



AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

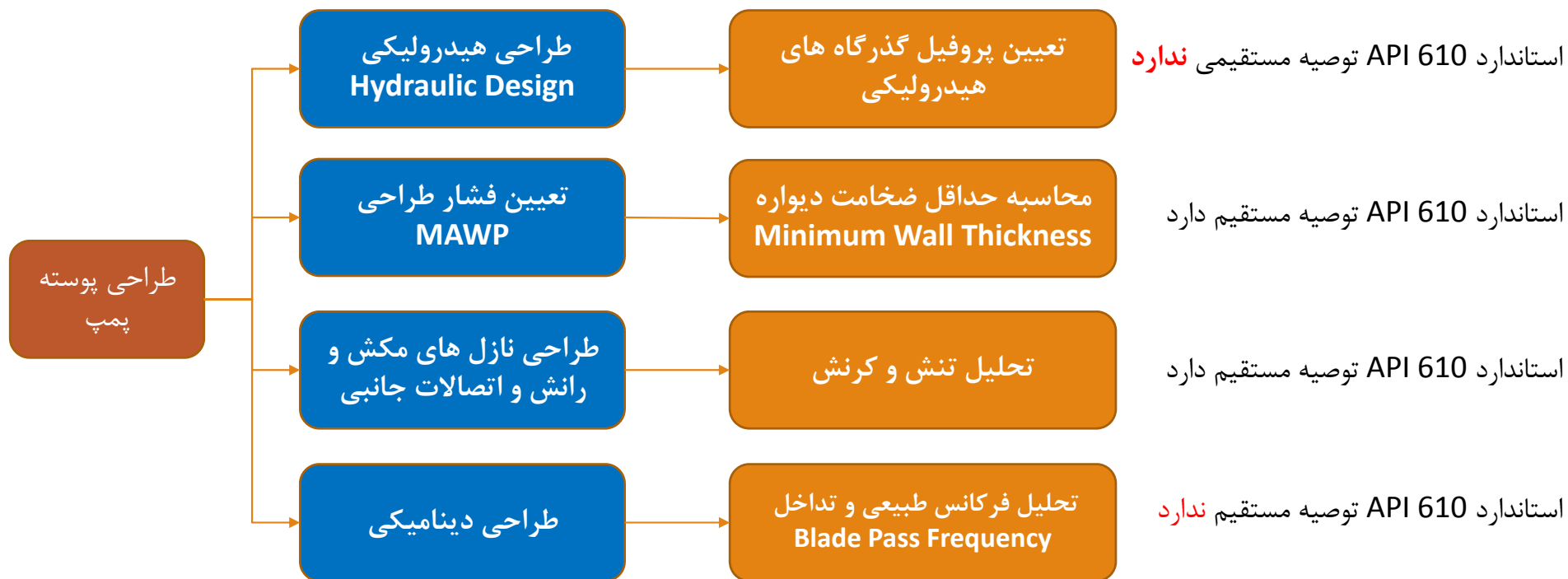
ویرایش یازدهم
سال ۲۰۱۰

آموزش استاندارد API 610

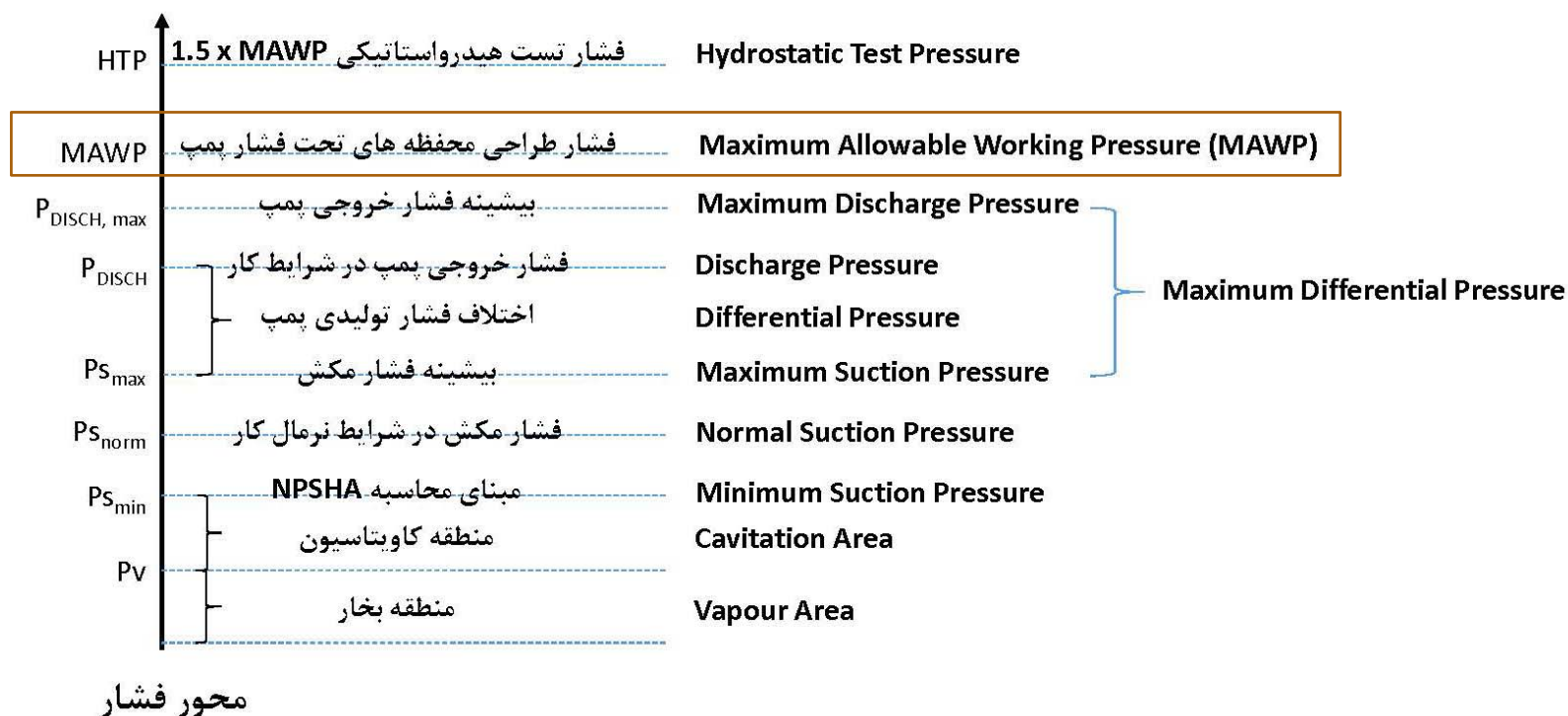
گفتار دهم: طراحی پوسته های تحت فشار پمپ

DESIGN OF PUMP PRESSURE CASING

طراحی پوسته های تحت فشار



تعیین فشار طراحی MAWP



تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

$$MAWP)_{\min} = (\text{Max. Disch. Press.}) + (\text{Max. Diff. Press.}) \times 0.1$$

