



هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته

دکتر سید محمد حسین سیدکاشی

استادیار گروه مکانیک دانشگاه بیرجند

Seyedkashi@birjand.ac.ir

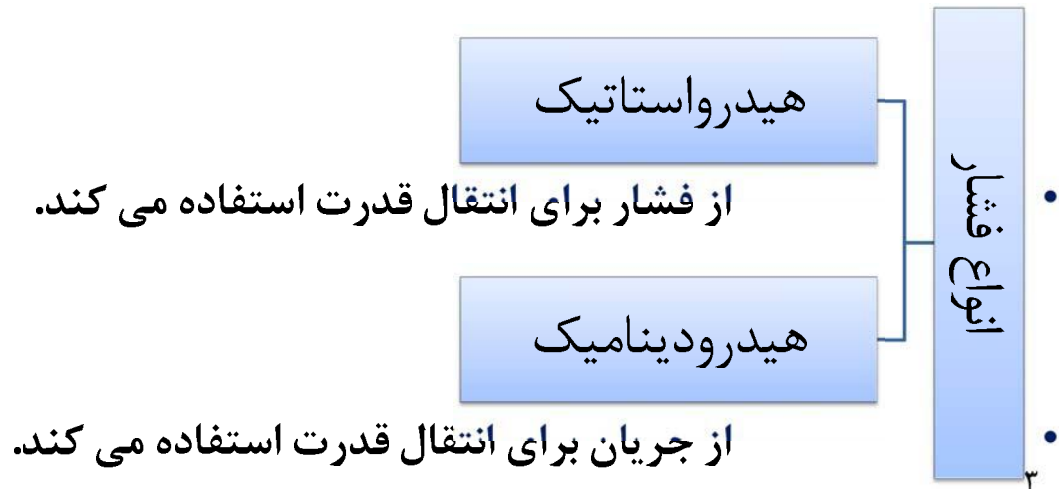
فصل پنجم:

پمپ های هیدرولیکی

پمپ هیدرولیک

• مقدمه

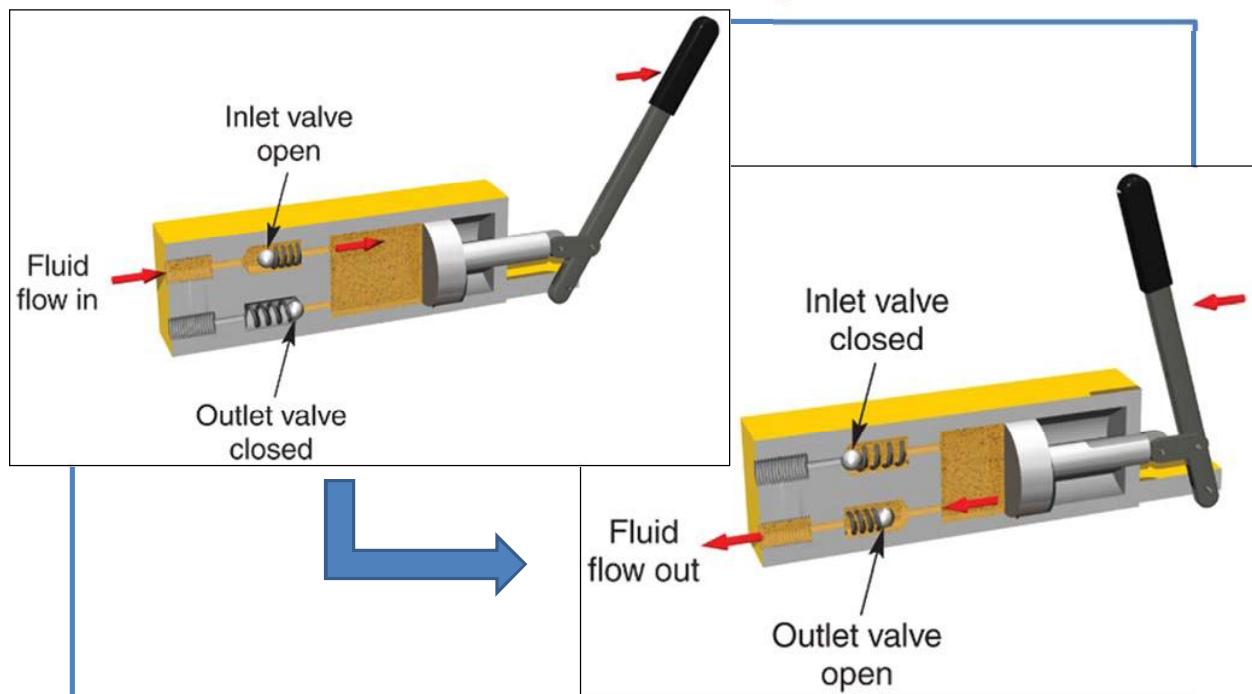
- بعنوان قلب سیستم صرفاً مولد جریان سیال بوده نه فشار، و سطح فشار بستگی به میزان مقاومت عملگر در برابر آن دارد.



Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

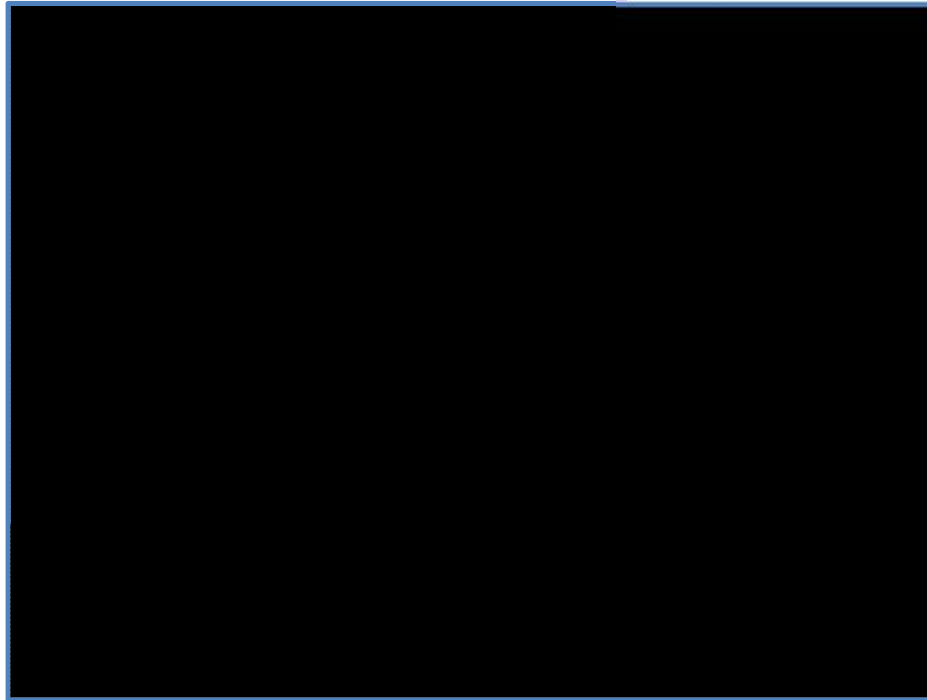
• عملکرد کلی پمپ



Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• عملکرد کلی پمپ



۵

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• انواع پمپ

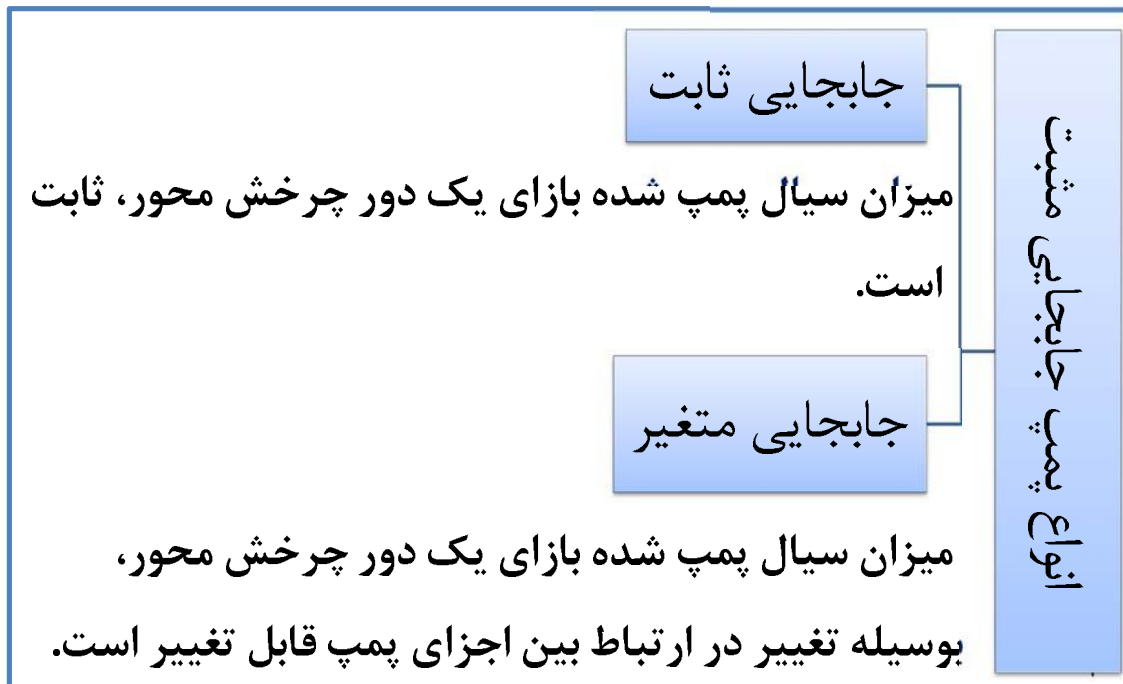


۶

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ

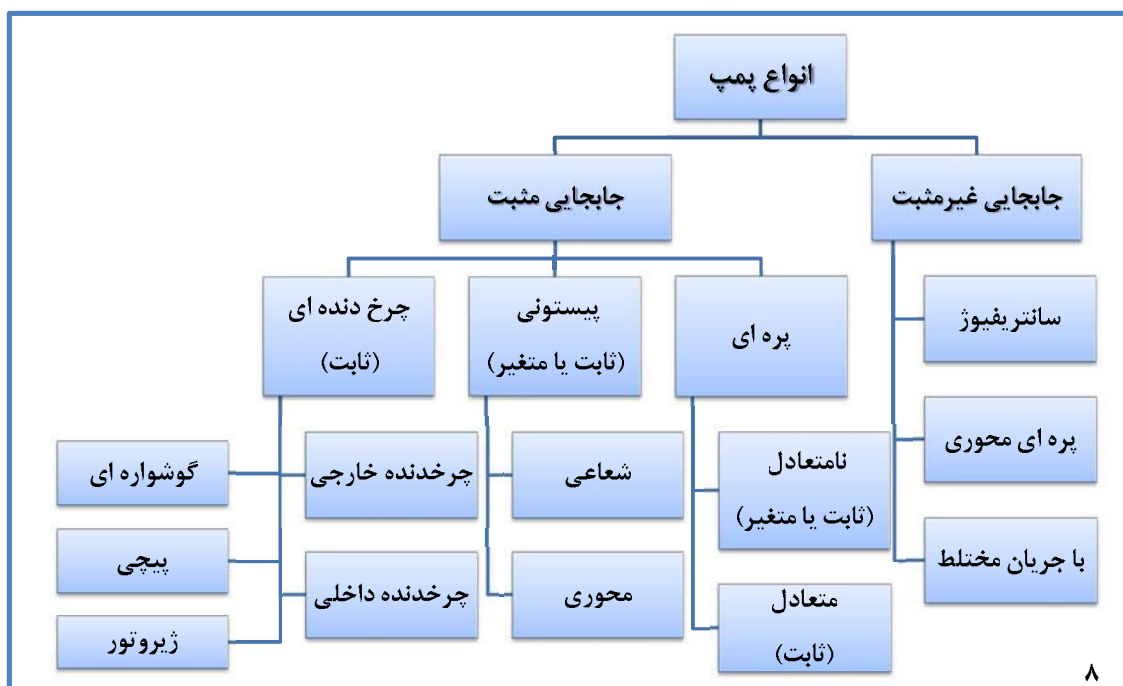
• پمپ های جابجایی مثبت



Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• انواع پمپ



۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

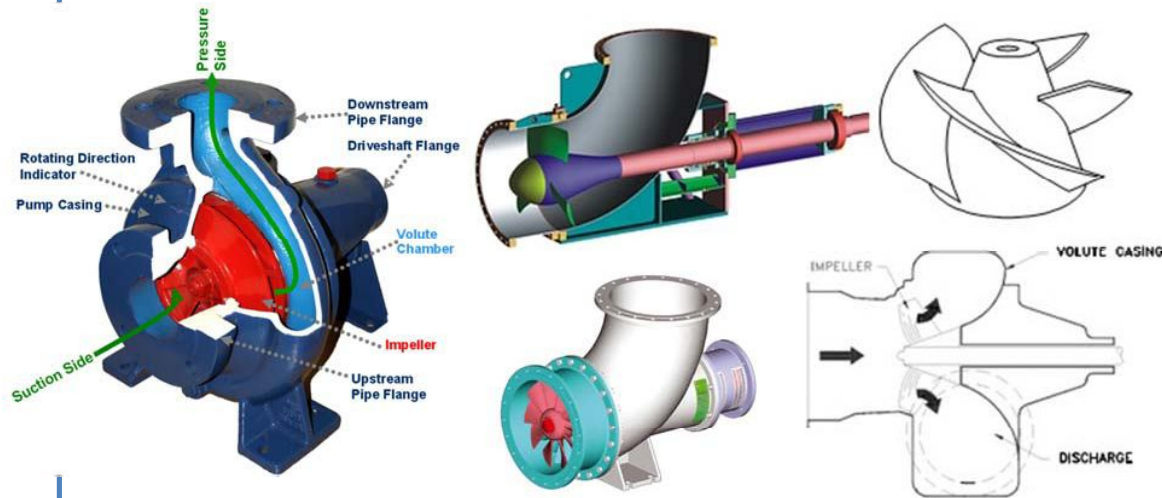
انواع پمپ

• پمپ های جابجایی غیر مثبت

جریان مختلط

محوری

سانتریفیوژ



Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ

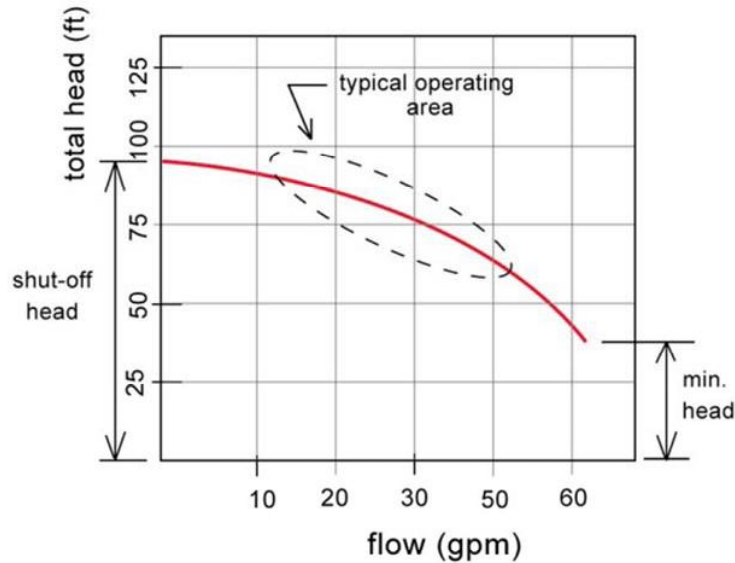
• پمپ های جابجایی غیر مثبت

- این پمپ ها برای ایجاد جریان بالا با فشار پایین بکار می روند. لذا در سیستم های هیدرولیک صنعتی کاربرد زیادی ندارند.
- میزان فشار به مقاومت بار بستگی دارد.
- هزینه تولید و نگهداری پایین، عملکرد ساده، قابلیت اعتماد بالا، سروصدای پایین
- مناسب برای سیستمهای با ظرفیت فشاری $250 - 300 \text{ psi}$

انواع پمپ

• پمپ های جابجایی غیر مثبت

- نمونه منحنی فشار-جریان در نوعی پمپ سانتریفیوژ



۱۱

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ

• پمپ های جابجایی مثبت

- بازای هر دور چرخش محور پمپ، مقدار مشخصی سیال را ارسال میکنند، لذا کاربرد وسیعی در صنعت هیدرولیک دارند.
