I am a Chemical Engineer introduces

PUMPS تكنولوجيا المضخات

Presented by:

Ahmed Yehia - Process engineer,

Suez Oil Processing Company (SOPC)

1. Pumping (الضخ)
2. Pump

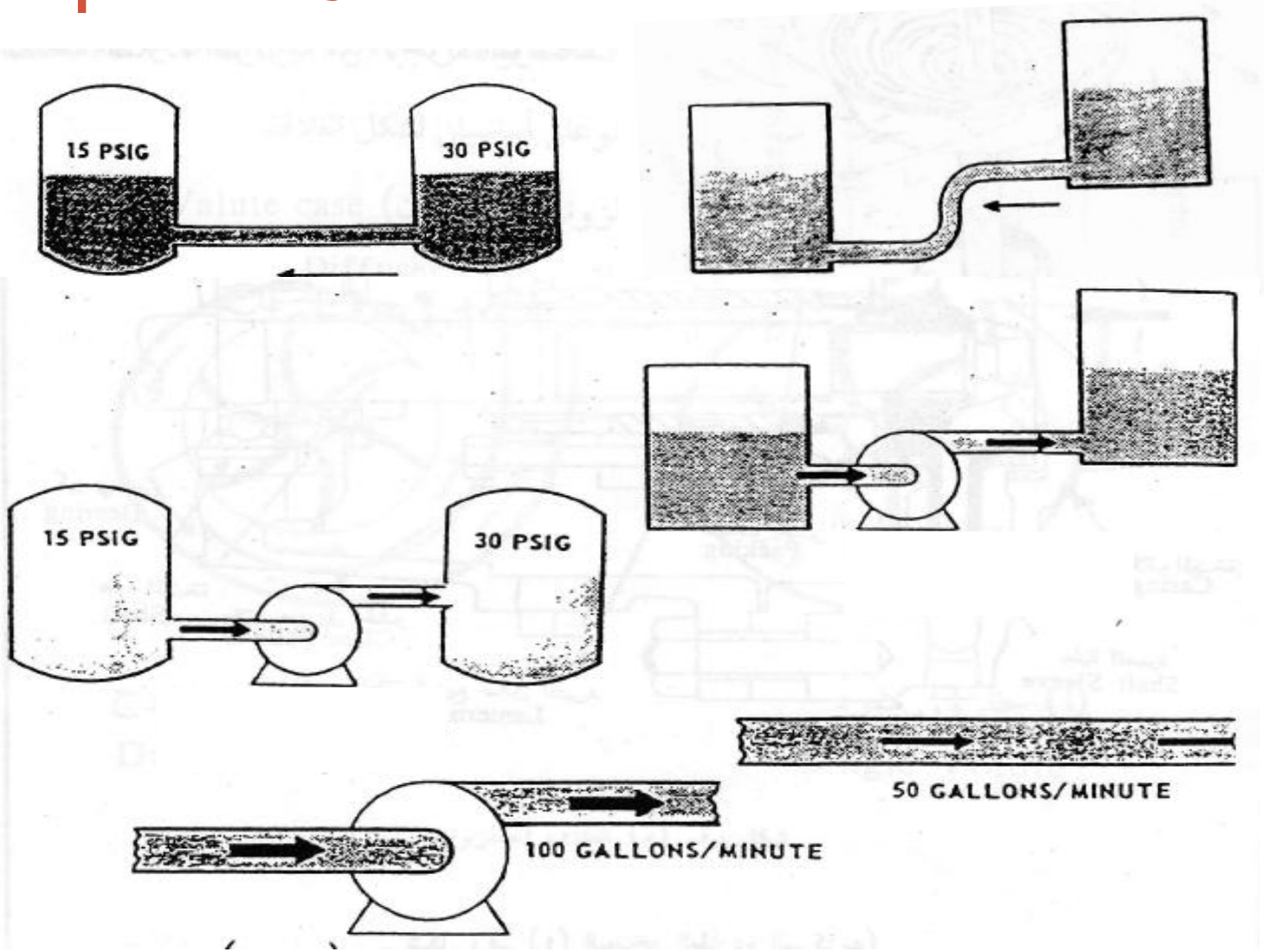
وظيفة Pumps

- **Pumping (الضخ)** هي عملية إضافة طاقه للسائل لتحريكه من نقطه إلى أخرى ويتم إضافة هذه الطاقه بطرق متعدده مثل القوه الطارده المركزيه أو الإزاحه الجبريه.
- **Pump** هي الآله التي تكسب السائل هذه الطاقه لتحركه من مكان لآخر.
- ونلاحظ أن السائل الموجود في مستوى عالي يملك طاقة وضع أكبر من السائل الموجود في مستوى منخفض وبالتالي يستطيع أن ينتقل من المستوى العالى إلى المنخفض بمفرده وأيضا السائل الواقع تحت ضغط عالي ينتقل للسائل تحت ضغط منخفض لكن لكي يحدث العكس فهذا مستحيل إلا باستخدام pump.

لذلك فهي تقوم بـــــ...

- بتحويل الطاقه الميكانيكيه لطاقة ضغط وحركه مع زيادة معدل الكميه للسائل في زمن أقل.

وظيفة Pumps

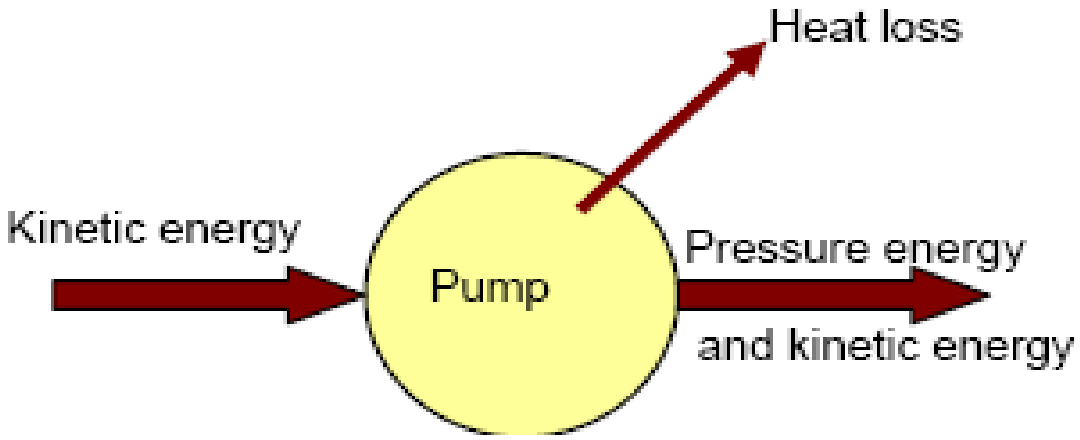

15 PSIG
30 PSIG
15 PSIG
30 PSIG
50 GALLONS/MINUTE
100 GALLONS/MINUTE

الطاقات الموجودة في
.Pumping system

وظيفة Pumps

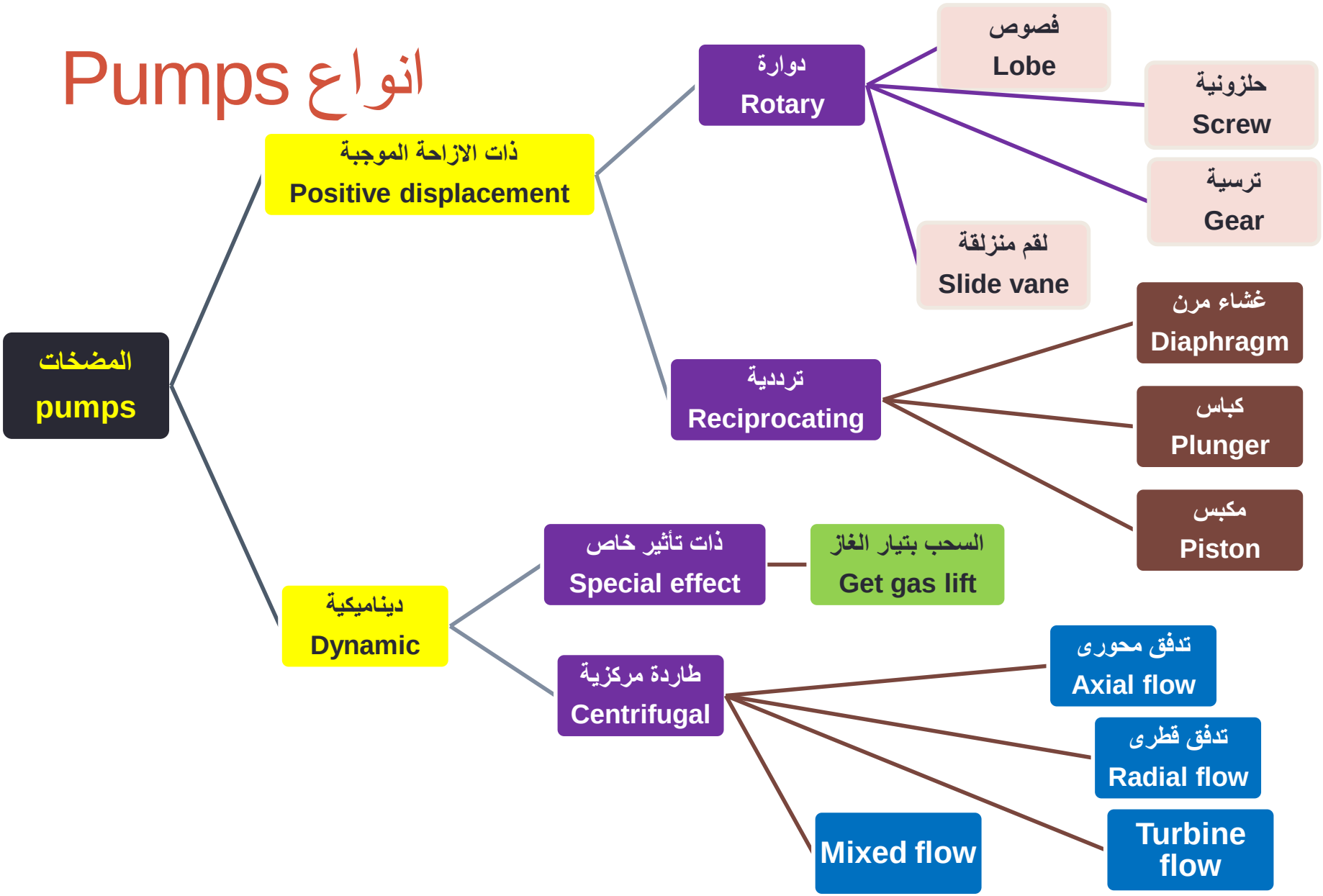
الطاقات الموجودة في Pumping system.

- طاقة الوضع: وتكون مخزونة في مائع على إرتفاع معين.
- طاقة الضغط: وتكون مخزونة في مائع بعد ضغطه.
- طاقة الحركة: وتكون مخزونة في مائع بعد زيادة سرعته.
- طاقة كهربائية: وتكون مخزونة في ملفات الموتور.
- لذلك فإن Pump تقوم بتحويل طاقة الحركة لطاقة حركه وضغط تتحول بعدها لطاقة وضع.

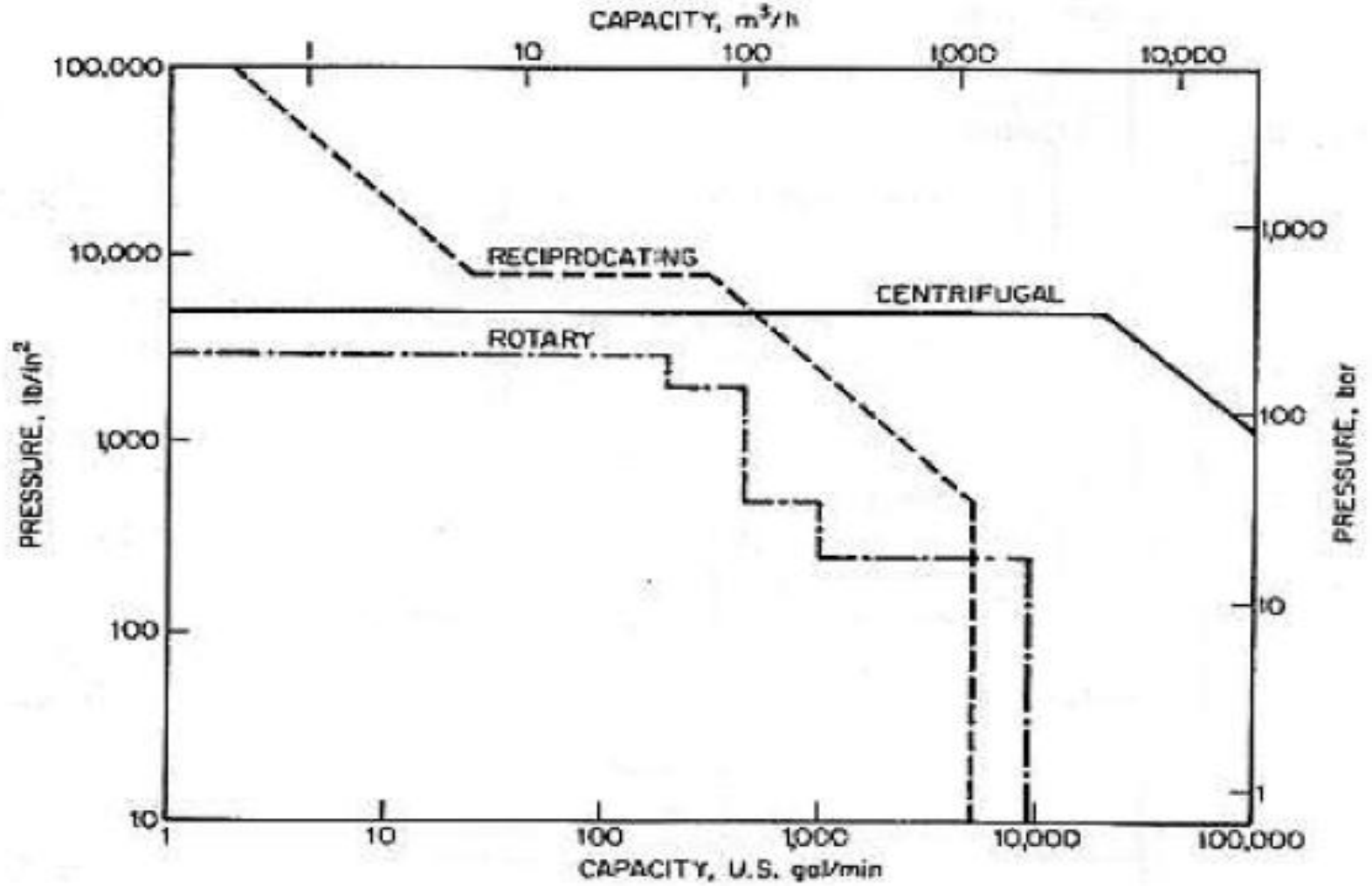


Pumps انواع

انواع Pumps


المضخات
pumps
ذات الازاحة الموجبة
Positive displacement
دوارة
Rotary
فصوص
Lobe
حلزونية
Screw
ترسية
Gear
لقم منزلقة
Slide vane
ترددية
Reciprocating
غشاء مرن
Diaphragm
كباس
Plunger
مكبس
Piston
ديناميكية
Dynamic
ذات تأثير خاص
Special effect
السحب بتيار الغاز
Get gas lift
طاردة مركزية
Centrifugal
تدفق محورى
Axial flow
تدفق قطرى
Radial flow
Mixed flow
Turbine flow

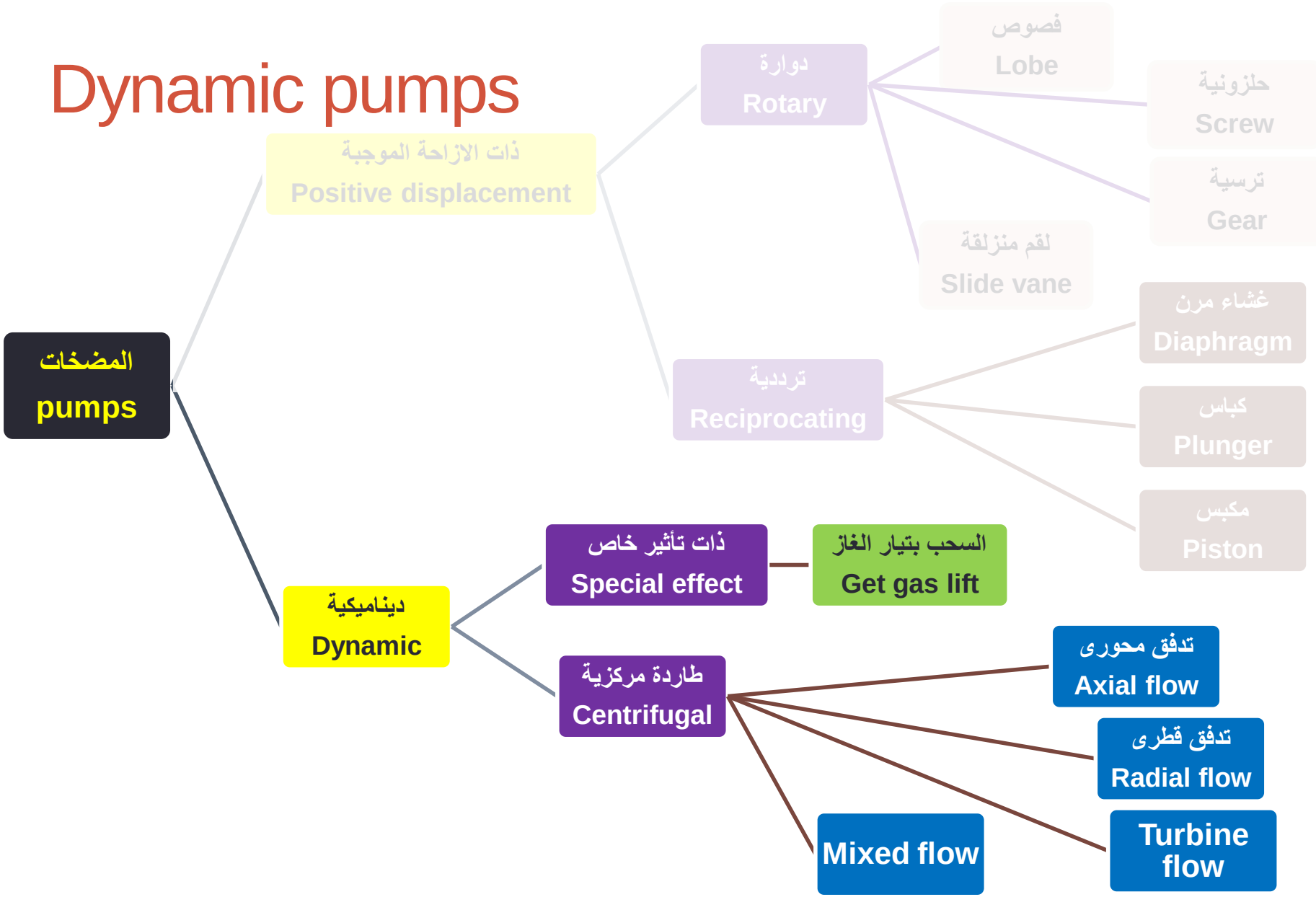
الاشكل الآتية توضح head-flow لبعض أنواع pumps



