سلسلة أعمال مكافحة الحريق

الجزء التاسع والستون

Centrifugal Pumps 69

المضخات الطاردة المركزية

ترجمة وجمع وترتيب

م/ رياض فاضل النجار

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله, أما بعد :

فهذا كتاب من سلسلة كتب أنرمعت العمل عليها في الفترة القادمة والتي تختص بالتكلم عن أنظمة مكافحة الحريق الأكثر انتشارا في المشاريع في منطقتنا .

المصدر الأساسي للمعلومات هي من المرجع NFPA . . وفي هذا الكتاب كانت المعلومات من NFPA 20 الاصدار 2013 .

والهدف من هذه السلسلة تقريب علم مكافحة الحريق من مهندسينا الذين لاحظت عليهم كثرة الاهتمام بالجانب العملي وإغفال كبير للجانب العلمي, الأمر الذي سيؤدي مع مرور الوقت إلى ضعف في المعلومات وعندها سيصبح المهندس عبارة عن مشرف من دون مميزات هندسية .

هذا ما نُصحت به من عدم ترك القراءة وهذا ما أحاول إيصاله عبر هذه السلسة, والمعلومات الموجودة في هذا الجزء هي عبارة عن ترجمة من اللغة الانكليزية, لذا ربما يجد القارئ بعض نقاط الخلل في العبارة وكيفية عرضها, وعليه فأنني أقدم دعوة لأصحاب الخبرة لتنقيح هذه المعلومات لتصبح أكثر وضوحاً ودقة .

هذا وما كان من خطأ فمني ومن الشيطان وما كان من صحة فمن الله وحده, والله الموفق الهادي لا إله إلا هو عليه توكلت وإليه أنيب .

كتبه م/ رياض فاضل النجار

1436/03/04 هـ

2014/12/26 م

الفصل الأول: مقدمة عامة

تمتاز المضخات الطاردة المركزية بشكل عام بأنها موثوقة وسهلة الصيانة. الخصائص الهيدروليكية للمضخات وتنوع المحركات التي تقودها جعلها الأكثر انتشارا بين كل مضخات مكافحة الحريق. ومن أهم مميزاتها هي العلاقة بين التدفق والضغط عند سرعة ثابتة, نقص التدفق يؤدي إلى زيادة الضغط.

تقوم المضخة بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة ضغط وسرعة من خلال القوة الطاردة المركزية.

هذه المضخات غير متوافقة في تطبيقات سحب الماء, وتحدد فقط في حال تزويد مصدر الماء لضغط سحب موجب. لذا فهي تناسب بشكل خاص لزيادة ضغط الماء القادم من الشبكة العامة أو السحب من خزان وذلك عند وجود ضغط سحب موجب.

تعاريف:

Impeller: هي العنصر الدوار من المضخة الذي يحول الطاقة من شكل ضغط زائد إلى مار يمر من خلال المضخة.

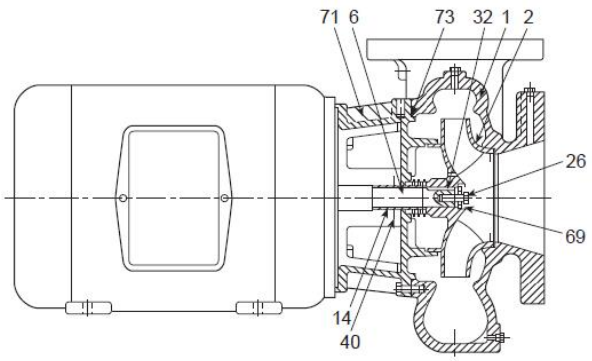
overhung impeller design: يتم تركيب شفرات في نهاية عمود الشفرات, ويكون العمود مثبت من جهة واحدة فقط من الشفرات.

impeller between bearings design: يمتد العمود خلال الشفرات, ويتوضع رولمان العمود على كلا جانبي الشفرات لتزويد دعم للحمولة الناتجة عن الشفرات.

يجب أن تكون المضخة الطاردة المركزية من نوع overhung impeller design أو impeller between bearings design.

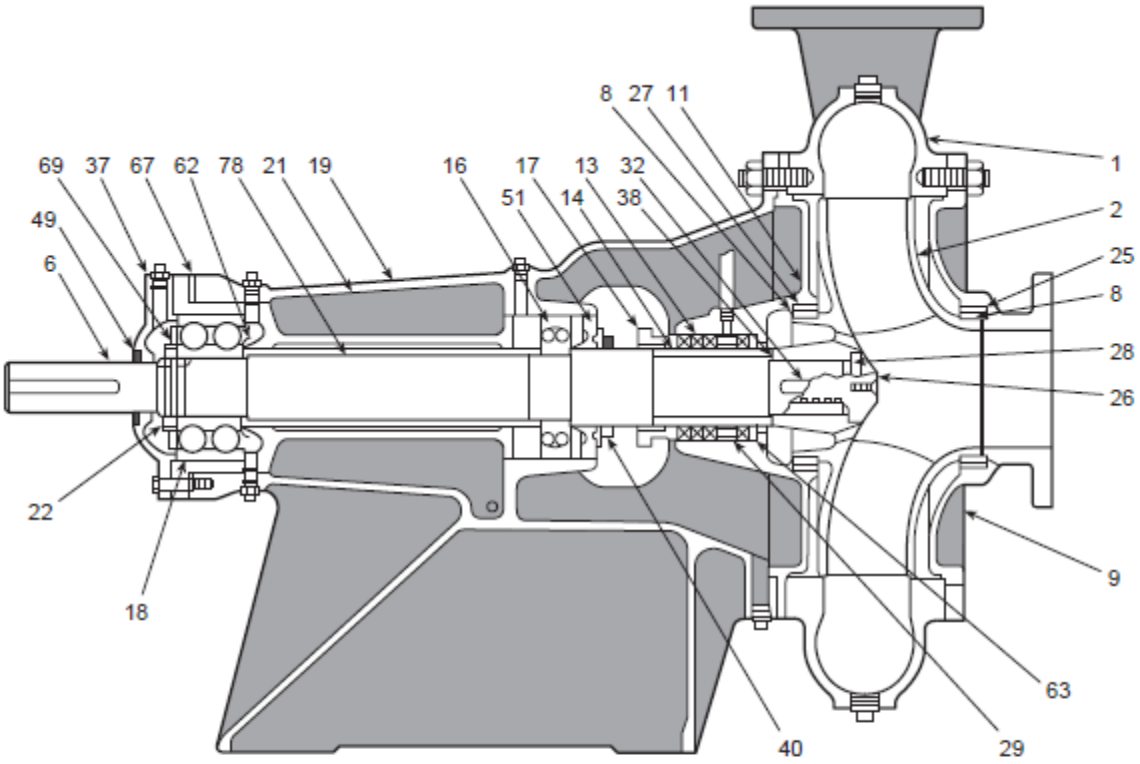
والنوع overhung impeller design يجب أن يكون إما close coupled أو separately coupled بمرحلة واحدة أو مرحلتين من نوع end-suction.