- توانایی غلبه بر فشار حاصل از بارهای مکانیکی را دارند.
- توانایی غلبه بر مقاومت ایجاد شده در برابر جریان سیال در نتیجه اصطکاک را دارند.

۱۲

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ

• پمپ های جابجایی مثبت

مزایا نسبت به پمپ های جابجایی غیر مثبت:

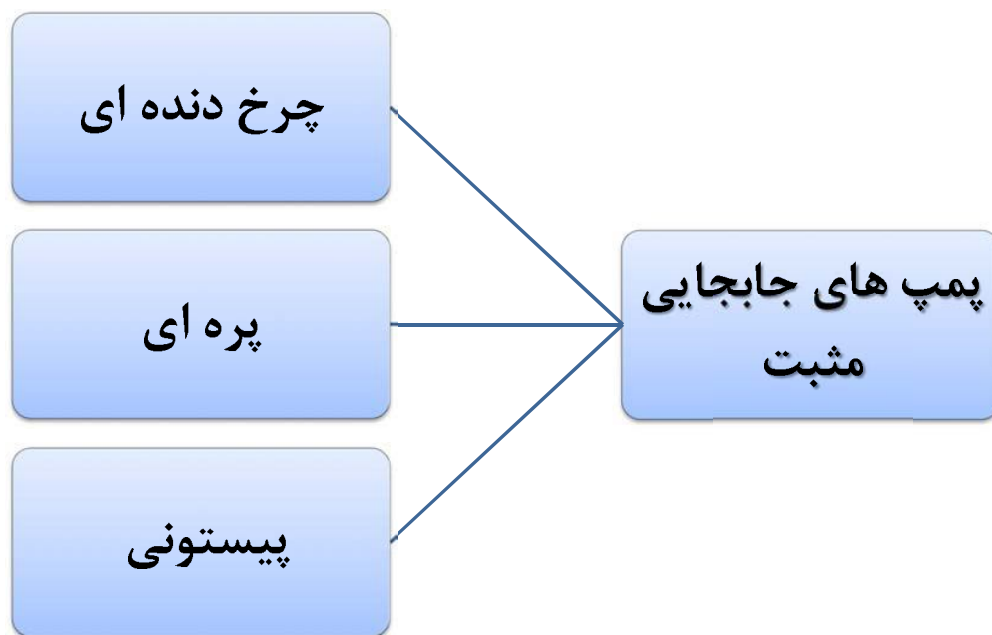
- ✓ توانایی عملکرد در فشارهای بالا
- ✓ ابعاد کوچک و فشرده
- ✓ بازده حجمی بالا
- ✓ تغییرات جزئی بازده در محدوده فشار طراحی
- ✓ انعطاف پذیری بالا

۱۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• انواع پمپهای جابجایی مثبت



۱۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ جابجایی ثابت

• چرخنده ای

- طراحی آسان
- معمولاً برای تامین فشارهای پایین
- عمر مناسب، قیمت ارزان و بازده پایین، مناسب مصارف عام
- بیشترین کاربرد در ماشینهای ابزار و تجهیزات متحرک
- کاهش شدید بازدهی در اثر سائیدگی
- هزینه تعمیر و نگهداری بالا
- بازدهی بطور قابل توجهی متاثر از افت های ناشی است (ناشی بین دندانه و پوسته، ناشی بین دندانه ها، ناشی از طرفین)

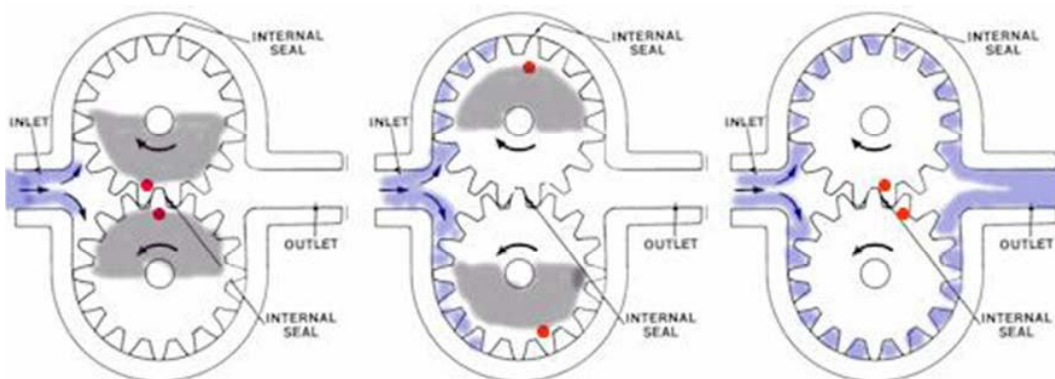
۱۵

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ چرخنده ای

• چرخنده خارجی (External gear)

- معمولاً برای تامین فشارهای پایین
- از چرخنده های ساده، مارپیچی و جناغی میتوان استفاده کرد

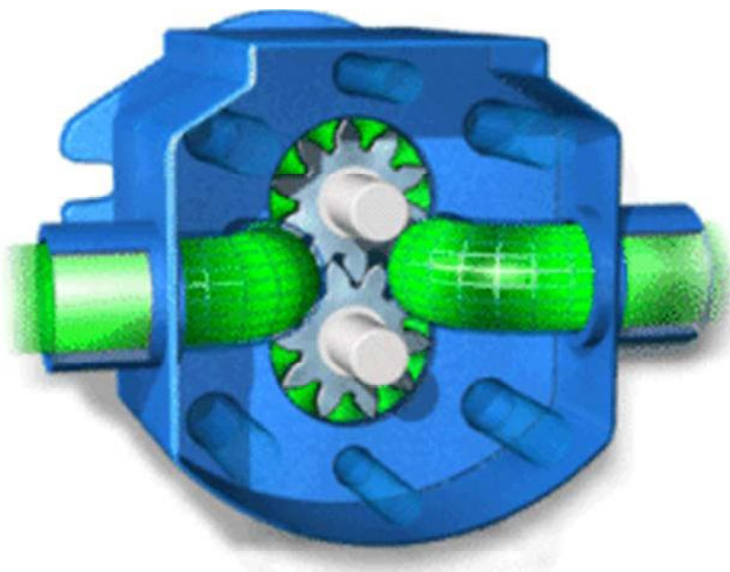


۱۶

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

• چرخنده خارجی
(External gear)