$$MAWP)_{\min} = (\text{Max. Suct. Press.} + \text{Max. Diff. Press.}) + (\text{Max. Diff. Press.}) \times 0.1$$

$$MAWP)_{\min} = (\text{Max. Suct. Press.}) + (\text{Max. Diff. Press.}) \times 1.1$$

$$MAWP)_{\min} = P_{\text{Suct. Max}} + P_{\text{shut off}} \times 1.1$$



0 بیشینه فشار کاری مجاز

Maximum Allowable Working

Pressure (MAWP) : بیشینه فشار

مداوم برای اینکه سازنده، پمپ (یا هر قطعه

ای که عبارت MAWP به آن نسبت داده

می شود) را با سیال مشخص شده در

بیشینه دمای کاری مشخص شده (شامل

مکانیکال سیل نمی شود) طراحی کند.

تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

$$MAWP)_{\min} = P_{\text{Suct. Max}} + P_{\text{shut off}} \times 1.1$$

$$P_{\text{Suct. Max}} = \rho_{\text{Normal}} \times g \times H_{\text{suct. Max}}$$

$$P_{\text{shut off}} = \rho_{\text{Normal}} \times g \times H_{\text{shut off, Rated Imp. Dia}}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{Suct. Max}} = \rho_{\text{Max.}} \times g \times H_{\text{suct. Max}}$$

$$P_{\text{shut off}} = \rho_{\text{Max.}} \times g \times H_{\text{shut off, Max. Imp. Dia / Max. Stage / Trip Speed}}$$

- اگر مشخص شده باشد، در محاسبه بیشینه فشار مکش و فشار نقطه شات آف باید بیشینه دانسیته مشخص شده سیال در هر شرایط کاری در نظر گرفته شود.

- اگر مشخص شده باشد، فشار نقطه شات آف باید بر مبنای نصب پروانه با قطر ماکزیمم و یا تعداد طبقاتی که پمپ جا دارد، محاسبه شود.

- اگر مشخص شده باشد، فشار نقطه شات آف باید در سرعت تریپ Trip Speed محاسبه شود.

تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

- مثال ۱: حداقل فشار طراحی MAWP پمپ سانتریفیوژی با مشخصات ذیل را مطابق با توصیه API 610 محاسبه کنید؟

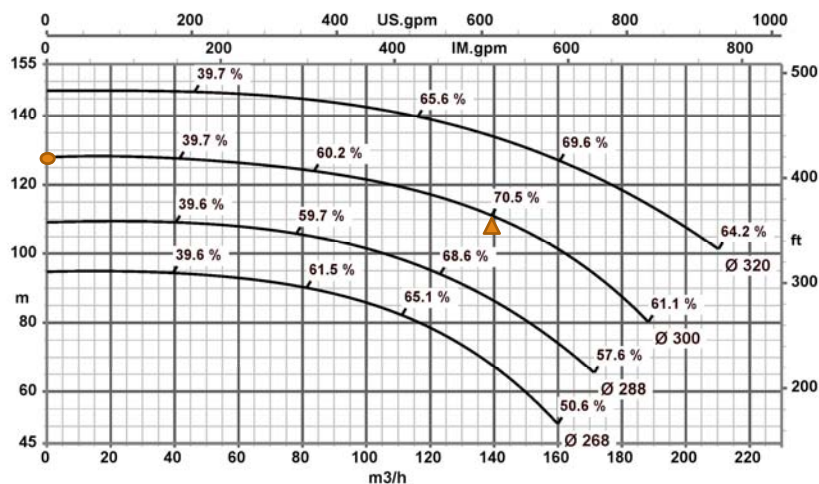
* هد نقطه کاری: ۱۱۰ متر

* افزایش هد تا نقطه دبی صفر (Head Rise to Shut off): ۱۵ درصد

* بیشینه فشار مکش برابر با ۱,۷ بار مطلق

* پمپ بر اساس کارکرد، ممکن است سیالاتی مانند نفت سفید (با دانسیته ۸۷۰ کیلو گرم بر متر مکعب)، گازوئیل (با دانسیته ۸۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب) و یا بنزین (با دانسیته ۸۳۰ کیلو گرم بر متر مکعب) را پمپاژ کند.

حل: از آنجا که پمپ سیالات مختلفی را ممکن است پمپاژ کند، لذا برای محاسبه MAWP می بایست بدترین حالت یعنی حالتی که پمپ سیال سنگین تر نفت سفید با دانسیته ۸۷۰ کیلوگرم بر متر مکعب را پمپاژ می کند را در نظر گرفت.



تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

– ادامه حل مثال ۱:

لذا خواهیم داشت:

$$\text{MAWP})_{\min} = P_{\text{Suct. Max}} + P_{\text{shut off}} \times 1.1$$

$$\text{MAWP})_{\min} = 1.7 \text{ bara} + P_{\text{shut off}} \times 1.1$$

هد نقطه شات آف برابر است با :

$$H_{\text{shut off}} = H_{\text{rated}} \times 1.15$$

$$H_{\text{shut off}} = 110 \times 1.15 = 126.5 \text{ m}$$

و در نتیجه فشار نقطه شات آف با قطر پروانه کاری و در سرعت کاری برابر خواهد بود با:

$$P_{\text{shut off}} = 870 \times 9.81 \times 126.5 \text{ (Pa)}$$

$$P_{\text{shut off}} = 10.8 \times 10^5 \text{ Pascals or } 10.8 \text{ bar}$$

تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

– ادامه حل مثال ۱:

لذا می توان نوشت:

$$MAWP)_{\min} = 1.7 \text{ bara} + (10.8 \text{ bar} \times 1.1)$$

$$MAWP)_{\min} = 13.6 \text{ bara}$$

در مثال فوق باید دقت داشت که فشار مکش نیز بر اساس دانسیته سیال بالاتر (نفت سفید) محاسبه شده باشد. اگر اینطور نباشد، محاسبات میبایست برای بدست آوردن بیشینه فشار مکش، مجدداً انجام شود.

تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

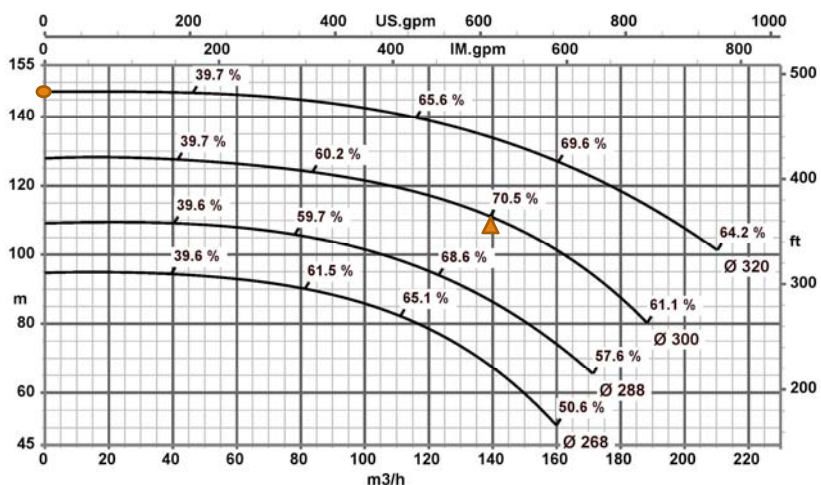
مثال ۲: در مثال ۱، اگر فشار نقطه شات آف با بیشینه قطر پروانه برابر با

۱۲٫۶ بار باشد، حداقل MAWP پمپ چقدر باید باشد؟

حل: اگر طور دیگری مشخص نشده باشد، حداقل MAWP همان است که

در مثال ۱ بدست آمد. اما اگر خواسته شده باشد که MAWP بر اساس

بیشینه قطر پروانه محاسبه گردد، خواهیم داشت:



$$MAWP)_{\min} = 1.7 \text{ bara} + (12.6 \text{ bar} \times 1.1)$$

$$MAWP)_{\min} = 15.6 \text{ bara}$$

تعیین فشار طراحی MAWP – ادامه

مثال ۳: در مثال ۲، اگر سرعت تریپ پمپ ۷ درصد بالاتر از سرعت کارکرد پمپ باشد، حداقل MAWP پمپ چقدر خواهد شد؟
حل: مطابق با قوانین تشابه، افزایش ۷ درصد در سرعت، افزایش ۱۴,۵ درصد در هد پمپ را خواهد داشت. (افزایش هد با توان دوم افزایش سرعت رابطه دارد). لذا فشار نقطه شات آف با افزایش ۱۴,۵ درصدی همراه خواهد بود و می توان نوشت:

$$MAWP)_{\min} = 1.7 \text{ bara} + ((12.6 \text{ bar} \times 1.145) \times 1.1)$$

$$MAWP)_{\min} = 17.57 \text{ bara}$$

تعیین دمای طراحی MAWT



بیشینه دمای مجاز **Maximum Allowable Temperature: MAWT**

بیشینه دمای مداوم برای اینکه سازنده، پمپ (یا هر قطعه ای که این عبارت به آن نسبت داده می شود) را با سیال مشخص شده در بیشینه فشار کاری مشخص شده (شامل مکانیکال سیل نمی شود) طراحی کند.

در واقع طراح پمپ، محفظه های تحت فشار را برای **MAWP** محاسبه شده و **MAWT** مشخص شده طراحی می کند. دمای طراحی روی مقادیر تنش تسلیم و تنش نهایی ماده تاثیر مستقیم دارد و در صورتی که این دما بیشتر از ۳۸ درجه سانتیگراد باشد، ممکن است باعث افزایش ضخامت دیواره های محفظه می شود.

تعیین فشار طراحی MAWP – انواع پمپ API

نوع پمپ	حداقل فشار طراحی MAWP	توضیحات
پمپ های VS1, BB1 VS2, VS3, VS4, VS5	فشار معادل با فلنج چدنی مطابق استاندارد ISO 7005-2 PN 20 یا ISO 7005-1 PN 20 برای فلنج های فولادی با گرید متریال مشابه با آن محفظه فشار	طبق Note 1 استاندارد ذیل بند ۵, ۳, ۶: استاندارد ANSI/ASME B16.1 Class 125 مشابه با ISO 7005-2 PN 20 می باشد و ANSI/ASME B 16.5 Class 150 مشابه با ISO 7005-1 PN 20 است.
سایر پمپ ها	فشار نسبی Gauge مشابه با حداقل ۴۰ بار در دمای ۳۸ درجه سانتیگراد	طبق Note 2 استاندارد ذیل همین مانده: برای ویرایش های بعدی این استاندارد، تمامی پمپ های OH, BB1 و BB2 با فلنج های ISO 7005-1 PN50، لازم است MAWP مشابه با فلنج هایشان داشته باشند. طبق Note 4: ANSI/ASME B16.5 Class 300 مشابه با ISO 7005-1 PN 50 می باشد
- اگر طور دیگری مشخص نشده باشد، پمپ های VS6, VS7, OH6 و پمپ های افقی طبقاتی (پمپ های BB3, BB4 و BB5) ممکن است برای ریتینگ فشاری دوگانه طراحی شوند و در واقع فشار طراحی سمت مکش و رانش متفاوت باشد. اگر مشخص شود، منطقه مکش باید برای همان MAWP بخش رانش طراحی شود. خریدار می بایست نصب شیرهای اطمینان روی سمت مکش این نوع پمپ ها را مورد توجه قرار دهد.		

- طبق بند ۵, ۳, ۶ استاندارد، حداقل MAWP باید بیشینه فشار خروجی بعلاوه ۱۰ درصد بیشینه اختلاف فشار قابل تولید پمپ باشد و نباید کمتر از جدول روبرو باشد:

ریتیک فشار و دما مطابق ASME B 16.5

Table 2-1.1 Pressure–Temperature Ratings for Group 1.1 Materials

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C–Si	A 105 (1)	A 216 Gr. WCB (1)	A 515 Gr. 70 (1)
C–Mn–Si	A 350 Gr. LF2 (1)	...	A 516 Gr. 70 (1), (2)
C–Mn–Si–V	A 350 Gr. LF6 Cl. 1 (3)	...	A 537 Cl. 1 (4)
3½Ni	A 350 Gr. LF3	...	...
Working Pressure by Classes, bar			
Class			
Temp., °C	150	300	400 600 900 1500 2500
–29 to 38	19.6	51.1	68.1 102.1 153.2 255.3 425.5
50	19.2	50.1	66.8 100.2 150.4 250.6 417.7
100	17.7	46.6	62.1 93.2 139.8 233.0 388.3
150	15.8	45.1	60.1 90.2 135.2 225.4 375.6
200	13.8	43.8	58.4 87.6 131.4 219.0 365.0
250	12.1	41.9	55.9 83.9 125.8 209.7 349.5
300	10.2	39.8	53.1 79.6 119.5 199.1 331.8
325	9.3	38.7	51.6 77.4 116.1 193.6 322.6
350	8.4	37.6	50.1 75.1 112.7 187.8 313.0
375	7.4	36.4	48.5 72.7 109.1 181.8 303.1
400	6.5	34.7	46.3 69.4 104.2 173.6 289.3

NOTES:

- (1) Upon prolonged exposure to temperatures above 425°C, the carbide phase of steel may be converted to graphite. Permissible but not recommended for prolonged use above 425°C.
- (2) Not to be used over 455°C.
- (3) Not to be used over 260°C.
- (4) Not to be used over 370°C.

