الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

منظومة الضغط العالى

مهندس تحلية- الدرجة الثالثة

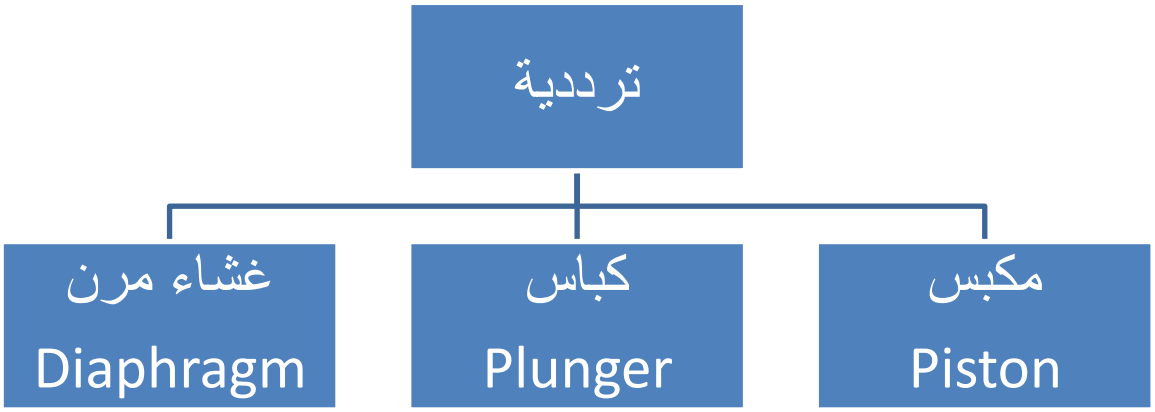
حقوق الطبع محفوظة ©
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة الصناعة

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الادارة العامة للمسار الوظيفي2019-4-1 V2

الطلمبات الترددية

1- مضخات ذات حركة ترددية RECIPROCATING PUMPS

تعتمد فكرة هذه المضخات على غرفة محكمة يتحرك فيها عضو بشكل ترددى بحيث يتحكم أثناء تردده فى حجم هذه الغرفة فإذا تحرك هذا العضو حركة تسببت فى نقصان الضغط داخل الغرفة عن خط السحب قام بسحب السائل لداخل الغرفة من خلال صمام السحب حتى تنعكس الحركة ليقوم العضو بتقليل حجم الغرفة طارداً بذلك ما بداخل الغرفة من سائل إلى خط الطرد عبر صمام الطرد



مضخات الكباس PLUNGER PUMPS و مضخات المكبس PISTON PUMPS

فكرة العمل

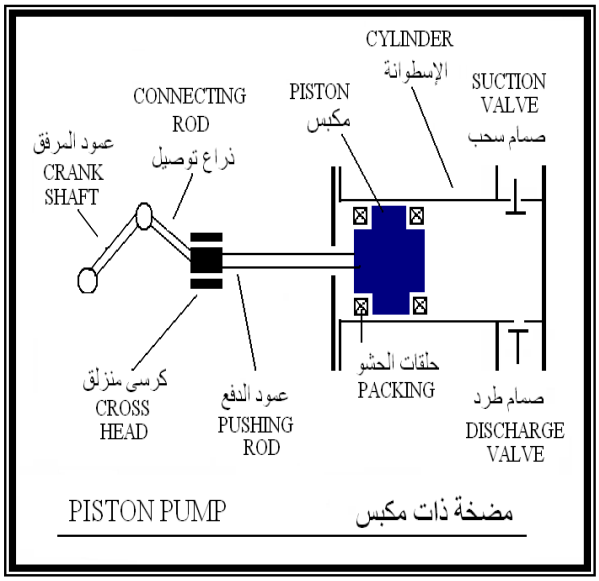
تتكون هذه المضخات من غرفة اسطوانية CYLINDER يتردد داخلها عمود اسطوانى أو الكباس و تسمى فى هذه الحالة PLUNGER PUMP أو مكبس و تسمى فى هذه الحالة PISTON PUMP فإذا ما تحرك العمود خارجاً من الاسطوانة سميت هذه الحركة مشوار السحب SUCTION STROKE فيزداد حجم الغرفة و ينخفض ضغطها فينفتح صمام السحب و ينغلق صمام الطرد و يدخل السائل للغرفة فيملأها و عندما يتحرك العمود داخلاً الاسطوانة سميت هذه الحركة مشوار الطرد DISHARGE STROKE فيقل حجم الغرفة و يزداد ضغطها فينغلق صمام السحب و ينفتح صمام الطرد و يخرج السائل من الأسطوانة

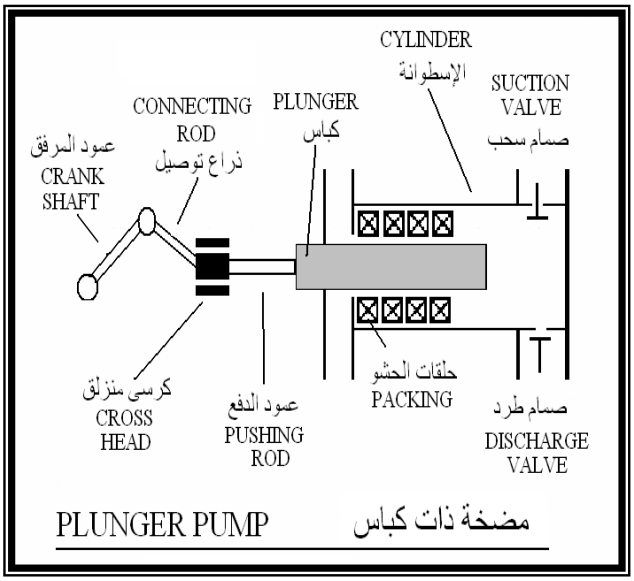
طريقة العمل

عندما يتحرك عمود المرفق CRANK SHAFT حركة دورانية يقوم ذراع التوصيل CONNECTING ROD بتحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية للكرسى المنزلق CROSS HEAD الذى يدفع معه الكباس PLUNGER أو المكبس PISTON إلى داخل الاسطوانة CYLINDER

و أثناء الحركة لخارج الاسطوانة (مشوار السحب) SUCTION STROKE ينخفض ضغط الاسطوانة عن ضغط السائل فى ماسورة السحب فينفتح صمام السحب و ينغلق صمام الطرد و يملأ السائل الاسطوانة

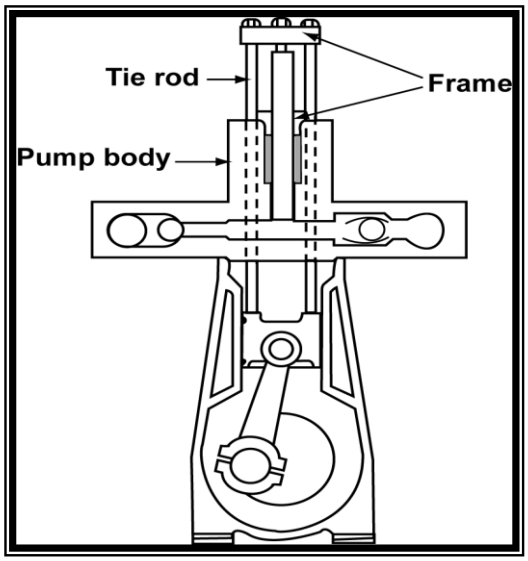
و أثناء الحركة لداخل الاسطوانة (مشوار الطرد) DISHARGE STROKE يزداد ضغط الاسطوانة عن ضغط السائل فى ماسورة الطرد فينفتح صمام الطرد و ينغلق صمام السحب و يخرج السائل من الاسطوانة لخط الطرد



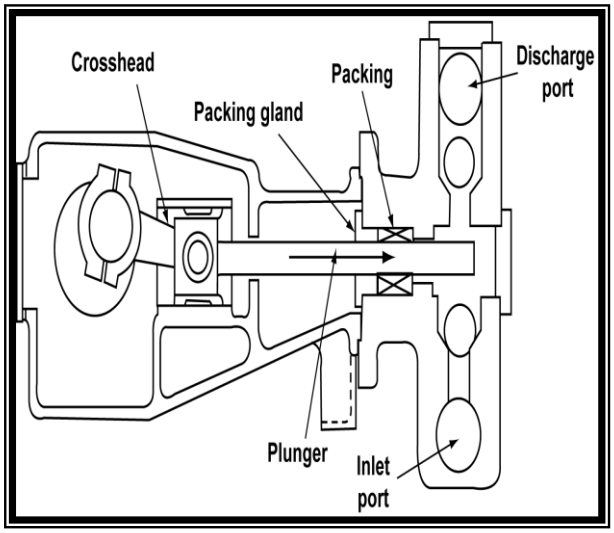


مستوى الحركة MOVEMENT PLAN

تصمم المضخات الترددية إما رأسية أو أفقية و الميزة الوحيدة للمضخات الرأسية أن حركتها الرأسية منعت تأثير وزن الكباس على الجانب السفلى على حلقات حشو مانع التسرب



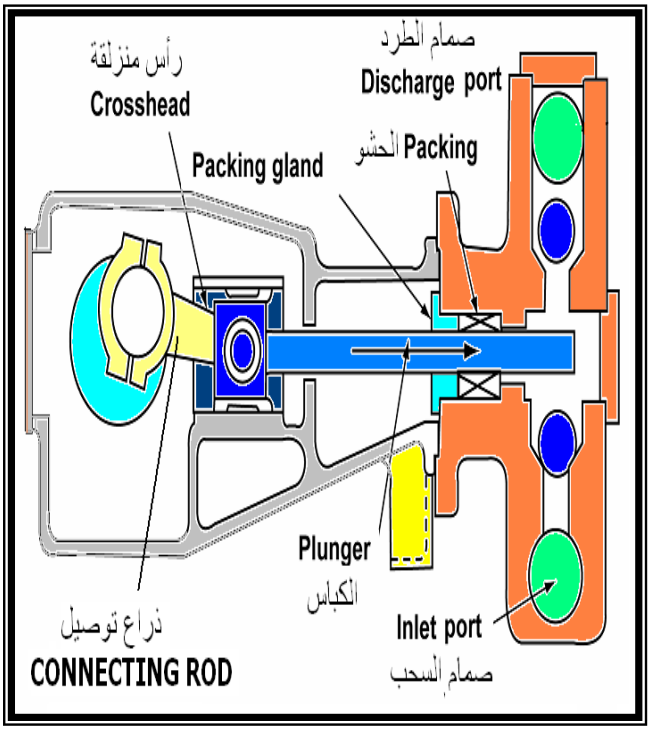
مضخة ذات كباس رأسية
VERTICAL PLUNGER PUMP



مضخة ذات كباس أفقية
HORIZONTAL PLUNGER PUMP

الأجزاء الرئيسية للمضخة المكبسية

1. المكبس أو الكباس PISTON OR PLUNGER
2. عمود المرفق CRANK SHAFT
3. الاسطوانة CYLINDER
4. الرأس المنزلقة CROSS HEAD
5. ذراع التوصيل CONNECTING HEAD
6. صمام الطرد DISCHARGE PORT (VALVE)
7. صمام السحب SUTION PORT (VALVE)
8. حلقات الحشو PACKING



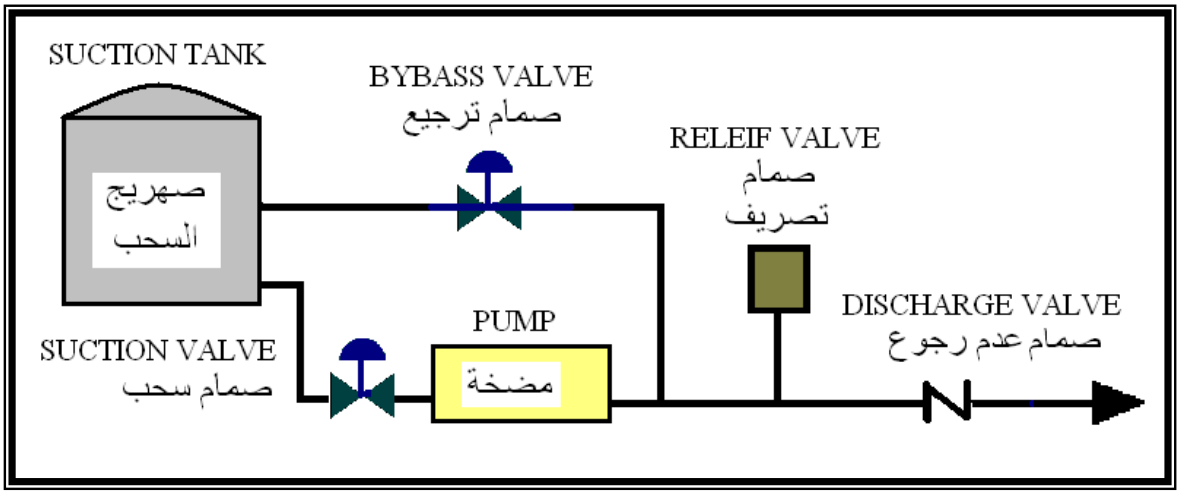
ملحقات المضخة المكبسية الترددية

1. صمام التصريف RELEIF VALVE

تتعرض المضخات أثناء التشغيل إلى زيادة فى ضغط التشغيل عما صممت عليه المضخة و لهذا يجب تزويد المضخة الترددية بصمام تخفيف لضغط الطرد عندما تتخطى الزيادة المتوقعة لضغط التشغيل

2. صمام الترجيع BYBASS VALVE

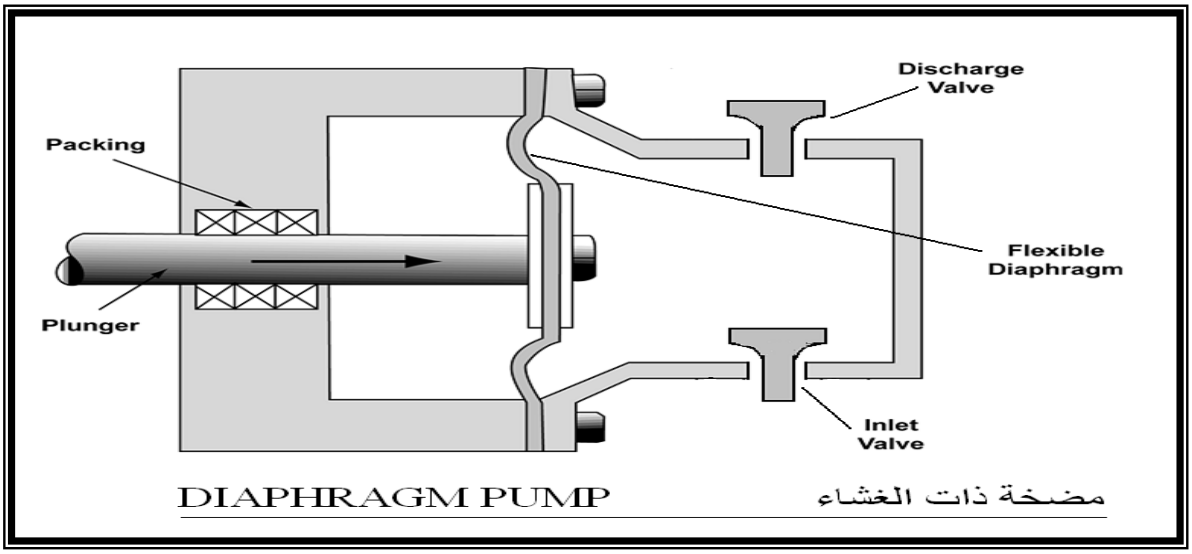
عند بدء إدارة المضخة الترددية فإنها تواجه الحمل مباشرة و بالتالى تواجه الأجزاء المتحركة بها لإجهادات شديدة قد تتسبب فى كسرها كما أن محرك المضخة لا يمكن تحميله بحمل مفاجئ قد يتسبب فى خلل لأدائه ولذلك يجب تركيب صمام ترجيع بين خطى السحب و الطرد بحيث تبدأ المضخة فى الدوران صمام السحب مفتوح و صمام الطرد مغلق و صمام الترجيع مفتوح ثم يتم فتح صمام الطرد تدريجياً مع غلق صمام الترجيع وبالتالى يتم تحميل المضخة تدريجياً



مضخات ذات الغشاء DIAPHRAGM PUMPS

تم تصنيف هذه المضخات ضمن مضخات الإزاحة الموجبة POSITIVE DISPLACEMENT PUMPS حيث تعتمد هذه المضخات على غشاء مطاط مرن مثبت من محيطه بشكل محكم ضد التسريب و هذا الغشاء يكون بمثابة غطاء حاكم لغرفة ضغط معدنية بها سائل و بها فتحتين إحداهما لدخول السائل و الأخرى لخروج السائل و الغشاء يتحرك حركة ترددية من خلال وسيلة ميكانيكية مثل عمود المرفق أو كامة لا مركزية أو سائل أو هواء متردد الضغط و يتحكم فى دخول السائل و خروجه من غرفة الضغط صمامى عدم رجوع أحدهما فى جهة السحب و الآخر فى جهة الطرد و الخاصية المميزة لهذه المضخات أنها لا يحدث فيها تسريب للسائل وذلك لعدم الحاجة إلى مانع للتسرب لعدم وجود مكبس أو كباس يتردد داخل غرفة الضغط لذلك يمكن استخدامها فى التطبيقات التى تشترط عدم تسرب السائل أثناء عملية الضخ كما إنها تعتبر مضخة ذاتية التحضير و يمكنها أن تعمل دون وجود سائل فى خط السح بدون أن يحدث فيها تلف

و يتم تحريك الغشاء عن طريق حركة ميكانيكية



المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً

المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً تشبه لحد كبير المضخات المكبسية فى وجود مكبس مثبت فى خلف الغشاء ليقوم بتحريكه الحركة الترددية المطلوبة وكما فى المضخة تتم دورة مضخة الغشاء على مشوارين أحدهما مشوار السحب عندما يتحرك الغشاء ويزداد حجم غرفة الضغط فينخفض الضغط داخلها عن ضغط خط السحب فيفتح صمام السحب ويغلق صمام الطرد و تمتلئ بذلك غرفة الضغط و المشوار الآخر هو مشوار الطرد عندما يتحرك الغشاء للجهة العكسية و يقل حجم غرفة الضغط فيزداد الضغط داخلها عن ضغط خط الطرد فيفتح صمام الطرد ويغلق صمام السحب ليتم طرد السائل فى خط الطرد و قد تصمم هذه المضخات بحيث يتم استغلال الحركة الترددية للكباس فى تشغيل غشاء ليكون مشوار السحب فى أحد الغشاءين هو طرد فى الغشاء الآخر و هكذا

عيوب المضخات ذات الغشاء

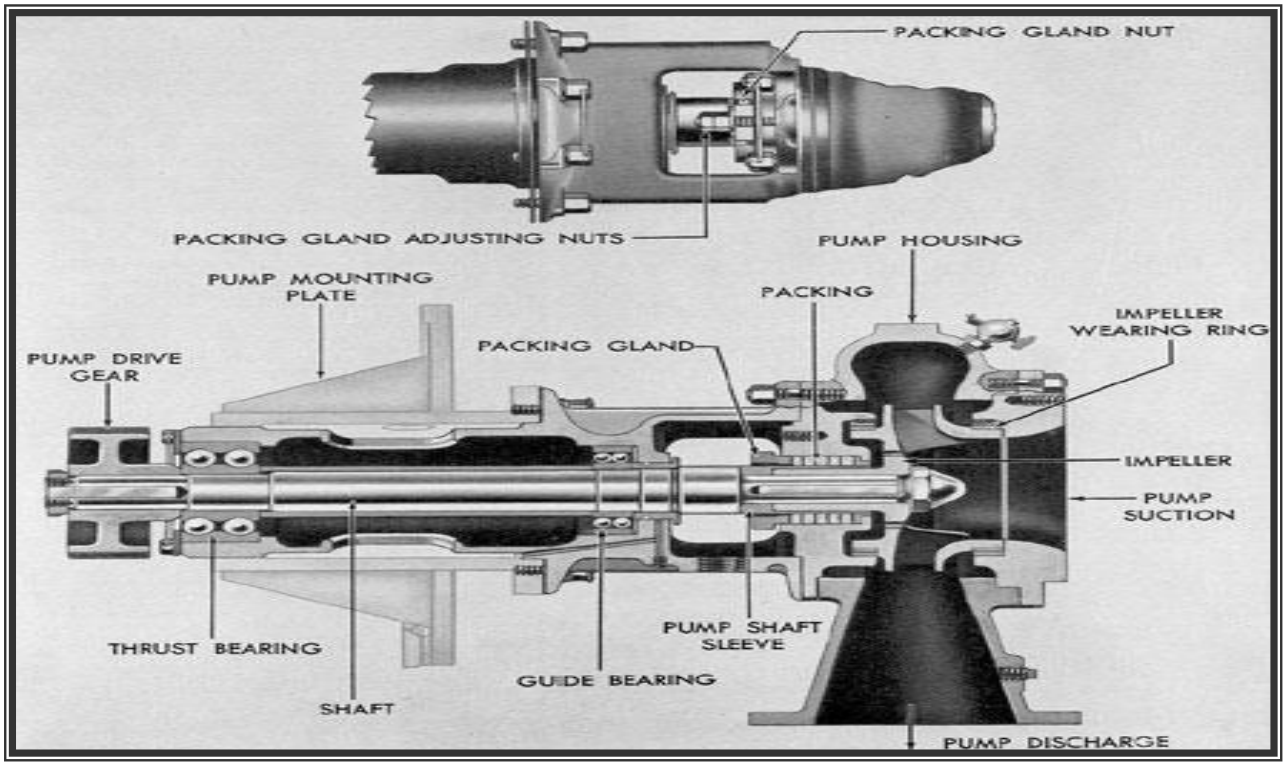
1. لا يمكنها ضخ معدلات كبيرة
2. الضغوط الناتجة ضعيفة حتى 8.5 بار

مميزات المضخات ذات الغشاء

1. لا تحتاج إلى تحضير
2. لا ينتج عنها أى تسريب
3. يمكن أن تعمل و خط الطرد مغلق تماما
4. يمكن استخدامها فى الأماكن المحدودة
5. يمكنها ضخ السوائل اللزجة جدا و العجائن
6. يمكنها ضخ السوائل التى تحتوى على حبيبات صلبة
7. عمليات الصيانة بها بسيطة
8. يمكنها نقل المواد الكيميائية المركزة
9. لا تحتاج إلى وصلات محورية و شاسيه و عمليات ضبط

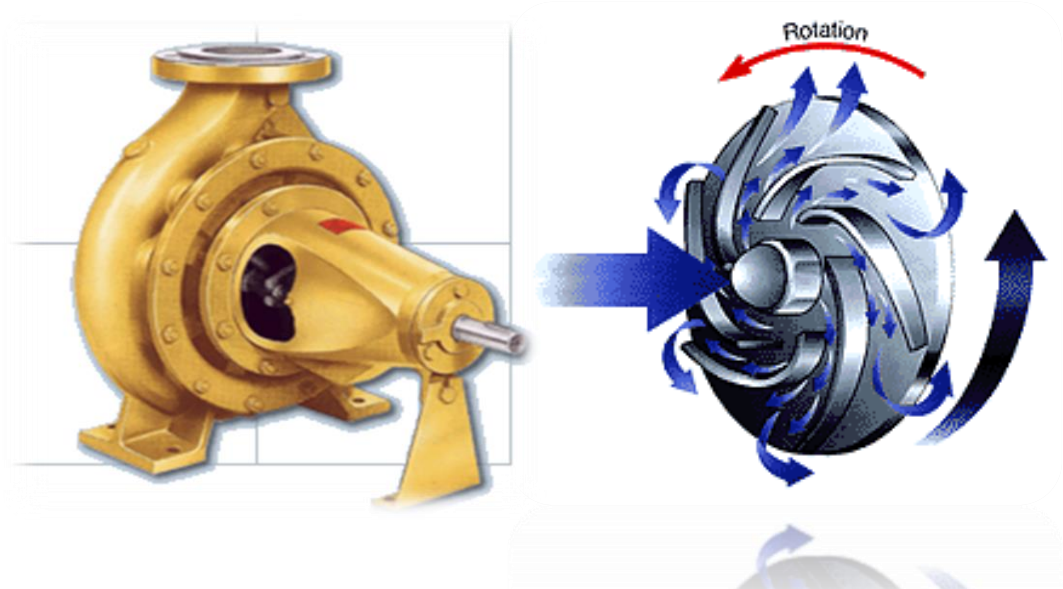
المضخات الطاردة المركزية CENTRIFUGAL PUMPS

هى أكثر الأنواع شيوعاً و يمكن استخدامها مع معظم السوائل ويكون السريان فى اتجاه نصف قطرى أى من المركز إلى الخارج تتكون المضخة الطاردة المركزية من أجزاء رئيسية كما موضحة بالشكل التالى و هى.

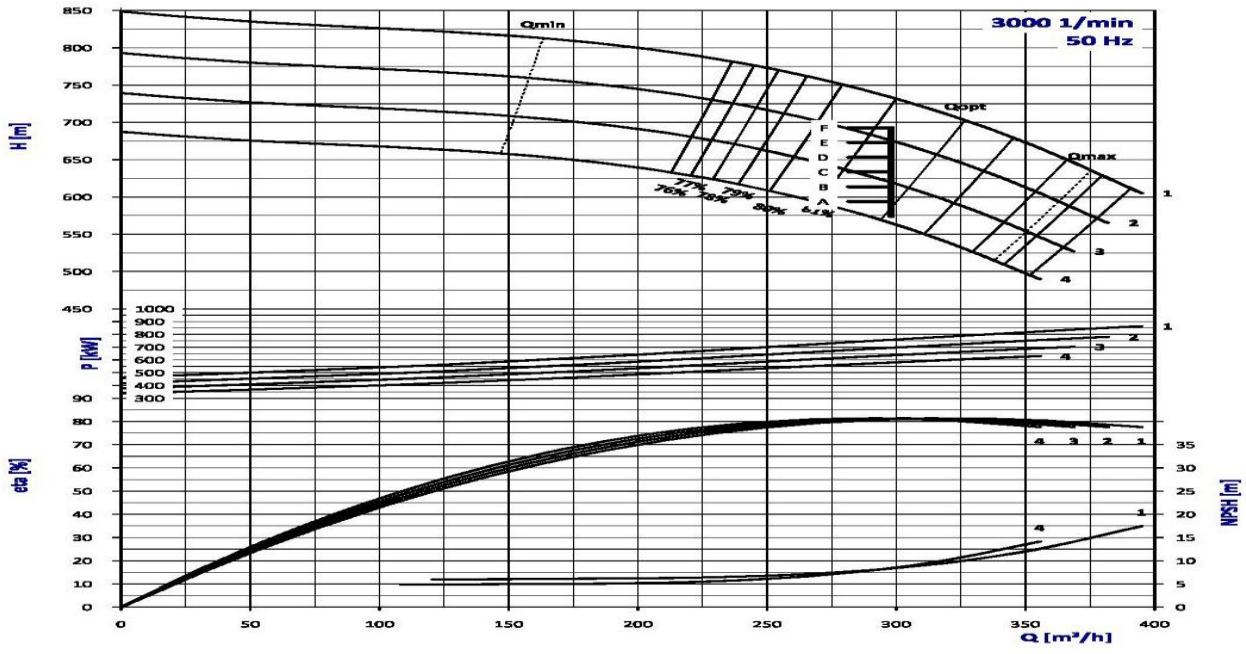


*Centrifugal Pump*مضخة طاردة مركزية

PACKING	الحشو	PUMP CASING	الغلاف
PACKING GLAND	جلاند الحشو	IMPELLER	المروحة
WEARING RING	حلقة تآكل المروحة	SHAFT	العمود
SUCTION	فتحة السحب	BEARING	الكراسى

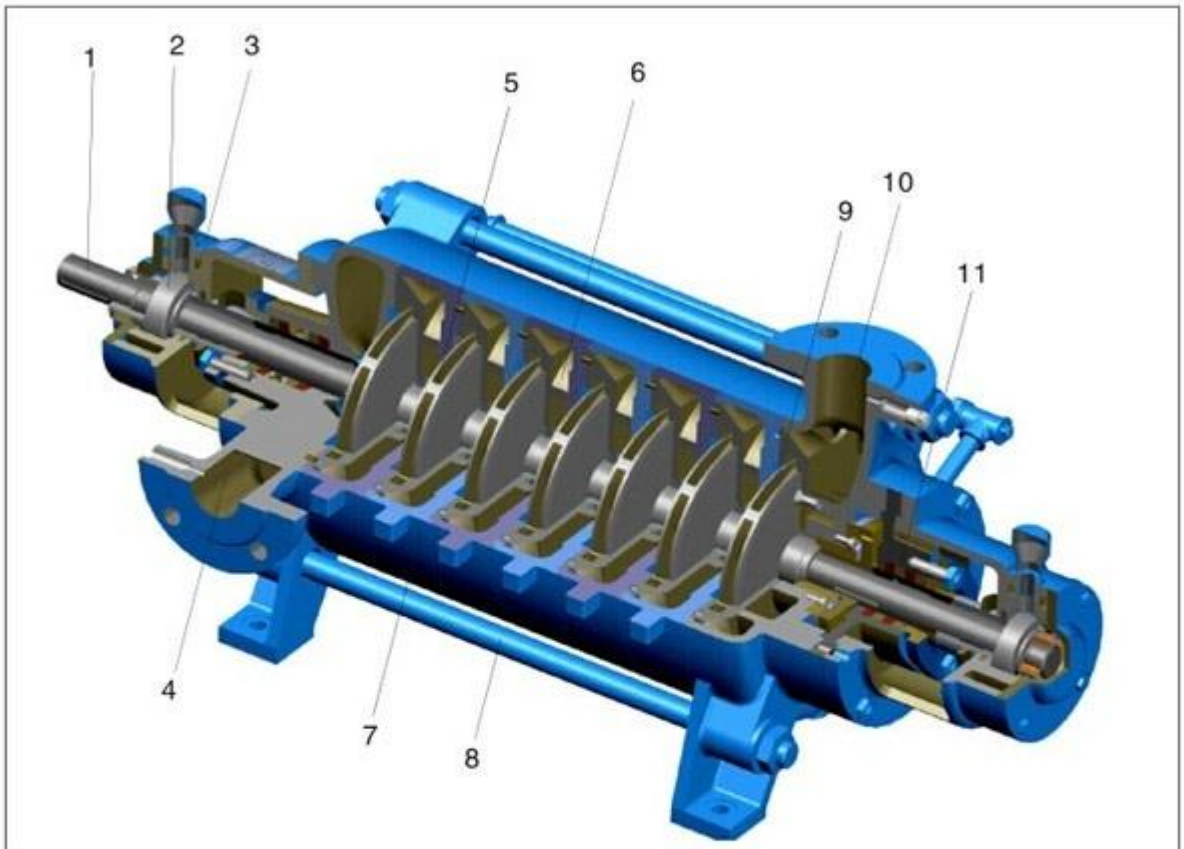


حيث أن المضخة الطاردة المركزية يمكن أن تعطى قيم مختلفة للتصرف بين صفر و حد أقصى معين فإنه من المعتاد أن تعطى الشركات المنتجة للمضخات مجموعة من المنحنيات فى كتالوجات المضخات تسمى منحنيات الأداء (PERFORMANCE CURVES) و هى تمثل العلاقة بين التصرف و باقى المتغيرات الخاصة بالمضخة مثل الضغط و الكفاءة و القدرة المستهلكة.



والمضخات الطارة المركزية يمكن أن تكون مرحلة واحدة (SINGLE STAGE PUMP) أو متعددة المراحل (MULTI STAGE PUMP) وفى المضخة المتعددة المراحل تعطى كل مرحلة ضغط محدد وبالتالي يكون الضغط الناتج من جميع المراحل يساوى تقريباً ضغط المرحلة الواحدة مضروباً فى عدد المراحل وتختلف قيم الكفاءة للمضخات جيدة التصميم بين 70٪ و90٪ للمضخات ذات المرحلة الواحدة الجديدة أما المضخات القديمة فيمكن اعتبارها بين 55٪ إلى 75٪ وللمضخات متعددة المراحل تقل الكفاءة بمقدار يتراوح بين 2 و 3٪ عن المضخات ذات المرحلة الواحدة.

المضخات متعددة المراحل (MULTI STAGE PUMP)



1.	Shaft	7.	PlugScrew
2.	Bearing	8.	TieRod
3.	BearingBody	9.	Levelattheendoftheimpeller
4.	InletSection	10.	OutletSection
5.	MiddleImpeller	11.	ShaftSeal
6.	GuideVane		

م	وجه المقارنة	مضخات الضغط الديناميكى DYNAMIC PUMPS	المضخات الإيجابية POSITIVE PUMPS
1	نظرية العمل	تعتمد نظرية عمل مضخات الضغط الديناميكى على أن المحرك يكسب مروحة المضخة طاقة سرعة فتقوم المروحة بإكساب السائل طاقة السرعة التى تتحول إلى ضغط عندما يمر السائل فى الناشر DIFFUSER	تعتمد نظرية عمل المضخات الإيجابية على أنه لو قل حجم سائل ما لزاد ضغطة
2	أهم الأنواع	1- المضخة الطاردة المركزية 2- المضخة المروحية	1- المضخة الترددية (مكبسيه) RECIPROCATING 2- المضخة الترسية GEAR 3- المضخة الحلزونية SCREW 4- المضخة ذات اللقم VANE 5- المضخة ذات الفصوص LOBE
3	السرعة	عالية	منخفضة
4	التصرف	عالية - متوسطة	منخفضة
5	الضغط	متوسط - منخفض	عالية
6	الصيانة	غير مكلفة	مكلفة جداً

وجه التعريف		PVC PolyVinyl Chloride	GRP Glassfibre Reinforced Plastic	HDPE High Density PolyEthylene	Stainless steel ≤316L	Stainless steel ≥316L
الخواص الفيزيائية	الاحتكاك	منخفض جدا	متوسط	عالي	منخفض	منخفض جدا
	الاجهادات	متوسط	متوسط	عالي جدا	عالي	عالي جدا
الضغوط		ضعيف	متوسط	عالي	عالي جدا	عالي جدا
معدل الصيانة		عالي جدا	متوسط	منخفض	منخفض	منخفض جدا
طبيعة الاستخدام		خطوط التغذية والحقن	خطوط التغذية	خطوط التغذية	خطوط الضغط العالي	
التكلفة		منخفضة	متوسطة	عالية	عالية	عالية جدا
طرق اللحام		باستخدام اللحام اللصق	باستخدام عدة خامات			

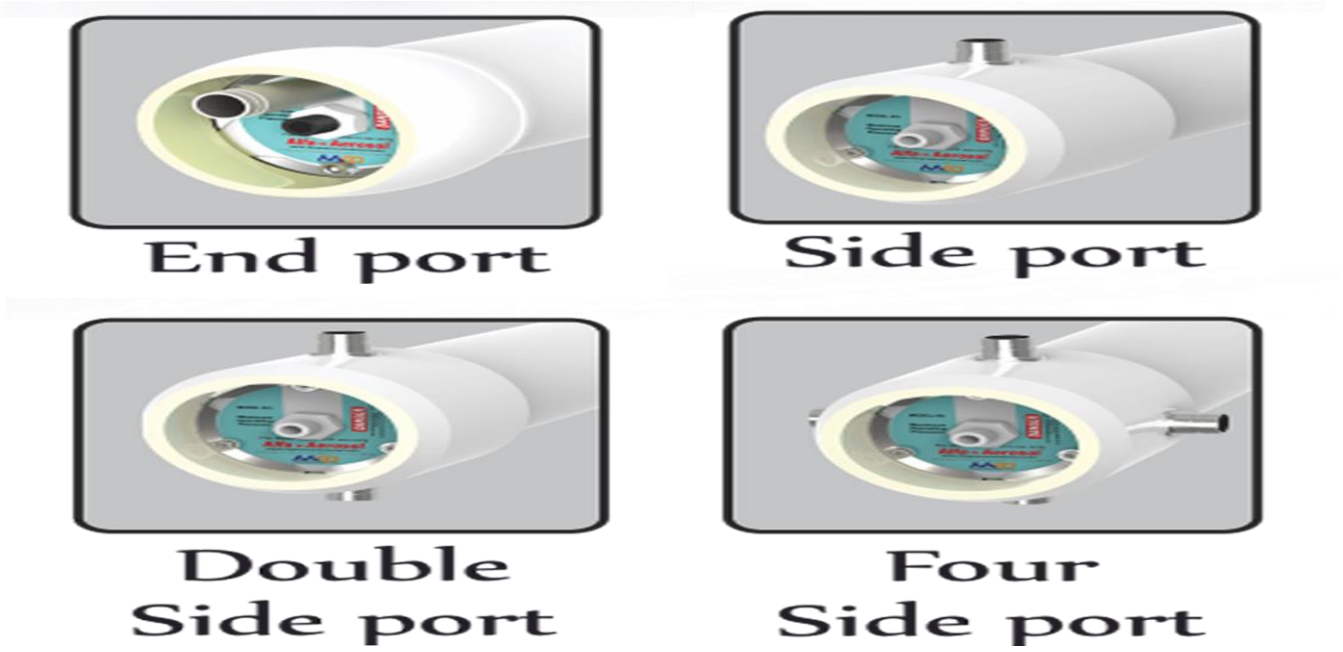
أنواع الخطوط بمحطات التحلية

أنواع الاوعية

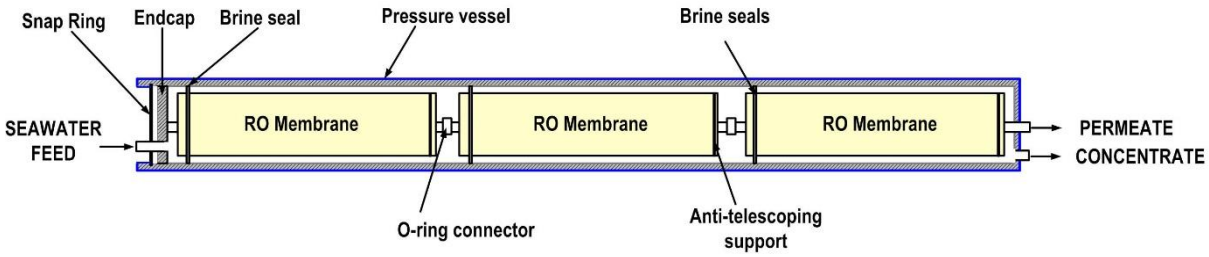
الاوعية (Pressure Vessel) :

- تتحمل ضغوط مختلفة: 800 psi – 1000 psi – 1200 psi

- نوع التغذية والمرتجع للوعاء :



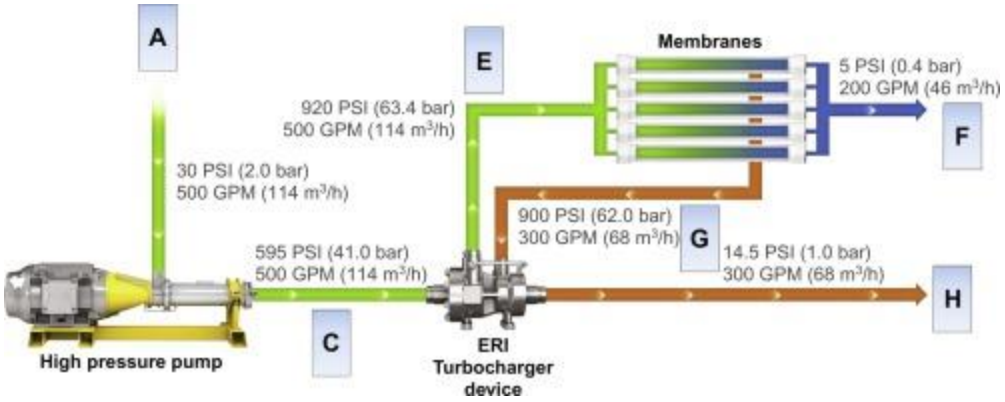
- طبقا للطول : تستوعب من 1 : 8 غشاء



(فني)Turbo Charger

طريقه عمل هذه التربينه

هو تقليل الضغط الناشئ من طلمبه الضغط العالي بمعني ان هذه التربينه تعمل علي توفير الطاقه (الكيلووات) لانتاج المياه المحلاه وتصل كفاءه هذه التربينات من 55% الي 65%



الفكره :-

يتم الاستفاده من ضغط الريجكت (G) في تدوير الــ (Reject Impeller) ومع سرعه دوران الــ (Reject Impeller)سيحول المياه الي طاقه حركيه Kinetic Energy من خلال Lubrication Channelمما يؤدي الي دوران(Feed Impeller) وسيرفع ضغط خروج طلمبه الضغط العالي (C) ويصبح ضغط دخول الأغشية(E)

- G = High Pressure (Membrane Out)

C = High Pressure Turbo Inlet = Pump Discharge

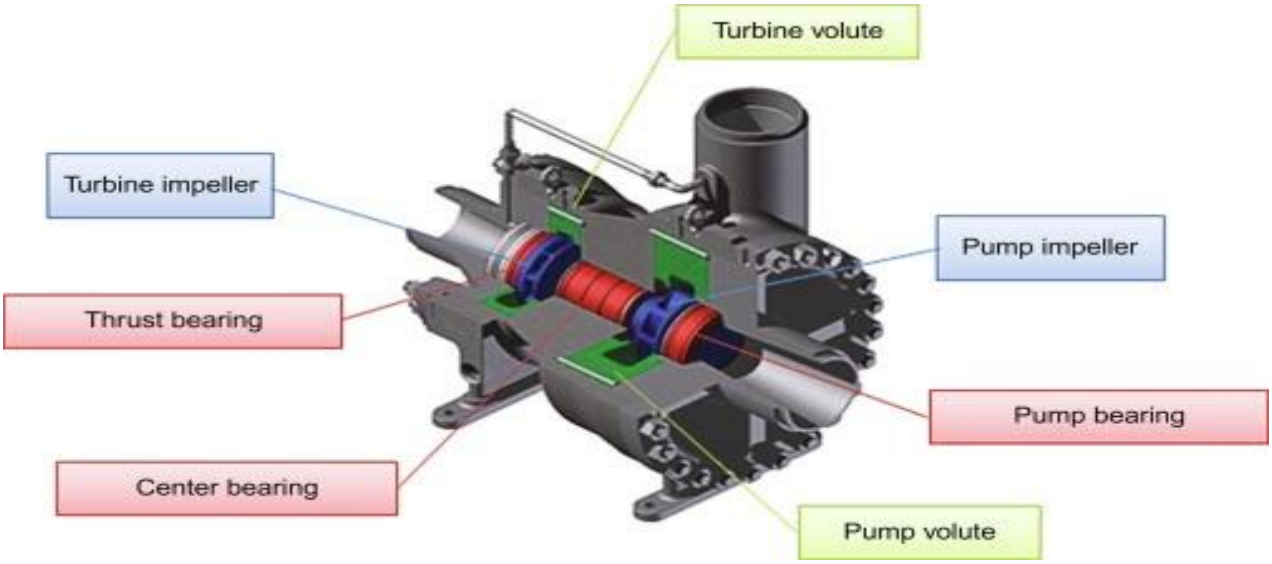
E = High Pressure (Turbo Out = Membrane Inlet)

A = Low pressure Inlet Pump Suction

- H = Low Pressure Outlet (Drain)

لحساب كفاءه التربينه (Efficiency Turbo)

$$Turbo\ efficiency\% = \frac{Flow\ feed \times (Pressure\ Turbo\ out - Pressure\ Turbo\ in)}{Flow\ \text{reject} \times (Pressure\ memb.out - Pressure\ drain)} \times 100$$



نظام الضغط العالى High pressure system بمحطات التحلية

تعد منظومة الضغط العالى بمحطات التحلية القلب النابض للمحطة حيث ان الضغط المؤثر على مياه التغذية هو أساس عملية الأسموزية العكسية

التى تؤدى إلى إنتاج مياه منخفضة الأملاح صالحة للإستخدام الأدمى ومطابقة لموصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) .

ومن هذا السياق فإن معظم ابحاث التطوير فى منظومة تحلية المياه تعتمد على تطوير نظام الضغط العالى بمحطات التحلية على ثلاث اهداف وهى

1- تطوير طلمبات الضغط العالى لتعطى كفاءة أعلى مع إستهلاك أقل للطاقة ومعدلات تدفق وضغط عالية وذلك عن طريق

أ- تطوير تصميم الطلمبات

ب - إستخدام خامات عالية SDI &نسبىه العكارة &نسبه معامل الإطماء الأس PHالجودة لاتتأثر بنوعية المياه من حيث(درجة ملوحة المياه & رقم الهيدوجينى للمياه

وكراسى BEARING HOUSING ونوعية رلمان البلى المستخدم

ج- تطوير شكل وموانع التسريبوMECHANECAL SEALالتحميل الطلمباب ونوعيىه وشكل رالريش والمراحل لخفض الإحتكاك بين مكونات الطلمبه للحصول على أعلى كفاءة مع التشغيل الدائم للطلمبات بشكل أمن ومستقر

2- High productivity مع أملاح أقل للمياه المنتجة Salt passage نوعية الأغشية المستخدمة لتعطى انتاجية أعلى

ومعدل طرد أملاح أعلى Salt rejection

3- تطوير طرق إستعادة الطاقة للحصول على أعلى استنزاف للطاقة من المياه المركزة شديدة الملوحة المطروضة من الأغشية وذلك لإعادة استخدام تلك الطاقة للإستخدام فى رفع (كمية التصرف والضغط)المياه المغذية للأغشية

مكونات الضغط العالى

يتم تصميم مضخات التغذية عالية الضغط لتوصيل مياه المصدر المالحة إلى أغشية التناضح العكسيي عند الضغط المطلوب لغشاء فصل الماء العذب عن الأملاح عادةً ما يكون من 15 إلى 30 بارًا لتحلية مياه BWRO الأبار منخفضة الملوحة

ويكون من 45 إلى 75 بارًا لتحلية مياه البحر عالية الملوح SWRO

لتحلية المياه. فإن ضغط مياه التغذية المطلوب الفعلي المغذى للأغشية هو خاص بكل محطة ويتحدد طبقا لجودة مياه التغذية ويتم تحديده بشكل أساسي من خلال ملوحة مياه المصدر ودرجة الحرارة وجودة مياه المنتج المستهدفة وتكوين نظام التناضح العكسي .

يتم تحديد حجم المضخات بناءً على التدفق المطلوب وضغوط التشغيل باستخدام منحنيات الأداء المقدمة من الشركات المصنعة للمضخات

. جميع مواد المضخة الملامسة للماء يجب أن تكون من الفولاذ المقاوم للصدأ عالي الجودة ، ويتم تحديد درجة الفولاذ على ملوحة المياه المطلوب تحليتها .

عادةً ما تستخدم فى محطات تحلية مياه الأبار BWRO منخفضة الملوحة تتطلب استخدام الفولاذ المقاوم للصدأ 316L أو أعلى جودة.