انواع پمپ چرخنده ای



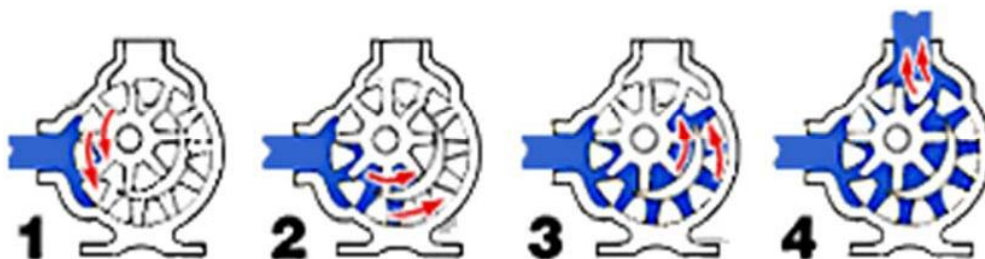
۱۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

• چرخنده داخلی
(Internal gear)

انواع پمپ چرخنده ای

- معمولاً برای تامین فشارهای پایین
- کاربرد بیشتر به منظور روغنکاری و تغذیه در فشارهای کمتر از ۱۰۰۰ psi
- بهبود کاهش بازدهی حجمی در اثر سایش نسبت به پمپ های چرخنده خارجی

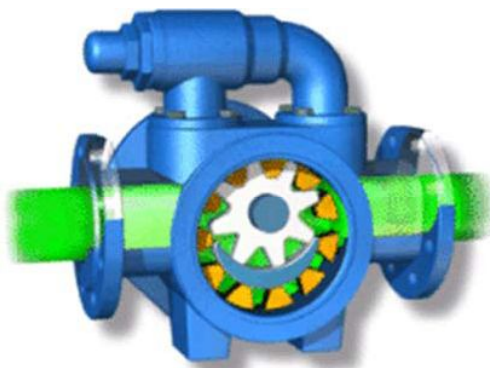
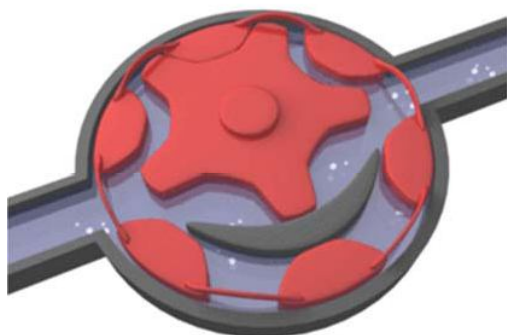


۱۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

• چرخنده داخلی
(Internal gear)

انواع پمپ چرخنده ای



۱۹

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

• گوشواره ای (Lobe)

انواع پمپ چرخنده ای

- از خانواده پمپ های چرخنده ای که بسیار آرامتر و بی صداترند
- هر دو گوشواره دارای محرک خارجی بوده و چرخنده ها با یکدیگر درگیر نیستند
- جریان خروجی ضربان بیشتری دارد اما جابجایی حجمی آن نیز بیشتر است

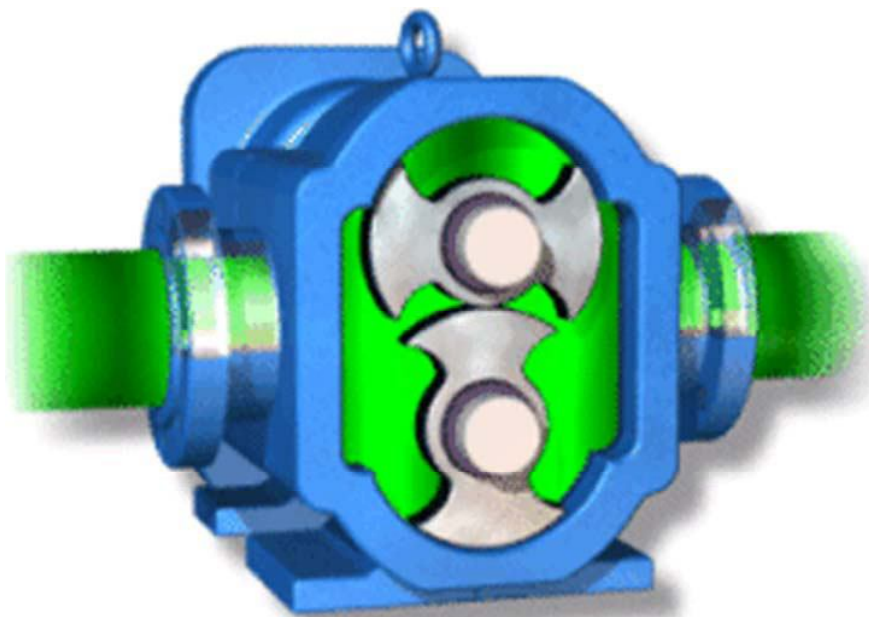


۲۰

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ چرخنده ای

• گوشواره ای (Lobe)



۲۱

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ چرخنده ای

• ژیروتوری (Gerotor)

- بسیار شبیه چرخنده داخلی، با این تفاوت که چرخنده محرک یک دندانه کمتر از چرخنده هرزگرد دارد.



۲۲

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ چرخنده ای

• پیچی (Screw)

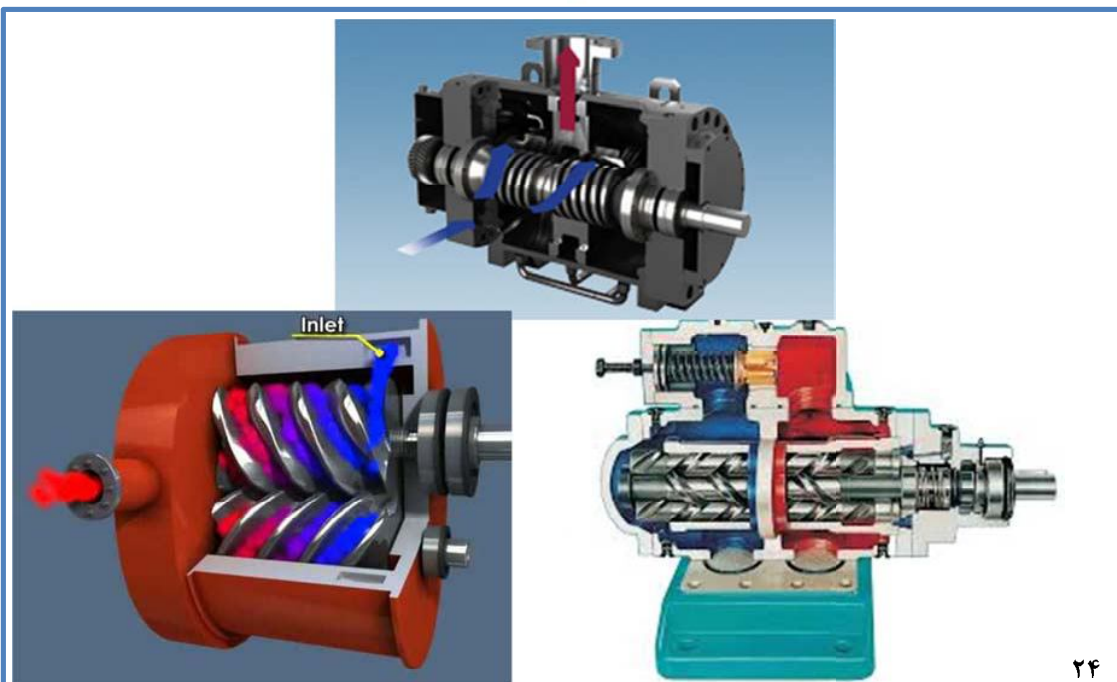
- دارای انواع یک پیچ، دو پیچ و سه پیچ هستند.
- در نوع اول، یک پیچ حلزونی داخل محفظه دوران می کند.
- در نوع دوم، دو محور حلزونی با هم در تماسند و با تفرانس ظرفی دوران می کنند.
- در نوع سوم، یک محور حلزونی در مرکز و دو محور حلزونی هرزگرد در دو طرف قرار دارند.
- دارای عملکرد بسیار آرام، بدون صدا و ارتعاش، قابلیت عملکرد در سرعت‌های بالا، عدم ایجاد جریان اغتشاشی
- دبی زیاد و فشار کم