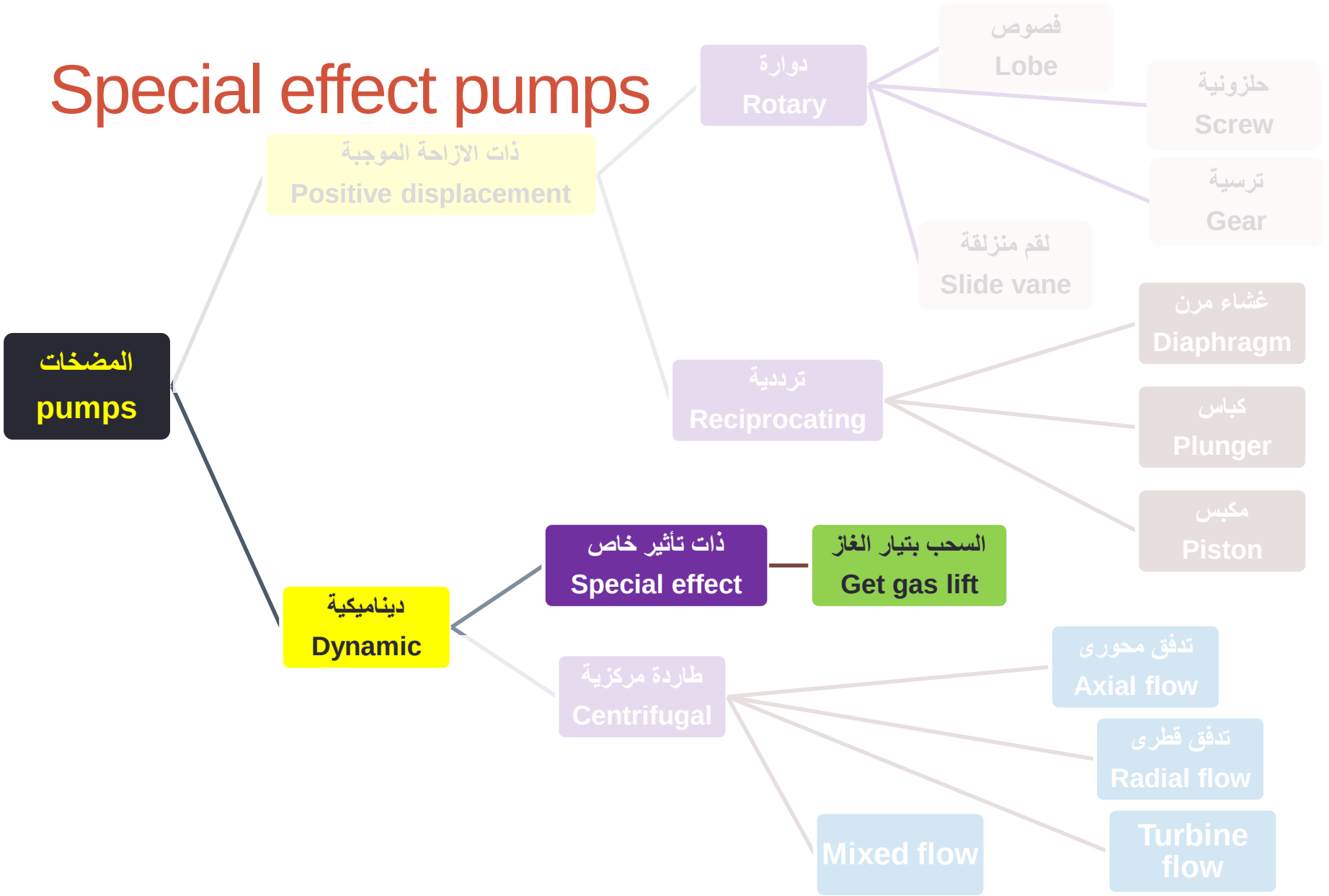
مضخات الضغط الديناميكى

Dynamic pumps

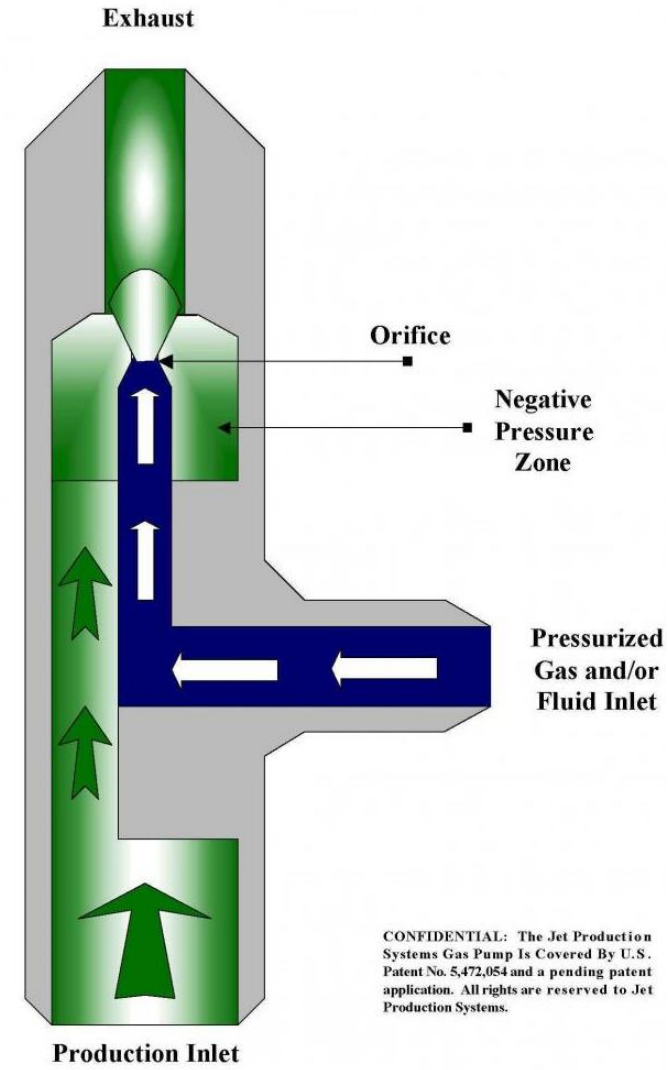
Dynamic pumps



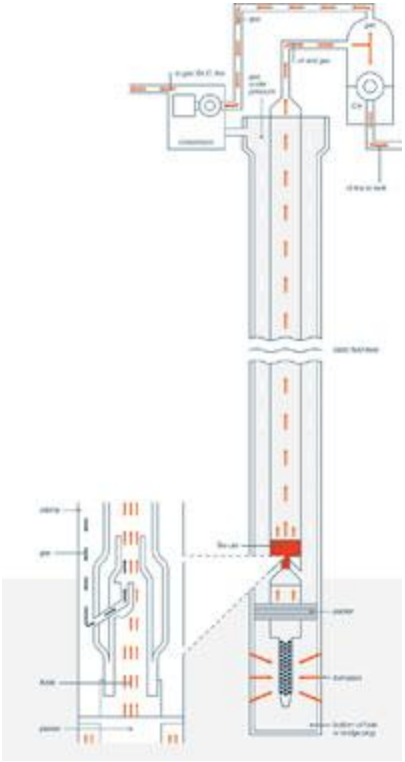
Special effect pumps

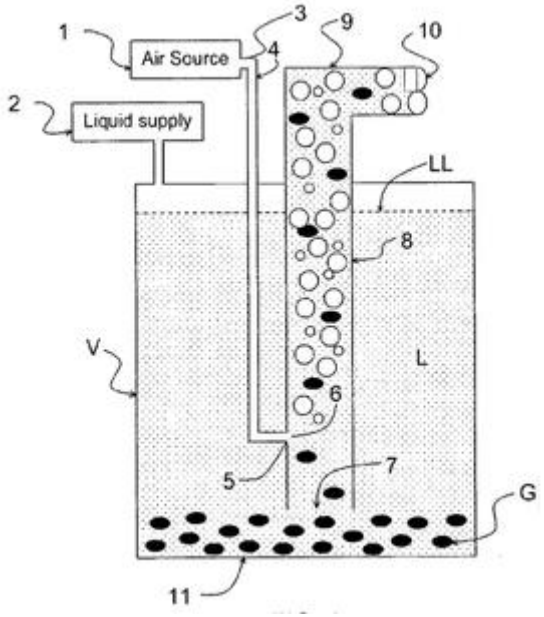


Special effect ذات تأثير خاص

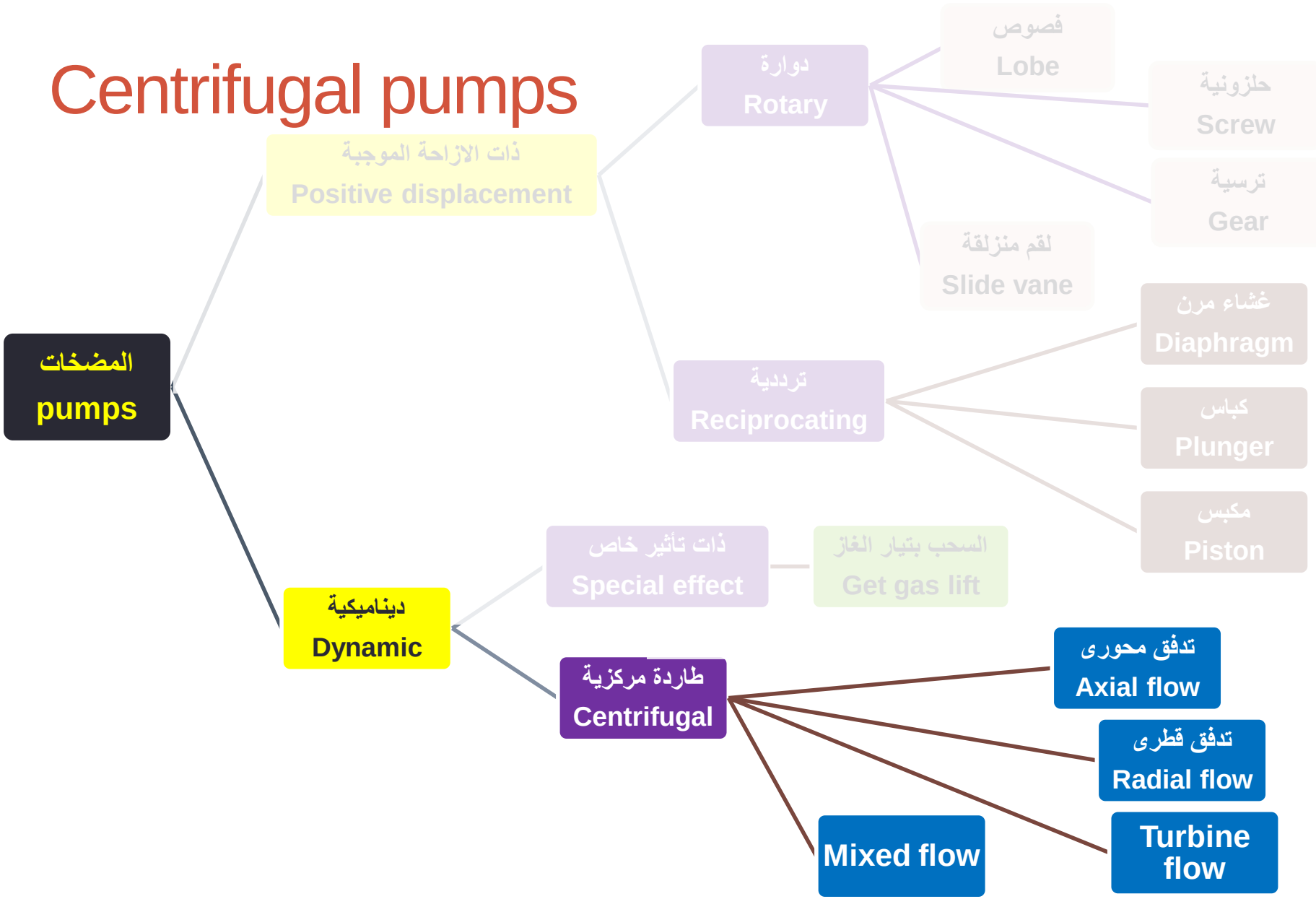


- **Get gas lift السحب بتيار الغاز**



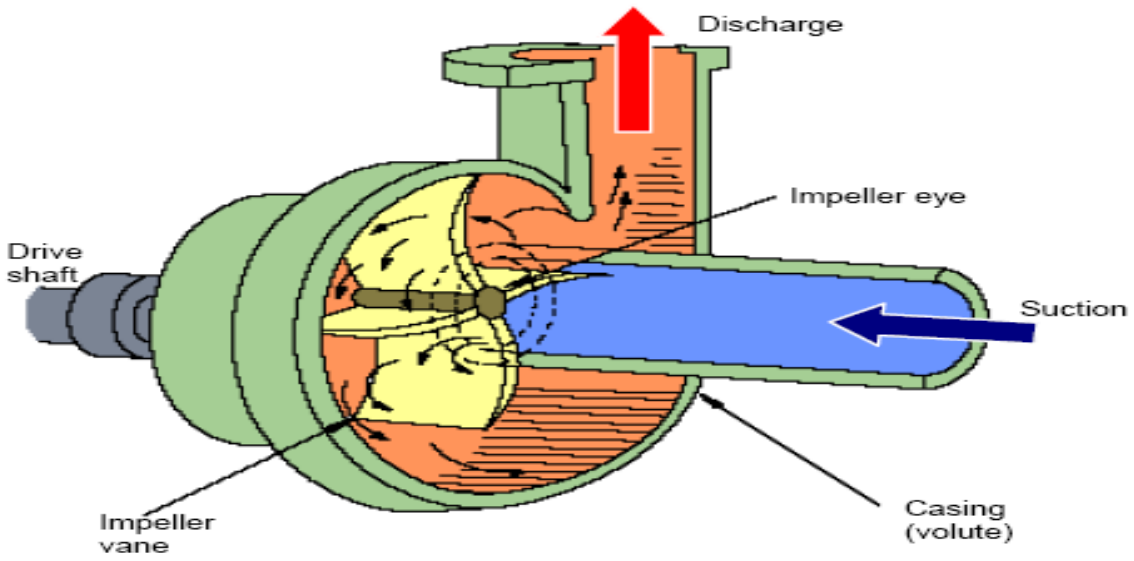


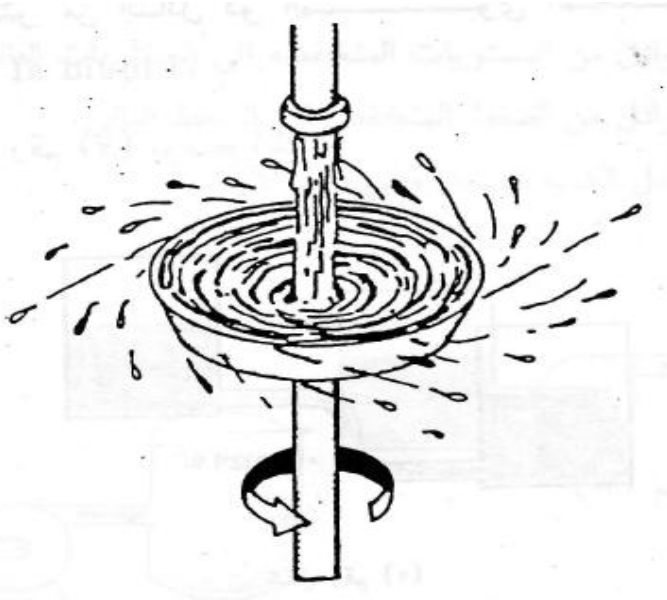
Centrifugal pumps

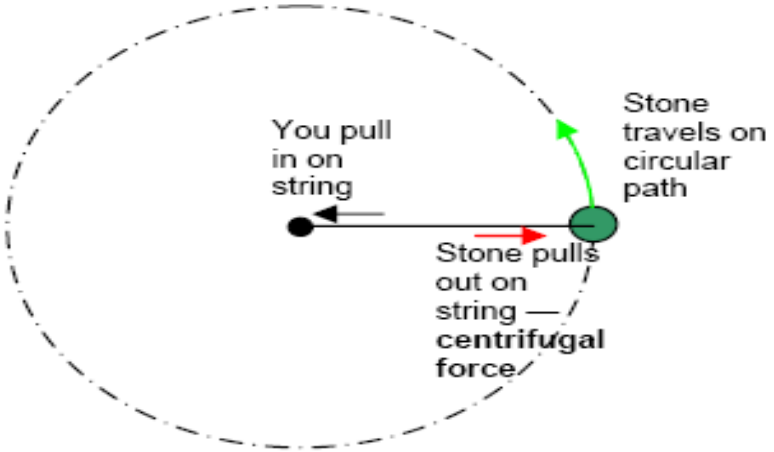


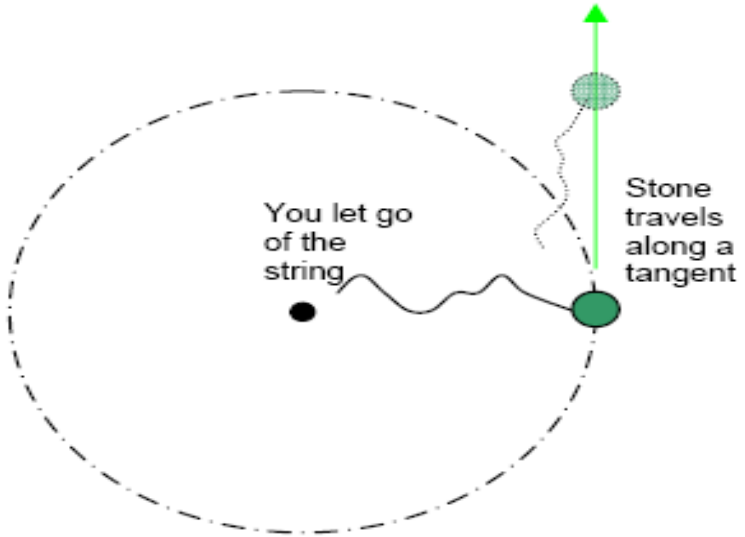
Centrifugal pumps

- **Centrifugal pumps** من أكثر Pumps شيوعا و إنتشارا وتتميز عن الطلمبات الترددیه بقلة تكلفتها وذلك لعدم وجود إحتكاك بين أجزائها الميكانيكيه لكن الطلمبه الترددیه يكون المكبس متصل بالإسطوانه مباشرة عن طريق rings فبالتالي تزداد تكلفة صنعها.
- يتم شراء المضخة حيث تكون مطابقة للمواصفات API 610 standard حيث ظروف التشغيل كالاتى allowable (70–120%) preferred (80-110%)
- **القوه الطارده المركزيه** هي القوه الناتجه من دوران جسم حول مركز ثابت وتعمل هذه القوه على إبعاد الجسم عن مركز دورانه و هذا ما يحدث في Pumps حيث أن المروحه أو impeller يقوم بتدوير السائل بسرعة شديدة فتقوم القوة الطاردة المركزية بإبعاده عن عين impeller إلي الخارج حتى يصل إلى أطراف الريش vanes ثم يغادر impeller مماسي له إلي أن يصل إلى خط الطرد.