Table 2-2.2 Pressure–Temperature Ratings for Group 2.2 Materials

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
16Cr 12Ni 2Mo	A 182 Gr. F316 (1) A 182 Gr. F316H	A 351 Gr. CF3M (2) A 351 Gr. CF8M (1)	A 240 Gr. 316 (1) A 240 Gr. 316H
18Cr–13Ni–3Mo	A182Gr. F317 (1)	...	A 240 Gr. 317 (1)
19Cr 10Ni 3Mo	...	A 351 Gr. CG8M (3)	...
Working Pressures by Classes, bar			
Class			
Temp., °C	150	300	400 600 900 1500 2500
–29 to 38	19.0	49.6	66.2 99.3 148.9 248.2 413.7
50	18.4	48.1	64.2 96.2 144.3 240.6 400.9
100	16.2	42.2	56.3 84.4 126.6 211.0 351.6
150	14.8	38.5	51.3 77.0 115.5 192.5 320.8
200	13.7	35.7	47.6 71.3 107.0 178.3 297.2
250	12.1	33.4	44.5 66.8 100.1 166.9 278.1
300	10.2	31.6	42.2 63.2 94.9 158.1 263.5
325	9.3	30.9	41.2 61.8 92.7 154.4 257.4
350	8.4	30.3	40.4 60.7 91.0 151.6 252.7
375	7.4	29.9	39.8 59.8 89.6 149.4 249.0
400	6.5	29.4	39.3 58.9 88.3 147.2 245.3

NOTES:

- (1) At temperatures over 538°C, use only when the carbon content is 0.04% or higher.
- (2) Not to be used over 455°C.
- (3) Not to be used over 538°C.

ریتیک فشار و دما مطابق ASME B 16.5 – ادامه

Table 2-2.1 Pressure–Temperature Ratings for Group 2.1 Materials

Nominal Designation	Forgings		Castings		Plates		
18Cr–8Ni	A 182 Gr. F304 (1)		A 351 Gr. CF3 (2)		A 240 Gr. 304 (1)		
18Cr 8Ni	A 182 Gr. F304H		A 351 Gr. CF8 (1)		A 240 Gr. 304H		
Working Pressures by Classes, bar							
Temp., °C	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
–29 to 38	19.0	49.6	66.2	99.3	148.9	248.2	413.7
50	18.3	47.8	63.8	95.6	143.5	239.1	398.5
100	15.7	40.9	54.5	81.7	122.6	204.3	340.4
150	14.2	37.0	49.3	74.0	111.0	185.0	308.4
200	13.2	34.5	46.0	69.0	103.4	172.4	287.3
250	12.1	32.5	43.3	65.0	97.5	162.4	270.7
300	10.2	30.9	41.2	61.8	92.7	154.6	257.6
325	9.3	30.2	40.3	60.4	90.7	151.1	251.9
350	8.4	29.6	39.5	59.3	88.9	148.1	246.9
375	7.4	29.0	38.7	58.1	87.1	145.2	241.9
400	6.5	28.4	37.9	56.9	85.3	142.2	237.0

محاسبه فشار تست هیدرواستاتیکی

- فشار تست هیدرواستاتیکی 1.5 برابر فشار MAWP در دمای MAWT می باشد. از آنجا که تست هیدرواستاتیکی در دمای محیط انجام می شود، لذا باید فشار MAWP در دمای محیط (و نه دمای طراحی) معادل سازی شود.

مثال ۴: در مثال ۳ در صورتی که پمپ از نوع VS4 و دمای طراحی ۱۰۰ درجه سانتیگراد و پوسته پمپ از متریال کربن استیل A 216 WCB باشد، فشار تست هیدرواستاتیکی در دمای محیط چقدر است؟

حل: از مثال ۳، حداقل MAWP برابر با ۱۷,۵۷ بار بدست آمد.

با مقایسه این عدد با جدول ASME B 16.5 در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و کلاس فلنج ۱۵۰ پوند، MAWP برابر با ۱۷,۷ بار در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد بدست می آید.

این فشار معادل فشار ۱۹,۶ بار در دمای محیط (تا ۳۸ درجه سانتیگراد) می باشد. لذا فشار تست هیدرواستاتیکی برابر با ۲۹,۴ بار خواهد بود.

Table 2-1.1 Pressure-Temperature Ratings for Group 1.1 Materials

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C-Si	A 105 (1)	A 216 Gr. WCB (1)	A 515 Gr. 70 (1)
C-Mn-Si	A 350 Gr. LF2 (1)	...	A 516 Gr. 70 (1), (2)
C-Mn-Si-V	A 350 Gr. LF6 Cl 1 (3)	...	A 537 Cl. 1 (4)
3 1/2 Ni	A 350 Gr. LF3	...	...

Working Pressure by Classes, bar							
Temp., °C	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-29 to 38	19.6	51.1	68.1	102.1	153.2	255.3	425.5
50	19.2	50.1	66.8	100.2	150.4	250.6	417.7
100	17.7	46.6	62.1	93.2	139.8	233.0	388.3
150	15.8	45.1	60.1	90.2	135.2	225.4	375.6
200	13.8	43.8	58.4	87.6	131.4	219.0	365.0
250	12.1	41.9	55.9	83.9	125.8	209.7	349.5
300	10.2	39.8	53.1	79.6	119.5	199.1	331.8
325	9.3	38.7	51.6	77.4	116.1	193.6	322.6
350	8.4	37.6	50.1	75.1	112.7	187.8	313.0
375	7.4	36.4	48.5	72.7	109.1	181.8	303.1
400	6.5	34.7	46.3	69.4	104.2	173.6	289.3

محاسبه فشار تست هیدرواستاتیکی – ادامه

مثال ۵: در صورتی که در مثال ۴، پمپ از نوع OH2 باشد، فشار تست هیدرواستاتیکی در دمای محیط چقدر است؟

Table 2-1.1 Pressure-Temperature Ratings for Group 1.1 Materials

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C-Si	A 105 (1)	A 216 Gr. WCB (1)	A 515 Gr. 70 (1)
C-Mn-Si	A 350 Gr. LF2 (1)	...	A 516 Gr. 70 (1), (2)
C-Mn-Si-V	A 350 Gr. LF6 Cl 1 (3)	...	A 537 Cl. 1 (4)
3 1/2 Ni	A 350 Gr. LF3	...	...

