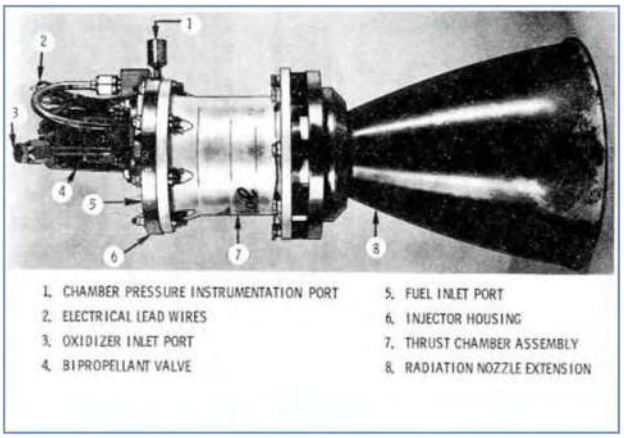
الاستخدامات الأخرى: في منشآت الاختبار، تم استخدام المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب لتحقيق تسارع وسرعة عاليين. لاسيما في دفع المزلجات الصاروخية التي تعمل على زيادة سرعة الأجسام المخصصة للاختبار عند سيرها على الأرض. أما المحركات الصاروخية الصغيرة العاملة بالوقود الدفعي السائل فتستخدم على نطاق واسع في الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية.

الشكل (عند التصنيع): تبدو المراحل الصاروخية، أو الآلات المحركة الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو الهجين أو الهلامي، والمحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٢٠.أ.١ مثل الإصدارات الاصغر من أقرانها الأكبر حجماً الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٢.أ.١. تتخذ المراحل الصاروخية الفردية المنصوص عليها في البند ٢٠.أ.١ عموماً شكل أسطوانات يتراوح طولها من ١,٥ م إلى ٣ م وقطرها من ٠,٣ م إلى ١ م. أما المراحل والمحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب فهي عادةً أسطوانية الشكل ويتم تصنيعها من صفائح فولاذية قوية، ومواد مركبة (ألياف مشبعة بالراتنج)، أو من مزيج من كلاهما. بالمقابل، تتخذ المحركات الصاروخية السائلة شكل أسطوانات تتكون في غالبيتها من جدران خزانات الوقود الدفعي، حيث تصنع الأخيرة عادةً من الألمنيوم.

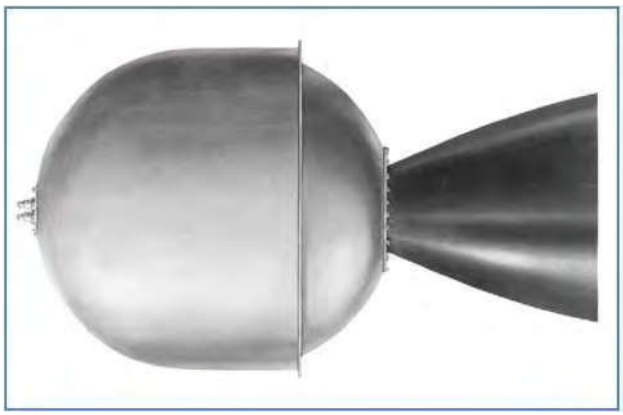
تأتي المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي من أنابيب أسطوانية الشكل مزودةً بقباب في كلا طرفيها بهدف توصيل جهاز الإشعال والفوهة، على التوالي (الشكل ١٦٧). يتم عادةً توصيل الفوهات قبل الشحن. تعتمد أحجام وأبعاد هذه المحركات على الغرض المخصص لها. يبلغ قطر المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب والمبينة في الشكل ١٦٨ ما قدره ٠,٧ م وطولها ١,٢ م. إذ يجعل شكلها شبه الكروي منها ملاءمةً للمناورة خارج الغلاف الجوي، بما في ذلك المراحل العليا للقنيفة ومركبات المناورة الفضائية.

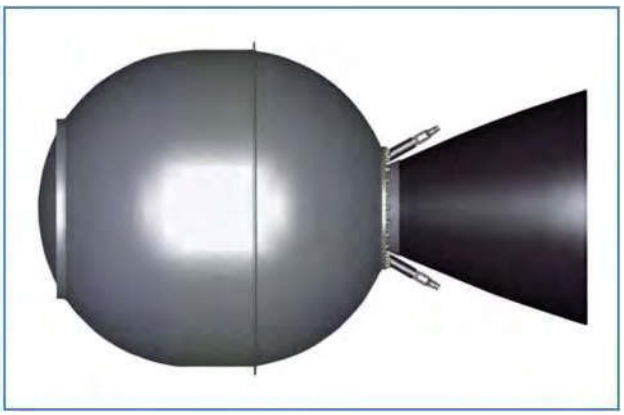
تمتلك المحركات الصاروخية الصغيرة نسبياً العاملة بالوقود الدفعي السائل باحتمال أقل من نظيراتها ضخمة الحجم مضخات طرد مركزي دوارة تعمل بواسطة عنفة (المضخات العنفية). يبين الشكل ١٦٧ مثالاً على مثل هذه المحركات التي تتغذى بالضغط، والمصممة لاستلام الوقود الدفعي من الخزانات المضغوطة بمستويات أعلى من ضغط حجرة احتراق المحرك.

الشكل (عند التعبئة): يتم شحن المحركات الصاروخية في حاويات أو علب فولاذية أو خشبية مصممة خصيصاً لهذا الغرض. يتم عادةً شحن المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب في حاويات مصنوعة من الفولاذ أو الألمنيوم أو في علب خشبية. أما المحركات العاملة بالوقود السائل فيتم شحنها في حاويات أو علب مصممة خصيصاً لها.