۲۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ چرخنده ای

• پیچی (ادامه)



۲۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ جابجایی ثابت

• پره ای (Vane)

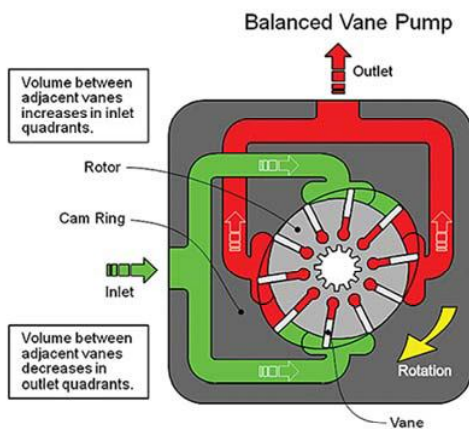
- پمپهای فشار متوسط در صنایع
- در فشار و سرعت تعریف شده دارای بازده حجمی ۸۵-۹۰٪
- دارای حرکت آرام و بدون سرو صدا
- عملکرد آنها بستگی به تمیزی روغن، روانکاری خوب و سرعت محور دارد.
- در انواع دابل (موازی یا سری) قابل دسترس هستند.

۲۵

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ پره ای

• متعادل و نامتعادل



متعادل (Balanced)



نامتعادل (Unbalanced)

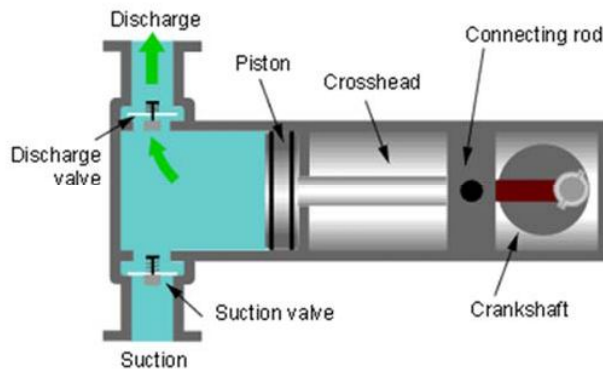
۲۶

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ جابجایی ثابت

• پیستونی (Piston)

- با چرخش مکانیزم دورانی، پیستون ها داخل سیلندر رفت و برگشت می کنند.
- در هر دو نوع جابجایی ثابت و متغیر قابل دسترس هستند.
- دارای بالاترین نسبت توان به وزن، قیمت بالا، بازده بالا، عمر طولانی
- تعمیرات مشکل