Discharge
Impeller eye
Drive shaft
Suction
Impeller vane
Casing (volute)

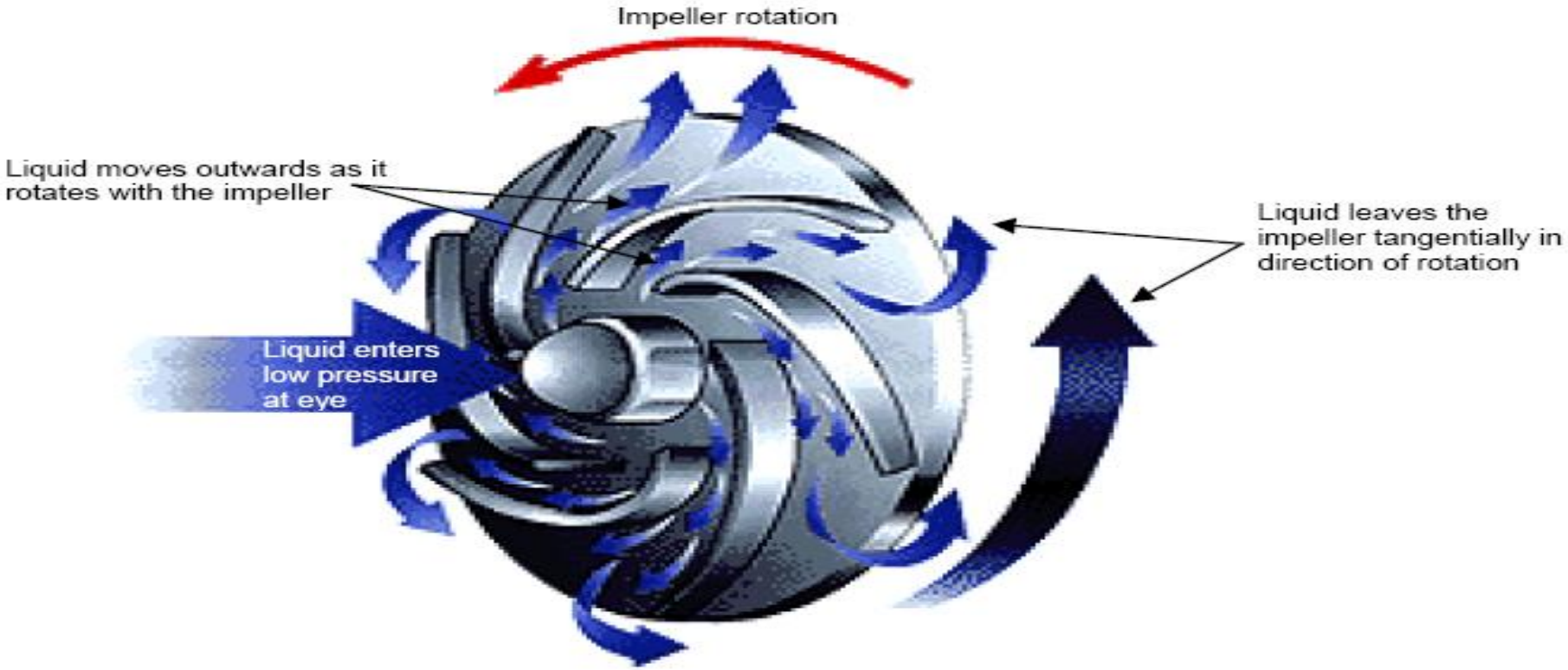


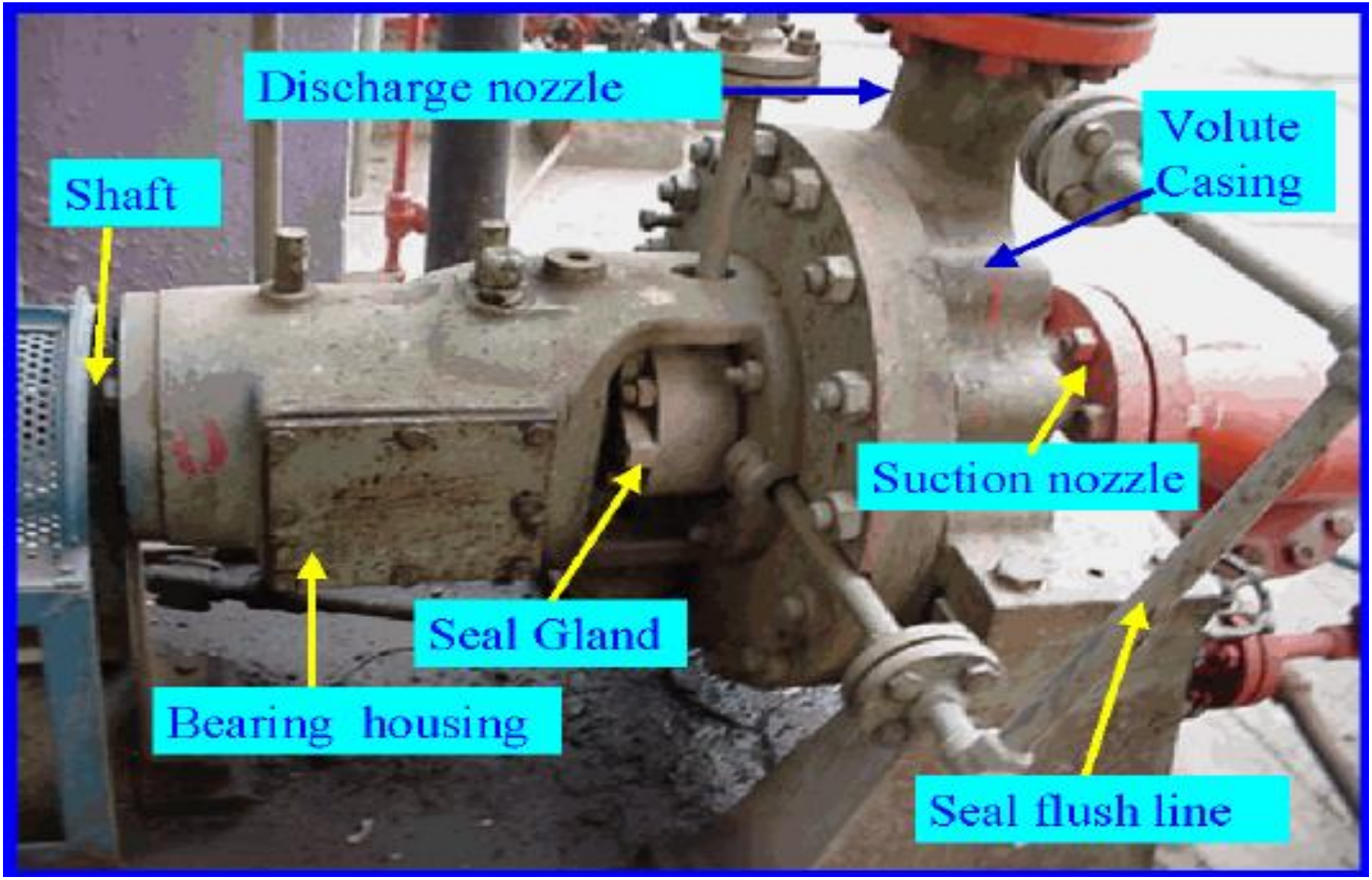

You pull in on string
Stone travels on circular path
Stone pulls out on string — centrifugal force


You let go of the string
Stone travels along a tangent

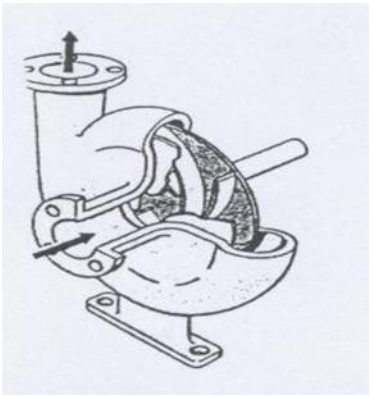
Centrifugal pumps

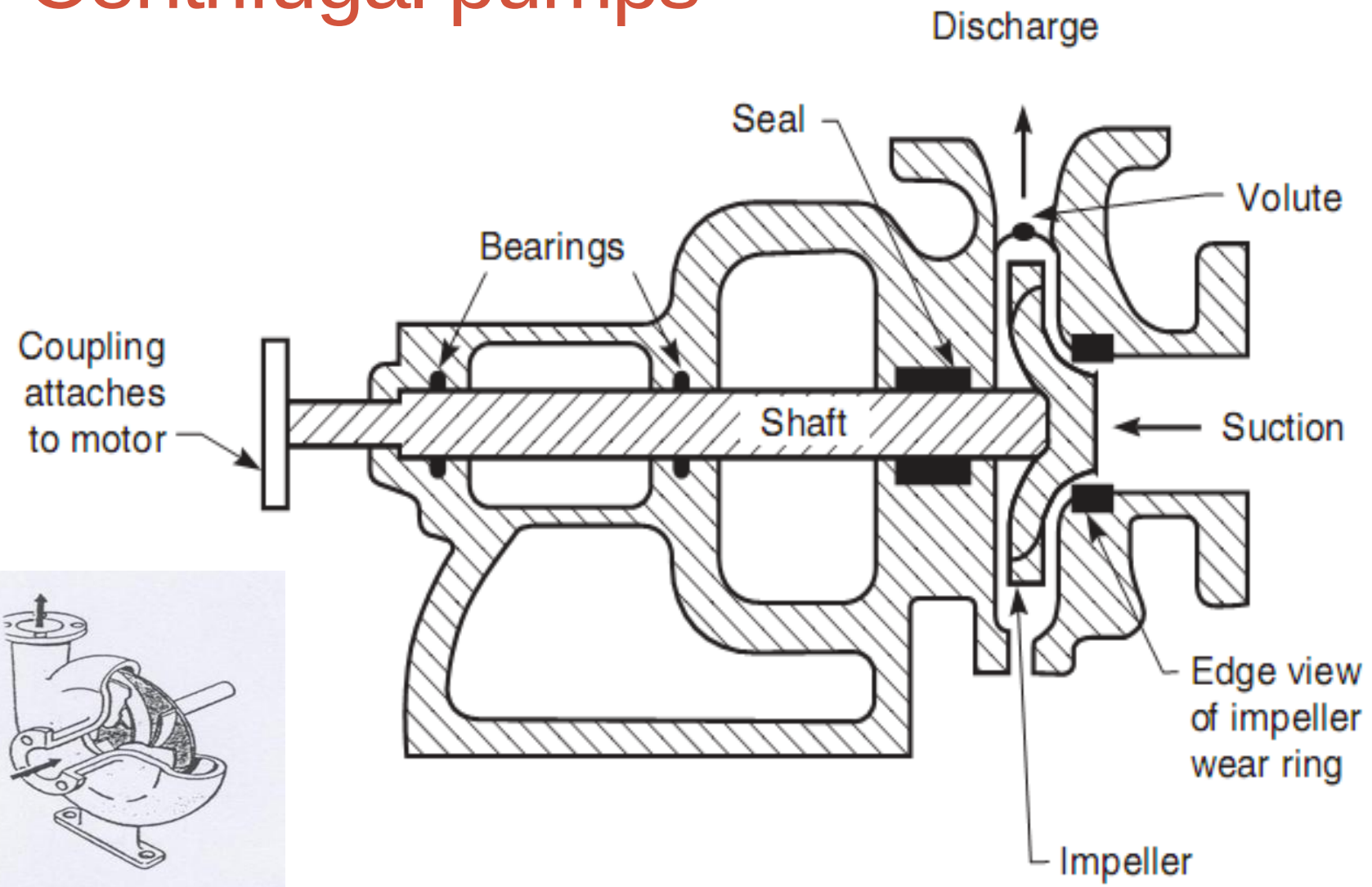
- وبالتالي فإن تأثير القوة الطاردة المركزية يجعل دائما الضغط عند impeller eye قليل و هذا بالتالي يسمح بدخول كمية أكبر من السائل لهذه المنطقه القليلة الضغط.




Discharge nozzle
Volute Casing
Shaft
Suction nozzle
Seal Gland
Bearing housing
Seal flush line

Centrifugal pumps





هل المضخة اداة لطرد السائل ام لسحبه

Centrifugal pumps

- **Impellers** مجموعة من الريش vanes مثبتة علي صرة إسطوانية الشكل و ينقسم طبقا لتركيبه الميكانيكي إلى: shroud
- Enclosed impeller بغطاء -Shroud- من الناحيتين وتمتاز بكفاءة تشغيل عاليه.
- Open impeller بدون غطاء.
- Semi-open or semi-closed impeller غطاء من ناحية واحدة.

(a) Open

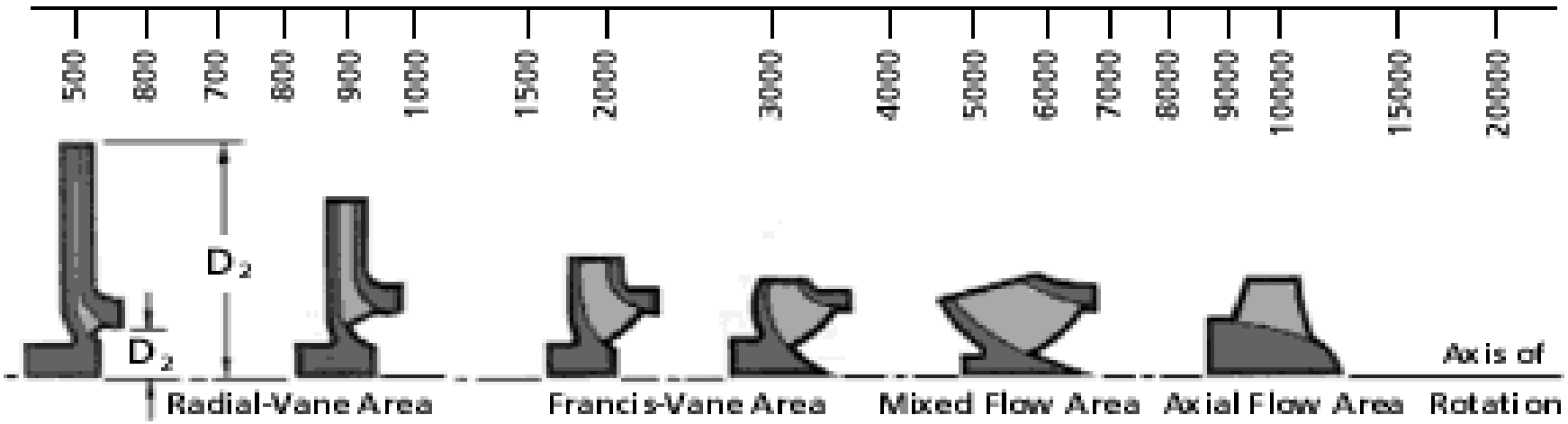
(b) Semi-open

(c) Closed

Centrifugal pumps

يتم تقسيم impellers إلى أربعة أنواع رئيسيه **طبقا لشكل وزاوية الريشه** يتحدد منها إسم pump.

1. المروحه القطريه radial flow impeller يدخل المائع و يخرج عمودي على محور الدوران.
2. مروحة فرانسيس Francis impeller يدخل المائع مائل و يخرج عمودي على على محور الدوران.
3. المروحه المحوريه axial flow impeller يدخل المائع و يخرج في إتجاه موازي لمحور الدوران.
4. المروحه المختلطه mixed flow impeller يدخل المائع و يخرج مائل على محور الدوران لذلك فهي حاله وسط بين المروحه القطريه و المحوريه.



$$Ns = \frac{(N\ x\ \sqrt{Q})}{H^{3/4}}$$

حيث :

Ns : السرعة النوعية specific speed

N : سرعة دوران مروحة المضخة (عدد اللفات فى الدقيقة)

Q : معدل تصريف السائل (بالمتر المكعب فى الثانية) flow

H : ارتفاع عمود السائل (بالمتر) head

Single suction impeller .1

double suction impeller .2

Centrifugal pumps

يتم تقسيم impeller (المروحه) طبقا **لدخول المائع** فهو إما يكون..

1. **Single suction impeller** أو أحادي المدخل حيث أن المائع يدخله من جانب واحد.
2. **double suction impeller** مزدوج المدخل (مزدوجة السحب) تغذية المائع يكون من كلا الجانبين للريشة مما توفر:

- الاتزان الهيدروليكى
- ضغط اكبر من وحيدة السحب

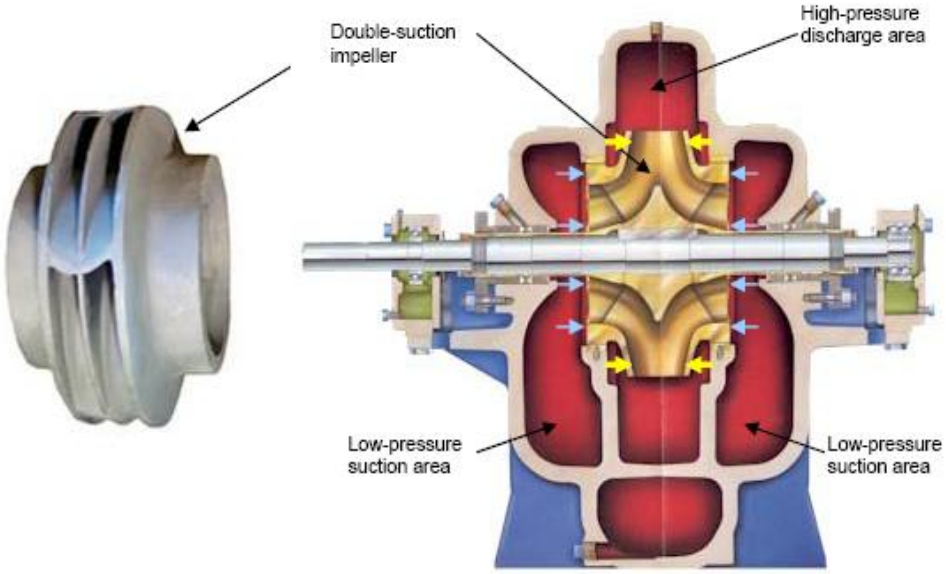


Figure 5.11: Balanced Double-suction Impeller

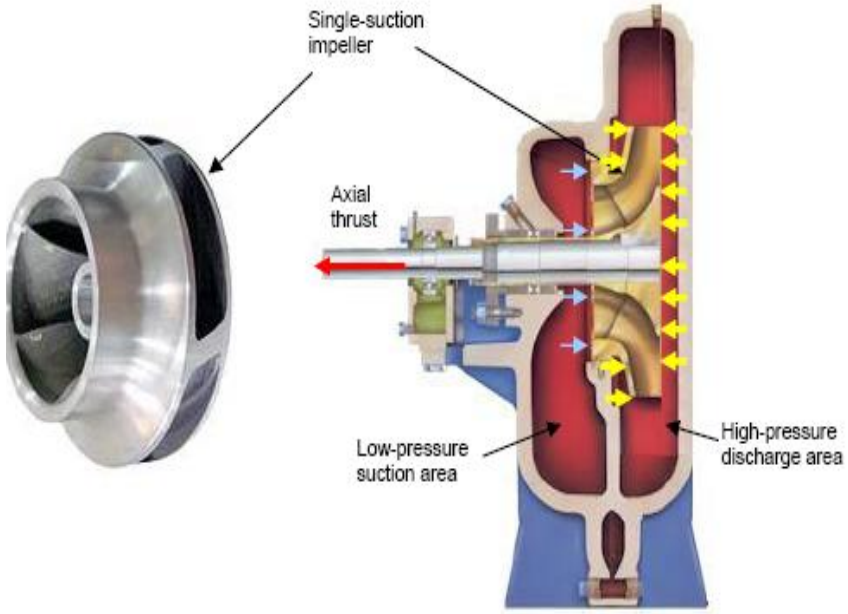
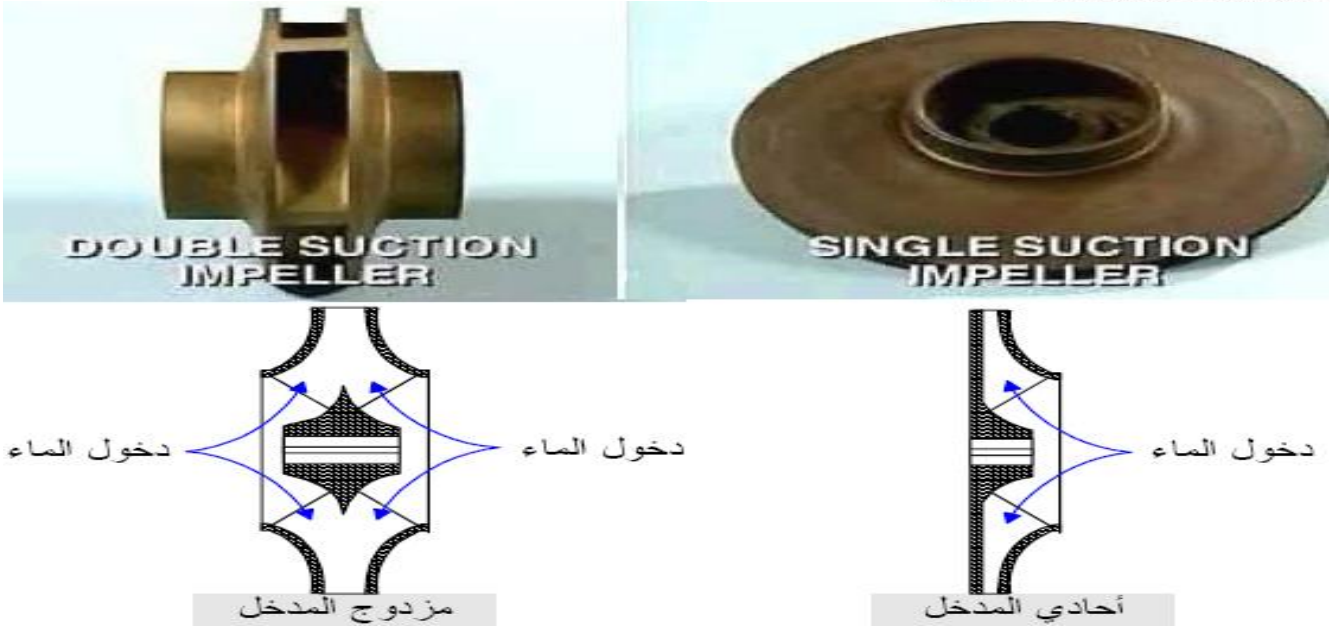