الشكل ١٦٧: على اليسار: محرك تحكم رد فعلي، أسفل اليسار: مجموعة من المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب الخاضعة للمراقبة بموجب الفئة ٢ . المحركات الموجودة على يسار الصورة ضخمة كفاية لتخضع للمراقبة بموجب البند ٢، الفئة ١. من الأسفل: صورة جانبية لحاوية شحن تتضمن أربعة محركات صاروخية تعمل بالوقود الدفعي الصلب من الفئة ٢. (دليل معدات وبرمجيات وتكنولوجيا نظام مراقبة تكنولوجيا القذائف، الإصدار الثالث (مايو ٢٠٠٥)





الشكل ١٦٨: على اليسار محرك صاروخي من الفئة ٢ تم استخدامه كمحرك دفع ثانوي أوجي في مجموعة من التطبيقات منذ العام ١٩٧٥. على اليمين نسخة عن نفس المحرك جرى تطويرها عام ٢٠٠٦. (ايه تي كيه).

٢٠.ب معدات الاختبار والإنتاج

٢٠.ب.١ "منشآت الإنتاج" المصممة خصيصاً للنظم الفرعية المحددة في البند ٢٠.أ.

الموضوع والغرض: تعد منشآت إنتاج النظم الفرعية مناطق صناعية ضخمة مخصصة لصناعة المنظومات مثل المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو السائل. غالباً ما تبنى منشآت خلط الوقود الدفعي الصلب في مناطق منعزلة، بعيداً عن المناطق المأهولة بالسكان لغايات الأمن والسلامة.

طريقة التشغيل: يتم تصنيع النظم الفرعية للقذائف النسيابية ويجري اختبارها في منشآت تصنيعها قبل أن يتم شحنها إما إلى منطقة التخزين أو التجميع النهائية. أما المواد الأولية مثل الصفائح الفولاذية فيتم طويها بأشكال مناسبة ويتم لحامها معاً لصناعة الأسطوانات التي ستصبح غلاف المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الصلب. كما يتم لحام القبب الموجودة في المؤخرة مع هذه الأسطوانات بحيث تجتمع معاً لتكوين الغلاف الخارجي. تتضمن كل واحدة من هذه القباب فتحة دائرية معززة لتركيب جهاز إشعال المرحلة وتوصيل الفوهة عليها.

تعد المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي السائل أجهزةً ميكانيكيةً تنطوي على التعقيد لأنها تتطلب العديد من آلات وخطوات تجميع دقيقة، التي توجد غالباً في غرف نظيفة. حيث يتم صب الأجزاء الدقيقة صغيرة الحجم، ويتم ضبطها بواسطة الآلات، وتجميعها وتنظيفها.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم المكونات والنظم التي يتم تصنيعها في هذه المنشآت لبناء واختبار المواد المدرجة في البند ٢٠.أ.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): تشبه منشآت ومعدات الإنتاج الواردة في البند ٢٠.ب.١ الخاصة بالمراحل الكاملة وآلات تحريك الصواريخ العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو الهجين أو الهلامي والمحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل تلك المبينة في البد ٢.ب.١. لا يمكن تمييز المنشآت والمعدات المبينة في هذا البند عن تلك المصممة لإنتاج مراحل صاروخية أضخم أو محركات صاروخية تعمل بالوقود الدفعي السائل. إلا أنها، يمكن أن تكون أصغر حجماً. تشبه منشآت ومعدات المراحل الصاروخية الفردية والمحركات الخاضعة للمراقبة بموجب البند ٢٠.أ.١ تلك التي تمت مناقشتها في البند ٢.أ.١، ولكن في جميع الحالات لا يمكن تمييزها عن تلك المستخدمة مع المواد الأكبر حجماً.

الشكل (عند التعبئة): يجوز تعبئة المنشآت والمعدات المبينة في هذا البند باستخدام نفس الإجراءات والمواد المبينة في البند ٢.ب.١ المستخدمة مع المراحل الصاروخية الكاملة، وآلات تحريك الصواريخ العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو الهجين أو الهلامي والمحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل.

٢٠.ب.٢ "معدات الإنتاج" المصممة خصيصاً للنظم الفرعية المحددة في البند ٢٠.أ.

الطبيعة والغرض: يتطلب إنتاج النظم الفرعية هذه وجود معدات مصممة خصيصاً لنوع محدد من المنظومات الفرعية. يجب أن تتضمن منشأة إنتاج كل نظام فرعي المعدات والقوالب، والمثبتات، وقوالب القطع، والمرشدات المستخدمة في تصنيع مكونات المنظومة الفرعية وتجميعها واختبارها.

طريقة التشغيل: تشمل المعدات المستخدمة في بناء المحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود الدفعي الصلب آلات صنع الأدوات المعدنية، ومعدات قياس حجم مكونات الوقود الدفعي أو تصفية، وخلطه، فضلاً عن القوالب، أو قوالب القطع المخصصة لتشكيل نواة المحرك أو سطح الاحتراق، إلى جانب أجهزة التصنيع والتحليل الحراري الخاصة في فوهات ومعدات المحركات المخصصة لاختبار النظم الفرعية للتحكم بموجه الدفع المركب على المحرك المكتمل. قد تحتوي المنشآت أيضاً على معدات لف لتغطية أغلفة المحركات بمواد الألياف المركبة.