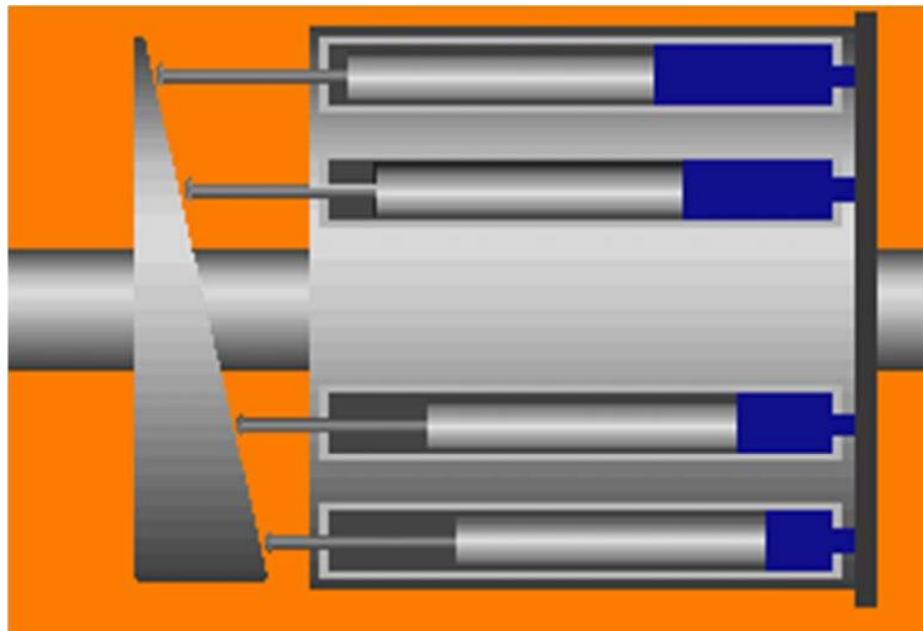


۲۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ پیستونی

• محوری با صفحه swash

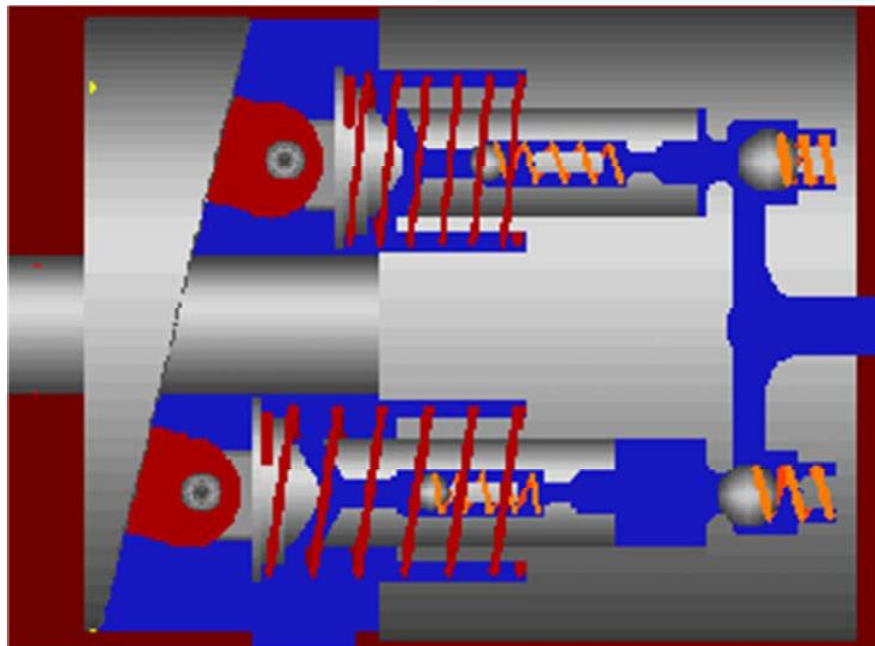


۲۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ پیستونی

• محوری با صفحه wobble

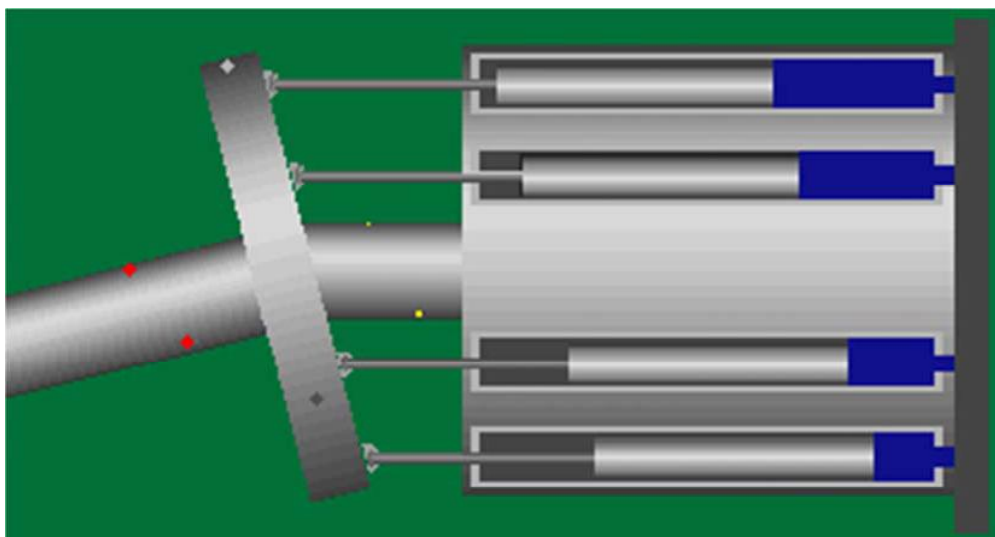


۲۹

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ پیستونی

• محوری با محور خمیده

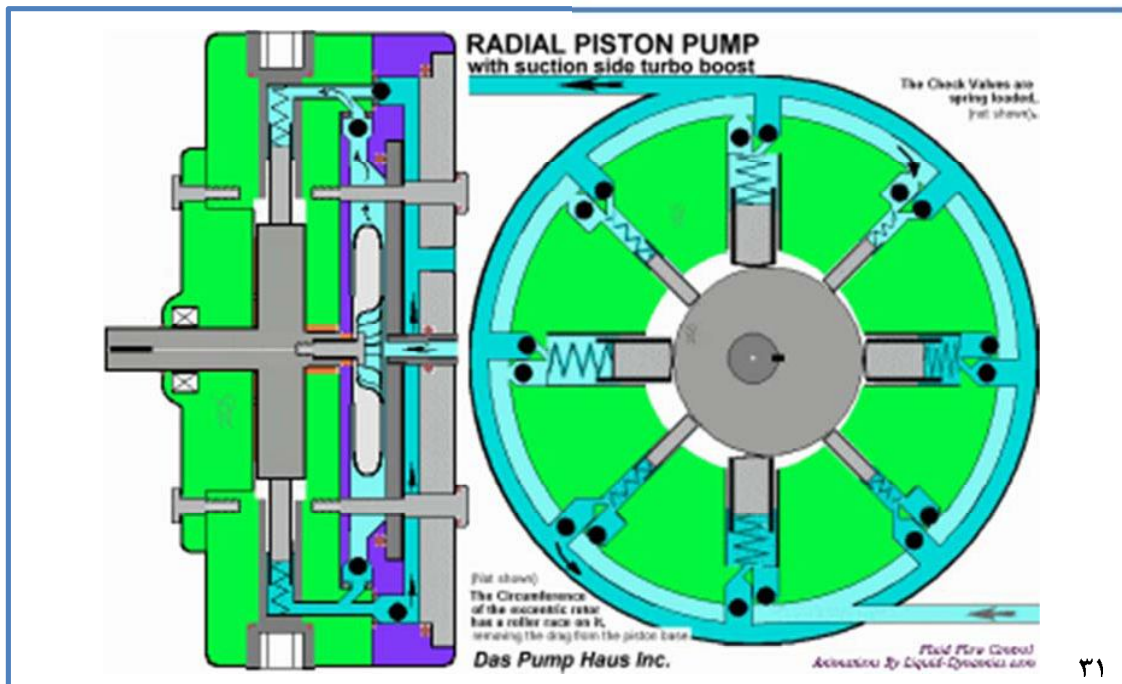


۳۰

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ پیستونی

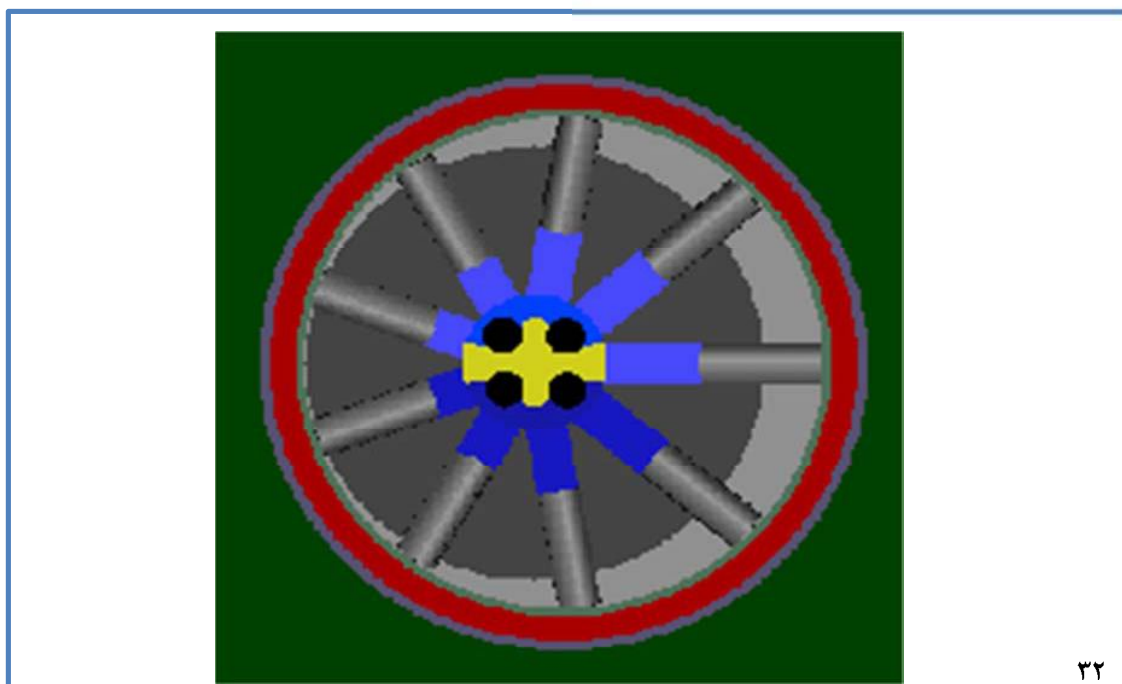
• شعاعی با بلوک ثابت



Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

انواع پمپ پیستونی

• شعاعی با بلوک چرخان



Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• مرور انواع پمپ



۳۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

محاسبات

• حجم جابجایی پمپ

عملکرد کلی همه پمپ ها:

- نیم سیکل اول: یک حفره باز شده و سیال را بدرون می کشد
- نیم سیکل دوم: حفره بسته می شود و سیال را به بیرون میراند

پمپ ها بر اساس دبی که ایجاد و حداکثر فشاری که می توانند تحمل کنند دسته بندی می شوند.