Figure 5.10: Thrust on Single-suction Impeller

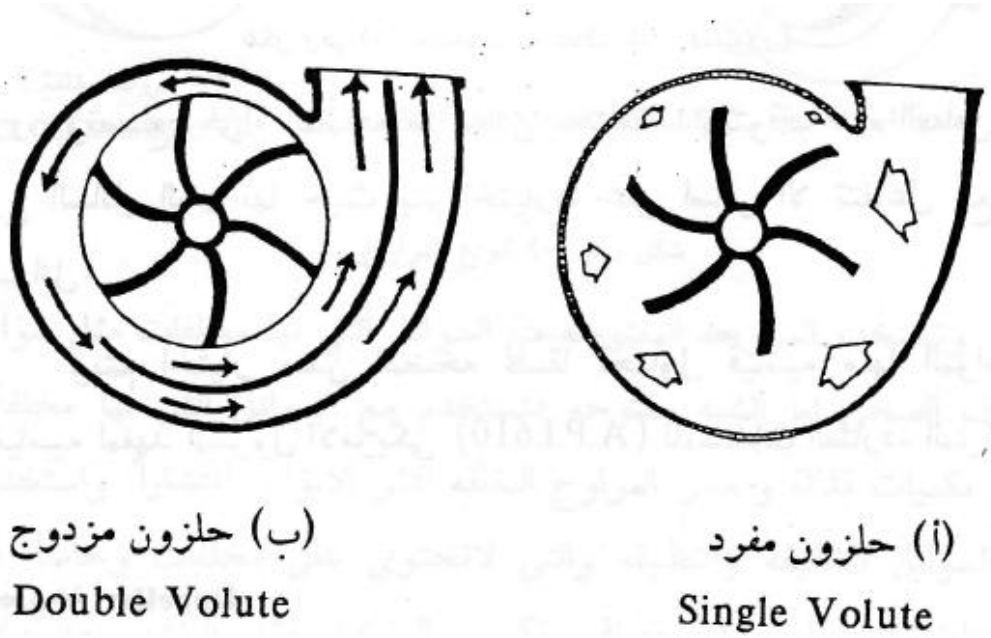


Centrifugal pumps

Casing(الغلاف) عبارة عن غرفة محكمة يدور بداخلها impeller ولها مدخل ومخرج للمائع ويصنع غالبا من الحديد الزهر و هو عباره عن نوعان أساسيان...

1. Volute case الغلاف الحلزوني ذو الاتساع التدريجي
2. Diffuser case الغلاف الناشر.

- Volute case هو الجزء التي تتحول فيه طاقة السرعه التي اكتسبها السائل من impeller إلى ضغ.حيث أنه بزيادة المساحة تدريجيا 360^o

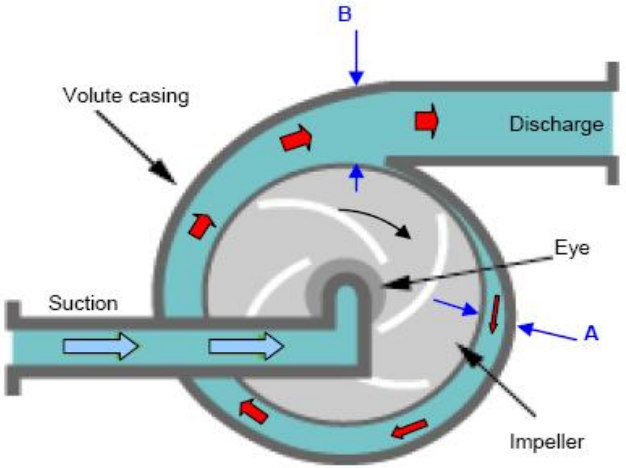


(أ) حلزون مفرد
Single Volute

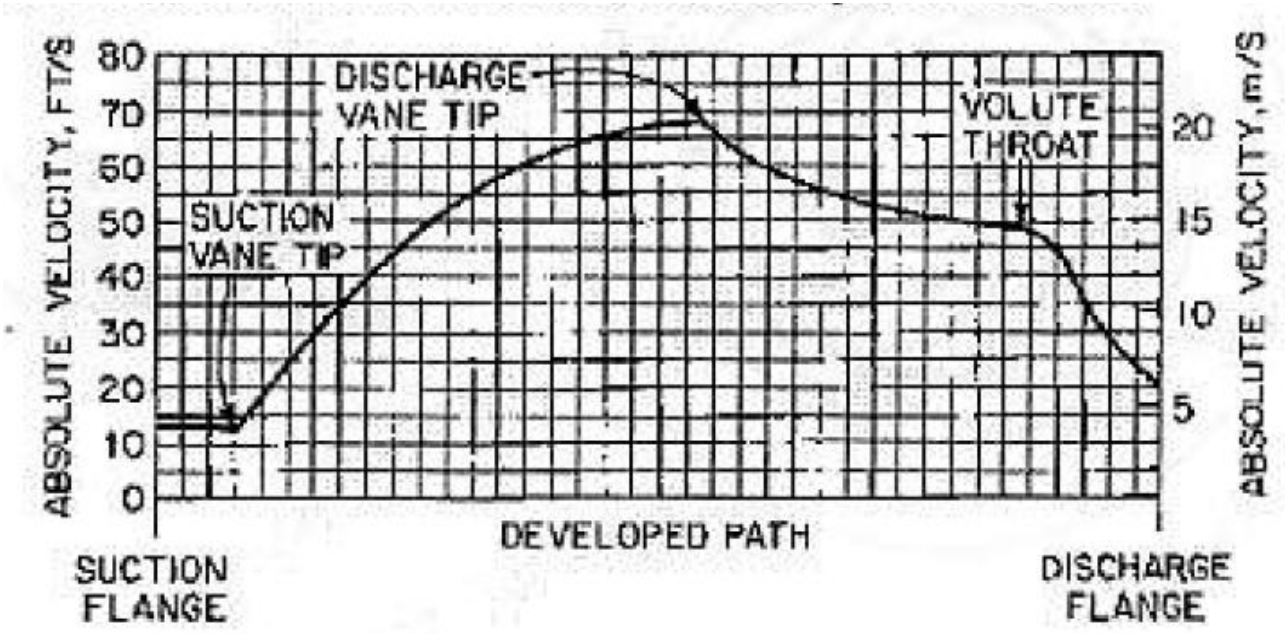
(ب) حلزون مزدوج
Double Volute

لماذا يتم تقسيم ال volute casing

(a) Volute Casing

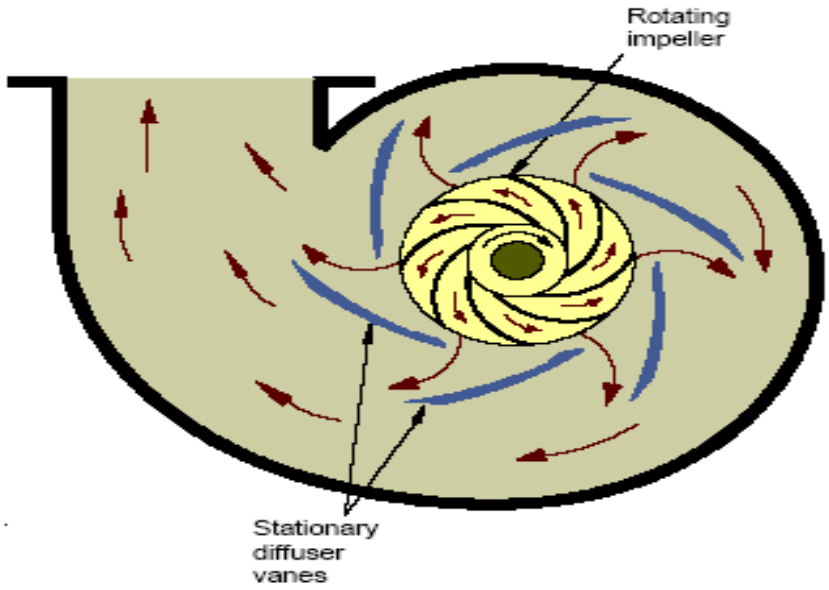


(b) Flow through a Volute

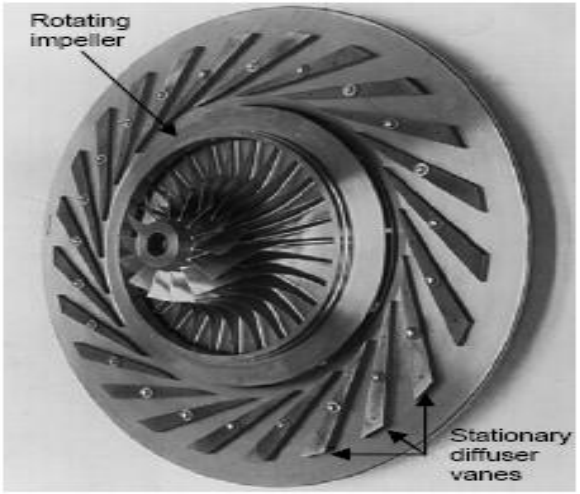


Centrifugal pumps

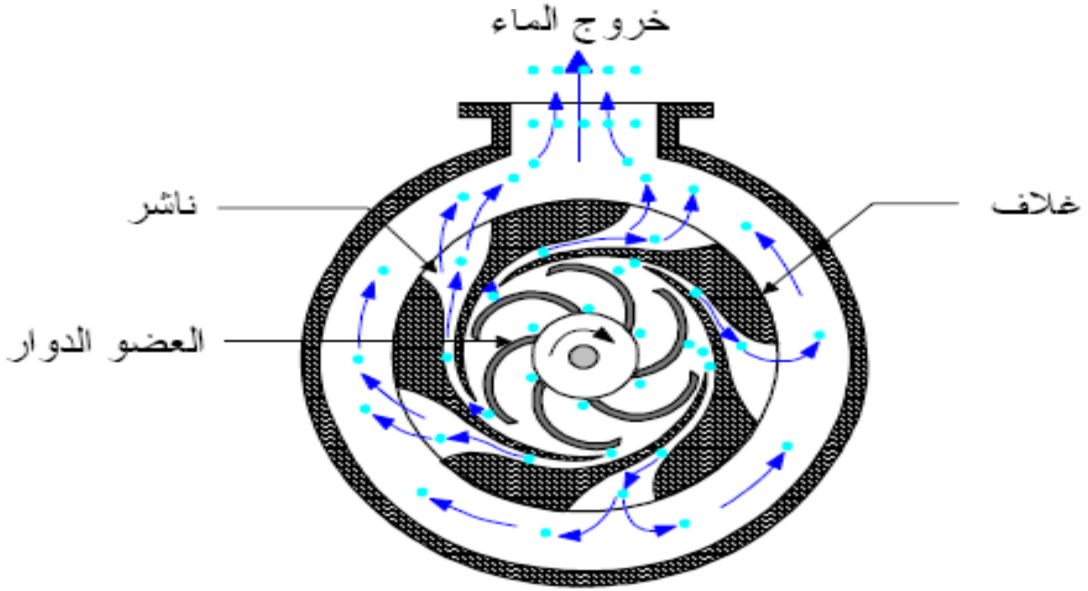
- Diffuser case عبارة عن ريش ثابتة حول Impeller يقوم بتحويل طاقة الحركة لضغط ولكن يقوم بتشتيته بعيدا عن shaft bearing حتى لا يشكل أي حمل على shaft.
- يتم اختيار diffusers عادة لاستخدام الضغوط العالية وتسمى المضخه التي تستخدم Diffuser بـ Diffuser (turbine) pump.
- يستخدم في المضخات متعددة المراحل حيث يقوم بعمل direction أو توجيه للسائل الذي يغادر المرحله الأولى إلى الثانيه وهكذا.
- يمكن وضعه داخل casing عادي أو داخل volute casing لرفع الضغط مرتين وهذا في التطبيقات ذات الضغوط العاليه.



(b) Flow through a Diffuser



(a) Impeller-Diffuser Assembly



Centrifugal pumps

- **Bearing أو كراسي التحميل** تقوم بإزالة الإجهادات الناتجه من دوران العمود أو المروحه أو الضغوط المتولده في pump سواء كانت هذه الإجهادات أفقيه thrust أو رأسيه radial. ومن الممكن تركيب كرسي محور واحد يقاوم الإجهادات الرأسيه و الأفقبه معا و تنقسم الكراسى bearing الى نوعين :

1. كراسى عديمة الاحتكاك anti fraction bearing
2. كراسى الغشاء الزيتى oil film bearing

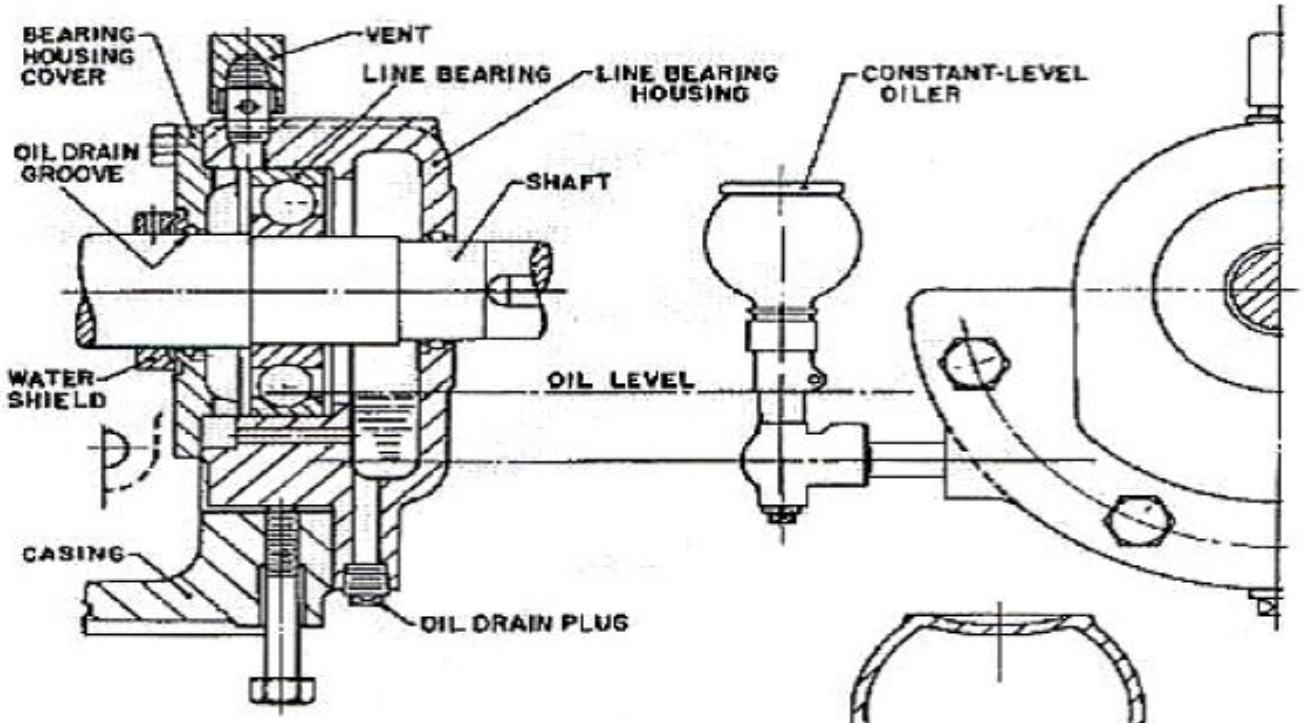
- و نظرا لاحتمالية فقد في القدره المنقوله من motor shaft إلى impeller وأيضا تآكل في العمود وكرسي التحميل ولتجنب كل هذا يتم عمل تزييت لأسباب:

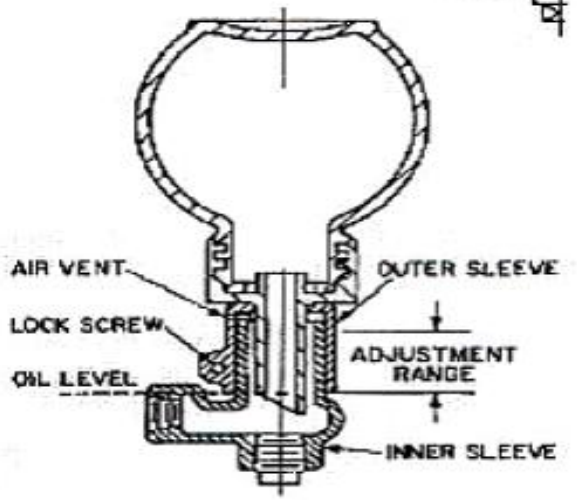
1. إمتصاص الحراره الناتجه من دوران العمود داخل كرسي المحور.
2. تقليل الإحتكاك وبالتالي تقليل القدره المفقوده.
3. تقليل الإجهادات الناتجه من الدوران والتي قد تؤدي لتلف المحرك.