EXHIBIT II.6.1 *Centrifugal Pump Impeller. (Courtesy of Peerless Pump Fire Segment)*



1 Casing	32 Key, impeller
2 Impeller	40 Deflector
6 Shaft	69 Lockwasher
14 Sleeve, shaft	71 Adapter
26 Screw, impeller	73 Gasket

FIGURE A.6.1.1(a) Overhung Impeller — Close Coupled Single Stage — End Suction.



1 Casing	16 Bearing, inboard	27 Ring, stuffing-box cover	49 Seal, bearing cover, outboard
2 Impeller	17 Gland	28 Gasket	51 Retainer, grease
6 Shaft, pump	18 Bearing, outboard	29 Ring, lantern	62 Thrower (oil or grease)
8 Ring, impeller	19 Frame	32 Key, impeller	63 Busing, stuffing-box
9 Cover, suction	21 Liner, frame	37 Cover, bearing, outboard	67 Shim, frame liner
11 Cover, stuffing-box	22 Locknut, bearing	38 Gasket, shaft sleeve	69 Lockwasher
13 Packing	25 Ring, suction cover	40 Deflector	78 Spacer, bearing
14 Sleeve, shaft	26 Screw, impeller		

FIGURE A.6.1.1(b) Overhung Impeller — Separately Coupled Single Stage — Frame Mounted.

ما معنى مصطلح close coupled, separately coupled, and multistage pump؟

Closed coupled: المحرك متصل مع جسم المضخة, والشفرات مجمعة مع محور المحرك.

separately coupled: كل من المضخة والمحرك له محور دوران منفصل, ويجب أن يتصل المحورين ببعضهما.

multistage pump: الماء يدخل من أول سف من الشفرات إلى الذي يليه وهكذا, ويزداد الضغط في كل صف.

ما معنى المضخة من نوع End Suction؟

الماء يدخل نهاية المضخة بشكل عمودي على مستوي الشفرات.

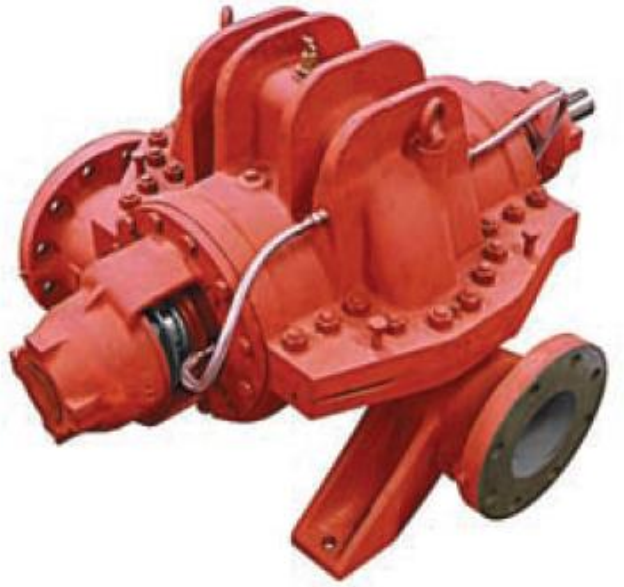
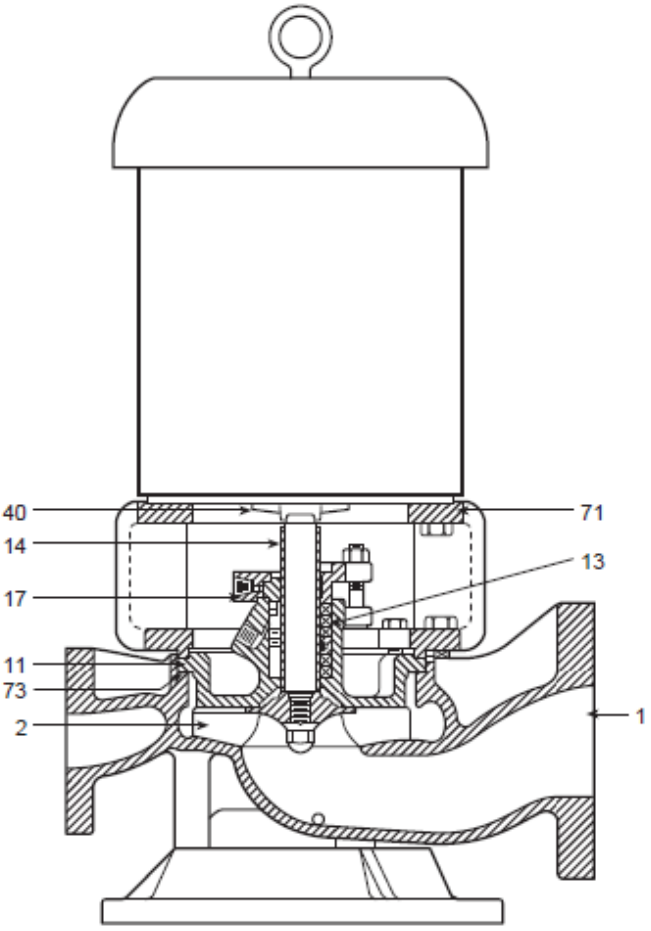


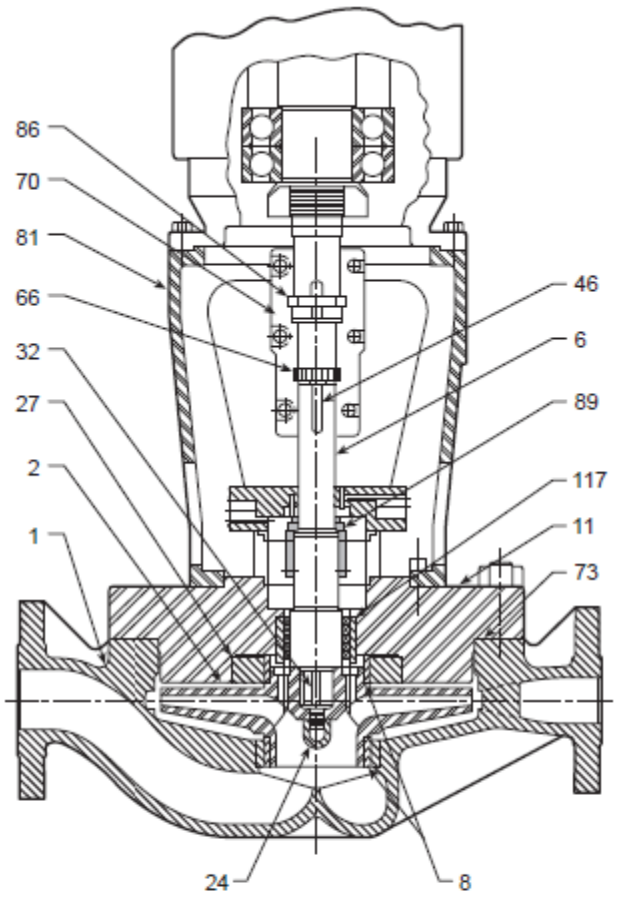
EXHIBIT II.6.2 *Two-Stage Centrifugal Pump. (Courtesy of Peerless Pump Fire Segment)*



1 Casing	13 Packing	40 Deflector
2 Impeller	14 Sleeve, shaft	71 Adapter
11 Cover, seal chamber	17 Gland, packing	73 Gasket, casing

FIGURE A.6.1.1(c) Overhung Impeller — Close Coupled Single Stage — In-Line (Showing Seal and Packaging).

