



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-025

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

راهنمای کاربردی برخی از فلزات پرمصرف استاندارد ASTM

مقدمه

کاربرد بالای مواد آهنی در ساخت قطعات مختلف پمپ های سانتریفیوژ باعث شده است که انتخاب ماده ی مناسب برای ساخت هر قطعه و شناخت خواص آن به یکی از دغدغه های اصلی کارخانه های پمپ سازی بدل شود. از این رو بر آن شدیم تا با مطالعه و به کارگیری استاندارد جهانی مواد آهنی (ASTM)، این قطعات با کیفیتی مطابق با این استاندارد تولید شود.

در ادامه با توجه به تنوع مواد آهنی، چکیده ای از کاربرد، ترکیب شیمیایی، خصوصیات مکانیکی، نحوه ی تست و تعمیر و ترمیم هر کدام از آنها ارائه شده است. در پیوست ارائه شده، چکیده ی برخی از استانداردهای مرتبط با مواد آهنی که در متن به آنها اشاره شده بود آورده شده است. همچنین در پایان، متن اصلی هر کدام از استانداردهای معرفی شده ضمیمه شده است تا در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر به آن مراجعه شود.

استاندارد ASTM – A29

**SPECIFICATION FOR STEEL BARS, CARBON AND ALLOY, HOT
WROUGHT AND COLD-FINISHED ,GENERAL REQUIREMENTS FOR**

این متریکال مربوط به شمش های فولاد کربنی یا آلیاژی ای می شود که تحت کار گرم^{۲۴} و اتمام سرد^{۲۵} قرار گرفته شده اند. این متریکال در گرید های بسیار زیادی موجود می باشد که در زیر به بررسی خواص گرید ۴۱۴۰ پرداخته شده است.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

از گرید ۴۱۴۰ متریکال A29 در ساختن شفت پمپ استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

گرید های مختلف این متریکال دارای ترکیبات مختلفی از عناصر مانند کربن، منگنز، فسفر، گوگرد و... هستند که ترکیبات گرید ۴۱۴۰ در جدول ۱-۱ آورده شده است.

جدول ۱-۱

گرید	کربن (%)	منگنز (%)	فسفر (%)	گوگرد (%)	سیلیکون (%)	کروم (%)	مولیبدن (%)
4140	0.38-0.43	0.75-1	0.035 max	0.04 max	0.15-0.35	0.8-1.1	0.15-0.25

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی متریکال A29 گرید ۴۱۴۰ در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول ۱-۲

گرید	استحکام تسلیم (MPa)	استحکام کششی (MPa)	سختی (HB)	ازدیاد طول (%)
۴۱۴۰	۴۱۷	۶۵۵	۱۹۷	۲۵/۷

❖ تست نمونه

برای آزمایش و آنالیز ترکیبات محصول باید به وسیله ی یکی از ۴ روش زیر نمونه هایی از آن گرفته شود:

۱. در این روش که قابل استفاده برای محصولاتی با مساحت سطح مقطع کمتر از ۰/۷۵ اینچ مربع (معادل با ۵۰۰ میلیمتر مربع) است، تراشه ها به وسیله ی ماشین کاری یا فرزکاری تمام سطح مقطع قطعه، گرفته می شود. مته کاری برای گرفتن تراشه برای این دسته اصلا مناسب نیست.

²⁴ hot-wrought

²⁵ cold finished

- ii. در این روش که قابل استفاده برای محصولاتی که در آنها عرض سطح مقطع بسیار بیشتر از ضخامت آن است (مثل شمش های تخت سبک) است، تراشه ها به وسیله ی مته زنی از نقطه ی میانی بین وسط سطح مقطع و لبه و یا به وسیله ی ماشین کاری یا فرزکاری از تمام سطح مقطع گرفته می شود.
- iii. در این روش که قابل استفاده برای هندسه ی دایروی بزرگ و مربع های ناقص است، تراشه ها به وسیله ی مته زنی از نقطه ی میانی بین وسط سطح مقطع و لبه و یا به وسیله ی ماشین کاری یا فرزکاری از تمام سطح مقطع گرفته می شود. البته راه عملی تر به این گونه است که قطعه از سطح جانبی مته زده می شود تا دقیقاً به نقطه ی وسط بین نقطه ی میانی سطح مقطع و لبه ی خارجی برسد و سپس تراشه برداشته می شود.
- iv. در این روش که قابل استفاده برای محصولاتی که می خواهند تحت کشش قرار بگیرند است، از نمونه ی تست کشش به جای نمونه استفاده می شود. در این حالت تراشه از نمونه ی تست کشش به وسیله ی مته زنی از سرتاسر نمونه صورت می گیرد.
- در نمونه برداری باید به نکات زیر توجه کرد:

۱- هرگاه نمونه ها توسط مته زنی برداشته شوند باید شرایط زیر ارضا شود:

مساحت سطح مقطع (in ²)	قطر مته (in)
≤ 16	0.5
> 16	1

۲- حداقل تعداد نمونه هایی که از یک قطعه برداشته می شود به شرح زیر است:

وزن قطعه	حداقل تعداد نمونه
≤ 15 tons	۴
> 15 tons	۶

استاندارد ASTM – A48
Standard Specification for Gray Iron Castings

این متریل مربوط به چدن خاکستری است. این متریل در گرید های مختلفی موجود است که نامگذاری این گرید ها بر اساس یک حرف و یک عدد می باشد. عدد نشان دهنده ی مقاومت کششی متریل بر حسب ksi می باشد و حرف نیز نشان دهنده ی اندازه ی شمش تست است که در قسمت تست نمونه به تفصیل شرح داده خواهد شد.

❖ کلاس بندی

گرید های مختلف متریل A48 را می توان در دو کلاس خلاصه کرد:

- ۱- کلاس اول (شامل گریدهای ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵) دارای خصوصیات : قابلیت ماشین کاری بالا، ظرفیت دمپینگ بالا، مدول الاستیسیته ی پایین، سهولت نسبی تولید.
- ۲- کلاس دوم (شامل گرید های ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵، ۶۰) : دارای خصوصیات: قابلیت ماشین کاری پایین، ظرفیت دمپینگ پایین، مدول الاستیسیته ی بالا، سخت بودن نسبی تولید.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

در قطعات عمومی پمپ که تحت فشار نیستند و متریل مناسب برای آن چدن باشد از A48 استفاده می شود. کلاس های مورد استفاده ی این متریل کلاس های ۲۵، ۳۰ و ۳۵ می باشد.

❖ ترکیب شیمیایی

در متن استاندارد اشاره ای به آن نشده است.

❖ خواص مکانیکی

همانطور که پیشتر بیان شد، استحکام کششی هر کلاس با عدد آن بیان شده است. مثلا متریل B30 دارای استحکام کششی ۳۰ ksi است. در مورد سایر خصوصیات مکانیکی این متریل در متن استاندارد اشاره ای نشده است.

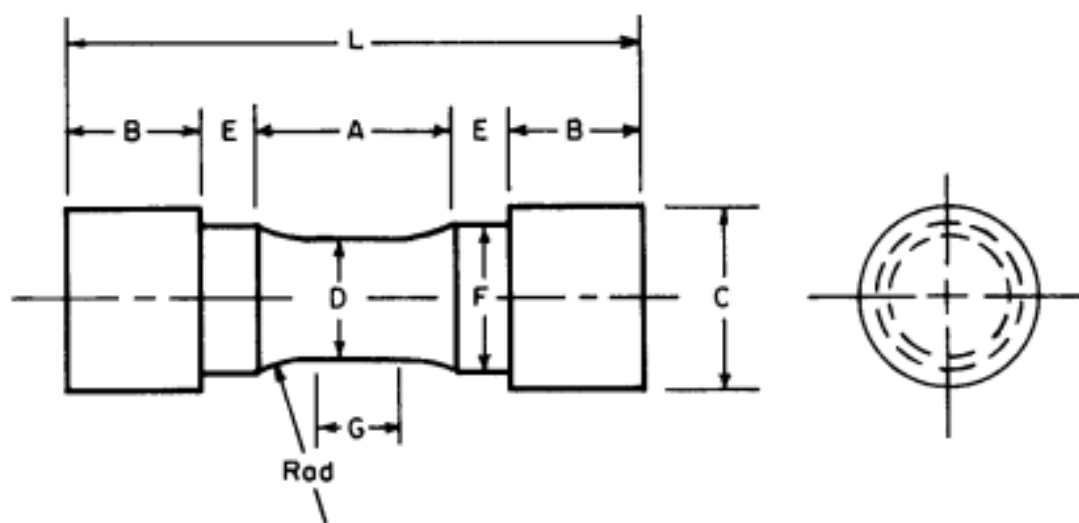
❖ تست نمونه

برای سنجش خصوصیات مکانیکی متریل یک تست کشش روی آن انجام می شود که با توجه به نوع نمونه و زمان شکست آن متفاوت است. اگر نمونه از نوع A باشد نباید زودتر از ۱۵ ثانیه و اگر نمونه از نوع B یا C باشد نباید زودتر از ۲۰ ثانیه گسیخته شود. انواع نمونه ها و ابعاد آنها در جدول ۱-۲ و جدول ۲-۲ آورده شده است.

جدول ۲-۱

شمش نمونه	نامی	قطر (اینچ)		طول (اینچ)	
		مینیمم	ماکزیمم	مینیمم	ماکزیمم
A	0.88	0.85	0.96	5	6
B	1.2	1.14	1.32	6	9
C	2	1.9	2.1	7	10
S	*	*	*	*	*

* توافقی بین خریدار و فروشنده



شکل ۲-۱- نمونه تست

جدول ۲-۲

دیمانسیون (inch)	A	B	C
G (min)	0.5	0.75	1.25
D	0.5 ± 0.01	0.75 ± 0.015	1.25 ± 0.025
R (min)	1	1	2
A (min)	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{9}{4}$
L (min)	$\frac{15}{4}$	4	$\frac{51}{8}$
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{15}{8}$
E (min)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$
F	$\frac{5}{8} \pm \frac{1}{64}$	$\frac{15}{16} \pm \frac{1}{64}$	$\frac{23}{16} \pm \frac{1}{64}$
B	اختیاری	اختیاری	اختیاری

استاندارد ASTM – A105

SPECIFICATION FOR CARBON STEEL FORGINGS FOR PIPING APPLICATIONS

این استاندارد مربوط به فولادهای کربنی فودج شده ای است که در پایپینگ کاربرد دارند. این متریکال توانایی عملکرد مناسب در دمای محیط و یا دماهای بالاتر و همچنین در سیستم های فشار بالا را دارد. اگر جرم قطعه ی فورج شده بیشتر از ۱۰۰۰۰ پوند (معادل ۴۵۴۰ کیلوگرم) باشد، این استاندارد متریکال مناسبی برای این منظور معرفی نمی کند و به جای آن از استاندارد A266 استفاده می شود. همچنین این استاندارد شامل ورق های لوله ای و سیلندر های تو خالی آهنگری شده نمی شود. به عبارت دیگر این استاندارد معرف متریکالی برای لوله های یکپارچه و شمش های نورد شده می باشد.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

از این متریکال برای ساخت فلنج های مورد نیاز در اجزای پایپینگ پمپ ها استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی متریکال A105 شامل عناصر مختلفی است که در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. همچنین در جدول ۳-۲ میزان انحراف مجاز از مقادیر تعیین شده در جدول ۳-۱ با توجه به مساحت قطعه نشان داده شده است.

جدول ۳-۱

عنصر	درصد
کربن	0.35 (max)
منگنز	0.6 – 1.06
فسفر	0.035 (max)
گوگرد	0.040 (max)
سیلیکون	0.10 – 0.35
مس	0.40 (max) ¹
نیکل	0.40 (max) ¹
کروم	0.30 (max) ^{1,2}
مولیبیدن	0.12 (max) ^{1,2}
ونادیوم	0.05 (max)
کلمبیوم	0.02 (max)

توضیح کلی : به ازای کاهش هر ۰/۰۱ درصد کربن از ماکزیمم میزان آن، ۰/۰۶ درصد ازدیاد منگنز از مقدار ماکزیمم آن مجاز است.

۱ مجموع درصد های کروم و نیکل و مس و مولیبیدن نباید از ۱ بیشتر شود.

۲ مجموع درصد های کروم و مولیبیدن نباید از ۰/۳۲ بیشتر شود.

جدول ۳-۲

	$\leq 200 \text{ in}^2$	$200 < A \leq 400 \text{ in}^2$	$400 < A \leq 800 \text{ in}^2$	$800 < A \leq 1600 \text{ in}^2$	$A > 1600 \text{ in}^2$
کربن	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
منگنز					
کمتر از ۰/۹	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
بیشتر از ۰/۹	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09
فسفر	0.008	0.010	0.010	0.015	0.015
گوگرد	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015
سیلیکون	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
مس	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
نیکل	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
کروم	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
مولیبدن	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ونادیوم	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
کلمبیوم	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی این متریال در جدول ۳-۳ آورده شده است.

جدول ۳-۳

استحکام کششی (MPa)	۴۸۵
استحکام تسلیم (MPa)	۲۵۰
ازدیاد طول در هر ۲ اینچ (٪)	
ازدیاد طول برای دیواره با ضخامت $\frac{5}{16}$ اینچ	۳۰
ازدیاد طول برای قطعه ی استوانه ای با طول ۲ اینچ	۲۲
سختی (HB)	۱۸۷

❖ تست نمونه

برای تست و آنالیز قطعه، باید نمونه بعد از عملیات حرارتی یا آهنگری احتمالی از قطعه جدا شود و طبق استاندارد A751 تست شود. اگر قطعه نرمالیزه (با حرارت بالا) یا کوئنچ شده یا فورج شده (با حرارت بالا) باشد، نمونه باید از عمق $\frac{1}{4}T$ قطعه برداشته شود. T برابر است بیشترین ضخامت قطعه ی حرارت داده شده و فورج شده.

یک تست کشش و یک تست سختی نیز بر اساس استاندارد A370 باید از قطعه گرفته شود.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریاال به وسیله ی جوشکاری طبق Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code صورت می گیرد. این فرآیند باید به گونه ای انجام شود که میزان هیدروژن در نواحی جوشکاری شده زیاد نباشد. تاثیرات جانبی جوشکاری نیز به وسیله ی سمباده زدن (یا تراشکاری) برطرف می شود. شایان ذکر است که سطح جوشکاری شده نباید بیشتر از ۱۰٪ کل سطح را در بر بگیرد.

استاندارد ASTM – A106
Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe
for High-Temperature Service

این استاندارد معرف متریالی است که با آن می توان لوله هایی یکپارچه از فولاد کربنی ساخت که در دمای بالا کاربرد دارند. لوله های مورد نظر دارای NPS $\frac{1}{8}$ تا 8 می باشند و مناسب برای کاربردهای فلنجینگ، خمش و سایر شکل دهی های مشابه می باشند. این متریال در سه گرید A، B و C ارائه می شود.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

از گرید B متریال A106 در ساخت لوله های فولاد کربنی مورد نیاز در اجزای پمپ یا قسمت های پایپینگ استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

عناصر سازنده و میزان سهم آن ها در گرید B در جدول ۴-۱ آورده شده است.

جدول ۴-۱

عناصر	Grade B
کربن	0.3 (max)
منگنز	0.29 – 1.06
فسفر	0.035 (max)
گوگرد	0.035 (max)
سیلیکون	0.1 (min)
مس	0.4 (max)
نیکل	0.4 (max)
کروم	0.4 (max)
مولیبدن	0.15 (max)
ونادیوم	0.08 (max)

* مجموع کروم و نیکل و مس و مولیبدن و ونادیم نباید بیشتر از ۱٪ باشد.

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی گرید B در جدول ۴-۲ آورده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به میزان سختی متریال نشده است.