ونستخدم فى محطات تحلية مياه البحر SWRO عالية الملوحة تتطلب استخدام الفولاذ الأعلى جودة دوبلكس وسوبر دوبلكس مثل

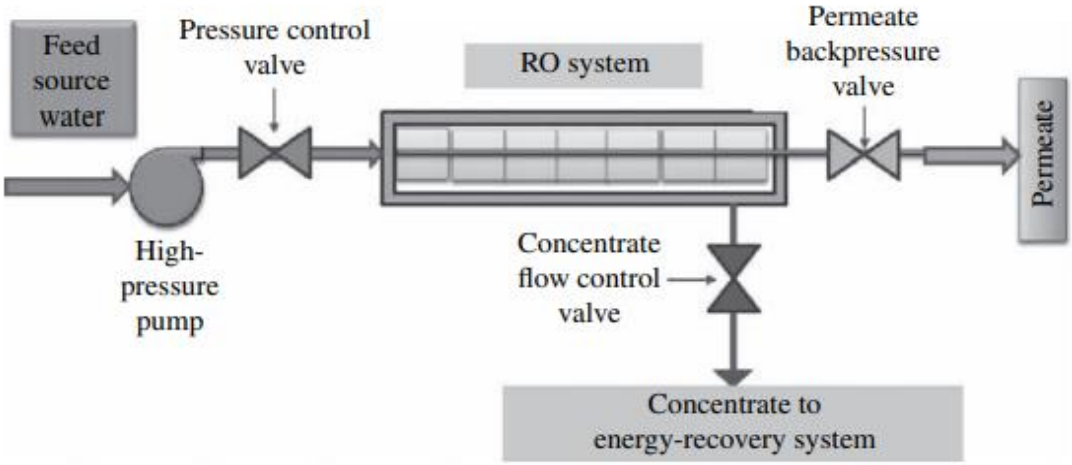
STST 2205 OR 904

- مع مرور الوقت وتشغيل المحطة من الطبيعى ان تنخفض انتاجية المحطة نتيجة تكون الملاح على سطح الأغشية مما يؤدى لخفض انتاجية المحطة وزيادة ملوحة المياه المنتجة

مع تقدم عمر أغشية التناضح العكسي بمرور الوقت ، تقل نفاذية هذه الأغشية ، وبالتالي إنتاجيتها حيث يفقد المحطة من 8 إلى 15 بالمائة من إنتاجيته الأولية خلال فترة تتراوح من ثلاث إلى خمس سنوات

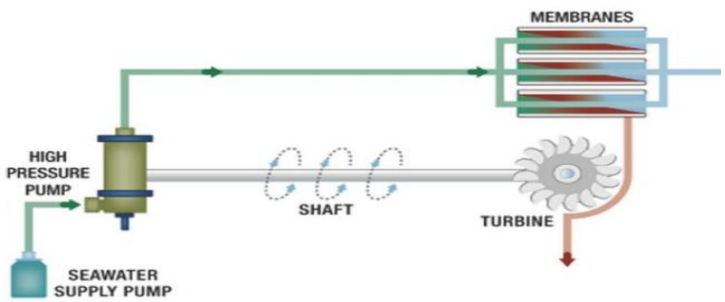
لذلك نظام مغير السرعة variable frequency drive VFD مناسب لتلك الظروف ليتم تركيب VFD للمضخات للحفاظ على الأداء الأمثل للمحطة خلال المدى الزمنى للتشغيل وذلك برفع ضغط التشغيل وكمية التصرف لتعويض خفض الإنتاجية ويكون ذلك فى التصمم الخاص بالمحطة خلال سنوات عمر المحطة

ولذلك يتم يتم تركيب صمام الضغط الخلفي على طرد الأغشية للحفاظ على الضغط داخل الأغشية فى الوحدات الصغيرة

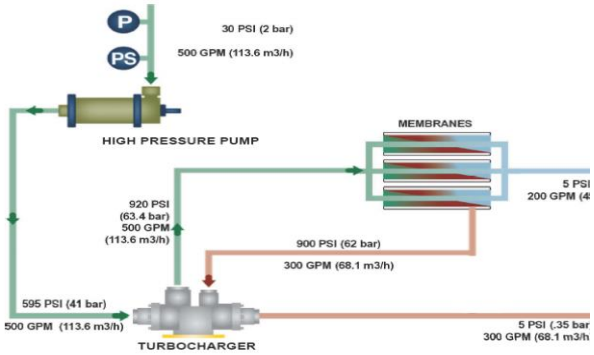


أما فى المحطات الكبيرة فيتم الحفاظ على الضغط داخل الأغشية بوسائل استعادة الطاقة المختلفة كالأتى

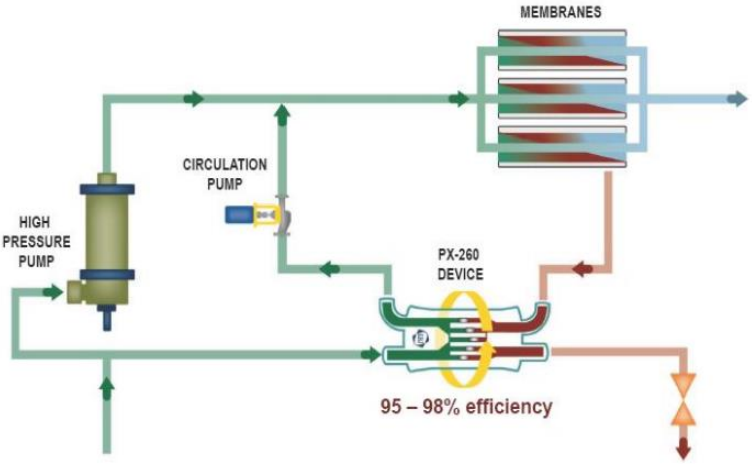
أ – استخدام تربينة بلتون Pelton wheel turbine



ب – إستخدام تربو شارجر turbo charger



جـ - بإستخدام Pressure exchanger (px)



د – بإستخدام Dweer system نظام دوبير

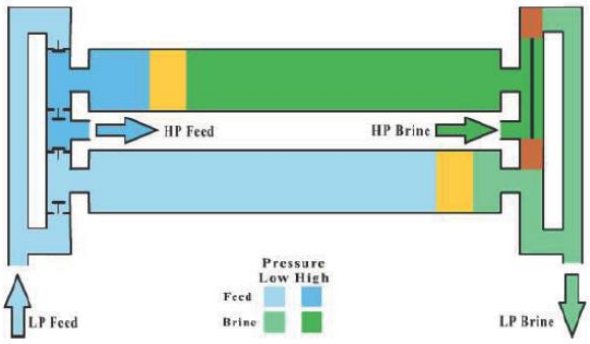


Figure 6-4: Schematic Diagram of Dual Work Exchanger DWEER System

انواع مضخات الضغط العالي

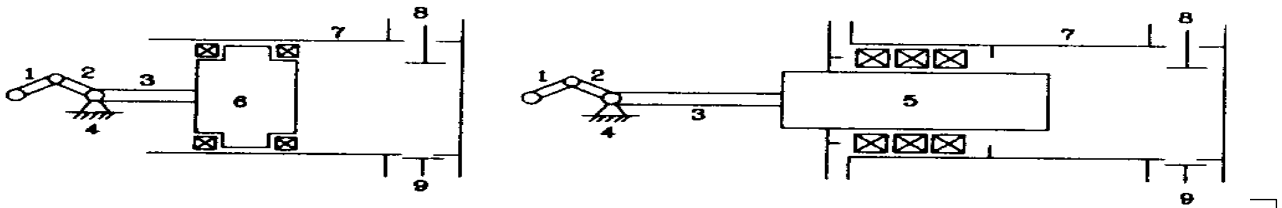
النوعان الأكثر شيوعًا من مضخات الضغط العالي المستخدمة لأنظمة التناضح العكسي هما المضخات الترددية (المكبس) ومضخات الطرد المركزي

1- مضخات الضغط العالي الترددية

طلمبات الكباس أو المكبس
PLUNGER /PISTON PUMPS

- فكرة الطلمبة : PUMP CONCEPT

تتكون هذه الطلمبة من غرفة يتردد داخلها عمود إسطوانى (PLUNGER) وتسمى الطلمبة فى هذه الحالة طلمبة ذات كباس (PLUNGER PUMP) (شكل رقم 1 يميناً) فإذا ما تحرك العمود خارجاً من الغرفة سميت هذه الحركة مشوار السحب (SUCTION STROKE) فيزداد حجم الغرفة وينخفض ضغطها فينفتح صمام السحب وينغلق صمام الطردويدخل السائل إلى الغرفة فيملأها ، وعندما يتحرك العمود داخلاً إلى الغرفة سميت هذه الحركة مشوار الطرد (DISCHARGE STROKE) فيقل حجم الغرفة ويزداد ضغطها وينفتح صمام الطرد وينغلق صمام السحب ذاتياً ويندفع السائل من خلال صمام الطرد إلى شبكة الأنابيب(SYSTEM) ، وقد يكون شكل هذه الغرفة إسطوانياً يتحرك داخلها مكبس محكم فيها (PISTON) وتسمى الطلمبة فى هذه الحالة طلمبة ذات مكبس (PISTON PUMP) شكل رقم (1) يساراً . وعادة ما تكون هذه الطلمبات ذات سرعة ثابتة منخفضة ومعدل ضخ ثابت اما الضغط فيتحدد وفقاً والمقاومات التى تواجهها الطلمبة .



1- عمود المرفق CRANK SHAFT	5- كباس PLUNGER	9- صمام الطرد DISCHARGE VALVE
2- ذراع التوصيل CONECTING ROD	6- مكبس PISTON	10- حلقات حشو مانع للتسرب ثابتة
3- عمود الدفع PUSHING ROD	7- الإسطوانة CYLINDER	11- حلقات حشو مانع للتسرب متحركة
4- كرسى منزلق CROSS HEAD	8- صمام السحب SUCTION VALVE	

- نظرية عمل الطلمبة PUMP THEORY

إذا تحرك عمود المرفق (CRANK SHAFT) حركة دورانية يقوم ذراع التوصيل بتحويلها إلى حركة ترددية للكرسى المنزلق (CROSSHEAD) الذى يدفع ويسحب معه الكباس او المكبس داخل الإسطوانة .

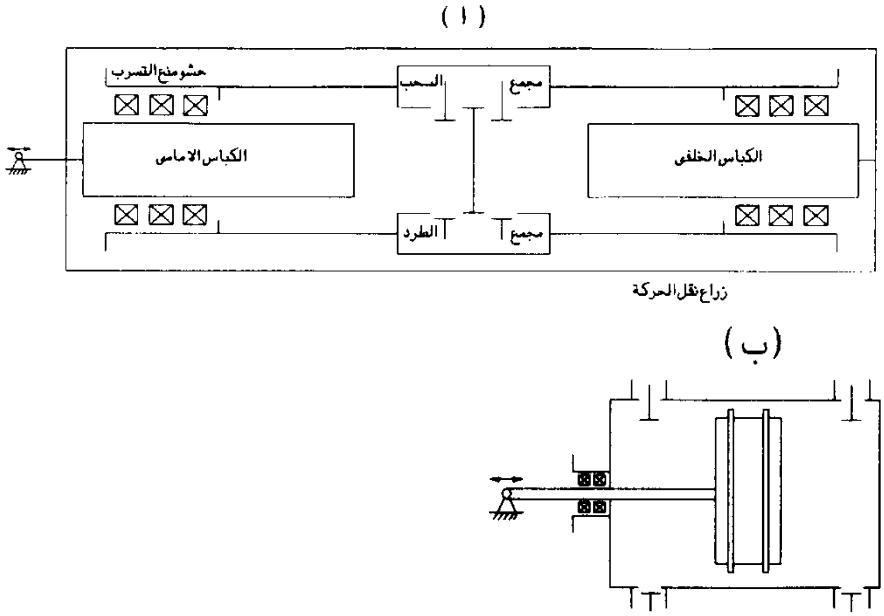
وأثناء الحركة لخارج الأسطوانة (مشوار السحب) ينخفض الضغط داخل الأسطوانة عن ضغط السائل فى ماسورة السحب فينفتح صمام السحب وينغلق صمام الطرد ويملأ السائل الأسطوانة .

وأثناء الحركة لداخل الأسطوانة (مشوار الطرد) يزداد الضغط داخل الأسطوانة عن الضغط فى ماسورة الطرد وينفتح

صمام الطرد وينغلق صمام السحب ويندفع السائل فى ماسورة الطرد . وتتكرر هذه الدورة فى كل لفة من لفات المرفق .

الطلمبة الترددية مزدوجة التأثير : DOUBLE ACTING RECIPROCATING PUMP

تطلق كلمة مزدوجة التأثير على الطلمبة التى تقوم بإجراء عمليتى السحب والطرد فى آن واحد فى مشوار واحد بدلاً من مشوارين والشكل رقم (2) يبين نظرية عمل هذه الطلمبة فى حالة المكبس والكباس .



شكل (2) الطلمبة الترددية مزدوجة التأثير

مستوى الحركة : MOVEMENT PLAN

تصمم الطلمبات الترددية لتكون حركتها الترددية إما رأسية أو أفقية . وتستخدم الحركة الأفقية فى طلمبات الكباس حتى 200 حصان (149 كيلوات) وتصمم طلمبات الكباس الأفقية لعدد ثلاثة أو خمسة كباسات أما طلمبات المكبس الأفقية فتصل قدراتها حتى 3000 حصان (2235 كيلوات) وعادة تحتوى على إثنين أو ثلاثة مكابس مفردة أو مزدوجة التأثير .

والطلمبات ذات الحركة الرأسية تصل قدرات الطلمبات ذات الكباس فيها حتى 1500 حصان (1118 كيلوات) ومن مزايا هذه الحركة أنها تمنع تأثير وزن الكباس على

الجانب السفلى من حشو منع تسريب التبريد والكرسى المنزلق وإحتفاظ الحركة بمحور حركتها . ويمكن تصنيع طلمبات من هذا النوع من 3 إلى 4 كباسات بضغوط من 1000 إلى 3000 رطل/يوصة^2 (69 إلى 207 ضغط جوى) أما طلمبات المكبس فتصل إلى 2000 رطل/يوصة^2 (138 ضغط جوى) وغالبا نستخدم فى محطات التحلية التى تحتاج لضغوط عالية وتكون فى أنظمة تحلية مياه البحر SWRO.

-معدل الضخ (السعة) : CAPACITY

معدل الضخ هو الحجم الكلى للسائل الذى تضخه الطلمبة فى وحدة الوقت .

الإزاحة : DISPLACEMENT (D)

الإزاحة هى السعة بفرض عدم وجود فواقد إنزلاق (تسرب) من الحشو المانع لتسريب التبريد أو من تهريب صمامات السحب من الأسطوانة إلى وصلات السحب أثناء مشوار الطرد أو تهريب صمامات الطرد من وصلات الطرد إلى داخل الأسطوانة أثناء مشوار السحب سواء كانت ذات مكبس أو كباس

-التسرب (S) : SLIP

تتأثر الجودة الحجمية للطلمبة الترددية بما يتسرب من السائل المزاح بواسطة المكبس سواء كان التسرب من غرفة منع تسريب التبريد (STUFFING BOX) أو كان التسرب تهريب من صمامات الطرد أو السحب للطلمبة . ويمكن إهمال تسرب غرف تسريب التبريد أما تسرب الصمامات فقد تصل قيمته إلى (2 – 10% من الحجم المزاح) طبقاً وحالة وتصميم الصمامات ويتأثر تهريب الصمامات بلزوجة السائل كما يتأثر التهريب أيضاً بسرعة دوران الطلمبة وضغط الطرد.

- الكفاءة الميكانيكية ME : MECHANICAL EFFICIENCY

التصميم الجيد للطلمبة الترددية يصل بالجودة الميكانيكية لها إلى (90 – 95%) وعندما يدير الطلمبة محرك تزيد سرعته عن سرعتها فإن الطلمبة تحتاج صندوق تروس أو عن طريق طنابير نقل الحركة من الموتور للطلمبه مما يقلل من هذه السرعة ويستهلك جزء من قدرة المحرك وبالتالى يقلل من الجودة الميكانيكية للطلمبة لتصل إلى (80 – 85%) .

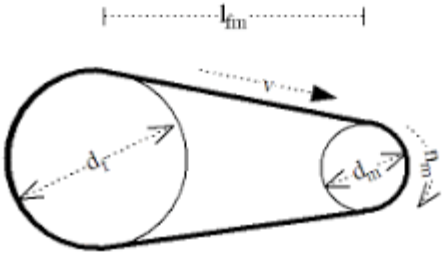
السرعة : SPEED

تعتبر الطلمبة الترددية بطيئة السرعة إذا ما قورنت بالأنواع الأخرى من الطلمبات حيث تتراوح سرعاتها من (300 – 800 لفة/دقيقة) وعموماً فإن الحاكم الرئيسى للسرعة هو عمر الحشو المانع للتهريب حول المكبس أو الكباس حيث يقل هذا العمر كلما زادت السرعة الخطية للمكبس أو الكباس والتى تتراوح من 140 إلى 150 قدم/دقيقة (0.71 – 0.76 متر/ثانية) كما يحكم السرعة أيضاً عمر الصمامات

وقواعدها حيث يزداد معدل فتح وغلق هذه الصمامات بزيادة السرعة وبالتالى يقل عمرها .

سيور نقل الحركة

تستخدم هذه السيور لنقل الحركة الدورانية من عمود (shaft) الى اخر.وتستخدم هذه السيور لخفض سرعة الموتور إلى الطلمبة الترددية وزيادة العزم على عمود الطلمبة



العلاقة بين البكرة المدارة وبكرة الموتور

$$d_f\, n_f = d_m\, n_m$$

حساب النسبة بين السرعات(Speed Raio)

$$SR = R_f / R_s$$

حيث ان:

= SRالنسبة بين السرعات(speed ratio)

= Rfعدد اللفات في الدقيقة للموتور

= Rsعدد اللفات في الدقيقة للطلمبة

نبضات الطلمبة الترددية : PULSATIONS

يعتبر نبض الطلمبة الترددية من الأمور الهامة فى تصميمها وتشغيلها ويحدث النبض نتيجة عدم ثبات سرعة المكبس أثناء مشواره حيث تنعدم سرعته فى بداية ونهاية المشوار وتزداد فى منتصفه وبالتالى عدم ثبات معدل ضخ الطلمبة فإذا كانت الطلمبة ذات أسطوانة واحدة ومكبس مزدوج التأثير أو أسطوانتين لكل منهما مكبس مفرد التأثير فإن العلاقة بين زاوية المرفق شكل رقم(4) ومعدل تغيير الإزاحة بالنسبة للزمن (A) يمثلها المنحنى المبين بالشكل رقم (5)

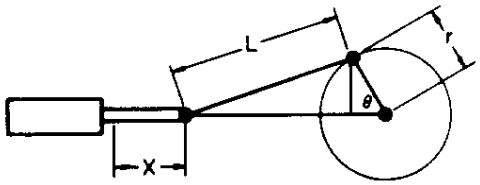


FIG. 5 ion. (Ingersoll-Rand)

شكل (4) القياسات الهامة فى الطلمبة الترددية

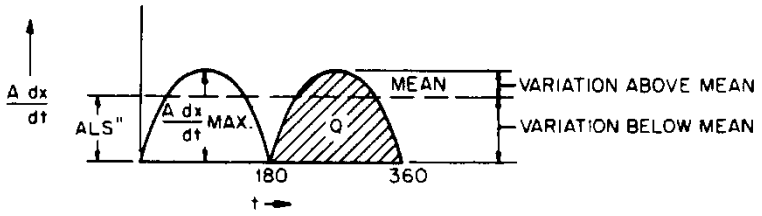
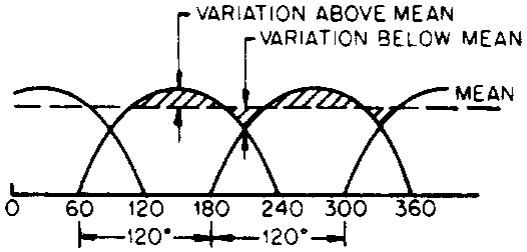


FIG. 6 Discharge rate for single double-a soll-Rand)

شكل (5) العلاقة بين زاوية المرفق ومعدل الإزاحة بواسطة الكباس أو المكبس لطلمبة ترددية مكبس واحد مزدوج التأثير

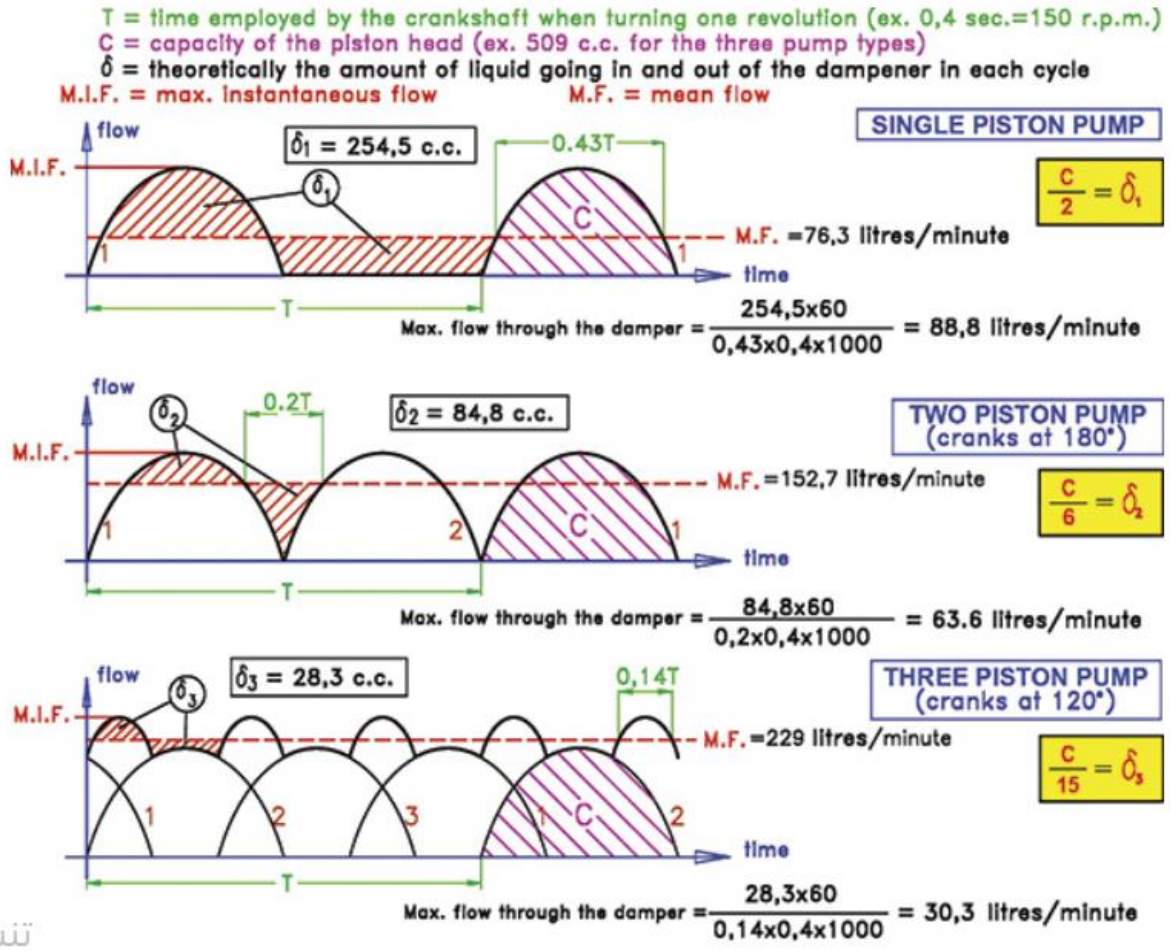
فإذا إفترضنا أن متوسط معدل الضخ (MEAN) فإن معدل تغيير الإزاحة أحياناً يزداد وأحياناً ينخفض عن متوسط معدل الضخ بنسبة مئوية من هذا المتوسط تصل إلى أقصى قيمة (ABOVE MEAN) وأقل قيمة (BELOW MEAN) وإذا إفترضنا عمود مرفق يناول 3 كباسات أو مكابس بين كل كباس وأخر زاوية مرفق قدرها 120° وهذا النوع من الطلمبات يسمى (TRIPLEX SINGLE - ACTING) فإن أقصى تغير وأقل تغير كما فى الشكل رقم (6) يقل عنه فى الطلمبة ذات الأسطوانتين أو ذات المكبس المزدوج .



شكل (6) العلاقة بين زاوية المرفق ومعدل الإزاحة لطلمبة ترددية ثلاثية الكباسات

وعموماً فإن هذا الإرتفاع والإنخفاض يتوقف على عدد المكابس والنسبة (c) بين طول ذراع التوصيل L وطول حدفه المرفق r.

وتتسبب هذه النبضات فى إحداث نبضات أخرى من الضغط فى وصلات السحب والطرد تتسبب فى إهتزازها بشدة قد تؤدى إلى إتلافها بالإضافة إلى تأثيرها السلبى على شدة رباط مسامير الفرش وكل ما هو معرض إلى هذه الإهتزازات .



السيطرة على النبضات : PULSATION CONTROL

تتسبب نبضات الإزاحة فى نبضات ضغط وهذه الأخيرة هى التى يجب أن نتفادى تأثيرها السلبى على أداء الطلمبة وتوصيلاتها . ويتم ذلك بإستخدام فلاتر صوتية (ACOUSTIC FILTERS) والمجمعات الجانبية (SIDE BRANCH ACCUMULATORS) .

الفلاتر الصوتية أو أجهزة الرنين وهى عبارة عن وصلات متسلسلة من الأنابيب مختلفة القطر والطول طبقاً وشكل موجة الضغط يمر بها السائل فتخمد موجة الضغط .

المجمعات الجانبية عبارة عن وعاء مملوء بالسائل متصل بالسائل الموجود فى خط السحب أو الطرد بوصلة خانقة (ماسورة قصيرة ذات قطر صغير) أو أوعية مملوءة بالغاز المضغوط متصلة بمسار السائل فإذا ما زاد معدل الإزاحة عن متوسط المعدل دخل الحجم الزائد من السائل إلى الوعاء ضد ضغط الغاز المساوى للضغط المتوسط للسائل تقريباً فيزداد ضغطه وبمجرد إنخفاض معدل الإزاحة يرتد الحجم الزائد الموجود فى الوعاء بفعل زيادة الضغط مرة ثانية إلى مسار السائل شكل رقم (7) . وبالتالى نصل إلى ضغط ثابت تقريباً داخل وصلات الطرد أو السحب .

للتغلب على التأثير السلبى للنبضات يتم تركيب ممتص النبضات **Pulsation Dampener** للتركيب على خطى الطرد والسحب أمام الطلمبة مباشرة حيث ان

ممتص النبضات يمتص الضغط العالى للنبضات عند منتصف حركة المكبس طبقا للضغط المعاير علية ويعوض ذلك بدفع المياع فى الخط عند نهاية وبداية كل مشوار للمكبس بما يحول الشكل الترددى للمياه لشكل شبة ثابت .

ومع زيادة عدد الأسطوانات فى الطلمبة إلة ثلاثة أو خمس اسطوانات يقل تأثثير النبضات حيث تتداخل مشوايرالحركة حيث يتم شحن ديفرام ممتص الصدمات بالنتروجين بقيمة 66% من ضغط الخط المراد تركيبب ممتص النبضدات علية

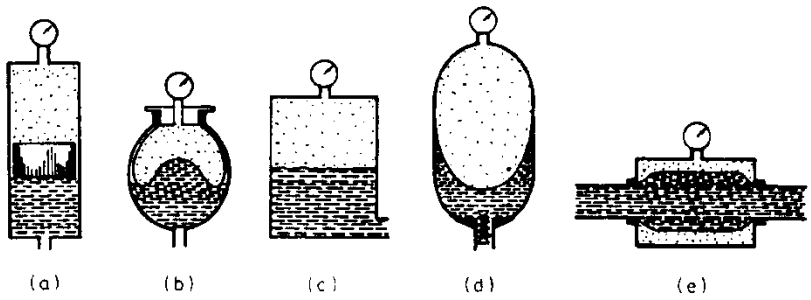
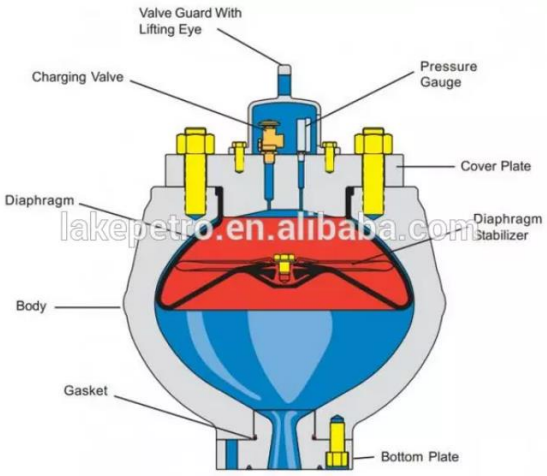


FIG. 6 Types of accumulators: (*a*) piston, (*b*) diaphragm, (*c*) gas-charged, (*d*) bladder, (*e*) in-line.



شكل (7) أنواع مجمعات النبضات

الضاغط الصافى الموجب المطلوب للسحب (NPSHR) :

NET POSOTIVE SUCTION HEAD REQUIRED

يحتاج الأداء السليم للطلمبة الترددية ملؤها بسائل متجانس خالى من الغازات والأبخرة وإلا تعرض السائل داخل الطلمبة إلى صفعات شديدة نتيجة إنهيار الجيوب البخارية ينتج عنها صدمات وإهتزازات عندما يبدأ مشوار الكبس ولهذا تصمم الطلمبة

بحيث يكون مطلوباً لها ضاغط سحب معين يكون كافياً لعدم تولد أبخرة السائل عند درجة حرارة التشغيل ويسمى هذا الضاغط (NPSHR) فمثلاً يتغير هذا الضغط تقريباً بالتناسب مع مربع سرعة الطلمبة والشكل رقم (8) يبين قيمة هذا الضاغط لطلمبة ثلاثية الكباسات (TRIPLEX PUMP) كلما تغيرت سرعة دوران الطلمبة وذلك لأقطار مختلفة من الكباسات ونلاحظ أنه كلما زاد قطر الكباس زاد معدل تأثير السرعة على قيمة ضاغط السحب المطلوب .

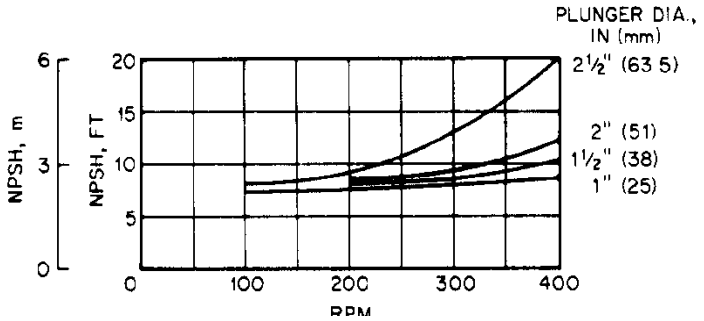


FIG. 8 NPSHR for Ingersoll-Rand)

شكل (8) مثال لتغير ضاغط السحب المطلوب للطلمبة كلما زادت سرعتها

الضاغط الصافى الموجب المتوافر للسحب : NPSH AVAIABLE

عندما يتم تصميم الطلمبة وحساب الضاغط الصافى الموجب المطلوب لها عند مركز فتحة السحب ، ولكى تعمل الطلمبة بأداء حسن يجب أن يكون الضاغط المتوافر فى نهاية ماسورة السحب عند مركز فتحة سحب الطلمبة أكبر قليلاً من الضاغط المطلوب للطلمبة بمقدار (من 0.2 إلى 0.3 ضغط جوى) وبهذا نتجنب أى إحتمال لتوليد جيوب بخارية داخل تيار السائل أثناء مشوار السحب .

(11-5-1/2) مكونات الطلمبة الترددية :

يجب التعرف على شكل مكونات الطلمبة الترددية وأسمائها وسماتها كما يلى :-

الطرف الخاص بالسائل : LIQUID END

يتمثل هذا الطرف فى أجزاء الطلمبة الملامسة للسائل المدفوع مثل الأسطوانة (CYLINDER) و المكبس أو الكباس (PISTON OR PLUNGER) والصمامات (VALVES) وغرفة منع التسرب (STUFFING BOX) ومجمعى السحب والطرد (MANIFOLDS) وغطاء أو رأس الأسطوانة (SYLINDER HEAD)

صمامات الطلمبة الترددية : VALVES

يحتوى غطاء الأسطوانة على فتحات يركب عليها مجموعتين من الصمامات إحداهما تمثل صمامات السحب والأخرى تمثل صمات الطرد . والصمام عبارة عن سدادة دائرية من سبيكة صلبة من السبائك المبينة فى الجدول (2) ترسو على قاعدة مشطوفة لفتحة فى رأس الأسطوانة بتأثير قوة ضاغطه من ياي صلب وتأخذ الفتحة والصمام أشكال مختلفة جدول رقم (3) تختلف طبقاً والغر سحم فيه الطلمبة .

Material	Plate	Seat
	Rockwell C hardness	
329	30 to 35	38 to 43
440	44 to 48	52 to 56
17-4 PH	35 to 40	40 to 45
15-5 PH	35 to 40	40 to 45
	Brinell hardness	
316	150 to 180	150 to 180

جدول (2) صلابة المواد المستحدمة فى تصنيع سدادة الصمام وقاعدتها للطلمبة الترددية

TYPE	SKETCH	PRESSURE, PSI (BAR)	APPLICATION
PLATE	A = SEAT AREA B = SPILL AREA	5,000 (345)	CLEAN FLUID. PLATE IS METAL OR PLASTIC
WING		10,000 (690)	CLEAN FLUIDS. CHEMICALS
BALL		30,000 (2,069)	FLUIDS WITH PARTICLES. CLEAR, CLEAN FLUID AT HIGH PRESSURE. BALL S CHROME PLATED
PLUG		6,000 (414)	CHEMICALS
SLURRY	INSERT	2,500 (172)	MUD, SLURRY. POT DIMENSIONS TO API-12. POLYURETHANE OR BUNA-N INSERT

جدول (3) أنواع وأشكال صمامات الطلمبات الترددية وتطبيقاتها

نوع الخدمة : DUTY SERVICE

للإختيار الإقتصادى للطلمبة يجب تحديد فترات التشغيل اليومية التى تعمل فيها الطلمبة على الحمل الكامل وبناءً على هذه الفترات يتحدد نوعية الخدمة التى يجب إخطار الموردين بها كما يلى :-

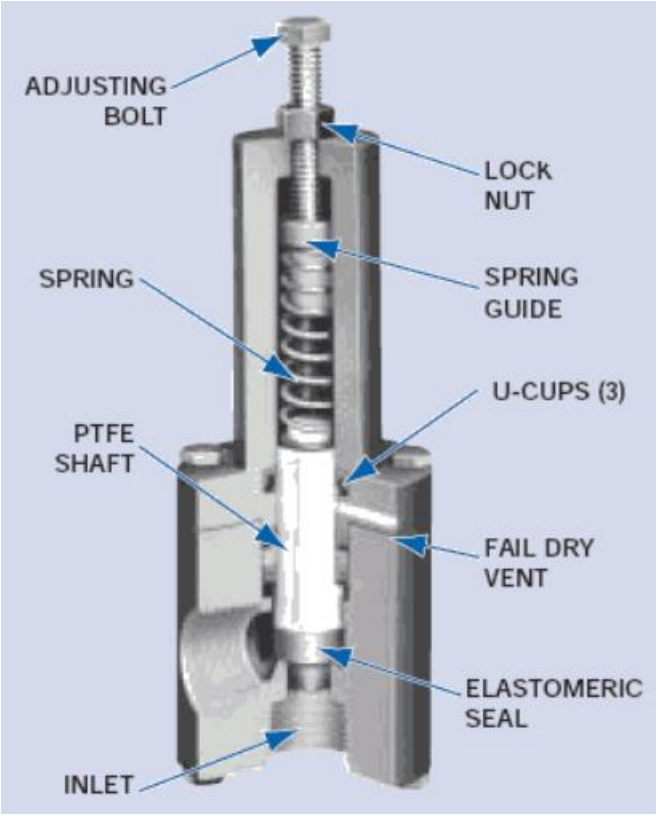
خدمة مستمرة (CONTINUOUS) من 8-24 ساعة/يوم .
خدمة خفيفة (LIGHT) من 3-8 ساعة/يوم .
خدمة متقطعة (INTERMITTENT) حتى 3 ساعة/يوم .
خدمة دورية (CYCLIC) 30 ثانية على الحمل كل 3 دقائق .

ملحقات الطلمبة :

من أهم الملحقات الخاصة بالطلمبة الترددية ما يلى :-

صمام التصريف : RELIEF VALVE

تتعرض الطلمبات أثناء التشغيل إلى زيادة فى ضغط التشغيل عما صممت عليه الطلمبة (OPERATING PRESSURE) ولهذا يجب تزويد الطلمبة الترددية بصمام تخفيف لضغط الطرد عندما تتخطى الزيادة المتوقعة لضغط التشغيل 25% للطلمبات الثنائية (DUPLEX) مزدوجة التأثير أو 10% للطلمبات الثلاثية (TRIPLEX) فأكثر حيث يقوم الصمام بتصريف كمية السائل المسببة لزيادة الضغط إلى خطوط السحب أو المجارى .



صمام الترجيع : BYPASS RELIEF

عند بدء إدارة الطلمبة الترددية فإنها تواجه الحمل مباشرة وبالتالى تتعرض الأجزاء المتحركة بها لإجهادات شديدة قد تتسبب فى كسرها كما أن محرك الطلمبة لا يمكن تحميله بحمل فجائى يتسبب فى خلل فى أداءه ولهذا يجب تركيب صمام ترجيع على وصلة مواسير بين خط الطرد وخط السحب حيث يبدأ تشغيل المحرك وصمام سحب الطلمبة مفتوح بينما يكون صمام الطرد وصمام عدم الرجوع مغلقاً ويكون صمام الترجيع مفتوح ثم يغلق الصمام تدريجياً أثناء دوران المحرك مع فتح صمام الطرد وبالتالى يتم تحميل المحرك تدريجياً حتى يتم غلق صمام الترجيع بالكامل . والشكل رقم (17) يبين موقع صمام التصريف وصمام الترجيع بالنسبة لتوصيلات الطلمبة .

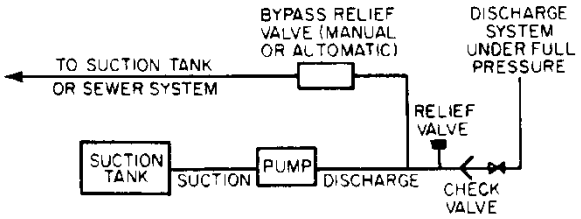


FIG. 32 ystem. (Ingersoll-Rand)

شكل (17) موقع صمامى التصريف والترجيع للطلمبة الترددية

كواتم النبض : PULSATION DAMPENERS

تستخدم الكواتم لتقليل نبضات السحب والطرد للطلمبة الترددية . وتظهر فائدتها فى الطلمبات ذات النبضات عالية الضغط كما فى الطلمبات ثنائية أو ثلاثية الكباس ، وكواتم السحب المناسبة عبارة عن غرفة على شكل ماسورة رأسية بنفس القطر الداخلى للماسورة المركب عليها الكاتم إرتفاعها من 8 إلى 10 قطر الماسورة بحيث لا يقل عن 0.6 متر ، تحتوى على وسادة هوائية لا يقل إرتفاعها عن 0.3 متر مزودة بوصلة من أعلاها تخرج من الغرفة لإعادة شحن الهواء والحفاظ على ضغط الوسادة . أما كواتم الطرد فتستخدم وسادة نيتروجين لا يقل ضغطها عن 66% من ضغط طرد الطلمبة .

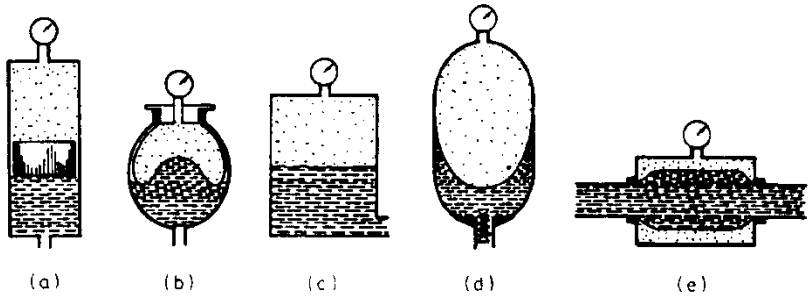
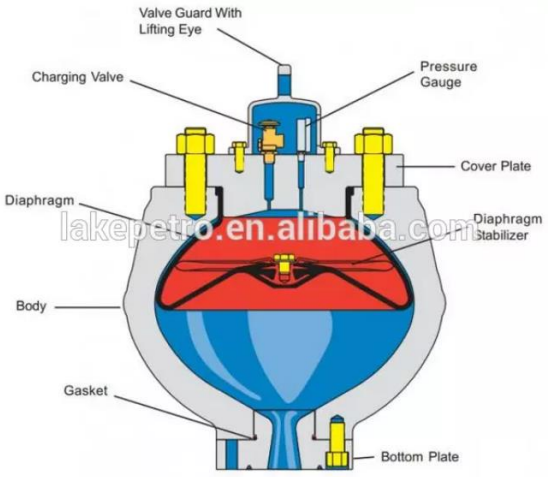


FIG. 6 Types of accumulators: (*a*) piston, (*b*) diaphragm, (*c*) gas-charged, (*d*) bladder, (*e*) in-line.



شكل (7) أنواع مجمعات النبضات

المضخات متعددة المرحل

مكونات الطلمبة المروحية
CENTRIFUGAL PUMP CONSTRUCTION

يتكون الهيكل البنائى للطلمبة المروحية من أجزاء تختلف فى تصميمها وأشكالها وأبعادها طبقاً للأداء المطلوب من الطلمبة ونظراً لأهمية بعض هذه الأجزاء فقد تسمى الطلمبة وفقاً وسمة مميزة لأحد هذه الأجزاء تنفرد بها الطلمبة عن باقى الطلمبات المستخدمة معها .

تسمية الطلمبة : PUMP NOMENCLATURE

تسمى الطلمبة المروحية وفقاً والسمات لأحد أجزائها كما يلى :-

تسمية وفقاً ووضع عمود الإدارة :

تصمم بعض الطلمبات بحيث يكون عمود الإدارة رأسياً وتسمى الطلمبة فى هذه الحالة طلمبة رأسية (VERTICAL PUMP) وبعض الطلمبات تصمم بحيث يكون عمود الإدارة أفقياً وتسمى الطلمبة فى هذه الحالة طلمبة أفقية (HORIZONTAL PUMP) .

تسمية وفقاً وموضع فتحة السحب : SUCTION NOZZLE

تصمم الطلمبات الأفقية بحيث تكون فلانشة سحب الطلمبة فى أحد الأماكن الأتية :-

- الفلانشة مواجهة لنهاية عمود الطلمبة وتسمى الطلمبة فى هذه الحالة بالنسبة لفتحة السحب (END-SUCTION PUMP) كما فى أشكال (1 ، 8 ، 11 ، 13 ، ... الخ) .
- الفلانشة على أحد جانبى العمود وتسمى (SIDE-SUCTION PUMP) كما فى أشكال (7 ،10، .. الخ) .
- الفلانشة فى أسفل النصف السفلى لجسم الطلمبة شكل رقم (14) وتسمى (BOTTOM-SUCTION PUMP) .
- الفلانشة فى أعلى النصف العلوى لجسم الطلمبة شكل رقم (21) وتسمى (TOP-SUCTION PUMP) .

تسمية وفقاً ومسار التدفق خلال ريش المروحة :

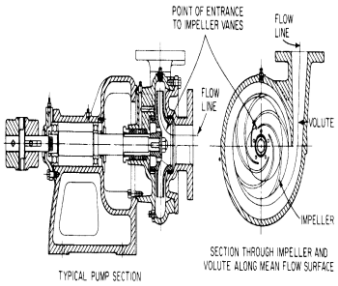
فى هذه الحالة إذا كان التدفق إما قطرى فتسمى الطلمبة (RADIAL PUMP) ، أو محورى تسمى الطلمبة (AXIAL PUMP) ، أو خليط بينهما تسمى الطلمبة (MIXED PUMP) .

أجزاء الطلمبة المروحية : CENTRIFUGAL PUMP PARTS

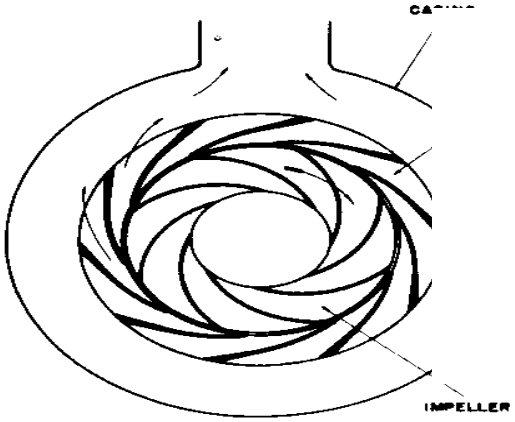
تتكون الطلمبة المروحية من أجزاء بسيطة غير معقدة ولكن كل جزء منها يأخذ أشكالاً مختلفة من طلمبة إلى أخرى بحيث يحقق هذا الشكل أقصى إستفادة له فى الطلمبة المحددة . وأهم أجزاء الطلمبة هى :-

الغلاف : CASING

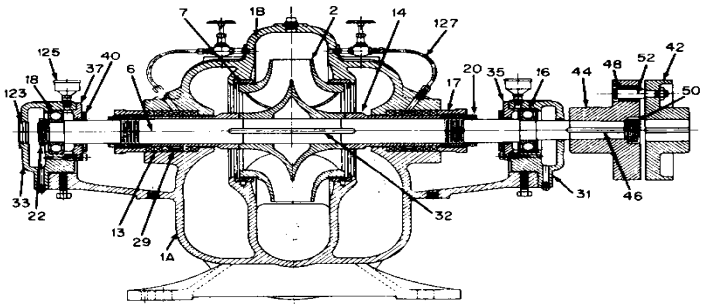
يطلق إسم الغلاف على الجزء من جسم الطلمبة المحيط بالمروحة . وغلاف الطلمبة وظيفته الرئيسية هى تحويل طاقة سرعة السائل إلى طاقة ضغط بإستقبال السائل السريع الخارج من المروحة من مساحة ضيقة إلى مساحة



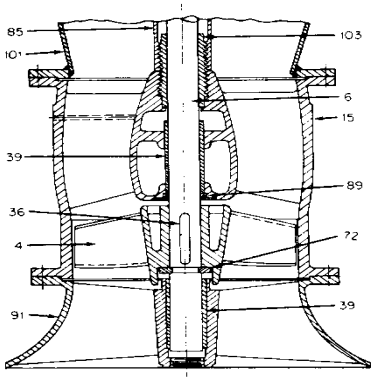
شكل (1) طلمبة مروحية مرحلة واحدة ذات غلاف فليوتى وفلانشة السحب مواجهة لنهاية عمود الطلمبة



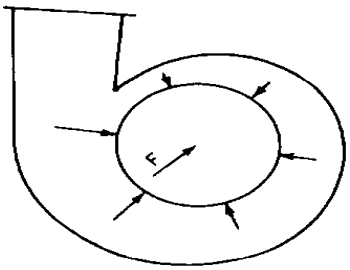
شكل (2) طلمبة ذات الغلاف الناشر



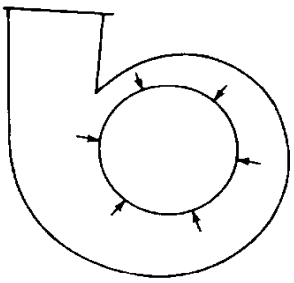
شكل (3) طلمبة مرحلة واحدة ذات غلاف فليوتى مزدوج المدخل والأجزاء مرقمة وفقاً والجدول (1)



شكل (4) طلمبة رأسية للأحواض العميقة للسوائل ومسميات الأرقام فى الجدول (1)



شكل (6) عدم تساوى القوى القطرية الهيدروليكية على حافة المروحة عندما ينخفض معدل الضخ عن المعدل التصميمى بما لا يحقق الإتزان القطرى عن المعدل التصميمى فى حالة الغلاف الفليوتى



شكل (5) تساوى القوى القطرية الهيدروليكية المؤثرة على حافة المروحة عند معدل الضخ التصميمى فى حالة الغلاف الفليوتى بما يحقق الإتزان القطرى

أوسع داخل غلاف دائرى يحيط بالمروحة متزايد المقطع شكل رقم (1) يسمى الغلاف الفليوتى (VOLUTE CASING) أو بإستخدام الغلاف ذو الريش (DIFFUSER CASING) شكل رقم (2) وهو عبارة عن مروحة ثابتة حول المروحة الدائرة مزودة بريش لخمد سرعة السائل ونادراً ما يستخدم الغلاف ذو الريش فى الطلمبات ذات المرحلة الواحدة والتدفق القطرى ولكنه يستخدم بصفة رئيسية فى طلمبات الضغط العالى متعددة المراحل والطلمبات التوربينية الرأسية وطلمبات المرحلة الواحدة ذات الضغط المنخفض ذات المروحة الرفاص .