م/ رياض فاضل النجار



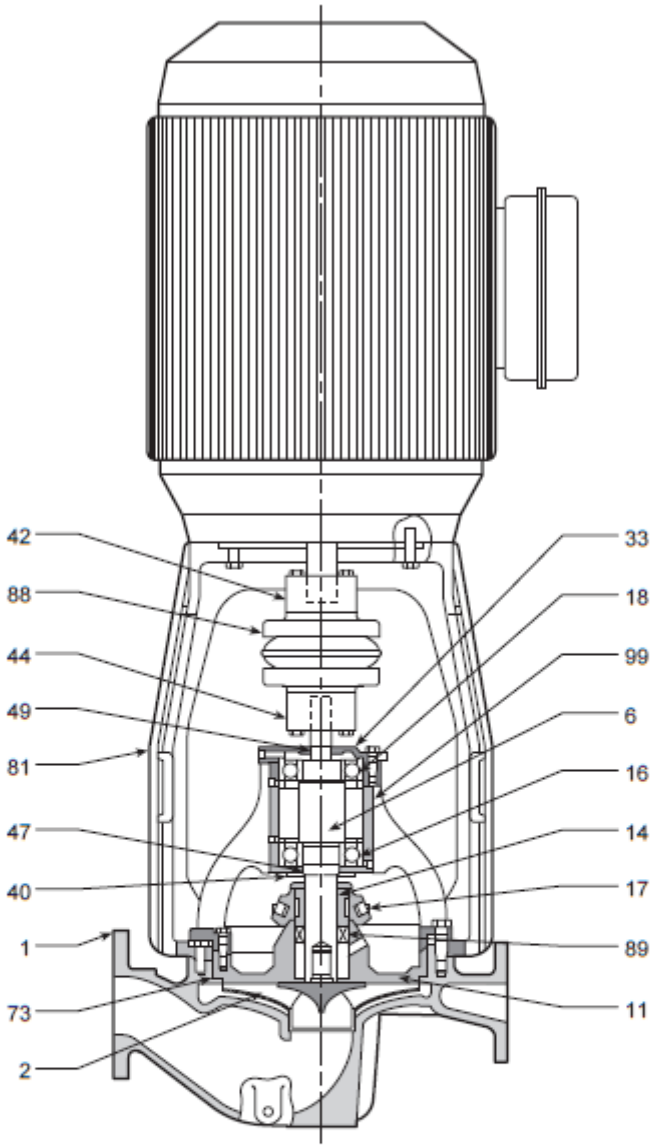
1 Casing	46 Key, coupling
2 Impeller	66 Nut, shaft adjusting
6 Shaft, pump	70 Coupling, shaft
8 Ring, impeller	73 Gasket
11 Cover, seal chamber	81 Pedestal, driver
24 Nut, impeller	86 Ring, thrust, split
27 Ring, stuffing-box cover	89 Seal
32 Key, impeller	

FIGURE A.6.1.1(d) Overhung Impeller — Separately Coupled Single Stage — In-Line — Rigid Coupling.

يجب أن تكون المضخات من نوع impeller between bearings design إما separately coupled single-stage أو multistage axial (horizontal) split-case-type.

ما معنى مصطلح axial (horizontal) split-case-type pump؟

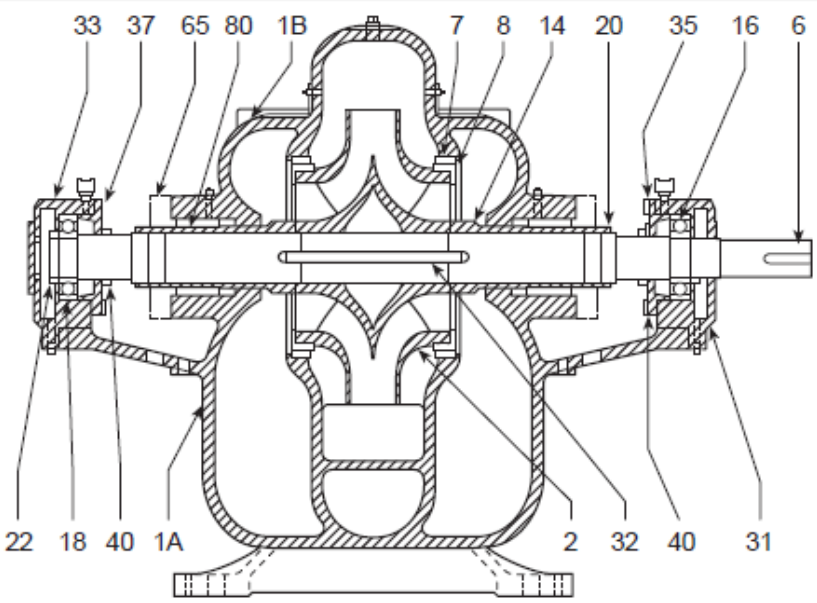
يكون محور الشفرات في مستوي أفقي والشفرات تدور في مستوي رأسي.



1 Casing
2 Impeller
6 Shaft, pump
11 Cover, seal chamber
14 Sleeve, shaft
16 Bearing, inboard
17 Gland
18 Bearing, outboard
33 Cap, bearing, outboard
40 Deflector
42 Coupling half, driver
44 Coupling half, pump
47 Seal, bearing cover, inboard
49 Seal, bearing cover, outboard
73 Gasket
81 Pedestal, driver
88 Spacer, coupling
89 Seal
99 Housing, bearing

FIGURE A.6.1.1(e) Overhung Impeller — Separately Coupled Single Stage — In-Line — Flexible Coupling.

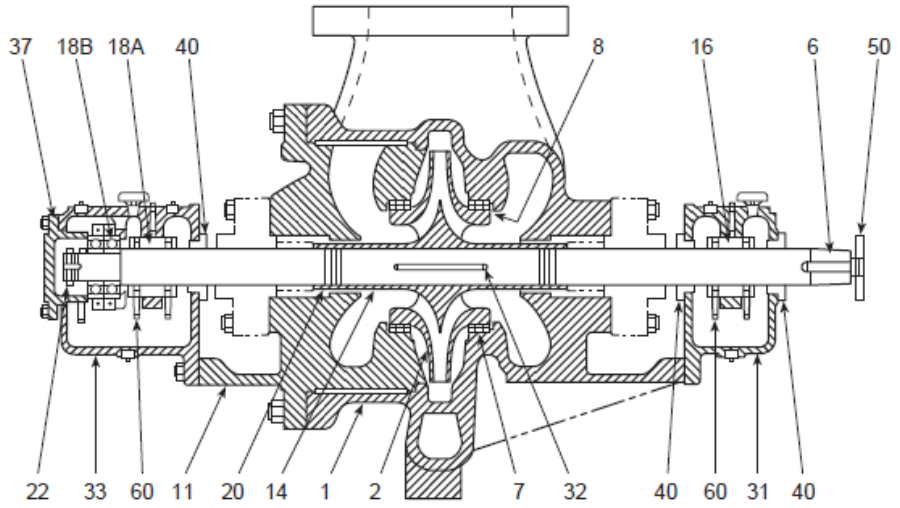
EXHIBIT II.6.3 *Single-Stage Axial (Horizontal) Split-Case-Type Centrifugal Pump. (Courtesy of Schirmer Engineering Corp.)*