جدول ۴-۲

استحکام کششی (Mpa)	۴۱۵	
استحکام تسلیم (MPa)	۲۴۰	
ازدیاد طول (%)	عرضی	۱
	طولی	*

* از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$e = 1940 \frac{A^{0.2}}{U^{0.9}}$$

که در آن:

e ازدیاد طول (mm)

A مساحت سطح مقطع نمونه (mm^2)

U استحکام کششی (MPa)

❖ تست نمونه

طبق استاندارد A106 برای سنجش متریال باید یک تست خمش روی آن انجام شود که با توجه به شرایط به صورت زیر است:

- I. برای لوله هایی با NPS ۲ و زیر آن اندازه ی مطلوب لوله باید به گونه ای باشد که هنگام سرد بودن به اندازه ی ۹۰ درجه حول یک مندرل^{۲۶} (فشنگی) استوانه ای که قطر خارجی آن ۱۲ برابر قطر لوله است، بدون اینکه ترک بخورد پیچانده شود. به جز برای مصارف پیچشی که باید ۱۸۰ درجه حول مندرلی با قطر خارجی ۸ برابر لوله پیچانده شود.
 - II. برای لوله هایی با قطری بیشتر از ۲۵ اینچ (معادل ۶۳۵ میلیمتر) و نسبت قطر خارجی به ضخامت ۷ یا کمتر، لوله باید در دمای اتاق ۱۸۰ درجه حول استوانه ای به قطر ۱ میلیمتر پیچانده شود بدون اینکه ترک بخورد.
- یک تست کشش نیز روی قطعه انجام می شود که شرایط زیر بر آن حکمفرما است:

- I. برای NPS ۸ یا بزرگتر از آن، نمونه می تواند چه به صورت عرضی و چه به صورت طولی برداشته شود.
- II. برای NPS کوچکتر از ۸ نمونه برداری تنها به صورت طولی قابل قبول است.
- III. برای لوله هایی با ضخامت کمتر از ۱ اینچ، نمونه باید از ناحیه ی میانی قطر داخلی و خارجی برداشته شود.

❖ برخی ملاحظات

- ۱- جرم : جرم هیچ لوله ای نباید از ۱۰٪ بیشتر و ۳/۵٪ کمتر از مقادیر تعریف شده برای NPS مورد نظر تجاوز کند.
- ۲- قطر : به جز لوله هایی با ضخامت خیلی کم بقیه از تلورانس های زیر تبعیت می کنند:
 - I. برای تعیین قطر به جدول ۲-۴ مراجعه شود.
 - II. برای لوله هایی با NPS بالای ۱۰ اینچ (۲۵۰ میلیمتر) قطر خارجی و قطر داخلی نباید بیش از ۱٪ از مقادیر تعیین شده تلورانس داشته باشد.
- ۳- ضخامت : نباید بیش از ۱۲/۵٪ کمتر از ضخامت های تعیین شده باشد.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریاال توسط جوشکاری انجام می شود که باید طبق استاندارد A530 انجام شود.

جدول ۴-۲

NPS	میزان تغییرات مجاز قطر خارجی			
	بیشتر		کمتر	
	in	mm	in	mm
$\frac{1}{8}$ to $1\frac{1}{2}$	0.015	0.4	0.015	0.4
$1\frac{1}{2}$ to 4	0.031	0.8	0.031	0.8
4 to 8	0.062	1.6	0.031	0.8
8 to 18	0.093	2.4	0.031	0.8
18 to 28	0.125	3.2	0.031	0.8
26 to 34	0.156	4	0.031	0.8
34 to 48	0.187	4.8	0.031	0.8

استاندارد ASTM – A182

**Standard Specification for Forged or Rolled Alloy and
Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves
and Parts for High-Temperature Service**

این استاندارد معرف فولاد ضد زنگ نورد شده و فورج شده ای است که برای ساختن فلنج ها، شیرها و سایر قطعاتی که در دمای بالا کار می کنند، مناسب است. این قطعات مستقیماً از شمش تولید می شوند. اگر جرم قطعه بیشتر از ۱۰۰۰۰ پوند (معادل ۴۵۴۰ کیلوگرم) باشد دیگر نمی توان از این استاندارد استفاده کرد و باید به استانداردهای A965 و A336 مراجعه کرد. این متریکال در گرید های متعدد و مختلفی موجود است.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

دو گرید از این متریکال در پمپ و در ساختن فیتینگ به کار می رود. گرید F316L در ساختن فیتینگ های فولادی ضد زنگ سخت شده و گرید F51 در ساختن فیتینگ فولاد ضد زنگ دوبلکس به کار می رود.

❖ ترکیب شیمیایی

در جدول ۵-۱ ترکیب شیمیایی دو گرید کاربردی از این متریکال نشان داده شده است.

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی دو گرید کاربردی این متریکال در پمپ، در جدول ۵-۲ آورده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد هیچ اشاره ای به میزان سختی این متریکال نشده است.

جدول ۵-۱

	F316L	F51
کربن (%)	0.03 (max)	0.03 (max)
منگنز (%)	2 (max)	2 (max)
فسفر (%)	0.045 (max)	0.03 (max)
گوگرد (%)	0.03 (max)	0.02 (max)
سیلیکون (%)	1 (max)	1 (max)
نیکل (%)	10 – 15	4.5 – 6.5
کروم (%)	16 – 18	21 – 23
مولیبدن (%)	2 – 3	2.5 – 3.5
نیتروژن (%)	0.1 (max)	0.08 – 0.2

جدول ۲- ۵

	F316L	F51
استحکام کششی (MPa)	۴۸۵	۶۲۰
استحکام تسلیم (MPa)	۱۷۰ ^۱	۴۵۰
ازدیاد طول (%)	۳۰	۲۵
کاهش مساحت (%)	۵۰	۴۵

۱) برای سطح مقطعی با ضخامت بیشتر از ۱۳۰ میلیمتر، تنش تسلیم ۴۵۰ مگاپاسکال است.

❖ تست نمونه

برای هر گرید بسته به نوع فولاد آن تست کششی تعبیه شده است که برای دو گرید کاربردی مذکور به شرح زیر است. برای این گریدها باید یک تست کشش و دو تست سختی سنجی انجام شود. نمونه باید به صورت آهنگری برداشته شود. اگر قطعه نیاز به جوش داشته باشد، نمونه بعد از جوشکاری برداشته می شود.

❖ تعمیر و ترمیم

ترمیم و تعمیر این متریاال توسط جوشکاری طبق (ASME Section IX (Boiler and pressure vessel) صورت می گیرد. اطلاعات تکمیلی در جدول ۳-۵ آورده شده است.

جدول ۳- ۵

گرید	الکتروود	محدوده دمای توصیه شده برای پیش گرمایش	محدوده دمای مجاز بعد از جوشکاری (°C)
F316L	<ul style="list-style-type: none"> E316L-15 E316L-16 	نیاز نیست	کوئنچ با آب + 1040
F51	22%Cr, 5.5%Ni, 3%Mo	نیاز نیست	نیاز نیست

استاندارد ASTM- A193

**Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel
Bolting Materials for High Temperature or High Pressure
Service and Other Special Purpose Applications**

این استاندارد معرف فولاد ضد زنگی است که در ساختن پیچ و مهره کاربرد دارد. پیچ و مهره های ساخته شده از این متریال توانایی کارکرد در دما و فشار بالا را دارند. این متریال شامل گریدهای مختلفی از فولاد فریتی و آستنیتی می شود که با حرف انگلیسی B آغاز می شود و بعد از آن یک عدد (گاهی همراه با یک حرف انگلیسی دیگر) آورده می شود.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

دو گرید از این متریال در پمپ برای ساختن پیچ و استاد های آن کاربرد دارد. از گرید B7 در ساختن پیچ و استاد های فولاد کربنی و آلیاژی و از گرید B8M در ساخت انواع پیچ ها و استاد های فولاد ضد زنگ آستنیتی استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی دو گرید نامبرده در جدول ۱-۶ آورده شده است.

جدول ۱-۶

عنصر	B7	B8M
کربن (%)	0.37 – 0.49	0.08 (max)
منگنز (%)	0.65 – 1.1	2 (max)
فسفر (%)	0.035 (max)	0.045 (max)
گوگرد (%)	0.04 (max)	0.03 (max)
سیلیکون (%)	0.15 – 0.35	1 (max)
کروم (%)	0.75 – 1.1	16 - 18
نیکل (%)	-	10 - 14
مولیبدن (%)	0.15 – 0.25	2-3

❖ خواص مکانیکی

در جدول ۲-۶ خواص مکانیکی دو گرید مذکور نشان داده شده است.

❖ تست نمونه

برای سنجش کیفیت محصول باید به استاندارد A962 رجوع کرد. همچنین باید روی نمونه هایی که از محصول برداشته می شود تست کشش صورت گیرد. اگر جرم محصول کمتر از ۲۰۰۰۰ پوند باشد، حداکثر دو تست کشش روی آن صورت می گیرد. هر ۱۰۰۰۰ پوند که بر جرم آن اضافه شود، یک تست کشش به تست های لازم اضافه می شود.

جدول ۶-۲

گرید	استحکام کششی (ksi)	استحکام تسلیم (ksi)	ازدیاد طول (%)	کاهش سطح مقطع (%)	سختی (HB) max
B7					
قطر کمتر از $2\frac{1}{2}$ اینچ	125	105	16	50	321
قطر بین $2\frac{1}{2}$ و 4 اینچ	115	95	16	50	321
قطر بین 4 و 7 اینچ	100	75	18	50	321
B8M					
قطر کمتر از $\frac{3}{4}$ اینچ	110	95	15	45	321
قطر بین $\frac{3}{4}$ و 1 اینچ	100	80	20	45	321
قطر بین 1 و $1\frac{1}{4}$ اینچ	95	65	25	45	321
قطر بین $1\frac{1}{4}$ و $1\frac{1}{2}$ اینچ	90	50	30	45	321

❖ تعمیر و ترمیم

برای ترمیم و تعمیر این متریال از جوشکاری استفاده می شود. برای تعیین ملزومات جوشکاری به وسیله ی رابطه ی زیر استحکام کششی گرده ی جوش به دست می آید:

$$Ts = UTS \times As$$

که در آن:

TS : استحکام کششی گرده ی جوش

UTS : استحکام کششی مخصوص

As : مساحت تنش که از رابطه ی زیر تعیین می شود:

$$As = 0.785 \left(D - \left(\frac{0.974}{n} \right) \right)^2$$

که در آن:

D : اندازه نامی رزوه

n : تعداد رزوه در هر اینچ

استاندارد ASTM – A194

**Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts
for Bolts for High Pressure or High Temperature Service,
or Both**

این استاندارد به معرفی نوعی از فولاد کربنی و آلیاژی می پردازد که برای مهره سازی کاربرد دارد. متریال معرفی شده توانایی کارکرد در دما و فشار بالایی را داراست. از این متریال برای ساخت مهره های مارتنزیتی $\frac{1}{4}$ تا 4 اینچی (یعنی M6 تا M100) و مهره های آستنیتی $\frac{1}{4}$ اینچی (یعنی M6) استفاده می شود.

❖ کاربرد در اجزای پمپ

دو گرید از این متریال در پمپ برای ساختن مهره های به کار رفته در اجزای آن کاربرد دارد. از گرید 2H در ساختن مهره های فولاد کربنی و آلیاژی و از گرید 8M در ساخت انواع مهره های فولاد ضد زنگ آستنیتی استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی دو گرید از این متریال که در پمپ کاربرد دارند در جدول ۷-۱ نشان داده شده است.

جدول ۷-۱

مولیبدن	نیکل	کروم	سیلیکون	گوگرد	فسفر	منگنز	کربن	گرید
-	-	-	0.4(max)	0.05(max)	0.04(max)	1(max)	0.4 (min)	2H
2-3	10-14	16-18	1(max)	0.03(max)	0.045(max)	2(max)	0.08(max)	8M

❖ خواص مکانیکی

در جدول ۷-۲ سختی دو گرید از این متریال نشان داده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به استحکام کششی و تسلیم متریال نشده است.

جدول ۷-۲

گرید	سختی برینل	
2H	تا M36	248 – 327
	بزرگتر از M36	212 – 327
8M		126 – 300

❖ تست نمونه

برای آنالیز سختی محصولات بسته به گرید متریال روی آنها تست های سختی انجام می شود. برای متریال با گرید 2H، با توجه به جدول ۷-۳ تعداد نمونه های برداشته شده از محصول مشخص می شود.

جدول ۳-۷

تعداد نمونه	تعداد محصول
۱	تا ۸۰۰
۲	۸۰۱ تا ۸۰۰۰
۳	۸۰۰۱ تا ۲۲۰۰۰
۵	بیشتر از ۲۲۰۰۰

بار آزمایشی مربوط به تست های سختی سنجی دو گرید در جدول ۴-۷ نشان داده شده است.

جدول ۴-۷

سایز نامی	2H		8M	
	Hex (KN)	Heavy Hex (KN)	Hex (KN)	Heavy Hex (KN)
M6	20.8	29.2	10.4	11.1
M8	37.9	44.1	18.8	20.1
M10	60.0	69.9	29.9	31.9
M12	87.3	101.6	43.4	46.4
M14	119.0	138.6	59.2	63.3
M16	162.5	189.2	80.9	86.4
M20	253.6	295.2	126.2	134.8
M22	313.6	365.1	156.0	166.7
M24	365.4	425.4	181.8	194.2
M27	475.1	553.4	236.4	252.5
M30	580.6	676.0	288.9	308.6
M36	845.6	984.5	420.8	449.4
M42	-	1349.6	-	-
M48	-	1771.4	-	-
M56	-	2446.2	-	-
M64	-	3229.2	-	-
M72	-	4169.3	-	-

❖ تعمیر و ترمیم

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه ترمیم یا تعمیر متریال نشده است.

استاندارد ASTM – A216

SPECIFICATION FOR STEEL CASTINGS, CARBON SUITABLE FOR FUSION WELDING FOR HIGH- TEMPERATURE SERVICE

این استاندارد معرف فولاد کربنی ریخته گری شده ای است که مناسب برای کاربردهای دما بالا و جوشکاری ذوبی می باشد. به عبارت دیگر در ساخت فیتینگ ها، فلنج ها، شیرها و دیگر ادوات ضامن فشار که در دمای بالایی کار می کنند از A216 استفاده می شود. این متریکال دارای سه گرید WCA، WCB و WCC می باشد.

❖ کاربرد در پمپ

گرید WCB از متریکال مذکور در ساخت قطعات ریخته گری شده ی تحت فشار پمپ کاربرد دارد.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید WCB که پرکاربردترین گرید این متریکال در صنعت پمپ است، در جدول ۸-۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۸ - ۱

عنصر	ماکزیمم درصد
کربن	0.3
منگنز*	1
فسفر	0.04
گوگرد	0.045
سیلیکون	0.6
مس	0.3
نیکل	0.5
کروم	0.5
مولیبیدن	0.2
ونادیوم	0.03

* به ازای کاهش هر ۰/۰۱ درصد از کربن ماکزیمم، مقدار منگنز می تواند ۰/۰۴ تا ۱/۱ درصد از ماکزیمم مقدار تعیین شده بیشتر یاشد.

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی گرید WCB در جدول ۸-۲ آورده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به سختی قطعه نشده است

جدول ۸-۲

خواص مکانیکی	WCB
استحکام کششی (ksi)	70-95
استحکام تسلیم (ksi)	36
ازدیاد طول (%)	22
کاهش سطح مقطع (%)	35

❖ تست نمونه

در متن استاندارد اشاره ای به الزامات تست نمونه نشده است.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریکال طبق ASME Section IX انجام می شود. برای بازرسی جوش دو حالت در نظر گرفته می شود. حالت اول بازرسی مغناطیسی است که بازرسی معمول جوش هر فولاد ریختگری است. حالت دوم بازرسی با امواج رادیوگرافی است. از این حالت در مواقعی استفاده می شود که قطعه در تست ریختگری داشته باشد یا حفره ای در سطح قطعه وجود داشته باشد که ضخامت آن بیشتر از ۲۰٪ ضخامت قطعه یا ۱ اینچ یا با مساحت بیشتر از ۱۰ اینچ مربع باشد. در حالت دوم بعد از بازرسی و ترمیم باید روی قطعه عملیات حرارتی متناسب با آن صورت گیرد یا تحت تنش زدایی قرار گیرد.

❖ برخی ملاحظات

برای این متریکال کربن معادل طبق رابطه ی زیر تعریف می شود:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

ماکزیمم مقدار کربن معادل برای گرید WCB برابر است با ۰/۰۵.

استاندارد ASTM- A240

Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications

این استاندارد به معرفی نوعی از فولاد ضد زنگ کرومی و نیکل- کرومی می پردازد که برای ساخت صفحه و ورق و نوار های تحت فشار مناسب است. این متریال در گریدهای زیادی ارائه شده است.

❖ کاربرد در پمپ

از میان گرید های متنوع این متریال تنها گرید 316L آن در صنعت پمپ سازی و در ساخت صفحه های آستنیتی ضد زنگ کاربرد دارد.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید 316L از این متریال در جدول ۹-۱ آورده شده است.