يتطلب كل مكون من مكونات النظم الفرعية للمحركات الصاروخية التي تعمل بالوقود السائل وجود معدات إنتاج. فصمامات فتح أو إغلاق الوقود الدفعي على سبيل المثال تتطلب وجود آلات فرز لتصنيع أجزائها المعدنية، فضلاً عن معدات اختبار التدفق والتسرب لضمان الجودة. يتم استخدام طريقة التشغيل بالتفريغ الكهربائي (EDM) على نطاق واسع في تصنيع حاقنات المحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي الصلب. عند تطويرها لأول مرة، كان يجري التحكم في هذه العملية بواسطة تجهيزات الإعداد وأدوات التحكم اليدوية. لتصبح طريقة التشغيل بالتفريغ الكهربائي بواسطة الحاسوب والتصميم/التصنيع بمساعدة الحاسوب المعيار السائد في هذه الأيام.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم المكونات والنظم التي يتم إنتاجها باستخدام المعدات المبينة في هذا البند لبناء واختبار المواد المدرجة في البند ٢٠.أ.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): تشبه "معدات الإنتاج" الواردة في البند ٢٠.ب.٢ تلك الخاصة بالمراحل الكاملة وآلات تحريك الصواريخ العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو الهجين أو الهلامي والمحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل تلك المبينة في البد ٢.ب.٢. لا يمكن تمييز المعدات المبينة في هذا البند عن تلك المصممة لإنتاج مراحل صاروخية أضخم أو محركات صاروخية تعمل بالوقود الدفعي السائل. إلا أنها يمكن أن تكون أصغر حجماً.

الشكل (عند التعبئة): يجوز تعبئة "معدات الإنتاج" المبينة في هذا البند باستخدام نفس الإجراءات والمواد المبينة في البند ٢.ب.٢ المستخدمة مع المراحل الصاروخية الكاملة، وآلات تحريك الصواريخ العاملة بالوقود الدفعي الصلب أو الهجين أو الهلامي والمحركات الصاروخية العاملة بالوقود الدفعي السائل.

٢٠.ج المواد

لا يوجد.

٢٠.د البرمجيات

٢٠.د.١ "البرمجيات" المصممة أو المعدلة خصيصاً للنظم المحددة في البند ٢٠.ب.١.

الطبيعة والغرض: يزداد استخدام إجراءات التصنيع التلقائية والتي تعمل بمساعدة الحاسوب، بما فيها التحكم العددي، لإنتاج مكونات القذائف بسرعة، ودقة، وبدرجة عالية من التكرارية. وتعتمد هذه الإجراءات على برمجيات مصممة خصيصاً لها.

طريقة التشغيل: تخضع الأدوات الآلية الحديثة لتحكم العددي بواسطة الحاسوب (CNC). حيث يعمل المعالج الدقيق الموجود في كل آلة على قراءة البرنامج العامل بلغة البرمجة جي كود الذي يقوم المستخدم بإنشائه، ليقوم بعدها بتنفيذ العمليات المبرمجة. يتم استخدام الحواسيب الشخصية لتصميم الأجزاء كما تستخدم أيضاً في كتابة البرامج إما بواسطة الإدخال اليدوي للغة البرمجة جي كود أو باستخدام برمجيات التصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM) التي تقوم بإنشاء لغة البرمجة جي كود بواسطة القصاصات التي يدخلها المستخدم إلى جانب إنشاء مسار أداة القطع.

الاستخدامات النموذجية مع القذائف: تستخدم أدوات آلة التحكم العددي بواسطة الكمبيوتر على نطاق واسع في تصنيع واختبار أجزاء النظام الصاروخي وتعتمد على كل من البرمجية الداخلية وبرمجية التصنيع بمساعدة الحاسوب لإنشاء الأجزاء المختلفة من نظم القذائف. في حين يتم استخدام المعدات التلقائية للتحكم في وإدارة عملية التشكيل الانسيابي المستخدمة في منشآت إنتاج الغلاف الفولاذي للمحرك إلى جانب آلات لف القتائل التي تقوم بتطبيق الألياف المطلية بالإيبوكسي أو براتنج البوليستر على مثبتات الدوران بهدف تصنيع أغلفة المحركات المركبة. يمكن استخدام المخارط الخاضعة للتحكم العددي بواسطة الكمبيوتر إلى جانب آلات التفريز لتحويل الغرافيت أو قضبان الكربون المخصصة إلى فوهات محركات تعمل بالوقود الصلب.

الاستخدامات الأخرى: يمكن أيضاً الاستفادة من البرمجيات المستخدمة في تشغيل المعدات التي تقوم بتصنيع المنظومات الفرعية، مع إجراء تعديلات عليها، بهدف التحكم بالمنتجات التي يتم تصنيعها في مجال صناعات الملاحة المدنية والعسكرية على حد سواء.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ هذه البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): لا يمكن تمييز الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق التي تحتوي على برمجية مراقبة إنتاج القذائف عن أي وسائل تخزين أخرى. فقط البطاقات والوثائق المصاحبة للبرمجية هي الوحيدة القادرة على الإشارة إلى طبيعة استخدامها ما لم تكن البرمجية تعمل على الحاسوب المناسب. فضلاً عن ذلك، يمكن نقل هذه البرمجية والوثائق إلكترونياً عبر شبكة حاسوب.

2.د.27 "البرمجيات" غير المحددة في البند 2.د.2، والمصممة أو المعدلة خصيصاً لأغراض "استخدام" المركبات أو الآلات المصارعية المحددة في البند 27.أ.4.ب.

الطبيعة والغرض: تمتلك "البرمجية" المبينة في هذا البند نفس الطبيعة والغرض المبين في البند ٢.د.٢

طريقة التشغيل: تمتلك "البرمجية" المبينة في هذا البند نفس طريقة التشغيل المبينة في البند ٢.د.٢

الاستخدامات المثالية مع القذائف: تمتلك "البرمجية" المبينة في هذا البند نفس الاستخدامات مع القذائف التي تتضمنها البرمجية المبينة في البند ٢.د.٢.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): عادةً ما تتخذ هذه البرمجية شكل برنامج حاسوبي مخزن على وسائل مطبوعة، أو ممغنطة، أو ضوئية أو غيرها من الوسائل. ويمكن لأي من الوسائل العادية مثل الشريط الممغنط، والأقراص المرنة، والأقراص الصلبة القابلة للإزالة، والأقراص المضغوطة ووحدة التخزين USB والوثائق أن تخزن هذه البرمجية والبيانات.