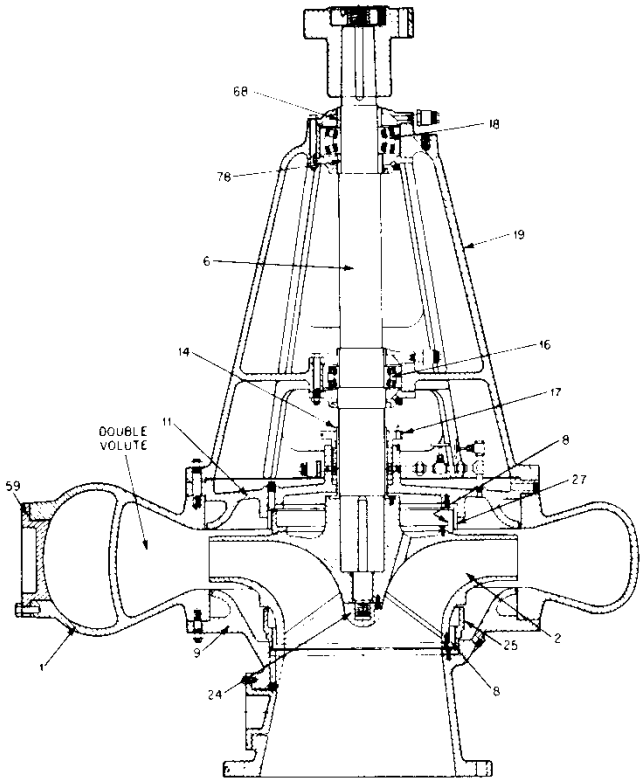
الدفع القطرى داخل الغلاف الفليوتى : RADIAL THRUTST

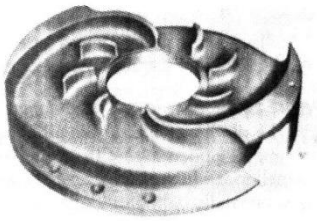
عند تصميم طلمبة ذات غلاف فليوتى مفرد فإن المصمم يأخذ فى الإعتبار إتزان قوى الدفع النظرية تقريباً عند معدل الضخ المصممة عليه الطلمبة شكل رقم (5) وعندما تضخ الطلمبة معدلات تختلف عن هذا المعدل فإن ضغط السائل حول المروحة لا يكون منتظماً أو متساوياً شكل رقم (6) وتكون هناك محصلة لقوى الضغط ولتكن (F) ترتبط بضغط الطرد وبسمك المروحة وقطرها فإذا فرضنا طلمبتين إحداهما ذات ضغط أكبر وقطر أكبر للمروحة فإنه عندما ينخفض المعدل بنفس النسبة فإن الطلمبة الأكبر ضغطاً وقطراً تتعرض لمحصلة قطرية أكبر غير متزنة . فى حين أن الغلاف ذو الريش لا يسبب هذه المشكلة . وتدخل هذه القوة فى حسابات ترخيم العمود عند تصميمه وحسابات تصميم الكراسى بجانب وزن المروحة ولهذا يجب على المشترى أن يحدد للصانع أقل معدلات تعمل عليها الطلمبة حتى يعتمد عليها المصمم فى حساب الدفع القطرى عند تصميم العمود خاصة للطلمبات ذات الضغوط الكبيرة 0 وعموماً تم علاج هذه الظاهرة بتصنيع غلاف فليوتى مزدوج (DOUBLE VOLUTE CASING) شكل رقم (7) يصنع زاوية 180° مع الغلاف الأصلى فتتزن القوى القطرية عند المعدلات المنخفضة . والشكل رقم (9) يبين منظر أمامى وخلفى لغلاف فليوتى مزدوج لطلمبة مروحية متعددة المراحل .

** وقد تختلف مسميات الأغلفة كما يلى :-

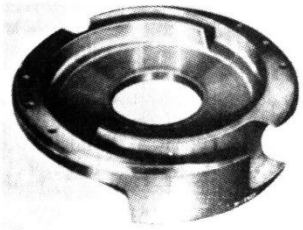
الغلاف المصمت والمشقوق : SOLID AND SPLIT CASING

تطلق كلمة الغلاف المصمت SOLID على جسم الطلمبة المصمم بحيث يكون مسار السائل المندفع من المروحة وحتى فلانشة الطرد للطلمبة يمر فى جسم واحد وهذا بنطبق على أجسام الطلمبات المشقوقة قطرياً (RADIALLY SPLIT) أى التى يكون المستوى الفاصل لجزئى الغلاف عمودياً على محور عمود الطلمبة ويظهر ذلك فى الأشكال (1 ، 11 ، 12 ، 13) أما الغلاف المشقوق فيطلق على جسم الطلمبة المصمم بحيث يكون مقسوماً إلى جزئين سفلى وعلوى يتم ربطهما معاً بقوة بعد ترسية العضو الدائر داخلهما وبحيث تكون فلانشتى السحب والطرد موجودتان معاً إما فى النصف السفلى أو فى النصف العلوى من الجسم .

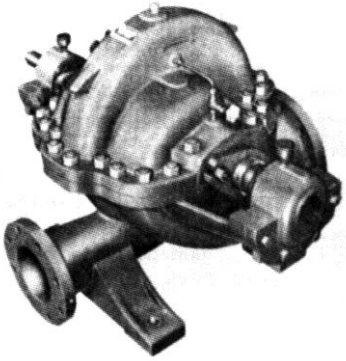


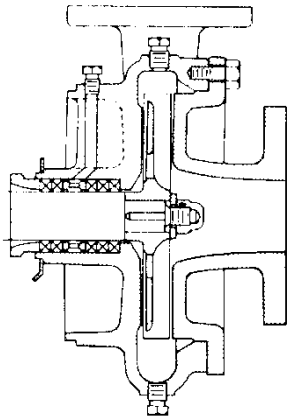


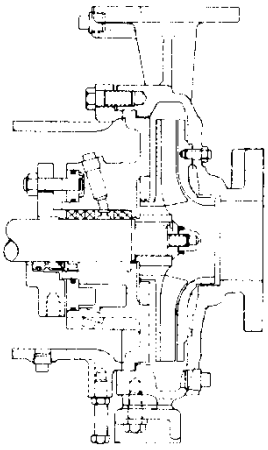
شكل (8) قطاع فى طلمبة رأسية ذات مروحة فى نهاية السحب وغلاف فليوتى مزدوج والأرقام موضح تفسيرها فى الجدول (1)



شكل (9) غلاف فليوتى مزدوج لطلمبة متعددة المراحل الأيمن يمثل أحد وجهى الغلاف والأيسر الوجه الآخر



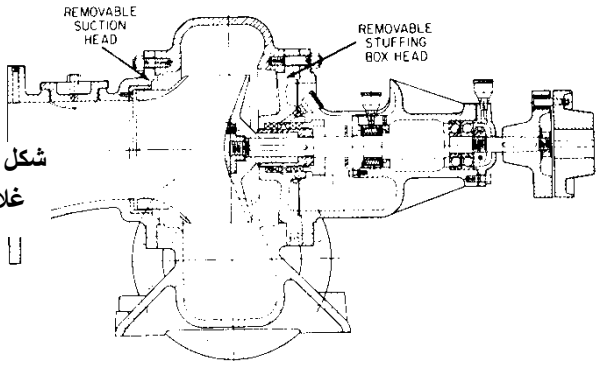




شكل (10) صورة فوتوغرافية لطلمبة ذات غلاف طلمبة ذات مروحة فى نهاية مشقوق محورياً (END-SUCTION)

شكل (11) طلمبة ذات مروحة مفتوحة فى نهاية خط السحب وغطاء قابل للفك ومروحة نصف مفتوحة

شكل (12) السحب



شكل (13) طلمبة ذات مروحة مواجهة للسحب ذات غلافين للسحب وغرفى منع الخرير قابلان للفك

غلاف طلمبات نهاية السحب : THE CASING OF END SUCTION PUMPS

يطلق هذا الإسم على الطلمبات التى يعتبر مسار السائل المسحوب داخل غلافها إمتداداً طبيعياً لوصلة السحب ممثلاً نهاية مسار السحب وبالتالى تعتبر المروحة هى نهاية مسار السحب . وعادة ما تكون هذه الطلمبات صغيرة وتحتوى على مرحلة واحدة وقطر فتحة طردها لا يزيد على 6 بوصة وفى هذه الحالة لا تحتاج الطلمبة إلى غرفتين لمنع الخرير على طرفى عمودها فهى لا تحتاج إلى غرفة عند النهاية

المواجهة لفتحة السحب والأشكال (11 ، 12 ، 13) تبين أشكال الغلاف لحالات مختلفة لهذا النوع .

غلاف منع الدوران المبكر : ANTI PREROTATION CASING

يعنى الدوران المبكر أن السائل الداخل من فلانشة سحب الطلمبة يبدأ فى الدوران قبل أن يصل إلى المروحة الدائرة وهذا الدوران يتسبب فى إنخفاض كفاءة الطلمبة وزيادة ضغط السحب المطلوب لها ولعلاج هذه الظاهرة يقوم المصمم بتصنيع الغلاف بحيث يحتوى مسار السائل بين فلانشة السحب والمروحة زعانف صغيرة تحول دون دوران السائل خلال هذا المسار .

أغلفة الطلمبات متعددة المراحل : MULTISTAGE PUMP CASING

يعتبر الغلاف الفليوتى هو المستخدم للطلمبات ذات المرحلة الواحدة أما إذا تكررت مراحل الطلمبة فإن المصمم يستخدم أى من الغلافين (الفليوتى أو الغلاف ذو الريش) لكل مرحلة بحيث يصل فى النهاية إلى أقصى إتزان للعضو الدائر وإذا أستخدم عدد زوجى من الغلاف الفليوتى فإنه لكى تتزن القوى الهيدروليكية القطرية يمكن تصميم فتحة طرد أحد الغلافين لأعلى والأخرى لأسفل فتتزن القوى القطرية شكل رقم (15)

** الأشكال (3 ، 4 ، 8) تجمع تقريباً كل الأجزاء الهامة للطلمبات المروحية وقد أمكن حصرها فى الجدول رقم (1) وفقاً ومسميات معهد الهيدروليكا الأمريكى مع بيان رقم الجزء على الرسومات الموضحة بالأشكال المذكورة .

Item no.	Name of part[a]	Item no.	Name of part[a]
1	Casing	33	Bearing housing (outboard)
1A	Casing (lower half)	35	Bearing cover (inboard)
1B	Casing (upper half)	36	Propeller key
2	Impeller	37	Bearing cover (outboard)
4	Propeller	39	Bearing bushing
6	Pump shaft	40	Deflector
7	Casing ring	42	Coupling (driver half)
8	Impeller ring	44	Coupling (pump half)
9	Suction cover	46	Coupling key
11	Stuffing box cover	48	Coupling bushing
13	Packing	50	Coupling lock nut
14	Shaft sleeve	52	Coupling pin
15	Discharge bowl	59	Handhole cover
16	Bearing (inboard)	68	Shaft collar
17	Gland	72	Thrust collar
18	Bearing (outboard)	78	Bearing spacer
19	Frame	85	Shaft enclosing tube
20	Shaft sleeve nut	89	Seal
22	Bearing lock nut	91	Suction bowl
24	Impeller nut	101	Column pipe
25	Suction head ring	103	Connector bearing
27	Stuffing box cover ring	123	Bearing end cover
29	Lantern ring (seal cage)	125	Grease (oil) cup
31	Bearing housing (inboard)	127	Seal pipe (tubing)
32	Impeller key		

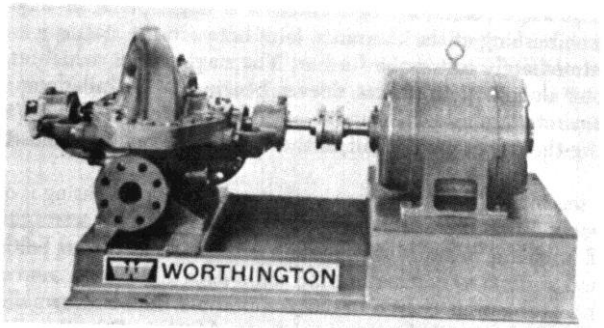
جدول (1) أسماء أجزاء الطلمبة المروحية وفقاً والأرقام الموضحة فى الأشكال (3 ، 4 ،8)

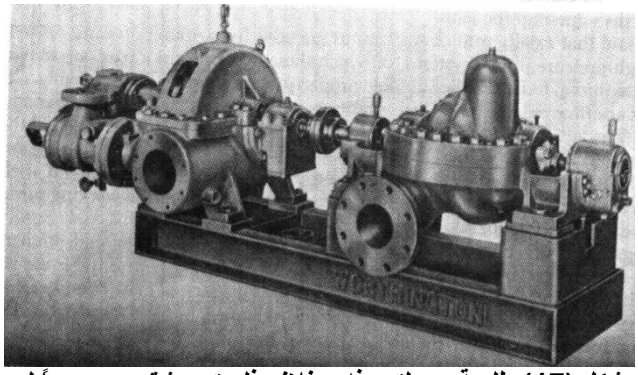
ومن الجدول والأشكال يمكن تحديد الأجزاء الدائرة التى تكون العضو الدائر والأجزاء الثابتة التى تكون العضو الثابت بالطلمبة كما يلى :-

شكل (14) طلمبة مرحلة واحدة ذات غلاف مشقوق محورياً وفتحة سحب وفلانشتان أفقيتان فى قاع الجزء السفلى للغلاف

شكل (15) طريقة تصفيف الغلاف الفليوتى لطلمبة متعددة المراحل لوزن الدفع القطرى على عمود الطلمبة

شكل (16) طلمبة ستة مراحل محورياً





شكل (17) طلمبة مرحلتين ذات غلاف فليوتى مشقوق محورياً لمعدلات صغيرة وضغوط تصل إلى 250 رطل/بوصة2 (17.5 بار)

شكل (18) طلمبة مرحلتين ذات غلاف فليوتى مشقوق محورياً لتوليد ضغوط تصل إلى 400 رطل/بوصة2 (18 بار)

المروحة : IMPELLER

تعتبر المروحة هى الجزء الفعال فى الطلمبة الذى يحول الطاقة الميكانيكية الدورانية إلى طاقة سرعة يحملها السائل الذى يدخل إلى الطلمبة . وتأخذ المروحة أشكالاً متعددة تختلف طبقاً والغرض المصممة من أجله والسرعة النوعية للطلمبة كما فى شكل (30) ويمكن تقسيم المراوح كما يلى :-

بالنسبة لسحب المروحة : SUCTION OF IMPELLER

يدخل السائل إلى المروحة عند مركزها تقريباً بإحدى الطريقتين الأتيتين :-

مراوح ذات سحب فردى : SINGLE SUCTION IMPELLERS

يدخل السائل إلى هذا النوع من المراوح من أحد جانبى المروحة وعادة ما تكون القوى الهيدروليكية المؤثرة على كلا جانبى المروحة غير متزنة وتحتاج إلى وسيلة لكبت تأثير هذه القوى . وتفضل هذه المراوح فى الطلمبات الصغيرة ذات

المعدلات المنخفضة حيث يسهل تصنيع هذه المراوح عن غيرها لبساطتها وبالتالى سهولة تصنيع الغلاف اللازم لها . كما أنها أفضل المراوح للطلمبات ذات المروحة المعلقة (END-SUCTION PUMPS) كما يسهل تصميم الطلمبة متعددة المراحل عند إستخدام هذه المروحة وهى كما فى الشكلين (24 ، 32) .

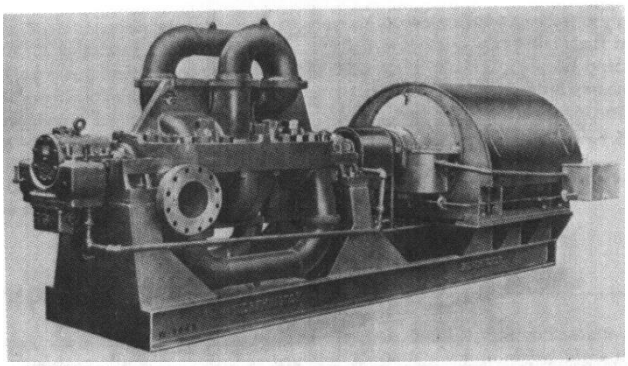
مراوح ذات سحب مزدوج : DOUBLE SUCTION IMPELLERS

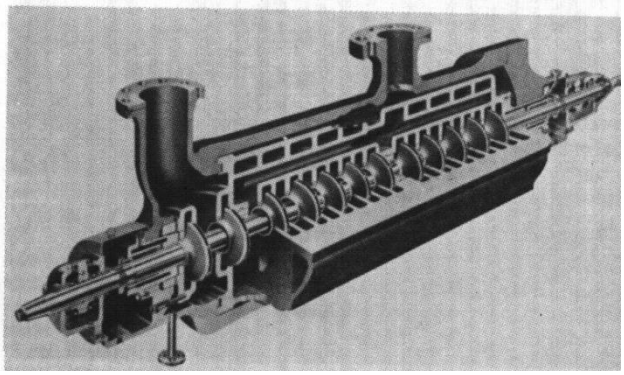
تصمم هذه المراوح بحيث تحتوى المروحة على فتحة سحب فى كلا جانبيها شكل رقم (36) وبذلك تتزن القوى الهيدروليكية المؤثرة من السائل على جانبى المروحة كما يساعد السحب المزدوج على تقليل ضغط السحب اللازم للطلمبة . وتستخدم هذه المراوح بنجاح فى الطلمبات الكبيرة ذات المرحلة الواحدة والغلاف المشقوق محورياً . أما فى الغلاف المشقوق قطرياً فيصعب تصميم الغلاف اللازم لها . وهى كما فى الأشكال (25 ، 26 ، 36) .

(بالنسبة للتدفق خلال المروحة : FLOW IN IMPELLER

المراوح ذات الريش القطرية : RADIAL VANE IMPELLERS

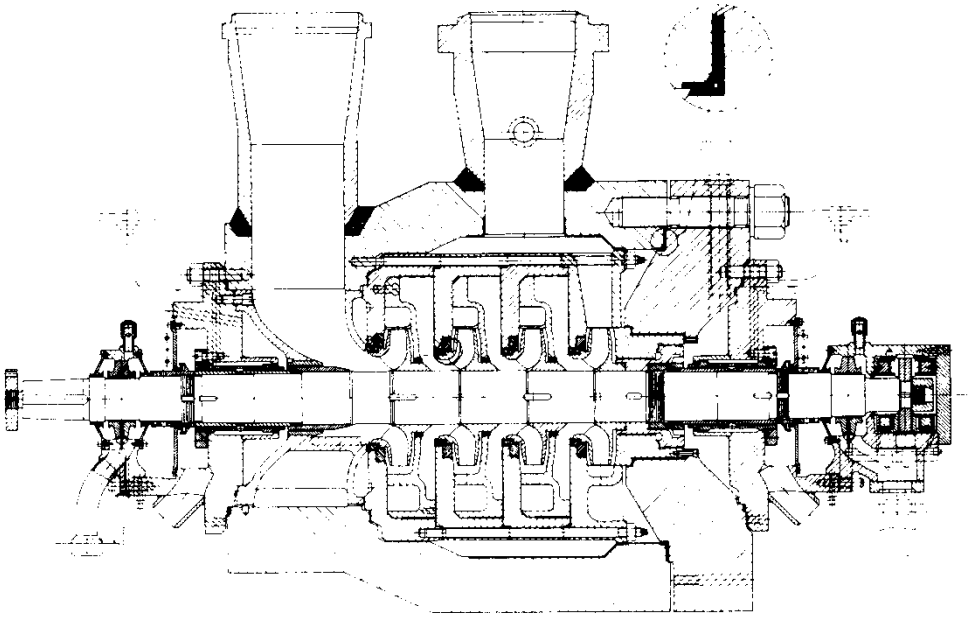
فى هذه المراوح أشكال (24 ، 33 ، 34 ، 35) تكون الحركة اللحظية للسائل داخل المروحة فى إتجاه أحد أقطار المروحة وعادة ما تكون السرعة النوعية لهذه المراوح أقل من 4200 (نظام أمريكى) للمراوح ذات مدخل السحب الفردى وأقل من 6000 لمدخل السحب المزدوج وتكون الريش فى هذه المراوح عمودية على السطح العمودى على محور الطلمبة . وتعتبر مروحة فرانسيس مروحة قطرية شكل رقم (25) على الرغم من أن الجزء الأول من الريشة له إنحناء خاص .



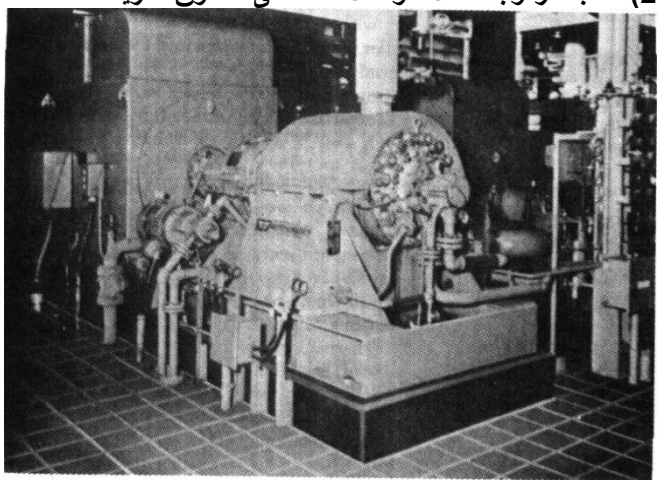


شكل (19) طلمبة ستة مراحل ذات غلاف فليوتى مشقوق محورياً لتوليد ضغوط تصل إلى 1300 رطل/بوصة^2 (90 بار)

شكل (20) طلمبة متعددة المراحل ذات غلافين مشقوقين محورياً أحدهما داخلى والآخر خارجى



شكل (21) طلمبة مزدوجة الغلاف والغلاف الداخلى مشقوق قطرياً



شكل (23) منظر فوتوغرافى للطلمبة مزدوجة الغلاف بعد تجميعها

(2-2-2-2-2/1) المراوح ذات التدفق المحورى : AXIAL - FLOW IMPELLERS

فى هذه المراوح تشكل الريشة بحيث يكون إتجاه تدفق السائل خلال المروحة موازياً لمحور دوران الطلمبة شكل رقم (28) ويطلق عليها إسم (رفاص) PROPELLER وفى هذه المراوح تكون السرعة النوعية للطلمبة مرتفعة تزيد على (6000) .

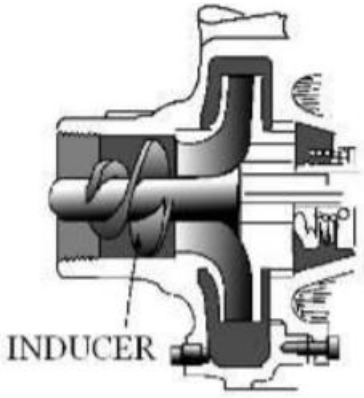
المراوح ذات التدفق المختلط : MIXED - FLOW IMPELLERS

تصمم ريش هذه المراوح بحيث يكون تدفق السائل خلال المروحة مشترك بين القطرى والمحورى وتكون السرعة النوعية لهذه المراوح أكبر من 4200

وعادة ما تكون ذات مدخل سحب فردى . وهى مبينة فى الأشكال (24 ، 25 ، 26 ، 27 ، 28 ، 32 ، 33 ، 34 ، 35 ، 36) .

مروحة الشفط (الشفاط) : INDUCER

مروحة الشفط عبارة عن مروحة ذات عدد قليل من الريش وتعتبر مروحة تدفق محورى على عمود الطلمبة أمام مدخل المروحة الرئيسية شكل رقم (29) تقوم برفع ضغط السحب قليلاً وبالتالى يمكن للمروحة الرئيسية أن تعمل عند ضغوط سحب أقل ويمكن للمصمم بهذه المروحة تصميم الطلمبة على سرعة أعلى لنفس ضغط السحب المتوافر بالشبكة . ولا يظهر الضغط القليل الذى ترفعه هذه المروحة فى ضغط الطرد كما يساعد فى حماية مدخل الطلمبة والمراحل الأمامية من التكهف حيث يمكن تغيير مروحة الشفاط INDUCER بسهولة وبتكلفة منخفضة بدلا من الطلمبة ومراحلها



تحديد إتجاه دوران الطلمبة المروحية : DIRECTION OF ROTATION

بموجب تعريف المتعارف علية يجب النظر إلى عمود الطلمبة بالوقوف ناحية المحرك وتحديد إتجاه الدوران إذا كان مع أو ضد عقارب الساعة (CLOCKWISE OR COUNTERCLOCKWISE) ونظراً لعدم وجود إتفاق دولى على هذا التعريف فيجب ذكر مكان الوقوف عند تحديد إتجاه الدوران .

حلقات الإحتكاك : WEARING RINGS

تقوم المروحة بسحب السائل ذو الضغط المنخفض من جهة السحب للغلاف وإكسابه سرعة ثم طرده إلى جهة الطرد بالغلاف وبالتالى أصبح الغلاف يحتوى على سائل ذو ضغطين مختلفين فإذا لم يتم فصل هذين الجزئين لعاد السائل مرة ثانية من جهة الطرد إلى جهة السحب ولهذا فإن الصّرة الخارجية للمروحة يتم تصنيعها بحيث يضيق الخلوص بينها وبين الغلاف المحيط بها بما لا يسمح تقريباً بعودة السائل إلى جهة السحب . وفى الطلمبات الصغيرة رخيصة الثمن عندما تتآكل المروحة أو الغلاف عند سطح الخلوص فيمكن إستبدالها بأخرى جديدة ، أما فى الطلمبات الكبيرة غالية الثمن فإن أجزاءها تكون مكلفة جداً وبالتالى يجب حماية كل من المروحة والغلاف عند سطح الخلوص وخاصة الغلاف لإرتفاع تكلفته وذلك بتثبيت حلقة على صّرة المروحة ROTATING WEARING RING وحلقة أخرى حولها على الغلاف STATIONARY WEARING RING بحيث يمكن إستبدال هذه الحلقات قليلة السعر بأخرى جديدة كلما تعرضت للتآكل وتجنب إستبدال المروحة أو الغلاف .

أنواع حلقات الإحتكاك : WEARING RINGS TYPES

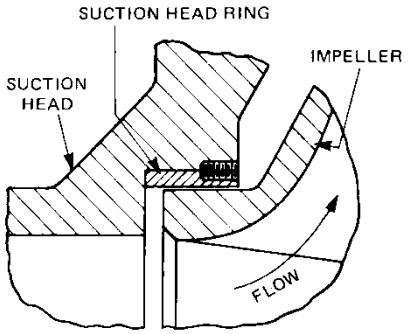
تختلف أنواع حلقات الإحتكاك بإختلاف شكل مقطع الخلوص كما يلى :-

النوع ذو الخلوص المسطح : FLAT TYPE

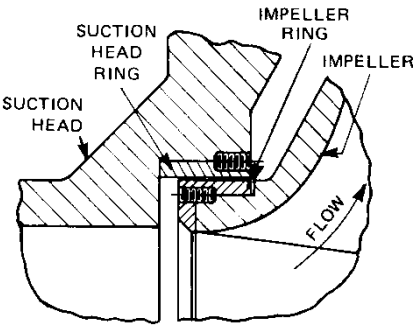
يعتبر أشهر الأنواع المستخدمة شكلى أرقام (37 ، 38) حيث يوجد خلوص مستوى بين حلقتى الإحتكاك الدائرة والثابتة على طول محيط الحلقة .

النوع ذو الخلوص حرف L : L-TYPE

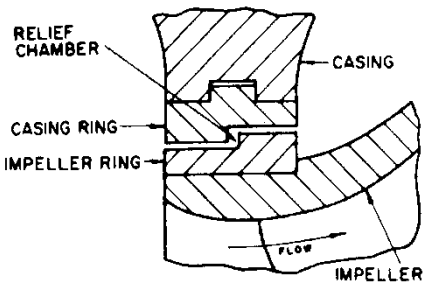
يعتبر ثانى الأنواع المستخدمة شيوعاً شكل رقم (40) وينقسم مسار الخلوص إلى جزئين أحدهما الجزء الأول ناحية ضغط الطرد يمثل خلوص قطرى صغير والجزء الثانى ناحية ضغط السحب يمثل خلوص محورى أكبر (يقاس الخلوص موازياً للمحور) بحيث تنخفض فيه سرعة التسرب ويدخل السائل بهدوء إلى مدخل المروحة دون إحداث أى إضطراب فى تيار السحب . وقد تأخذ حلقة الإحتكاك الثابتة شكلاً إنسيابياً يحدد شكل فتحة سحب المروحة شكل رقم (40) وتسمى فى هذه الحالة NOZZLE RING . وقد تأخذ الحلقة الدائرة نفس الإنسياب ليكتمل الشكل النهائى له شكل رقم (41) .



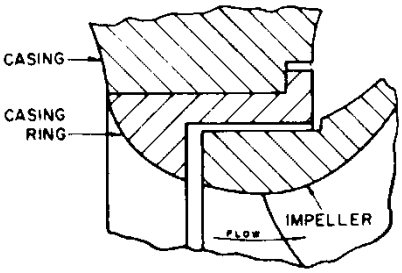
شكل (37) حلقة مفردة ثابتة ذات خلوص مسطح



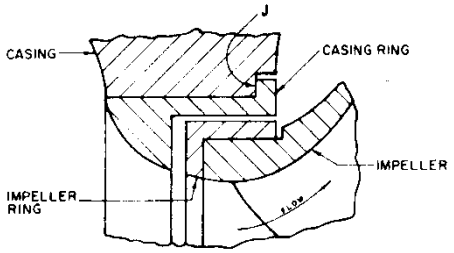
شكل (38) حلقات بينهما خلوص مسطح



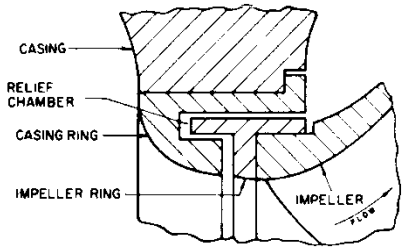
شكل (39) حلقتان ذات عتب وخلوص مسطح مزدوج



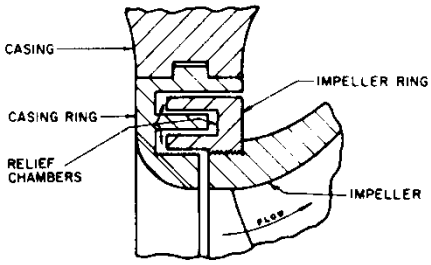
شكل (40) حلقة ثابتة ذات خلوص (L) وسطح إنسيابى عند المدخل



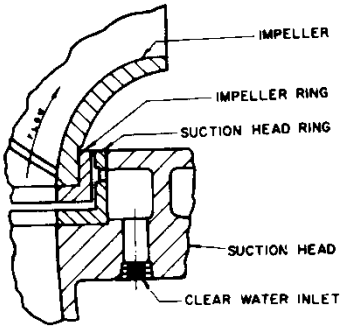
شكل (41) حلقتان ذات خلوص مزدوج يشكلان خلوص (L) الحلقتين

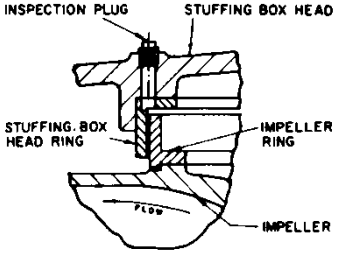


شكل (42) خلوص متعرج حرف (U) فردى بين



شكل (43) خلوص متعرج حرف (U) مزدوج بين الحلقتين





شكل (44) حلقتى إحتكاك مع ماء مندفع لتطهير الخلوص شكل (45) حلقتى إحتكاك مع فتحة فى الغلاف لفحص الخلوص

الحلقات الحاكمة ذات الخلوص المتعرج : LABYRINTH - TYPE RINGS

الشكلان أرقام (42 ، 43) يبين هذا النوع حيث تحتوى الحلقة على أكثر من سطح إسطوانى للخلوص يتخللهم غرف لتخفيف السرعة (RELIEF CHAMPERS) وبهذا يزداد طول مسار التسرب ويتعرج وبالتالى تزداد مساحته ومقاومته للتسرب كما تتسبب غرف التخفيف شكل رقم (39 ، 42 ، 43) فى تقليل سرعة التسرب فتزداد مقاومة الغرفة لمرور التسرب وبالتالى يقل معدله . ويساعد ذلك المصمم على إختيار خلوص أكبر لا يسبب مشاكل أثناء التشغيل .

** وبالنسبة لطلمبات مياه الرى والآبار وطلمبات المجارى الكبيرة التى يحتوى السائل فيها على رمل وشوائب خاصة الطلمبات الرأسية تستخدم حلقات الإحتكاك ذات الغسيل (WATER-FLUSHED RINGS) شكل رقم (44) حيث يمر تيار من الماء النظيف ضغطه أعلى من ضغط طرد الطلمبة خلال مجرى بغلاف السحب (SUCTION HEAD) حتى ينفذ من ثقب ضيق بحلقة غلاف السحب (SUCTION HEAD RING) فيمر المياه النظيف خلال الخلوص ويحمية من دخول الرمال والشوائب التى تتسبب فى تآكل سطحى الخلوص وتلف الحلقات وفى الطلمبات الكبيرة التى تزيد (فتحة الطرد فيها عن 36 بوصة لتسهيل عمليات الفحص دون فك الطلمبة يزود الغلاف شكل رقم (45) بفتحة فحص يمكن منها قياس خلوص الحلقات للوقوف على مدى تأكلها .

تثبيت حلقات الإحتكاك : MOUNTING OF WEARING RINGS

تختلف طرق تثبيت حلقات الإحتكاك الثابتة عن المتحركة كما يلى :-

الحلقات الثابتة : STATIONARY RINGS

فى الطلمبات الصغيرة حيث عادة ما يكون الغلاف مشقوق قطرياً يتم كبس الحلقة فى مكانها فى الغلاف مع زيادة تثبيتها مع الغلاف بواسطة مسامير إذا لزم الأمر . أما فى الطلمبة الكبيرة ذات الغلاف المشقوق محورياً يصنع الغلاف بحيث يكون قطره أكبر قليلا من قطر الحلقة (خلوص) على أن يساعد ضغط الطرد أثناء التشغيل فى تثبيت الحلقة مع الغلاف . ولمنع الحلقة من الدوران فى إتجاه حركة السائل يستخدم بنز (pin) يثبت فى الحلقة والغلاف معاً وقد تستخدم لسان بالسطح الخارجى للحلقة ترسو فى منيم لها بالغلاف .

الحلقات الدائرة : ROTARY RINGS

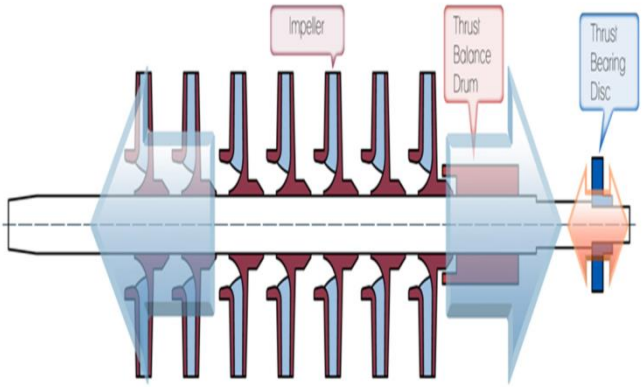
تثبت حلقات إحتكاك المروحة بضغطها فى مكانها وإذا سمح معدن الحلقة فيمكن تثبيتها بالشحط بالتسخين ولا يكتفى بذلك بل تزود الحلقة بمسامير لتثبيتها بالمروحة ومنعها من الإنزلاق على محيط المروحة وأحياناً يتم قلوظة المروحة والحلقات بحيث يساعد إتجاه الدوران فى زيادة تقريط رباط الحلقة مع المروحة .

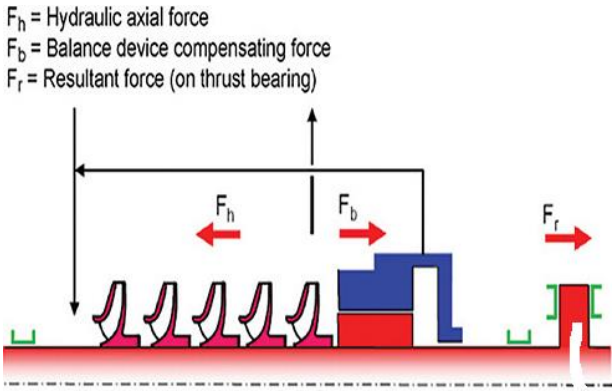
خلوصات حلقات الأحتكاك : WEARING - RING CLEARANCES

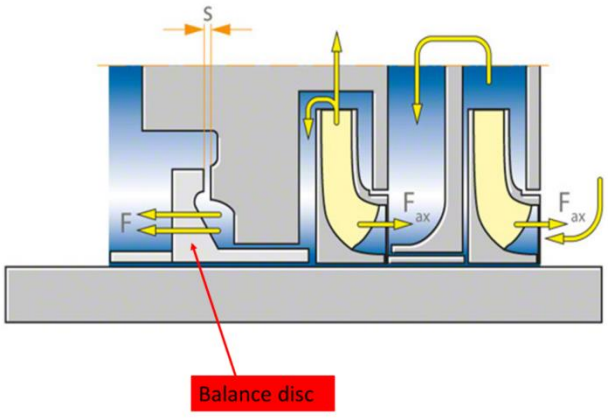
تتوقف قيمة الخلوص بين حلقتى الإحتكاك الثابتة والدائرة على قطر المروحة فكلما زاد قطر المروحة زادت قيمة الخلوص (من 0.012 إلى 0.7 بوصة لمرواح تتروح أقطارها ما بين 2 بوصة إلى 80 بوصة) وعموماً تتبع توصيات وإرشادات المصانع فى تحديد قيمة الخلوص .

كراسى رد الفعل المحورى : AXIAL THRUST BEARINGS

الدفع المحورى هو عبارة عن قوة هيدروليكية تدفع المروحة يميناً أو يساراً فى إتجاه محور العمود أثناء التشغيل وبالتالى تدفع العمود وما يحمله من مراوح فى إتجاه هذه القوة وإذا لم يتم تصميم وسيلة لكبح حركة العمود فإن المراوح سوف تحتك بالغلاف مما يؤدى إلى تدمير الطلمبة ، ويختلف مصدر هذه القوة بإختلاف شكل المروحة وعدد المراوح بالطلمبة وعندما تكون هذه القوة صغيرة نسبياً فيمكن إستخدام كراسى للعمود مزودة بخاصية رد فعل أى قوة محورية مما يحافظ على ثبات العمود وعدم حركته محورياً وسوف نوضح ذلك عند شرح الكراسى .







الدفع المحورى لطلمبة مرحلة واحدة ذات مروحة مغلقة :

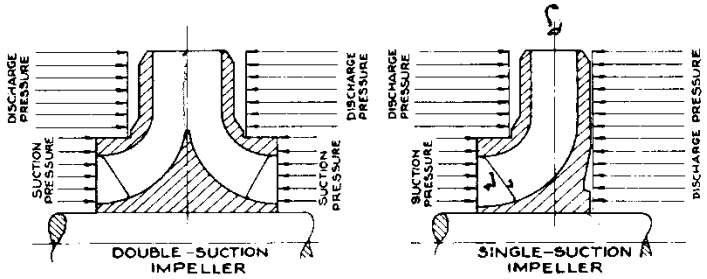
يتعرض ظهر المروحة فردية المدخل شكل رقم (46) إلى ضغط الطرد بينما ينقسم وجهها إلى جزئين أحدهما يتعرض لضغط الطرد والأخر يتعرض لضغط السحب ولما كانت مساحة ظهر المروحة مساوية لمساحة وجهها فإن مجموع القوى المؤثرة على الظهر سوف تزداد عنها فى الوجه بمقدار الجزء المعرض من الوجه لضغط السحب مما يجعل القوى المؤثرة محورياً على المروحة تدفعها جهة السحب . وقد أمكن بإستخدام المروحة ذات المدخل المزدوج شكل رقم (46) معادلة القوى المؤثرة على جانبى المروحة ولكن هذه المعادلة قد تكون نظرية حيث يمكن أن تتولد قوى محورية أخرى للأسباب الأتية :-

أ – شكل ممرى السحب لمدخلى المروحة قد لا يزودان المروحة بمعدل منتظم ومتساوى من السائل ب- وجود كوع قريب جداً من فلانشة سحب الطلمبة قد يتسبب فى عدم تساوى السحب لمدخلى المروحة.

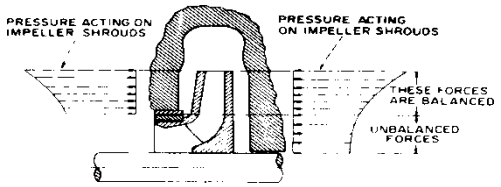
ج- وجود خلاف فى تماثل شكل الغلاف بسبب التصنيع على جانبى طرد المروحة .

د – إختلاف التسرب بين حلقتى الإحتكاك على جانبى مدخل المروحة .

ولهذه الأسباب فإن الطلمبة المروحية سواء ذات المروحة مفردة المدخل أو مزدوجة المدخل تؤثر عليها قوى محورية غير متزنة مما يحتم إستخدام كراسى رد فعل محورى للعمود (THRUST BEARINGS) . وإذا كان المدخل المزدوج قد ساعد فى إتزان القوى الهيدروليكية المؤثرة على وجهى المروحة فإن علاج القوى فى المراوح ذات المدخل الفردى يتم بتركيب حلقتى إحتكاك متساويتان فى القطر إحداهما على صّرة مدخل المروحة والأخرى على صّرة خلف المروحة شكل رقم (48) مع عمل ثقب فى جدار المروحة الخلفى لترجيع ما هرب من السائل من ناحية الطرد إلى ناحية السحب وبذلك تتعادل القوى المؤثرة على وجهى المروحة عند منطقة السحب التى يتحدد قطرها بقطرى الحلقتين . ويعيب هذه الطريقة حدوث إضطراب بحركة السائل عند فتحة سحب المروحة بسب ما يندفع من الثقب خاصة فى الطلمبات الكبيرة ولعلاج ذلك تركب أنبوبة لترجيع ما هرب من السائل إلى ماسورة السحب أو تشكل فى ظهر المروحة ريش طاردة لأى سائل يتسرب من جهة الطرد ناحية العمود فينخفض الضغط كثيراً خلف المروحة شكل رقم (49) كما تساعد هذه الريش فى طرد أى مواد غريبة تتسلل خلف المروحة .



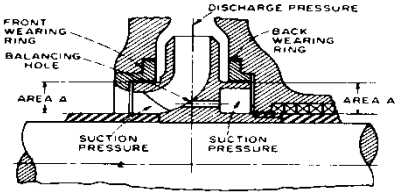
شكل (46) مصدر الضغوط المؤثرة على المروحة المسببة للدفع المحورى



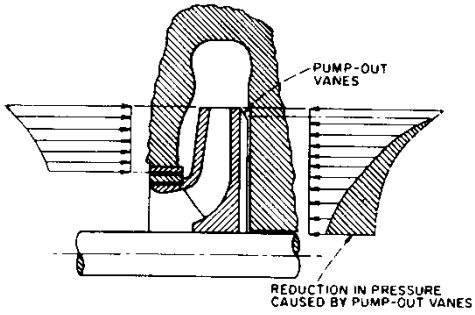
شكل (47) توزيع الضغط على ظهر ووجه مروحة ذات مدخل فردى

مدخل فردى بواسطة حلقة

إحتكاك خلفية وفتحة بجسم المروحة لتصريف الضغوط الخلفية العالية



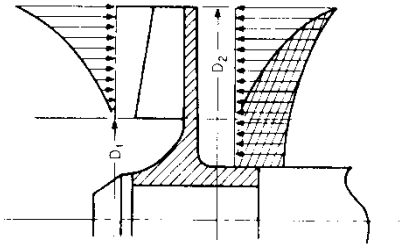
شكل (48) معادلة الدفع المحورى لمروحة ذات



شكل (49) تزويد ظهر المروحة بريش قطرية لطرد السائل ذو الضغط

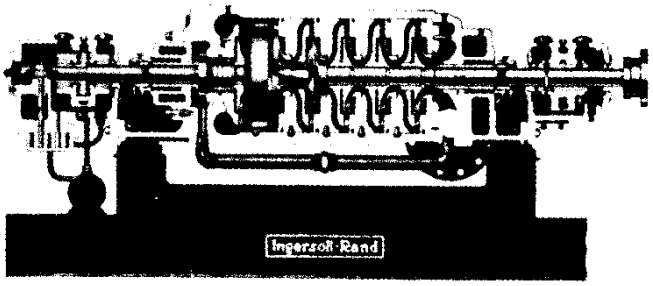
ظهر درجة مروحة نصف مفتوحة

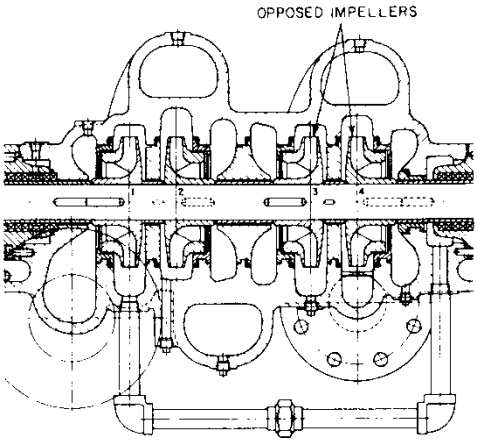
العالى ثانية جهة الطرد لتقليل الدفع المحورى



شكل (50) تدرج الدفع المحورى على

ذات مدخل فردى





شكل (51) طلمبة متعددة المراحل ذات مراوح بمدخل فردى فى إتجاه واحد مع إستخدام وسيلة هيدروليكية على اليسار لتحقيق الإتزان المحورى الدفع الفردى

شكل (52) طلمبة ذات أربع مراحل بمراوح ذات مدخل فردى متعاكسة الوضع لتقليل

الدفع المحورى للمراوح نصف المفتوحة ذات التدفق القطرى :

الدفع المحورى على المروحة نصف المفتوحة أعلى منه فى المروحة المغلقة والمروحة المفتوحة لكن المفتوحة أعلى منه فى المغلقة والشكل رقم (50) يبين توزيع القوى على وجهى المروحة حيث تزداد القوى المؤثرة على الوجه المغلق عنها فى الوجه المفتوح بقيمة تتناسب مع المساحة المهشرة بخطوط متقاطعة .

الدفع المحورى للمراوح ذات التدفق المحورى والتدفق المختلط :

لا توجد أجناب (SHROUDS) لمروحة طلمبة التدفق المحورى وبالتالى فإن الدفع المحورى ينشأ من فرق الضغط على وجهى ريش المروحة ووجهى صرتى المروحة حيث يتعرض أحد جانبى الريشة لضغط السحب والجانب الآخر لضغط الطرد أما فى المراوح ذات التدفق المختلط فإنها تتعرض إلى كلا النوعان من الدفع من التدفق القطرى والمحورى وغالباً ما تزود هذه المراوح بحلقة إحتكاك خلفية مع عمل ثقوب لتصريف ما هرب من السائل من خلف المروحة إلى سحب المروحة . وبإستثناء الأنواع الكبيرة من طلمبتى التدفق المحورى والتدفق المختلط فإن فرق الضغط على وجهى المروحة يكون صغيراً وبالتالى يمكن معالجته بكراسى رد الفعل المحورى لتحميل العمود .

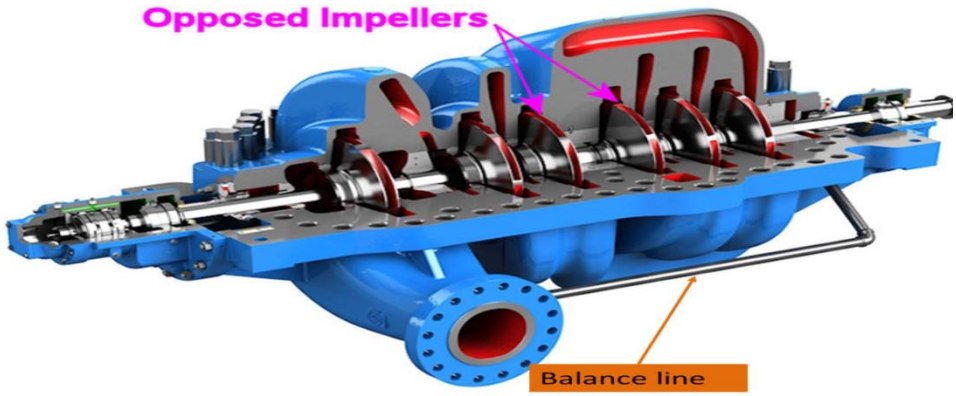
الدفع المحورى فى الطلمبات متعددة المراحل :

تصمم معظم الطلمبات متعددة المراحل بمراوح ذات مدخل فردى لتبسيط تصميم شكل جسم المروحة وهناك ترتيبان لمراوح الطلمبة كما يلى :-

1- يمكن تركيب المراوح على العمود بحيث تكون فتحة السحب لجميع المراوح فى إتجاه واحد فتتولد محصلة لقوى الدفع المحورية لجميع المراوح وفى هذه الحالة يجب إستخدام وسيلة لرد فعل هذه المحصلة مثل قرص الإتزان المركب على يسار العمود شكل رقم (51) .