Centrifugal pumps

وجه المقارنة	الكراسى عديمة الاحتكاك ANTI FRICTION BEARING	كراسى الغشاء الزيتى OIL FILM BEARING
التركيب	تتكون هذه الكراسى من حلقة خارجية وهى التى تثبت فى الغلاف و حلقة داخلية تركب وتدور مع عمود الدوران و عنصر الدوران إما أن يكون بلى أو اسطوانى (بلح)	تشبه هذه الكراسى لحد كبير الجلب غير أنها تمتلئ بطبقة رقيقة من الزيت ما بين الحلقة الدوارة المثبتة على العمود و الحلقة الثابتة المثبتة فى الغلاف ليعمل هذا الزيت على عدم احتكاك الحلقتين وتبريد الجلب

(b) Face-to-face





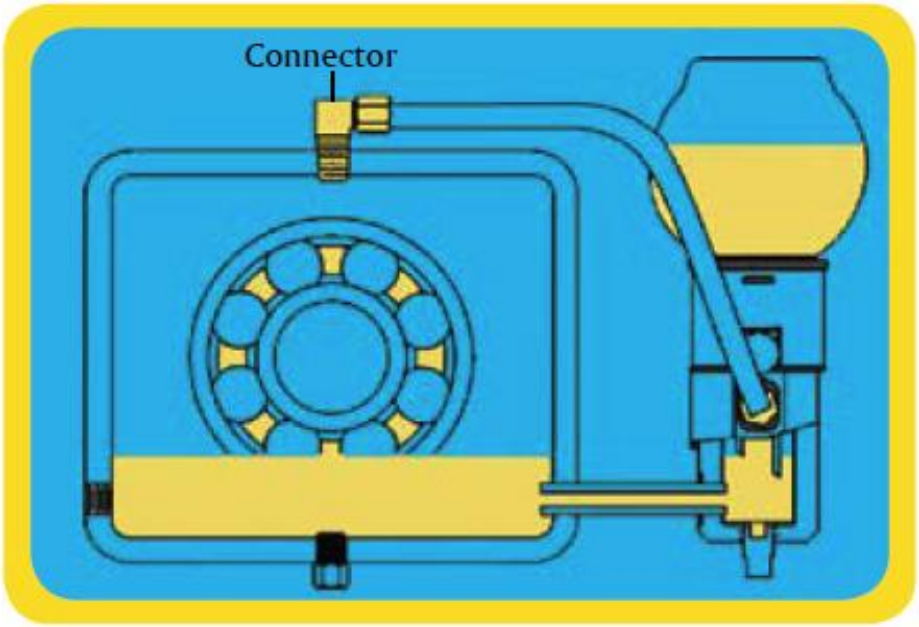


Figure 3 - Pressure-balanced constant level lubricator (graphic courtesy of TRICO Mfg)

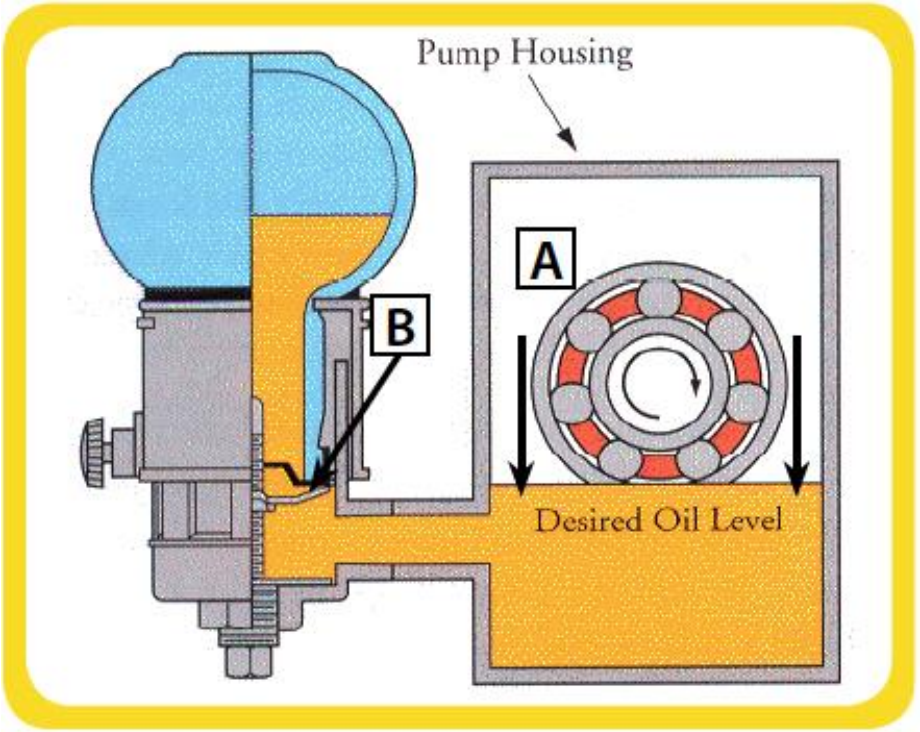
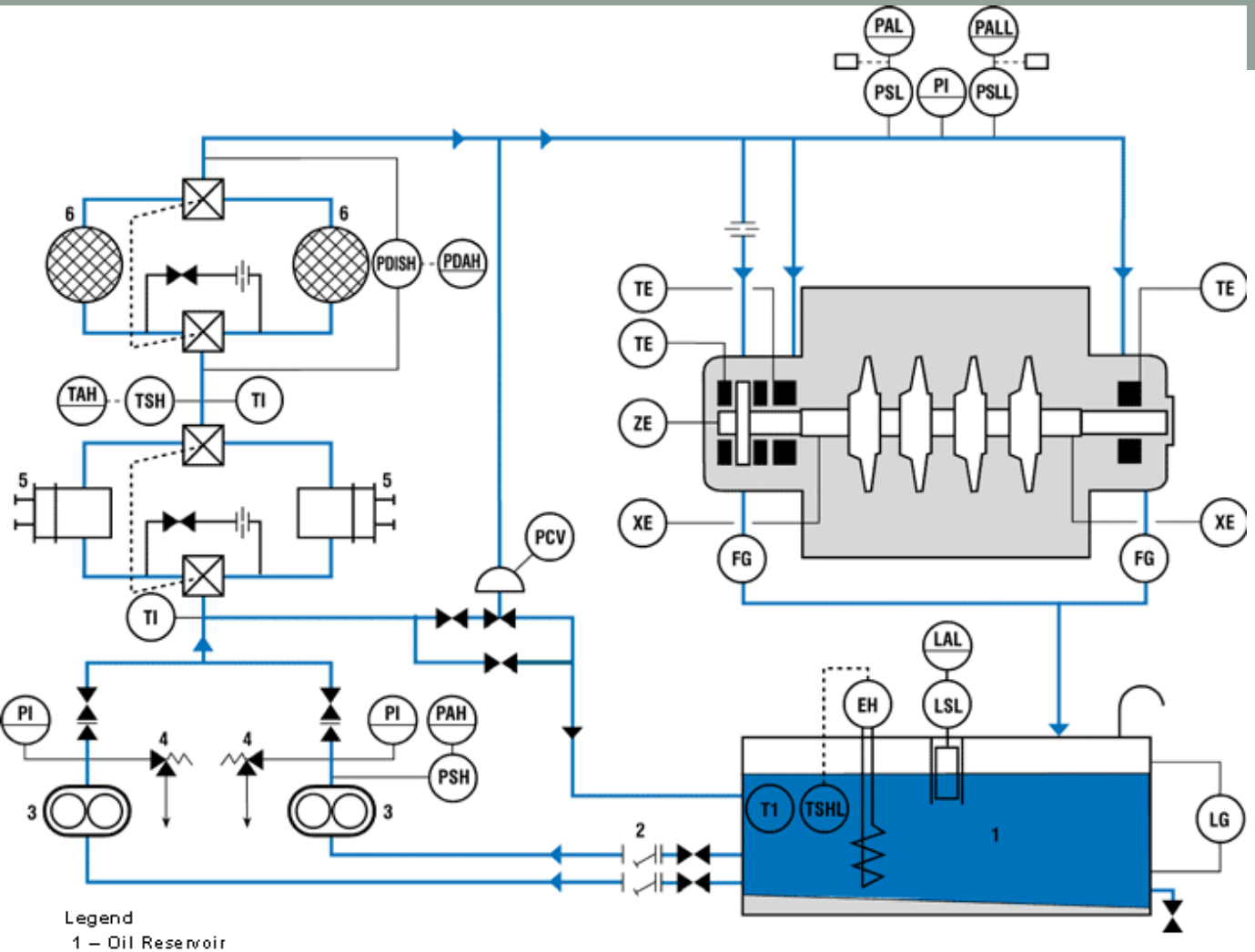


Figure 2 - Constant level (non-pressure-balanced) lubricator (graphic courtesy of TRICO Mfg)

- نظام زيت التزييت فى المضخات الكبيرة

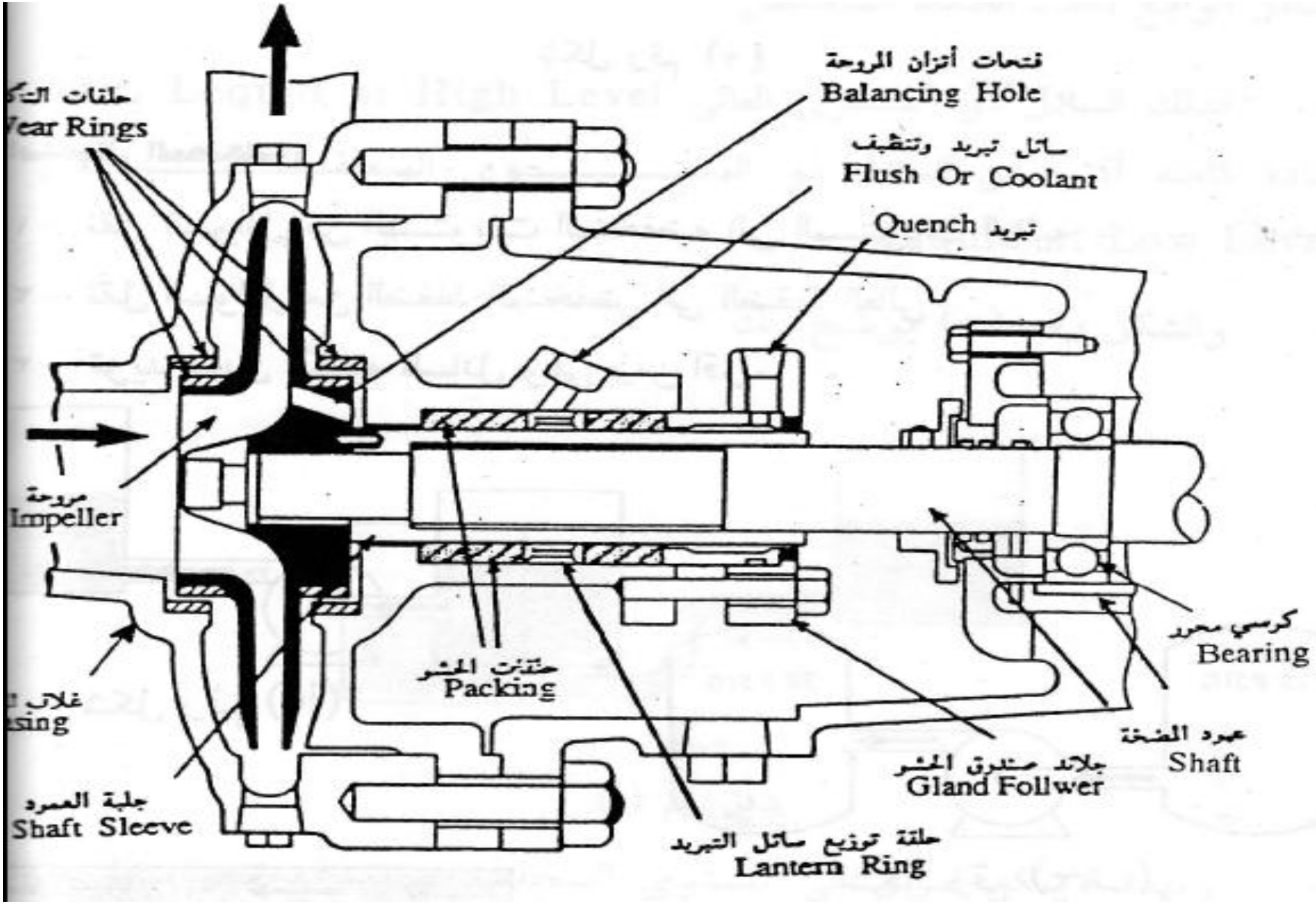


Legend

1 – Oil Reservoir
2 – Suction Strainer
3 – Oil Pump
4 – Relief Valve
5 – Oil Cooler
6 – Oil Filter
– Locally Mounted Instrument
– Panel Mounted Instrument
LG – Level Glass
LSL – Low Level Switch
LAL – Low Level Alarm
PI – Pressure Indicator
PCV – Pressure Control Valve
PSL – Low Pressure Switch
PAH – Low Pressure Alarm and Stand-by Pump Start-up
PSLL – Minimum Pressure Switch
PALL – Minimum Pressure Shut-down
PSH – High Pressure Switch
PAH – High Pressure Alarm
PDISH – High Diff. Pressure Indicator and Switch
PDAH – High Diff. Pressure Alarm
TI – Temperature Indicator
TE – Thermoelement
TAH – High Temperature Alarm
TSHL – High/low Temperature Switch
ZE – Axial Displacement Probe
XE – Radial Probe
FG – Flow Glass

.facebook.com/IamCheEng

كيف يتم تخفيف الاجهاد على الكراسى المحورية


فتحات أتزان المروحة
Balancing Hole
سائل تبريد وتنظيف
Flush Or Coolant
Quench تبريد
Impeller
Packing
Bearing
Shaft
Gland Follwer
Shaft Sleeve
Lantern Ring

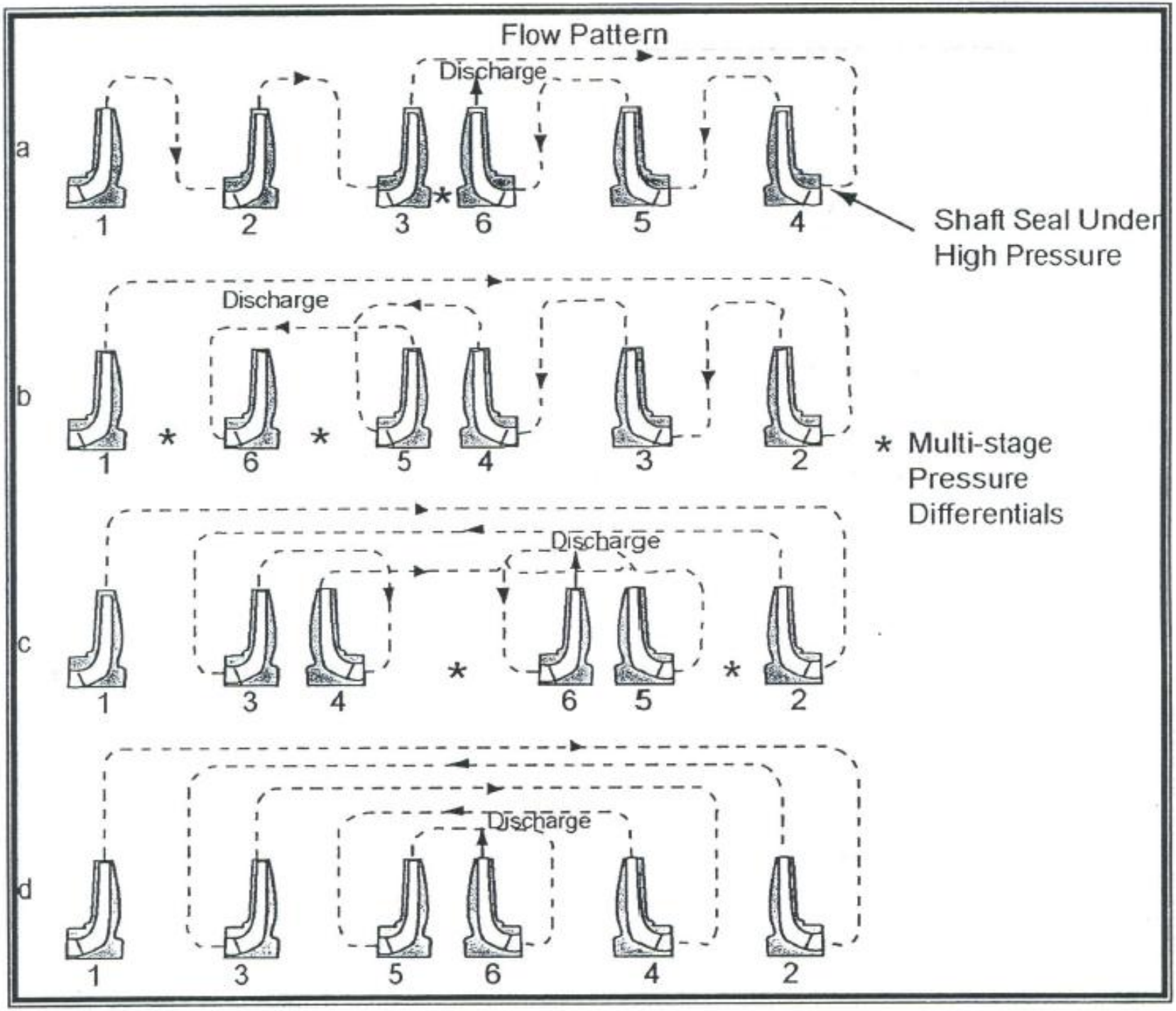
Centrifugal pumps

الدفع المحورى فى المضخات المتعددة المراحل

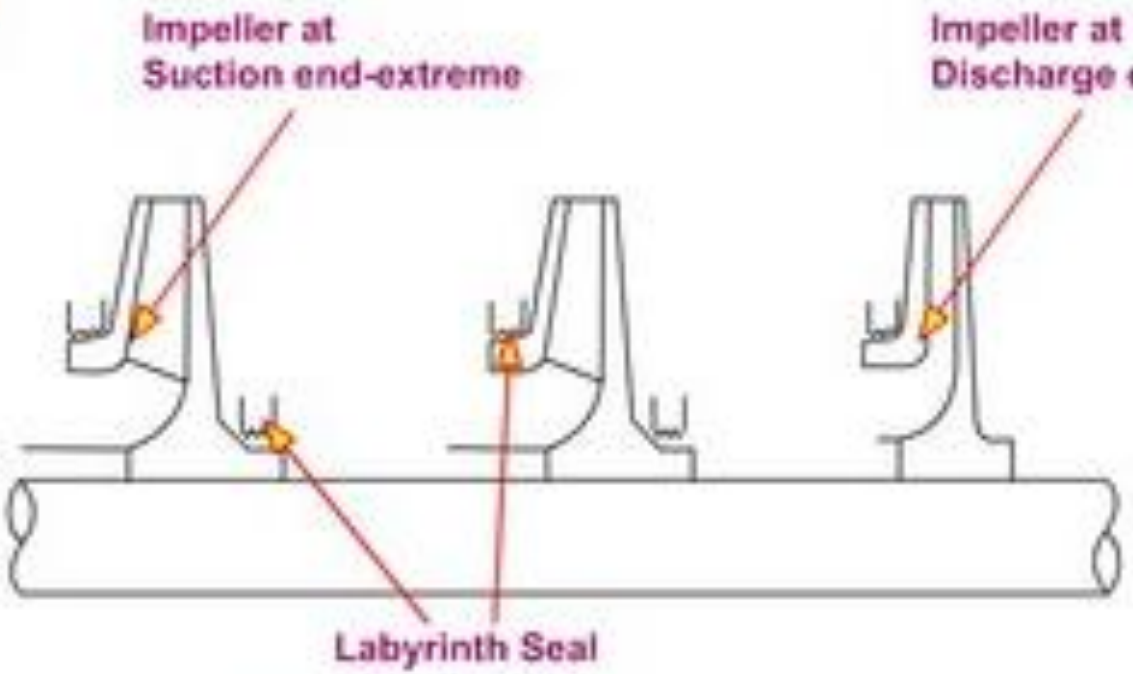
أ- يمكن للمضخات ذات العدد الزوجى للمراوح أن يكون نصف عدد المراوح ذو فتحة سحب فى اتجاه و النصف الآخر فى الاتجاه العكسى لمعادلة القوى المحورية و يسمى هذا الترتيب OPPOSED IMPELLER

ب- يمكن للمضخات ذات العدد الفردى تحقيق الاتزان للعدد الزوجى من المراوح و القوى المتولدة من المروحة الباقية يتم معالجتها بوسيلة بسيطة لرد الفعل المحورى الناتج عنها

ت- يمكن تركيب المراوح جميعاً باتجاه واحد لفتحة السحب ثم استعمال وسيلة واحدة لرد الفعل المحورى مثل طنبوره الاتزان BALANCING DRUM أو قرص الاتزان BALANCING DISC


Flow Pattern
a
Discharge
1
2
3
6
5
4
Shaft Seal Under High Pressure
b
Discharge
1
6
5
4
3
2
* Multi-stage Pressure Differentials
c
Discharge
1
3
4
6
5
2
d
Discharge
1
3
5
6
4
2

Thrust balancing



A multistage rotor arrangement

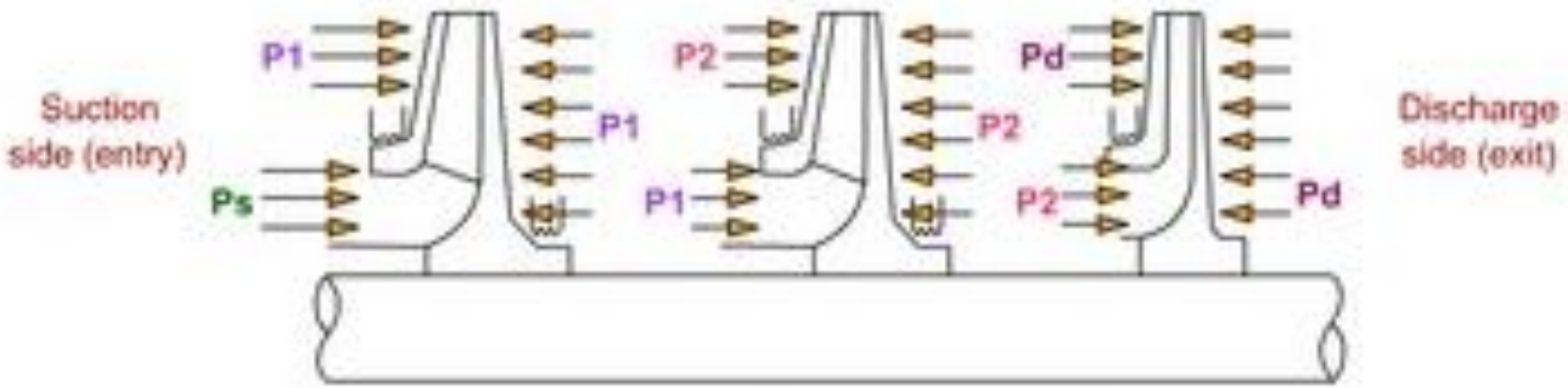
An important consideration in the operation of Centrifugal compressors is Thrust balancing.