حجم جابجایی پمپ (V):

- حجم سیالی که در هر سیکل از پمپ خارج می شود.

• واحد آن: in^3/rev و cm^3/rev

۳۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

محاسبات

• شدت جریان پمپ (دبی)

شدت جریان پمپ (Q):

- حجم سیالی که پمپ در واحد زمان از خود خارج می کند.

$$Q = V \cdot N$$

- به حجم جابجایی پمپ (V) و سرعت گردش شفت (N) آن بستگی دارد.

- واحد آن: in^3/min یا cm^3/min

- سرعت گردش پمپ های هیدرولیک (N) بطور معمول ۱۲۰۰ یا ۱۸۰۰ rpm یا rev/min است

۳۵

محاسبات

• شدت جریان پمپ (دبی)

مثال:

حجم جابجایی یک پمپ $30 \text{ cm}^3/\text{rev}$ است که توسط یک واحد محرکه با سرعت گردشی 1200 rpm می چرخد. جریان تئوریک پمپ چند لیتر بر دقیقه است؟

$$Q = \frac{V \cdot N}{1000} = \frac{30 \times 1200}{1000} = 36 \text{ lpm}$$

۳۶

محاسبات

• شدت جریان پمپ (دبی)

مثال:

در یک سیستم جدید باید شدت جریان **8 gpm** برقرار باشد. اگر از یک الکتروموتور **1800 rpm** بعنوان محرکه استفاده شود، حجم جابجایی پمپ چقدر باید باشد؟

• فرض: بازده سیستم ۱۰۰٪ است.

• یادآوری: **1 gal=231 in³**

$$V = \frac{231 \cdot Q}{N} = \frac{231 \times 8}{1800} = 1.03 \frac{\text{in}^3}{\text{rev}}$$

۳۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

محاسبات

• گشتاور محرکه پمپ

گشتاور پمپ (**T**):

• گشتاور مورد نیاز برای غلبه بر فشار ایجاد شده در دریچه خروجی پمپ و به گردش در آوردن شفت ورودی پمپ

$$T = \frac{P \cdot V}{2\pi}$$

• واحد آن: **in.lbs** یا **N.m**

۳۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

محاسبات

• گشتاور محرکه پمپ

مثال:

برای یک سیستم هیدرولیک، یک پمپ با تحمل فشار حداکثر 20000 kPa و حجم جابجایی $40 \text{ cm}^3/\text{rev}$ در نظر گرفته شده. گشتاور مورد نیاز واحد محرکه پمپ چقدر باید باشد؟

• فرض: بازدهی سیستم ۱۰۰٪

$$T = \frac{P \cdot V}{2\pi} = \frac{20000000 \frac{N}{m^2} \cdot \left(40 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ cm}^3}\right)}{2\pi}$$
$$= 127.3 \text{ N.m}$$

۳۹

محاسبات

• توان پمپ

توان پمپ:

• با داشتن گشتاور مورد نیاز، می توان توان خروجی واحد محرکه را حساب کرد.

$$HP = \frac{T (\text{in. lb}) \cdot N (\text{rpm})}{63025}$$

$$kW = \frac{T (\text{N.m}) \cdot N (\text{rpm})}{9550}$$

۴۰

محاسبات

• توان پمپ

مثال:

- یک الکتروموتور، یک پمپ هیدرولیک را با سرعت دورانی 1800 rpm و گشتاور 350 in.lb به گردش درمیآورد. توان ورودی پمپ چقدر است؟

$$HP = \frac{T (in. lb) \cdot N (rpm)}{63025} = \frac{350 \times 1800}{63025} = 10 \text{ hp}$$

۴۱

محاسبات

• توان پمپ

توان پمپ:

- با داشتن فشار و دبی نیز می توان توان خروجی واحد محرکه را حساب کرد.

$$HP = \frac{P (psi) \cdot Q (gpm)}{1714}$$

$$kW = \frac{P (kPa) \cdot Q (lpm)}{60000}$$

۴۲

محاسبات

• توان پمپ

مثال:

- شدت جریان یک پمپ هیدرولیک **75 lpm** و حداکثر فشار آن **20000 kPa** است. حداکثر توان خروجی این پمپ چقدر باید باشد؟

$$kW = \frac{P (kPa) \cdot Q (lpm)}{60000} = \frac{20000 \times 75}{60000} = 25 kW$$

۴۳

محاسبات

• بازده پمپ

بازده حجمی پمپ (η_V):

- نسبت شدت جریان واقعی به شدت جریان تئوری پمپ

$$\eta_V = \frac{Q_a}{Q_t}$$

بازده مکانیکی پمپ (η_m):

- نسبت گشتاور تئوری پمپ به گشتاور واقعی

$$\eta_m = \frac{T_t}{T_a}$$

بازده کلی پمپ (η_o):

- مجموع افت توان یک پمپ یا نسبت توان خروجی پمپ به توان ورودی آن یا حاصلضرب بازده حجمی در بازده مکانیکی

$$\eta_o = \eta_V \cdot \eta_m \quad \text{یا} \quad \eta_o = kW_h / kW_i$$

۴۴

محاسبات

• بازده پمپ

مثال:

- حجم جابجایی یک پمپ $2 \text{ in}^3/\text{rev}$ و بازده حجمی آن 0.92 است. اگر پمپ با سرعت 1200 rpm به گردش آید، شدت جریان واقعی پمپ چقدر است.

$$Q_a = \eta_v \cdot Q_t = \eta_v \cdot \frac{V \cdot N}{231}$$

$$= 0.92 \cdot \frac{2 \left(\frac{\text{in}^3}{\text{rev}} \right) \times 1200 \left(\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right)}{231 \left(\frac{\text{in}^3}{\text{gal}} \right)} = 9.56 \text{ gpm}$$

۴۵

محاسبات

• بازده پمپ

مثال:

- در یک سیستم هیدرولیک به شدت جریان 5 gal نیاز است. پمپ مناسب برای این سیستم باید با دور 1200 rpm بپرخد و بازده حجمی آن باید 0.88 باشد. حجم جابجایی این پمپ چقدر باید باشد.

$$V_p = \frac{231 \cdot Q_a}{\eta_v \cdot N} = \frac{231 \left(\frac{\text{in}^3}{\text{gal}} \right) \times 5 \left(\frac{\text{gal}}{\text{min}} \right)}{0.88 \times 1200 \left(\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right)} = 1.094 \frac{\text{in}^3}{\text{rev}}$$

۴۶

محاسبات

• بازده پمپ

مثال: یک پمپ با بازده کلی 0.87 و شدت جریان 45 lpm را قرار است در سیستمی با حداکثر فشار کاری 25000 kPa بکار ببریم. چه مقدار توان ورودی برای به گردش در آوردن این پمپ نیاز است؟

الف) محاسبه توان هیدرولیکی

$$kW_h = \frac{PQ}{60000} = \frac{25000 \text{ kPa} \cdot 45 \text{ lpm}}{60000} = 18.75 \text{ kW}$$

ب) محاسبه توان ورودی

$$kW_i = \frac{kW_h}{\eta_o} = \frac{18.75 \text{ kW}}{0.87} = 21.55 \text{ kW}$$

۴۷

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• اطلاعات فنی پمپها (استاندارد)

پمپهای چرخندهای (دور نامی $n = 1450 \text{ min}^{-1}$; فشار نامی بر حسب bar)