2- يمكن للطلمبات ذات العدد الزوجى من المراوح أن يكون نصف عدد المراوح ذو فتحة سحب فى إتجاه واحد والنصف الآخر فتحاته فى الإتجاه العكسى ويسمى هذا الترتيب (OPPOSED IMPELLERS) وبهذا يتحقق الإتزان الهيدروليكى لقوى الدفع المحورى على المراوح شكل رقم (52) .

3- يمكن للطلمبات ذات العدد الفردى من المراوح تحقيق الإتزان للعدد الزوجى منها بطريقة فتحات السحب العكسية وتبقى مروحة واحدة تحتاج إلى وسيلة بسيطة لرد الفعل المحورى لها .



وسائل الإتزان الهيدروليكى : HYDRAULIC BALANCING DEVICES

عندما تكون قوى الدفع المحورى على عمود الطلمبة كبيرة بحيث يصعب الإعتماد على كراسى رد الفعل المحورى فإن الأمر يتطلب عند تصميم الطلمبة المروحية إستخدام وسيلة هيدروليكية لرد فعل محصلة قوى الدفع المحورية على المراوح وقد تكون واحدة من الوسائل الأتية :-

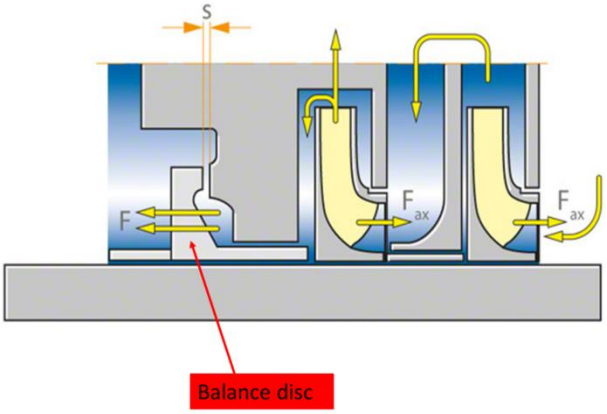
طنبورة الإتزان : BALANCING DRUM

الشكل رقم (53) يبين طنبورة الإتزان حيث تثبت بالعمود بين أخر مرحلة وبين غرفة الإتزان المتصلة بفرع السحب . وتدور هذه الطنبورة داخل جلبة ثابتة بالغلاف بحيث يوجد بينهما خلوص صغير يسمح بتسريب بسيط للسائل من أخر مرحلة إلى غرفة الإتزان التى يتساوى تقريباً ضغطها مع ضغط سحب الطلمبة . وبذلك يتعرض الوجه الأيسر للطنبورة (جهة طرد الطلمبة) إلى قوة دفع محورى تعادل قيمة ضغط الطرد × مساحة الوجه الأيسر للطنبورة (B) ويتعرض الوجه الأيمن (جهة غرفة الإتزان) إلى قوة دفع محورى تعادل ضغط السحب × مساحة الوجه الأيمن (C)

وبالتالى تكون القوة المحصلة مؤثرة جهة اليمين لتتعادل مع محصلة قوى الدفع التى تؤثر جهة اليسار على المراوح ويمكن تحديد هذه القوة بتصميم القطر المناسب للطنبورة . ولما كانت مساحة وجه الطنبورة يتم حسابها بفرض أن الطلمبة تعمل عند ضغط محدد فإن تشغيل الطلمبة على ضغوط مختلفة يؤثر على جودة الإتزان ويتبقى نسبة من 5 إلى 10% يتم وزنها بكرسى رد الفعل المحورى سواء كانت القوة غير المتزنة تؤثر يميناً أو يساراً .

قرص الإتزان : BALANCING DISK

الشكل رقم (54) يبين عمل قرص الإتزان حيث يثبت القرص على عمود الطلمبة ويفصله عن الرأس الثابتة له خلوص محورى صغير ، التسرب النافذ من هذا الخلوص يتدفق إلى غرفة إتزان (BALANCING CHAMBER) ومنها ثانية إلى جهة سحب الطلمبة (خط أو خزان السحب) وتتحدد أبعاد القرص (أقطاره) بمعادلة القوى المؤثرة على وجه القرص بالقوى المؤثرة على ظهره (القوة = الضغط × المساحة) ويتميز قرص الإتزان عن طنبورة الإتزان بأنه يؤدى عملية الإتزان أوتوماتيكياً عندما يتغير المعدل حيث أنه إذا زادت محصلة قوى الدفع المحورية على المراوح فإن عمود الطلمبة يتحرك إلى اليسار فتقل قيمة الخلوص بين القرص والرأس وينخفض معدل التسرب إلى غرفة الإتزان فيقل ضغطها وبالتالى يتحرك القرص ومعه عمود الطلمبة جهة اليمين فيزداد ثانية الخلوص وتتوالى هذه الحركة حتى يستقر الخلوص عند القيمة المناسبة للضغط الجديد والعكس صحيح عندما تقل محصلة قوى الدفع المحورى على المرواح . يمكن إضافة ثقب خانق (RESTRICTING ORFICE) فى طريق تدفق التسرب إلى جهة السحب تساعد فى رفع حساسية القرص لأى تغير فى ضغط التشغيل . وما يعيب هذه الطريقة أن غرفة منع الخرير (STUFFING BOX) تتعرض لضغوط متغيرة بسبب تغير الضغوط فى غرفة الإتزان المجاورة لها .



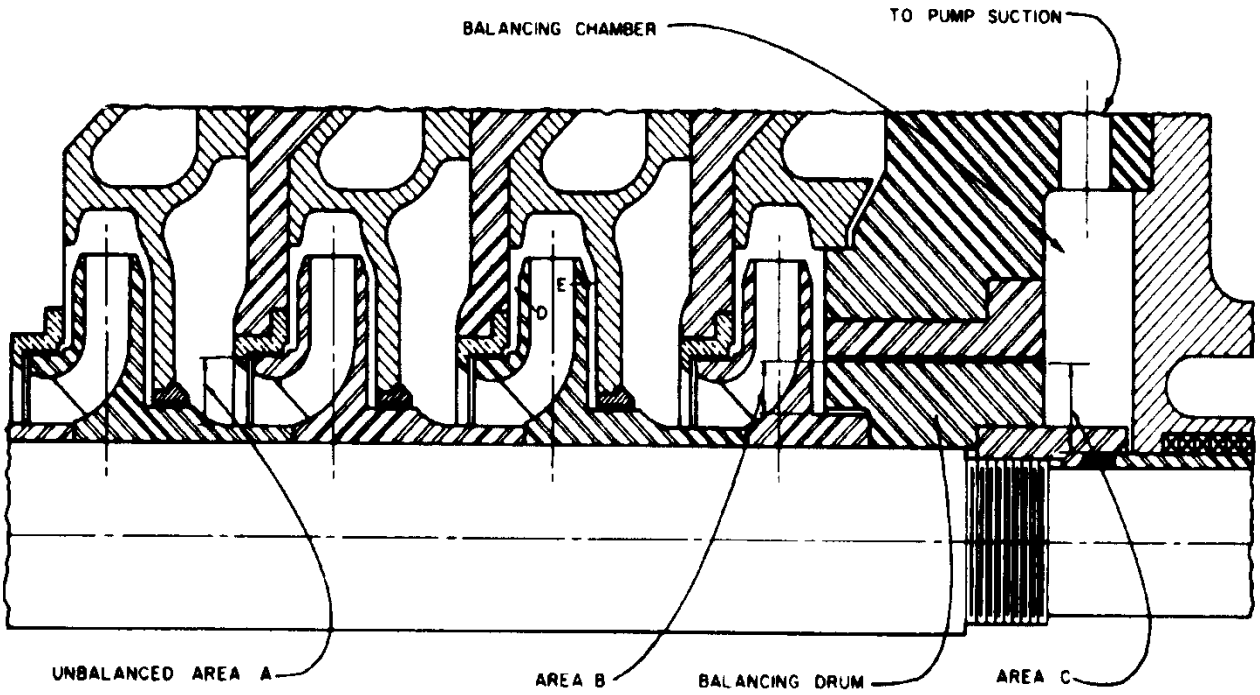
الإتزان المركب بإستخدام الطنبور والقرص :
(COMBINATION BALANCING DISK AND DRUM)

لما كانت عيوب الطريقتان السابقتان ليست عيوب مشتركة فقد أمكن إستخدام وسيلة مشتركة منهما لتعظيم الفوائد وتلافى العيوب . والشكل رقم (55) يبين تركيب هذه الوسيلة والقوى المؤثرة عليها هى كما يلى :-

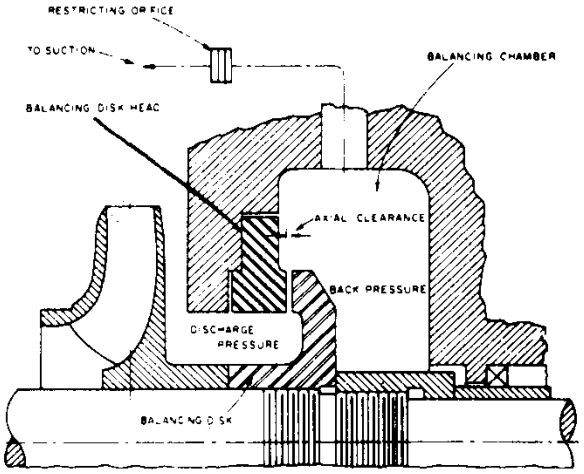
1- قوة مؤثرة من اليمين تعادل ضغط الطرد مضروبا فى المساحة A مضافاً إليها قوة مؤثرة على وجه الخلوص المحورى تعادل الضغط المتوسط خلال مسار الخلوص المحورى مضروبا فى المساحة B .

2- قوة مؤثرة من اليمين إلى اليسار تعادل ضغط غرفة الإتزان مضروباً فى باقى المساحة C .

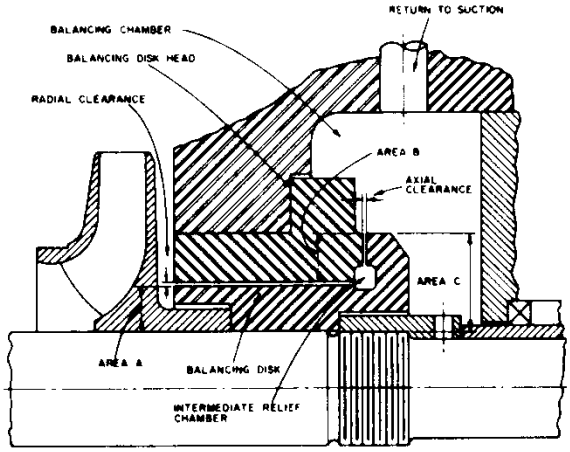
** بهذة الطريقة أصبح الخلوص المحورى لا يتعرض لضغط الطرد مباشرة بسبب المسار الضيق للخلوص القطرى الذى ينتهى إلى غرفة الضغط المخفف (RELIF CHAMBER) وبالتالى يقل معدل ترجيع السائل من جهة الطرد إلى جهة السحب كما تقل قيمة الضغوط التى تتعرض لها غرف منع الخرير.



شكل (53) طنبورة الإتزان فى الطلمبة



شكل (54) قرص إتزان بسيط



شكل (55) توليفة بين الطنبورة والقرص

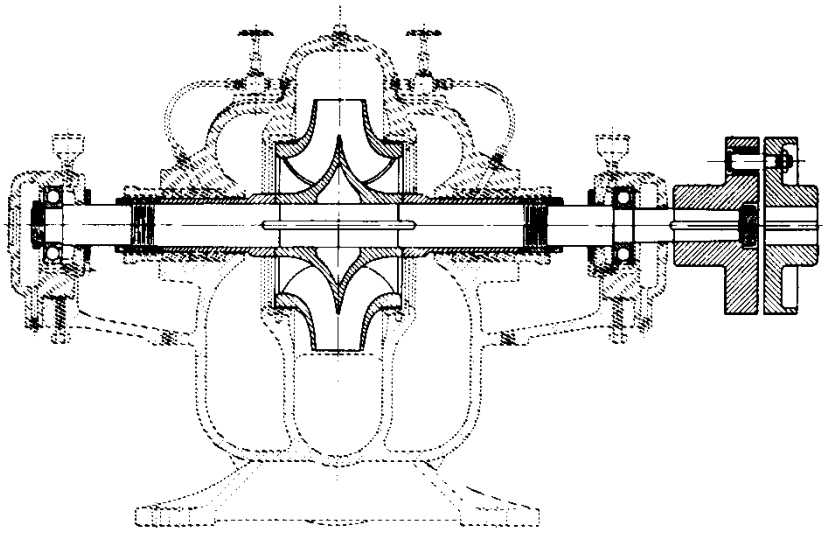
العمود وجلب العمود : SHAFT AND SHAFT SLEEVES

الوظيفة الرئيسية لعمود الطلمبة هى نقل عزم الدوران من المحرك إلى الطلمبة وأيضا حمل المرواح والأجزاء الدائرة . ونظراً لأن كل من وزن المروحة على العمود فى الطلمبات الأفقية والقوى الهيدروليكية القطرية الغير متزنة يتسبب فى ترخيم العمود (انحناءه) فإن المصمم يجب أن يراعى ألا تزيد أقصى قيمة لهذا الترخيم بين كراسى التحميل عن أقل خلوص بين الأجزاء الدائرة والأجزاء الثابتة المواجهة لها . كما يجب أخذ درجة حرارة السائل فى الإعتبار عندما ترتفع قيمتها . بعد ذلك تحسب السرعة الحرجة للعمود والتى تتسبب فى إهتزاز العمود بشدة وأن يراعى المصمم ألا تقع هذه السرعة فى نطاق سرعات تشغيل الطلمبة عند الإستخدام .

قطر العمود : SHAFT SIZING

يتم حساب قطر العمود بحيث يستطيع نقل عزم الدوران من المحرك إلى الطلمبة ولكن عند تفصيل العمود فعادة ما يتم إختيار قطر أكبر خاصة فى منتصف العمود لتسهيل تركيب المرواح شكل رقم (56) حيث يزداد القطر عند المروحة عنه فى الأطراف عند الكراسى والوصلة المحورية بحيث يسهل تركيب جلب العمود وصواميل الزنق على الجلب . وفى الطلمبات الصغيرة حيث تقل أبعاد الطلمبة ويكون

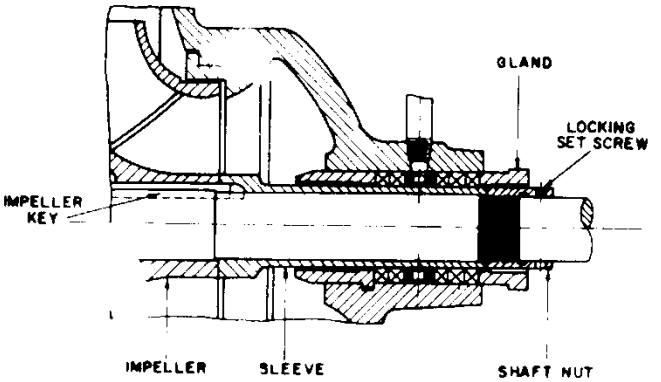
قطر العمود صغيراً وسعر العمود بسيط يعادل سعر الجلب ، يصمم العمود من سبائك تقاوم التآكل دون حمايته بالجلب بحيث إذا حدث به تآكل أو هرى تم شراء عمود بديل وهذا يساعد أيضا فى تسهيل الفك والتركيب .

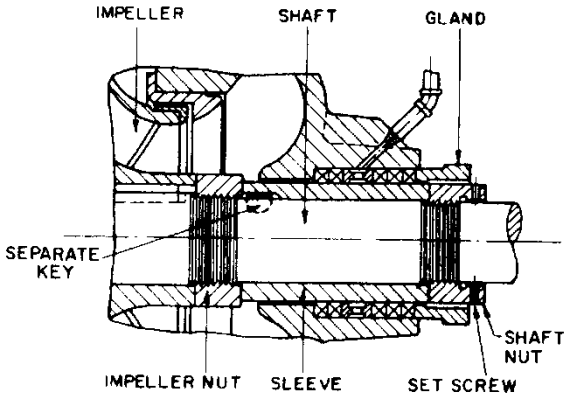


شكل (56) قطاع يبين مكونات العضو الدائر مجمعة على العمود لطلمبة مزدوجة المدخل

جلب العمود : (SHAFT SLEEVES)

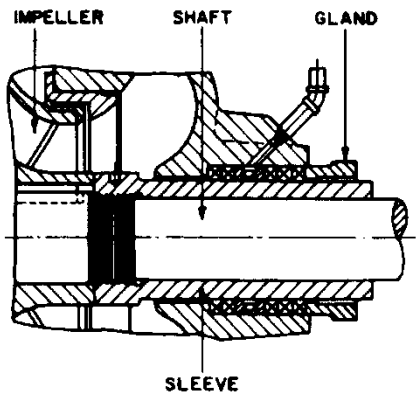
عادة ما يتعرض عمود الطلمبة إلى التآكل الكيميائى (CORROSION) أو الهرى (EROSION) أو التآكل بالإحتكاك (WEAR) مثل إحتكاك العمود مع حشو منع الخرير وفى الطلمبات الكبيرة يكون العمود غالى الثمن وبالتالى يقوم مصمم الطلمبة بتصميم جلب تحيط بالعمود وتدور معه بواسطة خوابير (KEY) شكل رقم (57) الذى يبين خابور طويل يمتد من المروحة إلى الجلبة لتثبيت المروحة والجلبة مع العمود . وبهذه الطريقة تنتقل أى قوى محورية من المروحة إلى الجلب إلى صامولة الزنق على الجلب ثم إلى طرف العمود خارج الطلمبة والأشكال أرقام (58 ، 59 ، 60 ، 61 ، 62) تبين تصميمات مختلفة لجلب العمود وطريقة تثبيتها معه .



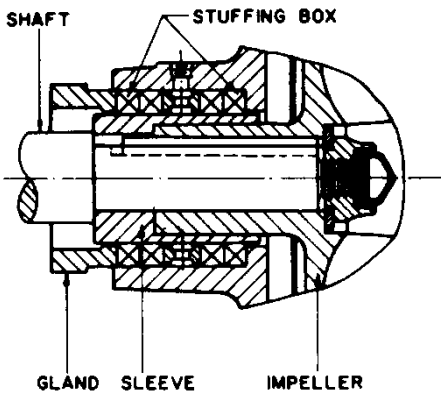


شكل (57) جلبة على العمود معشقة مع خابور المروحة من اليسار ومثبتة للمروحة وصامولة زنق بواسطة مسمار زنق خارجى فى أقصى اليمين والعمود

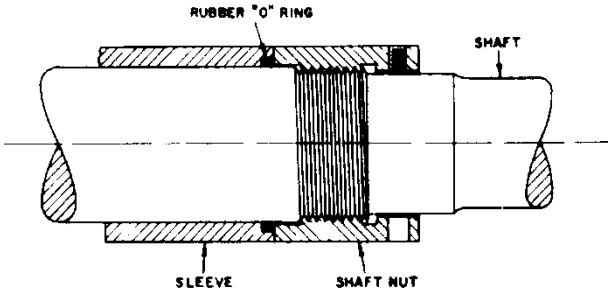
شكل (58) جلبة مع صامولة زنق خارجية على الجلبة وخابور خاص بين الجلبة



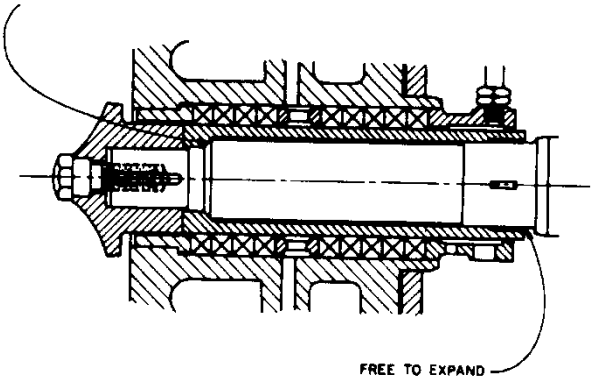
شكل (59) جلبة مقلوظة مع العمود بدون صامولة زنق خارجية المروحة المعلقة على العمود وممتدة إلى غرفة الحشو



شكل (60) جلبة مركبة على صرة



شكل (61) طريقة منع الخرير الزاحف بين العمود والجلبة مائلة 45°
وطرفها الآخر يترك حراً للتمدد



شكل (62) جلبة زنق مع العمود بواسطة شفة

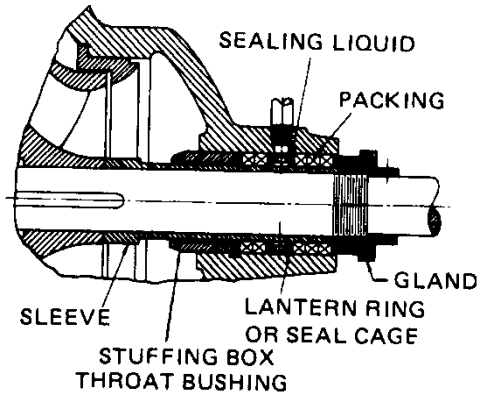
معدن جلب العمود عند الحشو المانع للخرير : (MATERIAL FOR STUFFING BOX SLEEVES)

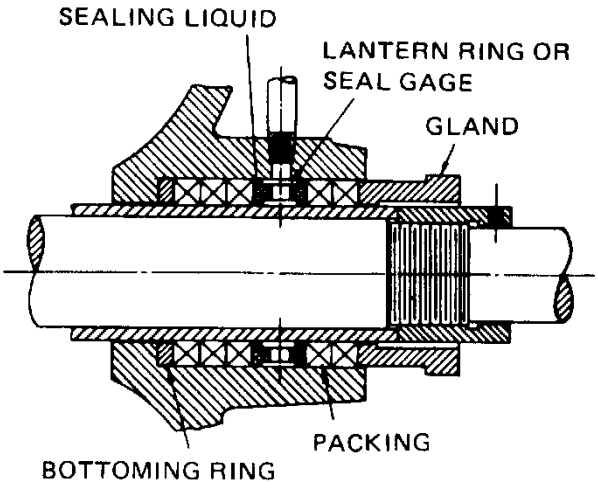
تتعرض جلب العمود عند الحشو للإحتكاك بشدة بالحشو خاصة وأن الحشو يتم التقريط عليه ليزداد إنقباضه على الجلبة لمنع الخرير ولهذا يجب إختيار معدن الجلبة بحيث يكون قابل للتنعيم والصقل إلى أقصى حد لتقليل الإحتكاك بين سطح الجلبة والحشو فيمكن إستخدام البرونز الناشف لطلمبات المياه النظيفة ولكن يفضل الصلب الكرومى أو الصلب السبائكى الذى لايصدأ (STAINLESS STEEL) ، أو الجلب المبطنة بسبائك الكروم أو السيراميك لحالات التآكل الحاد وعادة ما تكون سبائك صلب الكروم هى الأكثر أقتصاداً .

غرف الحشو المانع للخرير : (STUFFING BOXES)

يطلق هذا الإسم على الفراغ الموجود بين العمود أو جلب العمود وبين جسم الطلمبة فى المنطقة التى يخرج منها العمود إلى خارج الطلمبة حيث يملأ هذا الفراغ بحشو مرن ذو معامل إحتكاك ضعيف ويضغط فى فراغ الغرفة بواسطة جلاند يتم التقريط عليه . وتستخدم هذه الغرف لمنع الخرير حول الأعمدة الترددية عامة وحول بعض الأعمدة الدورانية كما فى طلمبات العجائن والمواد الصلبة . وفى طلمبات الخدمات العامة تأخذ غرفة منع الخرير شكلاً إسطوانياً حول العمود أو الجلبة بحيث يملأ الفراغ بينهما وبين العمود بعدد من حلقات الحشو شكلين أرقام (63 ، 64) يتوسطها حلقة مشقوقة مثقبة (LANTERN RING) شكل رقم (65) ويحول دون هروب الحشو داخل الطلمبة شفة من جسم الطلمبة شكل رقم (60) أو جلب خانقة (THROAT BUSHING)

شكل رقم (63) أو حلقة طرفية (BOTTOMING RING) شكل رقم (64) ويشيع إستخدام الجلبة الخانقة فى الطلمبات الصغيرة ذات الغلاف المشقوق محورياً وقد تكون هذه الجلب مشقوقة أو كاملة وتثبت هذه الجلبة بواسطة لسان ومنيم فى الغلاف .





شكل (63) غرفة حشو تقليدية مزودة بجلبة خاصة لإستناد الحشو

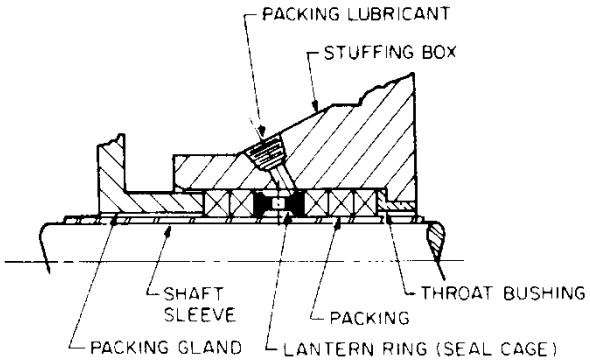
شكل (64) غرفة حشو تقليدية مزودة بحلقة لإستناد الحشو

تصميم حلقات الحشو : (DESIGN OF PACKING RINGS)

يجب تصميم حلقات الحشو من مادة طرية وأن يكون الشكل الهندسى لمقطع الحلقة قابل للإنكماش والإنفراد بحيث إذا تم الضغط محورياً على الحلقة أثناء وجودها فى الغرفة حول العمود بواسطة الجلاند زدات قوة إلتصاقها بالجدار الداخلى للغرفة والخارجى للعمود أو جلبة العمود وبالتالى يمكن التحكم فى معدل التسرب بالتحكم فى قوة رباط الجلاند مع مراعاة ألا تزيد قوة الرباط إلى الحد الذى يزداد معه إحتكاك الحشو مع العمود وإرتفاع درجة حرارة الحشو ثم إحتراقه وتجريحه لسطح العمود . وحتى نتجنب إرتفاع درجة حرارة الحشو أثناء دوران العمود بسرعات كبيرة يجب خفض معامل الإحتكاك بين الحشو والعمود لأقل قدر ممكن وذلك بإستخدام نظام لتزييت سطح الإحتكاك أو إضافة مواد جافة (DRY) ذات معامل إحتكاك منخفض إلى مادة الحشو عند تصنيعه ومواد رابطة (BINDERS) والجدول رقم (2) يبين الألياف (FIBERS) والمعادن الممكن إستخدامها فى تصنيع الحشو . أما الجدول رقم (3) يبين

المواد المخفضة للإحتكاك (LUBRICANTS) والروابط (BINDERS) الممكن إستخدامها فى تصنيع الحشو . والجدول رقم (4) يبين طول ضلع مربع مقطع حبل الحشو المناسب لقطر عمود الدوران لمعظم تصميمات الطلمبات عند غرفة الحشو .

أما بالنسبة لعدد حلقات الحشو وترتيبها داخل غرفة الحشو فإن الشكل رقم (68) يبين النظام الشائع إستخدامه .



شكل (68) الترتيب المعتاد لحلقات الحشو

Fibers		Metals
Mineral	Animal	Lead
Asbestos	Wool	Copper
Metal	Hair	Brass
Graphite	Leather	P-bronze
		Aluminum
Vegetable	Synthetic	Iron
Flax	Nylon	Stainless steel
Ramie	Rayon	Nickel
Jute	TFE	Monel
Cotton	Carbon	Inconel
Paper	Aramid	Zinc

جدول (2) المواد الشائعة فى تصنيع الحشو

Lubricants		Dry lubricants	Binders
Mineral	Animal	Graphite	Grease
Lube oil	Tallow	Moly	Waxes
Paraffin	Glycerol	Mica	Elastomers
Petrolatum	Beeswax	Talc	TFE
Waxes	Lard oil	Teflon	Other resins
Greases	Fish oil	Carbon	
	Soap		
Vegetable			
Caster oil	Synthetic		
Palm oil	Oils		
Cottonseed oil	Waxes		
Linseed oil	Fluorolubes		
Carnauba wax	Silicones		

جدول (3) مواد التزييت والمواد الرابطة فى الحشو

Shaft (or sleeve) diameter, in (mm)	Packing size, in (mm)
⅝ to 1⅛ (15 to 30)	5/16 (8)
1⅛ to 1⅞ (30 to 50)	⅜ (10)
1⅞ to 3 (50 to 75)	½ (12.5)
3 to 4¾ (75 to 120)	⅝ (16)
4¾ to 12 (120 to 305)	¾ (20)

جدول (4) مقاسات الحشو للأعمدة الدائرة

Pressure, lb/in² (kPa)	Leakage, drops/min	(cc/min)
0–60 (0–400)	60	4
61–100 (401–700)		190
101–250 (701–1700)		470

جدول (5) التسريب المسموح به لحماية الحشو من الإحتراق ومنع النحر فى العمود أو الجلبة

تبريد الحشو : PACKING COOLING

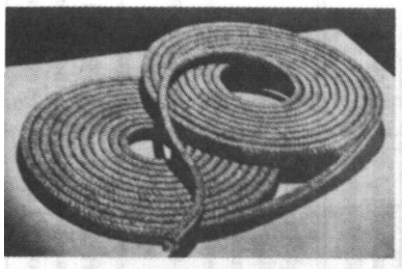
نظراً لضرورة توافر إنقباض من الحشو على العمود فإنه عند دوران العمود تتولد حرارة فى منطقة التلامس تتناسب طرديا قيمتها مع معامل الإحتكاك (من 0.1 للأسبستوس المشبع بالزيت والشحم إلى 0.22 للقطن الأملس) لمادة الحشو وسرعة دوران العمود ومربع قطره وطول سطح التلامس بين الحشو والعمود . وعندما تكون قيمة هذه الحرارة صغيرة فإنها تتسرب إلى جسم الطلمبة ثم إلى الهواء أو سائل الضخ ولا يخشى منها على الحشو أما إذا كان معدل الحرارة المتولدة بالإحتكاك كبير (أكبر من معدل تسربها) فإنها تتسبب فى رفع درجة حرارة الحشو وتصلبه ونحر العمود (SCORING) ولهذا يصمم نظام الحشو بحيث يسمح بتسريب معدل بسيط من سائل تبريد سواء كان سائل الضخ أو سائل خاص يمر على سطح التلامس ، ويتوقف هذا المعدل على ضغط حقن سائل التبريد والجدول رقم (5) يبين هذا المعدل بالسنتيمتر المكعب فى الدقيقة .

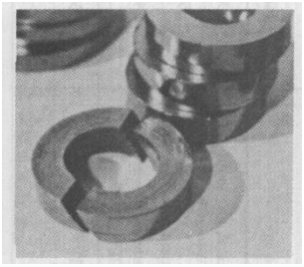
مواد تصنيع الحشو : (MATERIALS OF CONSRUCTION)

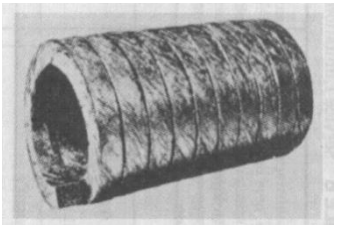
توجد مواد مختلفة يمكن تصنيع الحشو منها بحيث يناسب ظروف التشغيل ويمكن تقسيم هذة المواد إلى ثلاثة سلاسل كما يلى :-

1- حشو الإسبستوس : (ASBESTOS PACKING)

الإسبستوس المشبع بالجرافيت , الشحم , الزيت الخامل يعتبر مادة ممتازة لتصنيع الحشو خاصة للماء البارد والساخن حتى 450°ف (232° مئوية) , ولضغوط تصل إلى 200 رطل / بوصة (1380كليو باسكال) لأعمدة تصل سرعتها الخطية إلى 1000 قدم / دقيقة (5 متر / ثانية) والشكل رقم (69) بين أحبال الإسبستوس التجارية المستخدمة لهذا الغرض .







شكل (69) لفة من حبل حشو الإسبستوس المشبع بالجرافيك شكل (70) حلقات من حشو الجرافويل شكل (71) ملف من حبل حشو معدنى

2- الحشو الخالى من الإسبستوس : NONASBESTOS PACKING

بعد أن ثبت أن الإسبستوس مادة مسببة للسرطان فقد ذهب البحث إلى مواد أخرى مثل القطن , خيوط TFE , الجرافويل (GRAFOIL) ألياف الأراميد , الغزل الجرافيتى وكل من هذه المواد مشبع بمادة خافضة للإحتكاك (LUBRICANT) 0 وعادة ما يتم إنتاج هذا الحشو فى صورة حلقات مشقوقة شكل رقم (70) .

3- الحشو المعدنى : (METALIC PACKING)

المواد الأساسية فى هذا الحشو هى الرصاص وسبيكة البابت (BABBITT) ، الألومنيوم والنحاس الأحمر يتم إنتاجها على شكل سلك أو أوراق محيطة بقلب من الإسبستوس أو البلاستيك وتسقى بالجرافيت أو الزيت وتستخدم سبيكة البابت للمياه والزيت عند درجات حرارة تصل إلى 450°ف (229° مئوية) وضغوط تصل إلى 250 رطل / بوصة^2 ويناسب النحاس الأحمر إستخدامات المياه والبترول منخفض الكبريت والألومنيوم يناسب إستخدامات البترول وسوائل المبدلات الحرارية . ويتم إنتاج هذا النوع على شكل حبل لولبى مربع المقطع شكل رقم (71) .

** والجدول رقم (6) يبين حدود وظروف إستخدام الأنواع المختلفة لمواد الحشو .

Packing material	Pressure (max)[b] lb/in² gage (kPa gage)	PV rating (max)[c], lb/in² gage·fpm (bar·m/s)	Temp. (max)[d] °F (°C)	pH range	Comments
Cotton	100 (689)	188,000 (65.8)	150 (65.6)	5–7	Nonabrasive material; for cold water and dilute salt solutions
Flax/ramie	100 (689)	188,000 (65.8)	150 (65.6)	5–7	High wet strength and excellent resistance to fungi and rotting; for cold water and dilute salt solutions
Plastic	100 (689)	188,000 (65.8)	600 (315.5)	4–8	Excellent sealing qualities; reacts well to gland adjustments; can extrude at higher pressures if not backed up by braided or asbestos packing
	250 (1723)	471,000 (165)	150 (65.6)		
Asbestos, grease- or oil-impregnated	100 (689)	188,000 (65.8)	750 (398.8)	4–8	For hot or cold water, brine, oil, mild caustics, solvents, and acids
	250 (1723)	471,000 (165)	500 (260)		
Asbestos, TFE-impregnated	250 (1723)	471,000 (165)	500 (260)	2–10	For mild chemicals and solvents
Lead	250 (1723)	471,000 (165)	450 (232.2)	2–10	Shaft sleeve must have Brinell hardness of 500 or more; for hot oils and boiler-feed water
Aluminum or copper	250 (1723)	471,000 (165)	750 (398.8)	3–10	Shaft sleeve must have Brinell hardness of 500 or more; for hot oils and boiler-feed water
TFE filament	250 (1723)	471,000 (165)	500 (260)	0–14	For corrosive liquids and food service; usually requires slightly higher break in leakage
Aramid fiber	250 (1723)	471,000 (165)	500 (260)	3–10	Strong resilient packing; maximum speed 1900 fpm (9.6 m/s); good in abrasives and chemicals
Graphite/carbon filament	250 (1723)	471,000 (165)	750 (398.8)	0–14	For corrosive liquids and high-temperature applications
Grafoil	250 (1723)	471,000 (165)	750 (398.8)	0–14	Excellent conductor of heat from the sealing surfaces; operates with minimum leakage; excellent radiation resistance

[a]Continuous lubrication introducted at the lantern ring. Table is only a guide. Consult packing manufacturer with complete operating conditions for exact recommendation.
[b]Pressure relates to the operating pressure at the stuffing box.
[c]PV data based on a 2-in (5.08-cm) shaft at 1750 and 3600 rpm.
[d]Temperature is the product temperature.

جدول (6) حدود الإستخدام لمواد الحشو الشائعة الإستخدام للأغراض المختلفة

أسباب قصر عمر الحشو : (CAUSES FOR SHORT PAKING LIFE)

عادة ما تحدد مصانع الحشو العمر الإفتراضى للحشو أو تحدده خبرة القائمين بإستخدامه فإذا ما إنخفض عمر الحشو عن العمر الإفتراضى فيجب مراجعة الأسباب الآتية :

- يجب مراجعة مرجحة العمود أثناء دورانه وأن قيمتها لاتتعدى الحدود المسموح بها من المصانع .
- يجب مراجعة درجة حرارة غرفة الحشو بحيث يدل إرتفاع درجة حرارتها على تقريط زائد على الحشو .
- يجب مراجعة نظام تبريد الحشو .

- يجب مراجعة ضغط السائل الذى يتعرض له الحشو .

وعموما فإن الجدول رقم (7) يبين بالتفصيل مشاكل الطلمبة التى قد يكون السبب الغالب فيها هو نتيجة الحشو والعلاج اللازم .

Trouble	Cause	Cure
No liquid delivered by pump	Lack of prime (packing loose or defective, allowing air to leak into suction)	Tighten or replace packing and prime pump.
Not enough liquid delivered by pump	Air leaking into stuffing box	Check for leakage through stuffing box while operating—if no leakage after reasonable gland adjustment, new packing may be needed or Lantern ring may be clogged or displaced and may need centering in line with sealing liquid connection. or Sealing liquid line may be clogged. or Shaft or shaft sleeve below packing may be badly scored, allowing air to be sucked into pump.

جدول (7) مشاكل الحشو (أسبابها وعلاجها)

Trouble	Cause	Cure

	Defective packing	Replace packing and check smoothness of shaft or shaft sleeve.
Not enough pump pressure	Defective packing	As for preceding.
Pump works for a while and quits	Air leaks into stuffing box	As for preceding.
Pump takes too much power	Packing too tight	Release gland pressure and retighten reasonably. Keep leakage flowing—if none, check packing, sleeve, or shaft.
Pump leaks excessively at stuffing	Defective packing	Replace worn packing. Replace packing damaged by lack of lubrication.
	Wrong type of packing	Replace packing not properly installed or run in. Replace improper packing with correct grade for liquid being handled.
	Shaft or shaft sleeve scored	Put in lathe and machine-true and smooth or replace.
Stuffing box overheats	Packing too tight	Release gland pressure.
	Packing not lubricated	Release gland pressure and replace all packing if any burnt or damaged.
	Wrong grade of packing	Check with pump or packing manufacturer for correct grade.
	Insufficient cooling water to jackets	Check for open supply line valves or clogged line.
	Stuffing box improperly packed	Repack.
Packing wears too fast	Shaft or shaft sleeve worn or scored	Remachine or replace.
	Insufficient or no lubrication	Repack, making sure packing loose enough to allow some leakage.
	Packing packed improperly	Repack properly, making sure all old packing removed and box clean.
	Wrong grade of packing	Check with pump or packing manufacturer.
	Pulsating pressure on external seal liquid line	Remove cause of pulsation.

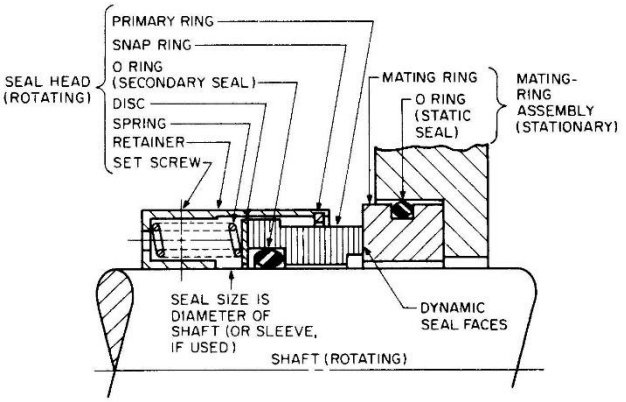
تابع جدول (7) مشاكل الحشو (أسبابها وعلاجها)

المانع الميكانيكى للخرير : MECHANICAL SEAL

لما كان إستخدام الحشو فى منع الخرير يسبب متاعب تصميمية لإحتياج الحشو إلى غرف طويلة أو متاعب فى التشغيل عندما يتآكل سطح العمود الملامس للحشو ويحتاج إلى علاج . فقد ظهرت فكرة مانع خرير عند مخرج العمود من الطلمبة بإستخدام أسطح تلامس بين العضو الدائر والثابت عمودية على محور العمود وليست موازية

كما هو فى إستخدام الحشو . وتعتمد فكرة هذا المانع على إستناد سطحى حلقتين إحداهما تسمى الحلقة الأساسية (PRIMARY RING) وعادة ما تكون مستندة إلى ياى أو أكثر وتدور مع العمود والأخرى تسمى حلقة الإستناد (MATING RING) وعادة ما تكون ثابتة مع قرص الجلاند وتتم عملية الإستناد بإستخدام الياى بحيث يكفى ضغط الياى منع الخرير بين سطحى الإستناد سواء كانت الطلمبة فى الخدمة أو متوقفة . وعموماً تصنع الحلقتين من مادتين غير متشابهتين والشكل رقم (72) يبين رأس المانع (SEAL HEAD) وحلقة الإستناد (MATING RING) وملحقات كل منها . ومن الرسم يتضح وجود ثلاث مسارات فى جميع الموانع يمكن للسائل الهروب منها إلى خارج الطلمبة وهى :-

1- سطح الإستناد بين الحلقتين الدائرة والثابتة (DYNAMIC SEAL) .
2- بين الحلقة الدائرة والعمود أو جلبة العمود ويسمى منع الخرير الثانوى (SECONDARY SEAL) .
3- بين الحلقة الثابتة وجدار غرفة المانع (قرص الجلاند) ويسمى منع الخرير الإستاتيكى (STATIC SEAL).



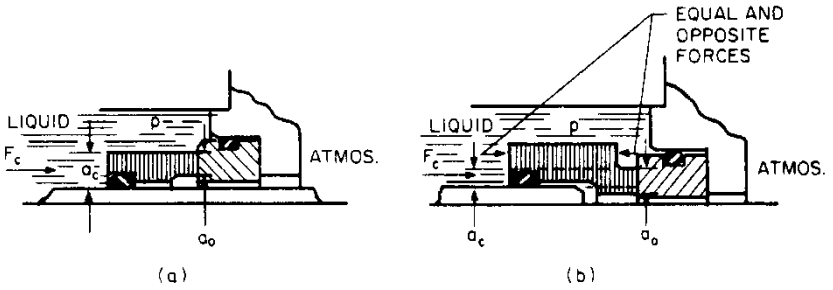
شكل (72) المانع الميكانيكى للخرير

إتزان المانع الميكانيكى : SEAL BALANCE

تتعرض كل من حلقتى المانع إلى ضغط سائل الطلمبة وهذا الضغط يولد قوة تدفع الحلقة الدائرة فى الإتجاه العمودى لسطح الإحتكاك وتسمى قوة غلق الحلقتين (CLOSING FORCE) لتزداد قوة إلتصاق الحلقتين وتتولد قوة مضادة لهذه القوة ناتجة من تأثير الضغط بين سطحى التلامس لإبعاد الحلقتين وتسمى قوة فتح الحلقتين (OPENING FORCE) والنسبة بين هاتين القوتين هى النسبة بين مساحتى تأثرهما بالضغط وتسمى هذه النسبة (b) (نسبة إتزان المانع) .

$$\text{نسبة إتزان الم} = \frac{\text{قوة الغلق}}{\text{قوة الفتح}} \qquad \frac{\alpha_c \text{مساحة الغلق}}{\alpha_o \text{مساحة الفتح}}$$

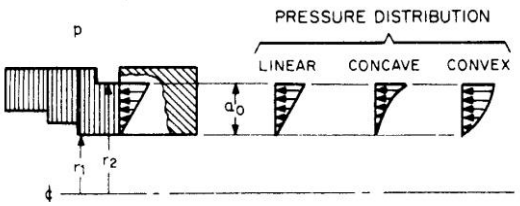
وتتراوح هذه النسبة فى تصميمات المانع الميكانيكى بين 0.65 إلى 1.35 وتتوقف على حالات وضغوط التشغيل التى تتعرض لها الطلمبة .



شكل (73) الضغط الهيدروليكى المؤثر على الحلقة الإبتدائية (a) متزن ، (b) غير متزن

الضغط على سطحى التلامس : FACE PRESSURE

نظراً لكون أحد سطحى التلامس ثابت والأخر متحرك ووجودهما داخل سائل ذو ضغط فإن ذلك يتسبب فى تكون غشاء رقيق من السائل بينهما يتساوى ضغطه مع ضغط سائل الطلمبة عند بداية سطح التلامس (نصف القطر الخارجى r_2) وينخفض أو يتلاشى ضغطه عند نهاية سطح التلامس (نصف القطر الداخلى لسطح التلامس r_1) شكل رقم (74) , وهذا الضغط يميل إلى فتح المسافة بين سطحى التلامس ويسمى هذا الضغط بالضغط الهيدروليكى P_h . وهناك ضغط آخر يعمل على غلق المسافة بين السطحين وهو ضغط الياى P_{SP} وبالتالى يكون الضغط الصافى على وجهى حلقتى المانع هو P_F



شكل (74) أشكال توزيع ضغط التسريب على طول سطح التلامس

$$P_F = P_h + P_{SP}$$

ونظراً لأن الضغط الهيدروليكى لا يكون متساوياً على طول وجه التلامس فإن P_h يمكن حسابها كما يلى :-

$$P_h = \Delta P\ (b - k)\ lb/in^2\ (N/m^2)$$

حيث :

ΔP هى فرق الضغط على طول وجه التلامس رطل/بوصة^2 (نيوتن/متر^2)

b نسبة إتزان المانع الميكانيكى

k معامل تدرج الضغط (جدول رقم 8)

ويمكن حساب ضغط الياى P_{SP} من المعادلة

$$\frac{F_{SP}}{\quad} = \quad lb/in^2\ (N/m^2)$$

حيث :

F_{SP} = قوة ضغط الياى رطل (نيوتن) ، a_o مساحة التلامس بين الحلقتين

Liquid sealed	k
Light-specific-gravity liquids	0.3
Water-base solutions	0.5
Oil-base solutions	0.7

جدول (8) معامل تدرج الضغط K للإستخدامات المختلفة

تأثير الضغط والسرعة : PRESSURE - VELOCITY EFFECT

يتأثر سطح الإحتكاك لحلقتى المانع بالضغط الصافى المؤثر عليه (P_F) والسرعة الخطية للدوران (V) وحاصل ضربهما يعرف بأنه القدرة N_F لكل وحدة مساحة عندما يكون معامل الإحتكاك مساوياً الوحدة = 1

$$PV = \frac{N_F}{\quad}$$

$$PV = P_F V_m = [\Delta P (b - k) + P_{SP}] V_m$$

حيث :

V_m السرعة الخطية عند القطر المتوسط لسطح التلامس d_m قدم/دقيقة (متر/ثانية)

ويمكن مقارنة قيمة PV للمانع المستخدم مع القيمة المحددة بواسطة المصنع والتى صمم على أساسها المانع فإذا كانت أكبر بصورة ملحوظة فإن سطحى الإحتكاك سوف يتعرضان لمعدل أكبر من التآكل ويقل العمر الإفتراضى لحلقتى المانع .

