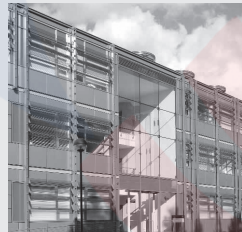
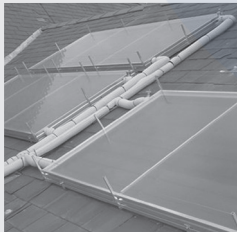


مطالعه مطالب بیشتر در کانال صنعت تهویه و تاسیسات
<https://telegram.me/hvacmag>

آشنایی با فرایندهای جوشکاری قوس الکتریکی (برق)

قسمت دوم

ترجمه و تنظیم: سید محمد رضا ناجیان





جدول ۶: فولاد ضدزنگ - جوشکاری دستی

جریان DC قطبیت مستقیم

نکته	سرعت mm/in	گاز		جریان (جوش تخت)		قطر میله پرکننده (در صورت وجود)		قطر الکترو تنگستن		شماره اتصال شکل (1)	نوع جوش (شکل 1)	ضخامت ورق					
		جریان cfh	نوع	آمپر •	نوع	in	mm	in	mm			in	mm				
														in	mm		
	3.05 2.54 3.05 2.54	10	†	◇	DC	1/16	1.6	1/16	1.6	1	لب‌ب‌لب روی هم گوشه نواری	1/16	1.6				
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	1	لب‌ب‌لب	1
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	4,5	روی هم	4,5
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	6,7,9	گوشه	6,7,9
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	10	نواری	10
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC			
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC			
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC			
	3.05 2.54 3.05 2.54	10		◇	DC	1/16	1.6	1/16	1.6	1	لب‌ب‌لب روی هم گوشه نواری	3/32	2.5				
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	4,5	لب‌ب‌لب	1
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	6,7,9	روی هم	4,5
	3.05 2.54 3.05 2.54			◇										DC	10	گوشه	6,7,9
	3.05 2.54 3.05 2.54	◇	DC	110- 130	نواری	10											

			◇										
			100- 120										
			◇										
			110- 130										
			◇										
			120- 140										
			◇										
			130- 150	DC						1	لب به لب		
	3.05		150	DC						4,5	روی هم		
	2.54	10	◇	DC	$3/32$	2.4	$1/16$	1.6		6,7,9	گوشه	$1/8$	3.2
	3.05		120- 140	DC						10	نواری		
	2.54		◇										
			130- 150										
			◇										
			200- 250										
			◇										
			225- 275	DC									
			◇										
			275	DC	$1/8$	3.2	$3/32$	2.4	1	5	لب به لب		
	2.54		◇	DC						6,7,8	روی هم		
	2.03	13	200- 250	DC	$1/8$	3.2	$3/32$	2.4	2.4,3.2	10	گوشه	$3/16$	5.0
	2.54		◇										
	2.03		225- 275	DC							نواری		



1 یا	1.27	13	□ 275- 350	DC	5/32	4.0	1/8	3.2	1,2 5 6,7,9 10	لب به لب روی هم گوشه نواری	1/4	6.0
2 پاس	1.27		□ 300- 375									
1 یا	1.27		□ 275- 350									
2 پاس	1.27		□ 300- 375									
1 پاس		15	□ 350- 450	DC	1/4	6.0	1/8, 5/32	3.2, 4.0	2,3 5 8 10	لب به لب روی هم گوشه نواری	1/2	13
2 یا			□ 375- 475									
3 پاس	*		□ 375- 475									
3	*		□ 375- 475									
3 پاس	*		□ 375- 475									
3 پاس	*		□ 375- 475									

† آرگون یا بلوشیلد ۱ یا بلوشیلد ۱۱؛ گاز بلوشیلد ۱۱ برای فولادهای ضدزنگ آستنیتی سری ۳۰۰ استفاده می‌گردد.

• برای جوشکاری عمودی و سربالا، مقدار جریان را در حدود ۱۰ تا ۲۰٪ کاهش دهید.

◊ برای جریان‌های تا ۲۵۰ آمپر باید از سرپوش تورچ سرامیکی استفاده شود.

□ برای جریان‌های بیش از ۲۵۰ آمپر باید از سرپوش تورچ آب‌خنک استفاده شود.

* امکان پیش‌بینی دقیق سرعت جوشکاری برای پاس‌های چندگانه وجود ندارد.



۲-۵- جوشکاری مس بدون اکسیژن (اکسیژن زدایی شده)