Working Pressure by Classes, bar							
Temp., °C	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-29 to 38	19.6	51.1	68.1	102.1	153.2	255.3	425.5
50	19.2	50.1	66.8	100.2	150.4	250.6	417.7
100	17.7	46.6	62.1	93.2	139.8	233.0	388.3
150	15.8	45.1	60.1	90.2	135.2	225.4	375.6
200	13.8	43.8	58.4	87.6	131.4	219.0	365.0
250	12.1	41.9	55.9	83.9	125.8	209.7	349.5
300	10.2	39.8	53.1	79.6	119.5	199.1	331.8
325	9.3	38.7	51.6	77.4	116.1	193.6	322.6
350	8.4	37.6	50.1	75.1	112.7	187.8	313.0
375	7.4	36.4	48.5	72.7	109.1	181.8	303.1
400	6.5	34.7	46.3	69.4	104.2	173.6	289.3

حل: مطابق استاندارد API 610 ویرایش یازدهم، برای پمپ OH2، حداقل

فشار MAWP برابر با ۴۰ بار در دمای ۳۸ درجه می باشد. هرچند که برای

ویرایش های بعدی استاندارد، این فشار برابر با فشار نامی فلنج هایشان

خواهد بود. یعنی در این مثال MAWP حداقل برابر با ۴۶٫۶ بار در دمای

۱۰۰ درجه (یا ۵۱٫۱ بار در دمای ۳۸ درجه) خواهد بود. حال مسئله این

است که فشار ۴۰ بار در دمای ۳۸ درجه، معادل چه فشاری در دمای ۱۰۰

درجه است که بر اساس آن، مقایسه با عدد ۱۷٫۵۷ بار انجام گیرد؟

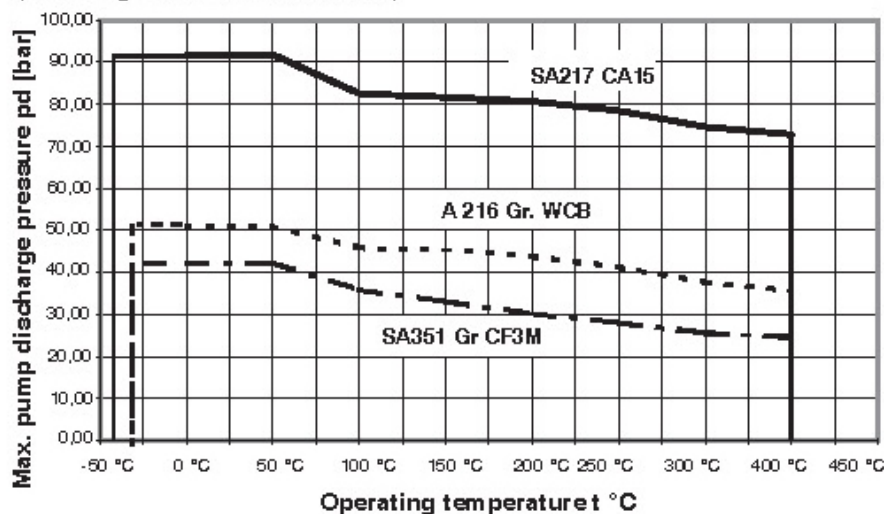
محاسبه فشار تست هیدرواستاتیکی – ادامه

ادامه حل مثال ۵

Pressure and Temperature Limits

Pressure and temperature limits for pressure-retaining components

(Bearing brackets B02-B06)



برای این منظور، سازنده باید منحنی فشار بر حسب دمای پمپ طراحی شده را ارائه نماید (مشابه شکل روبرو).

این منحنی معمولاً مشابه جداول Pressure – Temperature Rating استاندارد ASME B 16.5 می باشد.

از جداول ASME B 16.5 برای متریال A 216 WCB می توان اینطور استنباط نمود که با افزایش دما تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد، MAWP برابر با نسبت ۵۱،۱ به ۴۶،۶ بار کاهش می یابد. یعنی ۸،۸ درصد. بنابراین MAWP پمپ OH2 با متریال A 216 WCB که در دمای ۳۸ درجه ۴۰ بار می باشد، در دمای ۱۰۰ درجه برابر خواهد بود با : 36.5 barg

تأثیر دما بر فشار تست هیدرواستاتیکی

مطابق بند ۸,۳,۲,۶ استاندارد API 610 ویرایش یازدهم، اگر قطعه ای که تحت تست هیدرواستاتیکی است، در دمایی کار می کند که استحکام ماده کمتر از استحکام همان ماده در دمای تست می باشد، فشار تست هیدرواستاتیکی باید در ضریبی به صورت زیر بدست می آید، ضرب شود:

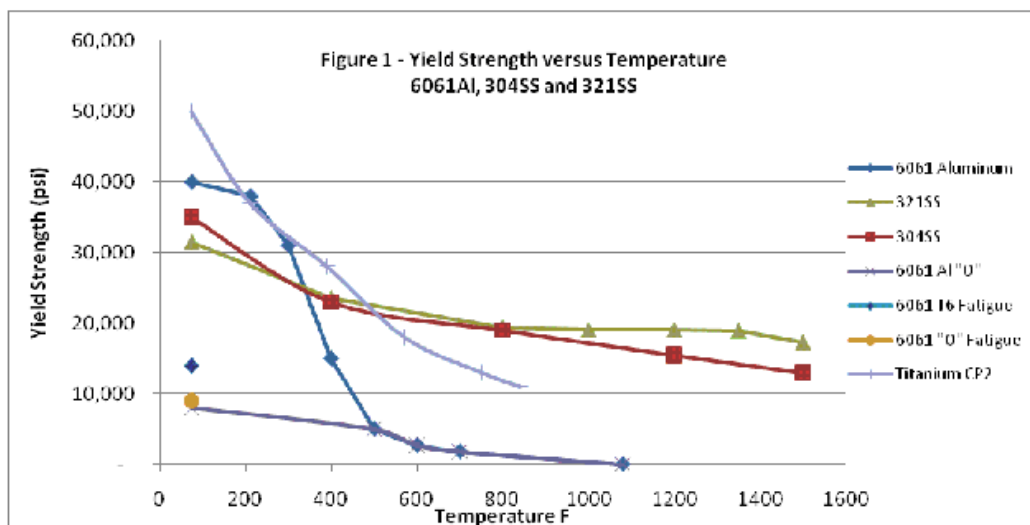
$$A.W.S @ T_{Test} / A.W.S @ T_{Rated}$$

که Allowable Working Stress : AWS :

مقادیر تنش باید مطابق بند ۶,۳,۴ باشند.