Since the pressure on the Discharge side is greater than the pressure on the Suction side an axial force or thrust acts towards the Suction side.

In small low pressure compressors this axial force can be countered with thrust bearings.

Let us observe the forces acting on the multistage rotor arrangement shown.

Thrust balancing

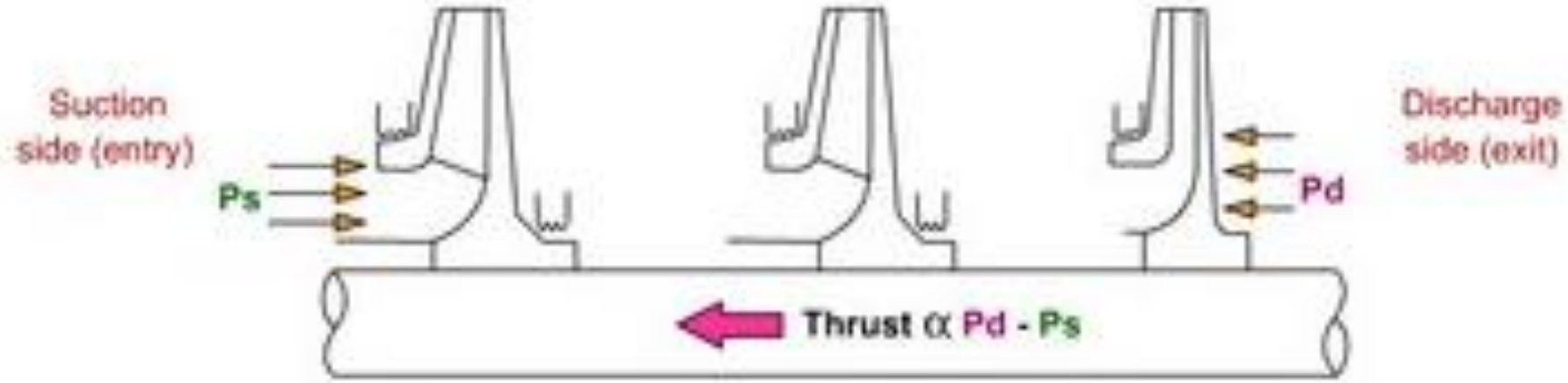


Forces acting on a multistage rotor arrangement

We shall sequentially look into the dominant forces acting on either side of the impellers.

- The gas enters the First impeller at the Suction pressure 'Ps'.
- It is compressed to an intermediate pressure of 'P1', which acts on the upper front and back side of the first impeller.
- At this pressure 'P1', the gas enters the second impeller. As described before the gas is compressed to a pressure 'P2', and enters the last impeller at this pressure.
- The gas is finally compressed to the Discharge pressure 'Pd'.

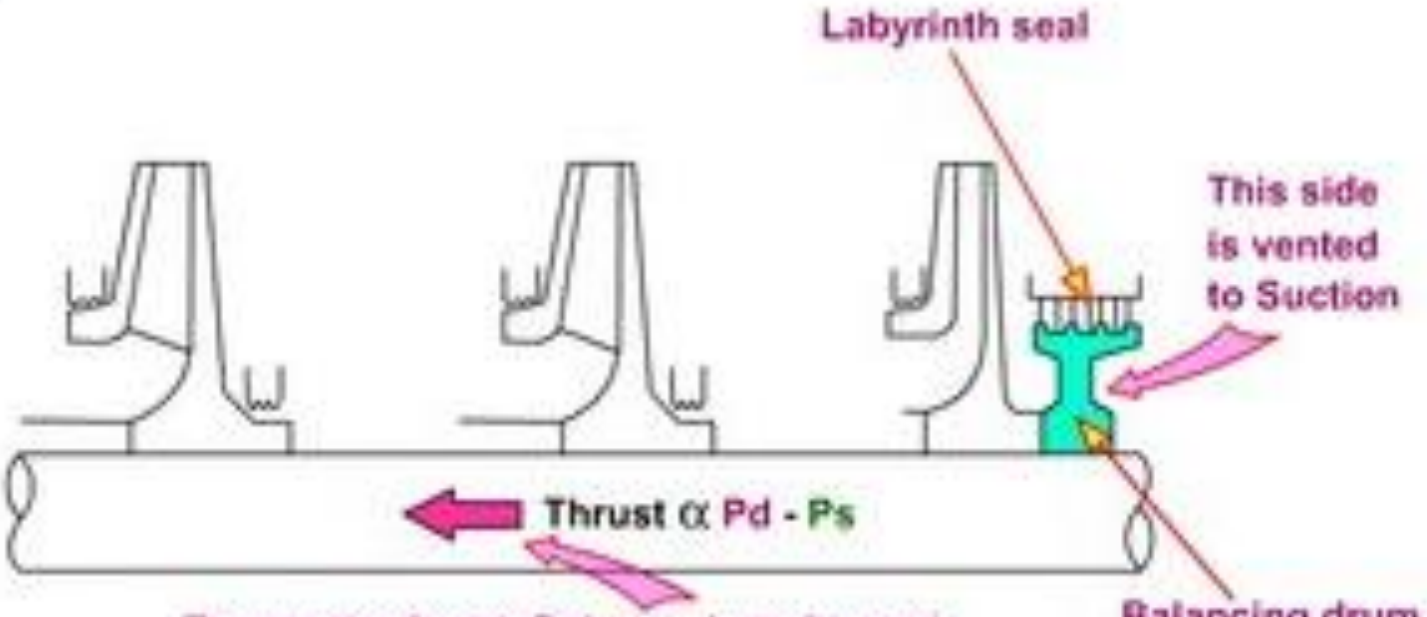
Thrust balancing



Forces acting on a multistage rotor arrangement

It can be seen that many forces approximately cancel each other. Thus the resultant of the various rotor axial forces is essentially proportional to 'Pd-Ps', which acts from the Discharge end towards the Suction end.

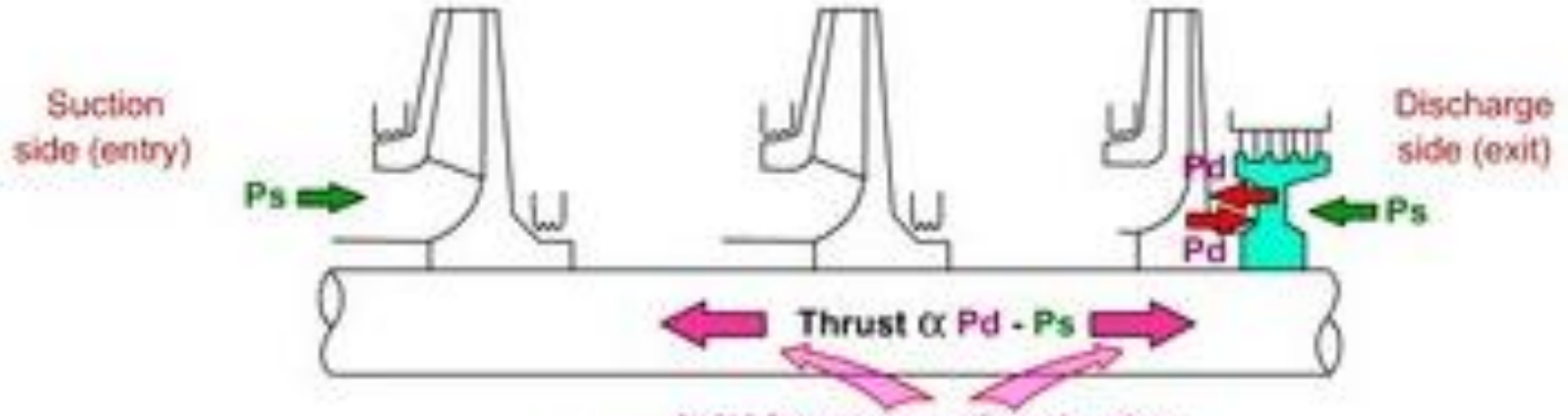
Thrust balancing



To counter the axial force (thrust) a Balancing drum/piston is used at the Discharge end of the compressor.

The side of the Balance drum towards the Discharge end is vented to the Suction through a Balance line.

Thrust balancing



Balance Drum arrangement

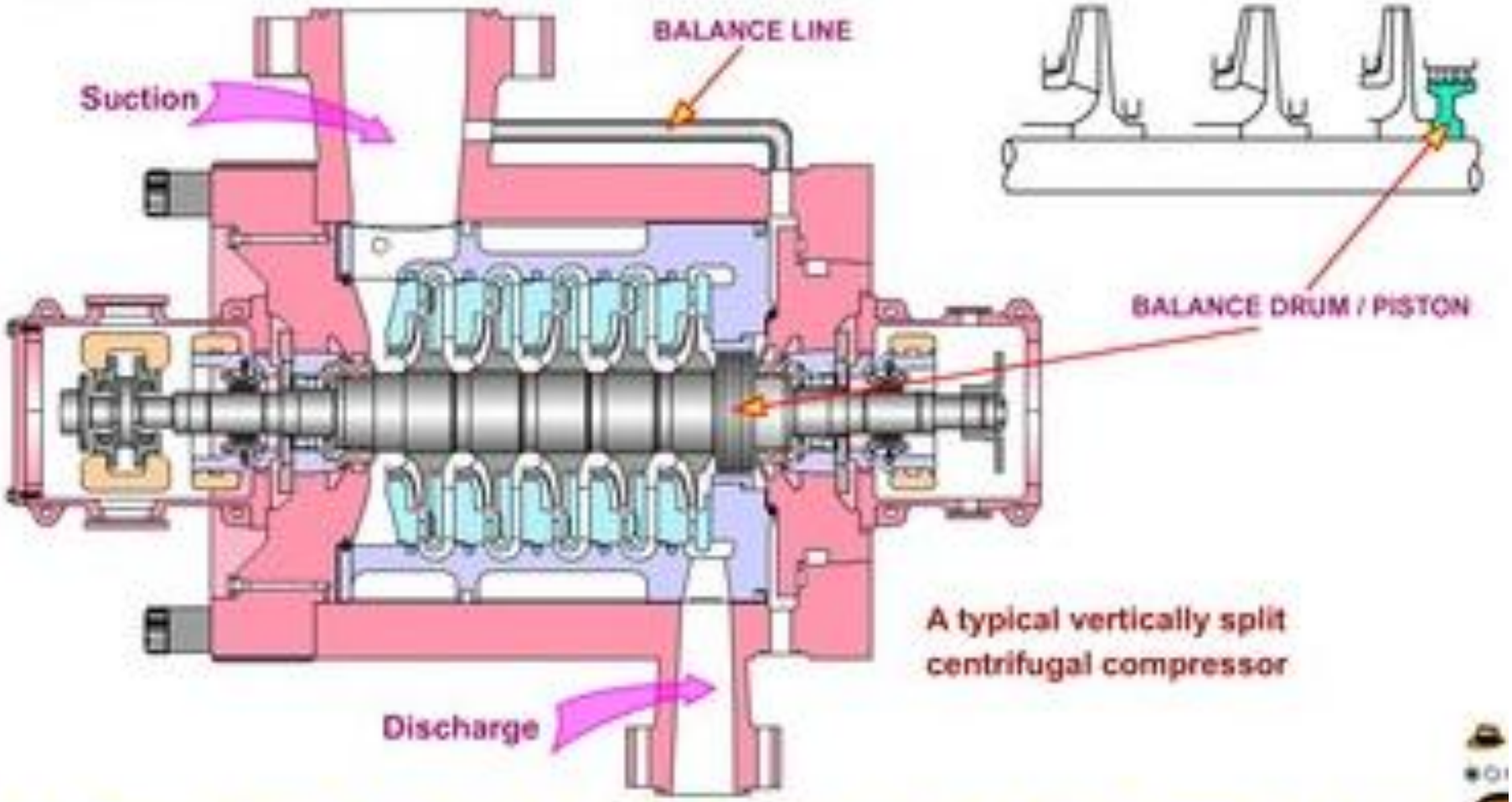
The area of the balance piston is designed so as to effectively counter the Thrust towards the Suction side taking into all considerations like actual geometry, dimensions, etc.

As seen in depiction :

- The Discharge pressure 'Pd', acts on the Balance Piston towards the Discharge end.
- The Suction pressure 'Ps', acts on the Balance Piston towards the Suction end.

Thus the rotor axial forces and the Balance Piston forces acts in opposite direction and Balance each other. Any remaining axial force can be handled by thrust bearings.

Thrust balancing



A typical vertically split centrifugal compressor

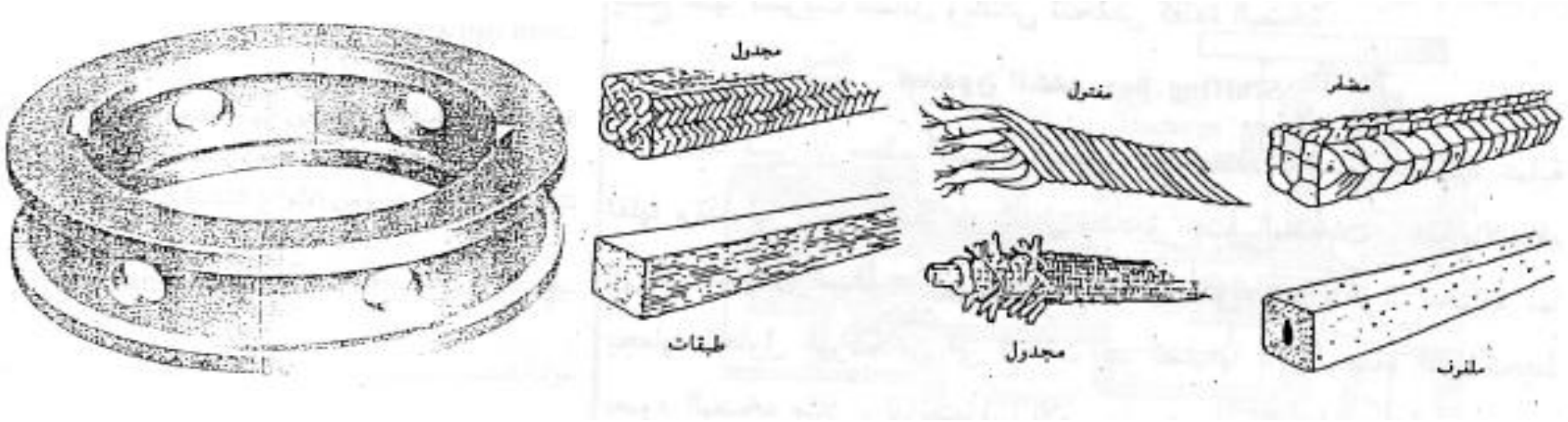
The 'Balance drum' and 'Balance line' from the Suction, is seen in the schematic of a typical multistage centrifugal compressor.

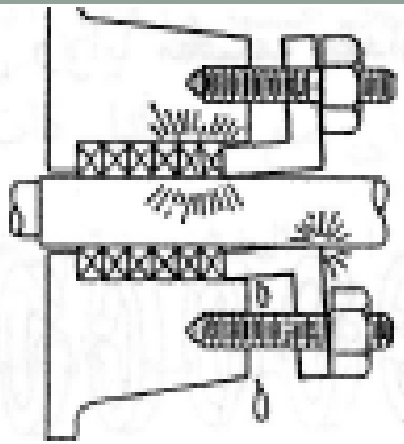
Centrifugal pumps

- **Dynamic seal** يضمن عدم تسريب السائل من داخل الطلمبة لخارجها او العكس من خلال الخلوص بين shaft & casing.
- الأكثر شيوعا هو Gland packing الذي يستخدم في حالة الضغوط القليلة أما إذا كان ضغط Pump كبير فإننا نستخدم نوع آخر يسمى Mechanical seal.
- **Stuffing box أو صندوق الحشو** عباره عن جسم به تجويف اسطواني بقطر أكبر من قطر shaft يحيط به وتملأ مادة الحشو packing الفراغ بينهما ثم تكبس بواسطة جلبة اسطوانية مقلوظة packing gland تركب من إحدى نهايته وتربط gland بطريقة مبدئية تسمح بتسرب بعض السائل ثم تشغل المضخة و يعاد ربط gland packing تدريجيا ويسمح بتسريب بسيط (40-60) نقطه/دقيقه.
- يتم وضع حلقة إحكام lantern ring وسط الحشو وتستخدم لتبريد وتزييت حلقات الحشو والتي تقسم مادة الحشو إلى قسمين متساويين تقريبا وهي عباره عن حلقه بها فتحات تقوم بتوزيع sealing liquid حول حلقات الحشو لتبريده.

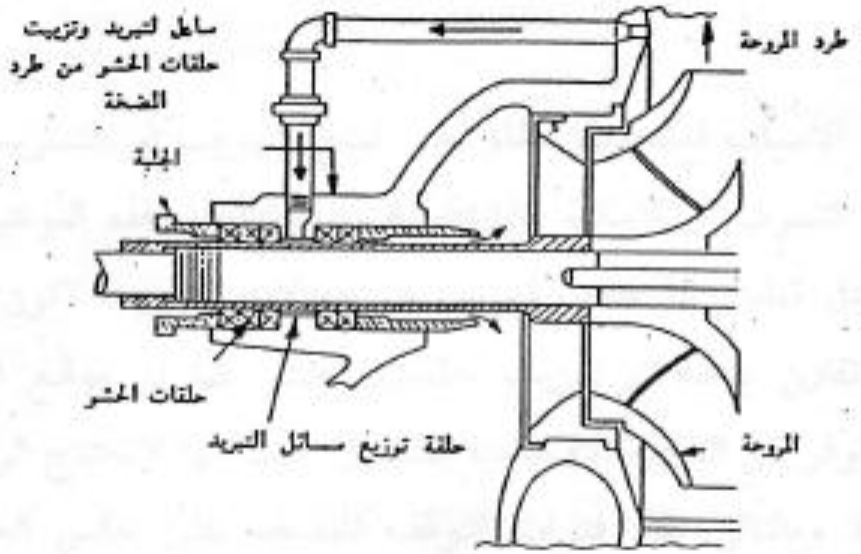
Centrifugal pumps

- والحشو عامة عباره عن حبل مربع المقطع من مواد كثيره و مختلفه مثل القطن والاسبستوس ويمكن أن يضاف لها التيفلون والجرافيت لتتحمل الحراره العاليه وممكن أن تتجمع بشكل مجدول أو ملفوف أو طبقات.
- ويتم تركيب الحشو على جلبة العمود لا على العمود مباشرة لحمايته من التآكل





وضع خاطىء لرباط جلاند صندوق الحشو



مواد تصنيع حلقات الحشو PACKING MATERIALS

١- حشو الاسبستوس ASBESTOS PACKING

الاسبستوس المشبع بالجرافيت و الشحم و الزيت الخام مادة ممتازة لتصنيع الحشو خاصة للماء البارد و الساخن حتى ٢٣٢ درجة مئوية.

