**مضخات الفراغ الميكانيكية(Mechanical Vacuum Pumps )**

سيتم توضيح المبادئ الاساسية لتشغيل العديد من مضخات الفراغ الميكانيكية الشائعة الاستعمال، وتوفير معلومات عن طرق عملها وتطبيقاتها النموذجية، وشرح تقنيات الصيانة الوقائية المناسبة لها. لقد تم استخدام مضخات إزاحة الغاز الموجبة لنوع واحد او اكثر منذ عام ١٦٤٠ . تستخدم تقريبا اغلب انواع مضخات الفراغ القديمة سائل الزئبق مع انابيب زجاجية وحاويات لتوليد الفراغ. المضخات الميكانيكية الحديثة يمكن ان توصف بالقوة العاملة لتكنولوجيا الفراغ؛ وتتميز بكونها بسيطة التصميم، تتطلب صيانة قليلة، غير مكلفة نسبيا" ويمكن ان تعمل لفترات طويلة بدون ان تعطل. ان العديد من مضخات الفراغ التي مرت علينا تشتغل بشكل مستمر لخمسة عشر سنة مع احتمال تبديل الزيت لمرات محدودة . ان معدل سرع التفرغ للمضخات التجارية المتوفرة تعمل من 0.5liter/sec. الى اكثر من حوالي300liter/sec

يمكن تصنيف مضخات الفراغ الميكانيكية الى نوعين اساسيين:

1. المضخات الترددية .(reciprocating pumps)
2. المضخات الدوارة .(rotary pumps)

يمكن ايضا" تصنيف المضخات الميكانيكية حسب الخواص التالية:

1. المضخات ذات المرحلة الواحدة او المركبة .
2. مضخات الازاحة الموجبة الترددية.
3. الوسيلة التي يتم فيها ادارة ماكنة المضخة )ادارة مباشرة او باستخدام حزام ناقل (

اما ادناه فتجد نبذة عن المضخات الميكانيكية الحديثة واهمها مضخات الازاحة الموجبة الميكانيكية. وتقسم الى الانواع التالية:

1. مضخات الازاحة الموجبة الترددية: نذكر منها:

أ- مضخة الغشاء(diaphragm pump)

ب- المضخة المكبسية .(piston pump)

ج- مضخات الازاحة الموجبة الدوارة .نذكر منها الانواع التالية:

١- المضخة الحلقية السائلة .(liquid ring pump)

٢- مضخة الريش المنزلقة.(sliding vane pump)

٣ - المضخة المتعددة الريش (multi vane pump)

٤- المضخة المكبسية الدوارة (rotary piston pump)

٥- مضخة الغطس الدوارة .(rotary plunger pump)

٦- مضخة التدوير .(root pump )

سوف نختار نوعين من المضخات الميكانيكية الزيتية يتم الشرح عنها لاهميتها الكبيرة

١- مضخة الريش المنزلقة الدوارة .(sliding vane rotary pump)

٢- المضخة المكبسية الدوارة .(rotary piston pump)

**نظرية التشغيل :(theory of operation)**

تعمل مضخات الفراغ الميكانيكية بمبدا ازاحة الغاز الموجبة، أي خلال عملية تشغيل المضخة بشكل دوري تخلق زيادة ونقصان في الحجوم المدار بالماطور داخل الجزء الثابت (rator) لازالة الغازات من النظام، وطرحهم الى الجو. في اغلب التصاميم، يتحرك الجزء الدوار الاسطواني ذي القطر الكبير. (stator)

**النسبة الانضغاطيةCompression ratio) )**

وهي نسبة ضغط الغاز المطروح الى الضغط الاساس (اقل ضغط يمكن الحصول عليه من مدخل مضخة التفريغ )

مثال:

اذا استخدمت مضخة ميكانيكية واعطت ضغط اساس قيمته 15mTorr فان النسبة الانضغاطية لها:

هناك طريقة شائعة لتقديم هذه المعلومة هو القول ان المضخة تملك نسبة انضغاطية مقدارها 51,000:1

عند ضغوط اكبر من Torr 1 ، تملك المضخات الميكانيكية الدوارة سرعة تفريغ ثابته. كما ان سرعة التفريغ تنخفض بشكل سريع تحت هذا الضغط وتصل الى قيمة صفر عند الضغط الاساس للمضخة. يزود اغلب مصنعي مضخات الفراغ الميكانيكية مع كتلوكات المنتج الخاصة بهم منحيات سرعة المضخة (pump speed curve) والخاصة بأداء المضخة وكما هو موضح في الشكل ادناه :