الشكل (عند التعبئة): يتم تعبئة هذه "البرمجية" المبينة في هذا البند بنفس طريقة التعبئة المبينة في البند ٢.د.٢، كما يمكن نقلها عبر الإنترنت.

٢٠.٥ التكنولوجيا

4.٢٠.27 "التكنولوجيا"، وفق ما هي واردة في الملاحظة العامة بشأن التكنولوجيا لأغراض "التطوير" أو "الإنتاج" أو "استخدام" المعدات أو البرمجيات المحددة في البند 27.أ أو 27.ب أو 27.د.

الطبيعة والغرض: تشمل التكنولوجيا المشمولة في البند ٢٠.٥.١ التعليمات والمعرفة المطلوبة لتطوير أو إنتاج أو استخدام أي من المعدات أو البرمجيات المحددة في البند ٢٠.أ أو ٢٠.ب أو ٢٠.د.

طريقة التشغيل: تتوفر "المساعدة التقنية" بأشكال عدة. وقد تتكون "المساعدة التقنية" من التعليمات التي يتم توفيرها من قبل شخص لديه سجل خبرة حافل بخصوص موضوع أو أكثر لها علاقة بالمواضيع التي تجري مراقبتها (مثل محركات الصواريخ التي تعمل بالوقود الدفعي السائل) والذي يقوم مقام المدرب في غرفة صف أو بالقرب من موقع الإنتاج أو المختبر أو من خلال استغلال الخدمة الاستشارية المتخصصة في مجال إنتاج المواد الفضائية من خلال تقديم التوجيهات المتعلقة بشراء المواد والمعدات الصحيحة. فضلاً عن ذلك، يمكن لأي دولة أن تحظى "بالمساعدة التقنية" من خلال إرسال طلاب إلى دول أخرى لإجراء التدريبات واكتساب المهارات اللازمة لبناء النظم المطلوبة. وقد ترقى الكتيبات والمواد التي يتم الحصول عليها أثناء التدريب لتكون "بيانات تقنية".

الاستخدامات المثالية للقذائف: مع استثناءات محدودة، يتم استخدام "المساعدة التقنية" المطلوبة لبناء نظم القذائف اللانسيابية لهذ الغرض المحدد فقط.

الاستخدامات الأخرى: لا يوجد.

الشكل (عند التصنيع): لا يوجد.

الشكل (عند التعبئة): لا يوجد.

فهرس الموضوعي

A

جهاز التسارع: ٢٩٢، ٢٩٣،

جهاز قياس التسارع: ٥٤، ١٩٠، ١٩١، ١٩٢، ١٩٤، ٢٠٢، ٢٠٤، ٢٠٩، ٢١٠، ٢١١، ٢٥٤، ٢٩٨

التصنيع بالإضافة: ٤٧، ٤٩، ٥١، ٩٢، ٩٣، ١٠٠، ١١٤، ١٢١

الاختبار الديناميكي الحراري الهوائي: ٢٩٥، ٢٩٦

مقياس الارتفاع: ٤٣، ٢٠١، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣

الألمنيوم، ١٢١، ١٢٢، ١٢٧، ٢٧٦

محول البيانات من تناظرية إلى رقمية: ٢٧٥

الارتفاع: ١٣، ٢٤، ٤٠، ٨٨، ٩٠، ١١٨، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢٨

نظام الطيار الآلي: ٢٠٤، ٢٠١٩

ذاتي: ١٦، ٥٣، ٢٥٠، ٣١٧، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦

B

آلة موازنة: ٢٠٩، ٢٠١٠

الحامل الكروي، ٨٠، ٨١

البيريليوم: ١٢١

البورون: ١٢١، ١٢٢، ١٧٢

إشعاع الكبح: ٢٩٢

C

التصميم أو التصنيع بمساعدة الحاسوب: ٤٩، ٩٣، ٣٤٥

كربون–كربون: ٤٨، ١٤٥، ١٦١، ١٦٣، ١٦٥، ١٦٧، ١٧٢، ١٧٩

كربوران: ١٣٥

كربورانات: ١٣٥

طرد مركزي، ٢٠٩، ٢٠١١

خزف: ٢٥، ٤٩، ٥٠، ٨٣، ٩٠، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٥، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٨٢، ٢٣٩، ٢٧١، ٣١١، ٣٢٢، ٣٢٤

رقم التسجيل بدائرة المستخلصات الكيميائية (CAS): ١١٩، ١٢٧

الكلور: ١٢٣

الكروم: ١٢٣

حجرة الاختراق: ٢٠، ٢١، ٢٩، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٧، ٥٣، ٦١، ٦٤، ٧٦، ٧٧، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٤، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٠، ١٠٧، ١١٨، ١٢٤، ١٣٨، ١٥٤، ١٥٥، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ٢٧٣، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٦، ٣٤٢

مركب: ٤، ٢١، ٢٦، ٣٠، ٣٣، ٤٠، ٤٧، ٤٨، ٥١، ٧٠، ٧٥، ٨٤، ٩٢، ٩٣، ١١١، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١٢١، ١٣٠، ١٣٣، ١٣٧، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٥، ١٥٦، ١٦١، ١٦٢، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٩، ١٧٠، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٨، ١٨٠، ١٨١، ٢٣٣، ٢٣٥، ٢٣٧، ٢٤٥، ٣١٠، ٣١١، ٣٢٥، ٣٤٢، ٣٤٥، ٣٤٦