جدول ۹-۱

گريد	کربن	منگنز	فسفر	گوگرد	سیلیکون	کروم	نیکل	مولیبدن	نیترژن
316L	0.03 (max)	2 (max)	0.045 (max)	0.03 (max)	0.75 (max)	16 – 18	10 – 14	2 – 3	0.1 (max)

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی گرید مورد نظر در جدول ۹-۲ آورده شده است.

جدول ۹-۲

خواص مکانیکی	مقدار
استحکام کششی (Mpa)	۴۸۵
استحکام تسلیم (Mpa)	۱۷۰
ازدیاد طول (%)	۴۰
سختی (برینل)	۲۱۷

❖ تست نمونه

یک تست ضربه طبق استاندارد A370 بر روی سه نمونه ی برداشته شده از روی یک صفحه انجام می شود. نمونه ها در هنگام تست باید به صورت طولی قرار گیرند. یعنی محور طولانی تر نمونه موازی با محور صفحه نورد قرار گیرد و شکاف عمود بر آن باشد. هر کدام از سه نمونه نباید انبساط جانبی کمتر از ۰/۰۱۵ اینچ داشته باشند.

❖ تعمیر و ترمیم

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه ی تعمیر یا ترمیم قطعه نشده است.

استاندارد ASTM- A276
Standard Specification for Stainless Steel Bars and
Shapes

این استاندارد به معرفی شمش ها و قالب هایی از جنس فولاد های ضد زنگ می پردازد. شمش هایی که از جنس فولاد ضد زنگ بوده ولی دوباره آهنگری شده باشند جزو این استاندارد محسوب نمی شود.

❖ کاربرد در پمپ

سه گرید از این متریل در صنعت پمپ سازی کاربرد دارند. دو گرید با نام های 420 و 316L شناخته شده و دیگری به نام UNS خود یعنی S31803 معروف است. هر سه گرید در ساختن شفت پمپ مورد استفاده قرار می گیرند با این تفاوت که 420 برای ساخت شفت ۱۲٪ کروم، 316L برای ساختن شفت های آستنیتی ضدزنگ و S31803 برای ساختن شفت ها، پیچ، استاد و مهره های ضد زنگ دوبلکس مورد استفاده قرار می گیرد.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی سه گرید از این متریل در جدول ۱-۱۰ آورده شده است.

❖ خواص مکانیکی

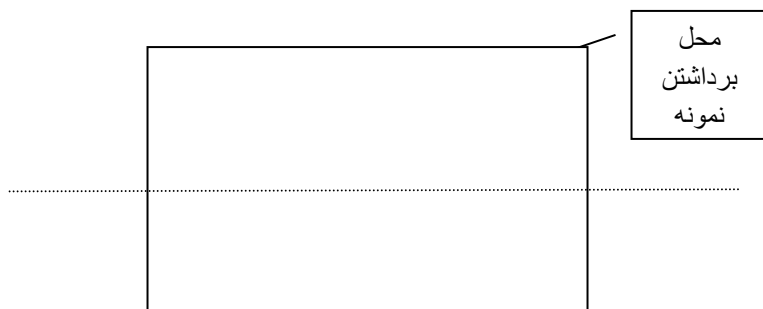
خواص مکانیکی سه گرید مزبور در جدول ۲-۱۰ آورده شده است. شایان ذکر است، خانه هایی که با علامت - نشان داده شده اند فاقد اطلاعات در متن استاندارد بوده اند.

جدول ۱-۱۰

عنصر	420	316L	S31803
کربن (%)	0.15 (min)	0.03 (max)	0.03 (max)
منگنز (%)	1 (max)	2 (max)	2 (max)
فسفر (%)	0.04 (max)	0.045 (max)	0.03 (max)
گوگرد (%)	0.03 (max)	0.03 (max)	0.02 (max)
سیلیکون (%)	1 (max)	1 (max)	1 (max)
کروم (%)	12 - 14	16 - 18	21 - 23
نیکل (%)	-	10 - 14	4.5 - 6.5
مولیبدن (%)	-	2 - 3	2.5 - 3.5
نیتروژن (%)	-	-	0.08 - 0.2

❖ تست نمونه

برای آنالیز ترکیب شیمیایی قطعه از استاندارد A751 استفاده می شود. همچنین در صورت نیاز (اختیاری) تست سختی نیز روی قطعه انجام می شود. به همین منظور باید از قطعه نمونه ای برداشته شود. نمونه از نقطه ی میانی وسط سطح مقطع و سطح خارجی مطابق شکل ۱۰-۱ برداشته می شود.



شکل ۱۰-۱

جدول ۲- ۱۰

گرید	Finish	شرایط	قطر (in)	استحکام کششی (ksi)	استحکام تسلیم (ksi)	ازدیاد طول در ۲ اینچ (%)	سختی برینل
420	hot finished	A	هر قطری	--	--	--	241
	cold finished		هر قطری	--	--	--	255
316L	hot finished	A	هر قطری	70	25	40	--
	cold finished		کمتر از $\frac{1}{2}$ اینچ	90	45	30	--
			بیشتر از $\frac{1}{2}$ اینچ	70	25	30	--
	cold finished	B	کمتر از $\frac{3}{4}$ اینچ	125	100	12	--
			بین $\frac{3}{4}$ و 1 اینچ	115	80	15	--
			بین 1 و $1\frac{1}{4}$ اینچ	105	65	20	--
			بین $1\frac{1}{4}$ و $1\frac{1}{2}$ اینچ	100	50	24	--
			بین $1\frac{1}{2}$ و $1\frac{3}{4}$ اینچ	95	45	28	--
			تا 2 اینچ	95	75	25	--
	cold finished	S	از $2\frac{1}{2}$ تا 2 اینچ	90	65	30	--
			از $2\frac{1}{2}$ تا 3 اینچ	80	55	30	--

استاندارد ASTM – A278

**SPECIFICATION FOR GRAY IRON CASTINGS
FOR PRESSURE-CONTAINING PARTS FOR
TEMPERATURES UP TO 650°F (350°C)**

این استاندارد معرف چدن خاکستری ریخته گری شده برای ادوات ضامن فشاری است که در دمایی فراتر از ۳۵۰ درجه ی سانتیگراد کار می کنند. این متریال شامل کلاس های متفاوتی است که بر اساس استحکام کششی طبقه بندی می شوند. مثلا کلاس ۵۰ بیانگر متریالی از این استاندارد است که استحکام کششی آن ۵۰ ksi می باشد.

به منظور ریخته گری تا دمای ۲۳۰ درجه ی سانتیگراد می توان از تمام کلاس ها استفاده کرد. برای ریخته گری در دماهای بالای ۲۳۰ درجه باید از کلاس های ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ استفاده نمود.

❖ کاربرد در پمپ

از کلاس ۳۰ این متریال در صنعت پمپ سازی جهت ساخت اجزای چدن خاکستری ریخته گری شده که در فشار بالا کار می کنند، استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

در رابطه با ترکیب شیمیایی کلاس های مختلف این متریال، در متن استاندارد مطلبی ذکر نشده است. تنها بحثی اجمالی پیرامون کربن معادل ارائه شده که در بخش «برخی ملاحظات» آورده شده است.

❖ خواص مکانیکی

در جدول ۱-۱ استحکام کششی هر کلاس به صورت متداول و در جدول ۲-۱ استحکام کششی هر کلاس در SI از این متریال آورده شده است. در متن استاندارد اشاره ای به استحکام تسلیم، ازدیاد طول و یا سختی نشده است.

جدول ۱-۱

کلاس	استحکام تسلیم (ksi)
No. 20	20
No. 25	25
No. 30	30
No. 35	35
No. 40	40
No. 45	45
No. 50	50
No. 55	55
No. 60	60

جدول ۱۱-۲

کلاس	استحکام تسلیم (MPa)
No. 150	150
No. 175	175
No. 200	200
No. 225	225
No. 250	250
No. 275	275
No. 300	300
No. 325	325
No. 350	350
No. 380	380
No. 415	415

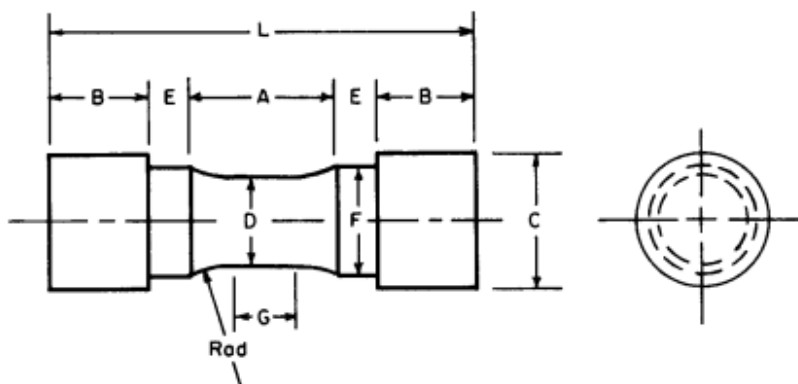
❖ تست نمونه

برای سنجش خواص مکانیکی قطعه باید یک تست کشش روی آن انجام پذیرد. اگر نتایج به دست آمده از تست بنا به هر دلیلی غیرقابل قبول باشد، باید دو تست کششی دیگر روی قطعه انجام شود. در جدول ۱۱-۳ و ۱۱-۴ انواع نمونه ها و ابعاد آنها آورده شده است.

جدول ۱۱ - ۳

شمش نمونه	نامی	قطر (اینچ)		طول (اینچ)	
		مینیمم	ماکزیمم	مینیمم	ماکزیمم
A	0.88	0.85	0.96	5	6
B	1.2	1.14	1.32	6	9
C	2	1.9	2.1	7	10
S	*	*	*	*	*

* توافقی بین خریدار و فروشنده



شکل ۱-۱۱

جدول ۴-۱۱

دیمانسیون (inch)	A	B	C
G (min)	0.5	0.75	1.25
D	0.5 ± 0.01	0.75 ± 0.015	1.25 ± 0.025
R (min)	1	1	2
A (min)	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{9}{4}$
L (min)	$\frac{15}{4}$	4	$\frac{51}{8}$
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{15}{8}$
E (min)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$
F	$\frac{5}{8} \pm \frac{1}{64}$	$\frac{15}{16} \pm \frac{1}{64}$	$\frac{23}{16} \pm \frac{1}{64}$
B	اختیاری	اختیاری	اختیاری

برای اینکه نوع نمونه را انتخاب کنیم از جدول ۵-۱۱ استفاده می شود.

جدول ۵-۱۱

نوع نمونه	ضخامت دیواره ی بخش کنترل شده ی ریخته گری (in)
S	$t \leq 0.25$
A	$0.25 < t \leq 0.5$
B	$0.5 < t \leq 1$
C	$1 < t \leq 2$
S	$t > 2$

❖ تعمیر و ترمیم

در متن استاندارد اشاره ای بر الزامات تعمیر و ترمیم نشده است.

❖ برخی ملاحظات

کربن معادل برای این متریال از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$CE = C + 0.3(SI + P)$$

برای کلاس های ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ حداکثر کربن معادل ۳/۸٪ است. همچنین میزان فسفر از ۰/۲۵٪ و میزان گوگرد از ۰/۱۲٪ نباید تجاوز کند.

استاندارد ASTM- A312

**Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily
Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes**

این استاندارد معرف فولاد ضد زنگ آستینیتی ای است که برای ساختن لوله های یکپارچه، جوش کاری شده و کار سرد شده مناسب است. برخی از کلاس های این متریال برای کارکرد در دماهای بالا و کاربردهایی که خزش در آن حائز اهمیت است مناسب است.

❖ کاربرد در پمپ

لوله های آستینیتی ضد زنگی که در تجهیزات جانبی پمپ ها استفاده می شوند، از گرید TP316L متریال A312 می باشد.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید مورد نظر در جدول ۱-۱۲ آورده شده است.

جدول ۱-۱۲

مولیبدن (%)	نیکل (%)	کروم (%)	سیلیکون (%)	گوگرد (%)	فسفر (%)	منگنز (%)	کربن (%)	گرید
2 - 3	10 - 14	16 - 18	1 (max)	0.03 (max)	0.045 (max)	2 (max)	*0.035 (max)	TP316L

* برای لوله هایی با ضخامت دیواره یا قطر کوچک ماکزیمم مقدار درصد کربن به 0.04% افزایش می یابد. منظور از لوله های مذکور، لوله هایی است با قطر خارجی کمتر از 12.7 میلیمتر و ضخامت کمتر از 1.1 میلیمتر.

❖ خواص مکانیکی

در جدول ۲-۱۲ استحکام کششی و تسلیم گرید مورد نظر آورده شده است. شایان ذکر است که در متن اشاره ای به سختی نشده است.

جدول ۲-۱۲

مقدار	
۷۰	استحکام کششی (ksi)
۲۵	استحکام تسلیم (ksi)
۲۵	ازدیاد طول در ۵۰ میلیمتر عرضی (%)
۳۵	ازدیاد طول در ۵۰ میلیمتر طولی (%)

❖ تست نمونه

برای سنجش قطعه باید طبق استاندارد A999 روی آن تست هیدرو استاتیک و تست الکتریکی انجام شود. همچنین تست کشش به صورت طولی یا عرضی نیز لازم است. اگر تعداد لوله ها از ۱۰۰ عدد کمتر باشد ۱ تست کشش کافی است. در غیر این صورت ۲

تست کشش روی قطعه انجام می شود. یک گونه ی دیگر از تست ها موجود است که به صورت توزیعی نمونه را انتخاب می کند. یعنی ۵٪ لوله ها باید مورد تست قرار گیرد.

❖ تعمیر و ترمیم

برای لوله هایی با قطرهایی بزرگتر یا مساوی NPS ۶ که ضخامت نامی دیواره شان بزرگتر یا برابر با ۰/۲ است، جوشکاری مطابق با استاندارد A999 انجام می شود. گرید TP316L با الکتروود ER316L جوشکاری شود.

استاندارد ASTM – A351

Standard Specification for Castings, Austenitic, for Pressure-Containing Parts

این استاندارد معرف فولاد آستنیتی ریخته گری شده ای است که برای ساخت قطعات ضامن فشار مورد استفاده قرار می گیرد. مقصود از قطعات ضامن فشار، قطعاتی مانند شیر، فلنج، فیتینگ و ... می باشد. این متریال در گرید های مختلفی موجود است.

❖ کاربرد در پمپ

از گریدهای CF3، CF3M، CF8 و CF8M این متریال در ساخت قطعات ریختهگری شده ی آستنیتی ضدزنگ استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گریدهای مذکور در جدول ۱-۱۳ آورده شده است.

جدول ۱-۱۳

گرید	کربن (%)	منگنز (%)	فسفر (%)	گوگرد (%)	سیلیکون (%)	کروم (%)	نیکل (%)	مولیبدن (%)
CF3	0.03 (max)	1.5 (max)	2 (max)	0.04 (max)	0.04 (max)	17-21	8-12	0.5 (max)
CF3M	0.03 (max)	1.5 (max)	1.5 (max)	0.04 (max)	0.04 (max)	17-21	9-13	2-3
CF8	0.08 (max)	1.5 (max)	2 (max)	0.04 (max)	0.04 (max)	18-21	8-11	0.5 (max)
CF8M	0.08 (max)	1.5 (max)	1.5 (max)	0.04 (max)	0.04 (max)	18-21	9-12	2-3

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی گریدهای مورد نظر در جدول ۲-۱۳ ارائه شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به سختی متریال نشده است.

جدول ۲-۱۳

	CF3	CF3M	CF8	CF8M
استحکام کششی (ksi)	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
استحکام تسلیم (ksi)	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
ازدیاد طول در ۲ اینچ (%)	۳۰	۳۵	۳۰	۳۵

❖ تست نمونه

در متن استاندارد اشاره ای به نوع تست نمونه نشده است.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریال توسط جوشکاری طبق استاندارد A488 انجام می پذیرد. برای بازرسی جوش دو حالت در نظر گرفته می شود. حالت اول بازرسی با امواج رادیوگرافی است. از این حالت در مواقعی استفاده می شود که قطعه در تست هیدرواستاتیک نشستی داشته باشد یا حفره ای در سطح قطعه وجود داشته باشد که ضخامت آن بیشتر از ۲۰٪ ضخامت قطعه یا ۱ اینچ یا با مساحت بیشتر از ۱۰ اینچ مربع باشد. حالت دوم بازرسی نفوذ مایع است که به صورت متداول آن انجام می پذیرد.