٢- الحشو الخالى من الاسبستوس NON ASBESTOS PACKING

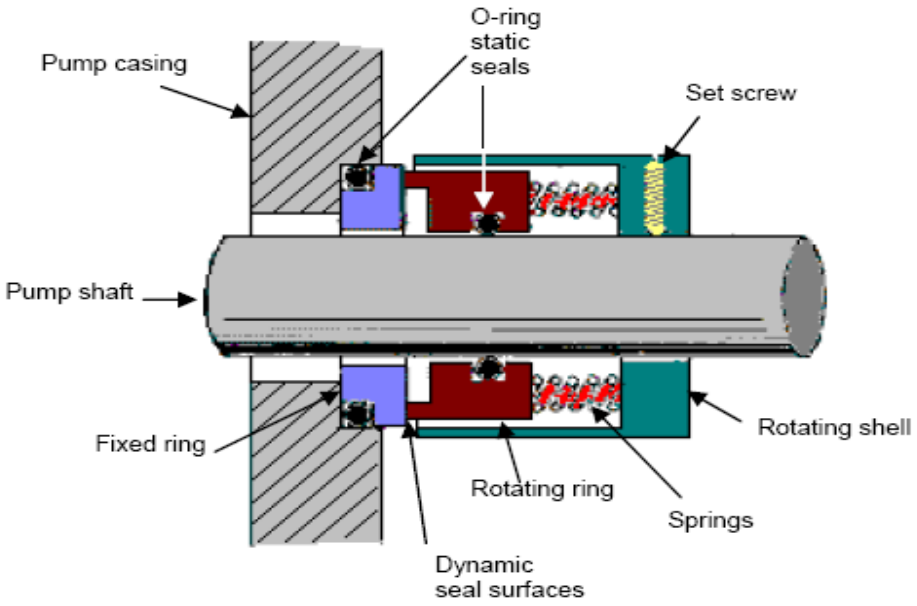
بعد أن ثبت أن الاسبستوس مادة مسببة للسرطان فقد ذهب المنتجون لحلقات الحشو إلى القطن و خيوط الجرافويل و الغزل الجرافيتى.

٣- الحشو المعدنى METALIC PACKING

المواد الأساسية المستخدمة فى هذا النوع هى الرصاص الألمونيوم و النحاس الأحمر .

Centrifugal pumps

- Mechanical seal لها عمر إفتراضي كبير ويكون التسريب من خلالها منعدم ويمكن وضعها مباشرة على العمود دون الحاجه للجلب shaft sleeve كما أنه لا تحتاج صيانه مثل الحشو.



حلقات الحشو BACKING

المميزات	العيوب
١- تكلفته المبدئية رخيصة الثمن	١- التسريب الناتج عالى نسبيا
٢- سهولة التركيب	٢- يحتاج لصيانة باستمرار
٣- مناسب للضغوط و السرعات المتوسطة	٣- معدل التآكل الناتج فى جلبة العمود عالى
٤- لا يتأثر بقوى الدفع المحورية	٤- القدرة المفقودة نتيجة الاحتكاك بين حلقات الحشو و جلبة العمود عالية
٥- زيادة معدل التسريب كإنذار للتغيير	

مانع التسرب الميكانيكى MECHANICAL SEAL

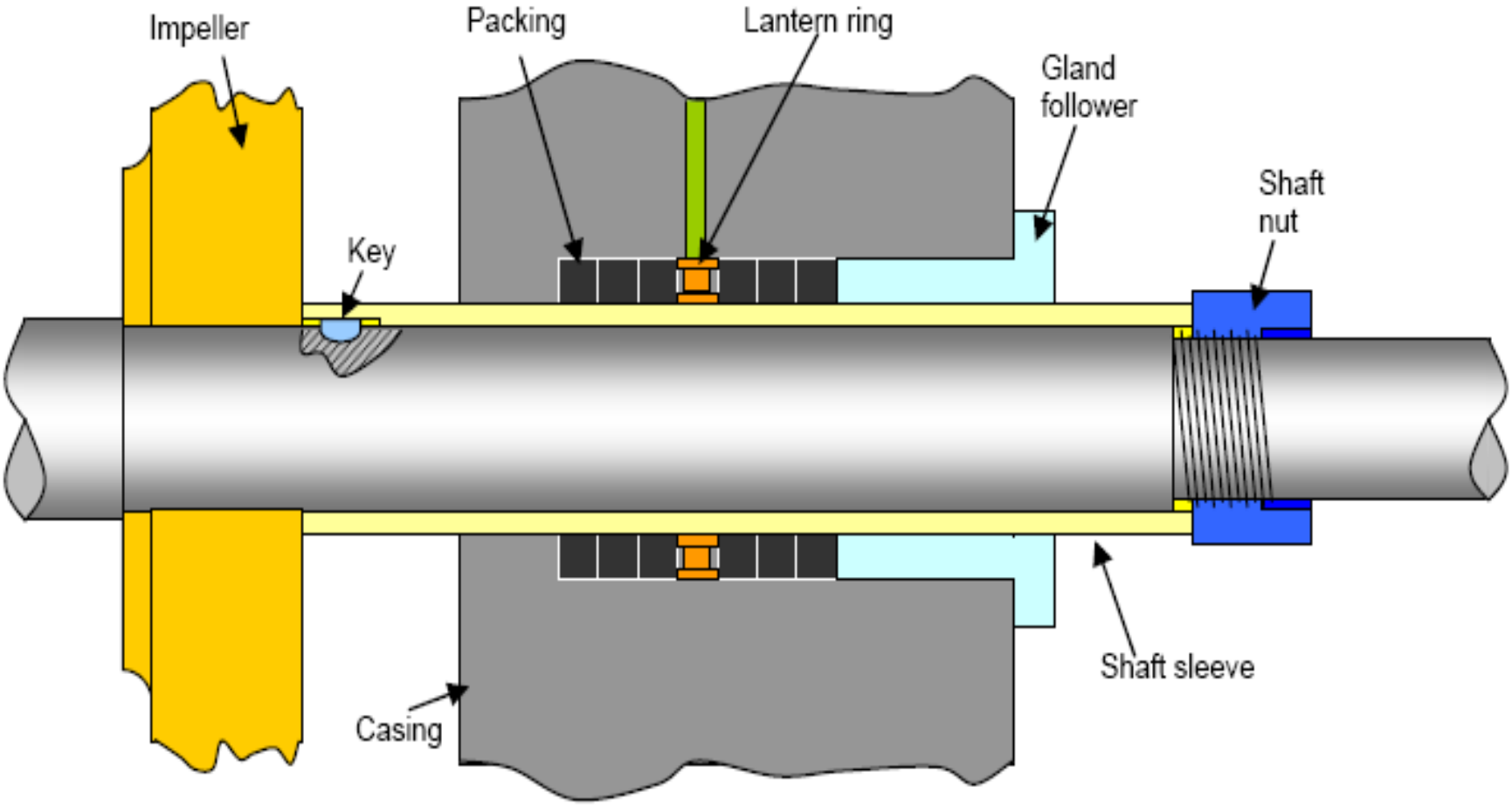
المميزات	العيوب
١- لا يسبب تسريب أو تسريب ضعيف جدا	١- تكلفته المبدئية غالية الثمن
٢- لا يحتاج للصيانة	٢- التركيب يحتاج إلى تقنية عالية للحاجة إلى فك أجزاء أخرى فى المضخة
٣- معدل التآكل الناتج فى جلبة العمود منخفض	
٤- مناسب للضغوط و السرعات العالية	
٥- مناسب للسوائل الخطرة و السامة و القابلة للاشتعال	
٦- القدرة المفقودة نتيجة الاحتكاك بين حلقات الحشو و جلبة العمود قليلة للغاية	

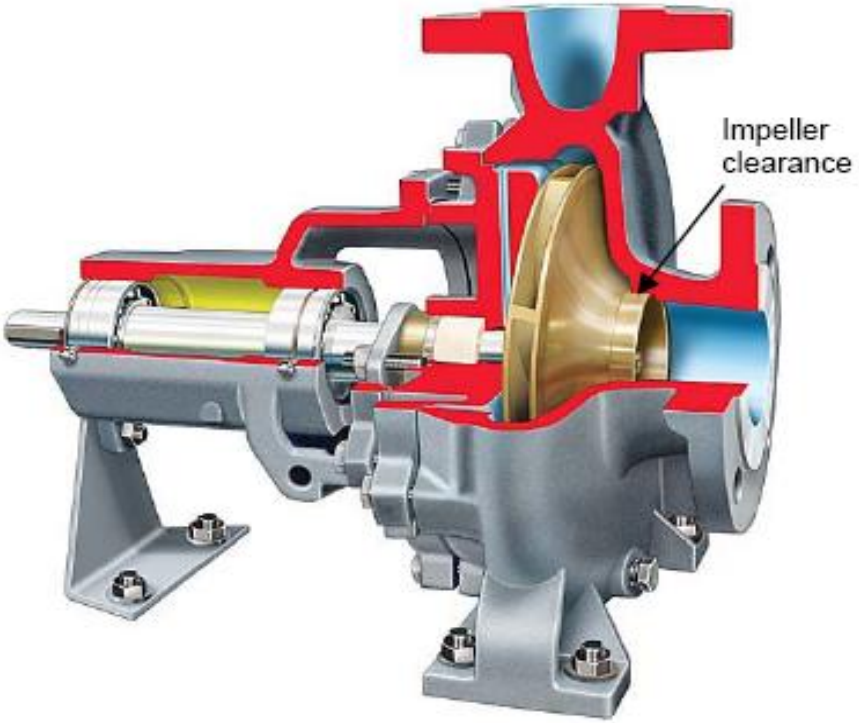
ماذا يحدث فى حالة تشغيل المضخة فارغة

Centrifugal pumps

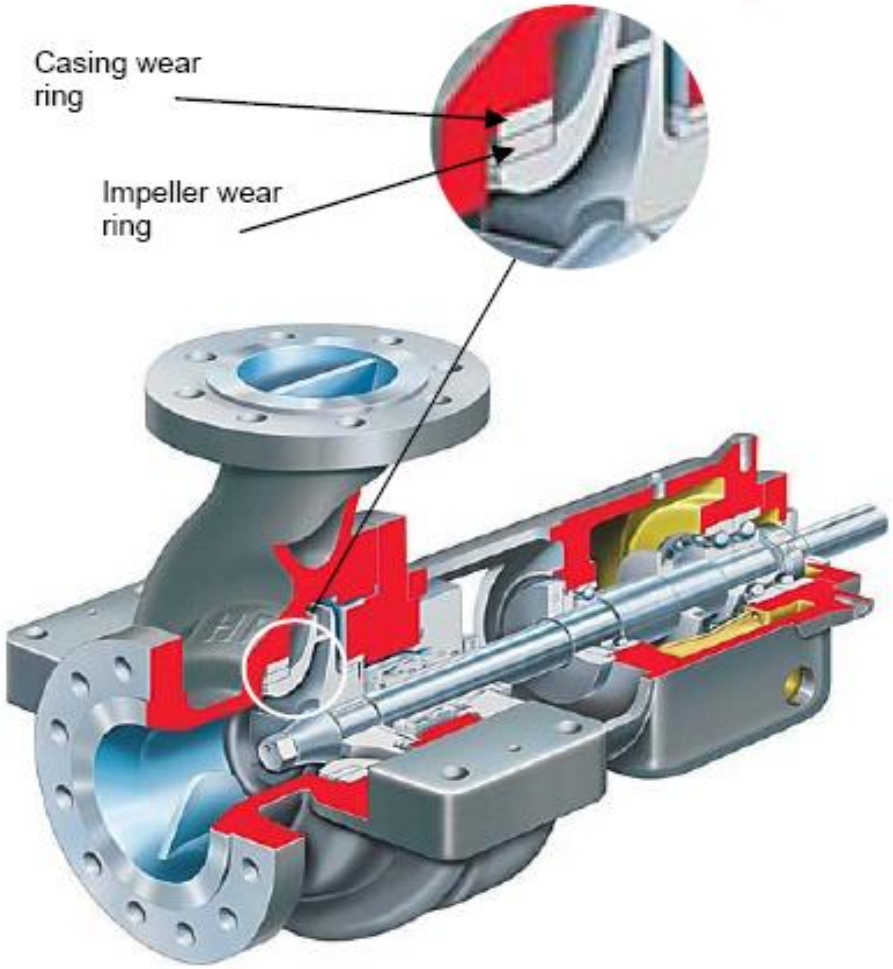
- **Pump shaft** وظيفته نقل الحركه من المحرك إلى المروحه ويركب عليه المجموعه الدواره من المروحه و كراسي المحور ويتم صناعته من الصلب السبائكي أو الصلب الذي لا يصدأ.
- **Shaft sleeve (جلبة العمود)** يستخدم لحماية Shaft من التآكل بسبب Sealing liquid حيث أنه من مادة اقل تكلفه من Shaft لذلك إذا تعرض للتآكل يتم تغييره بسهوله وغالبا يثبت عليه الحشو أو موانع التسريب الميكانيكيه.
- **Wear rings (حلقات التآكل)** يتم تركيبها فى الخلوص Clearance بين Impeller و Casing حيث انه إذا لم يوجد هذا الخلوص يسبب ذلك إحتكاك شديد بين المعدنين ويسبب تآكل لكن هذا Clearance المطلوب وجوده ممكن أن يتسبب في تسرب جزء صغير جدا من الطرد للسحب وهذا التسريب مع الوقت يصبح ساكنا و يسبب تآكل نتيجة وجود مواد صلبه أو لطبيعته و يكون معدنين soft او labyrinth wear ring و ايضا يتم استبدالهما عند تأكلهما.

Centrifugal pumps

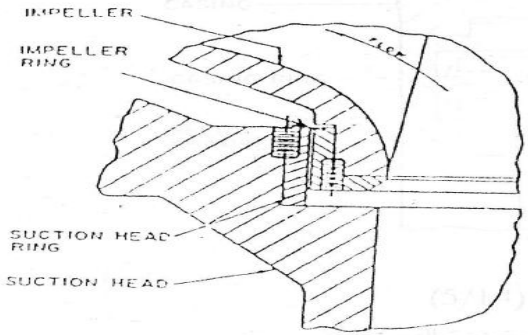


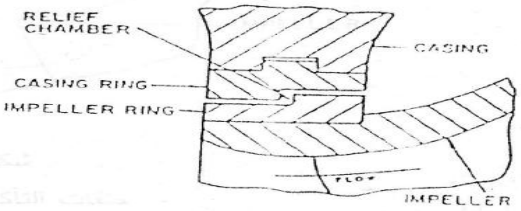


(a) Impeller and Casing with no Wear Rings



(b) Wear Rings on Impeller and Casing

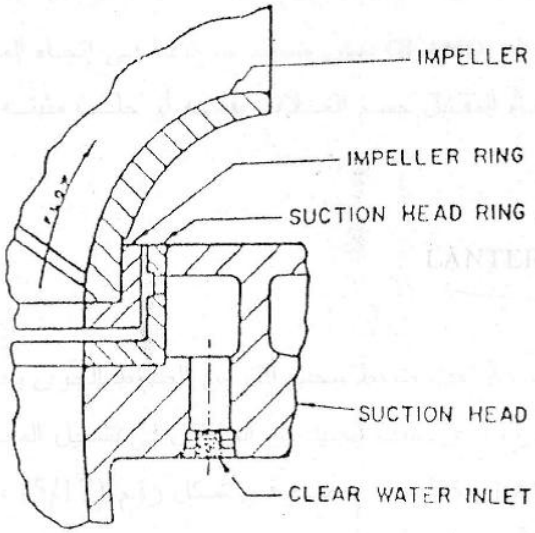




شكل (5/12)

حلقات التآكل المزدوجة

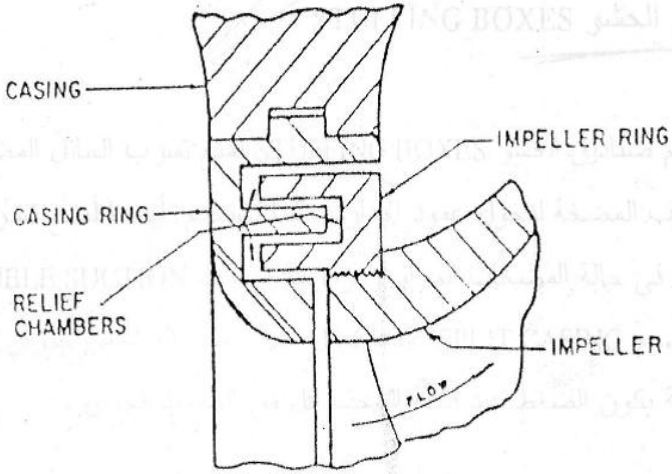
DOUBLE RINGS



شكل (5/15)

حلقات التآكل القابلة للغسيل

WATER FLUSHED



شكل (5/14)

حلقات التآكل متعددة المسارات

LABYRINTH TYPE

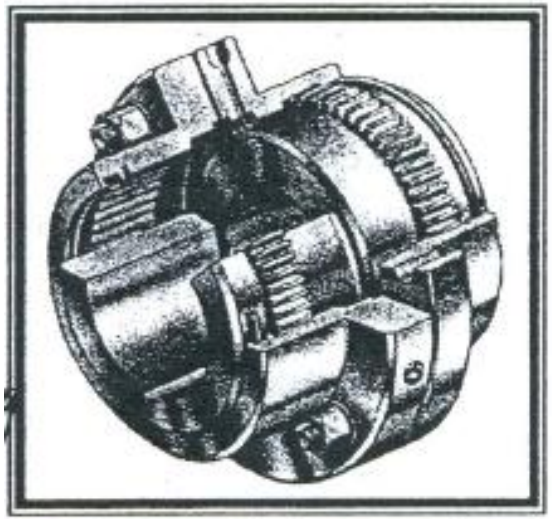
Centrifugal pumps

Coupling يستخدم في نقل عزم الموتور إلى الطلمبه حيث أنه يوصل ين Motor shaft و Pump shaft و يمكن تقسيمه إلى مجموعتين:

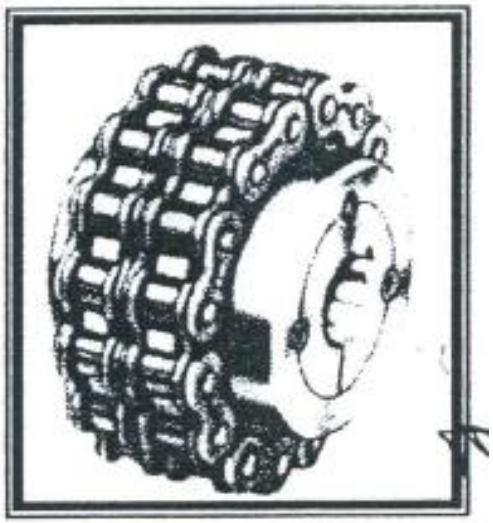
1. Rigid coupling يستخدم في حالة إذا لم يكن هناك إحتمالية حدوث misalignment
2. Flexible coupling الأكثر إستخداما حيث أنه يتعامل مع misalignment أو اخطاء الصيانه والتركيب.ويتم تقسيم Flexible coupling إلى مجموعتين.

- Elastomeric couplings مثل Rubber أو أي ماده Elastomeric.
- Non-elastomeric couplings هذا النوع يستخدم Metallic material.

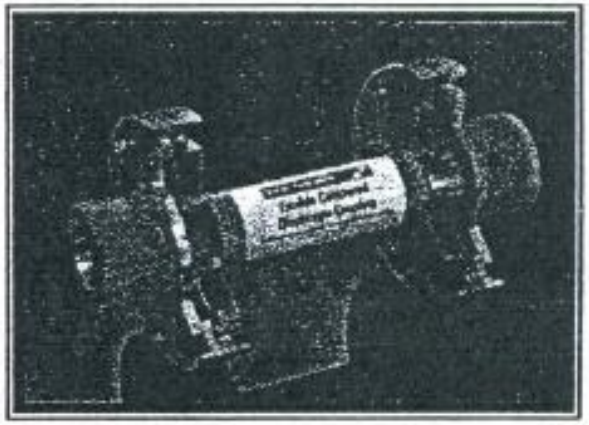
هو إما يكون Lubricated مثلGear coupling.أو non-lubricated مثل Diaphragm coupling.