حاسوب: ٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ٢٧، ٣٦، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٦، ٩٣، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٣٩، ١٤٠، ١٤٧، ١٤٩، ١٦٠، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٧، ١٩٩، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٥، ٢١٦، ٢١٩، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٤، ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٢، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٤٦، ٢٤٩، ٢٥١، ٢٥٦، ٢٥٨، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٢٧٥، ٢٧٦، ٢٧٨، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٩٢، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٧، ٣١٨، ٣٣٨، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧

كوبان: ١٢١

D

مصمم أو معدل: ١٧، ٥٢، ٥٩، ٢١٥، ٢٣٦، ٢٤٨، ٢٥١، ٣٣٨

جهاز كشف: ١٩٠، ١٩٤، ٣١٤، ٣١٧، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٦، ٣٢٧

دوبلر: ٢٠١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٨، ٢٤٢

طائرة بدون طيار: ١٠

E

إلكترومغناطيسي: ٢٨، ٤٩، ٩٣، ١٦٩، ١٧٢، ٢١٩، ٢٣١، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٥٤، ٢٨١، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١٣، ٣١٥

إلكتروميكانيكي: ٤٠، ٤٦، ٧٦، ١٤٠، ٢٢٩

محرك، دورة مجمعة: ٦٣، ٦٥

المحرك التوربيني الذي يعمل بالغاز: ٦١، ٦٢، ٨٠، ٨٤، ٨٦، ١٠٠، ١٥٥، ١٧٠، ١٧٣

المحرك الذي يعمل بالوقود الدفعي السائل: ٤، ١٨، ٣٢، ٣٩، ٤٥، ٤٦، ٤٩، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٧، ٥٩، ٧٧، ٨٢، ٨٣، ٩١، ٩٤، ١٠٠، ١٠١، ١٠٣، ١١٧، ١٢٤، ١٣٨، ١٧٨، ٢٨٨، ٢٩٨، ٣٠٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٨

المحرك النبضي النفاث: ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٩٣، ١٠١، ١٠٢

المحرك النفاث النضاطي: ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٩٣، ٩٩، ١٠١، ١٠٢، ١٢١، ١٢٢، ١٥٥

المحرك النضاطي فوق الصوتي: ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٩٣، ٩٩، ١٠١، ١٠٢

المحرك العنفي المروحي: ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٥، ٨٠، ٨٥، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٩، ١٠١

المحرك العنفي النفاث: ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٥، ٨٠، ٨٤، ٨٥، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٩، ١٠١، ١٥٥

محرك عنفي مروحي: ٨٠، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٩١، ٩٢، ٩٣، ١٠١

المحرك العنفي النضاطي النفاث: ٦٥

الناصية القاذفة الناقلة: ٢٥٠

إسترات: ١١٦، ١٣٦، ١٣٧

مطاط الإيثيلين والبروبيلين والداين والمونومر: ٤٨، ٧٠، ٩٩

برغي متفجر: ٧٣، ٧٤، ٧٥

F

فيروسين: ١٣٤، ١٣٥

آلات تثبيت الألياف/النسال: ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩

آلات لف القنافل: ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٧٨

نظام التحكم بالطيران: ٨، ١٦، ١٧، ٣٦، ٥٤، ١٨٧، ٢١٣، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٢٩، ٣٣٥
الطواحين العاملة بطاقة الموائع: ١٠٧، ١١٢، ١٣٩

G

العملاقة: ١٤٦، ١٤٨، ١٤٩، ١٥١، ٢٤٨، ٢٥٠، ٢٨٨
النظام العالمي لسواتل الملاحة (GNSS): ٣٦، ٣٣٢
غلوناس: ٢٣٦
مقياس التدرج: ٢٥٤، ٢٥٥
الغرافيت: ٣٤، ٤٨، ٥٢، ٧٥، ٨٠، ٩٣، ١٤٥، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٢، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ٣٤٦
مقياس الجاذبية • ١٩١، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦
منظومة التوجيه: ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٤٠، ٧٣، ١٩٠، ١٩٢، ١٩٣، ١٩٤، ١٩٦، ٢١٩، ٢٣٦، ٢٤٥، ٢٧٠
البوصلة الفلكية الجيروسكوبية: ٣٦، ١٨٧، ١٨٨، ٢١١، ٢١٢
الجيروسكوب: ٣٦، ٥٠، ٥٤، ١٨٦، ١٩٠، ١٩١، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٥، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢١٠، ٢١١، ٢١٢، ٢١٤، ٢٩٨
المثبت الجيروسكوبي، المثبت الجيروسكوبي: ١٩٤، ٢١٣، ٢١٩

H

هافنيوم: ١٧٢، ١٧٣
المركبات الجوية القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات عالية: ٧، ٩، ٦٢، ٢٧١
درع حراري: ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ١٣٨، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٩، ١٥٠، ١٦٦، ١٧٢، ١٨٢
مصرف حراري• ٢٦، ٢٧، ٢٣٩، ٢٧١، ٢٧٦، ٢٧٧
الحاسوب الهجين: ٣٠٤
هيدروليكي: ٢٢، ٤٠، ٦٢، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٧٧، ٩٤، ٩٥، ٢٢١، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٩٨
هيدرازين: ٨٢، ٨٣، ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٢٢، ١٢٤، ١٢٦
هيدروكسيل متعدد البولي بوتادين: ١١٦