استاندارد ASTM – A487
SPECIFICATION FOR STEEL CASTINGS SUITABLE
FOR PRESSURE SERVICE

این استاندارد معرف فولاد ریخته گری شده ای است که در ساخت ادوات کاربردی در فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرند. این متریاال در گریدهایی مختلف و هر کدام در سه کلاس تعریف شده است. برخی گریدها تنها با یک عدد (مثلا گرید ۴) و برخی با ترکیبی از حروف و عدد (مثلا گرید CA15M) نشان داده می شوند. کلاس های این متریاال نیز با سه حرف A, B و C مشخص می شود. برای معرفی دقیق متریاال A487 باید آن را با گرید و کلاس مورد نظر مشخص کرد. (مثلا گرید ۶ کلاس B)

❖ کاربرد در پمپ

گرید CA6NM در دو کلاس A و B در ساخت قطعات تحت فشار ریخته گری شده از جنس فولاد کروم دار مورد استفاده قرار می گیرد.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید مذکور در دو کلاس موجود یکسان است. تنها تفاوت این دو در عملیات حرارتی صورت گرفته روی آنهاست. در جدول ۱-۱۴ ترکیب شیمیایی این دو نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۴

عنصر	درصد
کربن	0.06 (max)
منگنز	1 (max)
فسفر	0.04 (max)
گوگرد	0.03 (max)
سیلیکون	1 (max)
نیکل	3.5 – 4.5
کروم	11.5 – 14
مولیبدن	0.4 – 1
مس	0.5 (max)
تنگستن	0.1 (max)
ونادیوم	0.05 (max)

❖ خواص مکانیکی

به دلیل متفاوت بودن عملیات حرارتی انجام شده روی دو کلاس، تفاوت هایی در خواص مکانیکی این دو مشاهده می شود که در جدول ۲-۱۴ ارائه شده است.

جدول ۱۴-۲

گرید	کلاس	استحکام کششی (ksi)	استحکام تسلیم (ksi)	ازدیاد طول (%)	کاهش سطح (%)	سختی (HRC)
CA6MM	A	110	80	15	35	اشاره نشده است
	B	100	75	17		23

❖ تست نمونه

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه ی تست نمونه نشده است.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریال توسط جوشکاری و طبق استانداردهای A488 و ASME IX Boiler and Pressure Vessel صورت می گیرد. هر قطعه ای که توسط جوشکاری ترمیم می شود، باید بعد از آن تحت عملیات حرارتی قرار گیرد. الزامات این عملیات حرارتی در جدول ۱۴-۳ نشان داده شده است. همچنین قطعاتی که حین تست هیدرواستاتیک دچار نشتی شوند باید توسط جوشکاری ترمیم شوند.

اگر حفره ای روی سطح قطعه وجود داشته باشد که عمق آن بیشتر از ۲۰٪ ضخامت قطعه و یا بیشتر از ۲۵ میلیمتر باشد و یا اگر مساحت آن بیشتر از ۶۵ سانتیمتر مربع باشد، باید به وسیله ی اصول بیان شده ی فوق ترمیم شود.

جدول ۱۴-۳

گرید	کلاس	Austenitizing Temperature (°F)	Media	Quenching Cool Below (°F)	Tempering Temperature (°F)
CA6NM	A	1850	هوا یا مایع	200	1050 – 1150
	B				1225 – 1275 (میانی) 1050 – 1150 (نهایی)

استاندارد ASTM- A516

Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service

این استاندارد معرف نوعی از فولاد کربنی است که برای ساخت صفحات فشار پر کاربرد در مصارف دمای متوسط و پایین مناسب است. این متریکال در ۴ گرید موجود می باشد که نام هر گرید بیانگر استحکام کششی آن در واحد ksi است.

❖ کاربرد در پمپ

دو گرید از این متریکال (گریده‌های ۶۵ و ۷۰) در ساخت صفحات صفحاتی از جنس فولاد کربنی در پمپ کاربرد دارند.

❖ ترکیب شیمیایی

میزان کربن صفحات ساخته شده از متریکال مذکور وابسته به ضخامت آن می باشد. اطلاعات کاملی از ترکیب شیمیایی دو گرید ۶۵ و ۷۰ در جدول ۱-۱۵ آورده شده است.

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی دو گرید مورد استفاده در جدول ۲-۱۵ آورده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به سختی متریکال نشده است.

جدول ۱-۱۵

عنصر	ضخامت (in)	نوع آنالیز ترکیب	گرید ۶۵	گرید ۷۰
کربن	$t \leq \frac{1}{2}$	هر آنالیزی	0.24 (max)	0.27 (max)
	$\frac{1}{2} < t \leq 2$		0.26 (max)	0.28 (max)
	$2 < t \leq 4$		0.28 (max)	0.30 (max)
	$4 < t \leq 8$		0.29 (max)	0.31 (max)
	$t > 8$		0.29 (max)	0.31 (max)
منگنز	هر ضخامتی	آنالیز حرارتی	0.85 – 1.2	
		آنالیز قطعه	0.79 – 1.3	
فسفر	هر ضخامتی	هر آنالیزی	0.35 (max)	
گوگرد	هر ضخامتی	هر آنالیزی	0.35 (max)	
سیلیکون	هر ضخامتی	آنالیز حرارتی	0.15 – 0.40	
		آنالیز قطعه	0.13 -0.45	

* به ازای هر ۰/۰۱ درصد کربن کمتر از میزان ماکزیمم ۰/۰۶ تا ۱/۵ درصد افزایش مقدار منگنز بیش از ماکزیمم تعیین شده مجاز است.

جدول ۲-۱۵

خواص مکانیکی	گرید ۶۵	گرید ۷۰
استحکام کششی (ksi)	65 – 85	70 – 90
استحکام تسلیم (ksi)	35	38
ازدیاد طول در ۲ اینچ (%)	23	21
ازدیاد طول در ۸ اینچ (%)	19	17

❖ تست نمونه

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه تست نمونه نشده است.

❖ تعمیر و ترمیم

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه تعمیر و ترمیم قطعه نشده است.

❖ برخی ملاحظات

حداقل ضخامت صفحات ساخته شده طبق این استاندارد در جدول ۳-۱۵ خلاصه شده است.

در این استاندارد کربن معادل با رابطه ی زیر تعریف می شود:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15}$$

که ماکزیمم مقدار آن برای صفحات با ضخامت کمتر از ۱ اینچ ۰/۴۳ و برای صفحات با ضخامت بیشتر از ۱ اینچ ۰/۴۵ است.

جدول ۳-۱۵

گرید	حداقل ضخامت (in)
۶۵	۸
۷۰	۸

استاندارد ASTM – A576
Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Hot-
Wrought, Special Quality

این استاندارد معرف فولاد کربنی و با شکل دهی شده گرم شده با کیفیت مخصوص است که در ساخت انواع شفت کاربرد دارد. برای اطلاعات بیشتر در زمینه انتخاب شفت به استاندارد A400 رجوع شود. همچنین سایز انواع شفت در استاندارد A29 آورده شده است.

❖ کاربرد در پمپ

گرید ۱۰۴۵ این متریال در ساخت شفت های فولاد کربنی مورد استفاده قرار می گیرد.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید ۱۰۴۵ در جدول ۱-۱۶ آورده شده است.

جدول ۱-۱۶

گرید	کربن	منگنز	فسفر	گوگرد
۱۰۴۵	0.43 – 0.5	0.6 – 0.9	0.04 (max)	0.05 (max)

* می توان حداقل ۰/۲ درصد مس نیز به ترکیب شیمیایی فوق افزود.

❖ خواص مکانیکی

برای اطلاع از خواص مکانیکی شفتی که با متریال A576 ساخته می شود، باید به استاندارد A400 که معرف خصوصیات کامل شفت هاست رجوع شود.

❖ تست نمونه

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه ی تست نمونه نشده است.

❖ تعمیر و ترمیم

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه ی تعمیر و ترمیم قطعه نشده است.

استاندارد ASTM – A743

Standard Specification for Castings, Iron-Chromium, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for General Application

این استاندارد معرف متریالی از جنس آهن-کروم و آهن-کروم-نیکل است که در کاربردهای عمومی برای مصارف ضد خوردگی به کار می رود.

❖ کاربرد در پمپ

از گرید CA15 این متریال در ساخت قطعات عمومی ریخته گری شده ی فولاد کرومی و از گرید CF3M آن در ساخت قطعات عمومی ریخته گری شده ی فولادی ضد زنگ آستنیتی استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی دو گرید مذکور در جدول ۱-۱۷ ارائه شده است.

جدول ۱-۱۷

گرید	کربن	منگنز	سیلیکون	فسفر	گوگرد	کروم	نیکل	مولیبدن
CA15	0.15 (max)	1 (max)	1.5 (max)	0.04 (max)	0.04 (max)	11.5 - 14	1 (max)	0.05 (max)
CF3M	0.03 (max)	1.5 (max)	1.5 (max)	0.04 (max)	0.04 (max)	17-21	9-13	2-3

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی در جدول ۲-۱۷ آورده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به سختی متریال نشده است.

جدول ۲-۱۷

گرید	استحکام کششی (ksi)	استحکام تسلیم (ksi)	ازدیاد طول (%)	کاهش سطح (%)
CA15	90	65	18	30
CF3M	70	30	30	اشاره نشده است

❖ تست نمونه

در متن استاندارد اشاره ای به نحوه تست نمونه نشده است.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریال به وسیله ی جوشکاری و با توجه به حداقل دمای دوباره گرمکاری که در جدول ۳-۱۷ آورده شده است انجام می شود.

جدول ۳-۱۷

گرید	حداقل دمای دوباره گرمکاری (فارنهایت)
CA15	۴۰۰
CF3M	۵۰

استاندارد ASTM – A790

Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe

این استاندارد معرف فولاد ضد زنگ فریت-آستنییتی (دوبلکس) است که برای ساخت لوله های یکپارچه و یا جوشکاری شده مناسب می باشد.

❖ کاربرد در پمپ

از گرید S31803 این متریال در ساخت لوله های فولادی ضد زنگ دوبلکس استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید S31803 در جدول ۱ - ۱۸ آورده شده است.

جدول ۱ - ۱۸

عنصر	درصد
کربن	0.03 (max)
منگنز	2 (max)
فسفر	0.03(max)
گوگرد	0.02 (max)
سیلیکون	1 (max)
نیکل	4.5 – 6.5
کروم	21 – 23
مولیبدن	2.5 – 3.5
نیترژن	0.08 – 0.2

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی گرید S31803 در جدول ۲ - ۱۸ آورده شده است.

جدول ۲ - ۱۸

گرید	استحکام کششی (ksi)	استحکام تسلیم (ksi)	ازدیاد طول (%)	سختی (HBW)	سختی (HRC)
S31803	95	65	25	290	30

❖ تست نمونه

اگر تعداد لوله های همسان تولید شده زیر ۱۰۰ عدد باشد ۱ تست و اگر بالای ۱۰۰ عدد باشد ۲ تست کشش باید روی نمونه ها انجام شود. همچنین روی ۵٪ لوله ها باید تست تخت کردن (Flattening) انجام شود. شایان ذکر است که تعداد نمونه ها برای تست فشردگی نباید از ۲ عدد کمتر باشد. برای لوله های جوشکاری شده با NPS بیشتر از ۱۰، تست خمشی جانبی کنترل شده را

می توان جایگزین تست فشردگی کرد. یک تست سختی نیز باید روی دو نمونه از لوله ها انجام شود. علاوه بر تست های فوق می توان تست غیرمخرب الکتریکی را نیز طبق استاندارد A999 روی لوله انجام داد.

❖ تعمیر و ترمیم

برای لوله هایی با NPS بزرگتر یا مساوی ۶ و ضخامت دیواره ی بزرگتر از ۰/۱۱۸ اینچ می توان از جوشکاری برای تعمیر استفاده کرد. الکتروود مناسب برای گرید S31803 طبق AWS ، ER2209 است.

استاندارد ASTM – A890

Standard Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel-Molybdenum Corrosion Resistant, Duplex (Austenitic/Ferritic) for General Application

این استاندارد معرف متریالی از جنس آهن- کروم- نیکل- مولیبدن است که استفاده از آن در کاربردهای عمومی معمول است و قابلیت ضد خوردگی بالایی دارد.

❖ کاربرد در پمپ

از گرید 1B این متریال در ساخت قطعات ریخته گری شده ی فولادی ضد زنگ دوبلکس که در فشار بالا کار می کنند، استفاده می شود.

❖ ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی گرید مذکور در جدول ۱-۱۹ آورده شده است.

جدول ۱- ۱۹

عنصر	درصد
کربن	0.04 (max)
منگنز	1 (max)
سیلیکون	1 (max)
فسفر	0.04 (max)
گوگرد	0.04 (max)
کروم	24.5 – 26.5
نیکل	4.7-6
مولیبدن	1.7 – 2.3
مس	2.7 – 3.3
نیتروژن	0.1 – 0.25

❖ خواص مکانیکی

خواص مکانیکی گرید مذکور در جدول ۲-۱۹ آورده شده است. شایان ذکر است که در متن استاندارد اشاره ای به سختی قطعه نشده است.

جدول ۲- ۱۹

مقدار	خاصیت مکانیکی
۱۰۰	استحکام کششی (ksi)
۷۰	استحکام تسلیم (ksi)
۱۶	ازدیاد طول (%)

❖ تست نمونه

برای آنالیز خواص مکانیکی این متریال روی آن تست کشش انجام می شود. برای اطلاعات از نحوه ی نمونه برداری و ابعاد نمونه به استاندارد A781 مراجعه شود.

❖ تعمیر و ترمیم

تعمیر و ترمیم این متریال توسط جوشکاری صورت می گیرد. اگر سطح یا عمق جوشکاری زیاد باشد، باید پس از آن عملیات حرارتی روی آن صورت گیرد در غیر این صورت نیازی به عملیات حرارتی بعد از جوش نیست. منظور از مساحت یا عمق زیاد هنگامی است که قطعه در تست هیدرواستاتیک نشستی داشته باشد یا حفره ای در سطح قطعه وجود داشته باشد که ضخامت آن بیشتر از ۲۰٪ ضخامت قطعه یا ۱ اینچ یا با مساحت بیشتر از ۱۰ اینچ مربع باشد.

عملیات حرارتی مناسب برای گرید 1B، افزایش دمای قطعه تا ۱۹۰۰ درجه ی فارنهایت، حفظ قطعه در این دما تا زمان لازم و سپس خنک کردن (کوئنچ) آن به وسیله ی آب یا هر سیالی که آن را به سرعت خنک کند، است.

جمع بندی

Material Specifications for Pump Parts

Material Class (ASTM)	Applications							
	Castings Pressure Parts	Castings General	Bar Stock	Bolts and studs	Nuts	Plate	Pipe	Fitting
CAST IRON	A 278 Class 30	A 48 Class 25/30/40	-	-	-	-	-	-
CARBON STEEL	A 216 Gr WCB	-	A 576 Gr 1045	A 193 Gr B7	A 194 Gr 2H	A 516 Gr 65/70	A 106 Gr B	A 105
4140 ALLOY STEEL	-	-	A 29 Gr 4140	A 193 Gr B7	A 194 Gr 2H	-	-	-
12 % CHROME STEEL	A 487 Gr CA6NM	A 743 Gr CA 15	A 276 Type 420	-	-	-	-	-
AUSTENITIC STAINLESS STEEL	A 351 Gr CF3 M	A 743 Gr CF3 M	A 276 grade 316 L	A 193 Gr B 8 M	A 194 Gr B 8 M	A 240 Gr 316 L	A 312 Type 316 L	A 182 Gr 316 L
DUPLEX STAINLESS STEEL	A 890 Gr 1 B	-	A 276-S31803	A 276-S31803	A 276-S31803	-	A 790-S31803	A 182 Gr F 51

ASTM Standards and Codes:

ASTM Code	Grade	Description
A29	Gr4140	Standard Specification for steel bars, carbon and alloy, hot-wrought and cold finished, general requirements for
A 48	Class 25/30/40	Standard Specification for Gray Cast Iron
A 105	-	Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications
A 106	Gr B	Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Services
A 182	Gr 316 L Gr F 51	Standard Specification for Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High temperature Services
A 193	Gr B7 Gr 8 M	Standard Specification for Alloy Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications
A 194	Gr 2H Gr B 8 M	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both
A 216	Gr WCB	Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High Temperature Service
A 240	Gr 316 L	Standard Specification for Chromium and Chromium Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications
A 276	Type 420 Gr 316 L S31803	Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes
A 278	Class 30	Standard Specification for Gray Cast Iron Castings for Pressure Containing Parts for Temperatures Up to 650 °F (350 °C)
A 312	Type 316 L	Standard Specification for Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes
A 351	Gr CF3 M	Standard Specification for Castings, Austenitic, for Pressure Containing Parts
A 487	Gr CA6NM	Standard Specification for Steel Castings suitable for Pressure Services
A 516	Gr 65 / 70	Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate and Lower Temperature Service
A 576	Gr 1045	Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Hot Wrought, Special Quality
A 743	Gr CA 15 Gr CF3 M	Standard Specification for Castings, Iron Chromium, Iron Chromium Nickel, Corrosion Resistant, for General Application
A 790	S31803	Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic / Austenitic Stainless Steel Pipe

پیوست ها

پیوست ۱ (NPS)

NPS یا همان Nominal Pipe Size معیاری برای سنجش اندازه ی لوله هاست که در متن استاندارد ها از آن بسیار استفاده می شود. در جدول A1 که در زیر آورده شده است، ابعاد دقیق لوله هایی با NPS های مختلف ارائه شده است.