1A Casing, lower half	22 Locknut
1B Casing, upper half	31 Housing, bearing inboard
2 Impeller	32 Key, impeller
6 Shaft	33 Housing, bearing outboard
7 Ring, casing	35 Cover, bearing inboard
8 Ring, impeller	37 Cover, bearing outboard
14 Sleeve, shaft	40 Deflector
16 Bearing, inboard	65 Seal, mechanical stationary element
18 Bearing, outboard	
20 Nut, shaft sleeve	80 Seal, mechanical rotating element

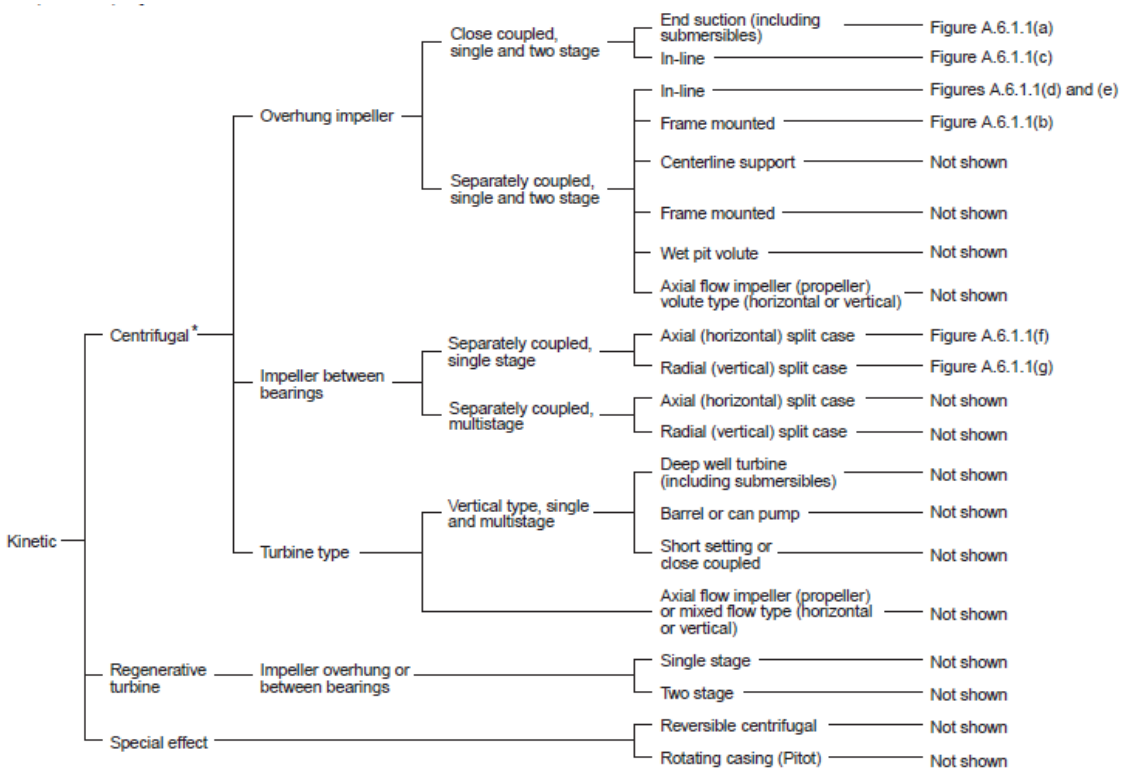
FIGURE A.6.1.1(f) Impeller Between Bearings — Separately Coupled — Single Stage — Axial (Horizontal) Split Case.

م/ رياض فاضل النجار



1 Casing	16 Bearing, inboard, sleeve	33 Housing, bearing, outboard
2 Impeller	18A Bearing, outboard, sleeve	37 Cover, bearing, outboard
6 Shaft	18B Bearing, outboard, ball	40 Deflector
7 Ring, casing	20 Nut, shaft sleeve	50 Locknut, coupling
8 Ring, impeller	22 Locknut, bearing	60 Ring, oil
11 Cover, stuffing-box	31 Housing, bearing, inboard	
14 Sleeve, shaft	32 Key, impeller	

FIGURE A.6.1.1(g) Impeller Between Bearings — Separately Coupled — Single Stage — Radial (Vertical) Split Case.



Note: Kinetic pumps can be classified by such methods as impeller or casing configuration, end application of the pump, specific speed, or mechanical configuration. The method used in this chart is based primarily on mechanical configuration.

*Includes radial, mixed flow, and axial flow designs.

FIGURE A.6.1.1(h) Types of Stationary Pumps.

م/ رياض فاضل النجار

ما معنى مصطلح radial (vertical) split-case-type pump؟

محور الشفرات يكون في مستوي رأسي والشفرات تدور في مستوي أفقي.

EXHIBIT II.6.4 *Radial (Vertical) Split-Case-Type Centrifugal Pump. (Courtesy of Schirmer Engineering Corp.)*

لماذا لا يسمح باستعمال المضخة الطاردة المركزية في تطبيقات سحب الماء (ضغط سحب سالب)؟

السبب الجوهري أنها غير ذاتية التحضير (self-priming), بمعنى أنها لا تضخ إلا إذا كانت الشفرات مغطاة بالماء.

في الإصدارات السابقة من NFPA 20 كان من المسموح لمضخة الطرد المركزي أن تسحب من ضغط سالب وذلك بشرط تزويدها بخزان تحضير, ولكن هذا الكلام أثبت عدم فعاليته فأزيل من الكود لاحقا.

المضخة الطاردة المركزية تصل إلى الضغط الأعظمي ويمكن أن تستمر في العمل إلى أجل غير مسمى في النظام المغلق, بشرط طرد ماء كافي لتبريد المضخة.

يمكن أن تملك المضخات منحنيات أداء مختلفة للحدود المعطاة. ضغط الإيقاف (Shutoff head) سيتراوح بين 101 ٪ إلى حد أقصى 140 ٪ من الضغط المقدر. وعند 150 ٪ فإن الحدود ستتراوح بين 65 ٪ إلى حد أقصى تحت الضغط المقدر بقليل.