القدرة المستهلكة فى المانع : SEAL POWER CONSUMPTION

المقدار (PV) يساعد المستخدم للمانع لحساب القدرة المفقودة أو المستهلكة فى المانع N_F كما يلى :-

$$N_F = (PV)\ Fa_O \qquad \text{ft.lb/min (N.m/s)}$$

حيث F هو معامل الإحتكاك بين سطحى التلامس ويمكن تحديده من الجدول رقم (9)

Sliding materials		Coefficient of friction
Rotating	Stationary	
Carbon-graphite (resin filled)	Cast iron	0.07
	Ceramic	0.07
	Tungsten carbide	0.07
	Silicon carbide	0.02
	Silicon carbide converted carbon	0.015
Silicon carbide	Tungsten carbide	0.02
Silicon carbide converted carbon		0.05
Silicon carbide		0.02
Tungsten carbide		0.08

جدول (9) معامل الإحتكاك بين مواد مختلفة لحلقتى منع الخرير

تزيت المانع / التسريب : SEAL LUBRICATION / LEAKAGE

يتوقف نجاح تشغيل المانع على غشاء التزييت بين سطحى الإحتكاك وعندما يتسرب السائل من هذا الغشـاء
إلى خارج الطلمبة فإنه يحدث خريراً بالطلمبة يجب ألا يتعدى نقاط معدودة فى الدقيقة وأى تلف لسطحى الإحتكاك يؤثر فى جودة تزييت المانع ويزيد من معدل الخرير كما يؤثر فى المعدل أيضاً أى خلل فى ضبط وجهى الحلقتين ، تأثير درجة الحرارة ، ذبذبات العمود وتموجات ضغط الضخ . وعلى فرض أن هذه الأسباب غير موجودة فيمكن إستخدام هذه المعادلة لحساب معدل الخرير من المانع بالسنتيمتر المكعب فى الساعة .

—

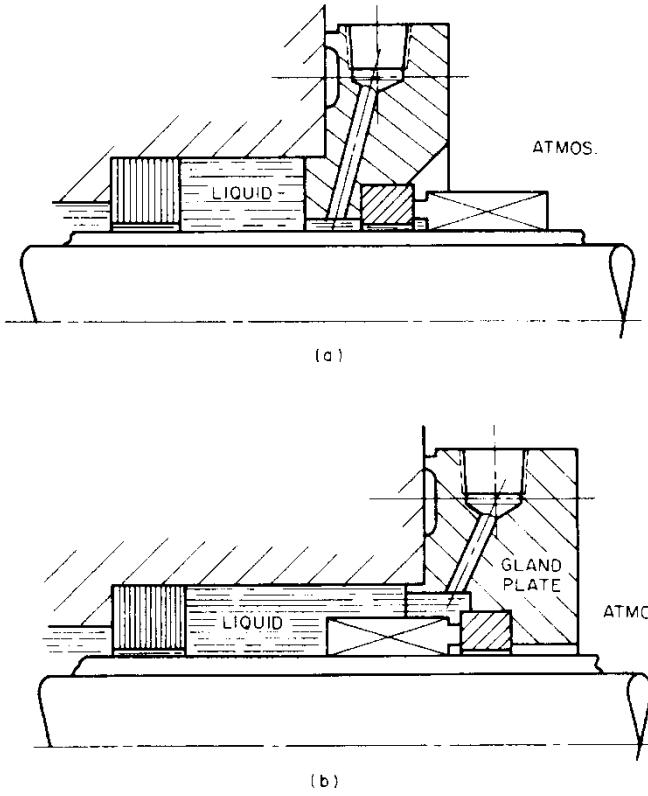
تقسيم الموانع الميكانيكية : CLASSIFICATION OF SEALS

تقسيم الموانع الميكانيكية وفقاً وأوضاعها على العمود :

أوضاع الموانع تنقسم إلى مجموعتين :-

I - مجموعة المانع الفردى وهذه تنقسم إلى :-
أ – المانع الفردى المركب داخل الطلمبة .
ب– المانع الفردى المركب خارج الطلمبة .
- مجموعة المانع المتعدد وهذه تنقسم إلى :-
أ – الموانع المزدوجة .
ب– الموانع المترادفة .

I تستخدم الموانع الفردية فى معظم التطبيقات وتعتبر من أبسط أنواع الموانع الميكانيكية وأقلها أجزاء ويتم تسميتها مانع داخلى (INSIDE - MOUNTED) وفى هذا المانع يساعد ضغط السائل الموجود فى الطلمبة ياى المانع فى المحافظة على تلامس سطحى الإحتكاك شكل (79-b) ويعتبر هذا النوع هو الشائع فى الإستخدام .
أما إذا كان المانع مركباً خارج الغرفة الحاكمة فيسمى مانع خارجى (OUTSIDE - MOUNTED) شكل (79-a) وفى هذه الحالة يتم المحافظة على تلامس سطحى حلقتى الإحتكاك بواسطة الياى فقط ويفضل هذا المانع فى الطلمبات منخفضة الضغط حيث يساعد فى تقليل طول الغرفة الحاكمة كما يفضل أيضاً عندما يكون سائل الضخ آكلاً للمعادن حيث لا تتعرض أجزاءه المعدنية إلى السائل .

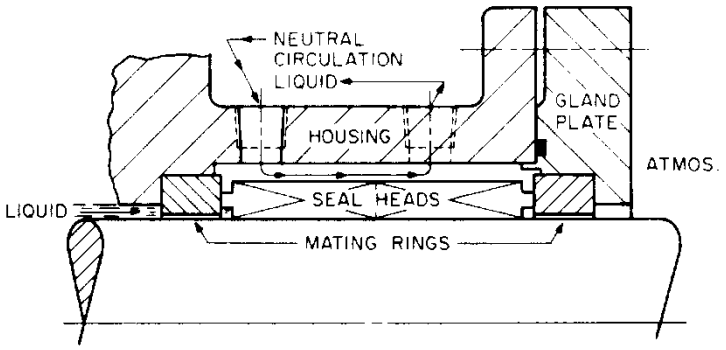


شكل (79) مانع خرير ميكانيكى فردى (a) تركيب خارجى ، (b) تركيب داخلى

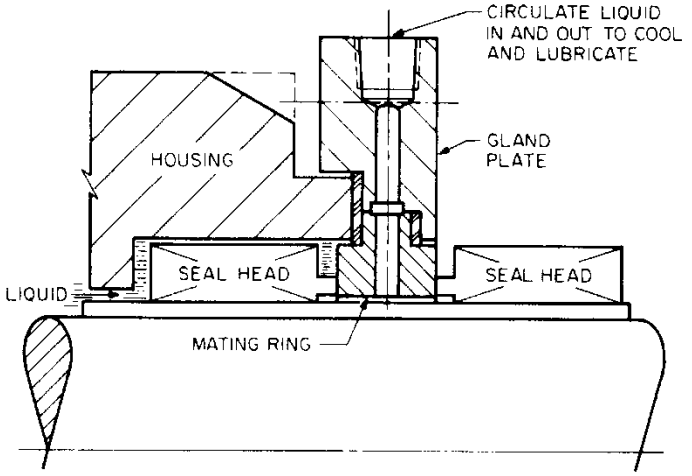
تستخدم الموانع المتعددة (الزوجية) فى التطبيقات التى تتطلب مايلى :-

1- سائل خاص لتزييت وتبريد المانع .
2- حفظ أجزاء المانع من التآكل بواسطة سائل الضخ .
3- إمكانية الحصول على إشارة لأجهزة المراقبة بوجود خرير .
4- الوصول إلى درجة أكبر من الأمان حول الطلمبة .

يتكون المانع الزوجى من مانعين فرديين مرصوصان على عمود الطلمبة إما الظهران متقابلان شكل رقم (80) أو الوجهان متقابلان شكل رقم (81) أى أن الحلقة الثابتة فى المنتصف . وفى هذا المانع يتم تزييت وتبريد سطحى الإحتكاك بسائل خارجى ضغطه أعلى من ضغط سائل الضخ شكل رقم (80) وأقل منه فى الشكل رقم (81) وينحصر فراغ التزييت والتبريد بين سطحى التلامس للمانعين الفرديين المكونان للمانع المزدوج .



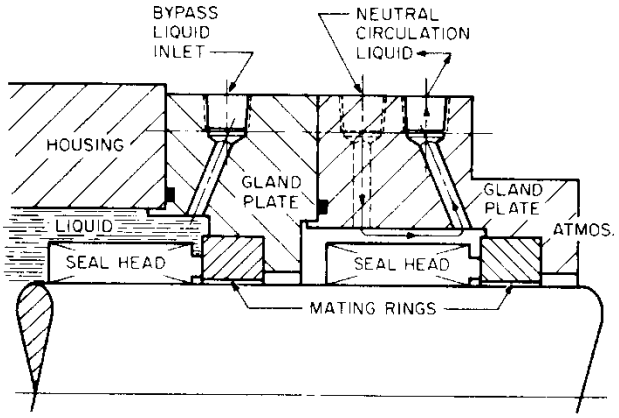
شكل (80) المانع الميكانيكى المزدوج المتعاكس الظهران متقابلان (OPPOSITE)



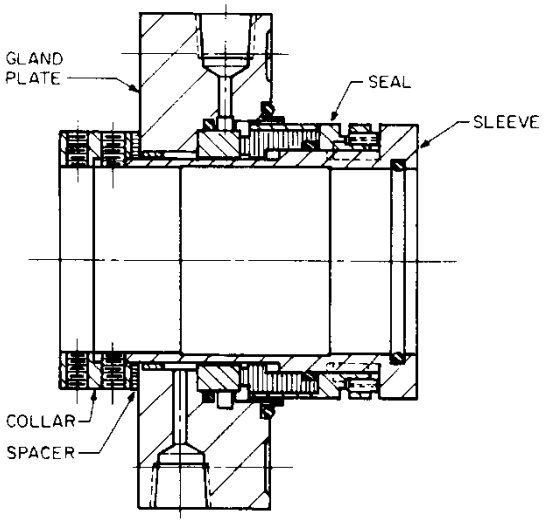
شكل (81) المانع الميكانيكى المزدوج المتواجه الوجهان متقابلان (OPPOSED)

** إذا كان المانع مترادفاً (TANDEM) فهذا يعنى أنه يتكون من مانعين فرديين ليسا متعاكسين أو متواجهين وإنما يأخذان نفس الإتجاه شكل رقم (82) ويمثل المانع الخارجى منطقة حاجزة بين سائل الطلمبة المتسرب من المانع الداخلى والهواء الجوى المحيط بالطلمبة . ويستخدم هذا النوع فى طلمبات السوائل السامة والسوائل القابلة للإشتعال التى تتطلب حماية وأمان .

** كما توجد موانع مجمعة فى شكل خرطوشة متكاملة (PACKAGE SEALS) وهذه الخرطوشة إذا كانت لمانع فردى فإنها تتكون من فلانشة الجلاند (GLAND PLATE) والجلبة (SLEEVE) ، وردة تثبيت (DRIVE COLLER) شكل رقم (82) ويستخدم فى معظم الموانع حافظ مسافة (SPACER) للمحافظة على دقة ضبط وجهى الحلقتين حيث يتم فصله بعد تركيب وردة لتثبيت وربط فلانشة الجلاند بالطلمبة . وهذه الخرطوشة يسهل تركيبها بواسطة مسامير صغيرة لتثبيتها مع العمود والجلاند .



شكل (82) المانع المترادف (موانع فردية فى نفس الإتجاه)



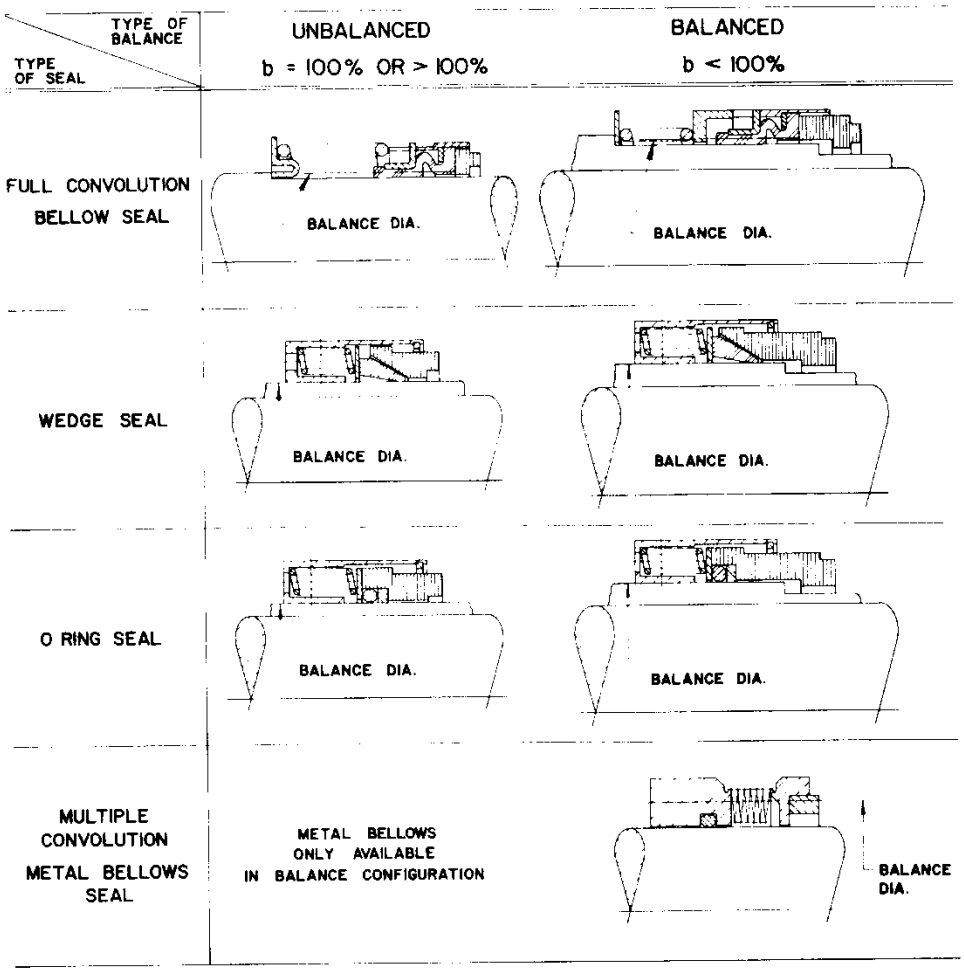
شكل (83) خرطوشة مجمعة للمانع الميكانيكى

تقسيم الموانع طبقاً والتصميم : CLASSIFICATION OF SEALS BY DESIGN

يصعب تصميم نموذج واحد للموانع الميكانيكية يستخدم لجميع الأغراض ولهذا يمكن تقسيم الموانع الميكانيكية من الناحية التصميمية إلى أربع مجموعات هى :-

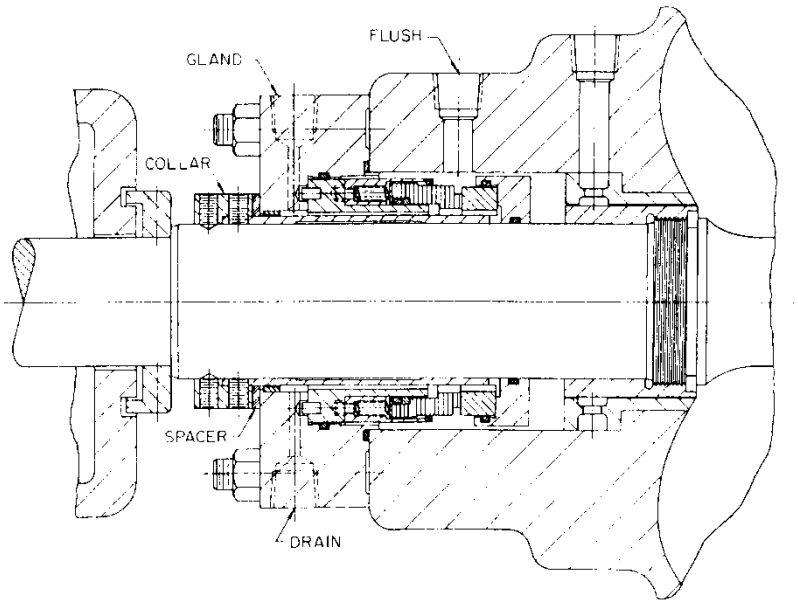
1- الموانع الغير متزنة أو المتزنة UNBALANCED OR BALANCED
2- الموانع ذات الرأس (الرأس تحتوى على مجموعة الياى وإحدى الحلقتين) الثابتة أو الدائرة
3- الموانع ذات الياى الواحد أو مجموعة يايات
4- الموانع الثانوية الزاحفة أو الغير زاحفة

** إختيار الموانع المتزنة أو الغير متزنة يتحدد وفقاً والضغط داخل غرفة المانع فالموانع التى تزيد مساحة غلقها تحت تأثير الضغط a_c عن مساحة فتحها a_o موانع غير متزنة أما التى تقل فيها a_c عن a_o تكون موانع متزنة والشكل رقم (84) يبين الأصناف الشائعة من النوعين .



شكل (84) الموانع الميكانيكية الغير متزنة والمتزنة الشائعة

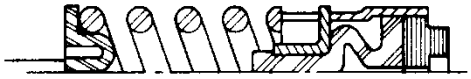
ويتحدد إختيار المانع الدوار أو الثابت وفقاً وسرعة دوران العمود فالموانع ذات الرأس الدائرة مع العمود تسمى الموانع الدوارة (ROTATING SEALS) أما إذا كانت الرأس ثابتة فإن المانع يسمى مانع ثابت (STATIONARY SEAL) شكل رقم (85) .



شكل (85) المانع الثابت (ذو الرأس الثابتة)

ويشيع إستخدام الموانع الدوارة فى الأغراض الصناعية للطلمبات ذات السرعات العادية وكمبدأ عام يفضل إستخدام الموانع الثابتة عندما تزيد السرعة الخطية لعمود الطلمبة عن 5000 قدم/دقيقة (25.4 متر/ثانية) حيث تعمل هذه الموانع على الحد من القوى الغير متزنة المؤثرة على المانع من جراء ذبذبات العمود إلى أقل قيمة ممكنة .

** إختيار المانع الدوار ذو الرأس المحتوى على ياى مفرد أو ذو اليايات المتعددة يتحدد طبقاً والفراغ المسموح به داخل غرفة المانع وسائل الضخ . وغالباً ما تستخدم موانع الياى المفرد مع الموانع ذات المنفاخ (BELLOW) الذى يحيط بالعمود شكل رقم (86-a) ويتميز هذا المانع بسهولة التجميع والتركيب . أما المانع الثابت فيفضل عندما تكون طول الغرفة قصيراً ويتوافر الضغط على سطحى التلامس بواسطة عدد من اليايات المتماثلة توزع حول العمود شكل رقم (86-b) كما يفضل إستخدامه فى معظم الموانع التى تستخدم حلقات الكاوتشوك ذات المقطع المستدير (O-RING) أو حلقات الكاوتشوك ذات الشفه المرنة (WEDES) .



(a)

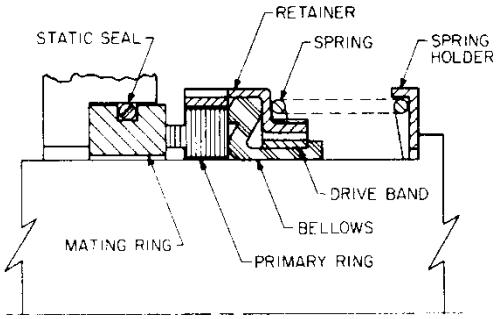
(b)

شكل (86) (a) ياى واحد يحيط بالعمود (b) يايات متعددة صغيرة موزعة حول العمود

** النوع الزاحف (PUSHER - TYPE) من الموانع هو الذى تزحف فيه حلقة الإحكام الثانوية (O-RING) على العمود أثناء حركة المانع ، وفلانشة الجلاند بما فيها حلقة الإستناد للمانع تكون مثبتة مع غرفة المانع وتمثل الجزء الثابت من المانع . وتوجد أربع نقط لمنع الخرير عند المناطق الأتية :-

- بين فلانشة الجلاند والطلمبة حيث يوضع جوان لمنع الخرير بعد الرباط .
- بين الحلقة الثابتة وبين جدار الجلاند ويستخدم لذلك حلقات كاوتشوك .
- بين حلقتى المانع عند سطح التلامس .
- بين الحلقة الدوارة وبين العمود وتستخدم لذلك حلقة كاوتشوك مستديرة (O-RING) .

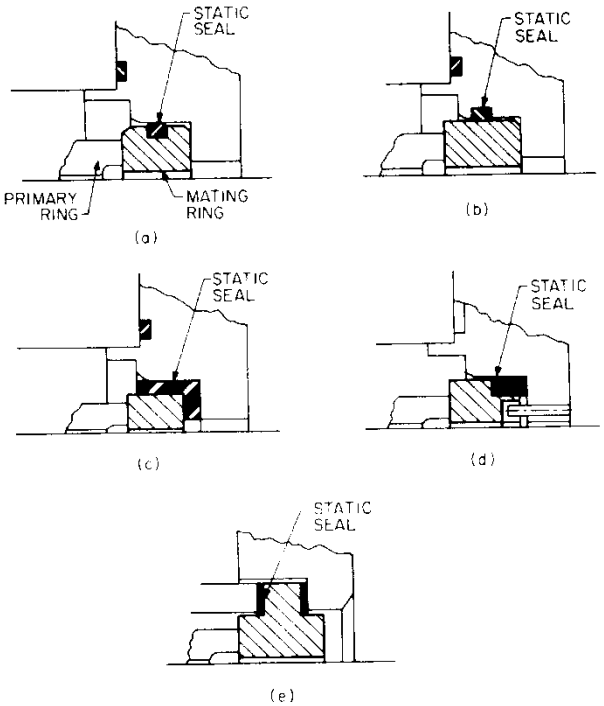
أما النوع الغير زاحف (NONPUSHER) فلا تزحف فيه الحلقات الثانوية للإحكام تحت تأثير القوى الهيدروليكية أو الميكانيكية وأى حركة يمتصها منفاخ يحيط بالعمود وقابضاً على سطحه ويدور معه ويستند على الحلقة الدوارة شكل رقم (87) وبالتالى يقوم المنفاخ بدور الإحكام الثانوى وعادة ما يستخدم هذا النوع فى حالات الخدمة الخفيفة .



شكل (87) مانع ميكانيكى ذو منفاخ

الأنواع الشائعة من حلقات الإستناد : COMMON TYPES OF MATING RINGS

حلقة الإستناد هى حلقة تصنع من معدن صلب أو من السيراميك وهى إما ثابتة مع جسم الطلمبة (الجلاند) أو دائرة مع العمود والغرض منها توفير سطح ناعم يستند عليه سطح ناعم أخر لحلقة أخرى أساسية (PRIMERY RING) بضمها إلى حلقة الإستناد ياى أو أكثر . وهى كما فى الشكل رقم (88) غالباً ما تكون ثابتة وتستند هى الأخرى على حلقة من الكاوتشوك تمنع هروب السائل من الخلوص الموجود بينها وبين جدار الجلاند .



شكل (88) حلقات الإستناد الشائعة
(a) ذات جوان حلقى دائرى غاطس (b) ذات جوان حلقى مربع خارجى
(c) ذات جوان على شكل كوب (d) جوان شكل وردة فى كل جانب

مواد تصنيع حلقات المانع : MATERAL OF CONSTRUCTION

يعتمد إختيار مواد تصنيع أجزاء المانع عموماً على قدرتها على مقاومة التآكل الكيميائى لسائل الضخ وقد ذكر كتاب الجمعية الوطنية لمهندسى التآكل بأمريكا معدلات التآكل لمواد كثيرة تصلح لتصنيع أجزاء المانع الميكانيكى لعدد كبير من

السوائل والغازات . وعندما يزداد معدل التآكل عن 2 MILS (0.05 mm) فى السنة يفضل إستخدام المانع المزدوج حيث يستعمل سائل متعادل لتطهير غرفة المانع من سائل الضخ وأيضاً لتبريد وتزييت سطحى الإحتكاك . وفى التصميمات التى تتلامس فيها أجزاء المانع وخاصة عند القطر الداخلى لحلقتى الإحتكاك وعند الحلقات الثانوية (الكاوتشوك) تصنع الأجزاء من مواد مقاومة للتآكل مثل السيراميك والكربون والتيفلون والمواد الشائعة للإستخدام مبينة فى الجدول رقم (10) أما الجدول رقم (11) فيبين خواص المواد الشائعة فى تصنيع سطحى الإحتكاك .

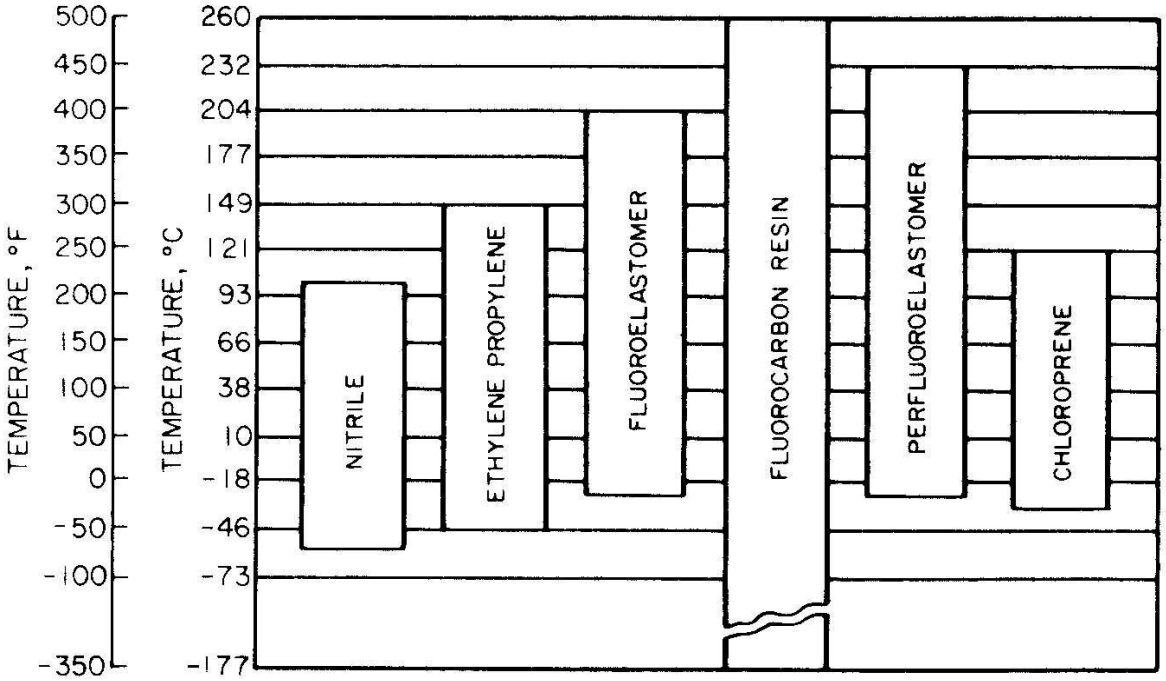
Component	Material of construction
Secondary seals	
O ring	Nitrile, ethylene, propylene, chloroprene
Bellows	Nitrile, ethylene, propylene, chloroprene
Wedge	Fluorocarbon resin, Grafoil[a]
Metal bellows	Stainless steel, nickel-base alloy
Primary ring	Carbon, metal-filled carbon, tungsten carbide, silicon carbide, siliconized carbon, bronze
Hardware (retainers, disk, snap ring, set screws, springs)	18-8 stainless steel, 316 stainless steel, nickel base alloys, titanium
Mating ring	Ceramic, cast iron, tungsten carbide, silicon carbide

[a]A registered trademark of Union Carbide.

جدول (10) المواد الشائعة فى تصنيع الموانع الميكانيكية

perty	Cast iron	Ni-resist	Ceramic 85% (Al_2O_3)	Ceramic 99% (Al_2O_3)	Carbides Tungsten (6% Co)	Carbides Silicon Si-C	Carbon Resin	Carbon Babbitt	Carbon Bronze	Carbon Si-C Conv.
dulus of elasticity, $\times 10^6$ lb/in^2 ($\times 10^3$ MPa)	13–15.95 (90–110)	10.5–16.9 (72–117)	32 (221)	50 (245)	90 (621)	48–57 (331–393)	2.5–4.0 (17.2–27.6)	1.04–4.1 (7.2–28.3)	2.9–4.4 (20–30)	2–2.3 (13.8–15.9)
sile strength, $\times 10^3$ lb/in^2 (MPa)	65–120 (448–827)	20–45 (138–310)	20 (138)	39 (269)	123.25 (850)	20.65 (142)	4.5–9 (31–62)	8–8.6 (55–59)	7.5–9 (52–62)	2 (14)
fficient of thermal xpansion $\times 10^{-6}$, /in·°F (cm/cm·K)	6.6 (11.88)	6.5–6.8 11.7–12.24)	3.9 (7.02)	4.3 (7.74)	2.53 (4.55)	1.88 (3.38)	2.3–3.4 (4.14–6.12)	2.1–2.7 (3.78–4.86)	2.4–3.1 (4.32–5.58)	2.4–3.2 (4.32–5.76)
rmal conductivity, tu·ft/h·ft^2·°F (W/m·K)	23–29 (39.79–50.17)	25–28 (43.25–48.44)	8.5 (14.70)	14.5 (25.08)	41–48 (70.93–83.04)	41–60 (70.93–103.8)	3.8–12 (6.57–20.76)	6–9 (10.38–15.57)	8–8.5 (13.84–14.70)	30 (51.9)
sity, /in^3 (kg/m^3)	0.259–0.268 (7169–7418)	0.264–0.268 (7307–7418)	0.123 (3405)	0.137 (3792)	0.59 (16,331)	0.104 (2879)	0.064–0.069 (1771–1910)	0.083–0.112 (2297–3100)	0.083–0.097 (2297–2685)	0.067–0.070 (1854–1938)
dness	Brinell		Rockwell A			Rockwell 45N	Shore			Rockwell 15T
	217–269	131–183	87	87	92	86–88	80–105	60–95	70–92	90

جدول (11) خواص مواد تصنيع الموانع الميكانيكية



جدول (12) حدود درجات حرارة التشغيل لمواد تصنيع حلقات الكاوتشوك المستخدمة فى الموانع الميكانيكية

وتعتبر درجة حرارة الإستخدام من البيانات الأساسية عند تصميم حلقات الكاوتشوك الثانوية (بين جزئين يدوران) أو حلقات الكاوتشوك الإستاتيكية (بين جزئين ثابتين) حيث يجب أن تحتفظ هذه الحلقات بمرونتها طوال العمر الإفتراضى للمانع لأنها

تساعد فى إنطباق سطحى الإحتكاك عند حدوث إهتزازات بالعمود أو عدم إستقرار الضغط . ويبين الجدول رقم (12) حدود الإستخدام لدرجة الحرارة لمواد تصنيع الحلقات الثانوية والإستاتيكية .

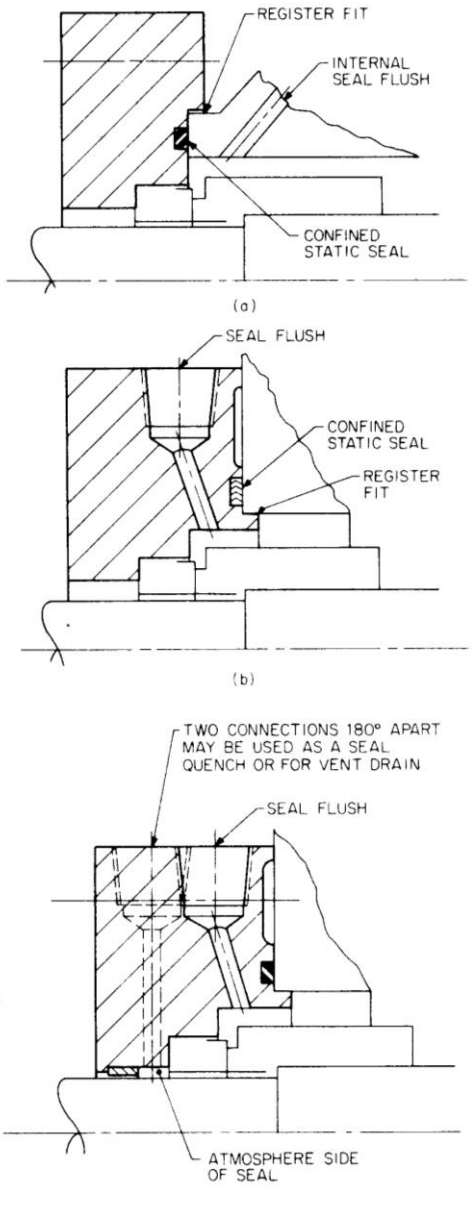
أما تحديد مادة تصنيع حلقتى الإحتكاك والحلقة الأساسية وحلقة الإستناد فيحكمها حدود المقدار PV والجدول رقم (13) يبين حدود هذا المقدار لسطحى تلامس مختلفين فى مادة التصنيع . وقد أختيرت هذه المواد لتحقيق عمر إفتراضى للمانع الميكانيكى يقدر بعامين تشغيل وقد تحددت هذه القيم على فرض سائل الضخ هو سائل مائى درجة حرارته 120°ف (49°م) وبالنسبة للسوائل الزيتية مثل زيت التزييت والبترول يمكن إستخدام قيم أكبر للمقدار PV عما هو مذكور فى الجدول تزيد بمقدار 60% .

Sliding materials		*PV* limit, $\frac{lb}{in^2} \cdot \frac{ft}{min}$ (bar·m/s)	Comments
Rotating	Stationary		
Carbon-graphite	Ni-resist	100,000 (35.03)	Better thermal shock resistance than ceramic
	Ceramic (85% Al_2O_3)	100,000 (35.03)	Poor thermal shock resistance and much better corrosion resistance than Ni-resist
	Ceramic (99% Al_2O_3)	100,000 (35.03)	Better corrosion resistance than 85% Al_2O_3 ceramic
	Tungsten carbide (6% Co)	500,000 (175.15)	With bronze-filled carbon-graphite, *PV* is up to 100,00 $\frac{lb}{in^2} \cdot \frac{ft}{min}$ (35.03 bar·m/s)
	Tungsten carbide (6% Ni)	500,000 (175.15)	Ni binder for better corrosion resistance
	Silicon carbide converted carbon	500,000 (175.15)	Good wear resistance; thin layer of Si-C makes relapping questionable
	Silicon carbide (solid)	500,000 (175.15)	Better corrosion resistance than tungsten carbide but poorer thermal shock resistance
Carbon-graphite		50,000 (17.51)	Low *PV*, but very good against face blistering
Ceramic		10,000 (3.50)	Good service on sealing paint pigments
Tungsten carbide		120,000 (42.04)	*PV* is up to 185,000 $\frac{lb}{in^2} \cdot \frac{ft}{min}$ (64.8 bar·m/s) with two grades that have different % of binder
Silicon carbide converted carbon		500,000 (175.15)	Excellent abrasion resistance; more economical than solid silicon carbide
Silicon carbide (solid)		500,000 (175.15)	Excellent abrasion resistance, good corrosion resistance, and moderate thermal shock resistance

جدول (13) مواد تصنيع حلقتى إحتكاك المانع الميكانيكى وقيمة المعامل pv لكل منها

أقراص الجلاند : GLAND PLATES

الغرض من قرص الجلاند هو إحتواء حلقة الإستناد وغلق غرفة المانع وإحتواء الحلقة الكاوتشوك الثابتة لمنع الخرير الإستاتيكى . وتوجد ثلاث تصميمات أساسية لقرص الجلاند كما هو واضح فى شكل رقم (89) .



شكل (89) أقراص الجلاند (a) عادى (b) ذو مسار لسائل تطهير المانع (c) ذو ثقوب للتصريف

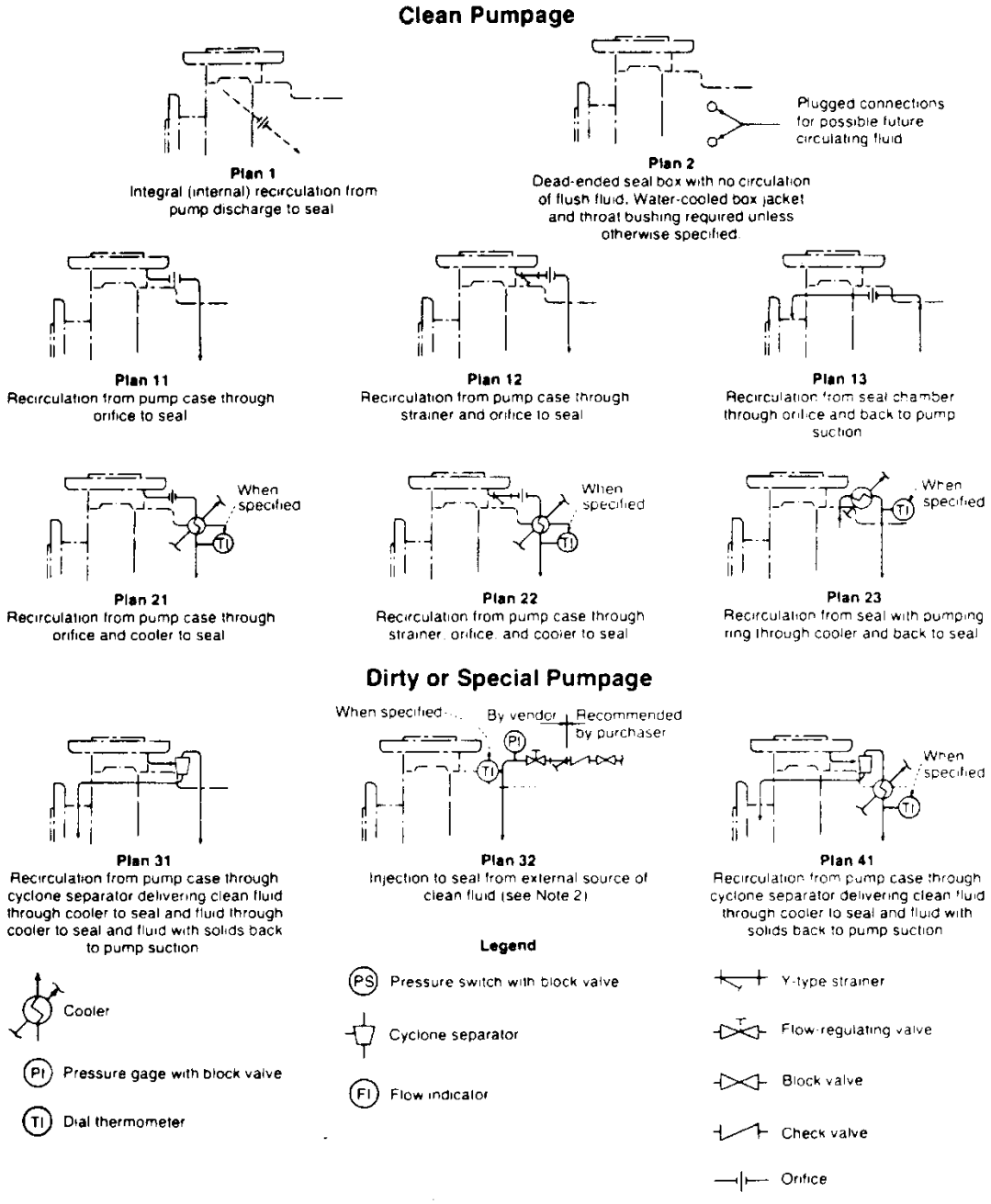
- النوع (PLAIN GLAND PLATE) يستخدم عندما يأخذ سائل التبريد مسار خلال جسم غرفة المانع وعندما لا يكون سائل الضخ خطيراً عند تسربه إلى الجو المحيط ولا يتبلور أو يتكربن عندما يتسرب إلى جانب الضغط الجوى من المانع .
- والجلاند من نوع (FLUSH GLAND PLATE) شكل (b) يستخدم عندما لا تتوافر تغذية المانع بسائل التبريد من خلال جسم غرفة المانع وعندما يتم إستخدام دورة منفصلة لسائل التبريد .

- والجلاند من نوع (FLUSH -AND- QUENCH GLAND PLATE) شكل (c)

يستخدم إذا كان تسرب
أى كمية من سائل الضخ يمثل خطراً عندما يتسرب إلى الجو حيث يوجد بجانب فتحة سائل التبريد مدخل ومخرج متواجهان حول العمود يمر بهما تيار من سائل أو غاز يسمى (QUENCH FLUID) يلتقط معه أى نقط متسربة من المانع إلى مكان آمن .

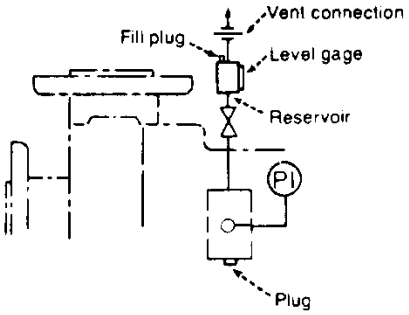
توصيلات الأنابيب الخاصة بالمانع : PIPING ARRANGEMENT

هذه التوصيلات هى المعنية بتبريد المانع وأحياناً بتسخينه والأنواع شائعة الإستخدام حددها معهد البترول الأمريكى (API) ويبينها الشكلان رقمى (90 ، 91) .

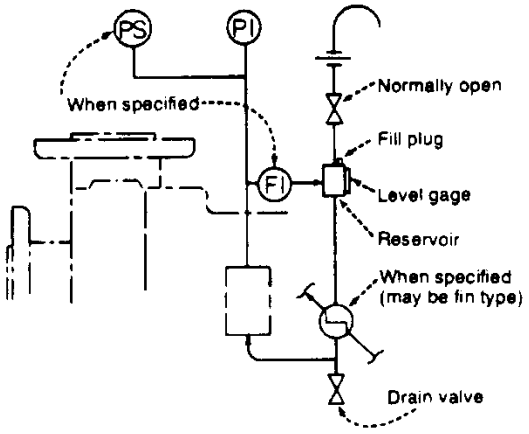


NOTES
1. These plans represent commonly used systems. Other variations and systems are available and should be specified in detail by the purchaser or mutually agreed upon by the purchaser and the vendor.
2. For Plan 32, the purchaser shall specify the fluid characteristics, and the vendor shall specify the volume (gallons per minute) and pressure (pounds per square inch gage) required.

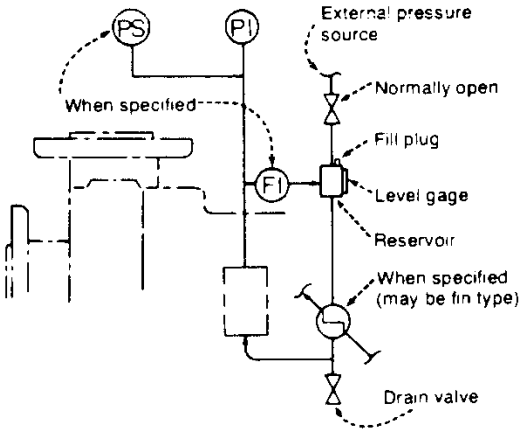
شكل (90) توصيلات المانع الميكانيكى كما حددتها توصيفات معهد البترول الأمريكى رقم 610 الطبعة السادسة



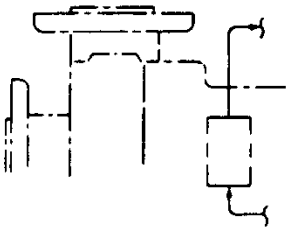
Plan 51
Dead-ended blanket (usually methanol, see Note 2)



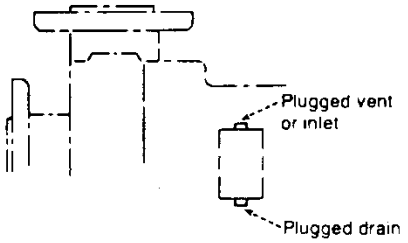
Plan 52
External fluid reservoir (see Note 2), nonpressurized thermosyphon or forced circulation, as required.



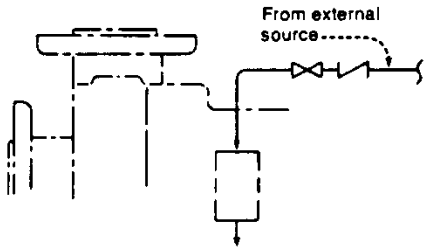
Plan 53
External fluid reservoir (see Note 2), pressurized thermosyphon or forced circulation, as required



Plan 54
Circulation of clean fluid from an external system (see Note 2)



Plan 61
Tapped connections for purchaser's use. Note 2 shall apply when purchaser is to supply fluid (steam, gas, water, etc.) to auxiliary sealing device



Plan 62
External fluid quench (steam, gas, water, etc., see Note 2).

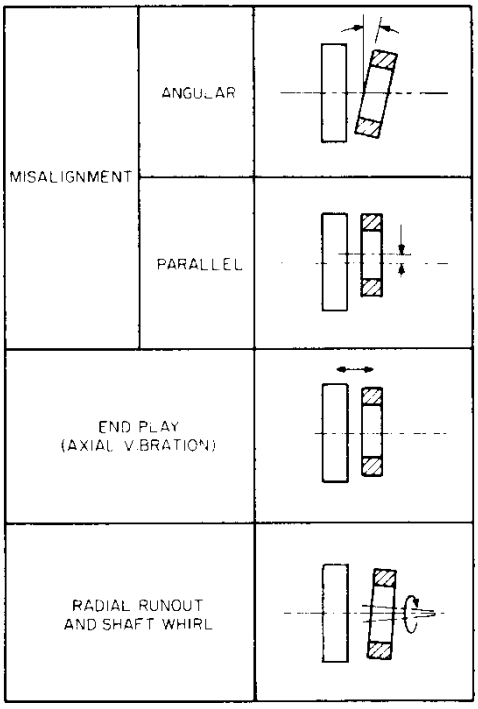
NOTES
1. These plans represent commonly used systems. Other variations and systems are available and should be specified in detail by the purchaser or mutually agreed upon by the purchaser and the vendor.
2. The purchaser shall specify the fluid characteristics when supplemental seal fluid is provided. The vendor shall specify the volume (gallons per minute) and pressure (pounds per square inch gage) required, where these are factors.
3. See Figure D-2 for explanation of symbols not specified here.

شكل (91) توصيلات الجلبة الخانقة للموانع الميكانيكية المترادفة أو الموانع الميكانيكية الزوجية كما حددتها المواصفة 610 لمعهد البترول الأمريكى الطبعة السادسة

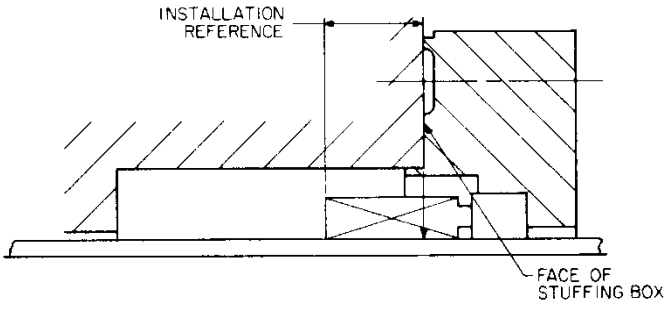
تركيب المانع الميكانيكى : INSTALLATION OF M.SEAL

كلما كانت أجزاء المانع مستقرة أثناء دوران الطلمبة فهذا يعنى أن المانع قد تم تجميعه وتركيبه بصورة سليمة أما إذا حدثت حركة نسبية بين أجزائه أو بينه وبين العمود أو جلبة العمود فهذا يدل على حركة ميكانيكية غير مرغوبة لأجزاء المانع قد

تحدث من عدم توازى سطحى الإحتكاك (ANGULAR MISALIGNMENT) أو عدم إشتراك حلقتى الإحتكاك فى خط مركزى واحد (PARALLEL MISALIGNMENT) أو إهتزاز محورى (END PLAY) أو مرجحة الحلقة الدائرة حول المحور (SHAFT WHIRL)، إهتزاز محورى (RADIAL RUNOUT) شكل رقم (92) وقد تكون أسباب ذلك هى خلل فى ضبط وصلتى السحب والطرد للطلمبة عند درجة حرارة التشغيل . أو عدم إنطباق محور الجلاند على محور العمود مما يتسبب فى ملامسة العمود الدائر للقطر الداخلى للحلقة الثابتة وإتلافها ويؤدى الإهتزاز المحورى الزائد إلى إتلاف سطحى الإحتكاك وزيادة فرصة تسرب الذرات الصلبة بين السطحين خاصة إذا كانت الطلمبة تتوقف مراراً عن التشغيل . وعندما تزيد مرجحة العمود عما هو مسموح به من مصنع المانع يحدث إهتزاز زائد للمانع وتتسبب بإشتراكها مع العيوب الأخرى فى تقليل عمر المانع . ويجب مراجعة أبعاد المانع بعد تركيبه وفقاً والأبعاد المحددة بكتالوج الإنتاج خاصة إرتفاع سطح الإحتكاك عن سطح العمود والمسافة بين سطح الجلاند وبين نقطة تثبيت رأس المانع على العمود شكل رقم (93) .