**مضخات الفراغ الميكانيكية ذي الريش الدوارة**

تحتوي مضخات الريش الدوارة نموذجيا على جزء دوار مدار بماطور اما بحزام ناقل(belt) او مدارة بشكل مباشر (direct)

وتملك واحدة الى ثلاث ريش منزلقة(sliding vanes) ، تحافظ على تماس مباشر مع الجدار الداخلي للجزء الاسطواني الثابت. تصنع الريش من المعدن بالنسبة لمضخات الزيت المختومة ومن الكاربون للمضخات الجافة. هناك قوة دفع نحو المركز تؤثر على الريش في الجزء الدوار

لغرض دفعها نحو السطح الداخلي المحكم للجزء الثابت. يتم تجهيز بعض المضخات الميكانيكية بنوابض لتعزيز هذا الفعل.

يمكن تقسيم مضخات الريش الدوارة الى تصميم المرحلة الواحدة(single stage) او المرحلتين.(Double stage)) تتميز مضخات المرحلة الواحدة ببساطتها، وتملك جزء دوار وجزء ثابت واحد وكما انها اقل كلفة. ان ضغط الاساس المتوقع من مضخة ميكانيكية ذي المرحلة الواحدة جيدة هو حوالي20 mTorr.

مضخات المرحلتين يمكن ان تصل الى ضغط اساس الى1-2mTorr ولكنها اكثر كلفة من مضخات المرحلة الواحدة بالنسبة الى تصميم المرحلتين، ميناء العادم للمرحلة الاولى يتصل مع ميناء الدخول للمرحلة الثانية والذي يطرحه الى الضغط الجوي.

. الشكل 6.1 يوضح رسم تخطيطي مبسط لمضخة ريش دوارة زيتية محكمة ذي المرحلة الواحدة وذي المرحلتين



المضخة المركبه (مرحلتين) المضخة المنفردة ذو المرحلة الاولى

بالنسبة للتصميم المركب، فان جهة الفراغ العالي للمضخة رقم 1 تعمل عند ضغط اقل بسبب عدم التعرض الى ضغوط جزئية عالية من الاوكسجين في هذه المرحلة. يجب ملاحظة ان عملية تجهيز القليل من الزيت او عدم وجوده في المرحلة الاولى في المضخة المركبة لغرض الوصول الى ضغوط اقل يمكن، عمليا"، ان يؤدي الى صعوبات كبيرة في التشغيل الصحيح للمضخة المركبة. يخدم وجود الزيت في المضخة الزيتية المحكمة في ثلاث نتائج مهمة:

١ - يوفر احكام للفراغ عند عادم المضخة.

٢- يعمل كزيت تشحيم.

٣- يوفر مصدر تبريد للمضخة.

الشكل ادناه يبين مجموعة من المخططات توضح التسلسل في دورة المضخة المنفردة لمضخة الريش الدوارة. لاحظ كيف تعمل الريش الدوارة مع الجزء الثابت لعمل زيادة ونقصان في الحجوم في كل دفعة ((stroke لاحظ ايضا" كيف يتم فتح وغلق صمام التفريغ vlave) discharge في كل دورة.



تشغل مضخات الريش الدوارة المدارة بحزام ناقل نموذجيا" عند حواليRPM 400-600 ، بينما الموديلات المدارة 'بطريقة مباشرة فانها تدور بسرعة1500-1725 RPM.

ان اغلب مشاكل مضخات الريش الدوارة يمكن ان تعود الى صيانة الزيت الفقيرة. يمكن القول ان حوالي % 95 من جميع مشاكل المضخات الميكانيكية يمكن ان تحل بعملية تنفيس المضخة وتبديل الزيت. بسبب وجود السماحية القريبة بين الريش (flushing) الدوارة والجزء الثابت، فان مواد الدقائق الصلبة الداخلة الى المضخة يمكن ان تسبب تخديش السطوح المحكمة للفراغ مسببتا" هبوطا" في اداء المضخة. لهذا السبب ، يجب اخذ الحذر لتقليل دخول مثل هذه الدقائق. تقوم العديد من الشركات بانتاج مناخل صغيرة ومرشحات توضع على مدخل المضخة لتحقيق هذا الهدف.