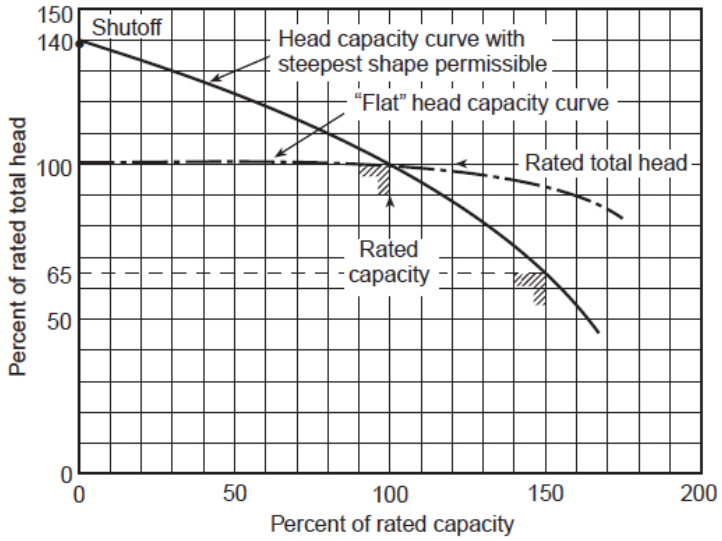


FIGURE A.6.2 Pump Characteristics Curves.

كيف يؤثر منحني الأداء على تصميم نظام المكافحة؟

يجب أن يضاف ضغط السحب من مصدر الماء إلى منحني خصائص المضخة لتحديد منحي طرد المضخة. ويجب أن تكون مكونات النظام بحدود ضغط لا تقل عن الضغط الأقصى المتولد من المضخة.

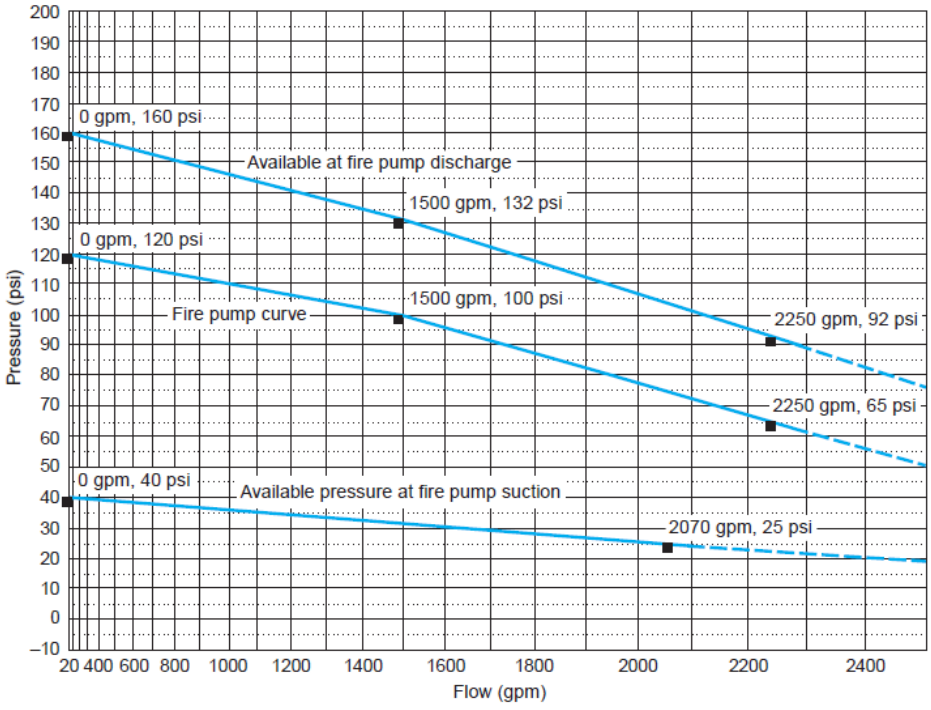


EXHIBIT II.6.5 *Sample Fire Pump Discharge Curve.*

- يجب أن تزود المضخات ما لا يقل عن 150 ٪ من الاستطاعة المقدرة (rated capacity) عند حد لا يقل عن 65 ٪ من كامل الضغط المقدر (total rated head).

يجب أن يملك منحني خصائص المضخة المعايير الثلاثة التالية:

1- ضغط الإيقاف محدد بـ 140 ٪ من rated head.
2- الضغط المقدر عند التدفق المقدر, والذي يشير عموما إلى ضغط المضخة وحدود الاستطاعة, يجب وجوده على اللوحة الاسمية للمضخة.
3- يجب تزويد ما لا يقل عن 65 ٪ من الضغط المقدر عند 150 ٪ من الاستطاعة المقدرة.

من المستحسن ربط التدفق الأعظمي للنظام بنقطة على منحني الأداء بين 90 ٪ إلى 140 ٪ من تدفق المضخة (الاستطاعة المقدرة), ولكن لا يسمح بأي حالة زيادة التدفق عن 150 ٪ عن التدفق المقدر للمضخة.

يزود منحني المضخة الفعلي ضغطا أقل من الحد الأعظمي المسموح به في NFPA 20 أي 140 ٪ عند التدفق أقل من 100 ٪ من التدفق المقدر, ويزود ضغطا أعلى من الحد الأدنى 65 ٪ عند تدفق يزيد عن التدفق المقدر.

- لا يسمح لضغط الإيقاف أن يتجاوز 140 ٪ من الضغط المقدر لأي نوع من المضخات.

للمضخات المتصلة مع خط المدينة, يجب تعديل بيانات اختبار خط المدينة مع منحني أداء المضخة (تقييم الفرق وضياعات الاحتكاك).

في الشكل 11.6.5, لدينا ضغط ساكن 40 psi (2.8 bar) وتدفق 2070 gpm عند ضغط متبقي 25 psi. لتحديد منحني المدمج من المضخة وخط المدينة, الضغوط (churn, rated capacity, and overload) من خط المدينة يجب أن تضاف إلى كل نقطة على منحني أداء المضخة.

إن تطبيق هذه الحسابات على المنحني يعطي ما يلي:

160 psi (11 bar) at 0 flow (churn)

132 psi at 1500 gpm (9.1 bar at 5677 L/min) (rated capacity)

92 psi at 2250 gpm (6.3 bar at 8516 L/min) (overload)

يمكن استعمال هذه الخطوات لحساب أي مضخة تتصل مع خط المدينة.

أما من الشكل A.6.2, القيمة هي 1500 gpm at 100 psi (5677 L/min at 6.8 bar), والقيمة العظمى والتي يشار لها بـ overload تكون 2250 gpm at 65 psi (8516 L/min at 4.5 bar), أما ضغط الإيقاف يمكن اعتباره عند قيمة متوسطة أو 120 ٪ من الضغط عند تدفق 0 gpm أو يمكن الحصول عليه من منحني اختبار الصانع. وهنا من الشكل يكون 120 psi (8.3 bar).

وفيما يلي ملخص عن الشكل A.6.2.