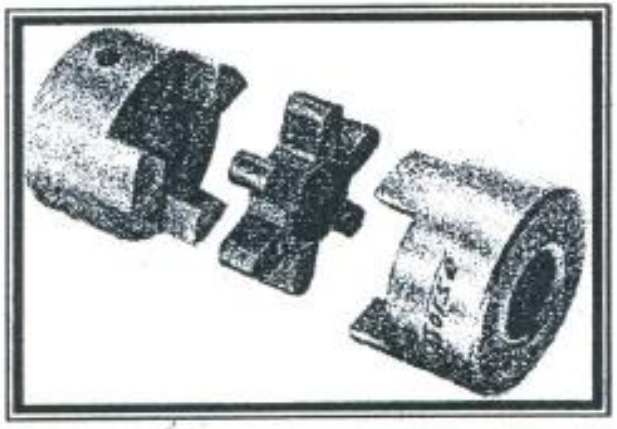
الكوبلنج الترسى



الكوبلنج الجنزيرى



الكوبلنج الديفرام



الكوبلنج ذو العضو المطاط

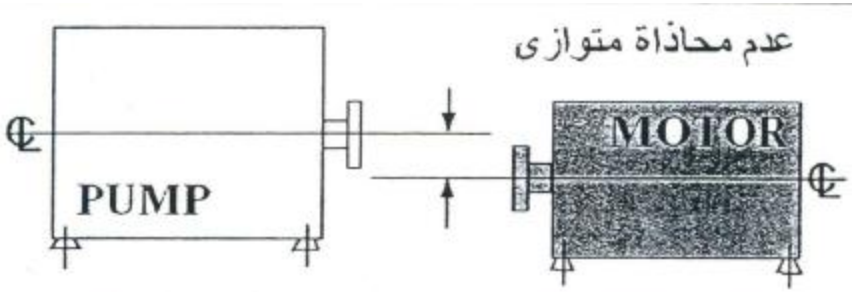
Centrifugal pumps

والحالات التى تكون فيها المضخة غير مضبوطة محورياً تسمى (عدم محاذاة) ولها ثلاث أنواع

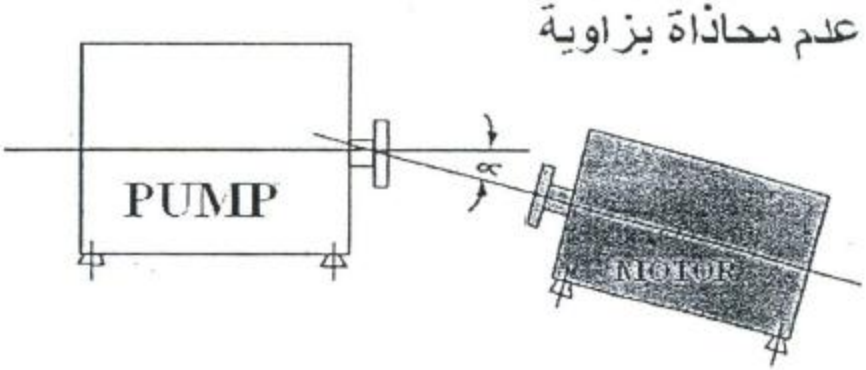
١- عدم محاذاة متوازى

٢- عدم محاذاة بزاوية

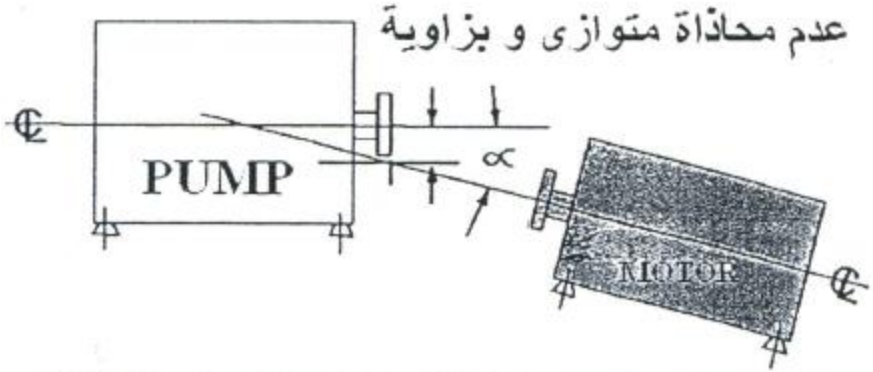
٣- عدم محاذاة متوازى بزاوية



PARALLEL MISSALIGNMENT

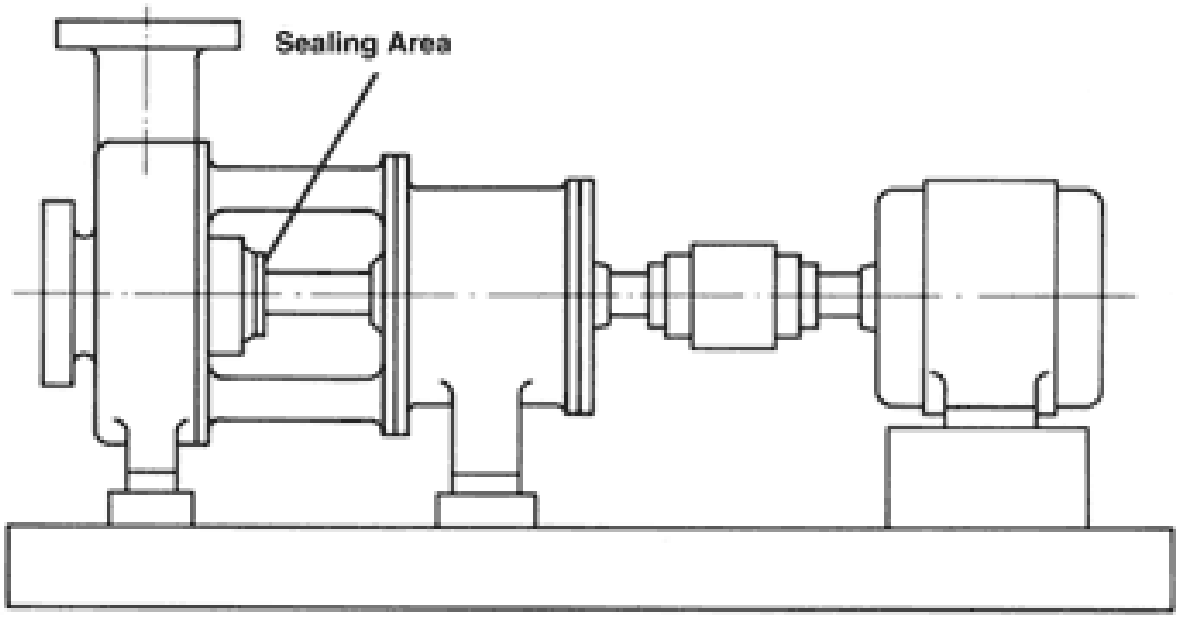


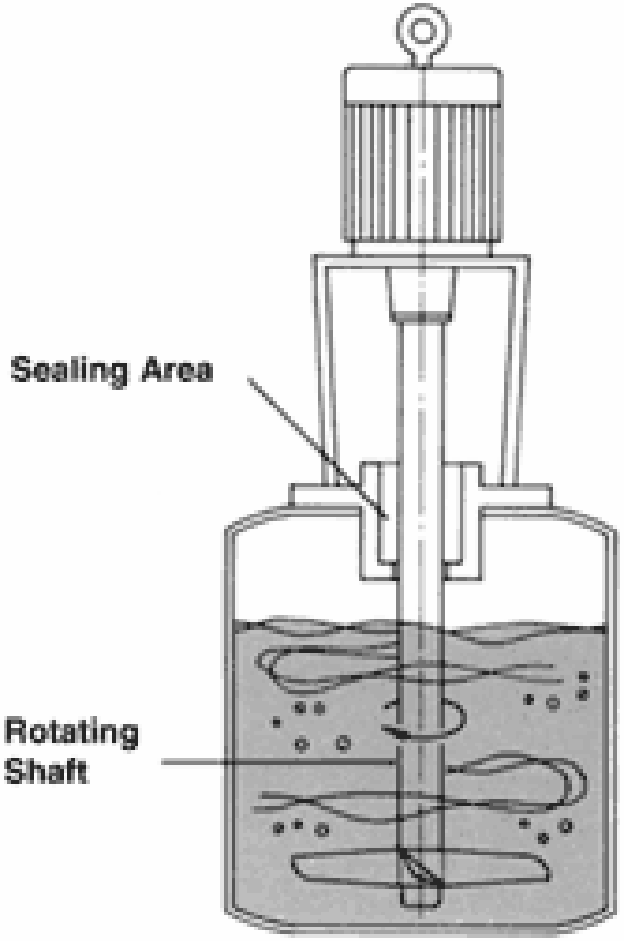
ANGULAR MISSALIGNMENT



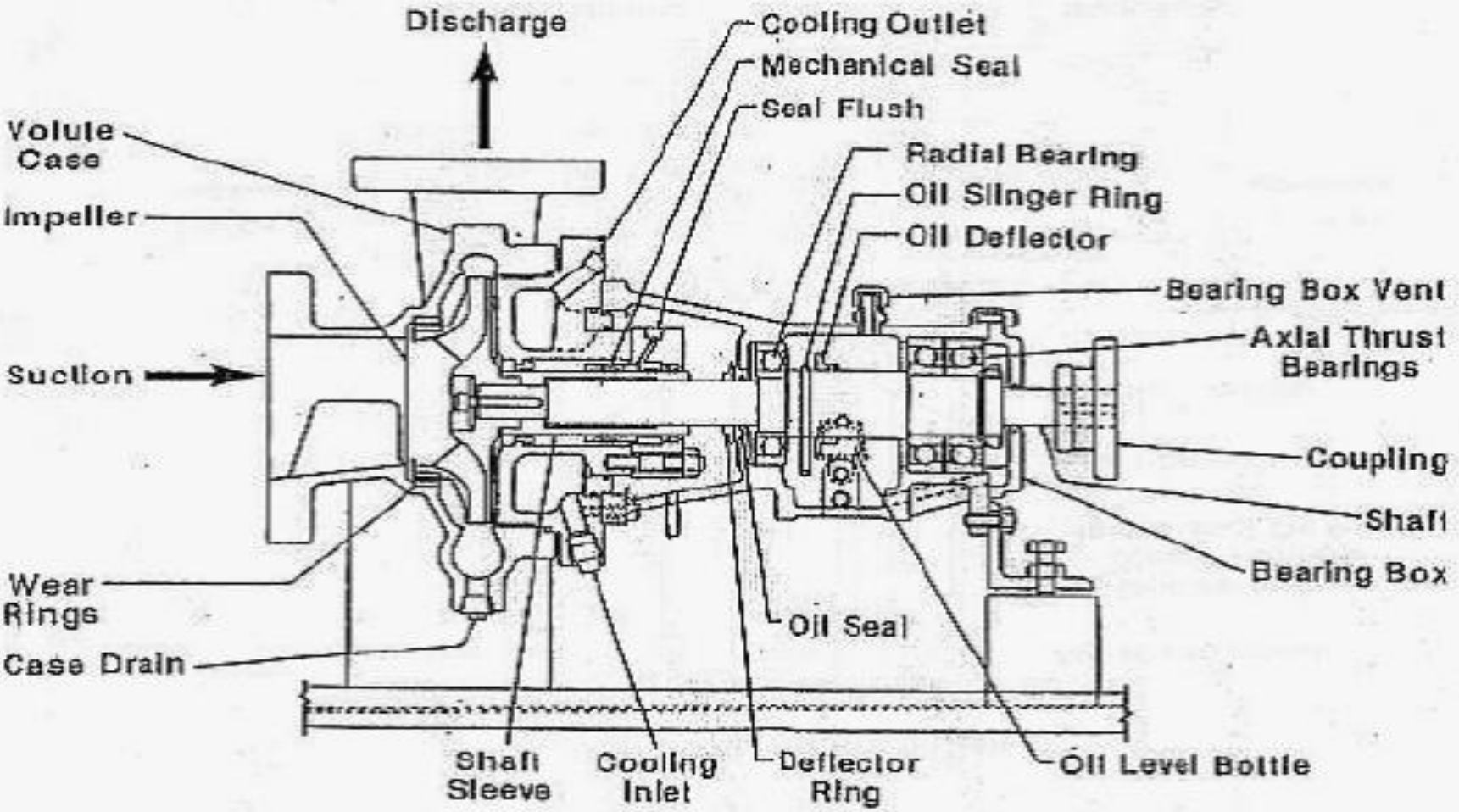
ANGULAR AND PARALLEL MISSALIGNMENT

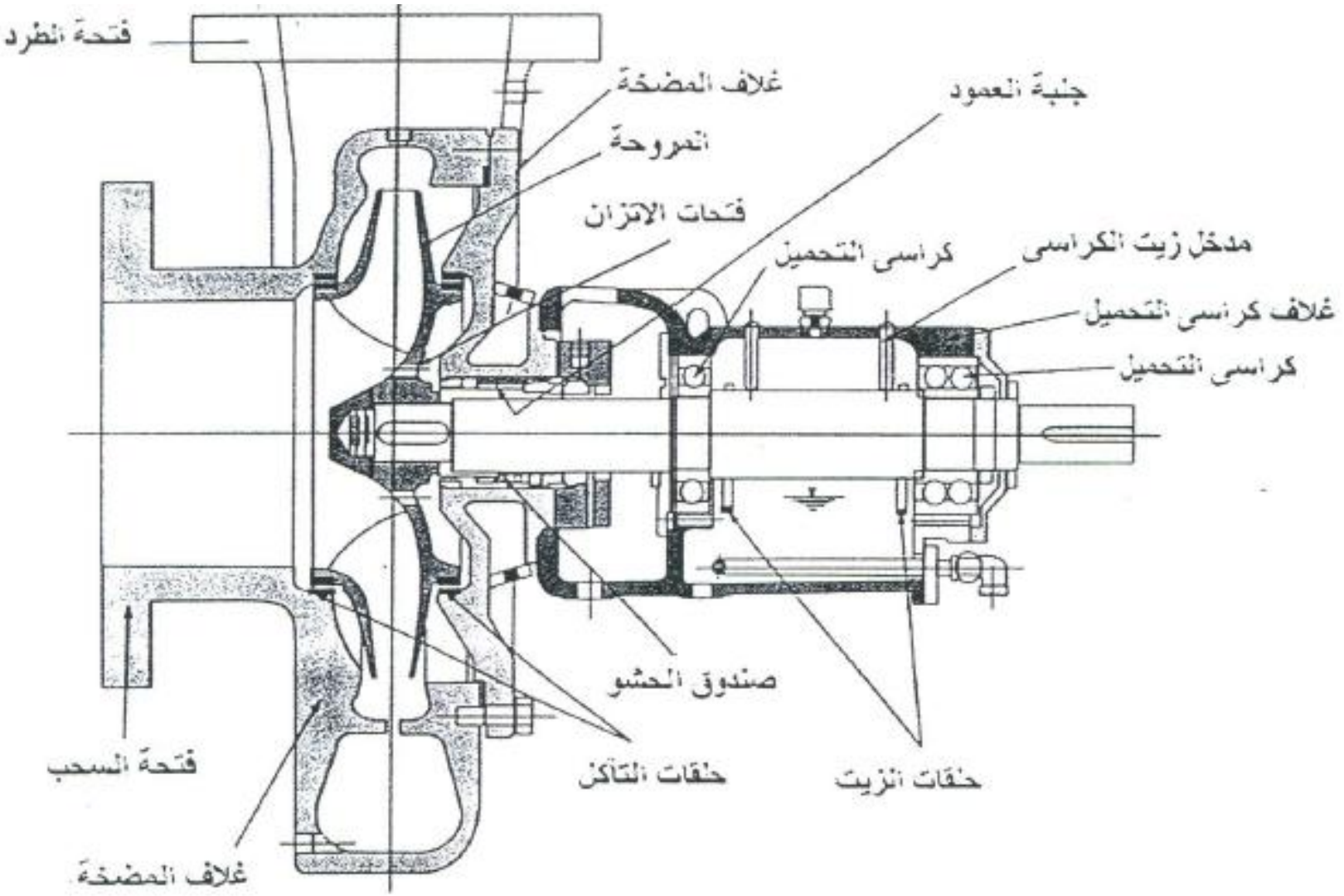
Centrifugal pumps





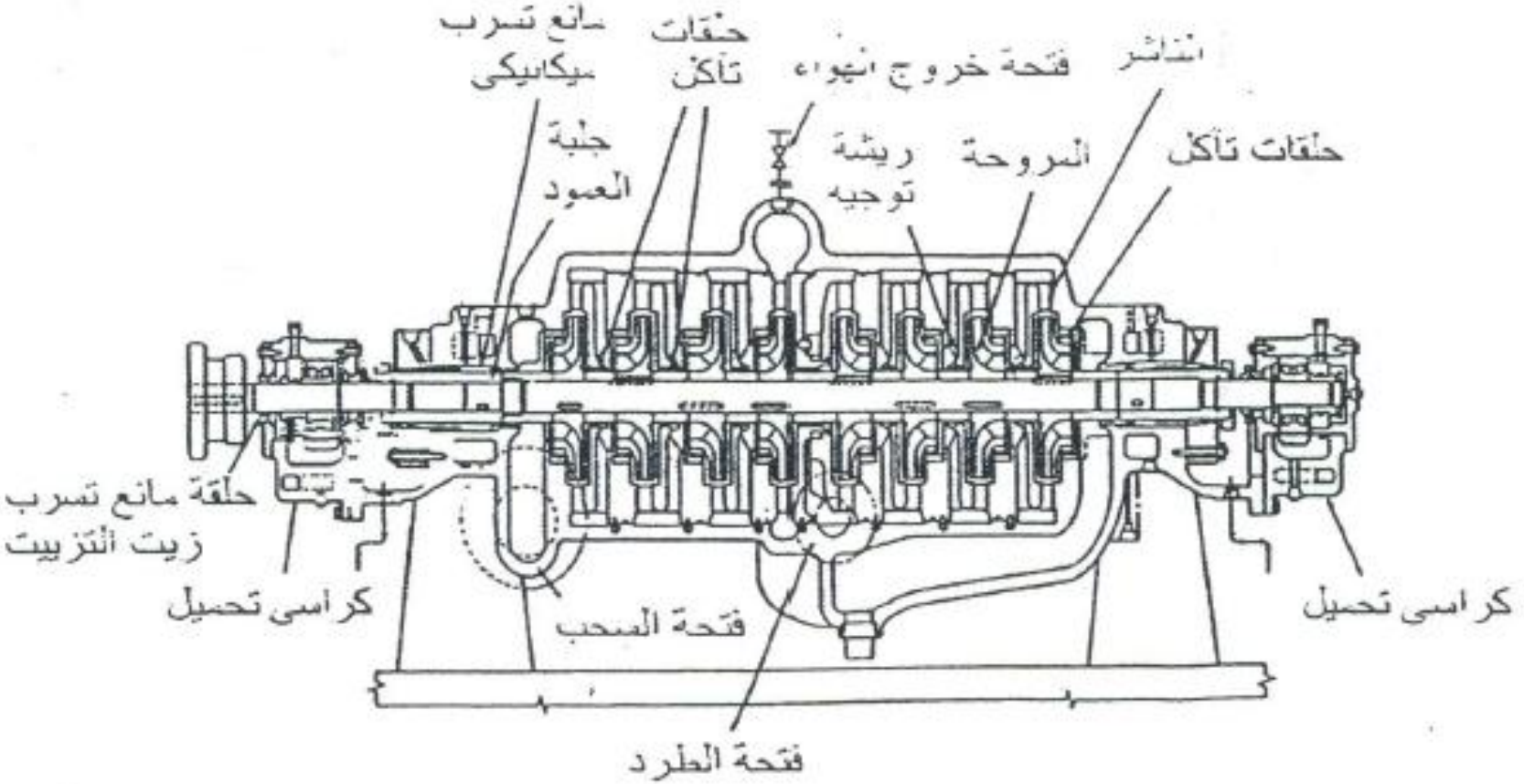
SINGLE STAGE CENTRIFUGAL PUMP





مضخة طاردة مركزية ذات مرحلة واحدة

ONE STAGE CENTRIFUGAL PUMP



MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMP مضخة طاردة مركزية متعددة المراحل

Thank You For Your Time ☺

Connecting chemical engineers

Like our main page www.facebook.com/IamCheEng

Egyptian page www.facebook.com/Egy.ICE