I

رأس المؤشر: ٢١٠
القياس بالقصور الذاتي: ٣٦، ١٨٧، ١٩٩، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢٠٤، ٢١٤، ٢١٥
الملاحة بالقصور الذاتي: ٩، ٥٢، ١٩١، ٢٠٢، ٢٠٤، ٢٠٨، ٢١٣، ٢١٤، ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٢، ٢٥٤، ٣٣٢
الأشعة تحت الحمراء: ٨٨، ١٠٦، ١٤٠، ١٦٢، ٢٣٣، ٢٣٨، ٢٦٠، ٢٨٤، ٢٩٨، ٣٠٩، ٣١٥، ٣١٧
العزل: ٢٦، ٤٨، ٦٣، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٨١، ٨٣، ٩٢، ٩٣، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٢، ١٠٧، ١٦١، ٢٠٠، ٢٨٦، ٢٩٢، ٣٠٣، ٣٠٥، ٣٢٥
أجهزة طيران مدمجة: ١٨٦، ١٨٧، ١٩٠، ١٩١، ١٩٢، ١٩٣، ١٩٤، ١٩٩، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٩، ٢٣٤، ٢٣٦، ٢٧٠
نظام ملاحة متكامل :٣٧، ٥٦، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢١٥، ٢٧٠
تداخل: ٢٣٨
آلة تشبيك: ١٧٨
مرحلة مترابطة: ٢١، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٩١، ٩٩، ١٠١، ١٠٢، ١٤٤، ١٤٩، ١٦٤، ١٧٦، ٢٤٠، ٢٤١
مكبس ضغط متساوي: ١٦٠، ١٦١، ١٧٩، ١٨٠

J

أرياش المنفث: ٣٩، ٤١، ٥٧، ١٧٢، ٢٢٣، ٢٢٨
مشددات: ١٢٠، ١٣، ١٤، ٤٦، ٤٧، ٤٩، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ٢٢٣، ٢٢٤، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٤٥
JP-1: ١٠، ١٢١، ١٧٢

L

مصفح: ١٤٤، ١٥٩، ١٦٤، ٣٢٥
ليزر: ٤٣، ١٦٨، ١٩٤، ٢٠٤، ٢٠٨، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٦، ٢٢٤، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٨، ٢٤٢، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٨٢، ٣٣٧
منصة إطلاق: ٢٤٠، ٢٤٨، ٢٥٠
LIDAR: ٢٣١، ٢٣٣

M

أداة الآلة: ٥١، ٩٩، ١٠٠، ٣٤٦
المغنيزيوم: ١٠٦، ١٧١، ٢٨٢
مستشعر مغناطيسي: ٢٠٣
المركبات الجوية غير المأهولة القادرة على التحمل طويلاً على ارتفاعات متوسطة: ٧، ٩، ٣٣٢
قالب القطع: ١٢، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٥١، ٩١، ٩٤، ٩٥، ١٠٧، ١٤٠، ١٤٤، ١٤٦، ١٤٨، ١٥٠، ١٦٤، ١٨٢، ٣٤٥، ٣٤٦
الفولاذ المصلد: ١٧٦، ١٧٧
MARV: ٢٣، ٢٤
آلية الفصل: ٧٣، ٧٤، ١٠١، ١٠٢
آلية العمل على مراحل: ٧٣، ٧٤، ٩٣، ١٠١، ١٠٢
الفلزات المعدنية: ١٠٧، ١١٤، ١١٥، ١٢١، ١٣٩، ١٤٠
الدارة الدقيقة: ٢٨، ١٩٠، ٢٣٧، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٦، ٣٢٧
الصواريخ التسيارية: ٣، ٤، ٥، ٦، ٨، ١٧، ١٨، ٢١، ٣٣، ٣٥، ٣٧، ٤٠، ٤١، ٤٤، ٤٦، ٥٧، ٥٩، ٦٩، ٧٤، ٧٩، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٥، ٨٨، ٨٩، ٩٢، ١٠١، ١٠٣، ١١٥، ١٢٥، ١٣٠، ١٣٥، ١٤٤، ١٧٠، ١٧٢، ١٨٧، ١٩٠، ١٩١، ١٩٩، ٢٠٢، ٢١٧، ٢٢٨، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٩، ٢٤٢، ٢٤٥، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥١، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦، ٢٧١، ٢٧٦، ٢٨٥، ٢٩٥، ٢٩٨، ٣٠٠، ٣٠٥، ٣٠٧، ٣١٠، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٧، ٣١٩، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٦، ٣٢٧، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣٧
خلط الدفعات: ١١٠، ١١١، ١٣٠
الخلط المستمر: ١١٠، ١١١، ١٣٠
النمذجة: ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧
المولبيدينوم: ١٥٩، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٦
محاكي الحركة: ٢٠٨، ٢١٠

N

نيوبرين: ٧٠، ٩٩

حمض النيتريك • ٨٢، ١٠٦، ١١٧، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧

النتريل: ٧٠، ٩٩

فوهـــة: ٢٠، ٢١، ٢٦، ٢٩، ٣٠، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٧، ٦٢، ٦٤، ٦٥، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٥، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٥، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٠، ٩٣، ٩٥، ٩٩، ١٠٠، ١٠٢، ١١٤، ١١٥، ١٢٤، ١٤٤، ١٤٥، ١٥١، ١٥٤، ١٥٥، ١٥٦، ١٥٨، ١٥٩، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٧٠، ١٧٢، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ٢١٩، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٥، ٢٨٦، ٢٩٠، ٢٩٢، ٢٩٥، ٢٩٦، ٣٣٥، ٣٤٢، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦

O

المـــادة المؤكســـدة: ٢، ١٢، ٢١، ٢٩، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٤٨، ٧٦، ٧٧، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٧، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٧، ٩٨، ١١٢، ١١٤، ١١٦، ١١٧، ١١٨، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣١، ١٣٢، ١٣٩، ١٧٧، ١٧٨، ٣٣٧