	Items	*value*	*Comments*
1	Maximum system demand flow (gpm)	1700	Determined by hydraulic calculations based on design criteria.
2	Required system demand pressure at the pump discharge (psi)	107	Determined by hydraulic calculations based on design criteria.
3	Pump suction pressure at zero (0) flow (psi)	40	Based on the available water supply pressure at the pump inlet.
4	Pump suction pressure at maximum system demand flow (psi)	30	Based on a flow test of the available water supply; the residual pressure at the pump inlet at a flow of 1700 gpm is determined.
5	Rated pump flow [capacity(gpm)]	1500	Maximum system demand flow should be between 90% and 140% of pump's rated capacity, but, in no case, greater than 150% of the pump's rated capacity.
6	Net pump pressure rating (psi)	100	Selected so that the discharge pressure (net pump pressure plus suction pressure) provides not less than the pressure required for the fire protection system(s).
7	Net pump churn pressure (psi)	120	Review pump curves from manufacturer to approximate churn pressure (120% of rated pressure used for this example).
8	Net pump pressure at 150% of rated flow (psi)	65	Must be a minimum of 65% of rated pressure. Actual pump curve may be higher.
9	Net pump pressure at maximum system demand flow (psi)	92	From pump curve at maximum system demand flow (1700 gpm used for this example).
10	Pump discharge pressure at zero (0) flow (psi)	160	Items 3 + 7: Pump suction pressure plus net pump pressure at zero (0) flow (psi). The pump discharge pressure, after adjusting for elevation, cannot exceed the rating of the system components.
11	Pump discharge pressure at maximum system demand flow (psi)	122	Items 4 + 9: Must be higher than the maximum system demand plus any required safety factors.

عند الضرورة. يجب تزويد الوصلات التالية لكل مضخة وذلك من قبل الصانع أو ممثل الصانع.

1- محبس إطلاق هواء آلي (Automatic air release valve).

2- محبس تنفيس (Circulation relief valve). وهو يسمح بطرد كمية من الماء لحماية المضخة من ارتفاع الحرارة عند عملها من دون تدفق أو تدفق قليل جدا.

3- مقاييس ضغط.

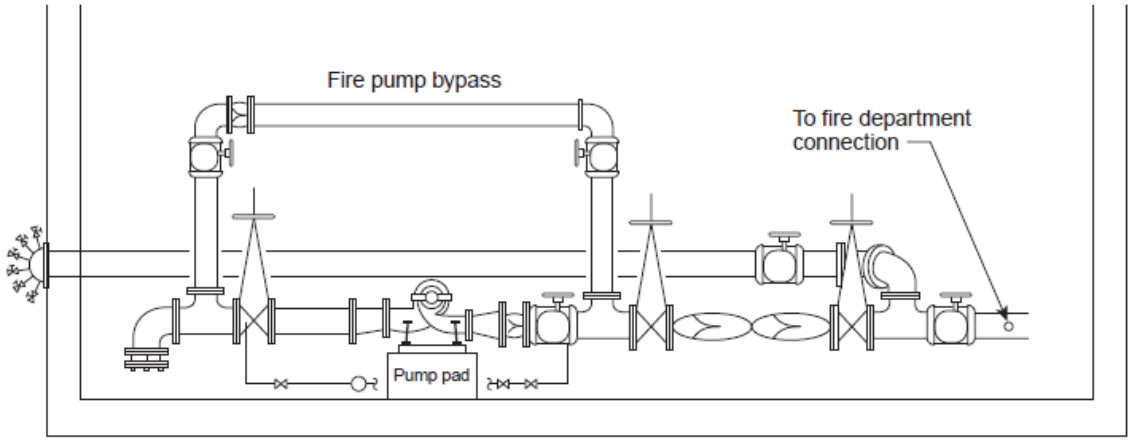
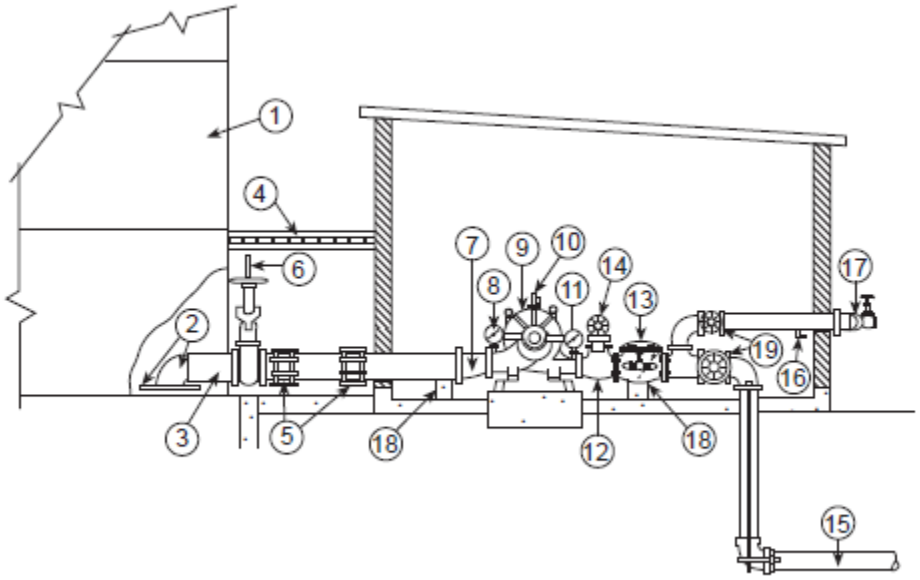


FIGURE A.6.3.1(b) Backflow Preventer Installation.



1 Aboveground suction tank
2 Entrance elbow and square steel vortex plate with dimensions at least twice the diameter of the suction pipe. Distance above the bottom of tank is one-half the diameter of the suction pipe with minimum of 6 in. (152 mm).
3 Suction pipe
4 Frostproof casing
5 Flexible couplings for strain relief
6 OS&Y gate valve *(see 4.14.5 and A.4.14.5)*
7 Eccentric reducer
8 Suction gauge
9 Horizontal split-case fire pump
10 Automatic air release
11 Discharge gauge
12 Reducing discharge tee
13 Discharge check valve
14 Relief valve (if required)
15 Supply pipe for fire protection system
16 Drain valve or ball drip
17 Hose valve manifold with hose valves
18 Pipe supports
19 Indicating gate or indicating butterfly valve

FIGURE A.6.3.1(a) Horizontal Split-Case Fire Pump Installation with Water Supply Under a Positive Head.

عند الضرورة، يجب تزويد ما يلي:

1- نقاص لا مركزي عند مدخل السحب. لمنع تشكل جيوب هوائية.

2- Hose valve manifold with hose valves.

3- أداة قياس تدفق.

4- محبس تنفيس وdischarge cone .

5- مصفاة Pipeline strainer.

محبس إطلاق هواء آلي:

يجب تزويد المضخات التي يتحكم بها آليا بمحبس إطلاق هواء بقطر 12.7 مم، يطلق إلى الهواء الخارجي. ولا يطبق هذا الكلام على المضخات من نوع overhung impeller مع top centerline discharge أو التي توضع رأسيا لتنفيس الهواء طبيعيا.