برای تجهیزات پاپینگ، تنش ها باید مطابق با ASME B31.3 باشد.

فشاری که به این طریق بدست می آید، حداقل فشار تست هیدرواستاتیکی می باشد.



تأثیر دما بر فشار تست هیدرواستاتیکی – ادامه

Table 4 — Casting factors

Type of NDE	Casting factor
Visual, magnetic particle and/or liquid penetrant	0,8
Spot radiography	0,9
Ultrasonic	0,9
Full radiography	1,0

$$AWS = (0.25 \times \sigma_{Ultimate} \text{ or } 0.67 \times \sigma_{Yield}) \times C.F$$

C.F : Casting factor

مطابق بند ۴,۳,۶ تنش کششی که در طراحی پوسته های فشاری پمپ ها با هر متریالی استفاده می شوند، نباید بیشتر از ۰,۲۵ حداقل استحکام نهایی کششی یا ۰,۶۷ حداقل استحکام تسلیم آن ماده (هر کدام که کمتر شد) در محدوده کامل دماهای عملکردی باشد.

برای پوسته های ریخته گری، مقادیر تنش کششی طراحی باید در فاکتور مناسب ریخته گری که در جدول ۴، نشان داده شده است، ضرب شود.

مثال ۶: مقدار تنش کششی طراحی برای پوسته پمپی با متریال A 216 WCB با آزمون های غیر مخرب NDE از نوع MT و PT چقدر خواهد بود:

تأثیر دما بر فشار تست هیدرواستاتیکی – ادامه

ادامه مثال ۶

حل : مطابق با استاندارد ASTM A 216 استحکام کششی متریال A 216 WCB بین ۴۸۵ تا ۶۵۵ و تنش تسلیم آن حداقل ۲۵۰ مگاپاسکال می باشد.

لذا ۰,۲۵ حداقل استحکام کششی این ماده برابر است با ۱۲۱ مگاپاسکال و ۰,۶۷ حداقل تنش تسلیم آن نیز برابر با ۱۶۷,۵ مگاپاسکال. بنابراین مقدار ۱۲۱ مگاپاسکال را انتخاب می کنیم.

از جدول ۴ استاندارد API 610 ضریب ریخته گری را برابر با ۰,۸ انتخاب می کنیم.

بنابراین تنش کششی طراحی برابر خواهد بود با :

$$AWS = 0.8 \times 121 \text{ [Mpa]}$$

$$AWS = 96.8 \text{ [Mpa] @ Room Temp.}$$

تأثیر دما بر فشار تست هیدرواستاتیکی – ادامه

مثال ۷: در مثال ۶، اگر دمای طراحی پمپ ۱۰۰ درجه سانتیگراد باشد، تنش کششی طراحی چقدر خواهد بود؟

حل: از نتایج مثال ۵ می توان نتیجه گرفت که کاهش تنش کششی طراحی برابر با ۸,۸ درصد می باشد. بنابراین با توجه به نتیجه مثال ۶؛ تنش کششی طراحی برابر خواهد بود با:

$$AWS = 0.912 \times 96.8 [\text{Mpa}]$$

$$AWS = 88.3 [\text{Mpa}] @ 100^\circ \text{C}.$$

و یا به عبارت دیگر:

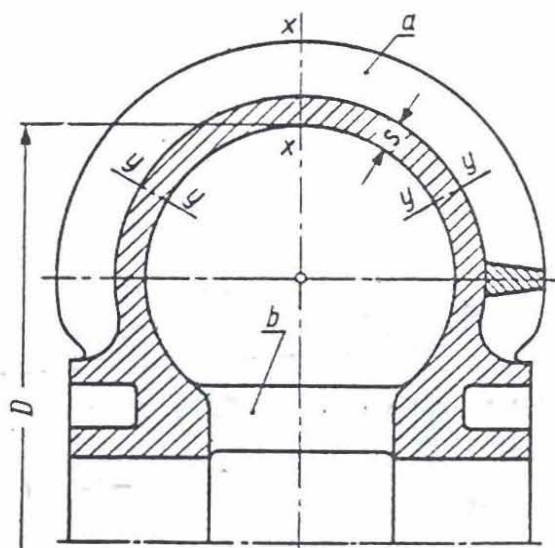
$$A.W.S @ T_{\text{Test}} = 96.8 [\text{Mpa}]$$

$$A.W.S @ T_{\text{Rated}} = 88.3 [\text{Mpa}]$$

$$A.W.S @ T_{\text{Test}} / A.W.S @ T_{\text{Rated}} = 96.8 / 88.3 = 1.096$$

محاسبه حداقل ضخامت مجاز پوسته

محاسبه حداقل ضخامت مجاز پوسته مانند مخازن جدار نازک تحت فشار می باشد.



$$s = 0.1 \frac{D \cdot MAWP}{AWS} + z + a$$

S : حداقل ضخامت دیواره پوسته (این معادله تقریبی و ساده شده است).

D : بزرگترین قطر گذرگاه پوسته بر حسب mm

MAWP : فشار طراحی بر حسب barg

AWS : تنش کششی طراحی در دمای طراحی بر حسب MPa

z : ضخامت مجاز برای عدم دقت در ریخته گری (بین ۲ تا ۳ میلیمتر)

a : حداقل خوردگی مجاز (۳ میلیمتر)

$$AWS = (0.25 \times \sigma_{Ultimate} \text{ or } 0.67 \times \sigma_{Yield}) \times C.F$$

C.F : Casting factor

محاسبه حداقل ضخامت مجاز پوسته – مثال

مثال ۸: در مثال ۷، حداقل ضخامت جداره پوسته پمپ OH2 با فرض اینکه بیشترین قطر گذرگاه پوسته ۳۲۰ میلیمتر باشد، چقدر خواهد بود؟

حل:

از نتایج مثال ۷ می توان نوشت:

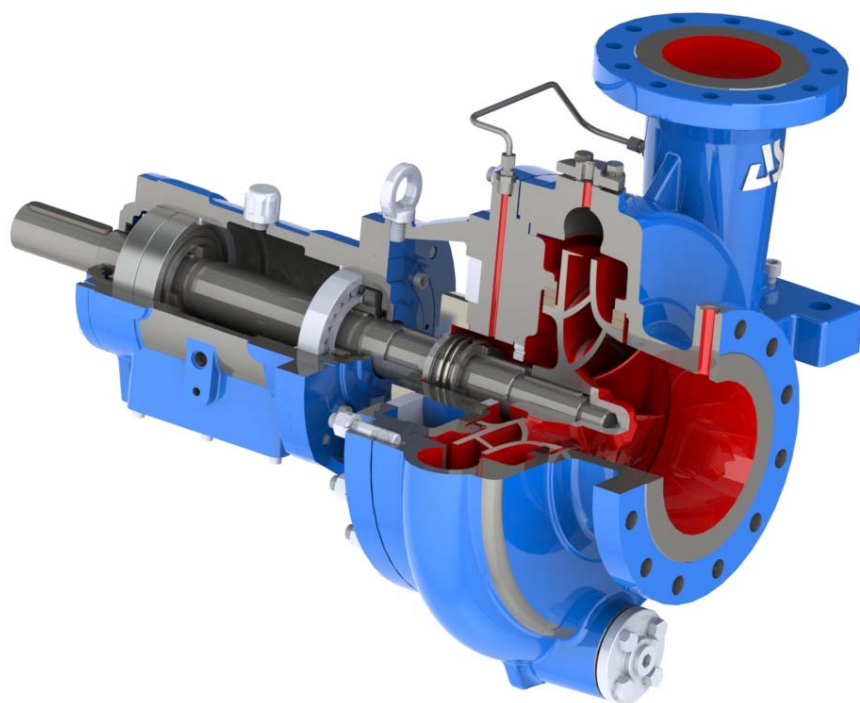
$$A.W.S @ T_{Rated} = 88.3 \text{ [Mpa]}$$

همچنین مقدار پارامترهای a و z را برابر با ۳ میلیمتر در نظر می گیریم. لذا داریم:

$$s = 0.1 \frac{320 \times 36.5}{88.3} + 3 + 3$$

$$S = 19.3 \text{ mm}$$

طراحی اتصالات و نازل های پوسته

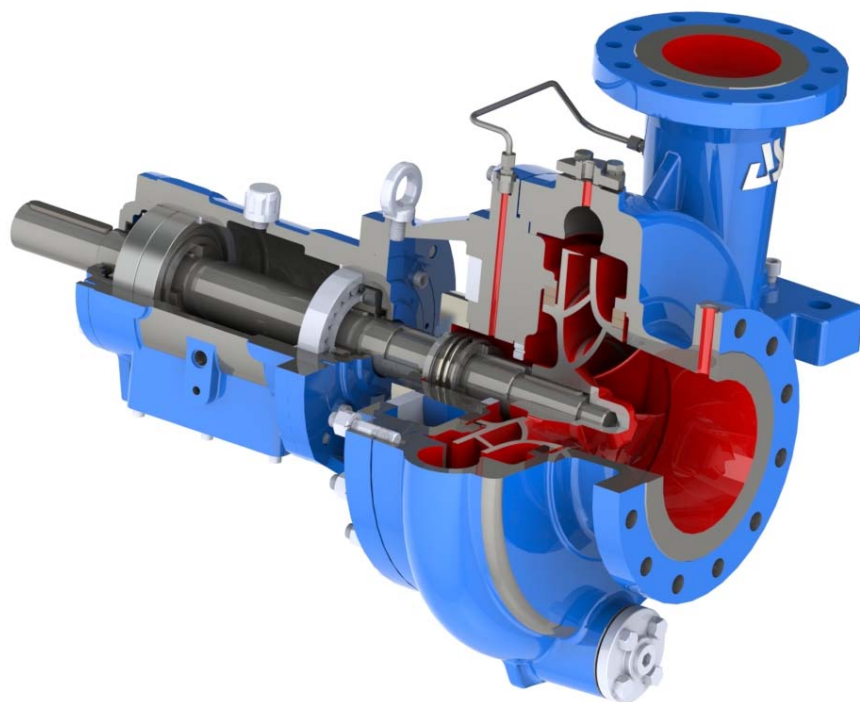


- مطابق بند ۶,۴,۱,۱ نازل ها و سایر اتصالات پوسته های تحت فشار باید سایزهای استاندارد داشته باشند و نباید از سایزهای زیر استفاده شود: DN 32, DN 65, DN 175, DN 225, NPS 1 ¼", NPS 2 ½", NPS 3 ½", NPS 5, NPS 9)

- اتصالات پوسته به غیر از نازل های مکش و رانش برای پمپ های با سایز خروجی ۲ اینچ و کوچکتر باید حداقل (NPS ½") DN 15 باشد. برای پمپ ها با سایز خروجی ۳ اینچ و بزرگتر، اتصالات باید حداقل (NPS ¾") DN 20 باشد. به غیر از اتصالات مربوط به فلاشینگ مکانیکال سیل و گیج ها که ممکن است صرفنظر از سایز پمپ (NPS ½") DN 15 باشند.

- فلنج های چدنی باید Flat Faced باشند.

طراحی اتصالات و نازل های پوسته



- مطابق بند ۶,۴,۳,۱۴ تمامی پمپ ها باید با اتصالات تخلیه Drain و هواگیری Vent باشند. اگر جانمایی نازل ها به گونه ای باشد که پمپ خود هواگیر باشد، اتصالات هواگیری ممکن است حذف شود.

- مطابق بند ۶,۴,۳,۱ تمامی اتصالات جانبی محفظه های فشار، به غیر از گلند مکانیکال سیل، باید فلنجی، Socket Weld یا butt weld باشد. اتصالات در ارتباط با مشتری باید فلنجی باشد.

- مطابق بند ۶,۴,۳,۲ اگر مشخص شده باشد، برای پمپ های خط لوله با بیشینه دمای کاری ۵۵ درجه یا کمتر، اتصالات جانبی ممکن است رزوه ای باشد.

- مطابق بند ۶,۴,۳,۶ اتصالات جانبی به محفظه های فشار چدنی ممکن است رزوه ای باشد.