P

طلاء: ١١٢، ١١٤، ١٢١، ١٣١، ١٤٤، ١٥٨، ٣١٠، ٣١١، ٣١٥، ٣١٦

الحمولـــــة: ٢، ٣، ٤، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١٧، ١٨، ٢٣، ٢٤، ٢٦، ٢٧، ٢٩، ٤٣، ٥٦، ٥٨، ٦٥، ٧٣، ٧٥، ٨١، ٨٢، ١٠٨، ١١٤، ١٤٦، ١٥٢، ١٧٢، ١٨٦، ٢١٢، ٢٣٣، ٢٤٠، ٢٧٠، ٢٨١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٥، ٣١٠، ٣١٢، ٣١٥، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣٠، ٣٣٢، ٣٣٥، ٣٣٧، ٣٤١

بيركلورات: ١٠٧، ١١٦، ١٢٣

نفق البلازما الريحي: ٢٩٥، ٢٩٦

الملدنات، الملدنات: ١٣٦

هوائي: ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٢٨١، ٣٣٢

بولي أكريلونيتريل: ١٤٥، ١٥٢، ١٦٦

بولي بوتادين: ٧٠، ٩٩، ١١٦، ١٣١

بوليمري: ٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٥٢، ١٥٣

جدول تحديد الموضع: ٢١٠

مادة التقوية التحضيرية: ١٤٨، ١٥٦، ١٦٤، ١٦٥، ١٨١

معدات الإنتاج: ١٢، ٤٩، ٩٣، ١٠٥، ١٠٧، ١٠٨، ١٠٩، ١١٣، ١١٤، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٧٨، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢١٦، ٣٤٥

منشـــأة الإنتـــاج: ١٠، ١٢، ١٥، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٩١، ٩٢، ١٠٥، ٢٥٢، ٣٣٣، ٣٣٧، ٣٤٤، ٣٤٥

مقياس تباين الأسطح: ٢٠٨

الوقود الدفعي: ٣، ٤، ١٤، ٢٠، ٢٩، ٣٠، ٣٣، ٤٩، ٧٣، ٧٦، ٨١، ٨٢، ٨٧، ٨٩، ٩٠، ٩٣، ٩٥، ٩٨، ١٠٧، ١٠٨، ١١٠، ١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١١٨، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٤٦، ١٥٢، ١٧٦، ٢٢٣، ٢٥٠، ٢٨٧، ٢٩٠، ٢٩٢، ٢٩٤، ٣٣٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٥

نظام التحكم بالوقود الدفعي: ٦٧

الوقود ثنائي القاعدة: ١١٤

الوقـــود الـــدفعي الهلـــامي: ٣٤، ٣٥، ٥٢، ٥٣، ٧٦، ٨٣، ٨٧، ٨٨، ٩٩، ١٠١، ١٣٨، ٢٨٧، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٤، ٣٤٥

الوقود الدفعي الســـائل: ٣، ٤، ٢٠، ٢١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٤٩، ٧٧، ٧٩، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٨، ٩١، ٩٣، ١٠٥، ١٠٦، ١٢١، ١٢٤، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٧٧، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٤٥

الوقود الدفعي اللزج: ٧٦، ١٠٧

الوقود الدفعي الصلب: ٣، ٤، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٣٠، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٤٥، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٥٢، ٥٣، ٥٧، ٦٤، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٩، ٨٠، ٨٧، ٨٨، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠٢، ١٠٧، ١٠٨، ١٠٩، ١١١، ١١٢، ١١٤، ١١٥، ١٢١، ١٢٣، ١٢٨، ١٣٠، ١٣٣، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٧٢، ٢٨٨، ٢٩٢، ٢٩٨، ٣٣٠، ٣٤٢، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦

مشبع بالحل الحراري: ٤٧، ١٨٠

R

رادار: ١٠، ٢٧، ٢٩، ٤٣، ٤٥، ٥٦، ١٦٩، ١٩٩، ٢٠١، ٢٠٣، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٦، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٨، ٢٤٢، ٢٥٧، ٢٦٠، ٣٠٩، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٧، ٣١٨

المقطع العرضي للرادار: ٣١٢، ٣١٨ رادار،

أجهزة قياس مدى الرادار: ٢٦١

التصدي ضد الإشعاع: ٢٨، ١٩٧

قبة رادارية: ١٧٠، ٣١٨، ٣٢٤، ٣٢٥

طاولة اختبار: ٢٠٨، ٢٠٩

مركبة عائـــدة: ١٦، ١٧، ٢٣، ٣٢، ٣٥، ٤٥، ٤٧، ٥٠، ٥٤، ٥٦، ٥٨، ٨٣، ٨٨، ١٤٥، ١٧٢، ١٩٧، ٢١١، ٢٣٩، ٢٤٥، ٢٨٥، ٣٢٤

الانعكاس: ٣١٢

مقياس الانعكاس: ٢٠٨

غـــلاف المحـــرك الصـــاروخي: ٤٦، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٩٢، ٩٧، ٩٩، ١٠٧، ١٠٨، ١١٥، ١٣٠، ٣٤٤

المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الهلامي: ٣٤١

المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الهجـين: ٣٣، ٣٤، ٦٩، ٧٩، ٨٠، ٩٩، ١٠١، ١٣٠، ٣٤١

المحرك الصاروخي الذي يعمل بالوقود الدفعي الصـــلب: ٢٠، ٢٩، ٣٠، ٣٢، ٣٣، ٣٩، ٤٠، ٤٢، ٦٥، ٦٩، ٧٠، ٧٩، ١٠٧، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١٢٣، ١٢٨، ١٣٠، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٨، ١٤٤، ١٤٦، ١٦٤، ١٧٦، ٢٢٣، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٩٠، ٢٩٢، ٢٩٤، ٣٤١، ٣٤٢

مرحلـــة الصـــاروخ: ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٣٢، ٣٥، ٣٩، ٧٥، ٨١، ٨٢، ٨٤، ٢٨٧، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٤، ٣٤٥