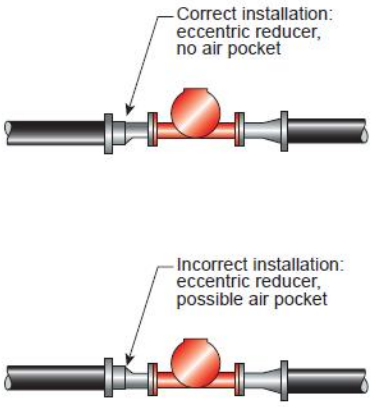


EXHIBIT II.6.7 *Correct and Incorrect Installation of an Eccentric Reducer.(Courtesy of Stephan Laforest, Summit Sprinkler Design Services, Inc.)*

EXHIBIT II.6.8 *Hose Valve Manifold.*

EXHIBIT II.6.9 *Venturi-Type Flowmeter.(Courtesy of Global Vision Inc.)*

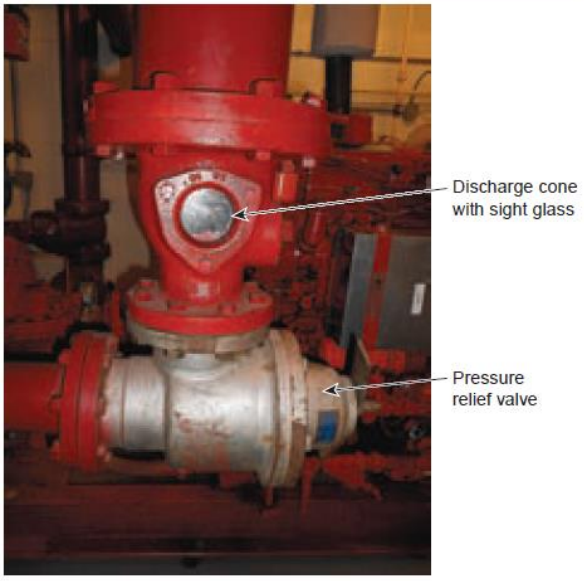


EXHIBIT II.6.10 *Pressure Relief Valve Piped Back to Suction.(Courtesy of Peerless Pump Fire Segment)*

EXHIBIT II.6.11 *Automatic Air Release Valve.(Courtesy of Global Vision Inc.)*

م/ رياض فاضل النجار

الفصل الرابع: القاعدة والضبط

يجب وضع المحركات والمضخات من نوع Overhung impeller and impeller between bearings design على قاعدة مشتركة.

يتم تركيب Flexible couplings للتعويض عن تغير درجة الحرارة وللسماح لحركة نهاية المحاور المرتبطة دون التداخل مع بعضها البعض.

المضخة من نوع overhung impeller close coupled in-line type, يجب السماح لوضعها على قاعدة متصلة مع القاعدة الأساسية المضخة (pump mounting base plate).

يجب تثبيت القاعدة الأساسية مع قاعدة صلبة بطريقة تكون فيها محاور المضخة والمحرك على استقامة واحدة.

يجب أن تكون القاعدة Foundation كبيرة بما فيه الكفاية لتشكل دعما دائما للقاعدة الأساسية للمضخة.

يفضل أن تكون هذه القواعد من الخرسانة المسلحة, وكبر هذه القواعد مهم في الحفاظ على استقامة محاور المضخة والمحرك.

القاعدة الأساسية التي يتم تركيب المضخة والمحرك عليها, يجب أن توضع بشكل مستوي فوق القواعد الخرسانية.

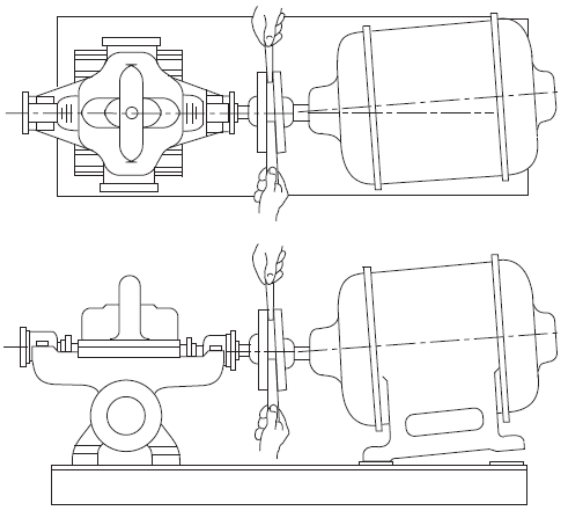


FIGURE A.6.5(a) Checking Angular Alignment. (Courtesy of Hydraulic Institute, www.pumps.org.)

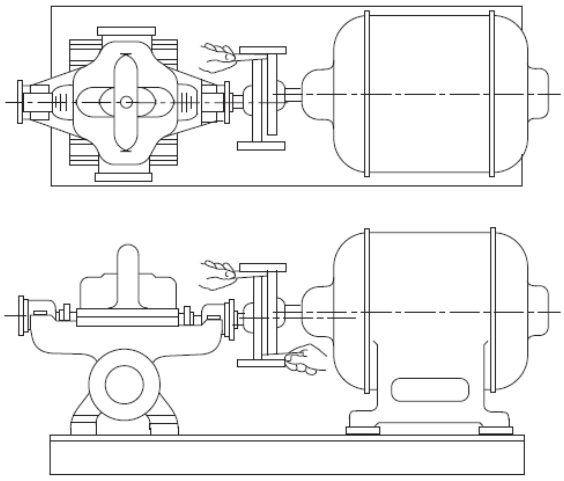


FIGURE A.6.5(b) Checking Parallel Alignment. (Courtesy of Hydraulic Institute, www.pumps.org.)

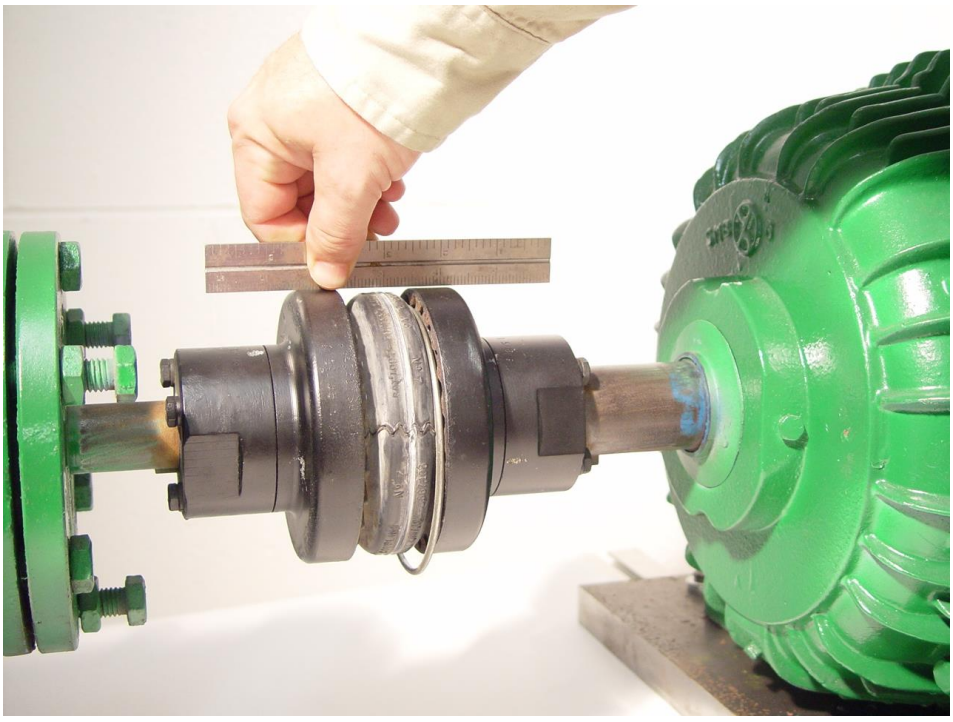
يجب إعادة فحص استقامة المحاور بعد وضع المضخة والمحرك على القواعد الخرسانية والانتهاء من توصيل المواسير.