**مضخات الفراغ الميكانيكية المكبسية الدوارة :(Rotary piston mech. Vacuum pumps )**

المضخات الميكانيكية المكبسية او الغاطسة الدوارة) المبينة في الشكل ( تعمل بمبدأ الازاحة الموجبة للغاز عند كل دورة، يعمل المكبس بحركة لا مركزية دوارة مع الصمام الانزلاقي sliding valve بسحب الغاز الى الجزء الثابت، ضغطه وطرد ه الى خارج المضخة الى الجو. وكما في مضخات الريش الدوارة، فان مضخات نوع المكبسية الدوارة يمكن ان توجد بمرحلة واحدة او مركبة. سرعة لهذا الدوران النوع من المضخات يكون نموذجيا" بحدود 600-800 RPM

سماحية الابعاد بين الجزء الثابت والمكبس لهذا التصميم يكون بحدود 0.003 -0.004 RPM

. بسبب هذا فان المضخات المكبسية تكون اكثر تحملا" لوجود دقائق ملوثة فيها. يستخدم زيت ذي لزوجية عالية في هذا النوع من المضخات بسبب السماحية العالية في الابعاد. وعادة مايتم تبريد المضخات المكبسية الدوارة الضخمة بالماء لزيادة عمرها وتحسين ادائها.

**الشكل** 6

**موائع مضخة الفراغ الميكانيكية**

ان مائع المضخة المناسب يكون باهمية اختيار المضخة المناسبة. في تكنولوجيا الفراغ اليوم، العديد من العمليات غير متطابقة مع زيت المضخة الهايدروكاربوني النموذجي. فمثلا"؟ اذا كنت تجري عملية يستخدم فيها كمية كبيرة من الاوكسجين فان زيت مضخة صناعي قليل الفعالية مع الاوكسجين يكون هو الاختيار المناسب . اذا اخترت في هذا المثال زيت هايدروكاربوني، فان احتمالية توليد مزيج متفجر مع الاوكسجين وبخار زيت المضخة الحار وارد جدا". بشكل مشابه ، اذا تضمنت العملية التجريبية استخدام غازات فعالة يجب هنا التفكير بجدية حول الفعالية الكيمياوية لغازات العملية المفرغة التي سوف تتعرض الى بخار زيت المضخة الميكانيكية. يمكن اختيار موائع المضخةالفلوروكاربونية لبعض التطبيقات وذلك بسبب فعاليتها الكيمياوية القليلة. عند بعض الظروف المحددة، ربما ترغب بتشغيل المضخة الميكانيكية مع مائع بلزوجة عالية. لهذا الغر ض، ربما يتطلب زيادة السماحية بين الاجزاء المتحركة. يجب وضع علامات على المضخات المحورة لخدمة خاصة لغرض اعلام الاشخاص الذين سيعملون عليها مستقبلا" حول التحوير والتطبيق الجديد لها. كلمة اخيرة حول موائع المضخات الميكانيكية وهو يجب بحث الخواص التشخيصية للماء بشكل دقيق قبل استخدامه. الن العديد من انواع الموائع التجارية المتوفرة حاليا" لاتعمل بشكل جيد اذا تم مزجها مع بعضها البعض.

**مضخات الفراغ الميكانيكية الجافة:(Dry Mechanical Vacuum Pumps)**

تم في السنوات الاخيرة الاهتمام بدراسة موائع المضخات الميكانيكية (من وجهة نظر الامان وتلوث انضمة الفراغ). استجاب مصنعي مضخات الفراغ بتطوير وتسويق مضخات دعم ميكانيكية خالية من الزيوت. تملك هذه المضخات لبعض التطبيقات خصائص مرغوبة ولكن

هناك بعض العوارض يجب الانتباه اليها. ان مميزات المضخات الجافة (عادة لتصميم الريش لدوارة) انها تمنع امكانية استرجاع زيت المضخة (backstreaming) الى حاوية الفراغ. بالاضافة الى ذلك يمكن استخدام المضخات الجافة للتفريغ وبامان كميات كبيرة من الاوكسجين بدون الخوف من الانفجار. كما ان المضخات الجافة مناسبة لتفريغ ابخرة فعالة معينة غازات. اما مساوئ مضخات الفراغ الميكانيكية الجافة فتتضمن كلفتها الاولية العالية تبلغ حوالي خمسة اضعاف من المضخات الزيتية المختومة ولنفس السعة الضوضائية العالية، وضغط الاساس اعلى .(ultimate pressure)