جدول A1

NPS	قطر خارجی		ضخامت نامی دیواره							
	in	mm	رده 5S		رده 10S		رده 40S		رده 80S	
			in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
$\frac{1}{8}$	0.405	10.29	-	-	0.049	1.24	0.068	1.73	0.095	2.41
$\frac{1}{4}$	0.540	13.72	-	-	0.065	1.65	0.088	2.24	0.119	3.02
$\frac{3}{8}$	0.675	17.15	-	-	0.065	1.65	0.091	2.31	0.126	3.20
$\frac{1}{2}$	0.840	21.34	0.065	1.65	0.083	2.11	0.109	2.77	0.147	3.73
$\frac{3}{4}$	1.050	26.67	0.065	1.65	0.083	2.11	0.113	2.87	0.154	3.91
1	1.315	33.40	0.065	1.65	0.109	2.77	0.133	3.38	0.179	4.55
$1\frac{1}{4}$	1.660	42.16	0.065	1.65	0.109	2.77	0.140	3.56	0.191	4.85
$1\frac{1}{2}$	1.900	48.26	0.065	1.65	0.109	2.77	0.145	3.68	0.200	5.08
2	2.375	60.33	0.065	1.65	0.109	2.77	0.154	3.91	0.218	5.54
$2\frac{1}{2}$	2.875	73.03	0.083	2.11	0.120	3.05	0.203	5.16	0.276	7.01
3	3.500	88.90	0.083	2.11	0.120	3.05	0.216	5.49	0.300	7.62
$3\frac{1}{2}$	4.000	101.60	0.083	2.11	0.120	3.05	0.226	5.74	0.318	8.08
4	4.500	114.30	0.083	2.11	0.120	3.05	0.237	6.02	0.337	8.56
5	5.563	141.30	0.109	2.77	0.134	3.40	0.258	6.55	0.375	9.52
6	6.625	168.28	0.109	2.77	0.134	3.40	0.280	7.11	0.432	10.97
8	8.625	219.08	0.109	2.77	0.148	3.76	0.322	8.18	0.500	12.70
10	10.750	273.05	0.134	3.40	0.165	4.19	0.365	9.27	0.500	12.70
12	12.750	323.85	0.156	3.96	0.180	4.57	0.375	9.52	0.500	12.70
14	14.000	355.60	0.156	3.96	0.188	4.78	-	-	-	-
16	16.000	406.40	0.165	4.19	0.188	4.78	-	-	-	-
18	18.000	457.20	0.165	4.19	0.188	4.78	-	-	-	-
20	20.000	508.00	0.188	4.78	0.218	5.54	-	-	-	-
22	22.000	558.80	0.188	4.78	0.218	5.54	-	-	-	-
24	24.000	609.60	0.218	5.54	0.250	6.35	-	-	-	-
30	30.000	762.00	0.250	6.35	0.312	7.92	-	-	-	-

پیوست ۲ (تبدیل واحد)

1 in = 25.4 mm

1 mm = 0.03937 in

1 ksi = 6.896 MPa

1 MPa = 0.145 ksi

پیوست ۳ (نماد عناصر شیمیایی)

نام عنصر	نماد شیمیایی
کربن	C
منگنز	Mn
فسفر	P
گوگرد	S
سیلیکون	Si
کروم	Cr
نیکل	Ni
مولیبدن	Mo
ونادیوم	V
نیتروژن	N
کلمبیوم (نیوم)	Nb
مس	Cu

پیوست ۴ (استاندارد ASTM-A488)

این استاندارد به نحوه ی صحیح جوشکاری فولاد ریخته گری شده به روش قوس الکتریکی می پردازد. با رعایت این استاندارد خود به خود استاندارد ASME Section IX نیز ارضا می شود.

هر تولید کننده باید مطابق با شکل D۱ میزان مطلوب بودن فرآیند جوشکاری، مطابق با شکل D۲ میزان مطلوب بودن عملکرد جوشکار را ثبت کند.

موقعیت جوشکاری

موقعیت جوشکاری بسته به افقی یا عمودی بودن صفحات اصلی به چهار دسته زیر تقسیم می شود :

۱- افقی

۲- عمودی

۳- تخت^{۲۷}

۴- بالای سر^{۲۸}

در شکل D۳ و جدول D۱ اطلاعات هندسی هر کدام از این چهار دسته ارائه شده است.

موقعیت تخت : این موقعیت شامل مواردی می شود که صفحه به صورت افقی قرار گرفته و فلز جوشکاری از بالا روی آن قرار می گیرد. حالت دیگری از این موقعیت لوله هایی است که محور آنها به صورت افقی قرار گرفته است و به دور محور خود می چرخد و فلز جوشکاری از بالا روی آن قرار می گیرد.

موقعیت افقی : این موقعیت شامل مواردی است که صفحه به صورت عمودی قرار گرفته است و خط جوش در حالت افقی روی آن قرار دارد. حالت دیگر این موقعیت لوله ای است که محور آن عمودی است و خط جوش به صورت افقی روی آن قرار می گیرد.

موقعیت عمودی : این موقعیت شامل حالتی می شود که صفحه و خط جوش هر دو به صورت عمودی قرار گیرند.

موقعیت بالای سر : این موقعیت شامل حالتی است که صفحه به صورت افقی قرار گیرد و فلز جوشکاری از زیر به صفحه وارد شود.

موقعیت ثابت افقی : این موقعیت شامل حالتی می شود که لوله ای با محور افقی قرار بگیرد و خط جوش به صورت عمودی روی آن قرار می گیرد. در این حالت لوله حرکت نمی کند و ثابت است.

²⁷ flat

²⁸ overhead

جدول D۱

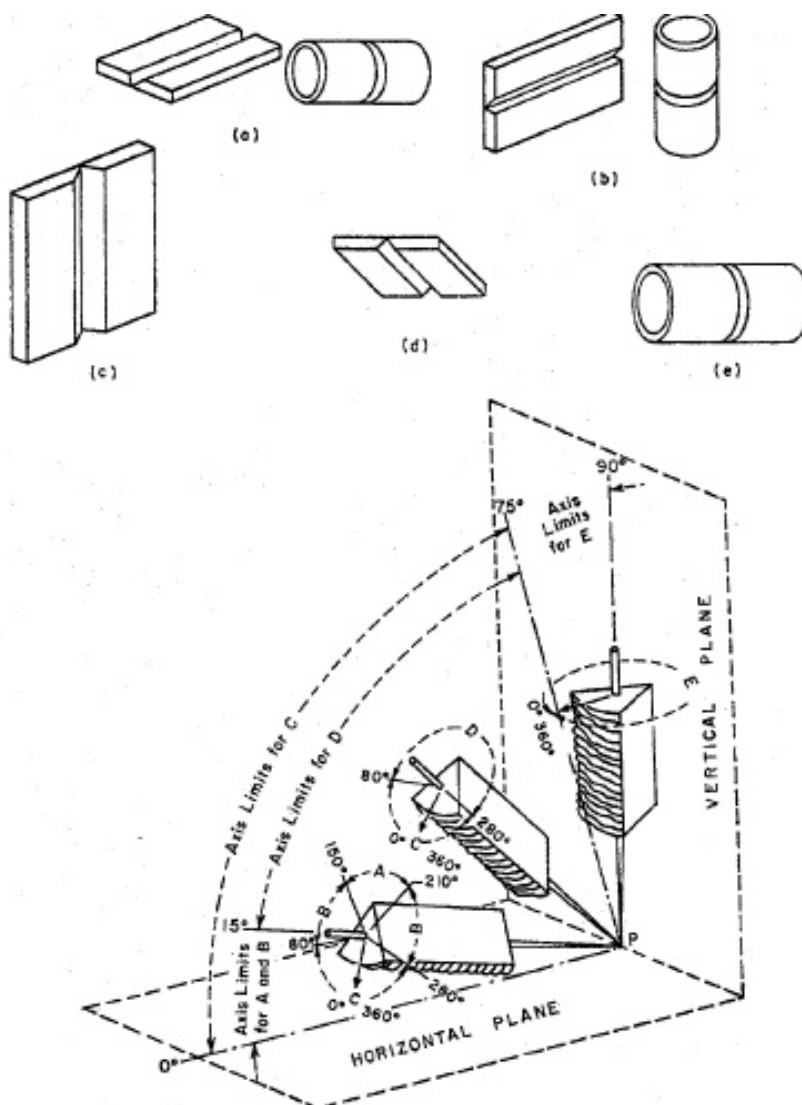
موقعیت	شماره شکل	انحراف محور (درجه)	گردش صفحه (درجه)
پهن	A	۰ تا ۱۵	۱۵۰ تا ۲۱۰
افقی	B	۰ تا ۱۵	۸۰ تا ۱۵۰
			۲۱۰ تا ۲۸۰
بالای سر	C	۰ تا ۸۰	۰ تا ۸۰
			۲۸۰ تا ۳۶۰
عمودی	D	۸۰ تا ۱۵	۲۸۰ تا ۸۰
	E	۸۰ تا ۹۰	۰ تا ۳۶۰

کد مدرک: QC-W-2 شماره بازنگری: 00 تاریخ بازنگری: ۹۲/۷/۱۰	عنوان مدرک: فرم فرآیند جوشکاری (پروسه) WPQ	 آریا سپهر کیهان				
شماره فرآیند تاریخ نوع فرآیند جوشکاری متریکال نا از دسته ی تا ضخامت صفحه (پلیت) محدوده ضخامت قابل قبول Filler Metal F Group No Weld Deposit A Group No مشخصه ی روانساز (Flux) ترکیب گاز دبی حجمی گاز بوار پشت بند (در صورت وجود) محدوده دمای پس گرمایش Single/Multiple موقعیت شیار قطر سبیم جوش نام تجاری نوع پشت بند Forehand/Backhand Amps Volts Inches/min دمای پس گرمایش مدت زمانی که در آن دما حفظ می شود						
نتایج تست کشش						
شماره نمونه	عرض	ضخامت	مساحت	بار کل نهایی	تنش نهایی واحد	نوع failure و موقعیت آن
نتایج تست خمش						
شماره نمونه	نتیجه	شماره نمونه	نتیجه			
نام جوشکار ساعت مهر نام تست گیر شماره تست بدین وسیله تضمین می شود که تمامی نتایج مندرج در این فرم حقیقی است و تمامی فرآیند بر اساس ملزومات استاندارد ASTM انجام پذیرفته است.						
سمت:		امضا و تاریخ:				
امضا و تاریخ:						

شکل D۱

کد مدرک: QC-W-1 شماره بلانگی: 00 تاریخ بلانگی: ۹۲/۸/۱۱	علوان مدرک : فرم فرآیند موشکاری (عملکرد موشکار) PQR	 آریا سپهر کیهان	
نام جوشکار ساعت مهر شماره فرآیند تاریخ نوع فرآیند جوشکاری موقعیت منربال تا از دسته ی تا ضخامت صفحه (پلیت) محدوده ضخامت قابل قبول Filler Metal F Group No Filler Metal A Group No قطر سیم جوش مشخصه روانساز (Flux) ترکیب گاز نام تجاری نوار پشت بند (در صورت وجود)			
نتایج تست خمش			
شماره نمونه	نتیجه	شماره نمونه	نتیجه
نام تست گیر شماره آزمایشگاه بدین وسیله تضمین می شود که تمامی نتایج درج شده در این فرم حقیقی است و تمامی فرآیند بر اساس ملزومات استاندارد ASTM انجام پذیرفته است.			
سمت : امضاء و تاریخ:			

شکل D۲



شکل D۳

نحوه تهیه ی صفحات تست :

نمونه ی تست حتما باید هم جنس با قطعه ی اصلی باشد و عملیات حرارتی صورت گرفته روی آن قبل و بعد از جوشکاری مشابه با قطعه ی اصلی باشد. تعداد نمونه های مورد نیاز با توجه به ابعاد نمونه ی تست تعیین شود. محل اتصال در نمونه باید با همان خط جوش قطعه اصلی جوش داده شود. ابعاد این خط جوش اهمیتی ندارد. ضخامت قطعه با توجه به جداول D۲ و D۳ تعیین می شود.

جدول D۲- نوع و تعداد نمونه های تست و محدوده ی ضخامت مورد قبول (پروسه)

ضخامت صفحه یا لوله ای که روی آن جوشکاری صورت گرفته است (t) (اینچ)	محدوده ضخامت مورد قبول (اینچ)		نوع و تعداد تست های مورد نیاز			
	مینیموم	ماکزیمم	کشش در سطح کاهش یافته	خمش از کناره	خمش از رویه	خمش از قاعده
$\frac{1}{16}$ تا $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{16}$	2t	2	-	2	2
$\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{16}$	2t	2	-	2	2
$\frac{3}{4}$ تا $\frac{3}{2}$	$\frac{3}{16}$	2t	2	4	-	-
بیشتر از $\frac{3}{2}$	$\frac{3}{16}$	8	2	4	-	-

* اگر از جوشکاری جهت ترمیم و تعمیر استفاده شود، ضخامت مینیموم اهمیتی ندارد.

* ماکزیمم ضخامت مورد قبول برای لوله هایی کوچکتر از ۵ اینچ، مینیموم دو مقدار دو برابر ضخامت آن یا $\frac{3}{4}$ اینچ است.

جدول D۳- نوع و تعداد نمونه های تست و محدوده ی ضخامت مورد قبول (عملکرد)

ضخامت صفحه یا لوله ای که روی آن جوشکاری صورت گرفته است (t) (اینچ)	ضخامت مورد قبول	نوع و تعداد تست های مورد نیاز		
		خمش از کناره	خمش از رویه	خمش از قاعده
کمتر از $\frac{3}{8}$	2t	-	1	1
$\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$	2t	-	1	1
$\frac{3}{4}$ تا $\frac{3}{8}$	2t	2	-	-
بیشتر از $\frac{3}{4}$	تا جایی که جوشکاری امکان پذیر باشد	2	-	-

شرایط اتصال باید مطابق شکل D۴ باشد.



شکل D۴

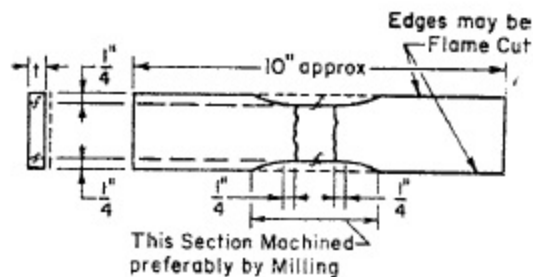
انواع تست :

چهار نوع تست برای بررسی و قبول نمونه انجام می شود:

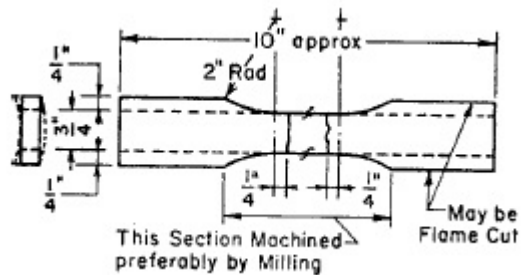
- ۱- تست کشش : این تست به منظور سنجش مقاومت خط جوش مورد استفاده قرار می گیرد.
- ۲- تست خمش : این تست به منظور سنجش درستی و چکش خواری خط جوش مورد استفاده قرار می گیرد.
- ۳- تست ضربه شاری : این تست به منظور سنجش مقاومت ضربه ای خط جوش ها شیاری مورد استفاده قرار می گیرد.
- ۴- تست رادیوگرافی : این تست به منظور سنجش مهارت جوشکار مورد استفاده قرار می گیرد.