النظام الصـــاروخي: ٢، ٣، ٤، ٥، ١٢، ١٧، ٢٠، ٢١، ٢٦، ٥٤، ٥٥، ٨٢، ٨٣، ٩١، ٩٣، ١١٥، ١٢١، ١٢٢، ١٤٥، ١٦٧، ١٨٢، ١٨٦، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٥، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٣٦، ٢٣٨، ٢٥١، ٢٥٧، ٢٦٠، ٢٦٦، ٢٧٠، ٢٧٣، ٢٨٧، ٣٠٢، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣١٢، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣٧، ٣٣٩، ٣٤٢

الصـــاروخ المســـياري: ٤، ١٨، ٣٣، ٥٩، ٧٩، ١٠٠، ١٠٣، ٢٢٨، ٣٠٠، ٣٠٧، ٣٣٠

S

تأمين، وتسليح، وتشغيل فتيل، وإطلاق الرأس الحربـــي: ٢٧، ٢٨، ٤٣، ٤٤، ٤٥، ٥٦، ٥٨

SATCOM: ١٠، ٢٥٨

القمر الصناعي، السائل: ٢، ٤، ٣٧، ٨٣، ٨٤، ٩٠، ١١٥، ١١٨، ١٢٦، ١٨٧، ٢٢٣، ٢٣٦، ٢٤٣، ٢٤٥، ٢٥٨، ٢٧١، ٢٧٦، ٢٩٠، ٣٠٣، ٣٠٦، ٣١٠، ٣١٥، ٣١٧، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٣٠، ٣٤٢

SCADA: ١٤

مقياس التشتت: ٢٠٨

صمام ثنائي: ٧٦، ٧٧، ٧٩، ٩١، ٩٩، ١٠١، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٨

زجاج: ٢٨١، ٢٨٢، ٢٩١، ٢٩٨

كربيد السيليكون: ١٧١، ١٧٢

صومعة: ١٢٥، ٢٤٠، ٢٤٨، ٢٥٠، ٣٢٥

محاكاة: ٥٩، ١٠٢، ١٧٨، ٢١٦، ٢١٧، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٨١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٣٩

مركبة الإطلاق الفضائية: ٢، ٤، ٢١، ٣٠، ٣٢، ٣٣، ٤٠، ٥٩، ٧٧، ٧٩، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٨، ٨٩، ١١٥، ١٢٥، ١٦٥، ٢٢٠، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٦٣، ٣٠٠، ٣٢٣، ٣٣٠، ٣٣٧

مصمم خصيصاً: ١٢، ١٦، ١٧، ٢٢، ٢٨، ٣٨، ٥٠، ٥٢، ٨٣، ٨٤، ٩٥، ٩٩، ١٠١، ١٠٥، ١٥٠، ١٦٢، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢١٤، ٢٢٦، ٢٣٦، ٢٨٢، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٤٣

مثبت: ١٠٧، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٩، ١٤٧

تخفي: ٩، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١٥، ٣١٩

متدلي: ٣٨، ١٩٢، ١٩٤، ١٩٩، ٢٠٤، ٢٠٨

T

خزان: ٤، ١٢، ٢٠، ٢١، ٢٩، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٤٠، ٤١، ٤٦، ٥٣، ٥٩، ٧٤، ٧٦، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٩١، ٩٣، ٩٥، ٩٩، ١٠٥، ١١٤، ١١٨، ١١٩، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٣١، ١٣٨، ١٤٦، ١٤٧، ١٥٢، ١٧٦، ١٧٨، ١٧٩، ١٩٤، ٢٤٩، ٢٥٠، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٩٣، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٤٢

آلة لف الشرائط: ١٤٨، ١٤٩، ١٧٨

مراقبة الاتصالات: ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٦١

القياس عن بعد: ٢٧، ٥٦، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٣، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨

تضاريس أرضية: ٩، ٣٦، ١٨٩، ١٩٣، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٤، ٢٣٥، ٢٣٨، ٢٤٢، ٢٥٤، ٢٥٥، ٣٣٢

بطارية حرارية: ٢٦٣

موجه الدفع: ٣٩، ٤٠، ٤٢، ٤٧، ٥٣، ٥٧، ١٧٠، ١٧٣، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٣، ٢٢٥، ٣٤٥

الدافع: ٣٤، ٥٣، ٧٤، ٩٠، ١١٨، ٢١٩، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٩١

التيتانيوم: ٣٣، ٤٠، ٤٩، ٦٣، ٧٩، ٨٤، ١١٩، ١٧٢، ١٧٦، ١٧٧

نظام التتبع: ٢٦٠، ٢٦١

التنغستين: ٤١، ١٧٢، ١٧٤، ١٧٥، ٢٩٢

مضخة عنفية: ٤٠، ٥٣، ٥٩، ٧٦، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٠، ٢٨٧، ٢٩٢، ٣٤٢

U

الخزف المشكل بالحرارة الفائقة: ١٧١، ١٧٢

سري: ٢٤٠، ٢٤١، ٢٦٥

مركبة جوية غير مأهولة: ٧، ٦١، ٨٥، ١١٥، ١٤٤، ٢٣١، ٢٨١، ٣٠٢، ٣١٠

قابل للاستخدام: ٧، ٢٠، ٣٧، ١٧٨، ٣١٢، ٣٢٣

V

البخار / الترسيب بالبخار: ١٥٣، ١٥٤، ١٦٧

الإقلاع والهبوط العمودي: ٣٣٥

اختبار الاهتزاز: ٢٠٩، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٩١، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٠

W

آلة النسيج: ١٥٠، ١٥١

الثقب الربحي: ٢٢٤، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٩

Z

زركونيوم: ١٢١، ١٢٢، ١٧٣