نیروها و ممان های مجاز بر فلنج های پوسته

Table 5 — Nozzle loadings

Location/orientation	Nozzle-loading force as a function of flange size — SI units								
	N								
	Nominal size of flange (DN)								
	≤ 50	80	100	150	200	250	300	350	400
Each top nozzle									
F_X	710	1 070	1 420	2 490	3 780	5 340	6 670	7 120	8 450
F_Y	580	890	1 160	2 050	3 110	4 450	5 340	5 780	6 670
F_Z	890	1 330	1 780	3 110	4 890	6 670	8 000	8 900	10 230
F_R	1 280	1 930	2 560	4 480	6 920	9 630	11 700	12 780	14 850
Each side nozzle									
F_X	710	1 070	1 420	2 490	3 780	5 340	6 670	7 120	8 450
F_Y	890	1 330	1 780	3 110	4 890	6 670	8 000	8 900	10 230
F_Z	580	890	1 160	2 050	3 110	4 450	5 340	5 780	6 670
F_R	1 280	1 930	2 560	4 480	6 920	9 630	11 700	12 780	14 850
Each end nozzle									
F_X	890	1 330	1 780	3 110	4 890	6 670	8 000	8 900	10 230
F_Y	710	1 070	1 420	2 490	3 780	5 340	6 670	7 120	8 450
F_Z	580	890	1 160	2 050	3 110	4 450	5 340	5 780	6 670
F_R	1 280	1 930	2 560	4 480	6 920	9 630	11 700	12 780	14 850
Moment									
N.m									
Each nozzle									
M_X	460	950	1 330	2 300	3 530	5 020	6 100	6 370	7 320
M_Y	230	470	680	1 180	1 760	2 440	2 980	3 120	3 660
M_Z	350	720	1 000	1 760	2 580	3 800	4 610	4 750	5 420
M_R	620	1 280	1 800	3 130	4 710	6 750	8 210	8 540	9 820

- مطابق بند ۶,۳,۳ استاندارد API 610 ویرایش یازدهم، محفظه های فشار باید به گونه ای طراحی شوند که علاوه بر توانایی تحمل فشار هیدرواستاتیکی، قادر باشند در بدترین شرایط که در معرض همزمان فشار MAWP و MAWT و دو برابر نیروهای مجاز فلنج ها که در جدول ۵ برای هر نازل ذکر شده است، بدون نشستی و یا تماس قطعات ثابت با دوار کار کنند.

- بند فوق مربوط به الزامات طراحی پوسته پمپ است و نباید اجزا پایپینگ طوری طراحی شود که دو برابر نیروهای مجاز بر نازل ها بر آن وارد شود.

نیروها و ممان های مجاز – ادامه

Table 5 — Nozzle loadings

Location/orientation	Nozzle-loading force as a function of flange size — SI units								
	N								
	Nominal size of flange (DN)								
	≤ 50	80	100	150	200	250	300	350	400
Each top nozzle									
F_X	710	1 070	1 420	2 490	3 780	5 340	6 670	7 120	8 450
F_Y	580	890	1 160	2 050	3 110	4 450	5 340	5 780	6 670
F_Z	890	1 330	1 780	3 110	4 890	6 670	8 000	8 900	10 230
F_R	1 280	1 930	2 560	4 480	6 920	9 630	11 700	12 780	14 850
Each side nozzle									
F_X	710	1 070	1 420	2 490	3 780	5 340	6 670	7 120	8 450
F_Y	890	1 330	1 780	3 110	4 890	6 670	8 000	8 900	10 230
F_Z	580	890	1 160	2 050	3 110	4 450	5 340	5 780	6 670
F_R	1 280	1 930	2 560	4 480	6 920	9 630	11 700	12 780	14 850
Each end nozzle									
F_X	890	1 330	1 780	3 110	4 890	6 670	8 000	8 900	10 230
F_Y	710	1 070	1 420	2 490	3 780	5 340	6 670	7 120	8 450
F_Z	580	890	1 160	2 050	3 110	4 450	5 340	5 780	6 670
F_R	1 280	1 930	2 560	4 480	6 920	9 630	11 700	12 780	14 850
Moment									
N.m									
Each nozzle									
M_X	460	950	1 330	2 300	3 530	5 020	6 100	6 370	7 320
M_Y	230	470	680	1 180	1 760	2 440	2 980	3 120	3 660
M_Z	350	720	1 000	1 760	2 580	3 800	4 610	4 750	5 420
M_R	620	1 280	1 800	3 130	4 710	6 750	8 210	8 540	9 820

- مطابق بند ۶,۵,۱ پمپ های افقی فولادی و آلیاژ فولادی و شاسی هایشان، پمپ های عمودی خطی با ساپورت های فونداسیون شده، و پمپ های عمودی VS باید طوری طراحی شوند تا عملکرد مطلوب وقتی که فلنج های مکش و رانش در بدترین حالت به طور همزمان در معرض نیروها و ممان های جدول ۵ قرار می گیرند، حاصل شود.

- برای پمپ های افقی، دو اثر نیروهای وارد بر نازل ها مورد توجه می باشد: پیچش پوسته پمپ و ناهمراستایی محورهای پمپ و موتور

- نیروها و ممان های مجاز برای پمپ های عمودی خطی با ساپورت هایی که فونداسیون نمی شوند، ممکن است دو برابر مقدار جدول ۵ باشند.

نیروها و ممان های مجاز – صلبیت شاسی و پمپ

- مطابق ۷,۳,۲۰ برای کمینه کردن ناهمراستایی محور پمپ و موتور به خاطر اثرات نیروهای لوله کشی، پمپ و شاسی باید با صلبیت کافی ساخته شوند تا جابجایی محور پمپ در انتهای آن (سمت کوپلینگ) محدود به اعداد نشان داده شده در جدول ۱۳ استاندارد شود. این مقادیر معیار پذیرش برای تست Nozzle Load مطابق با بند ۷,۳,۲۱ می باشد. در این حالت جهت دستیابی به صلبیت مورد نیاز، شاسی نباید گروت ریزی شود.

- مطابق بند ۷,۳,۲۱ اگر مشخص شده باشد، سازنده باید صلبیت پمپ و شاسی را تست کند. در این حالت پوسته پمپ در معرض ممان M_{Yc} و M_{Zc} برای هر نازل قرار می گیرد.

Table 13 — Stiffness test acceptance criteria

Baseplate intended for grouting		Baseplate not intended for grouting	
Loading condition	Pump shaft displacement μm (in)	Pump shaft displacement μm (in)	Direction
M_{Yc}	175 (0,007)	125 (0,005)	+Z
M_{Zc}	75 (0,003)	50 (0,002)	-Y

M_{Yc} and M_{Zc} equal the sum of the allowable suction and discharge nozzle moments from Table 5.

$M_{Yc} = (M_Y)_{suction} + (M_Y)_{discharge}$

$M_{Zc} = (M_Z)_{suction} + (M_Z)_{discharge}$

این ممان ها نباید به طور همزمان وارد شوند.

اندازه گیری جابجایی محور باید قطعی

(و نه نسبت به شاسی) باشد.

نیروها و ممان های مجاز – محورهای مختصات