شكل (92) الأوضاع الشائعة التى تؤثر على أداء المانع الميكانيكى



شكل (93) الأبعاد الأساسية للمانع الميكانيكى (موضحة بالأسهم)

(13-8-2-2/1) أسباب خرير الموانع الميكانيكية : CAUSES OF SEAL LEAKAGE

الجدول رقم (14) يبين الظواهر السلبية التى تحدث للمانع الميكانيكى وأسبابها وطريقة علاجها .

Symptom	Possible causes	Corrective procedures
Seal spits and sputters ("face popping") in operation	Seal fluid vaporizing at seal interfaces	Increase cooling of seal faces Check for proper seal balance with seal manufacturer Add bypass flush line if not in use Enlarge bypass flush line and/or orifices in gland plate Check for seal interface cooling with seal manufacturer
Seal drips steadily	Faces not flat Carbon graphite seal faces blistered Seal faces thermally distorted	Check for incorrect installation dimensions Check for improper materials or seals for the application Improve cooling flush lines Check for gland plate distortion due to overtorquing of gland bolts Check gland gasket for proper compression Clean out foreign particles between seal faces; relap faces if necessary Check for cracks and chips at seal faces; replace primary and mating rings
	Secondary seals nicked or scratched during installation O rings overaged Secondary seals hard and brittle from compression set Secondary seals soft and sticky from chemical attack	Replace secondary seals Check for proper lead in chamfers, burrs, etc. Check for proper seals with seal manufacturer Check with seal manufacturer for other material
	Spring failure Hardware damaged by erosion Drive mechanisms corroded	Replace parts Check with seal manufacturer for other material
Seal squeals during operation	Amount of liquid inadequate to lubricate seal faces	Add bypass flush line if not in use Enlarge bypass flush line and/or orifices in gland plate
Carbon dust accumulates on outside of gland ring	Amount of liquid inadequate to lubricate seal faces Liquid film evaporating between seal faces	Add bypass flush line if not in use Enlarge bypass flush line and/or orifices in gland plate Check for proper seal design with seal manufacturer if pressure in stuffing box is excessively high

Seal leaks	Nothing appears to be wrong	Refer to list under "Seal drips steadily" Check for squareness of stuffing box to shaft Align shaft, impeller, bearing, etc., to prevent shaft vibration and/or distortion of gland plate and/or mating ring
Seal life is short	Abrasive fluid	Prevent abrasives from accumulating at seal faces Add bypass flush line if not in use Use abrasive separator or filter
	Seal running too hot	Increase cooling of seal faces Increase bypass flush line flow Check for obstructed flow in cooling lines
	Equipment mechanically out of line	Align Check for rubbing of seal on shaft

جدول (14) قائمة بمشاكل تشغيل المانع الميكانيكى (أسبابها وعلاجها)

الكراسى : BEARINGS

وظيفة الكراسى فى الطلمبة المروحية هى حمل عمود الدوران وملحقاته والمحافظة على الوضع الصحيح للعمود بالنسبة للأجزاء الثابتة سواء المحافظة عليه من الحركة الطولية فى إتجاه المحور THRUST BEARING أو الإتجاه العمودى عليه LINE BEARING .

وتستخدم الطلمبات المروحية نوعان من الكراسى هما الكراسى عديمة الإحتكاك مثل كراسى البلى أو البلح (ANTIFRICTION BEARING) ، أو كراسى الغشاء الزيتى (OIL FILM BEARING) وهى كراسى اللقم أو الجلب . وتحتاج الطلمبة المروحية الأفقية إلى كرسيان أحدهما لحفظ العمود من الحركة فى الإتجاه الطولى للمحور ويركب عند الطرف الخارجى أو الحر للطلمبة (OUTBOARD BEARING) والآخر لحفظ العمود من الحركة العمودية على المحور ويركب عند الطرف الداخلى جهة الوصلة المحورية (INBOARD BEARING) .

وتركب الكراسى فى علبة (HOUSING) إما أن تكون ضمن جسم الطلمبة أو تصنع منفصلة وتربط جيداً بجسم الطلمبة ويحفظ الزيت اللازم لتزييت الكرسى فى هذه العلبة بحيث تزود بقميص لتبريد الكرسى وفيما يلى نوعى الكراسى :-

الكراسى عديمة الإحتكاك : ANTIFRICTION BEARINGS

الكراسى الشائع إستخدامها من هذا النوع من الكراسى هى كراسى البلى (BALL BEARINGS) وكراسى البلح (ROLLER BEARINGS) وتستخدم كراسى البلى لرد فعل القوى المحورية وأيضاً لحفظ العمود عند مركز دورانه أما كراسى البلح فتستخدم فقط

لحفظ العمود عند مركز دورانه وأيضاً تستخدم فى الطلمبات الكبيرة التى تتطلب مواصفات لكراسى البلى لا تتوافر إنتاجياً .

وتتميز كراسى البلى بأن سطح الكرسى الحامل لوزن العمود عبارة عن نقطة هى نقطة تلامس البلية مع المجرى المحفور لها (RACE) ونظراً لأن البلية تتدحرج دورانياً فى المجرى فإن نقطة التحميل تتبدل عندما تتبدل البلية بالأخرى التالية لها فى إتجاه الدوران ولهذا فإنها تقريباً كراسى عديمة الإحتكاك وبالتالى لا تتولد فيها حرارة أثناء التشغيل .

ولا يعنى ذلك تشغيل كرسى البلى بدون تزييت حيث أن سرعة الدوران لا تكون ثابتة أثناء التشغيل مما يتسبب فى عدم إنتظام حركة البلية فيتسبب ذلك فى قليل من الإحتكاك وأيضاً نقطة التحميل خاصة فى الأحمال الكبيرة تكون لها مساحة محسوسة مما يتسبب فى قليل من الإحتكاك . وعندما يتعرض كرسى البلى إلى قوة محورية فإنها تدفع البلى للخروج من المجرى الثابت الذى يدور فيه إلا أن شفة المجرى تصد هذه القوة التى تتوزع على كل البلى الدائر . وأكبر تأثير للقوة المحورية هى أنها تولد إحتكاكاً بين سطح البلية وسطح قفص البلى ولهذا عادة ما تزود كراسى البلى لرد الفعل للطلمبات الكبيرة بنظام لتبريدها .

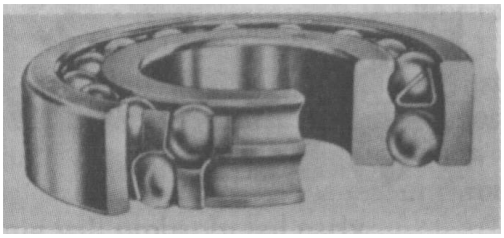
ومعظم كراسى البلى المستخدمة فى الطلمبة المروحية هى :-

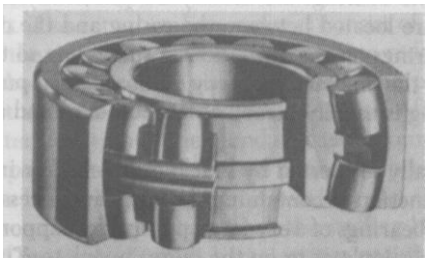
1- كرسى ذو صف واحد من البلى ومجرى عميق (SINGLE-ROW DEEP-GROOVE)
2- كرسى ذو صفين ومجرى عميق (DOUBLE-ROW DEEP-GROOVE)
3- كرسى ذو صفين ذاتى الضبط (DOUBLE-ROW SELF-ALIGNING)
4- كراسى التلامس الزاوى ذات صف أو صفين (ANGULAR-CONTACT)

والأنواع الأربعة عدا النوع الثالث قادرة على صد قوى الدفع المحورية بجانب صد القوى القطرية التى تشمل الوزن والقوى الهيدروليكية القطرية الغير متزنة .وتتحد جميع الأنواع فى وجود مجرى لمسار البلى فى الظرف الثابت مع العمود أما الظرف الثابت مع الجسم فقد يكون مسطحاً أو ذو مجرى أو ذو شفه (زاوية) .

- ويعتبر كرسى الضبط الذاتى شكل رقم (95) أكثر الأنواع المستخدمة للأحمال الثقيلة والسرعات العالية والأعمدة الطويلة بحيث لا يكون معرضاً لدفع محورى وبهذا فهو يعتبر ركيزة للعمود تحافظ على دورانه حول محوره .

أما إذا زادت أقطار الأعمدة وأحمالها مع وجود قليل من القوى المحورية فيستخدم كرسى البلح شكل رقم (96) .

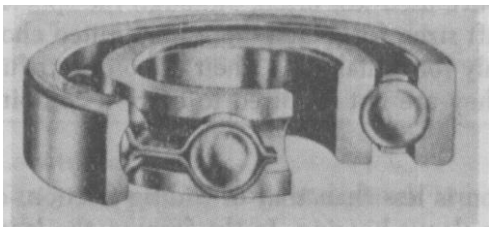




شكل (95) كرسى البلى ذو الضبط الذاتى (SELF-ALIGING)

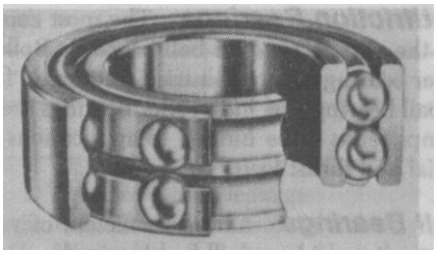
شكل (96) كرسى البلح الكروى ذو الضبط الذاتى

- كرسى البلى ذو الصف الواحد والمجرى العميق (SINGLE-ROW DEEP-GROOVE) شكل رقم (97) يعتبر أكثر الأنواع المستخدمة فى الطلمبة المروحية العادية وهو قادر على صد الأحمال القطرية والمحورية .



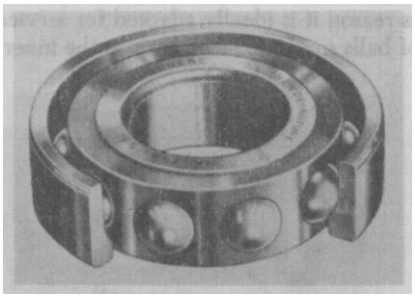
شكل (97) كرسى بلى صف واحد ومجرى عميق

- كرسى البلى ذو الصفين والمجرى العميق شكل رقم (98) يستخدم مثل كرسى البلى السابق لكنه يصد أحمال أكبر .

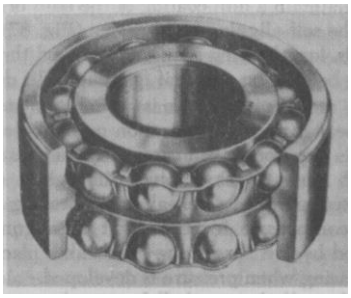


شكل (98) كرسى بلى صفين ذو مجرى عميق

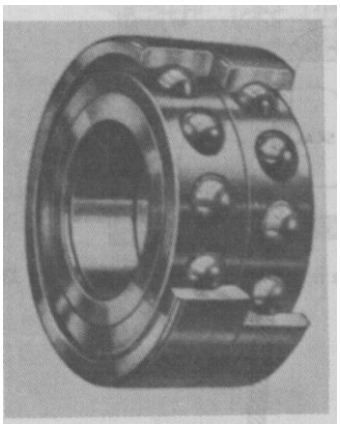
- كرسى البلى ذو التلامس الزاوى (ANGULAR-CONTACT) يستخدم هذا الكرسى لصد أحمال محورية أكبر حيث توجد شفة فى جانب واحد للظرف الثابت تصد الأحمال المحورية القادمة من الإتجاه المقابل لها والشكل رقم (99) يبين نوع ذو صف واحد أما الشكل رقم (100) يبين نوع ذو صفين وتوجد به شفتين واحدة فى كل جانب ولذلك تستخدم لصد القوى المحورية فى الإتجاهين . وقد يستخدم كرسيان صف واحد للقيام بمهمة الصد المحورى فى الإتجاهين يركبان على العمود متخالفان ومتلاصقان شكل رقم (101) مع ضرورة العناية بضبط الكرسيان معاً وقد يكون ذلك بإستخدام حلقة ضبط رقيقة شكل رقم (102) وعادة ما تستخدم هذه الكراسى فى الطلمبات ذات المروحة المعلقة (END-SUCTION PUMP) لصد الأحمال المحورية .



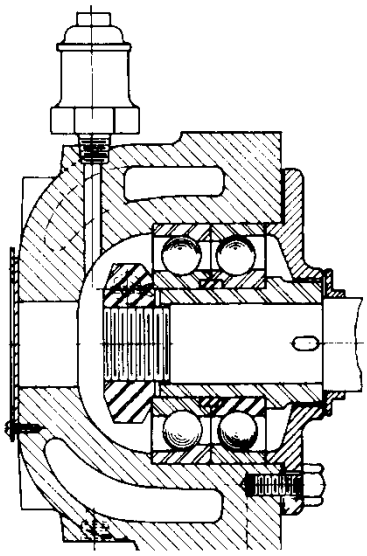
شكل (99) كرسى بلى صف واحد تلامس زاوى



شكل (100) كرسى بلى صفين تلامس زاوى



شكل (101) كرسيان بلى صف واحد تلامس زاوى ظهريهما متلاقيان



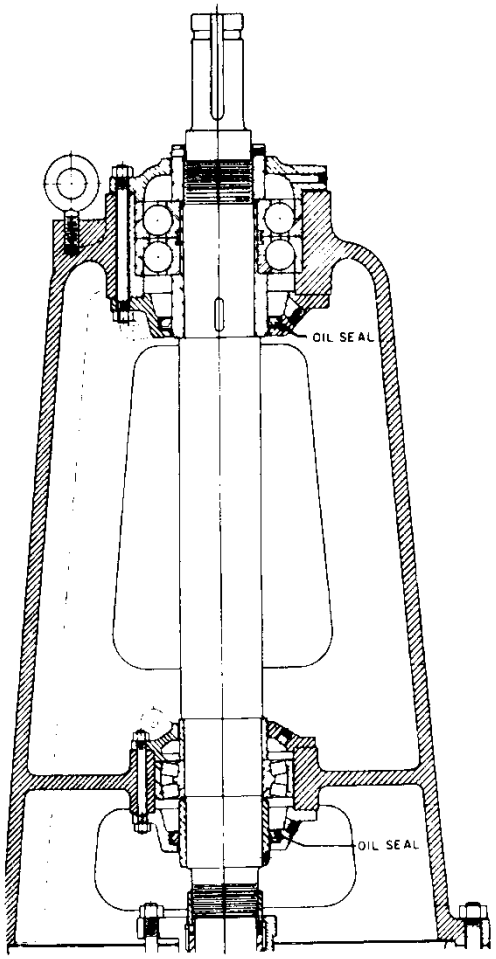
شكل (102) كرسى بلى صفين تلامس زاوى

تزييت الكراسى عديمة الإحتكاك : LUBRICATION OF ANTIFRICTION BEARINGS

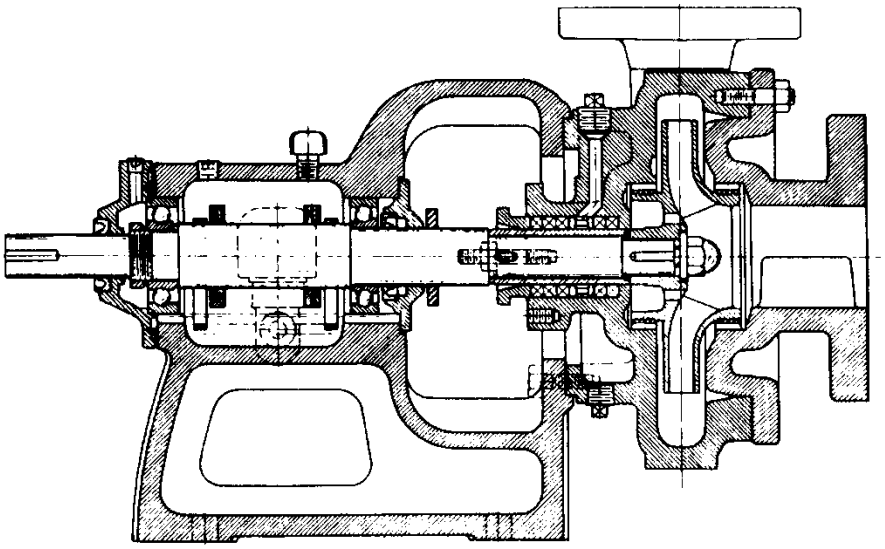
لا تحتاج الطلمبات الصغيرة فى الإستخدام العادى إلى زيوت خاصة ولهذا يكون العامل الإقتصادى هو الحاكم الوحيد لإختيار الزيت . ويستخدم الشحم فى تزييت كراسى البلى فى الطلمبات المروحية وبعضها يستخدم الزيت . والمشكلة التى تواجه الشحم هى طرده مركزياً جهة الظرف الثابت أثناء دوران الطلمبة ولهذا تصمم هذه الكراسى بحيث يعود الشحم المطرود ثانية إلى الظرف الداخلى الدائر وهكذا .

وفى غرفة كراسى البلى فى الطلمبة الرأسية يفضل عادة تركيب موانع تسرب (SEALS) لمنع هروب الشحم شكل رقم (103) . ويجب عدم كبس الشحم فى غرفة الكراسى بل يجب ملء ثلثها فقط لإعطاء فرصة للشحم للتحرك وعدم إرتفاع درجة حرارته وفى كراسى البلى التى تستخدم الزيت يجب المحافظة على مستوى محدد للزيت فى غرفة الكرسى وعادة يصل هذا المستوى إلى منتصف أسفل بلية فى الكرسى وقد يكون ذلك بإستخدام سد داخل الغرفة إرتفاعه يناظر هذا المستوى بحيث إذا زادت كمية الزيت التى يضعها العامل فاضت من فوق السد . وأحياناً تستخدم حلقات تعلق على العمود وتتدلى من أسفلها داخل الزيت فتدور ببطء وتعمل على رفع

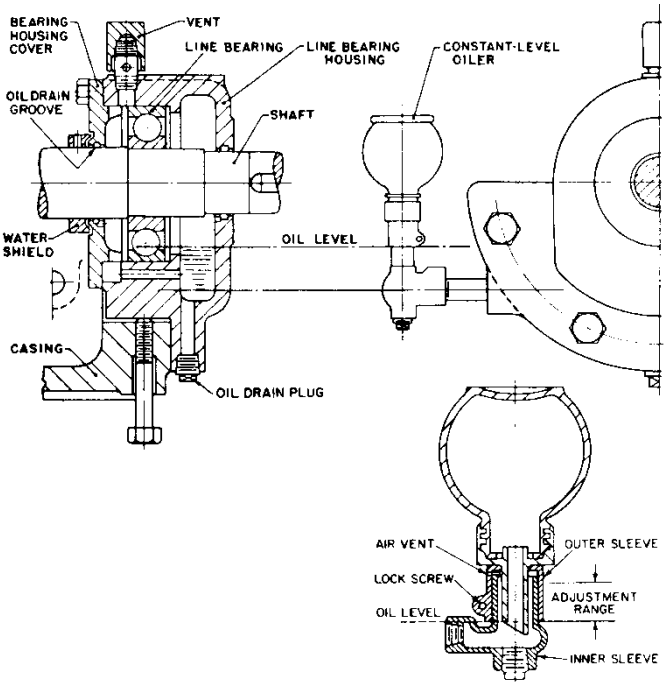
الزيت من الغرفة إلى العمود والبلى شكل رقم (104) وفى تصميمات أخرى تستخدم مزيتة تثبيت المستوى (OIL-LEVEL OILER) شكل رقم (105) . وقد يقوم المصمم بعمل غرفة يمكن ببساطة تعديلها لإستخدام الزيت أو الشحم لتزييت الكرسى شكل رقم (106) .



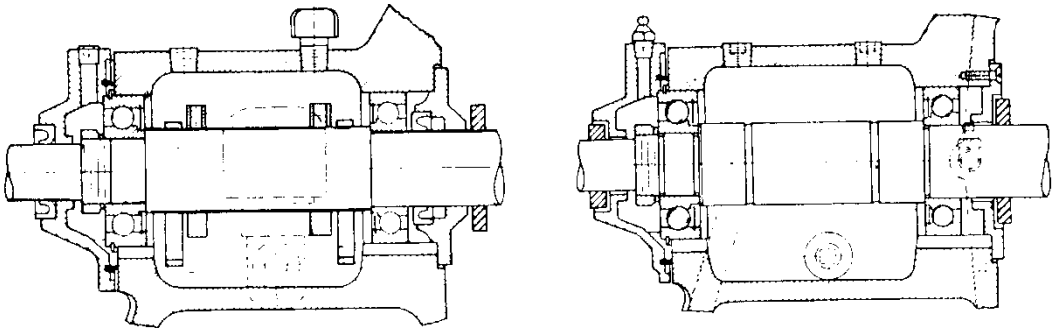
شكل (103) كرسى طلمبة رأسية ذو حاجز للشحم لكرسى البلى



شكل (104) كرسى طلمبة مزود بحلقات معلقة على العمود لرفع الزيت إلى البلى



شكل (105) مزيتة للمحافظة على مستوى الزيت الكرسى



شكل (106) غرفة كرسى طلمبة مصممة لتعمل إما بالزيت أو الشحم

كراسى الغشاء الزيتى / كراسى الجلب أو اللقم / كراسى الجورنال :

OIL FILM / SLEEVE / JOURNAL BEARINGS

بنيت فكرة هذا الكرسى على تحميل العمود على غشاء رقيق من زيت التزييت يتم دفعه أسفل العمود بتأثير دوران العمود حيث يسحب العمود الزيت الملاصق له من أعلاه ويدفعه أسفل العمود فى إتجاه الدوران وبالتالى يقل إحتكاك السطح السفلى للعمود مع السطح الثابت الحامل له . وتوجد أنواع من هذه الكراسى هى :-

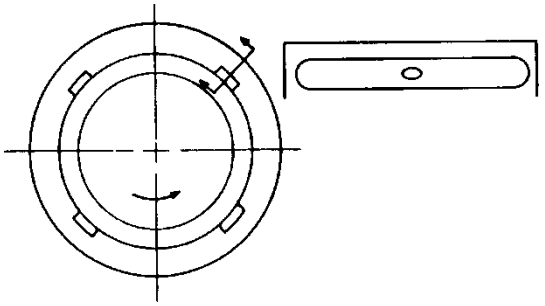
.

*** الكرسى الإسطوانى ذو المشقبيات المحورية : CYLINDRICAL BEARING WITH AXIAL GROOVES**

هو كرسى إسطوانى عادى كما فى شكل رقم (108) ولكن سطحه المواجه لسطح العمود مزود بأربعة مشقبيات على أبعاد محيطية متساوية يغذى كل مشقبية ثقب تزييت وتقل قوة تحميل هذا النوع عن النوع السابق بسبب إنخفاض مساحة التحميل

التى راح منها جزء للمشقبيات وتفيد المشقبيات فى أنها تعتبر محطة لتجميع الملوثات الموجودة بالزيت ولهذا فهو أقل عرضة لمشاكل تلوث الزيت . كما يساعد طول المشقبية فى زيادة تدفق الزيت مما يفيد فى تبريد الكرسى .

وعموماً فإن هذا الكرسى يستخدم كبديل للنوع الإسطوانى السابق إذا كان الغرض تحسين إستقرار العمود ومشاكل تولد الحرارة .



شكل (108) كرسى إسطوانى بمجارى محورية طولية يتوسطها ثقب لتغذية الزيت بالكرسى

مواد تصنيع كراسى الغشاء الزيتى : OIL FILM BEARING MATERIALS

المادة المستخدمة لمعظم الكراسى هى السبيكة البيضاء (BABBITT) وهى سبيكة مكونة أساساً من معادن طرية مثل القصدير والرصاص والأنتيمونيا وهناك نوعان منها الأول يحتوى على قصدير بنسبة (من 86-88%) مع 8% نحاس أحمر مع (4-14%) أنتيمونيا والثانية تتكون أساساً من الرصاص مع قصدير بحد أقصى 20% مع (من 10-15%) أنتيمونيا . والجدول رقم (15) يبين الخواص الفيزيائية لهذه السبيكة وحد الإستعمال الإبتدائى لها هو ألا تتعرض لدرجة حرارة أثناء التشغيل تزيد على 300°ف (140°م) وألا تتعرض لإجهادات متغيرة . والتركيب الكيميائى لهذه السبيكة مبين فى الجدول رقم (16) . ولو أن السبيكة المركبة أساساً من القصدير لها مواصفات أفضل من المركبة من الرصاص ولكن لإعتبارات التكلفة فإن الرصاص يفضل . والسبيكة المستخدمة على نطاق واسع تحمل المواصفة SAE ALLOY المحتوية على 3% أرسينك(ARSENIC) جدول رقم (16) . وتتميز سبيكة القصدير بأن مشاكل التآكل بها أقل من سبيكة الرصاص والسبيكة التى تحمل المواصفة SAE 11 BABBITTS والمحتوية على 8% أنتيمونيا ، 8% نحاس أحمر يستخدم بكثرة فى الأغرض الصناعية .

ونظراً لضعف قوة السبيكة فإنها تلصق على الجدار الداخلى من لقمة نصف إسطوانية مصنوعة من الصلب أو البرونز وكلما كانت طبقة السبيكة فوق اللقمة أقل سمكاً كلما زادت مقاومتها للتعب (FATIGUE) وبالنسبة لإستخدامات كراسى الطلمبات فإن سمكها يتغير من 32/1 بوصة إلى 8/1 بوصة (0.8 – 3 ملليمتر) . والسبائك الأكثر سمكاً تساعد فى تطبيع شكلها تحت العمود .

Bearing material	Brinell hardness at room temperature	Brinell hardness at 30°F (17°C)	Minimum Brinell hardness of shaft	Load carrying capacity, lb/in² (kg/m²)	Max operating temperature, °F (°C)
Tin-based babbitt	20–30	6–12	150 or less	800–1500 (5.62–10.55)	300 (149)
Lead-based babbitt	15–20	6–12	150 or less	800–1200 (5.62–8.44)	300 (149)

جدول (15) خواص سبائك الكراسى

Element	SAE no. (similar ASTM spec.)				
	11 (none)	12 (B23, alloy 2)	13 (none)	14 (B23, alloy 7)	15 (B23, alloy 15)
Tin (min)	86.0	88.2	5.0–7.0	9.2–10.8	0.9–1.2
Antimony	6.0–7.5	7.0–8.0	9.0–11.0	14.0–16.0	14.0–15.5
Lead	0.5	0.5	Remainder	Remainder	Remainder
Copper	5.0–6.5	3.0–4.0	0.5	0.5	0.5
Iron	0.08	0.08	—	—	—
Arsenic	0.1	0.1	0.25	0.6	0.8–1.2
Bismuth	0.08	0.08	—	—	—
Zinc	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Aluminum	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Cadmium	—	—	0.05	0.05	0.05
Others	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

[a]Percentage of minor constituents represent limiting values except as noted.

SOURCE: *SAE Handbook*, Society of Automotive Engineers, New York, 1960, p. 201.

جدول (16) نسب العناصر المختلفة فى كل سبيكة وفقاً والمواصفات القياسية

أشكال تلف كراسى الغشاء الزيتى : FAILURE MODES OF BEARINGS

الأشكال الشائعة من التلف أسبابها هى الإجهاد (FATIGUE) ، الدعك ، الحرارة الزائدة ، التآكل الكيميائى والتآكل بالإحتكاك .

ويحدث الإجهاد بسبب الأحمال المتكررة العمودية على سطح الكرسى ويظهر على شكل شروخ وبقع صغيرة على سطح السبيكة ، والدعك يحدث بسبب تلامس سطحين بينهما حركة نسبية ويظهر الجزء المعرض له أكثر لمعاناً من باقى الأجزاء ويتسبب فيه الأحمال الزائدة على الكرسى وعدم كفاية السرعة لتوفير الغشاء الزيتى اللازم أو قلة توافر الزيت ، والحرارة الزائدة تسبب تلوين فى سطح السبيكة وشروخ فى سطحها ، والتآكل الكيميائى عادة ما يحدث لسبائك الرصاص حيث يتفاعل الرصاص مع أحماض زيت التزييت ويظهر فى شكل بقع كبيرة طولية أسفل العمود ، أما التآكل بالإحتكاك فيتسبب فيه وجود شوائب صلبة فى الزيت تدور مع العمود فتؤدى إلى تجريح الكرسى لأنه الأكثر طراوة وتظهر فى شكل خدوش واضحة فى نسبة كبيرة من محيط الكرسى .

إجراءات الصيانة القياسية لطلمبات متعددة المراحل

PREDICTIVE MAINTENANCE (الصيانة التنبؤية)

وتبنى على تسجيل ومراقبة وفحص وتحليل حالة كل عنصر من عناصر المشروع وتتم عن طريق عمل :-

ROUTINE INSPECTION (المراقبة اليومية / اسبوعية) ولا تتطلب ايقاف المعدة

وتتم باجراء الفحوص التالية :

اولا : جميع المضخات السطحية – (الضغط العالى)

1. فحص صوت المضخة اثناء تشغيلها (كراسى التحميل – الاجزاء الدوارة) وتسجيل اى تغيير يحدث بالصوت.
2. فحص درجة حرارة كراسى التحميل و الاسطح الخارجية لجميع الاجزاء الدوارة وغرفة الميكانيكل سيل وتسجيل اى تغيير مفاجىء يحدث.
3. فحص الاهتزاز (VIBRATION) لكراسى التحميل وجميع الااجزاء الدوارة وتسجيل اى تغيير مفاجىء يحدث.
4. فحص الميكانيكيل سيل وملاحظة معدل التسريب المسموح بة وتسجيل اى زيادة تحدث للتسريبات.
5. فحص مستوى ولون وحالة زيت التبريد لكراسى تحميل المضخات - فى حالة التبريد بالزيت.
6. فحص رباطات جميع المسامسر والصواميل والجوايط الخارجية للموتور والمضخة باليد والتاكد من سلامتة.
7. قراءات عدادات الضغوط والتصرف والقدرة الكهربية وتدوينها فى جداول متابعة يومية
8. فحص التسريبات من الوصلات والمواسير والفلانشات لخطوط السحب والطرد
9. فحص التاكل او الصداء بجميع اجزاء المضخة والموتور الخارجية.
10. فحص اى تسريبات لزيت او شحم التبريد للمضخات والمواتير .
11. فحص درجة حرارة مائع التشغيل والتاكد بانة فى الحدود المسموح بها لعدم تلف الاجزاء المطاطية والجرافيت الداخلية بالمضخات (BALANCE DRUM , O RINGS) .
12. ازالة اى رواسب او ترسيبات ملحية بالسطح الخارجى الموتور او المضخة

<u>ثانيا : مضخات الاعماق</u>

1. فحص وقياس تركيز الاملاح الذائبة TDS والعكارة SDI لجميع ابار التغذية مع تسجيل القراءات لكل بئر على حدا لتحديد اى تغير يحدث بة .
2. فحص وقياس معدل التصرف والضغط للمياة المنتجة من ابار التغذية وتسجيلها لكل بئر على حدا .
3. فحص التسريبات بمجموعة الطرد ومحبس الطرد والوصلات الخارجية بغرف الابار لكل بئر على حدا .

4. تسجيل قيمة التيار المسحوب لكل بئر والتاكد من عدم حدوث تغير مفاجىء لقيمة التيار المسحوب .

ومميزات تنفيذ الصيانة التنبئية هى :-

1. عدم التعرض للتوقف المفاجىء للمعدة
2. التقليل من شراء قطع غيار غير لازمة
3. التخطيط الجيد لتوقف المعدة من حيث زمن الاصلاح وميعاد الايقاف
4. زيادة العمر التشغيل للمعدة بشكل ملحوظ
5. تحسن واضح فى كفاءة واداءالمعدة

زيادة فى الارباح

جميع البيانات والقراءات والفحوصات التى تتم على المعدة بعد مراقبة ادائها يجب تدوينها فى جداول مخصصة وتحليها جيدا لتجنب حدوث الاعطال والانهيارات مستقبلا.

- فى حالة ظهور اى تغير مفاجىء او تسجيل قراءة غير طبيعية اثناء تنفيذ الفحص السابق يجب الابلاغ فورا لعمل اجراءات الصيانة العاجلة او التصحيحية لعلاج التغير الحادث

2) PREVENTIVE MAINTENANCE

(الصيانة الدورية او الصيانة الوقائية او الصيانة المخططة) وتتم على المعدات مرتين سنويا (على اقصى تقدير) وتتطلب ايقاف المعدة وذلك بتنفيذ البنود التالية :

اولا : جميع المضخات السطحية – (الضغط العالى)

1. فحص توازى المحاور لعمود المضخة والموتور (COUPLING ALIGNMENT) والتاكد من عدم تخطى الحدود المسموح بها للتوازى MAXIMUM TOLERANCE واعادة الضبط اذا لزم الامر.
2. فحص كوبلن المضخة والموتور وبالاخص فحص ال COUPLING ELEMENT (القطعة المرنة) وتغيرها اذا لزم الامر.

3. تغير شحم او زيت التبريد لكراسى التحميل للمضخات والمواتير والتغير حسب ساعات التشغيل المدونة بكتيب المعدة وفى حالة كراسى التحميل التى تعمل بشحم دائم (2Z- 2RS) يتم تغير الشحم مع تغير كراسى التحميل والاخذ فى الاعتبار عدم خلط نوعين مختلفين من الشحم واختيار نوع الشحم او الزيت الموصى بة المصنع بكتيب التشغيل .

4. فحص مروحة تبريد الموتور وعمل نظافة للمروحة بازالة الرواسب الموجودة بها والتاكد من الرباط

5. فحص واعادة رباط جميع الوصلات والاسلاك الكهربية بعلبة الاسلاك بالموتور ولوحة التشغيل الكهربية

6. فحص حالة موانع التسريب (V RING – RADIAL SEAL – OIL SEAL – SHAFT SEAL .....) للمضخة والموتور وتغير التالف منها اذا لزم الامر

7. مراجعة ساعات تشغيل المضخة والموتور وتغير كراسى التحميل الخاصة بهم فى حالة تعدى او اقتراب ميعاد التغيروعلى حسب كتيب التشغيل للمعدة)

8. فحص مسامير رباط وتثبيت المضخة والموتور بالقاعدة الخرسانية وتغيرهما فى حالة التلف

ثانيا المعدات الاكتروميكانيك لابار الاعماق

الموتور

1. فحص ظاهرى لسطح الموتور والتاكد من عدم وجود اى صدمات او تعويجات او تاكل او ثقوب او اماكن تغير فى لون السطح الخارجى اوترسبات بكتيرية مع فحص مجارى مشرشر عمود الموتور والتاكد من سلامتة

2. فحص جميع الكابلات الكهربية الغاطسة (المغمورة بالمياة) او بداخل البئر من كابل الموتور (MOTOR SOCKET) الكابل البحارى (MARINE CABLE) ووصلات الريكم من وجود قطع او ثقوب او انيهار بالعزل بهما وتغير التالف اذا لزم الامر

3. فحص بنوز فازات التوصيل للموتور من وجود تلف او كسر بهما (فى حالة المواتير الغير قابلة للف)

4. التسريب بمياة التبريد الداخلية للموتور من خلال MOTOR SHAFT SEAL او الجزء السفلى من الموتور CAP END وفى حالة ظهور التسريبات يتم فك الجزء الموجود بة العطل وتغير التالف ومنع التسريب .

5. فحص ارتفاع عمود الموتور والتاكد من مطابقتة للقيم المقررة من المصنع وفى حالة عدم تطابق القياس يتم فك الموتور داخلية وفحص جميع اجزاءه الداخلية وتغير التالف حتى الوصول الى القياس المطابق لارتفاع العمود

GRUNDFOS SHAFT HEIGHTS 6" MOTOR = 73 MM (+- 0.5 MM)

FRANKLIN SHAFT HEIGHTS 6" MOTOR = 73.03 MM (+- 0.4 MM)

7. التاكد من وجود حركةمحورية لعمود الموتور AXIAL CLEARANCE لا تقل عن 1 ملم وفى حالة عدم وجود الحركة المبين يتم فك الموتور وفحص اجزاءة الداخلية وتغير التالف منها

8. التاكد من وجود مياة التبريد بداخل الموتور مع فحص مستوى ونوع المياة وتغيرها اذا لزم الامر

9. سهولة دوران عمود الموتور باليد وعدم وجود اى اعاقة لدورانة

10. مراجعة جميع القياسات الكهربية لعزل ملفات الموتور الداخلية والكابلات

11. التاكد من تحقيق التبريد المناسب لموتور البئر وذلك من خلال تنفيذ سرعة تدفق المياة حول الموتور بان تكون بين 0.15 الى 3.7 متر / الثانية او حسب القيمة المدونة على الموتور حيث ان 80% من اعطال مواتير الابار ترجع الى عدم التبريد الجيد للموتور وعدم تحقيق سرعة التدفق مناسبة للمياة حول موتور المضخة

12. التاكد من عمل حساسات الحماية لمستوى المياة بداخل البئر وتركيب احزمة حماية كاثودية حول معدات الابار

13. التاكد من وضع موتور اعلى فلاتر البئر لضمان سريان المياة على الموتور قبل دخولها فتحة سحب المضخة

المضخة

1. فحص ظاهرى لسطح المضخة والتاكد من عدم وجود اى صدمات او تعويجات او اماكن تاكل او صداء او ترسيبات بكتيرية وايضا فحص جميع صواميل وجوايط رباط جرايد التثبيت للمضخة
2. فحص مصافى الدخول الموضوعة بسحب المضخة
3. التاكد من عمل صمام الرجوع الموجود بطرد المضخة مباشرتا
4. التاكد من سلامة كوبلن المضخة
5. فحص حركة عمود المضخة المحورى وقياس المسافة المحورية ومطاباقاتها مع المسافة الصحيحة (تختلف المسافة حسب موديل المضخة) وفى حالة عدم تطابق المسافة يتم حل المضخة وفحص اجزاءها الداخلية وتغير التالف
6. فحص سهولة دوران عمود المضخة
7. فحص خرطوم (ماسورة) طرد المضخة Riser hose بجميع وصلات الرباط العلوية والسفلية وفحص حبل الطوراىء الخارجى

وينتج من تنفيذ الصيانة الوقائية هى الحفاظ على المعدة وزيادة العمر الافتراضى حيث تتم الصاينة بتخطيط مسبق من حيث الوقت والعمالة وقطع الغيار والعدة المستخدمة

(Corrective Maintenance (الصيانة التصحيحية) - غير مخططة

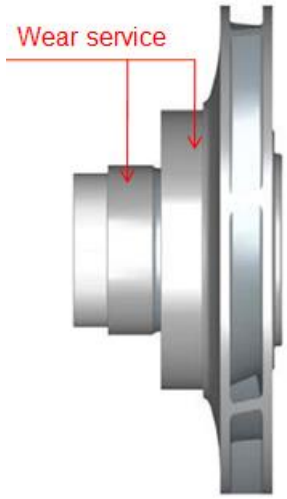
وهى صيانة رد فعل للاستجابة لمشكلة طارءة وعادة تؤدى الى توقف الانتاج وسبب حدوثها نتيجة لسوء استخدام المعدات او عدم اتباع اجراءات التشغيل الصحيحة او التحميل الزائد عند طاقة المعدات او سوء تنفي> اجراءات الصيانات الاخرى

امثلة تنفيذية لصيانة وفحص المضخات

- اماكن الفحص للاجزاء الاساسية لمضخات الضغط العالى

المراوح - IMPELLERS

- ✓ فحص مناطق النقر او التاكل بمنطقة سحب المراوح (SUCTION (IMPELLER
- ✓ كسور او نحر او تاكل بريش المروحة VANES او المحيط الخارجى
- ✓ فحص مناطق الحتكاك WEAR SERVICE بكلا من HUB & SUCTION RING
- ✓ فى حالة ظهور نحر او نتوءات باسطح الاحتكات WEAR SERVICE بسيطة يمكن استعدالها بمبرد لو صنفرة ناعمة او يمكن تغير المروحة اذا لزم الامر



✓

الغلاف الخارجى - CASING WEAR RING

✓ فحص حلقة تاكل الغلاف CASING WAER RING من وجود تاكل او نحر غير منتظم او الحزوز (GROVES) ويتم ايضا الاستعدال والتسوية بالصنفرة او المبرد قبل التجميع فى حالة وجود نحر او تاكل بسيط

✓ قياس القطر الخارجى لل IMPELLER WEAR SERVICES والقطر الخارجى لل CASING WEAR SERVICE وفى حالة تجاوز القيم القصوى المسموح بها يجب تغير ال WEAR RING او ال IMPELLER لضمان عمل المضخة بكفاءة وتقليل ال INTERNAL LAKE

✓ فحص جميع اسطح ال CASING الاخرى من وجود نحر او تاكل او ثقوب او احتكاك ويتم تغيرة اذا لزم الامر

عمود المضخة – Pump shaft

✓ فحص ظاهرى لعمود المضخة بكامل سطح العمود وايضا اماكن تركيب المراوح والكوبلن والتاكد من عدم وجود اى انحناءات او مناطق نحر او تاكل وفى حالةوجود نتوءات بسيطة بسطح العمود يمكن ازالتها بصنفرة ناعمة وازالة الصداء الموجود بة

✓ فحص استواء العمود بوضع العمود فى مستوى افقى ومتساوى فى الارتفاع مع سهولة دورانة وعمل ال RUN OUT TEST واخذ القراءات بال

DIAL INDICATOR (يفضل وضع العمود على مخرطة فى حالة توافرها)
وتسجيل القراءات بكل من

- مواضع تركيب المراوح
- مواضع تركيب الكوبلن

وفى حالة زيارة القراءات عن القراءة المسموح بها لكل موضع يتم تغير العمود

المبادىء الاساسية التى يجب اخذها فى الاعتبار عند تشغيل المضخات

التاكد من عمل المضخات فى نطاق ظروف التشغيل المدونة بكتيبات التشغيل الخاص بكل نوع او موديل والاخذ فى الاعتبار البنود التالية .