تست کشش :

ضخامت صفحه یا لوله مورد تست قرار گرفته شده با توجه به شکل های D۵ و D۶ به دست می آید. شایان ذکر است که اندازه لوله ها بیشتر از ۳ اینچ است.



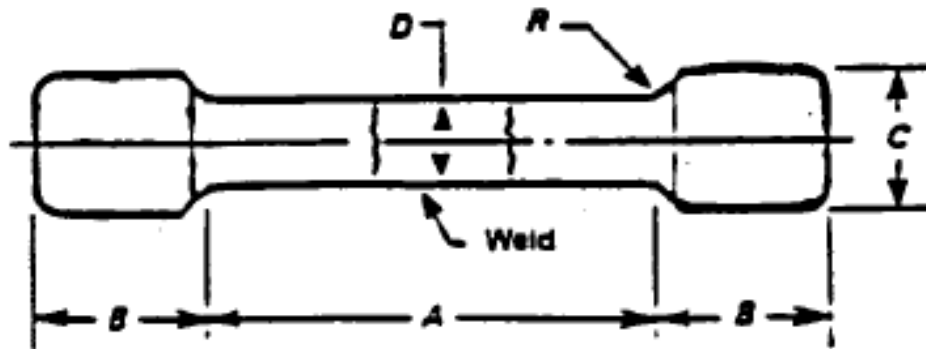
شکل D۵- تست کشش برای صفحه



شکل D۶- تست کشش برای لوله

برای صفحات و لوله هایی با ضخامت زیر یک اینچ، یک نمونه تست و برای بیشتر از ۱ اینچ، یک یا چند نمونه کافی است. هنگامی که از چند نمونه استفاده می شود، هر نمونه یک تست کشش را متحمل می شود.

برای تست کشش می توان از نمونه هایی که نمونه های واژگون نام دارند استفاده کرد که در شکل D۷ و جدول D۴ ارائه شده اند.



شکل D۷

اگر جوش نمونه ی تست شده استحکام کششی ای بیشتر از ۹۵٪ استحکام کششی تعیین شده داشت، این تست را با موفقیت پشت سر گذاشته است. برای اطلاعات بیشتر پیرامون تست کشش به استاندارد ASTM- A370 رجوع شود.

جدول D۴

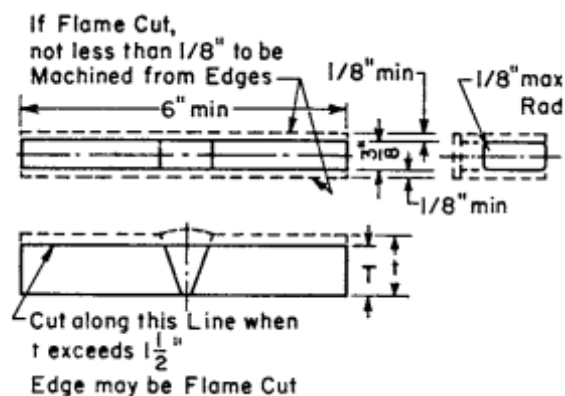
	ابعاد استاندارد (اینچ)			
	(a) نمونه ۰/۵۰۵	(b) نمونه ۰/۳۵۳	(c) نمونه ۰/۲۵۲	(d) نمونه ۰/۱۸۸
A	*	*	*	*
D	0.5 ± 0.01	0.35 ± 0.007	0.25 ± 0.005	0.188 ± 0.003
R (min)	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$
B	$1 \frac{3}{8}$	$1 \frac{1}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{2}$
C	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$

* باید بزرگتر از مجموع عرض جوش و ۲۰ باشد.

تست خمش:

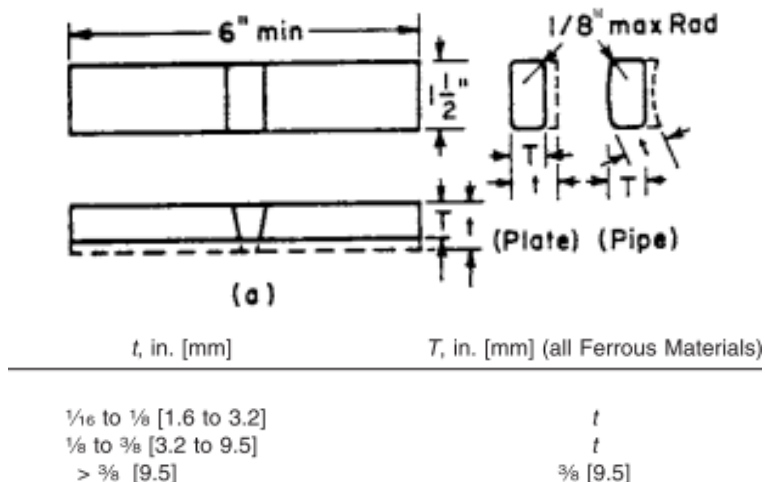
برای تهیه نمونه ی تست خمش باید صفحه یا لوله ی مورد نظر را به گونه ای برش داد که سطح مقطع آن مستطیلی شکل باشد. سطوح بریده شده وجوه جانبی و دو وجه دیگر رویه و قاعده نام دارند. گرده سطحی است که خط جوش با بیشترین ضخامت روی آن قرار دارد. بسته به اینکه کدام وجه، وجه محدب خارجی می شود سه نوع تست خمش موجود است.

خمش جانبی: خط جوش در عرض محور طولی نمونه وجود دارد و نمونه به گونه ای خم می شود که یکی از وجوه جانبی سطح محدب خمش باشد. در شکل D۸ نمونه ی این تست ارائه شده است.



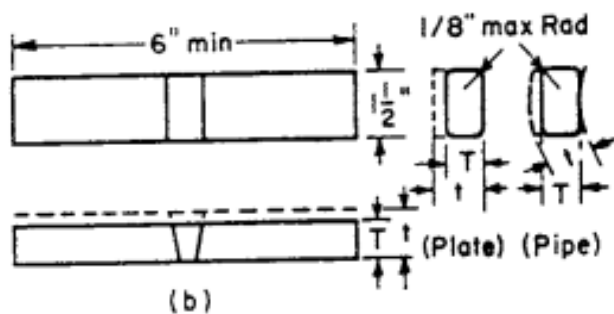
شکل D۸

خمش گرده ای: خط جوش در عرض محور طولی نمونه وجود دارد و نمونه به گونه ای خم می شود که گرده ی آن سطح محدب خمش باشد. در شکل D۹ نمونه ی این تست ارائه شده است.



شکل D۹

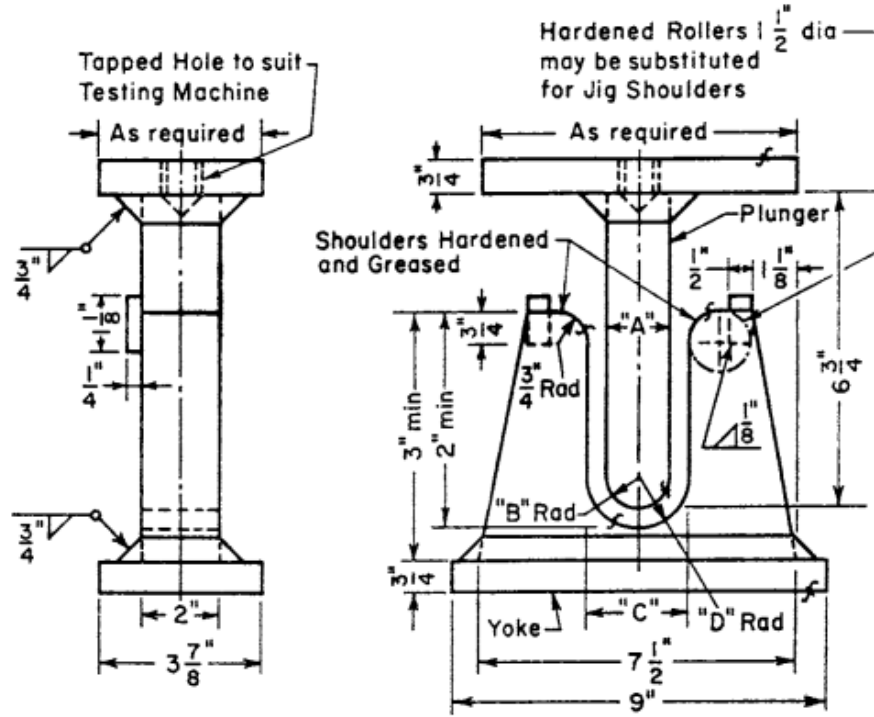
خمش ریشه ای : خط جوش در عرض محور طولی نمونه وجود دارد و نمونه به گونه ای خم می شود که ریشه ی آن سطح محدب خمش باشد. در شکل D۱۰ نمونه ی این تست ارائه شده است.



شکل D۱۰

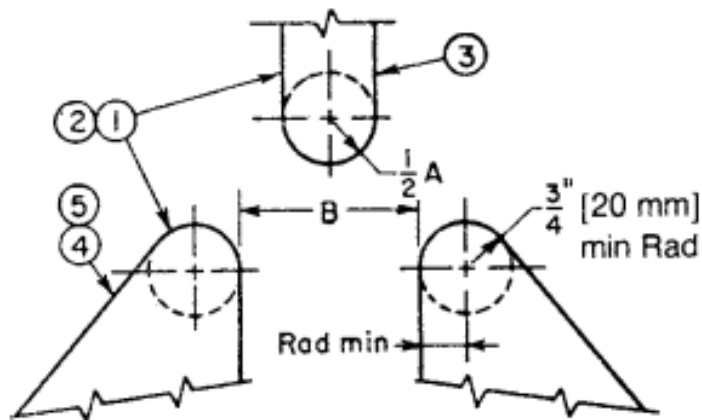
تعداد تست های خمش مورد نیاز برای نمونه های متفاوت در جداول D۲ و D۳ آورده شده است. اگر ضخامت قطعه ی اصلی بیشتر از $\frac{1}{5}$ اینچ باشد، نمونه ای با ضخامتی بین $\frac{1}{5}$ و $\frac{1}{75}$ اینچ از آن برداشته می شود.

نمونه های تست خمش باید در راهنمای تست خم شوند. تعدادی از این راهنما های تست در شکل های D۱۱ تا D۱۳ ارائه شده است. بسته به نوع تست خمش، صفحه ی تحت خمش باید در مکتم خالی بین دو فک قرار گیرد.

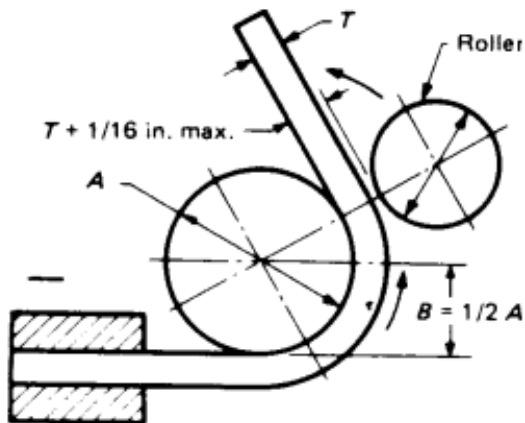


ضخامت نمونه	A (in)	B(in)	C(in)	D(in)
$\frac{3}{8}$	$1 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$2 \frac{3}{8}$	$1 \frac{3}{16}$
t	4t	2t	$6t + \frac{1}{8}$	$3t + \frac{1}{6}$

شکل D۱۱



شکل D۱۲



شکل D۱۳

برای سنجش نمونه به موارد زیر توجه شود :

- ۱- وجه محدب خمش نباید در هیچ جهتی هیچ گونه ترک یا هر نقص دیگری بزرگتر از $\frac{1}{8}$ اینچ داشته باشد.
- ۲- از ترک های کناره ی وجه محدب خمش می توان صرف نظر کرد، مگر اینکه دلیل واضحی مبنی بر ارتباط این ترک با دخول سرباره به قطعه در دست باشد.

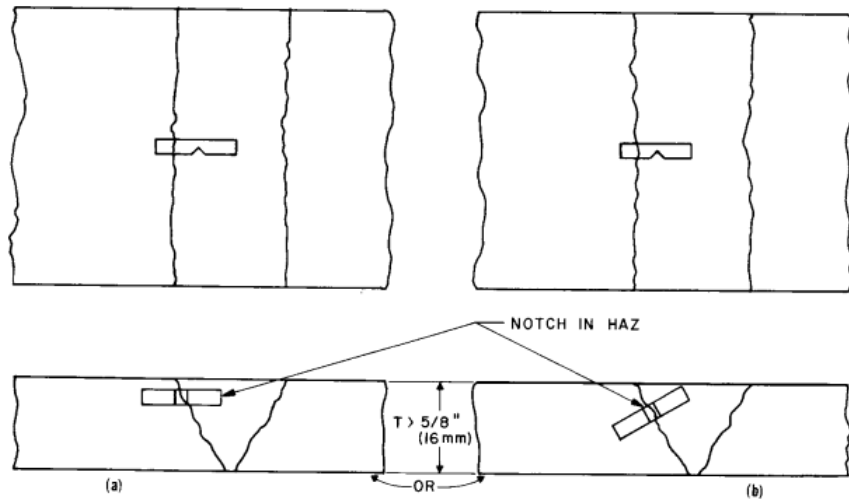
اگر میزان چکش خواری قطعه ی اصلی آنقدر بالا باشد که نتوان روی آن تست خمش را انجام داد، باید ابتدا با استفاده از عملیات حرارتی مخصوص شرایط را برای خمش آن محیا کرد. اگر قطعه طبق خمش جانبی ۵ درجه خم شد و ترکی روی سطح محدب خمش آن به وجود نیامد این تست را با موفقیت پشت سر گذاشته است.

تست ضربه ی شارپی :

اطلاعات کاملی از این تست در استاندارد A370 آورده شده است. در این تست فاق V شکل عمود بر سطح قطعه به گونه ای قرار می گیرد که $\frac{1}{16}$ اینچ داخل یک صفحه از آن شود. در نواحی تحت تاثیر عملیات حرارتی قرار گرفته، فاق در عرض جوش بر آن عمود می شود. در شکل D۱۴ نحوه ی قرار گیری فاق نشان داده شده است.

ترتیب حذف بخش هایی از نمونه

در شکل های D۱۵ و D۱۶ ترتیب حذف بخشهایی از نمونه جهت تشکیل نمونه ی تست مورد نظر نشان داده شده است.



شکل D۱۴

Discard	this piece
Reduced Section	Tension Specimen
Root Bend	Specimen
Face Bend	Specimen
Root Bend	Specimen
Face Bend	Specimen
Reduced Section	Tension Specimen
Discard	this piece



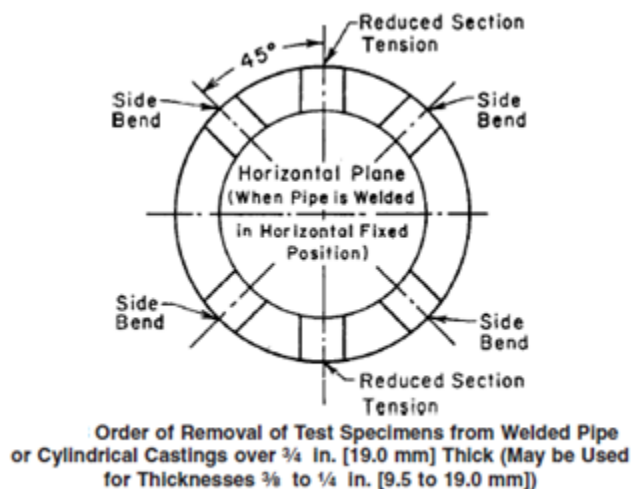
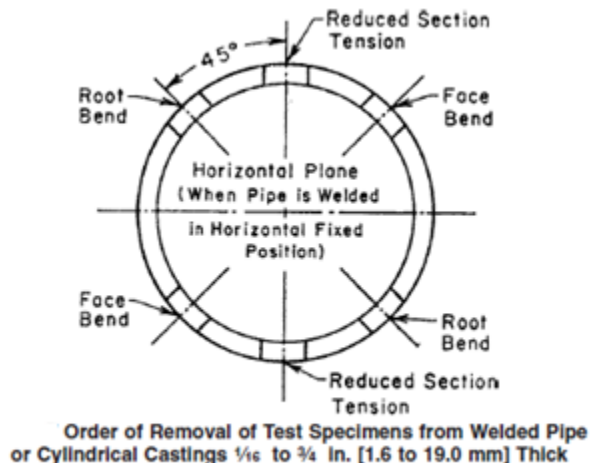
Order of Removal of Test Specimens from Test Plate $\frac{1}{8}$ to $\frac{3}{4}$ in. [1.6 to 19.0 mm] Thick

Discard	this piece
Side Bend	Specimen
Reduced Section	Tension Specimen
Side Bend	Specimen
Side Bend	Specimen
Side Bend	Specimen
Reduced Section	Tension Specimen
Side Bend	Specimen
Discard	this piece



Order of Removal of Test Specimens from Welded Test Plates over $\frac{3}{4}$ in. [19.0 mm] Thick (May be Used for Thicknesses $\frac{3}{8}$ to $\frac{3}{4}$ in. [9.5 to 19.0 mm])

شکل D۱۵



شکل D۱۶

بررسی مطلوب بودن فرآیند

- ۱- هر تولید کننده یا پیمانکاری باید فرآیند جوشکاری را در فرمی مشابه با فرم های ارائه شده ثبت کند.
- ۲- تعداد تست های خمشی مورد نیازی که برای هر قطعه با توجه به ضخامت آن مورد نیاز است در جدول D۲ آورده شده است.
- ۳- نمونه باید مطابق شکل های D۱۵ و D۱۶ از صفحه یا لوله برداشته شود.
- ۴- نمونه های برداشته شده باید موارد صلاحیت اشاره شده در هر تست را با موفقیت پشت سر بگذارد.