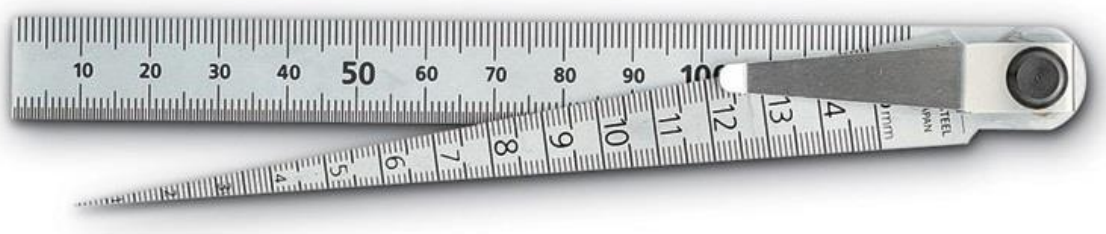
يوجد شكلين من عدم الاستقامة بين محور المضخة ومحمور المحرك, وهما :

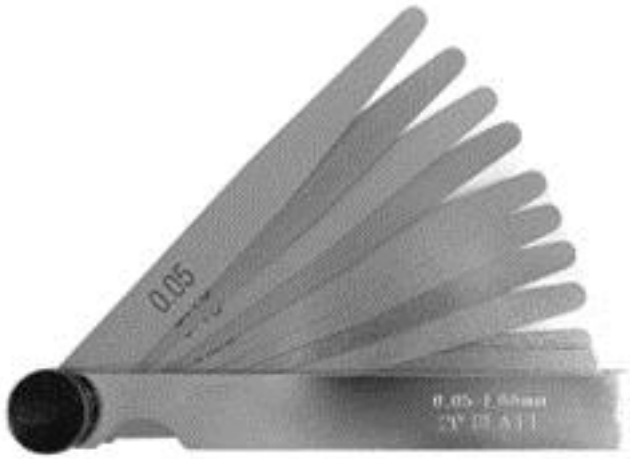
1- اختلال زاوي (*Angular misalignment*) : الأعمدة مع محاور متحدة المركز ولكن ليست متوازية.

2- اخلال توازي (*Parallel misalignment*) : الأعمدة مع محاور متوازية ولكن ليست متحدة المركز.

الأدوات المطلوبة لفحص الاستقامة هي straight edge أو taper gauge أو set of feeler gauges.



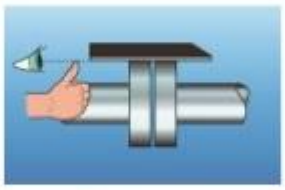




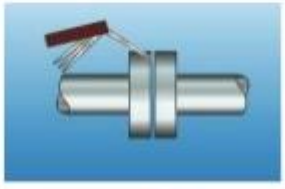
Common alignment methods

FLUKE

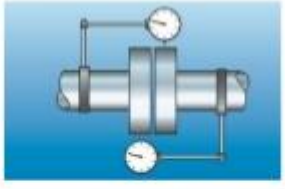
Straightedge/Feeler gauge
Resolution 1/10 mm



Dial indicator
Resolution 1/100 mm



Laser-optical alignment
Resolution 1/1000 mm



TRANSCAT
Better by every measure

أثناء تصحيح الاستقامة, يتم ربط براغي القاعدة ولكن ليس بقوة. ويستحسن بعدها ملء القاعدة الأساسية للمضخة بالجص بشكل كامل, ولا يتم شد البراغي إلا بعد تصلب الجص, حوالي 48 ساعة بعد الصب.

يتم تشغيل المضخة تحت ظروف العمل الطبيعي حتى تستقر درجة الحرارة, ثم يعاد فحص الاستقامة مباشرة بعد إيقاف المضخة. يستحسن فحص الاستقامة قبل وبعد توصيل coupling halves.

بعد التشغيل لمدة عشر ساعات, يعاد الفحص للمرة الأخيرة لمعرفة مقدار الانحراف الناتج عن المواسير وإجهاد الحرارة. ويعاد هذا الفحص بعد ثلاث شهور من التشغيل. إذا كانت الاستقامة صحيحة, يتم ربط (dowelled) كلا المضخة والمحرك مع القاعدة الأساسية. موقع الربط (Dowel location) مهم جدا, ويجب اتباع تعليمات الصانع وخصوصا في حال تعرض الوحدة لتغيرات في درجة الحرارة.

أنواع وصلات الازدواج (Coupling Type):

مضخات الحريق من نوع Separately coupled مع محرك كهربائي, يجب التوصيل باستعمال flexible coupling أو flexible connecting shaft. وتكون جميع وصلات الازدواج مسجلة للعمل مع مضخات الحريق. ويجب أن تتم الاستقامة حسب توصيات الصانع وحسب ما سبق ذكره.

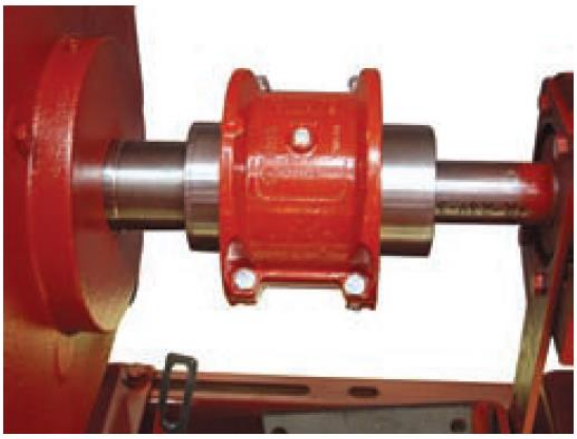


EXHIBIT II.6.12 *Flexible Coupling.(Courtesy of Xylem Inc.)*

EXHIBIT II.6.13 *Flexible Connecting Shaft.(Courtesy of Clarke Fire Protection)*

Commentary Table II.6.2 *Service Factors for Determining Application of Torque*

Load Type	Driver Type: Electric Motor	Diesel engine – 5 or fewer cylinders	Diesel engine – 6 or more cylinders
Centrifugal Pump	1.00	2.00	1.50
Reciprocating Pump – double acting	2.00	3.00	2.50
Reciprocating Pump – 1 or 2 cylinders	2.25	3.25	2.75
Reciprocating Pump – 3 or more cylinders	1.75	2.75	2.25
Rotary – gear, lobe or vane	1.50	2.50	2.00

Note – The service factors for the load type specified in this Table are referenced in the Load Classification and Service Factors for Flexible Couplings Information Sheet, AGMA-A96, *published by the American Gear Manufacturers Association.*

هذا ما تيسر إيراده

فهرس الموضوعات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
1	المقدمة	2
2	الفصل الأول : مقدمة عامة	3
3	الفصل الثاني : الأداء في المصنع والموقع	11
4	الفصل الثالث : الوصلات	14
5	الفصل الرابع : القاعدة والضبط	17
6	الفصل الخامس : الاتصال مع المحرك والاستقامة	18