- عمل المضخات فى الحدود المسموح بها لضغط السحب من حيت القيم الاقل والقصوى وذلك لحماية المضخة من اخطار ال CAVITATIONS او تلف الميكانيكل سيل
- عمل المضخات فى الحدود المسموح بها لضغط الطرد (MAXIMUM DISCHARGE PRESSURE)
- مواصفات وخصائص مائع التشغيل من حيت اللزوجة – المواد الصلبة
- عمل المضخات فى حدود القدرة الكهربية المسموح بها
- عمل المضخات فى حدود السرعة المسموح بها (PUMP SHAFT RPM) وغير مسموح بتجاوز السرعة المقررة
- عدم تشغيل المضخة بقيمة تصرف او رفع اقل من القيم المقررة (اقل من 30 % من القيمة التصميمة) لحماية المضخة من التلف نظرا لحدوث ارتفاع فى درجة الحرارة للاجزاء الداخلية الدوارة او حدوث تكهف
- التاكد من الملىء الكامل للمياة باجزاء المضخة الداخلية قبل بدء التشغيل وغير مسموح تشغيل المضخة DRAY حتى لو لحظيا

- اقصى كمية تصرف يمكن سحبها من مضخات الاعماق لا يتعدى ال 1.3 X NOMINAL FLOW لحماية المضخة من حدوث ال UP THRUST او OVERSIZED

- **التاكد من اختيار خامة تصنيع المضخات وخاصتا الاجزاء الملامسة لمائع التشغيل بان تكون ملائمة ومناسبة لنوع مائع التشغيل من حيث درجة مقاومة التاكل او الصداء والحرارة**

طلمبه البوستر-: Circulation Pump or Booster Pump

فائده وجود هذه الطلمبه مع وحده الـPX

- **تعمل علي تعويض الفقد في الضغط بمعني انها تقوم بمعادله الضغط الخارج من الـ px مع الضغط الخارج من طلمبه) . Hpp اتزان الفلو(**
- **اخراج الهواء الموجود داخل المحطه في بدايه التشغيل.**
- **تستخدم في عمليه. Fulshing**

التربينات-: TurboCharger

طريقه عمل هذه التربينه

هو تقليل الضغط الناشئ من طلمبه الضغط العالي بمعني ان هذه التربينه تعمل علي توفير الطاقه (الكيلووات) لانتاج المياه المحلاه.تصل كفاءه هذه التربينات الي 55% : 65%

- **الفكره :-يتم الاستفاده من ضغط الريجكت (A) في تدوير الـ (Reject Impeller)ومع سرعه دوران هذا الـ (Reject Impeller) سيحول المياه الي طاقه حركيه Kinetic Energy خلال Lubrication Channelمما يؤدي الي دوران(Feed Impeller) وسيرفع ضغط خروج**

طلمبه الضغط العالي (B) ويصبح ضغط دخول الاغشيه.(C)

- A = High Pressure (Membrane Out
B = High Pressure TurboInlet = Pump Discharge
C = High Pressure (Turbo Out = Membrane Inlet
G = Low pressure Inlet Pump Suction
- H = Low Pressure Outlet (Drain

لحساب كفاءه التربينه-: Efficinecy Turbo

$$Turbo\ Efficinecy\ \% = \frac{Flow\ Feed * (Pressure\ Turbo\ out - Pressure\ Turbo\ In)}{Flow\ Reject * (Pressure\ Mem.Out - Pressure\ drain)} * 100$$

انواع التربينات-:

HTC AT

HALO

HALO-300, HALO-450, HALO-600, HALO-900

FEDCO-60GPM., FEDCO-80, FEDCO-160

HTC-225GPM., HTC-300, HTC-600, HTC-1000

محتويات التربينه-:

كيفية عملHPP GRUNDFOS BMET

مضخة جرندفوسBME

لاشك ان هذه المضخة تحملت مشقة العمل لدى الكثير من اصحاب محطات معالجة المياه بالتناضح العكسى حيث حلت الى تشغيل المحطات المتوسطه والصغيرة فى مصر بديلا عن المضخات البستمية والتى بعضها يعمل حتى تاريخه دون مشاكل لنتعرف على هذه المضخه من جرندفوس والتى تتكون من مضختين

BMTفى الأعلى

BMEفى الاسفل

ليكونا معاGrundfos BMET

اولا مكونات المضخة

احد اكثر عيوب هذه المضخه هو كثرة المكونات الداخلية للمضخة حيث مراحل المضخه والمتقاربة مع مضخة جرندفوس SPوصولا الى باقى الاجزاء التى يعتبرها البعض معقدة

حيث تتكون المضخه كما بالصور

من ثلاث قطع رئيسية

مضخة bmt فى الاعلى

موتور فى المنتصف

مضخة bme فى الاسفل

مع كثير من التفاصيل كما بالصور

تاتى هذه المضخات بقدرات مختلفة فمنها

BME,BMET 17

BME,BMET 30

BME,BMET 46

BME,BMET 60

فى ثلاث نسخ مختلفه للخامات حسب ظروف التشغيل

(N-NS-R)

مع اختلافات بسيطة فى المكونات

سنقفز سريعا الى

فكرة عمل مضخه جرندفوسBME

تصل مياه التغذية للمحطة عبر المواسير PVC بعد خروجها من الفلاتر القطنية (الكارتج) فى بداية رحلتها

من اعلى المضخة كما بالصور (رقم واحد(

لتهبط الى المضخة بالاسفل عبر ماسورة متصلة بين كلتى المضختين بضغط مياه من 5-2.5 بار) رقم 2(

بحد اقصى لتقوم هذه المضخه برفع الضغط الى 40 بار وتوجيه الى الاغشية بوحده التناضح (رقم 3(

وفى اقل من لحظات من بدأ التشغيل يبدا خروج المياة المعدمة لتعود الى الاعلى كما بالصورة(رقم 4(

لتدير عجلة التوربينة عبر انبوبين من الاستلس على شكل مخروطى مما يحرك الاجزاء الداخليه للمضخةBMT القابعة بالاعلى

لتقوم هى الاخرى عبر الدوران برفع الضغط من 20-25 بار عند بدايتها

لتحصل فى النهاية على ضغط خروج 60 بار كافيا للقيام بعملية التناضح العكسى

اذن هناك عملية تحدث من تحويل ضغط مياه 2 بار(مثلا) الى ضغط 40 بار اعتمادا على المضخة الاساسية فى الاسفل BME والتى تقوم برفع الضغط الى ثلثى المطلوب وفى الاعلى تقبع المضخة BMT التى تعمل عبر تحركها مع

التوربينة التى تتحرك من ضغط المياه الخارجه لتقوم بضغط المياه مره اخرى الى المضخه بالاسفل ليصبح الضغط النهائى 60 بار

الاعطال المتكررة لمضخات جرندفوسBME

العطل **تغير لون الزيت الى الاسود القاتم**
السبب **ارتفاع درجه حراره البولى هيد او وجود مشكلة بالرومان بلى**
الحل **تبريد منطقة البولى هيد والكشف على الرومان بلى**

المشكلة **اختلاط الزيت ببعض الماء وعاده يحدث فى بداية التشغيل**
السبب **خلل فى اداء ميكانيكل سيل**
الحل **اولا يتم تسليك الثقب اسفل البولى هيد الى ان تصل الماء على شكل قطرات**

المشكلة **انخفاض الضغط**
السبب **فى الغالب وجود مشكله فى المضخة بالاعلى**
الحل **فك المضخه والكشف عن الاسباب**

لكن مشكله الاعطال وحلولها لن يستمر طويلا فلقد عرفنا ان مصانع جرندفوس اوقف انتاج هذه المضخه واستبدلته بمضخهBMS
وقريبا سيتم ايقاف تصنيع قطع الغيار

الان فهمنا وظيفتها ومسار الدخول والخروج للمياه

لكن كيف تعمل تفصيلا وماهى المكونات الداخلية

وماهى ادوات جرندفوس الخاصه بفك وتركيب هذه المضخه من جرندفوس

وهل يمكن استبدال هذه الادوات

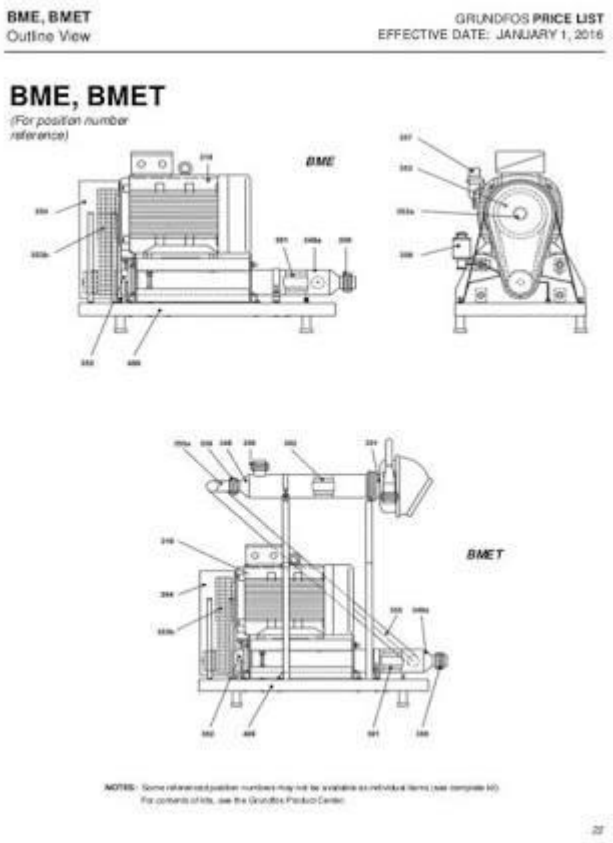
ماذا عن السيور وجهاز ضبط العزم ودوره التبريد

ماذا عن البلى بداخل البولى هيد

ماذا عن المراحل وكيفية تركيبها

ماذا عن مشاكل اختلاط الزيت بالماء ونوعه

ايضا لا ننسى انه يمكن الاستغناء عن المضخه بالاعلى واستبدالها بتربو



,

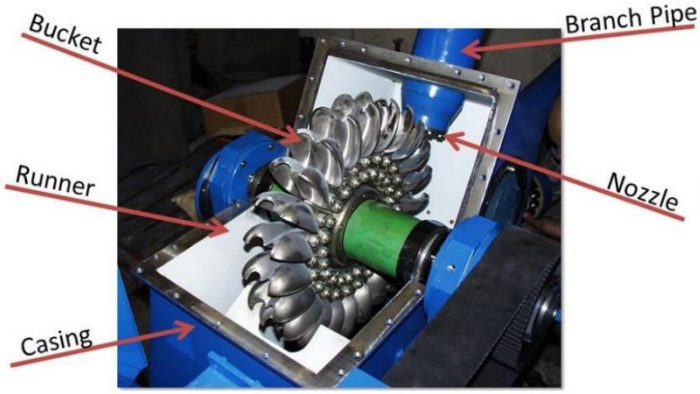
منظومة استعادة الطاقة

تربينة بلتون belton turbine

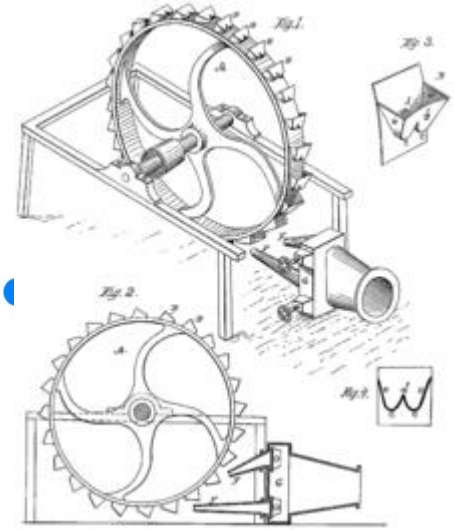
عجلة بيلتون(Pelton Wheel :) نوع من أنواع التربينات المائية التي تعتمد على إندفاع المياه،على عجلة ذات زعانف مائية لتحول الطاقة الهيدروليكية إلة طاقة ميكانيكية اخترعها العالم ليستر آلان بيلتون (Lester Allan Pelton)

صممت عجلة بيلتون لتستخرج الطاقة من إندفاع الماء المتحرك على عكس استخدام وزن المياه كان هنالك أنواع متعددة من تصميمات التربينات المائية التي كانت تعتمد على إندفاع المياه، ولكن جميعها كانت بكفاءة ضعيفة جدا بالنسبة لتصميم بيلتون، حيث إن التصاميم القديمة لم تكن تستخدم الطاقة الحركية بأكملها وكان الماء يخرج من الزعنفة حاملا الكثير من السرعة المتبقية التي كان يمكن أن تزيد حركة العجلة.

تصميم بيلتون ركز على الزعنفة نفسها، حيث إن التصميم الجديد ركز على تقريب سرعة طرف العجلة إلى نصف سرعة المياه الخارجة من مضخة المياه مما أكد استغلال طاقة المياه أكثر وإخراج المياه من العجلة بسرعة أبطأ؛ لهذا السبب تصميم عجلة بيلتون عالي الكفاءة.



5. Typical layout of a modern Pelton turbine (Ecopolis 2010).



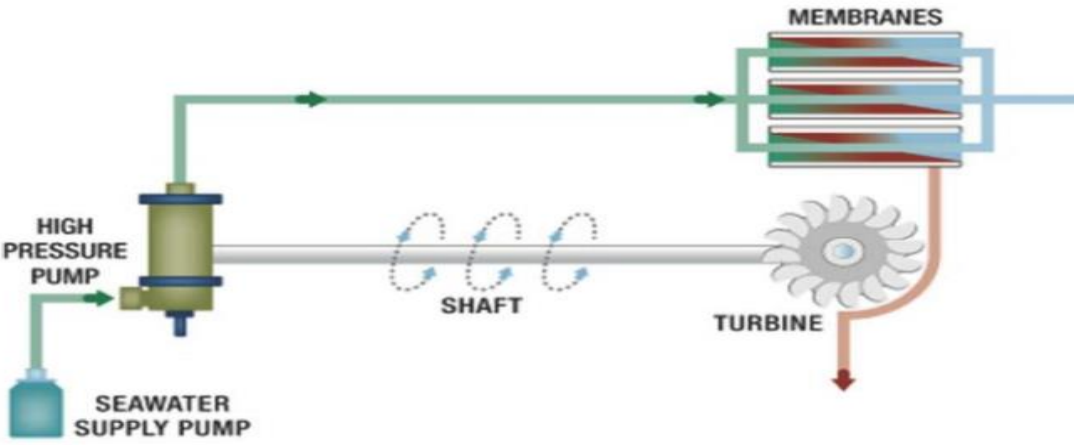
لذلك تعد توربين بيلتون هو نوع من التوربينات النبضية التي تحول الطاقة المائية (الطاقة الحركية والطاقة الكامنة للمياه) إلى طاقة ميكانيكية.

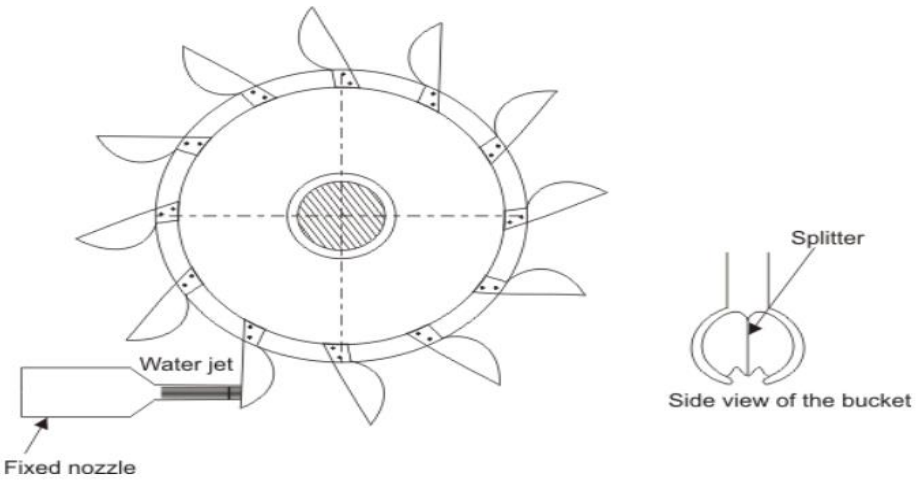
التوربينات الدافعة هي نوع من التوربينات حيث يتم تحويل كل الطاقة الحركية للمياه إلى طاقة ميكانيكية للتوربينات عن طريق دفعة مباشرة من الماء إلى دلاء التوربينات.

عجلة بيلتون متصلة بعمود. عندما تتحرك العجلة يدور هذا العمود. هذا يعني أن طاقة الماء تتحول إلى طاقة ميكانيكية للتوربينات.

يمكن استخدام الطاقة الميكانيكية للتوربينات فى زيادة قدرة محطة التحلية بتوفير جزء من موتور الضغط العالى

اى ان تربينة بلتون تعطى فقط طاقة للمحطة يتم استخلاصها من ضغط مياة عادم المحطة من المياه المركزة





ترش الفوهات مياها قوية وسريعة إلى سلسلة من الزعنفات 0(bucket) شكل معالق تعرف أيضا بشفرات النبضات .(Impulse Blades) تركب هذه

الشفرات حول الأطراف المحيطة بالعجله .(Runner)بينما ترتطم المياه في الزعنفات، تغير المياه حركتها واتجاهها على حسب شكل الزعنفات الداخلي حيث أن المياه تدور وتعود للوراء للخروج من أطراف العجلة

. نبضات المياه تبذل عزماً دورانياً يعمل على دوران العجلة نفسها بينما تخرج المياه على حركة ال U-turnمن أطراف العجلة بسرعة بطيئة نسبة للسرعة التي دخلت فيها. في نفس الوقت، تتحول قوة دفع المياه من الماء إلى العجلة نفسها، وبذلك تتحول الطاقة إلى العجلة(Turbine) ، بحيث أن النبضة تتحول إلى الطاقة في العجلة. للاستغلال الكامل للقوة والكفاءة، يتم تصميم النظام بهدف أن تنتج سرعة العجلة بنصف سرعة المياه الخارجة من الفوهات، حيث أن السرعة المتبقية في المياه بعد النبضة تساعد على الخروج من غرفة العجلة على نفس سرعة الدخول إلى الزعانف

وبذلك يتم التأكد من إسترجاع أكبر قدر من الطاقة الحركية دون فقد كبير للطاقة

. عادة يتم تركيب زوج من الزعانف مقابل بعضهما البعض على العجلة مما يسمح لتقسيم مجرى المياه إلى قسمين متساويين ويساعد ذلك على موازاة وتسهيل نقل دفع المياه بالكفاءة المطلوبة.

تمر عملية عجلة بيلتون في زعنفة واحدة بمرحلة واحدة؛ لأن الماء من السوائل التي لا تنضغط، مما يؤدي إلى استخراج ما يقارب كامل الطاقة من المياه في أول المراحل من الزعنفة الهيدروليكية.

مزايا توربين بيلتون.

انها بسيطة المكونات
بسيطة الصيانة
يحدث سحب المياه واستنفادها عند الضغط الجوي ومن ثم لا يلزم وجود أنبوب سحب
لا توجد مشكلة في التجويف
كفاءتها الإجمالية عالية
يمكن أن تعمل على تصريف منخفض

عيوب توربين بيلتون

يتطلب ضغطا مرتفعًا للتشغيل
حجم التوربينات كبير بشكل عام
تنخفض كفاءتها بسرعة مع مرور الوقت

تعتبرعجلة بيلتون هي التربينه المفضلة بين التربينات المائية عند وجود مصدر للماء ذو ضغط عالى وتدفق بطيء. تصنع عجلة بيلتون بكل الأحجام فتوجد عجلات يمكن أن تزن عدة أطنان

تكون السرعة النوعية (Specific Speed η_S) مستقلة عن حجم العنفة وعادة ما تكون قليلة. ومقارنة بالتربينات الأخرى، قلة السرعة النوعية في عجلة بيلتون تدل على أن هندسة العجلة ذات تصميم للسرعة المنخفضة، وبذلك يفضل استخدام الماء الحامل لتدفق بطيء نسبة للضغط، أي أن نستخدم ماء بتدفق منخفض و ضغط عال جدا.

$$\eta_s = n\sqrt{P}/\sqrt{\rho}(gH)^{5/4}$$

- n = تردد الدوران (rpm)
- P = القوة (W)
- H = العلو الهيدروليكي للماء (m)
- ρ = كثافة الماء (kg/m^3)

يدل القانون على أن تربينه بيلتون مصنوعة لأن تعمل بشكل أفضل مع مصادر المياه ذات الضغط الهيدروليكي العال لوضع ال Hعلى أس 4/5 مما يجعلها أكثر من دلالة الوحدة ولأن العجلة ذات تصميم يعتمد على ناتج بطيء لقانون السرعة النوعية

dweer Dual Work Exchanger Energy Recovery

يعتبر مبادل العمل Calder DWEER من أكثر أجهزة استعادة الطاقة (ERD) التي تم تطويرها كفاءة. يمكنها استرداد ما يصل إلى 98٪ من الطاقة في المياه المركزة شديدة الملوحة المطرودة من الأغشية ، والتي تُستخدم بعد ذلك لضغط مياه التغذية وتقليل الطاقة لمضخات التغذية عالية الضغط حتى 60٪. مع DWEER

، لا يلزم توصيل مضخة الضغط العالي بجهاز استعادة الطاقةمثل تربينه بيلتون . هذا يسمح باستخدام عدد أقل من المضخات ولكن أكبر وأكثر كفاءة

فى انواع تربينة بلتون وتربوشارجر يتم تحويل الطاقة الهيدروليكية للماء الخارج من الإغشية ألى طاقة حركية ويتم نقل تلط الطاقة مرة أخرى ألى مياه التغذية المغذية للأغشية فى التربوشارجر أو كجزء من الطاقة الحركية مع موتور طلمبة الضغط العالى فى تربينة بلتون

الإسترجاع للطاقة له عيوب لأنه أقل كفاءة من استعادة الطاقة لأنة يحول الطاقة الهيروليكية للمياه المركزة إلى طاقة ميكانيكية ثم تود طاقة هيدروليكية فى مياه التغذية

يتحقق بإستخدام (dweer) عن طريق النقل المباشر للطاقة من الطاقة الهيدروليكيه بالمياه المركزة المطرودة من الأغشية إلى طاقة هيدروليكيه فى 60% فى المياه المغذية للأغشيةعن طريق زوج من انبوب (dweer)

التي يتم تشغيلها هيدروليكيًا على التوازي.

الفصل بين المياه المركزه والتغذية بواسطة مكبس لتقليل الاختلاط بين الاثنين

من خلال فصل التغذية عن المياه المركزة ، يمكن التأكد نسبة خلط مياه التغذية بالمياه المركزه يكون فى أقل الحدود

مكبس لضمان الحد الأدنى من خلط المحلول الملحي ومياه البحر

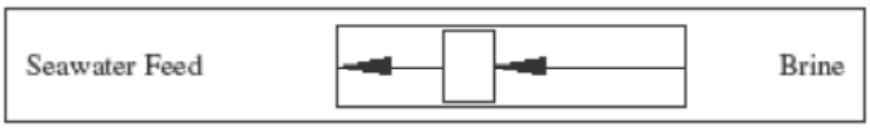


Figure 6-1: Piston to Ensure Minimum Mixing of Brine and Seawater Feed

والذى يحول المياه المركزة عالية الضغط بالتتابع بين وعائى دوبير حيث يكون أحد الأوعية فى مشوار ضغط لمياه التغذية لطلمبة الضغط العالى بواسطة المياه المركزه شديدة الملوحة المطرودة من الأغشية

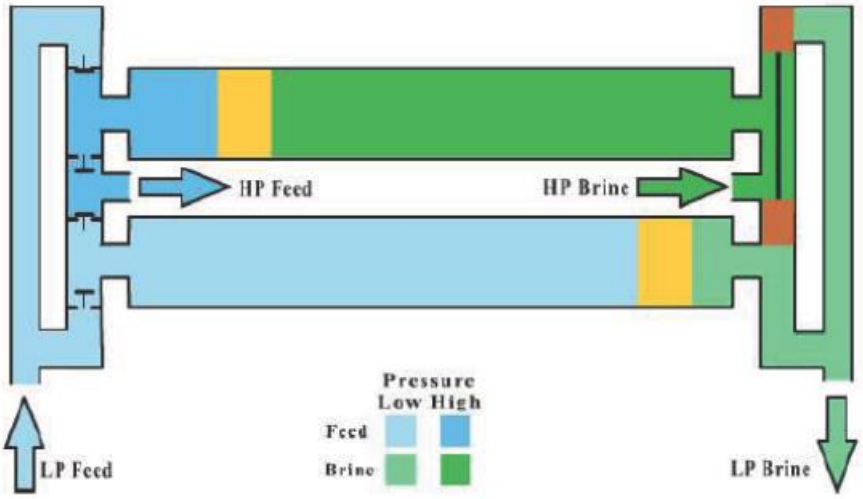


Figure 6-4: Schematic Diagram of Dual Work Exchanger DWEER System

ويكون الوعاء الأخر فى حلة ملئ لمياه التغذية وطر للمياه المركزة شديدة الملوحة للخارج

تعتمد نقل LIN X فى أتجاه وعائى الضغط ومجموعة من صمات التحكم فى الإتجاه الأخر الطاقة فى مبادل الضغط(دوبير) على صمام لاين إكس

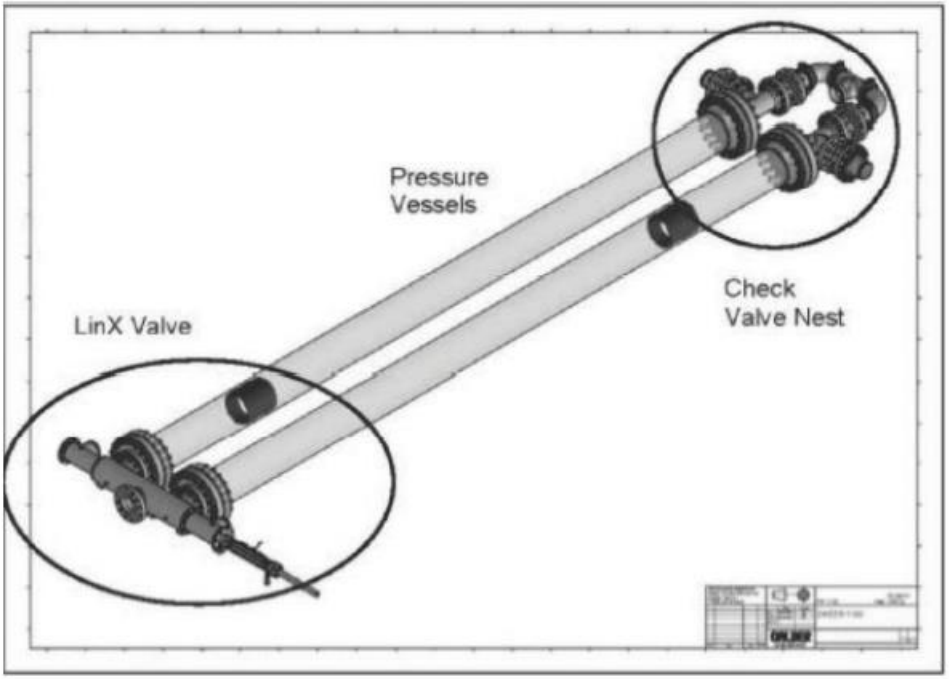


Figure 6-2: The DWEER™ Work Exchange

يتتطلب ذلك وجود طلمبة بوستر لتعويض فقد الضغط فى دوبير ورفع ضغط المياه
بعد خروج مياه التغذية من Dweerلتساوى مع ضغط طلمبة الضغط العالى

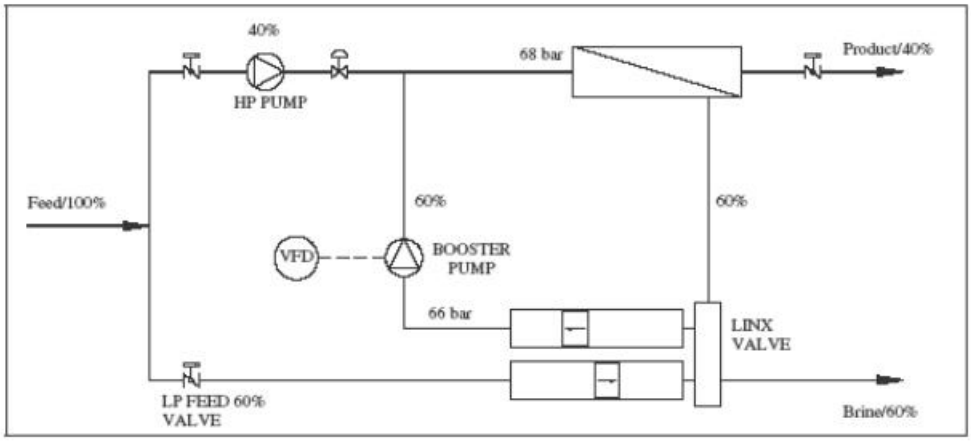
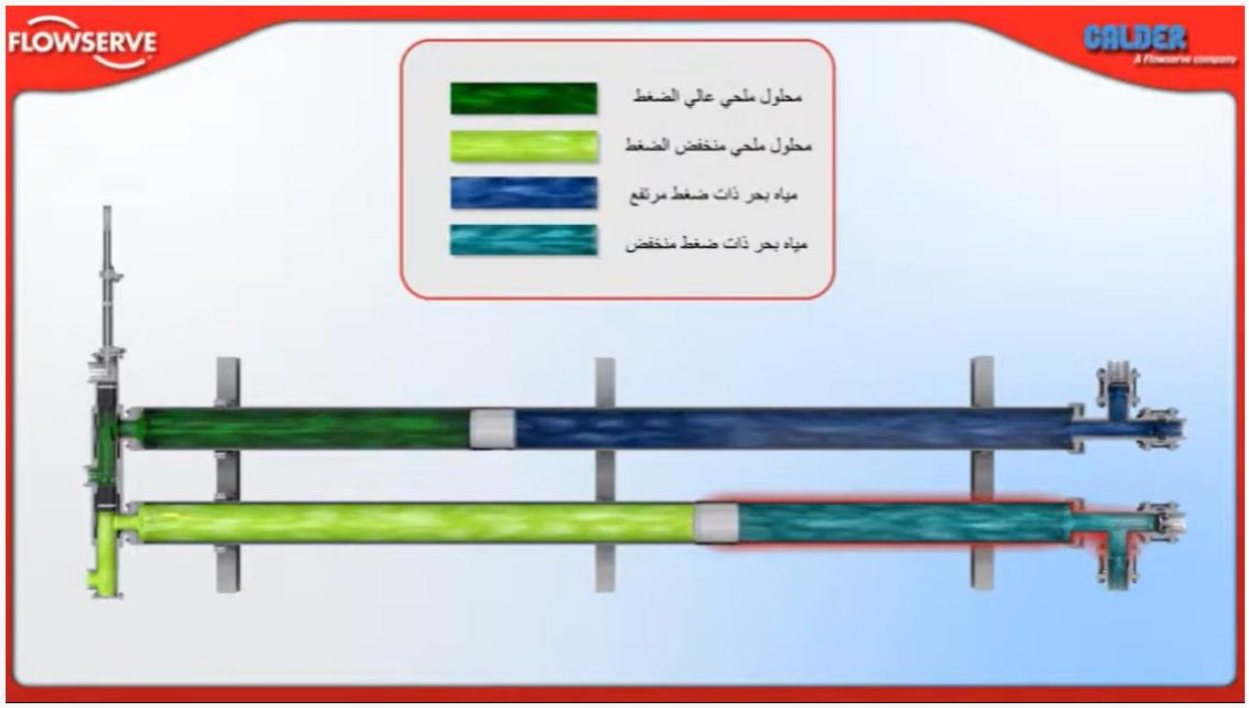
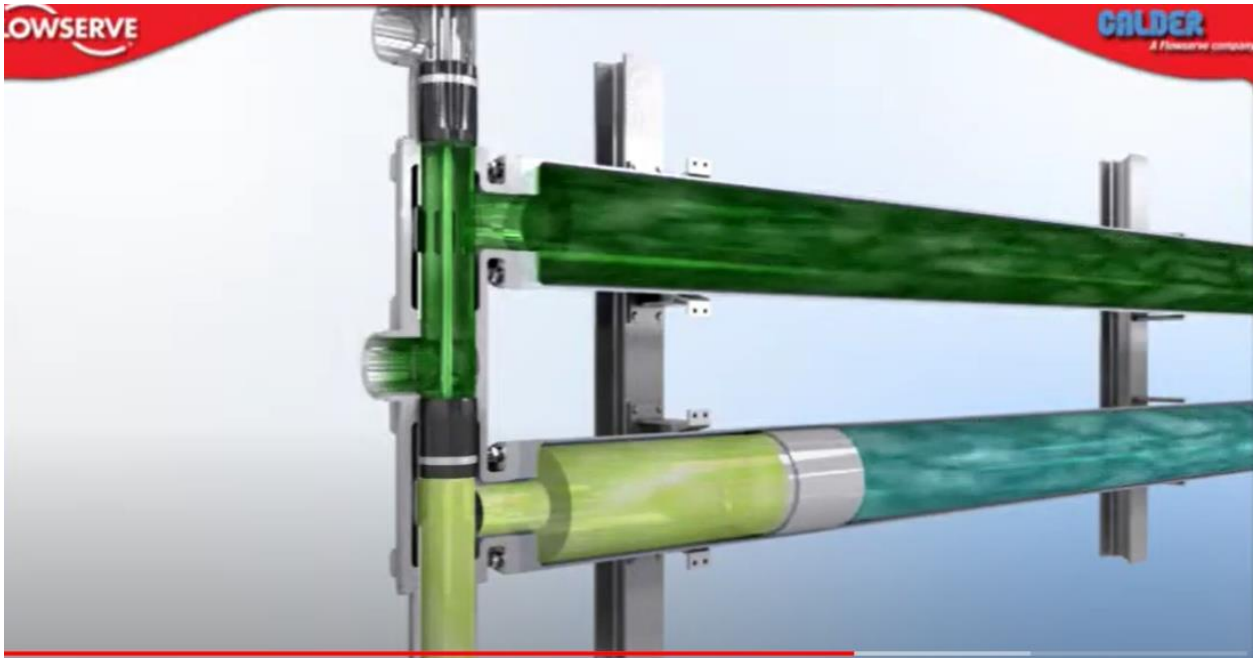
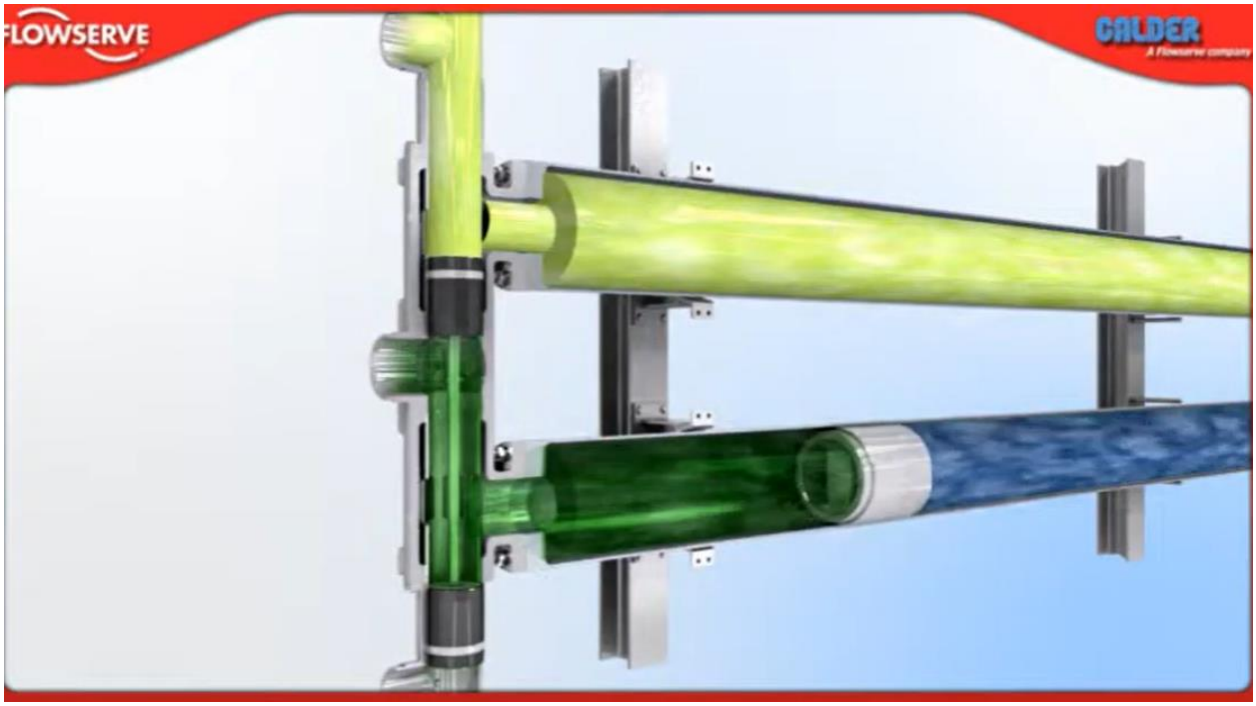


Figure 6-3: Integration of the Work Exchanger into an RO Desalination System


FLOWSERVE
CALDER
محلول ملحي عالي الضغط
محلول ملحي منخفض الضغط
مياه بحر ذات ضغط مرتفع
مياه بحر ذات ضغط منخفض


CALDER



نموذج عملى لإستخدام دوبير بمحطات التحلية

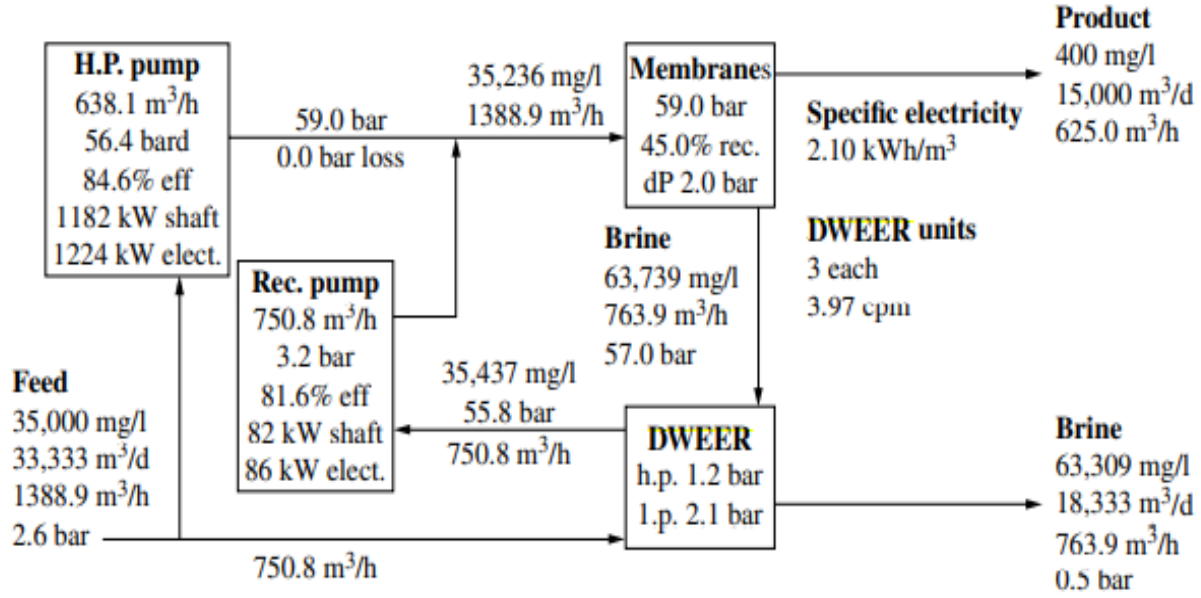


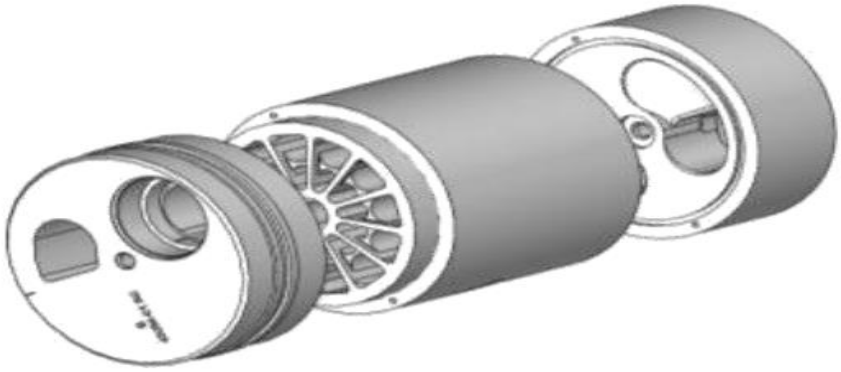
Figure 14.24 Flow and pressure diagram for the Tuas SWRO plant, Singapore. (*Source: DWEER*)

مبادلات الضغوط PX Pressure Exchanger

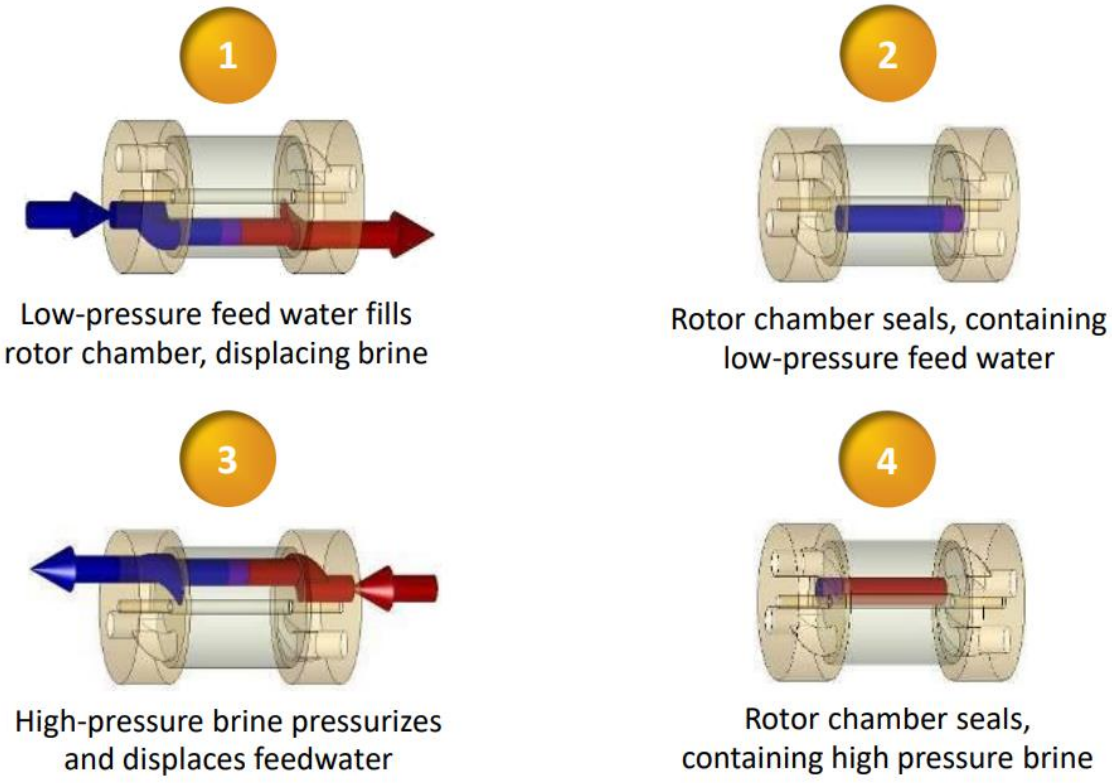
اشكال معدات استرجاع الطاقة

- PX كفاءه % 98 – 95
- Calder كفاءه % 85 – 75
- BMET كفاءه % 75 – 65
- Turbine كفاءه % 65 – 55

مبادلات الضغوط PX Pressure Exchanger



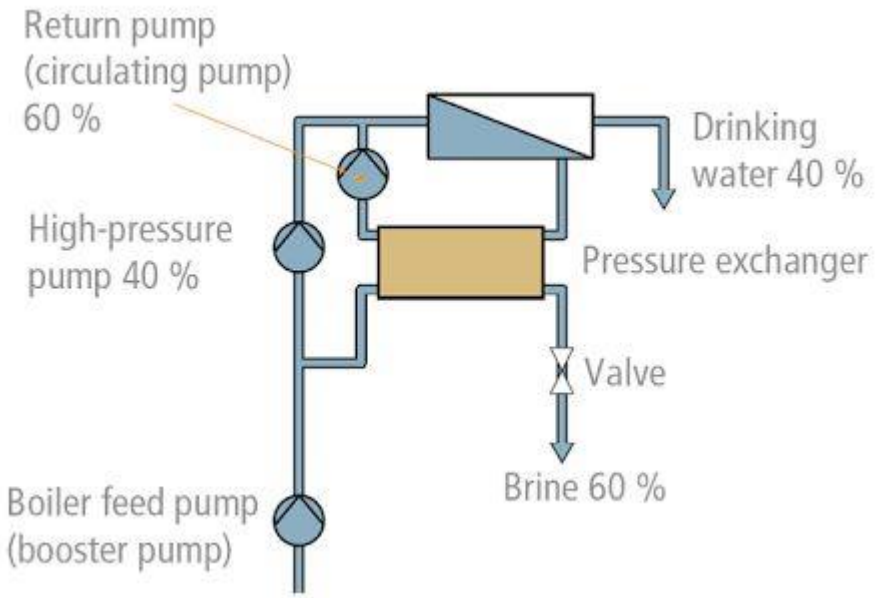
rotor/sleeve assembly, end covers

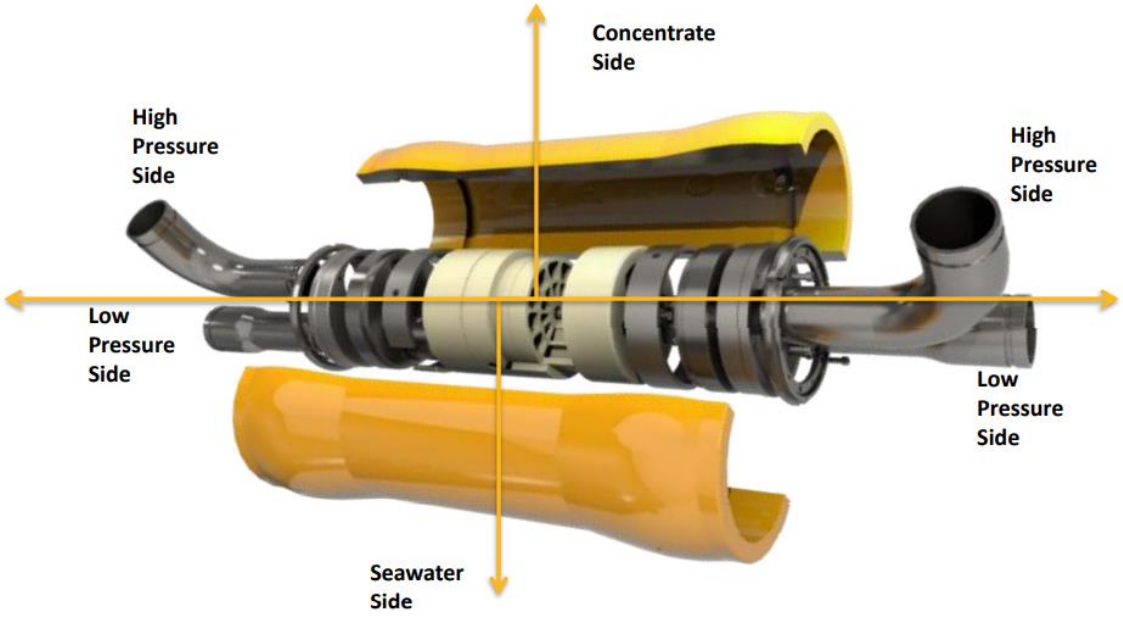


تعمل على إسترجاع الطاقة من المياه المرفوضه فى عملية معالجة المياة حيث تعمل على مساعدة طلمبة HPP أو تخفيف الحمل عليها عن طريق أجهزة Energy recovery مثل مبادل الضغط دهpressure exchanger

يتم تقسيم مياة التغذية بعد بعد االفلتر الميكرونى الى مسارين HPP وPX

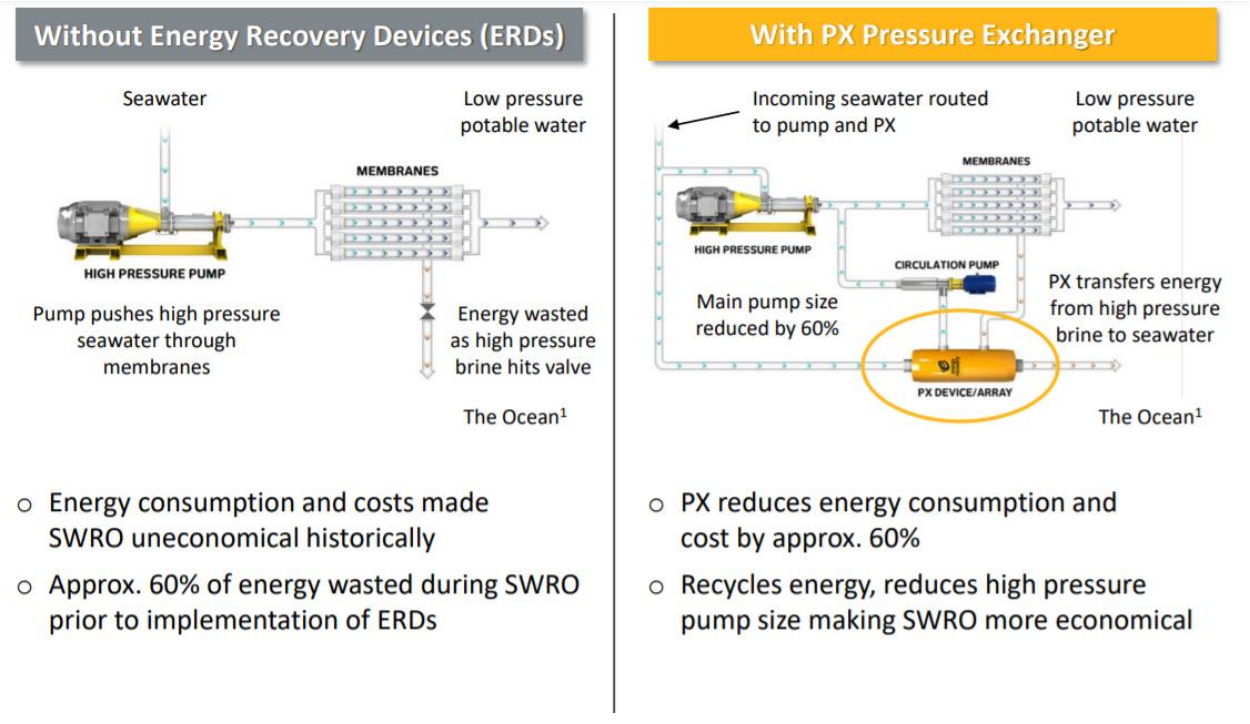
تدخل المياه إلى HPP كما في الوضع الطبيعي بكمية فى حدود 40% و تخرج من الأغشية reject بضغط عالي وتدخل على PX الذى يستقبل قيمة 60% من مياه التغذية لنقل وإسترجاع طاقة المياه المرفوضة الى 60% من مياه التغذية





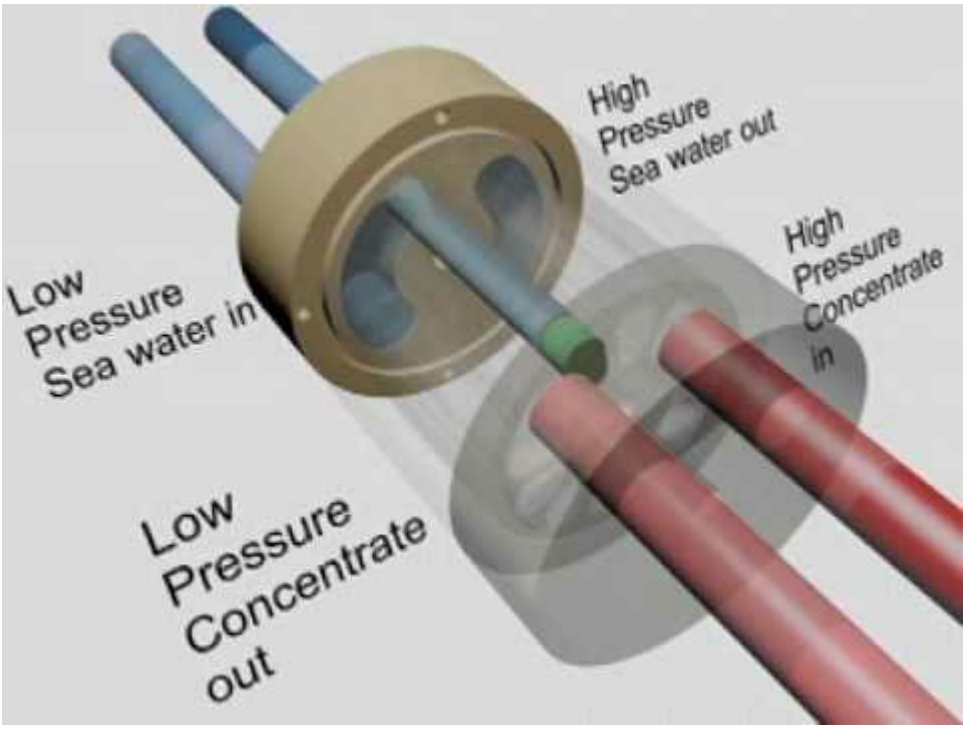
وبذلك يتم خفض التكلفة الإبتدائية لموتور وطلمبة الضغط العالى بنسبة 60% تقريبا مع خفض الطاقة المستخدمة لإنتاج المتر المكعب من المياه المحلاة بنسبة