بررسی دوباره مطلوب بودن فرآیند

در صورتی که هر یک از ۱۲ حالت زیر برای قطعه اتفاق افتاد، فرآیند جوشکاری باید به عنوان فرآیندی جدید تنظیم شده و مطلوب بودن آن بررسی شود:

- ۱- تغییر متریکال پایه از یک دسته به دسته ی دیگر. هنگامی که دو قطعه از دو جنس مختلف به هم جوش داده می شوند، مطلوب بودن فرآیند باید برای ترکیب دو متریکال بررسی شود. شایان ذکر است که دسته بندی مواد مختلف در جدول D۵ آورده شده است.
- ۲- هر گونه تغییر در آنالیز سرباره ی جوش یا جنس الکتروود نیاز به بررسی دوباره مطلوب بودن تحت هرکدام از شرایط زیر را الزامی می کند.
- ۱-۲- هنگامی که *A No* متریکال تغییر کند. (جدول D۶)
- ۲-۲- هنگامی که *F No* متریکال تغییر کند. (جدول D۷)
- ۳- کاهش ۱۰۰ درجهی فارنهایت یا بیشتر در دمای پیش گرم سازی.
- ۴- تغییر در عملیات حرارتی بعد از جوشکاری یا سیکل زمانی آن.
- ۵- تغییر در پشتبند یا قلم افتادگی مواردی در نسخه ی قبلی.
- ۶- تغییر در پروسه ی جوشکاری.
- ۷- در جوشکاری زیر آب که نوع آلیاژ فلز جوشکاری شدیداً وابسته به جنس ذوب کننده است، هرگونه تغییر در فرآیند جوشکاری که باعث تغییر در ترکیب شیمیایی فلز شود.
- ۸- در جوشکاری زیر آب هر گونه تغییر در جنس ذوب کننده.
- ۹- در جوشکاری زیر آب تغییر ترکیب فیلر از حالتی که بین ۱/۷۵ تا ۲/۲۵ درصد و حالتی که زیر ۱ درصد منگنز داشته باشد.
- ۱۰- در جوشکاری زیر آب تغییر *A No* پرکننده. (جدول D۶)
- ۱۱- در جوشکاری قوس الکتریکی فلزی و تنگستنی:
- ۱-۱۱- هر گونه تغییر در ترکیبات گاز مورد استفاده در جوشکاری.
- ۲-۱۱- تغییر بیش از ۱۰٪ در دبی حجمی گاز.
- ۱۲- در جوشکاری قوس الکتریکی فلزی تغییر الکتروود مصرفی از نوع روکش دار به نوع زیرپودری.

جدول D۵

شماره دسته	نوع متریال	ASTM	گريدها
1	فولاد کربنی (کربن کمتر از ۰/۳۵ درصد، استحکام کششی کمتر یا مساوی ksi ۷۰)	A27	همه
		A216	WCA, WCB
		A352	LCB, LCA
		A356	1
		A732	1A, 2A
		A757	A1Q
		A958	SC1020, SC 1025, SC 1030, SC 1040, SC 1045, 65/35, 70/36
2	فولاد کربنی (استحکام کششی بیش از ksi ۷۰) - فولاد کربن- منگنز (استحکام کششی بین ksi ۷۰ تا ۹۰)	A148	80-40
		A216	WCC
		A352	LCC
		A732	2Q, 3A
		A757	A2Q
		A958	SC 1030, SC 1040, SC 1045 کلاس های: 80/40, 80/50
3	فولاد کربنی و فولاد کربن- منگنز (استحکام کششی بیش از ksi ۹۰)	A732	3Q, 4A, 4Q, 5N
		A958	SC 1045 کلاس های: 90/60, 105/85, 115/95
4	فولاد کم آلیاژ (آنیل شده، نرمالیزه شده، نرمالیزه و حرارت داده شده، استحکام کششی کمتر از ksi ۸۵)	A148	80-50
		A217	WC1, WC4, WC5, WC6, WC9
		A352	LC1, LC2, LC3, LC4
		A356	2, 5, 6, 8
		A389	C23, C24
		A487	11A, 12A, 16A
		A757	B2N, B3N, B4N
A985	SC 4130, SC 4140, SC 8620, SC 8625, SC 8630 کلاس های: 65/35, 70/36, 80/40, 80/50		
5	فولاد کم آلیاژ (آنیل شده، نرمالیزه شده، نرمالیزه و حرارت داده شده، استحکام کششی بیشتر از ksi ۸۵)	A148	90-60, 105-85
		A217	C5, C12, C12A, WC11
		A356	9, 10, 12
		A487	1A, 1C, 2A, 2C, 4A, 4C, 6A, 8A, 9A, 9C, 10A, 13A
		A732	6N, 15A
		A757	D1N1, D1N2, D1N3, E2N1, E2N2, E2N3
		A958	SC 4340 کلاس های:

			90/60 , 105/85
6	فولاد کم آلیاژ (کوئنچ و حرارت داده شده)	A148	90-60, 105-85, 115-95, 130-115, 135-125, 150-135, 160-145, 165-150, 165-150L, 210-180, 210-180L, 260-210, 260-210L
		A352	LC2-1, LC1, LC2, LC3, LC4, LC9
		A487	1B, 1C, 2B, 2C, 4B, 4C, 4D, 4E, 9A, 9B, 9C, 9D, 6B, 7A, 8B, 8C, 9E, 10B, 11B, 12B, 13B, 14A
		A732	7Q, 8Q, 9Q, 10Q, 11Q, 12Q, 13Q, 14Q
		A757	B2Q, B3Q, B4Q, C1Q, D1Q1, D1Q2, D1Q3, E1Q, E2Q1, E2Q2, E2Q3
		A958	SC 4140, SC 4130, SC 4340, SC 8620, SC 8625, SC 8630, کلاس های: 115/95, 130/115, 135/125, 150/135, 160/145, 165/150, 210/180
7	فولاد ضد زنگ فریتی	A743	CB-30, CC-50
8	فولاد ضد زنگ مارتنزیتی	A217	CA-15
		A352	CA6NM
		A356	CA6NM
		A487	CA15-A, CA15-B, CA15-C, CA15-D, CA15M-A, CA6NM-A, CA6NM-B
		A743	CA-15, CA-15M, CA6NM, CA-40, CA6N, CB6
		A757	E3N
9	فولاد آستنیتی ضد زنگ کم کربن (کربن کمتر از ۰/۰۳٪)	A351	CF-3, CF-3A, CF-3M, CF-3MA, CF-3MN, CK3MCUN, CG3M, CN3MN
		A743	CF-3, CF-3M, CF-3MN, CK-3MCUN, CN-3M, CG3M, CN3MN
		A744	CF-3, CF-3M, CK-3MCUN, CG3M, CN3MN
10	فولاد آستنیتی ضد زنگ غیر پایدار (کربن بیشتر از ۰/۰۳٪)	A351	CE-8MN, CF-8, CF-8A, CF-8M, CF-10, CF-10M, CG-8M, CH-8, CH-10, CH-20, CF10S1MNN, CG6MMN, CE20N

		A447	Type I
		A743	CF-8, CG-12, CF-20, CF-8M, CF-16F, CF10SMNN, CH-20, CG-8M, CE-30, CG6MMN, CH10, CF16Fa
		A744	CF-8, CF-8M, CG-8M
11	فولاد آستنیتی ضد زنگ پایدار	A351	CF-8C, CF-10MC, CK-20, HK-30, HK-40, HT-30, CN-7M, CT-15C
		A447	Type II
		A743	CF-8C, CN-7M, CN-7MS, CK-20
		A744	CF-8C, CN-7M, CN-7MS
12	فولاد دوبلکس (آستنیتی- فریتی) ضد زنگ	A351	CD3MWCuN, CD-4MCU
		A872	J93183, J93550
		A890	1A, 1B, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A
		A995	1B, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A
13	فولاد آستنیتی رسوبی - سخت کاری شده ی ضد زنگ	A747	CB7CU-1, CB7CU-2
14	آلیاژ پایه نیکل	A494	CW-12MW, CY-40 Class 1, CY-40 Class 2, CZ-100, M-35-1, M-35-2, M-30C, N-12MV, N-7M, CW-6M, CW-2M, CW-6MC, CX-2MW, CU5MCUC
		A990	CW2M
15	فولاد ریخته گری، آستنیتی- منگنز	A128	A, B-1, B-2, B-3, B-4, C, D, E-1, E-2, F

جدول D۵

A No	سربراره جوش	آنالیز					
		کربن %	کروم %	مولیبیدن %	نیکل %	منگنز %	سیلیسیم %
۱	فولاد نرم	max 0.15	-	-	-	max 1.6	max 1.00
۲	کربن - مولیبیدن	max 0.15	max 0.50	0.40 - 0.65	-	max 1.6	max 1.00
۳	کروم (۰/۴) تا ۲ درصد - مولیبیدن	max 0.15	0.40 - 2.00	0.40 - 0.65	-	max 1.6	max 1.00
۴	کروم (۲ تا ۶ درصد) - مولیبیدن	max 0.15	2.00 - 6.00	0.40 - 1.50	-	max 1.6	max 2.00
۵	کروم (۶ تا ۱۰/۵ درصد) - مولیبیدن	max 0.15	6.00 - 10.50	0.40 - 1.50	-	max 1.2	max 2.00
۶	کروم - مارتنزیت	max 0.15	11.00 - 15.00	max 0.70	-	max 2.00	max 1.00
۷	کروم - فریت	max 0.15	11.00 - 30.00	max 1.00	-	max 1.00	max 3.00
۸	کروم - نیکل	max 0.15	14.50 - 30.00	max 4.00	7.50 - 15.00	max 2.50	max 1.00
۹	کروم - نیکل	max 0.30	25.00 - 30.00	max 4.00	15.00 - 37.00	max 2.50	max 1.00
۱۰	نیکل تا ۴ درصد	max 0.15	-	max 0.55	0.80 - 4.00	max 1.70	max 1.00
۱۱	منگنز - مولیبیدن	max 0.17	-	0.25 - 0.75	max 0.85	1.25 - 2.25	max 1.00
۱۲	نیکل - کروم - مولیبیدن	max 0.15	max 1.50	0.25 - 0.80	1.25 - 2.80	0.75 - 2.25	max 1.00

جدول DY

F No	مشخصه * ANSI/AWS	دسته بندی ANSI/AWS
۱	SFA-5.1 & 5.5	EXX20, EXX22, EXX24, EXX27, EXX28
۱	SFA-5.4	EXX25, EXX26
۲	SFA-5.1 & 5.5	EXX12, EXX13, EXX14, EXX19
۳	SFA-5.1 & 5.5	EXX10, EXX11
۴	SFA-5.1 & 5.5	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48
۴	SFA-5.4 (به جز آستنیتی و دوبلکس)	EXX15, EXX16, EXX17
۵	SFA-5.4 (آستنیتی و دوبلکس)	EXX-15, EXX-16, EXX-17
۶	SFA-5.2	RX
۶	SFA-5.17	FXX-EXX, FXX-ECX
۶	SFA-5.9	ERXX, ECXX, EQXX
۶	SFA-5.18	ERXXS-X, EXXC-X, EXXC-XX
۶	SFA-5.20	EXXT-X
۶	SFA-5.22	EXXT-X
۶	SFA-5.23	FXX-EXXX-X, FXX-ECXXX-X, FXX-EXXX-XN, FXX-ECXXX-XN
۶	SFA-5.25	FESXX-EXXXXX-EW
۶	SFA-5.26	EGXXS-X, EGXXT-X
۶	SFA-5.28	ERXXS-X, EXXC-X
۶	SFA-5.29	EXXTX-X
۶	SFA-5.30	INXXXX
۴۱	SFA-5.11	ENi-1
۴۱	SFA-5.14	ERNi-1
۴۱	SFA-5.30	IN61
۴۲	SFA-5.11	ENiCu-7
۴۲	SFA-5.14	ERNiCu-7
۴۲	SFA-5.14	ERNiCu-8
۴۲	SFA-5.30	IN60
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-1
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-2
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-3
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-4
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-7
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-9
۴۳	SFA-5.11	ENiCrFe-10
۴۳	SFA-5.11	ENiCrCoMo-1
۴۳	SFA-5.11	ENiCrMo-2

۴۳	SFA-5.11	ENiCrMo-3
۴۳	SFA-5.11	ENiCrMo-6
۴۳	SFA-5.11	ENiCrMo-12
۴۳	SFA-5.14	ERNiCr-3
۴۳	SFA-5.14	ERNiCr-4
۴۳	SFA-5.14	ERNiCr-6
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrFe-5
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrFe-6
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrFe-7
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrFe-8
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrFe-11
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrCoMo-1
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrMo-2
۴۳	SFA-5.14	ERNiCrMo-3
۴۳	SFA-5.30	IN82
۴۳	SFA-5.30	IN62
۴۳	SFA-5.30	IN62A
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-1
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-3
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-7
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-8
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-9
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-10
۴۴	SFA-5.11	ENiCrMo-4
۴۴	SFA-5.11	ENiCrMo-5
۴۴	SFA-5.11	ENiCrMo-7
۴۴	SFA-5.11	ENiCrMo-10
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-13
۴۴	SFA-5.11	ENiMo-14
۴۴	SFA-5.14	ERNiMo-1
۴۴	SFA-5.14	ERNiMo-2, ERNiMo-3
۴۴	SFA-5.14	ERNiMo-7 (Alloy B-2)
۴۴	SFA-5.14	ERNiMo-8
۴۴	SFA-5.14	ERNiMo-9
۴۴	SFA-5.14	ERNiMo-10
۴۴	SFA-5.14	ERNiCrMo-4
۴۴	SFA-5.14	ERNiCrMo-5
۴۴	SFA-5.14	ERNiCrMo-7 (Alloy C-4)

۴۴	SFA-5.14	ERNiCrMo-10
۴۴	SFA-5.14	ERNiCrMo-13
۴۴	SFA-5.14	ERNiCrMo-14
۴۴	SFA-5.14	ERNiCrWMo-1
۴۵	SFA-5.11	ENiCrMo-1
۴۵	SFA-5.11	ENiCrMo-9
۴۵	SFA-5.11	ENiCrMo-11
۴۵	SFA-5.14	ERNiCrMo-1
۴۵	SFA-5.14	ERNiFeCr-1
۴۵	SFA-5.14	ERNiCrMo-8
۴۵	SFA-5.14	ERNiCrMo-9
۴۵	SFA-5.14	ERNiCrMo-11
۷۱	SFA-5.13	EFeMn-A, EFeMn-B, EFeMn-C, EFeMn-D, EFeMn-E, EFeMn-F, EFeMnCr

* موضوع هر کدام از SFA ها به شرح زیر است:

