2-7 : قوة دفع الصاروخ Rocket thrust :

الدفع هو القوة التى تدفع الصاروخ إلى أعلى فى الغلاف الجوى. ينتج الدفع من نظام الأحتراق فى الصاروخ، تبعا لقانون نيوتن الثالث الذى ينص على أن لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه. ونظام الاحتراق فى الصاروخ يعمل إما بالغاز أو بالسوائل.

إن اتجاه الدفع يكون غالبا فى اتجاه المحور الطولى للصاروخ مارا بمركز الثقل. لكن فى بعض الصواريخ تكون فتحة العادم متحركة gimbaled أى تميل عند الحاجة على المحور الطولى مما يجعل اتجاه الدفع يميل على المحور الطولى. ويتمكن الصاروخ من عمل مناورات (تغيير اتجاهه) باستخدام عزم الدوران حول مركز الثقل. ويمكن تحديد مقدار الدفع بمعادلة عامة للدفع. يعتمد مقدار الدفع على معدل تدفق كتلة العادم الناتج من احتراق الوقود عند اشعال المحرك، بالتالى يعتمد على كتلة الوقود المستهلك، وعلى ضغطه وسرعة خروج الغاز من فوهة العادم. وكفاءة نظام الاحتراق propulsion system يتميز بمقدار الدفع النوعى للمحرك specific impulse وهو نسبة كمية الدفع الناتج إلى كتلة انسياب الوقود.

إن محرك الصاروخ ينتج الدفع المطلوب عن طريق تسريع accelerating الغازات الخارجة من فوهة العادم. إن أغلب الصواريخ تستخدم محركات كيميائية chemical rocket engine، وهى محركات تستخدم احتراق الوقود لإنتاج الغازات المندفعة من الصاروخ. إن درجة الحرارة العالية والضغط الناتجين من الاحتراق تساعد على تسريع الغازات المندفعة من فوهة العادم مما يدفع الصاروخ إلى أعلى.

يوجد جزئان هامان فى المحرك الكيميائى للصاروخ، فوهة العادم nozzle، والوقود propellant. إن تصميم فتحة العادم تحدد معدل تدفق كتلة العادم، سرعة العادم، الضغط ودرجة الحرارة عند فوهة الخروج. إن الضغط ودرجة الحرارة تحددها الخواص الكيميائية للوقود. ويتكون الوقود propellant من مادة قابلة للأشتعال fuel ومادة تساعد على الاشتعال (مادة مؤكسدة) oxidizer أو مصدر للأكسجين. وتحت ظروف درجات الحرارة العادية لايشتعل مزيج الوقود والمؤكسد ولكن يحتاج لمصدر حرارة أو جهاز اشعال igniter ليبدأ الاشتعال.

يوجد نوعان اساسيان من محركات الصواريخ الكيميائية، وهما صواريخ تستخدم وقود سائل liquid rocket وصواريخ تستخدم وقود صلب solid rocket. يخزن الوقود السائل فى النوع الأول والمؤكسد فى خزانات منفصلة، ثم يتم ضخهما إلى غرفة الاحتراق حيث يتم مزجهما واحداث شرارة ليتم الاحتراق. وفى النوع الثانى الذى

يستخدم الوقود الصلب يكون الوقود والمؤكسد ممتزجان مع بعضهما البعض ومعبأة فى اسطوانات. ويتم اشعال الوقود عند السطح ويمتد الاحتراق بعد ذلك لباقى الوقود. ومع اشعال الوقود الصلب يستمر الاشتعال حتى ينتهى الوقود بالكامل ولا نستطيع إيقاف الاحتراق بعد اشعاله. بينما فى الوقود السائل يمكن وقف الاحتراق فى أى لحظة وبالتالى وقف دفع العادم من فوهة الصاروخ وذلك بإيقاف المضخات التى تضخ الوقود والمؤكسد إلى غرفة الاحتراق. الصواريخ التى تستخدم الوقود السائل تكون أكثر وزنا وتعقيدا لإنها تحتوى على مضخات لضخ الوقود والمؤكسد وكذلك على أسطوانات أضافية لفصل الوقود عن المؤكسد. ويتم تحميل اسطوانات الوقود والمؤكسد فى الصاروخ قبل بداية اطلاق الصاروخ مباشرة. بينما يتم تحميل خليط الوقود الصلب والمؤكسد فى الصاروخ قبل الاطلاق بشهور أو سنوات.

الأنواع الحديثة من الصواريخ تستخدم المحركات الكهربائية التى تسمى بالمحركات الأيونية ion engine. ووقود هذه المحركات أعداد هائلة جدا وصغيرة جدا من الجسيمات المشحونة التى تسمى بالأيونات ions. ويتم تسريع هذه الجسيمات بالقوى الكهروستاتيكية electrostatic forces. وتنتج هذه المحركات قوة دفع صغيرة جدا، ولكنها تستطيع الإستمرار لفترات زمنية طويلة، لأن معدل تدفق الجسيمات صغير جدا. والمحركات الأيونية لها دفع نوعى عالى مقارنة بالمحركات الكيميائية.

هناك نوع آخر من المحركات يسمى بالمحركات النووية الحرارية nuclear thermal. ويزود هذا النوع بمفاعل نووى صغير يكون مصدر مستمر للحرارة التى تستخدم لتسريع أى نوع من الغازات. حيث يسخن عند مروره على أو خلال المفاعل ليخرج من فوهة العادم بسرعة وضغط كبيرين. ودرجة حرارة العادم وسرعة الخروج تكون فى هذا النوع من المحركات أكبر بكثير من المحركات الكيميائية. كذلك للمحركات النووية دفع نوعى كبير جدا.

3-7 : وزن الصاروخ :

الوزن هو القوة الناتجة من قوة جذب الأرض للصاروخ. ونحن نعلم عن قوة الوزن أكثر مما نعلمه عن أى قوة أخرى تؤثر على الصاروخ، لأن كل واحد منا له وزنه الذى يمكن قياسه كل صباح بميزان الحمام فى المنزل. ونحن نشعر بالجسم الثقيل والجسم الخفيف. ولكن قوة الجذب التى تؤثر على الصاروخ تختلف عن أى قوة أخرى أثناء الطيران. فقوة الهواء الديناميكية (مقاومة الهواء والرفع) وقوة دفع الصاروخ تعتبر قوى ميكانيكية mechanical force. والصاروخ يكون فى حالة اتصال دائم مع الغازات التى تولد هذه القوى. أما قوة الجذب فهى قوة مجال field force والصاروخ لا