%60



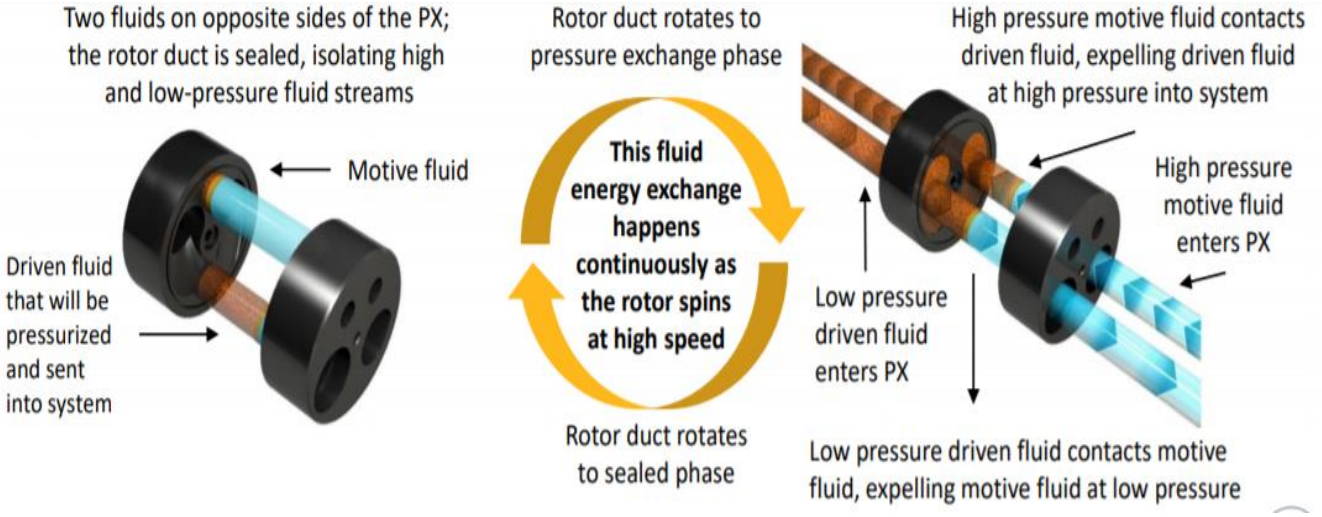
- Energy consumption and costs made SWRO uneconomical historically
- Approx. 60% of energy wasted during SWRO prior to implementation of ERDs

- PX reduces energy consumption and cost by approx. 60%
- Recycles energy, reduces high pressure pump size making SWRO more economical



وبذلك نتستفيد على طلمبة الضغط العالي دفع مياة التغذية كلها دفعة واحدة على الأغشية و استفدت بالطاقة الخارجة من الريجيكت في توفير الطاقة

و قسمت مياة التغذية بنسبة غالبا بتكون 40% على طلمبة HPP و 60% على جهازPx

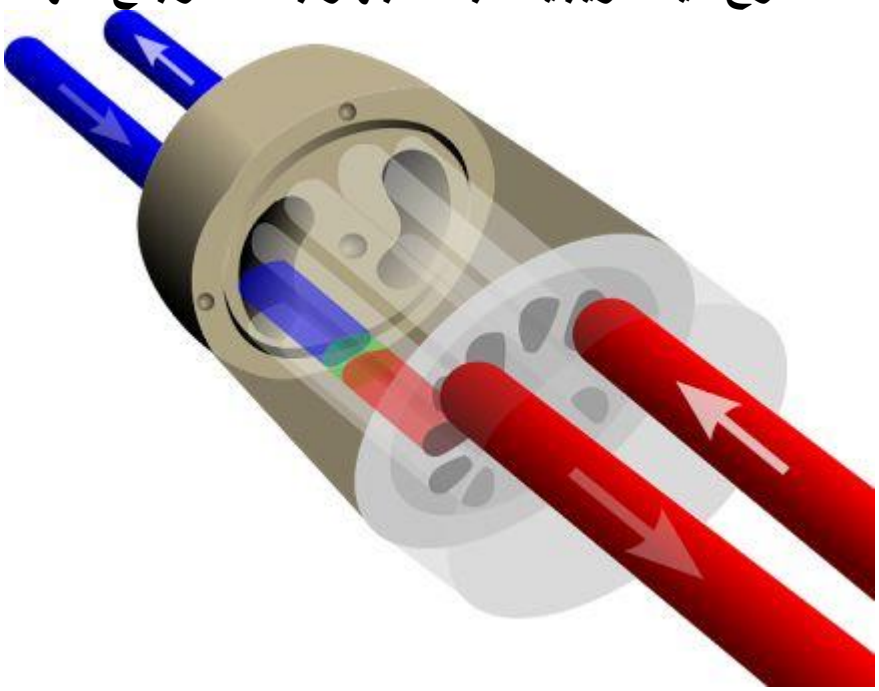


بعد استهلاك الطاقة من مياة الريجيكت في دفع مياة الفيد ... تخرج من مسار آخر بضغط منخفض تقريبا 1 بار الى آبار الصرف

وبذلك يكون لدينا لجهاز PX مدخلين و مخرجين:

١ – مدخل مياة التغذية القادمة بعد الكارتدج بضغط منخفض
٢ -مدخل مياة الريجيكت القادمة من طرد الأغشية بضغط عالي

3 -مخرج مياة التغذية بعدما الجهاز دورها و ضغطها إلى الأغشية بضغط عالي
4 -مخرج مياة الريجيكت بعد الجهاز بعد استرجاع منها طاقتها بضغط منخفض للصرف



مع مواجهة مياه التغذية لمياه العادم وعملية تبادل الطاقة بينهما

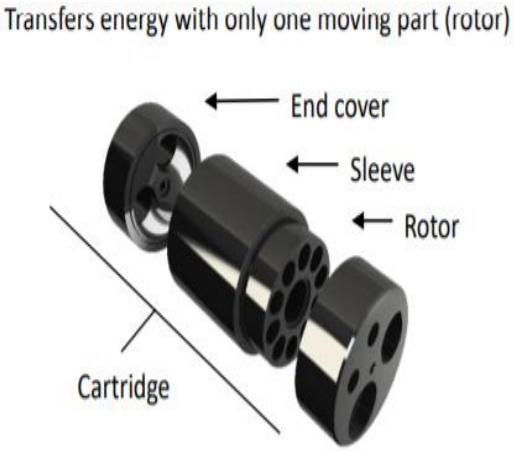
يحدث أرتفاع فى ملوحة مياه التغذية فى حدود 100 ppm أو 200 ppm فقط ارتفاع لأن تصميم الجهاز و وضعية التربينة و فتحاتها لا تسمح بالخلط الا في حدود ضيقة جدا ممكن يظهر لك على شاشة قياس الأملاح في المحطة

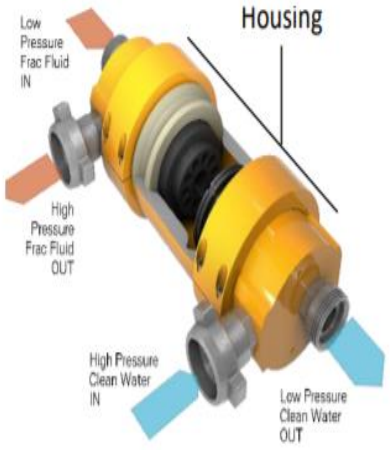
و عند حدوث خلط كبير يدل ذلك مؤشر على حدوث مشكلة في خلوص التربينة و يجب فك الجهاز و صيانته

مياة الريجيكت يكون ضغطها بيكون أقل نتيجة فقد الضغط على الأغشية ويكون فى حدود 7 PSI لكل غشاء وفى حدود 2بار لأوعية الضغط وتدخل الجهاز PXتدور التربينة, يقل ضغطها

ولذلك يجب رفع الضغط لمياه التغذية للأغشية بعد خرجها من PX بمقار الفقد فى الضغط فى الأغشية و PX ليتساوى مع ضغط للأغشية ويكون بقيمة ضغط خروج طلمبة الضغط العالى ؟

ولذلك يتم تعوض ذلك الفقد بوجود booster pump طلمبة تعويضية بترفع قيمة فى حدود 2 بار مثلا لتعويض الفقد لماتم ضغط مياه الريجيكت وخلال PX





و للتوضيح مثال بالأرقام...

ضغط مياة التغذية الخارج من الكارتدج 4 بار تم تقسيم المياة لمسارين جزء يدخل ال HPP بكمية 40% من معدل السريان تم رفع ضغطه ل 60 بار للدخول للأغشية..

خرجت المياة من الأغشية reject بضغط 58 بار (على اعتبار فرق الضغط عالأغشية 2 بار) و دخلت مياة الريجيكت على جهاز px بضغط عالي 58 بار

مياة التغذية بنسبة 60% من معدل السريان تدخل جهاز PX بضغط 4 بار ترفع ضغطه ل 58 بار و تدفعه في مسار في اتجاه الأغشية

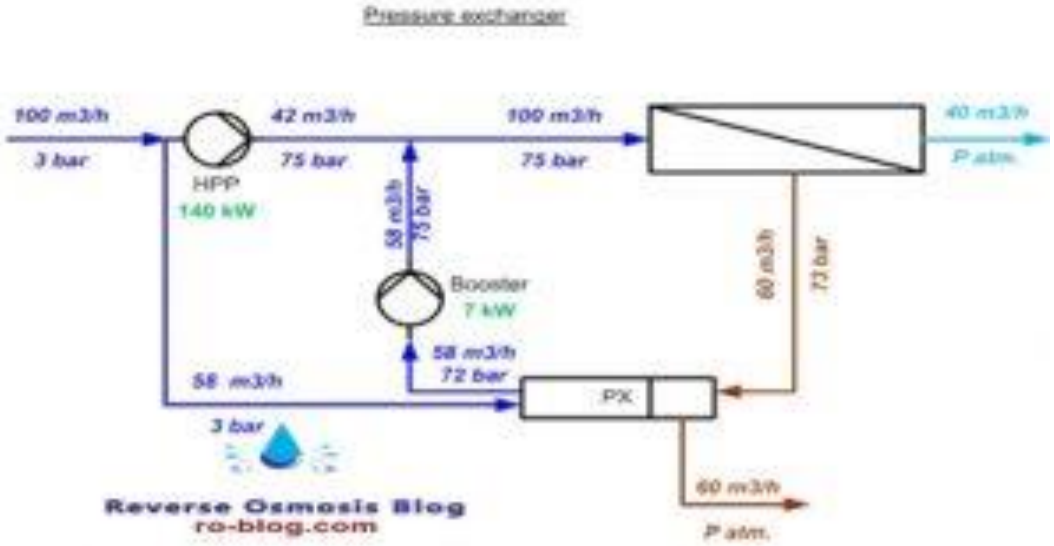
طلمبة تعويض booster ترفع ضغطه من 58 بار ل 60 بار يتجمع و يدخل للأغشية مع المياه القادمة منHPP

يتم استخدام هذه المبدلات لتوفير الطاقه (تقليل استهلاك الكيلووات) لتقليل تكلفه انتاج المتر الواحد من المياه المحلاه.

طريقه عمل هذه المبدلات يقوم بنقل الضغط من مياه الريجكت High) Pressure) الي ضغط دخول مياه الفيد (Low Pressure) خلال حدوث خلط بينهما ويحدث تيار بينهما اسمه. (Lubrication)

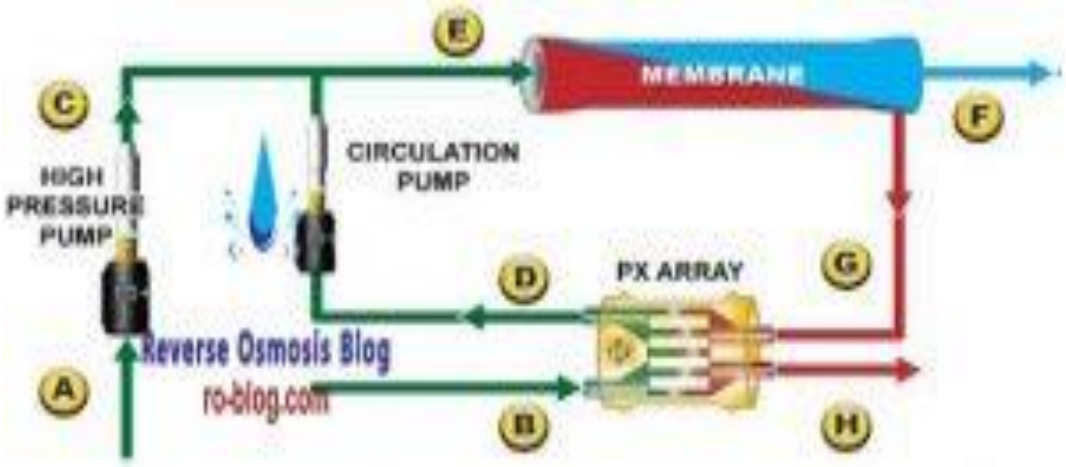
محتويات الـ PX :-

- **يوجد بوحده الـ PX روتر Rotorمصنوع من السيراميك (حساس جدا) هو الجزء المتحرك الوحيد في الجهاز بأكمل هويحيط بهذا السيراميك غلاف (جزء انبوبي) يتناسب حول الـ Rotor ويكون محكم الغلق بحيث يحافظ علي عدم هروب الضغط . يستطيع هذا الـ Rotor الدوران الي 1200 لفه في الدقيقه.**



- **فكرة عمل-:px ضغط دخول مياه التغذيه (Low pressure)(B) يدخل للوحده الـ PX ومع دوران الـ Rotro سوف يقابل ضغط خروج مياه**

الريجكت(High Pressure)(G)
يحدث بينهم نسبه خلط MIX داخل وحده الـPX الذي سوف ينقل له هذا الضغط مباشره ليخرج ويصبح(D) (Pressure PX Out)
ومع وجود طلمبه الدوران(البوستر Circulation Pump(سيرفع الضغط لنسبه اعلي قليلا لينضم مع الضغط الخارج من طلمبه الضغط العالي High Prssure Pump (C)ليصبح ضغط دخول الاغشيه(E)



A = Pressure Pump Suction
B = Low Pressure Feed Lp Inlet
C = Pressure Pump Discharge
D = Pressure Px Out Boostre inlet
E = High Pressure Outlet Membrane Inlet
F = Pressure Product
G = High pressure Inlet Membrane Outlet
H = Low Pressure Reject Lp Outlet

لحساب نسبه الخلطMixing Ratio

$$Mix\ \% = \frac{TDS\ Px\ Out - TDS\ Lp\ In}{TDS\ Hp\ In - TDS\ Lp\ In} * 100$$

لحساب نسبه زياده الملوحهSalinity Increase Ratio

$$SI\ \% = \frac{TDS\ Hp\ Out - TDS\ Lp\ In}{TDS\ Lp\ In} * 100$$

كلما زاد نسبه الخلط زادت معه نسبه الملوحه ,يجب الا تتعدي نسبه الخلط 3% حتي لا يؤثر علي الروتر

كيفية حساب كفاءه وحده الـPX

$$Efficiency\ Px\ \% = \frac{LP.\ Flow\ PX * (Pressure\ Px\ Out - Pressure\ Pump\ Suction)}{Flow\ Reject * (Pressure\ \ Hp\ In\ - Pressure\ Lp\ Out)} * 100$$

انواع وحدات الـ PX ؟

PX-140 PX-180 , PX-220 , PX-260 , PX-300 GPM

تعني PX-140 GPM Gallon Per Minute ؟

معني هذا انا اقصي كميه مياه داخله علي وحده الـ PX لا تتعدي M3/hr31.78

العوامل التي تؤدي الي تلف وحده الـ PX ؟

- **الهواء -: لابد من اخراج الهواء المحبوس داخل الخطوط قبل التشغيل اي (فتح جميع محابس الهواء الموجوده داخل محطه الـRO)**
- **التدفق -: يجب وضع حساسات للفلو علي خط الدخول للـ PX حتي لا يتعدي الكيمه المطلوبه للوحده مما يؤدي الي كسر في السيراميكا الموجوده داخل الـPX**
- **انخفاض ضغط الصرف عن 1 -:Bar لابد من وجود محبس علي خط الصرف للحفاظ علي ضغط 1 بار لانه اذا قل عن ذلك سوف يحدث ظاهره Cavitation**

الاجسام الصلبه -: لابد من وجود مصفاه قبل وحده الـ PX لحمايتها من الاجسام الصلبه التي تخطت الكارتديج فلتر او اثناء اصلاح اي كسر علي خط PVC .

يمكن ان تعمل الـ PX في ثلاثه اوضاع-:

Lagوضع متأخر	Balanceوضع متزن	Leadوضع سابق
LPF < HPF	LPF = HPF	LPF > HPF

LPF = Low Pressure Flow
HPF = High Pressure Flow

لحساب نسبه الـــ: Lead %

- **اذا كانت نسبه Lead% موجبه اذا وحده PX تعمل في الوصع السابق.**
- **اذا كانت نسبه Lead% سالبه اذا وحده PX تعمل في الوصع المتأخر.**
- **اذا كانت نسبه Lead% قيمتها صفر اذا وحده PX تعمل في الوصع المتزن.**

افضل وضع لوحده الـ PX هو Balance ولكن هذا الوضع يصعب تحقيقه ولذلك نلجأ

للوضع Lead وهو ان كيمه مياه الفيد (Low Pressure Flow) اكبر من كيمه مياه الريجكت (High Pressure Flow) لانه يجعل نسبه الخلط قليله.
بينما في الوضع Lag كيمه مياه الفيد (Low Pressure Flow) أقل من كيمه مياه الريجكت (High Pressure Flow) مما يجعل نسبه الخلط عاليه.

عند ارتفاع نسبه الخلط ماذا يحدث حينها ؟

- **ارتفاع نسبه زياده الملوحه Salinity Increase بدوره يؤدي الي زياده املاح دخول الاغشيه بالتالي ارتفاع في ضغوط التشغيل)اجهاد للاغشيه يؤثر علي العمر الافتراضي لها. (**
- **استهلاك كيلووات عالي. Kw**
- **ارتفاع في املاح الانتاج.**

عندما يتزن معدل السريان تزداد سرعه لف الـ Rotor مما يقل من فتره التلامس (تيار التليين) بين مياه الفيد و الريجكت وبالتالي يقل نسبه الخلط.

تيارالتلبين–:(Lubircation Flow)

قيمته تكون اقل من 2%من فلوالـ HPPاى اقل من2% من انتاجية المحطة

العوامل التي تؤثر علي قيمه تيار التلبين–:

1-قيمة الضغط المرتفع
2-درجة الحرارة
3-حالة الاورنجات

$$lubrication\ Flow = (Flow\ LP.Out - FlowLP.In) = (Flow\ Hp.Out - FlowHp.In)$$
$$= (Flowdrain - FlowProduct)$$

عندما يزداد تيارالتلبين لذلك على تلف الاورنجات ويصاحب زيادة تيارالتلبين انخفاض مساوى لهذه الزيادة فى الانتاجية.

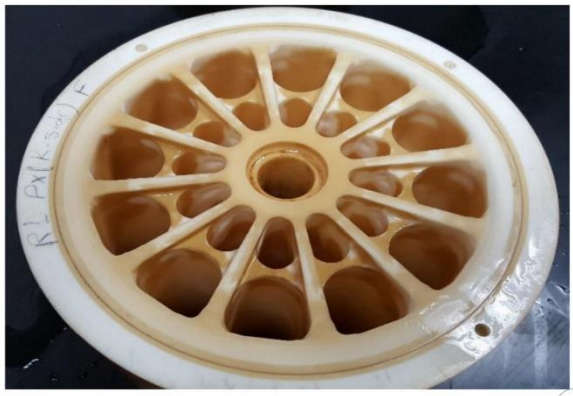
للحفاظ على مبادلات الضغط px
1- تفادى دخول الهواء إلى النظام
2-تجنب الضغط العكسى على px
3- التحكم فى معدلات التصرف
4- تجنب دخول أى مواد لوحدة px

<u>جدول يوضح مشاكل وأخطاء يتم اكتشافها يتم إصلاحها لمبادلات الضغط</u>

م	الاعراض	الأسباب المحتملة	طرق العلاج
1	مستويات الصوت مرتفعه	تشغيل وحدة او وحدات PX على معدلات تدفق أعلي من المقدرة.	تقليل معدلات التدفق على الفور.
		تشغيل وحدة او وحدات PX علي مستوي ضغط راجع أقل من الحد الأدنى.	زيادة ضغط مصدر إمداد مياه التغذية واعادة موازنة النظام مرة اخري.
		وجود هواء في النظام .	القيام بتفريغ الهواء واختار vent.
		وحدة PX أو الخرطوشة الخزفية تم تركيبها مقلوبه.	مراجعة تركيب القطع والاتجاهات الصحيحة .
		الجزء الخزفي تالف أو به كسر في أحد الاجزاء .	يتم أخذ رأي الشركة في المشكلة قبل اتخاذ اي اجراء .
2	الضغط العالي زائد للغايه	إتساخ الغشاء أو التكلس عليه .	معرفة توصيات التنظيف الخاصة بالغشاء من قبل شركة الغشاء .
		استرداد (Recovery) عالي بشكل زائد في نظام RO .	القيام بتقليل الاسترداد عن طريق زيادة وموازنة التدفقات عبر وحدة او وحدات PXلا يتم تعدي معدلات التدفق القصوى المسموح بها لوحدة PX .
		مضخة الضغط العالي تعمل علي معدلات تدفق عالي جدا.	يتم ضبط معدلات التدفق .
		التدفق في مسار الضغط المنخفض أقل من	يتم ضبط معدلات التدفق مرة أخري.

		التدفق في مسار الضغط العالي مما ينتج عنه الخلط والملوحة العالية لمياه التغذية.	
		العضو الدوار عالق او متوقف.	يتم رفع العضو الدوار من العضو الثابت وشطفه وتنظيفه.
3	عمود الدوران متوقف ليس هناك صوت مسموع للدوران.	وجود رائش أو تلوث بيلوجي داخل الجهاز .	القيام بشطف الاجزاء بالماء العذب. - القيام بفك جهاز PX حسب الاجراءات الخاصة وإزالة الركا والاشياء الغريبة.
		تشغيل النظام علي ضغط أعلي من المقدر أو اقل من سعة التدفق المقدرة .	التأكد والتحقق من وصلات ومستويات ضغط التدفق.
4	عالية في تيار مياه التغذية عالي الضغط .	النظام غير متوازن .	التحقق من معدلات التدفق .
		العضو الدوار متوقف .	رفع العضو الدوار من العضو الثابت والكشف علية .
5	تدفق المياه المنتج منخفض.	اتساخ الغشاء.	تنظيف الغشاء حسب التوصيات .
		تسريب في مسار الضغط العالي .	يتم تحديد التسرب في نظام التناضح او وحدات PX.
		وجود مشكلة في مضخة الضغط العالي .	القيام بعمل الصيانة علي مضخة الضغط العالي .

Overflow



Low Backpressure

Screw Driver

Debris

منحنيات الأداء و كيفية اختيار الطلمبة المناسبة

منحنى المضخة هو أداة مفيدة ترشدك في استخدام المضخة وهو تمثيل رسومي لأداء المضخة و ما هو متوقع من المضخة ، استنادا إلى ظروف الاختبار للشركة المصنعة

كل مضخة لديها منحنى الأداء الخاصة بها، وهذا المنحنى يختلف اختلافا كبيرا من مضخة واحدة إلى أخرى. حتى نفس النوع من مضخة سيكون لها منحنيات مختلفة على أساس الشركة المصنعة.

منحنيات الأداء تقوم الشركات المنتجة للطلمبات بإجراء اختبارات فعلية على طلمبةٍ ما (Pump Testing) تحصل من خلالها على مجموعة منحنيات تعبر عن تغيّر كل من معدل ضخ السائل (Q) والضاغط المانومتري (H) والقدرة (P)والكفاءة (η) وذلك عند سرعة دوران معينة ، ويتم وضع نتائج الاختبار في صورة منحنيات تُعطى في كتالوج الطلمبة وتسمى

- منحنيات خواص الطلمبة Characteristic Curve أو منحنيات أداء الطلمبةPerformance Curve

كيف يتم اختبارات منحنيات الأداء ؟

يتم الاختبار عند سرعة دوران معينة (**N**) تقاس بواسطة التاكوميتر (Tachometer)،
وتُجرى القياسات الآتية:

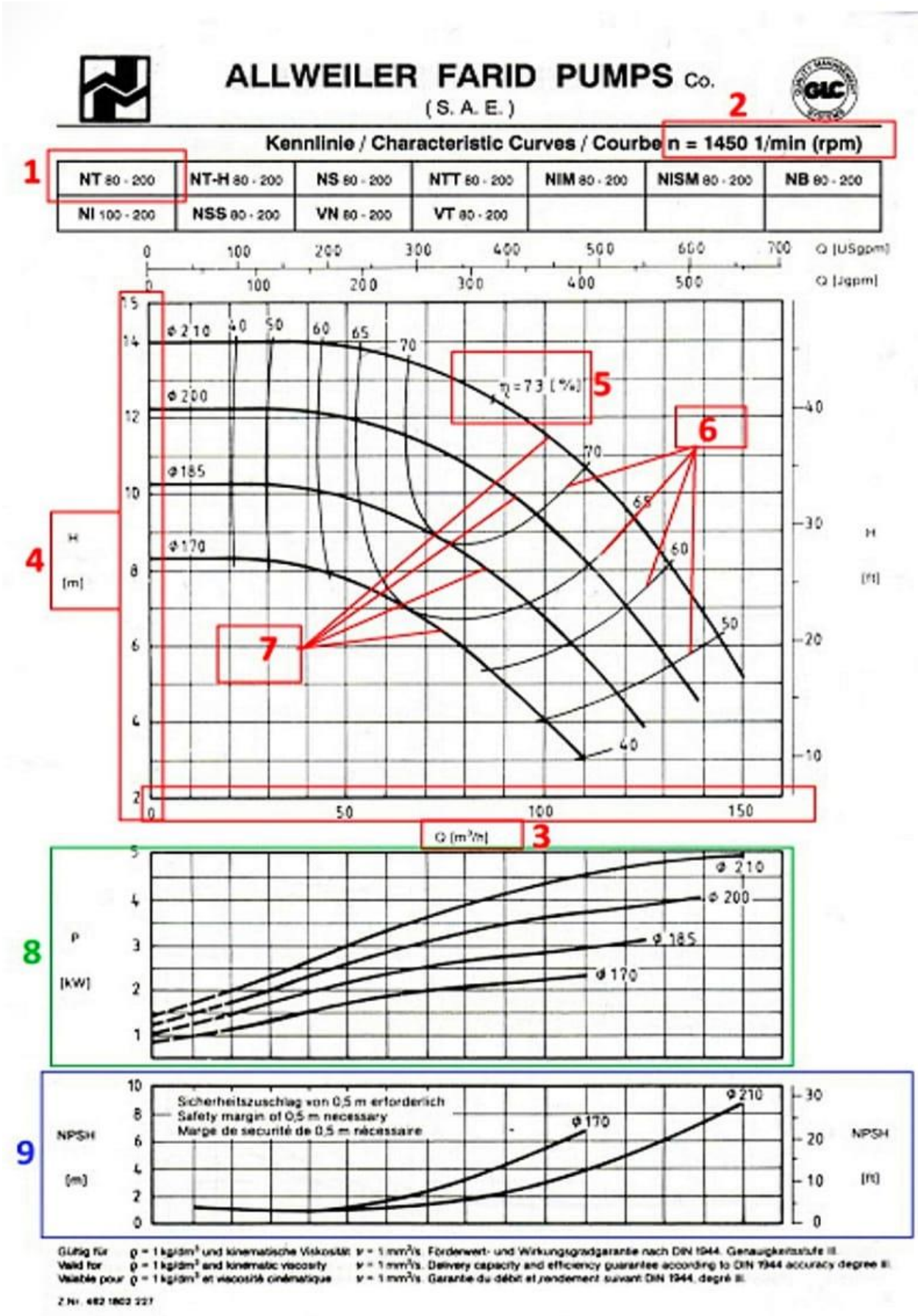
- قياس التصرف (**Q**) بواسطة أي من أجهزة قياس السريان (Flow Meters)أو عدادات فرق الضغط قبل وبعد فتحة القياس.
- قياس الضاغط (**H**) بواسطة مانومتر ويتم تسجيل قراءة عداد الضغط قبل وبعد الطلمبة.
- قياس قدرة العمود (**P**) بواسطة الديناموميتر (Dynamometer) أو باستخدام محرك كهربي تم معايرته وقياس قدرته الكهربائية المستهلكة بالكيلووات.

القراءات في كل حالة في جدول أو في منحنى .يتم تكرار التجربة بتغيير معدل التصرف (Q) مرات عديدة بواسطة التحكم في فتح محبس الطرد (Delivery Valve) ، وتدوَّن الأداء

منحنيات

- (1)هو مسمى طراز الطلمبة الخاص بالشركة المصنعة ، ويختلف هذا المسمى من شركة لأخرى.
- (2) هي سرعة الدوران) N لفة/دقيقة) المبني عليها نتائج منحنى الأداء ، أي هي سرعة المحرك المطلوب لتحقيق هذه النتائج (المواصفات الفنية) ، وإذا تم تركيب محرك ذات سرعة مختلفة عن المذكورة لهذه الطلمبة سوف تختلف كل نتائج المنحنى وبالتالي يختلف سلوك الطلمبة عن الموضح بالشكل .
- (3)هو منحنى التصرف) Q مترمكعب/ساعة) -ممثلاً على المحور الأفقي- ونلاحظ أنه يبدأ بـ(صفر) ويتدرج حتى ينتهي بأقصى قيمة لتصرف هذه الطلمبة ، ويتم التحكم عملياً في معدل التصرف الخارج من الطلمبة عن طريق محبس الطرد ، فعندما يكون (التصرف = صفر) يدل ذلك على أن محبس الطرد مغلق تماماً وبالتالي بفتح المحبس تدريجياً نحصل على قيم مختلفة من معدلات التصرف حتى نقف عند المعدل المطلوب ضخه من الطلمبة.
- (4)هو منحنى الضاغط) H متر) -ممثلاً على المحور الرأسي- ويقل الضاغط المانومتري بزيادة التصرف ، ويسمى الضاغط الذي يقابل تصرف مقداره (صفر) بضاغط الإيقاف. Shut-off Head
- (5)هي نقطة أقصى كفاءة للطلمبة Maximum efficiency وهي نقطة تصميم الطلمبة Design Point ، وتقل الكفاءة إذا ابتعدنا عن هذه النقطة.
- (6)هي منحنيات تعبر عن الكفاءة η عند نقاط التشغيل المختلفة ، والكفاءة هي النسبة بين ما حمِله السائل من قدرة بواسطة الطلمبة إلى القدرة الفرملية المطلوبة من محرك الطلمبة.
- (7)هي منحنيات تمثل القطر الخارجي للمروحة D التي يتم تركيبها داخل غلاف الطلمبة ويُحدَّد قطر المروحة حسب نقطة التشغيل المطلوبة.
- (8)هي منحنيات القدرة P التي توضح القدرة المطلوبة لإدارة الطلمبة عند نقطة التشغيل المطلوبة ، ونلاحظ أيضاً أن القدرة أقل ما يمكن عند التصرف (صفر) أي عندما يكون محبس الطرد مغلق بالكامل وتزداد بزيادة التصرف إلى حد أقصى معين..

- **(9)**هو منحنى صافي خط السحب الموجب NPSH والذي يعطي دلالة لعمق السحب المطلوب لتشغيل الطلمبة.



منحنيات الأداء

pump alignmentمحاذاه الإتزان للطلمبات

مشاكل ارتفاع معدلات االإهتزاز في المعدات الدوارة راجع لإختلاف المحاذاة إذ تشكل حوالي50% منها ونظرا لما يترتب عليها من مشاكل مثل(تلف كراسي التحميل وموانع التسرب وكذلك تكسر الكوبلن ونواقل الحركة مع زيادة ملحوظة في استهلاك الطاقة). واستخدام التقنيات الحديثة لعملية ضبط الإتزان توفر الوقت والمال الناتج عن توقف المعدات وذلك لسهولة استخدامها ودقتها.

لقاعدة الطلمبة لمعرفة مدى اتزانها وإستوائها Test foot قبل الإتزان يجب عمل

المحاذاة هي النسق الهندسي التام لكل العناصر الدوارة عند كل موضع بين وصلتين. أو بمعنى اخر: دوران ألعمدة حول محور واحد، وهي أربع قيم مطلوب قياسها بدقة

1- إلإزاحة العمودية "التوازي العمودي"

2- إلإزاحة الأفقية "التوازي الأفقي"

3- الميل بزاوية العمودي

4- الميل بزاوية أفقي

وهناك مؤشرات تدل عن عدم محاذاة اعمدة الدوران مثل:

أ- حدوث أعطال بسرعة لكراسي التحميل او موانع التسرب او اعمدة الدوران او كبالن نقل الحركة

ب- ارتفاع في درجات حرارة كراسي التحميل والمناطق المحيطة بها

جـ - استهالك عالي للطاقة

د- تسرب الزيت من جهة مانع التسرب

هـ - ارتفاع درجة حرارة الكبالن بعد التشغيل مباشرة

و- حدوث شروخ في أعمدة الطلمبات والمواتير عند كراسي التحميل المتصلة بالكوبلن (نواقل الحركه)

س- وجود اهتزاز عالي

حـ- تلف أو عطل الأجزاء المرنة لوصلات نقل الحركة

ط- تلف وتكسرمساميررباط الطلمبات.

طرق المحاذاة

1- المحاذاة باستخدام مسطرة التقويم

2- المحاذاة باستخدام المبين القرصي(ساعة الإتزان)

3- المحاذاة باستخدام النظام الليزري

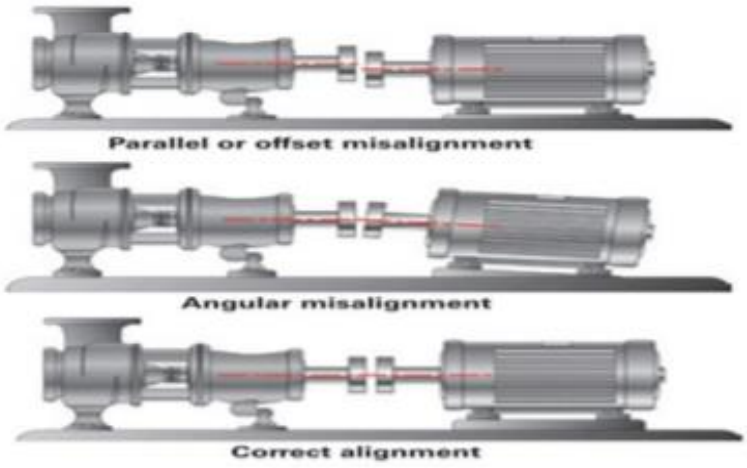
ضوابط يجب مراعاتهاالإختيارالطريقة المستخدمة:

1- الزمن اللآزم لإجراء عملية المحاذاة.

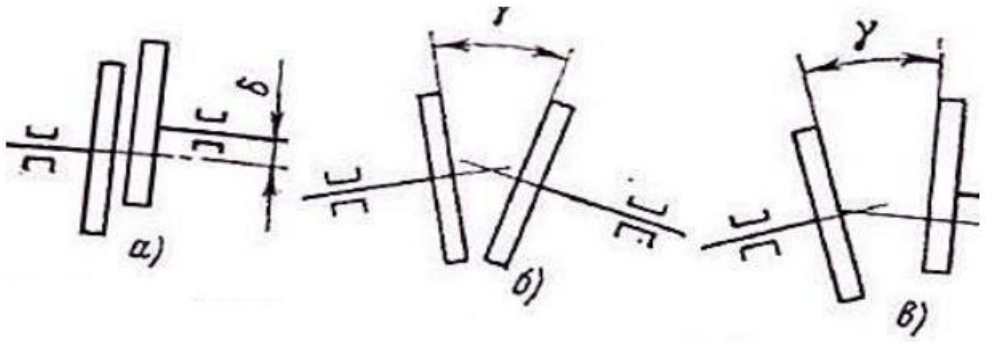
2- دقة القياس المطلوبة

3- سهولة االإستعمال

4- توثيق عملية المحاذاة



الشكل (1) يوضح قيم المحاذاة



أشكال عدم الإتزان

أولا الفياس البصرى

يستخدم فى الطلمبات ذات القدرات الصغيرة

ويتم بواسطة مسطرة القياس المستوية بوضعها على استواء الكوبلنج ومتابعة مرور الضوء من خلالها فى جميع الإتجاهات الرأسية والأفقية لمعرفة إتجاه عدم الإتزات

بوضع لينات الإرتفاء وإعادة التربيط على مسامير الطلمبات حتى يمتنع مرور الضوء تحت مسطرة القياس

ثانيا ساعة الإتزان

يتم فصل الكوبلنج ، ثم يتم تثبيت أجهزة لتدوير أعمدة الآلات الكهربائية عليها أو على أعمدة قريبة. يجب أن تكون قوية بما فيه الكفاية لعدم الانحناء في عملية القياس. ويمكن أيضا إجراء القياسات مع وصلات متصلة

عـد تثبيـت وتقويـة التركيبـات ، يـتم فحـص أداء آليـة المؤشـر الخـاص بساعة الإتزان

يـتم وضـغ اللينـات فـى إتجـاه حيـود القـراءات إلـى ان تتـزن وتعطـى قـراء أقل من سابقتها

. للقيـام بـذلك ، فيجـب ان تكـون سـاعة القيـاس قريبـة مـن القـراءة الصفرية .

يـتم التحقـق مـن وصـع السـاعة افـى جميـع الإتجاهـات بالتنـاوب فـي وقـت واحـد علـى كـل مـن الـدوارات مـن الوضـع الأولـي عنـد زاويـة 90 درجـة و 180 درجة و 270 درجة في اتجاه دوران المحرك

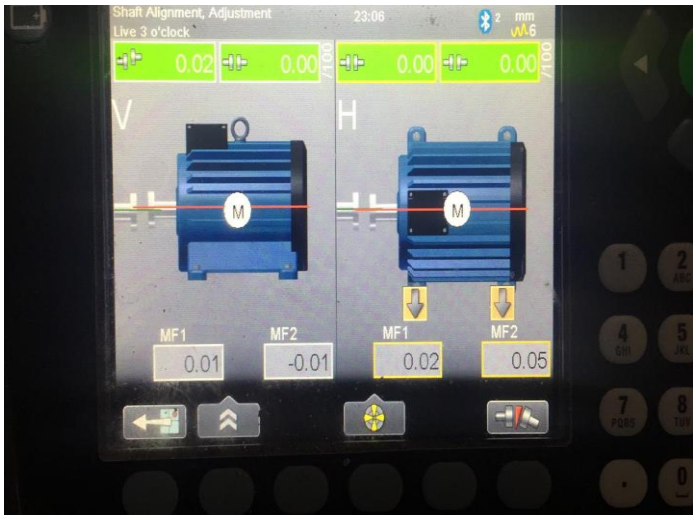
محاذاة عمود الليزر

تتـوفر أنظمـة محـاذاة الليـزر فـي حزمـة أحاديـة وثنائيـة.وهو أكثـر دقـة وفعالية.

يتم تركيب وحدة القياس على العمود وتقوم بإنشاء شعاع ليزربين لاقطى الجهاز على طول محورى للعمود والطلمبه، التي تثبت على عمود الطلمبة والوحدة الأخرى على عمود الموتور

يتم توجيه شعاع الليزر من احد اللواقط للأخر. يتم التقاط كلتا الإشارات بواسطة أجهزة الكشف الضوئي ، وفي المواضع الزاويّة المختلفة للأعمدة ، يتم تحديد تمركزها بدقة عالية. من خلال مقارنة القراءات مع حركات الزوايا المختلفة خلال جهاز الإتزان الإليكترونى الدى يحدد الحيود الرأسى والأفقى والميل الجانبى

بوضع الليزات فى اتجاه عكسى للحيور وإعادة الإتران حتى تقارب القراءات ارأسية والأفية والميل الجانبى الصفرة الأجهزة الحديثة للمحاذاه حاليا تدخل ببرامج على دهزة الكمبيوتر لضبط الإتزان بدقة متناهية وبسرعة.



جداول الصيانة

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	تنظيف الوحدات و المنطقه المحيطه					
2	تسجيل قراءات الضغط و التصرف و تنسبه الملوحه					
3	تسجيل نسبه الملوحه لكل موديل					•
4	التاكد من ربط مسامير الفلانشات و المحابس و الوصلات					
5	التاكد من عدم وجود تسريب بالوصلات					
6	التاكد من تشغيل المحابس الاوتوماتيكيه					
7	عمل شطف بالمياه العذبه للوحده بعد توقفها					
8	التاكد من عدم وجود تسريب بخطوط الهواء					
9	التاكد من عمل التوربينه					
10	الكشف علي اجزاء التربينه و التغيير اذا لزم	•				
11	عمل معايره لاجهزه قياس التصرف		•			
12	عمل معايره لاجهزه قياس الضغط		•			
13	عمل معايره لاجهزه قياس نسبه الملوحه		•			
14	عمل معايره لمحبس التغذيه		•			
15	عمل غسيل كيماوي للوحدات اذا لزم			•		

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	التنظيف الجاف لجسم الطلمبه و المنطقه المحيطه					

2	تشحيم الاجزاء المتحركه و مسامير التثبيت					
3	مراجعه حاله الطلمبه (حراره - صوت - اهتزازات)					
4	مراجعه التسريب في خطوط المواسير او جسم الطلمبه					
5	مراجعه ربط مسامير الفلانشات و البلوف و المحابس					
6	مراجعه المحابس و البلوف و تغييرها اذا لزم					
7	تسجيل امبير الطلمبه و مقارنته بالمواصفات					
8	تسجيل عدد مرات التشغيل و الايقاف و زمنها					
9	تسجيل قراءات الضغط و التصرف و مقارنته بالمواصفات					
10	الكشف علي مستوي الزيت داخل الطلمبه و ضبطه					
11	الكشف علي باديء التشغيل و ضبطه اذا لزم	•				
12	الكشف علي لوحه التحكم الخاصه بالطلمبه	•				
13	الكشف علي قواطع الكهرباء و تغييرها اذا لزم	•				
14	الكشف علي نقاط التلامس و تغييرها اذا لزم	•				
15	الكشف علي كابل التغذيه و توصيل الكابل داخل الطلمبه	•				
16	عمل ضبط لاستقامه الكوبلينج			•		
17	مراجعه اجزاء الطلمبه و تغييرها اذا لزم (الريشه - المانع الميكانيكي - عمود الاداره - البلي - الكوبلنج)				•	
18	الكشف علي حاله الموتور و تغييرها اذا لزم				•	

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	التنظيف الجاف لجسم الطلمبه و المنطقه المحيطه					
2	تشحيم الاجزاء المتحركه					
3	مراجعه حاله الطلمبه (حراره - صوت - اهتزازات)					
4	مراجعه التسريب في خطوط المواسير او جسم الطلمبه					
5	مراجعه ربط المسامير و الفلانشات و بلوف المحابس					
6	مراجعه المحابس و البلوف و تغييرها اذا لزم					
7	تسجيل امبير الطلمبات و مقارنتها بالمواصفات					
8	تسجيل عدد مرات التشغيل و الايقاف و زمنها					
9	تسجيل قراءات الضغط و مقارنتها بالمواصفات					
10	الكشف علي لوحه التحكم الخاصه بالطلمبه	•				
11	الكشف علي قواطع الكهرباء و تغييرها اذا لزم	•				
12	الكشف علي نقاط التلامس و تغييرها اذا لزم	•				
13	الكشف علي كابل التغذيه و توصيل الكابل داخل الطلمبه	•				
14	عمل ضبط لاستقامه الكوبلينج	•				
15	مراجعه اجزاء الطلمبه و تغييرها اذا لزم (الريشه - المانع الميكانيكي - عمود الاداره - البلي - الكوبلنج)		•			
16	الكشف علي حاله الموتور و تغييرها اذا لزم			•		

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	التنظيف الجاف لجسم الطلمبه و المنطقه المحيطه					
2	تشحيم الاجزاء المتحركه					
3	مراجعه حاله الطلمبه (حراره - صوت - اهتزازات)					
4	مراجعه التسريب في خطوط المواسير او جسم الطلمبه					
5	مراجعه ربط المسامير و الفلانشات و البلوف و المحابس					
6	مراجعه المحابس و البلوف و تغييرها اذا لزم					
7	تسجيل امبير الطلمبات و مقارنتها بالمواصفات					
8	تسجيل عدد مرات التشغيل و الايقاف و زمنها					
9	تسجيل قراءات الضغط و مقارنتها بالمواصفات					
10	التاكد من مستوي خزانات المدينه و تسجيله					
11	التاكد من مستوي المياه في خزانات السحب					
12	التاكد من سحب المياه من بياره عنبر الرفع					
13	التاكد من تشغيل مراوح التهويه					
14	الكشف علي مستوي الزيت داخل الطلمبه و ضبطه					
15	الكشف علي لوحه التحكم الخاصه بالطلمبه	•				
16	الكشف علي قواطع الكهرباء و تغييرها اذا لزم	•				
17	الكشف علي نقاط التلامس و تغييرها اذا لزم	•				
18	الكشف علي كابل التغذيه و توصيل الكابل داخل الطلمبه	•				
19	عمل ضبط لاستقامه الكوبلينج			•		
20	مراجعه اجزاء الطلمبه و تغييرها اذا لزم (الريشه - المانع الميكانيكي - عمود الاداره - البلي - الكوبلنج)			•		

21	الكشف علي حاله الموتور و تغييرها اذا لزم			•		

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	تنظيف جسم الفلتر و منطقه الفلاتر					
2	مراجعه تسريب في خطوط المواسير او جسم الفلتر					
3	مراجعه ربط مسامير الفلانشات و البلوف و المحابس					
4	مراجعه المحابس و البلوف و تغييرها اذا لزم					
5	مراجعه وصلات حقن الكيماويات					
6	تسجيل قراءات العدادات (PH - ORP - TURBIDITY - CONDUCTIVITY)					
7	مراجعه خطوط هواء المحابس و الكشف علي اي تسريب					
8	تسجيل قراءات الضغط و مقارنته بالمواصفات					
9	تغيير شمعات الفلتر	•				
10	الكشف علي لوحه التحكم الخاصه بالمحابس و المعدات	•				
11	مراجعه تشغيل المحابس الاوتوماتيكيه	•				
12	عمل معايره لاجهزه قياس الضغط		•			
13	عمل معايره لاجهزه PH		•			
14	عمل معايره لاجهزه ORP		•			
15	عمل معايره لاجهزه turbidity			•		
16	عمل معايره لاجهزه conductivity			•		

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	مراجعه حقن الكلور و PH في خزان المياه المنتجه					
2	غسيل الخزان بالمياه	•				
3	تنظيف فتحات السحب	•				
4	اخذ عينات من الخزان و تحليلها	•				
5	غسيل الخزانات بالكيماويات		•			
6	معايره عوامات تحديد المستوي		•			
م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	التنظيف الجاف لجسم اللوحات الخارجي					
2	تنظيف اللوحات داخليا بالهواء					
3	تغيير لمبات البيان التالفه اذا لزم الامر					
4	مراجعه فيوزات اللوحات و تغييرها اذا لزم الامر					
5	التاكد من تربيط كابلات التغذيه لكل المعدات	•				

م	مراحل الصيانه	شهري	3 شهور	6 شهور	سنوي	
1	تنظيف الطلمبات و المنطقه المحيطه بها					
2	التاكد من مستوي الخزانات و زيادنه اذا لزم					
3	التاكد من تحضير الطلمبات و معدل التصرف					
4	التاكد من عدم وجود تسريب بالوصلات					
5	التاكد من تشغيل العوامات الاوتوماتيكيه					
6	تنظيف خزانات الكيماويات و خطوط السحب	•				

المراجع

- **تم بواسطة الإدارة العامة للمسار الوظيفى**
- **و إعداد السادة :-**

مهندس/ حازم صلاح ترك	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحر الأحمر
مهندس/ أحمد كمال مرعى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحر الأحمر
مهندس/ شريف فريد أحمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بسيناء
كيميائى/ جلال الشحات جلال	الشركة القابضة

- **وقام بإبداء الرأى لهذا البرنامج كلاً من :-**

كيميائية / ميسة صلاح الدين إسماعيل	شركة مياه الشرب بالإسكندرية
مهندس/ محمد بكر محمد	شركة مياه الشرب بالإسكندرية
كيميائية / أميرة محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمطروح
مهندس / شحات ماهر	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمطروح

حقوق الطبع محفوظة • الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)