- * SFA-5.1= الکتروده های فولاد کربنی مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی فلزی
- * SFA-5.2= میله های فولاد کربنی و کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری استیلین
- * SFA-5.3= الکتروده های آلومینیومی و آلیاژ آن مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی فلزی
- * SFA-5.4= الکتروده های فولاد ضد زنگ مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی فلزی
- * SFA-5.6= الکتروده های فولاد کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی فلزی
- * SFA-5.7= الکتروده های با پوشش مسی و آلیاژ های مس مناسب برای جوشکاری
- * SFA-5.8= فلزات پر کننده ی مناسب برای لحیم کاری و جوش های لحیمی
- * SFA-5.9= الکتروده ها و میله های فولاد ضد زنگ بدون روکش مناسب برای جوشکاری
- * SFA-5.10= الکتروده ها و میله های آلومینیوم و آلیاژ آلومینیومی مناسب برای جوشکاری
- * SFA-5.11= الکتروده ها و میله های نیکل و آلیاژ نیکلی بدون روکش مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی فلزی
- * SFA-5.12= الکتروده ها و میله های تنگستن و آلیاژ تنگستنی بدون روکش مناسب برای جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی فلزی
- * SFA-5.13=solid surfacing الکتروده ها و میله های مناسب برای

- * SFA-5.14= الکترودها و میله های نیکل و آلیاژ نیکلی مناسب برای جوشکاری روکشی
- * SFA-5.15= الکترودها و میله های مناسب برای جوشکاری آهن ریخته گری
- * SFA-5.16= الکترودها و میله های جوشکاری تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم
- * SFA-5.17= الکترودهای فولاد کربنی مناسب برای جوشکاری زیر آب
- * SFA-5.18= الکترودهای فولاد کربنی مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی گازی
- * SFA-5.20= الکترودهای فولاد کربنی مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی توپودری
- * SFA-5.21= الکترودهای روکش دار فولاد کربنی مناسب برای surfacing
- * SFA-5.22= الکترودهای فولاد ضد زنگ مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری و میله های زیر پودری فولاد ضد زنگی مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی گاز تنگستن
- * SFA-5.23= الکترودهای فولاد کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری زیر آب
- * SFA-5.24= الکترودها و میله های مناسب برای جوشکاری زیرکونیوم و آلیاژهای آن
- * SFA-5.25= الکترودهای فولاد کربنی و کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری الکترو گازی
- * SFA-5.26= الکترودهای فولاد کربنی و کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری الکتریکی
- * SFA-5.28= الکترودها و میله های فولاد کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی
- * SFA-5.29= الکترودها و میله های فولاد کم آلیاژ مناسب برای جوشکاری زیرپودری
- * SFA-5.30= مواد پرکننده مصرفی
- * SFA-5.31= سیم لحیم کاری
- * SFA-5.32= گازهای جوشکاری
- * SFA-5.34= الکترودهای آلیاژ نیکل مناسب برای جوشکاری قوس الکتریکی زیرپودری

پیوست ۵ (استاندارد ASTM- A400)

این استاندارد پیرامون انتخاب شفت های فولادی با توجه به سطح مقطع و خواص مکانیکی مورد انتظار از آنهاست. شفت ها به سه کلاس تقسیم می شوند:

۱- کلاس P (P-1 to P-7) : این دسته از شفت ها مناسب برای کاربردهای سنگین است. به همین دلیل شفت های این کلاس خصوصیات زیر را دارند :

I. استحکام کششی بالا (بیشتر از ۵۲۱ مگا پاسکال)

II. قابلیت چکش خواری بالا

III. سختی بالا

شماره ی گریدهای مناسب برای ساخت شفت هایی با خصوصیت ذکر شده در جداول E۱ و E۲ (به ترتیب برای حالات خنک کاری ملایم و خنک کاری سریع) ارائه شده است.

۲- کلاس Q (Q-1 to Q-7) : این دسته از شفت ها مناسب برای کاربردهای متوسط است. به همین دلیل شفت های این کلاس خصوصیات زیر را دارند :

I. استحکام کششی متوسط (۵۱۷ تا ۱۲۷۶ مگا پاسکال)

II. قابلیت چکش خواری خوب

شماره ی گریدهای مناسب برای ساخت شفت هایی با خصوصیت ذکر شده در جداول E۳ و E۴ (به ترتیب برای حالات خنک کاری ملایم و خنک کاری سریع) ارائه شده است.

۳- کلاس R (R-1 to R-7) : این دسته از شفت ها مناسب برای کاربردهای سبک است. به همین دلیل شفت های این کلاس خصوصیات زیر را دارند :

I. استحکام کششی پایین (۲۰۷ تا ۸۲۷ مگا پاسکال)

II. قابلیت چکش خواری نسبتا خوب

شماره ی گریدهای مناسب برای ساخت شفت هایی با خصوصیت ذکر شده در جداول E۵ و E۶ (به ترتیب برای حالات نورد گرم و نورد سرد) ارائه شده است.

جدول E۱

سختی مطلوب		استحکام کششی معادل psi	استحکام تسلیم معادل psi	سختی بعد از کوئنچ (مینیموم)		کلاس						
						P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
						قطر شفت (اینچ)						
						≤ 0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5
HB		HRC	HB		HRC	ضخامت سطح مقطع قطعه Flat (اینچ)						
						≤ 0.3	0.3-0.6	0.6-1	1-1.3	1.3-1.6	1.6-2	2-2.3
229-293	20-33	110000-145000	90000-125000	388	42	1330						
						4130						
						5132						
						8630						
						50830						
293-341	33-38	145000-170000	125000-150000	409	44	1335	3140					
						3135	4135					
						4042	4640	4137		4142	9840	4337
						5135	8640					
						94830	8740					
341-388	38-42	170000-190000	150000-170000	455	48	1340	4137	4140		4145	4147	4340
						3140	6145	TS4140		9840	4337	-
						4047	8642	94840		-	86845	-
						4135	8645	-		-	-	-
						5140	8742	-		-	-	-
						8637	-	-		-	-	-
						TS14850	-	-		-	-	-
						50840	-	-		-	-	-
388-429	42-45	190000-205000	170000-185000	496	51	1345	5147	4142	8660	4147	4150	E4340
						4063	5155	4145	9840	4161	4161	9850
						4068	5160	4337	-	4340	TS4150	-
						4140	6150	8650	-	86845	-	-
						4640	9262	8655	-	-	-	-
						5145	94840	50860	-	-	-	-
						5150	-	51860	-	-	-	-
						8640	-	81845	-	-	-	-
						8642	-	-	-	-	-	-
						8645	-	-	-	-	-	-
						8740	-	-	-	-	-	-
						8742	-	-	-	-	-	-
						9260	-	-	-	-	-	-
						9261	-	-	-	-	-	-
						TS4140	-	-	-	-	-	-
						50846	-	-	-	-	-	-
						50844	-	-	-	-	-	-
50850	-	-	-	-	-	-						

جدول E۲

سختی مطلوب		استحکام کششی معادل psi	استحکام تسلیم معادل psi	سختی بعد از کوئنچ (مینیموم)		کلاس						
						P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
						قطر شفت (اینچ)						
						≤ 0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5
HB		HRC	HB		HRC	ضخامت سطح مقطع قطعه Flat (اینچ)						
						≤ 0.3	0.3-0.6	0.6-1	1-1.3	1.3-1.6	1.6-2	2-2.3
229-293	20-33	110000-145000	90000-125000	388	42	8625	4130	94830				
						8627	5130					
						-	8630					
						-	50830					
293-341	33-38	145000-170000	125000-150000	409	44	4032	1330	1335		1340	3140	4137
						4037	5132	5135		3135	4135	4337
						4130	94830	5140		4640	-	9840
						5130	-	50840		8637	-	-
						8630	-	-		8640	-	-
						TS14835	-	-		8740	-	-
						50830	-	-		-	-	-

جدول E۳

سختی مطلوب		استحکام کششی معادل psi	استحکام تسلیم معادل psi	سختی بعد از کوئنچ (مینیموم)		کلاس							
						Q-1	Q-2	Q-3	Q-4	Q-5	Q-6	Q-7	
						قطر شفت (اینچ)							
						≤ 0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	
HB		HRC			HB	HRC	ضخامت سطح مقطع قطعه Flat (اینچ)						
							≤ 0.3	0.3-0.6	0.6-1	1-1.3	1.3-1.6	1.6-2	2-2.3
187-293	20-33	95000-145000	75000-125000	388	42	1330	8637	3140	4140	-	4142	-	
						4130	-	8740	TS4140	-	-	-	
						5132	-	-	94B40	-	-	-	
						8630	-	-	-	-	-	-	
						50B30	-	-	-	-	-	-	
293-341	23-38	145000-170000	125000-150000	409	44	1335	3140	4137	81B45	4142	4145	4147	
						4042	4135	4140	-	-	-	4337	
						5135	4640	8642	-	-	-	9840	
						50B30	8640	8645	-	-	-	86B45	
						94B30	8740	8742	-	-	-	-	
						-	-	TS4140	-	-	-	-	
341-388	38-42	170000-190000	150000-170000	455	48	1340	1345	4142	51B60	4145	4147	4150	
						3140	4137	5147	-	8655	4337	4340	
						3135	4140	5155	-	9840	86B45	TS4150	
						4047	5150	6150	-	-	-	-	
						4135	8642	94B40	-	-	-	-	
						5140	8645	-	-	-	-	-	
						8637	8742	-	-	-	-	-	
						TS14B50	TS4140	-	-	-	-	-	
						50B40	50B50	-	-	-	-	-	
388-429	42-45	190000-205000	170000-185000	496	51	1345	4142	4145	9840	4147	4150	E4340	
						4047	5147	4337	-	4340	TS4150	9850	
						4063	5155	5160	-	8660	-	-	
						4068	6150	8650	-	86B45	-	-	
						4140	9261	8655	-	-	-	-	
						4640	94B40	9262	-	-	-	-	
						5145	-	50B60	-	-	-	-	
						5150	-	51B60	-	-	-	-	
						8640	-	81B45	-	-	-	-	
						8642	-	-	-	-	-	-	
						8645	-	-	-	-	-	-	
						8740	-	-	-	-	-	-	
						8742	-	-	-	-	-	-	
						9260	-	-	-	-	-	-	
						TS4140	-	-	-	-	-	-	
						50B46	-	-	-	-	-	-	
50B44	-	-	-	-	-	-							
50B50	-	-	-	-	-	-							

جدول E۴

سختی مطلوب		استحکام کششی معادل psi	استحکام تسلیم معادل psi	سختی بعد از کوئنچ (مینیموم)		کلاس						
						Q-1	Q-2	Q-3	Q-4	Q-5	Q-6	Q-7
						قطر شفت (اینچ)						
						≤ 0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5
				ضخامت سطح مقطع قطعه Flat (اینچ)								
HB	HRC			HB	HRC	≤ 0.3	0.3-0.6	0.6-1	1-1.3	1.3-1.6	1.6-2	2-2.3
187-293	20-33	95000-145000	75000-125000	388	42	سر 1000	4037	5135	-	5140	4640	3140
						از 1024 تا	4130	94830	-	8637	-	8740
						1040	5130	-	-	50840	-	-
						8625	5132	-	-	-	-	-
						8627	8630	-	-	-	-	-
						-	50830	-	-	-	-	-
293-341	23-38	145000-170000	125000-150000	409	44	از 1036 تا	1330	1335	-	1340	4135	4137
						1045	5046	-	-	3135	8640	4140
						4032	5135	-	-	3140	8740	8642
						8630	94830	-	-	8637	-	8645
						-	-	-	-	-	-	8742
						-	-	-	-	-	-	TS4140
341-388	38-42	170000-190000	150000-170000	455	48	1335	3135	1340	-	1345	4140	4142
						4037	4042	3140	-	4137	8645	4337
						4130	4047	4135	-	4640	8742	5147
						5046	-	5140	-	5145	TS4140	6150
						5130	-	8637	-	5150	-	8650
						5132	-	50840	-	8640	-	9840
						5135	-	-	-	8642	-	81845
						8635	-	-	-	8740	-	94840
						TS14835	-	-	-	50844	-	-
						50830	-	-	-	50850	-	-
						94830	-	-	-	-	-	-

جدول E۵

حداقل استحکام کششی مورد نیاز (psi)	کلاس			
	R-1	R-2	R-3/R-4	R-5/R-6
	قطر شفت (اینچ)			
	≤ 0.5	0.5-1	1-2	2-3
ضخامت سطح مقطع قطعه Flat (اینچ)				
	≤ 0.3	0.3-0.6	0.6-1.3	1.3-2
30000-35000	HR1016 HR1020	HR1016 HR1020	HR1018	HR1018
	HR1018	HR1018 HR1022	HR1019	HR1022
	HR1019	HR1019	HR1021	HR1030
35000-40000	HR1022	HR1030	HR1030	HR1035
	HR1030	HR1035	HR1035	-
40000-45000	HR1035	HR1040	CD1010	CD1010 HR1045
	-	-	HR1040	CD1015
	-	-	-	HR1040
45000-50000	CD1010	CD1010	CD1015	CD1020 HR1137
	HR1040	CD1015	HR1045	CD1115
	HR1045	HR1045	HR1137	HR1050
50000-55000	CD1015	CD1020 HR1137	CD1018 CD1115	CD1018 HR1141
	HR1040	CD1115 HR1141	CD1020 HR1050	CD1019 HR1141
	HR1045	HR1050	HR 1141	CD1025
	-	-	CD1025 HR 1144	-
55000-60000	CD1018 CD1015	CD1018 HR1141	CD1019 CD1120	CD1022 CD1120
	CD1025	CD1019	CD1022	CD1117
	CD1019 HR1141	CD1025	CD1117	CD1118
	CD1020 HR1144	-	-	-

جدول E۶

حداقل استحکام کششی مورد نیاز (psi)	کلاس			
	R-1	R-2	R-3/R-4	R-5/R-6
	قطر شفت (اینچ)			
	≤ 0.5	0.5-1	1-2	2-3
	ضخامت سطح مقطع قطعه Flat (اینچ)			
	≤ 0.3	0.3-0.6	0.6-1.3	1.3-2
60000-65000	CD1022	CD1022	CD1030	CD1030
	CD1117	CD1117	CD1118	-
	CD1020	CD1118	-	-
	-	CD1020	-	-
65000-70000	CD1030	CD1030	CD1035	CD1035
	CDT1040	CD1035	CDT1137	CD1050
	CD1118	CDT1045	CDT1040	CDT1141
	-	-	CDT1050	CDT1045
70000-75000	CD1035	CDT1137	CD1040	CD1045
	CDT1045	CDT1040	CDT1141	CDT1040
	-	CDT1050	CDT1045	CDT1137
	-	-	-	CDT1144
75000-80000	-	-	-	CDT1050
	CDT1137	CD1040	CD1045	CD1137
	CDT1040	CDT1141	CDT1040	CDT1045
	CDT1050	CDT1045	CDT1137	CDT1040
80000-85000	-	-	CDT1144	CDT1141
	-	-	CDT1050	CD1050
	CD1040	CD1045	CD1137	CD1141
	CDT1141	CDT1040	CDT1045	CDT1137
85000-90000	CDT1045	CDT1137	CDT1141	CDT1144
	CDT1040	CDT1045	CDT1137	CDT1141
	CDT1137	CDT1040	CDT1045	CDT1137
	CDT1144	CDT1141	CDT1040	CDT1045
90000-95000	CDT1050	CD1050	CDT1144	CDT1050
	-	-	CDT1050	-
	CD1137	CD1141	CD1144	CDT1144
	CDT1045	CDT1137	CDT1141	CDT1141
95000-100000	CDT1040	CDT1045	CDT1137	CDT1137
	CDT1141	CDT1040	CDT1045	CDT1050
	CD1050	CDT1144	CDT1050	-
	-	CDT1050	-	-
100000-105000	CD1141	CD1144	CDT1144	CDT1144
	CDT1137	CDT1141	CDT1141	CDT1141
	CDT1045	CDT1137	CDT1137	-
	CDT1040	CDT1045	CDT1050	-
105000-110000	CDT1144	CDT1050	-	-
	CDT1050	-	-	-
	CD1144	CDT1144	CDT1144	-
	CDT1141	CDT1141	-	-
110000-115000	CDT1137	-	-	-
	CDT1050	-	-	-
	CDT1144	CDT1144	-	-
	CDT1141	-	-	-
115000-120000	CDT1144	-	-	-
	-	-	-	-