اندازه نامی = دبی \dot{V} in l/min	توان انتقال به کویلینگ پمپ P در kW		
	پمپهای یک طبقه	پمپهای دو طبقه	پمپهای چهار طبقه
1,6	$p = 63 \text{ bar}$ 0,28	$p = 32 \text{ bar}$ —	$p = 32 \text{ bar}$ —
2,5	0,43	0,35	0,7
4	0,7	0,56	1,12
6,3	$p = 100 \text{ bar}$ 1,3	0,88	1,76
10	2,1	1,4	2,8
16	3,3	2,2	4,4
25	5,1	3,5	7
40	6,3	5,6	
63	10	8,8	
100	20	توجه: دبی پمپهای دو و چهار طبقه در هر مورد بسته به نوع آن، دو یا چهار برابر اندازه نامی خواهد بود	
160	34		
250	52		

۴۸

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• اطلاعات فنی پمپها (استاندارد)

پمپها پیستونی شعاعی (دور نامی $n = 1450 \text{ min}^{-1}$)

فشار نامی bar در p	اندازه نامی = دبی $\dot{V} [\text{l/min}]$	توان انتقالی به کوپلینگ [kW]	
		پمپ یک طبقه	پمپ دو طبقه
160	6,3	—	4
	16	5	11
	40	12	26
	100	32	65
	160	51	105
320	6,3	4,5	توجه: دبی این پمپ دو برابر اندازه نامی است
	16	11	
	40	27	
	100	67	

۴۹

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• اطلاعات فنی پمپها (استاندارد)

اطلاعات فنی مربوط به هیدروموتورهای پیستونی محوری (مقادیر استاندارد)

محدوده سرعت دورانی $n = [\text{min}^{-1}]$	اندازه نامی = گشتاور خروجی $M_d [\text{N m}]$	در دور حداکثر P, n_{max} فشار نامی [bar]		
		توان کوپلینگ $P_a [\text{kW}]$	دبی جذب شده $\dot{V}_M [\text{l/min}]$	
			$p = 40$	$p = 80$
10 ... 1500	16	2,4	43	24,3
	25	2,5	44,5	23,3
	40	4	66	38,5
10 ... 1000	63	6,3	—	66
	100	10	—	106
	160	16	—	185
	250	25	—	270

1 kW = 1000 Nm/s (یا J/s)

۵۰

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• اطلاعات فنی پمپها (استاندارد)

مقادیر حداکثری و مرزی. شایان ذکر است که مقادیر حداقل یا حداکثر (مثلاً n_{max} و \dot{V}_{Max}) ضرورتاً با هم حادث نمی‌شوند. $Q\dot{V}$ دبی = یا آهنگ حجمی (برحسب $dm^3/min = l/min$)
سوراخهای صافی یا فیلتر (به μm). $Q\dot{V}$ دبی =

نوع پمپ	فشار سیال هیدرولیک		دور n in min^{-1}		دبی \dot{V}_{max} in l/min	بازده η_{ges}		فشار صدا dB		دقت صافی f in μm
	از	تا	از	تا		از	تا	از	تا	
۱- پمپ چرخنده ای (با دندانه خارجی)	120	250	500	3500	300	50	90	60	80	100
۲- پمپ چرخنده ای (با دندانه داخلی)	100	300	300	3000	100	60	90	60	80	100
۳- پمپ پیچی	150	160	500	3500	1000	60	80	60	80	50
۴- پمپ پره ای	100	200	1000	2000	200	65	85	60	75	50
۵- پمپ پیستونی محوری با دیسک نوک‌ان‌کننده	250		500	2000	100	80	90	75	80	25
با دیسک مایل	400		1000	3000	5000	80	90	70	75	25
با بلوک سیلندر مایل	400		500	6000	2000	80	90	70	75	25
۶- پمپ پیستونی شعاعی	300	650	200	3000	200	80	90	60	80	50

۵۱

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• اطلاعات فنی پمپها (استاندارد)

مقادیر حداکثر و مرزی، یعنی مقادیر حداکثری (مثلاً n_{max} و M_{max}) با هم حادث نمی‌شوند.

نوع هیدروموتور	فشار سیال هیدرولیک bar به p_{max}	دور n_{max} به min	گشتاور Nm به M_{max}	بازده η_l به %
(a) هیدروموتورهای ثابت				
۱- هیدروموتور چرخنده ای (با دندانه خارجی)	220/225	10000	400	85
۲- هیدروموتور چرخنده ای (با دندانه داخلی)	140/150	800	300	80
۳- هیدروموتور	160/180	800	1600	85
(b) هیدروموتورهای ثابت/تنظیم پذیر				
۴- هیدروموتور پره ای دوار	200/220	2000	18000	85
۵- هیدروموتور پیستونی محوری	400/420	6000	22000	90
۶- هیدروموتور پیستونی شعاعی	400/420	700	125000	90

کاربرد: همه انواع موتورهای مورد استفاده در هیدرولیک صنعتی؛ برای هیدرولیک خودرویی (فشار بالا) استفاده از هیدروموتورهای پیستونی محوری و شعاعی ارجحیت دارد.

۵۲

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• گرانروی و دمای روغن پیشنهادی

نوع پمپ	گرانروی (در 50 °C)		حداکثر دمای کار	
	mm ² /s	°E	حالت کار دائم [°C]	حالت کار موقتی [°C]
پمپ محوری چند سیلندره	20...45	3,0...6,0	65	80
پمپ پیستونی محوری با شیر کنترل فشار	10...20	1,8...3,0	80	90...100
پمپهای پره ای دوار	20...40	3,0...5,4	65	90
پمپهای پیستونی شعاعی	10...20	1,8...3,0	65	90
پمپهای پیچی	20...200	3,0...26	80	90...100
پمپهای چرخنده ای	20...40	3,0...5,4	65	90...100
پمپهای ویکرز	12...152	2,0...20		
پمپهای هیدرولیک و Safag	37...45	5,0...6,0	65	80
	20...33	3,0...4,5		

توجه: معمولاً شرکت‌های سازنده پمپها و دستگاههای هیدرولیکی روغن شرکت خاصی را پیشنهاد نمی‌کنند، بلکه استفاده از روغنهای با گرانروی خاص را توصیه نموده و محدوده دمای کار مجاز را برای آن مشخص می‌کنند (1 cSt = 1 mm²/s : 0,01 cm²/s = 1 mm²/s).
واحد SI است).

۵۳

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi

پمپ هیدرولیک

• سازگاری آب بندها با سیالات

ماده آب بند	سیال هیدرولیکی							
	نقطه آنیلین روغن معدنی		محلول کیلکول و آب	دی استر	استر فسفات		استر هالورنه	استر سیلیکات
	پایین	بالا			مرکب	پایه		
Buna N	sg	sg	sg	ar	sl	sl	sl	ar
S	sl	sl	sg	sl	sl	sl	sl	sl
Butyl	sl	sl	sg	sl	sg	ar	sl	sl
Chloroprene	ar	g	sg	sl	sl	sl	sl	sl
چرم : بارور شده								
با موم	g	g	sl	sl	g	ar	sl	sl
با پلی سولفید	sg	sg	sl	sl	g	ar	sl	sl
با پلی اورتان	sg	sg	sl	—	sl	sl	—	—
Polysulfide	sg	sg	sg	sl	ar	ar	sl	ar
Polyurethane	sg	sg	sl	—	sl	sl	—	—
Silikone	sl	g	sl	ar	sl	ar	sl	ar
Teflone	sg	sg	sg	—	sg	sg	g	—
Viton	sg	sg	sg	g	g	sg	g	g

معنای علائم اختصاری: sg = خیلی خوب، g = خوب، ar = به اندازه کافی مناسب، sl = نامناسب

۵۴

Hydraulics & Pneumatics © S.M.H. Seyedkashi