در جایی با لزوم جوشکاری گسترده، فلز مس بدون اکسیژن همواره به مس چقرمه الکترولیتی ترجیح داده می‌شود. فرایند GTAW به دلیل تولید قوس الکتریکی شدید و در نتیجه ایجاد دمای به شدت بالا در منطقه اتصال و همچنین تولید منطقه حرارت دیده (HAZ)^۱ باریک، فرایند مناسبی برای جوشکاری فلز مس و آلیاژهای آن محسوب می‌گردد. با وجود آن که در برخی از موارد از فرایند GTAW برای جوشکاری آلیاژهای مس روی داری نظیر برنج و مفرغ نیز استفاده گردیده است، اما به دلیل عدم قابلیت گاز محافظ در جلوگیری از تبخیر فلز روی، جوشکاری چنین آلیاژهایی از طریق فرایند GTAW توصیه نمی‌گردد. همچنین به دلیل مذکور نباید از میله‌ها الکترودهای پرکننده روی دار نیز استفاده نمود. از جریان مستقیم الکتروود منفی (DCEN)^۲ برای جوشکاری قوسی تنگستنی با گاز محافظ (GTAW) اکثر فلزات مس و آلیاژهای آن‌ها استفاده می‌گردد. استفاده از جریان مستقیم الکتروود منفی (DCEN)، امکان کاربرد الکتروودی با قطر کمینه را برای یک جریان جوشکاری معین میسر ساخته و نفوذ بیشنه فلز مذاب را به داخل فلز پایه مقدور می‌سازد. گازهای آرگون و هلیوم و یا مخلوط‌هایی از دو گاز بلوشیلد ۱، ۲ و ۳ به عنوان گازهای محافظ فرایند GTAW به کار می‌روند. به دلیل بهبود سیالیت فلز جوش، کاربرد گاز هلیوم به عنوان گاز محافظ جوشکاری ورق‌هایی با ضخامت بیش از ۲۳ mm توصیه می‌گردد. معمولاً با افزایش ضخامت فلز پایه، مقدار هلیوم موجود در مخلوط‌های گازی مذکور نیز افزایش می‌یابد. در فرایند GTAW مذکور، اجرای توصیه‌های پیش‌گرمایشی قطعه پایه مسی، الزامی می‌باشد و همچنین قطعه کاری باید عاری از هرگونه اکسید، خاک روغن و رطوبت باشد.

1- Heat-Affected Zone (HAZ)
2-Direct current electrode negative (DCEN)

جدول ۷: مس بدون اکسیژن - جوشکاری دستی

جریان DC قطبیت مستقیم (DCEN)

نکته	سرعت mm/in	گاز	جریان (جوش تخت)				قطر میله پرکننده (در صورت وجود)				شماره اتصال (شکل ۱)	نوع جوش (شکل ۱)	ضخامت ورق	
			جریان cfh	نوع	آمپر •	نوع	in		mm				in	mm
							in	mm	in	mm				
۱ پاس	3.05	15	†	◇ 110-140	DC	1/16	1.6	1/1	1.6	1,2	لب به لب روی هم گوشه نواری	1/16	1.6	
	2.54			◇ 130-150										
	3.05			◇ 110-140										
	2.54			◇ 130-150										
	3.05			◇ 110-140										
۱ پاس	2.79	15	†	◇ 175-225	DC	3/32	2.4	3/3	2.4	1,2	لب به لب روی هم گوشه نواری	1/8	3.2	
	2.29			◇ 200-250										
	2.79			◇ 175-225										
	2.29			◇ 200-250										
	2.79			◇ 175-225										



۱ پاس، پیش گرما یش 94°C	2.54	30	3	◇ 190-225	DC	1/8	3.2	1/8	3.2	1,2	لب بلب	3/16	5.0
	2.03			◇ 205-250						4,5	روی هم		
	2.54			◇ 190-225						6,7	گوشه		
	2.03			◇ 205-250						8	نواری		
	2.03			◇ 205-250						10			
۱ پاس، پیش گرما یش 149°C	2.29	30	3	◇ 225-260	DC	1/8	3.2	1/8	3.2	2	لب بلب	1/4	6.0
	1.78			□ 250-280						5	روی هم		
	2.29			◇ 225-260						6,7	گوشه		
	1.78			□ 250-280						8	نواری		
	1.78			□ 250-280						10			
۲ پاس، پیش گرما یش 260°C ۲ پاس، پیش گرما یش 260°C	*	40	3	□ 280-320	DC	3/16	5.0	3/1	5.0	2	لب بلب	3/8	9.5
	*			□ 300-340						5	روی هم		
	*			□ 280-320						6,7	گوشه		
	*			□ 300-340						8	نواری		
	*			□ 300-340						10			

۳- جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ (GMAW)^۱

نوعی از فرایند جوشکاری که مخلوط یکپارچه‌ای از فلزات مذاب را از طریق گرمایش آن‌ها به وسیله قوس الکتریکی میان الکترود فلزی پرکننده مصرفی و قطعه کاری تولید می‌کند. در فرایند GMAW، حفاظت از حوضچه مذاب کاملاً از طریق سیلندر محتوی یک گاز و یا مخلوط گازی تامین می‌گردد. برخی از شیوه‌های فرایند مذکور به نام‌های غیرفنی و عامیانه جوشکاری میگ (MIG)^۲ و یا جوشکاری CO_۲ شناخته می‌شوند (استاندارد ANSI/AWS A3.0، شرایط و تعاریف جوشکاری^۳).

۳-۱- امکانات و شرایط مورد نیاز فرایند GMAW

۱. منبع قدرت پتانسیل ثابت (مناسب برای کار موردنظر) *
 ۲. سامانه تغذیه سیم‌جوش سرعت ثابت (مناسب با سیم‌جوش) *
 ۳. الکترود (سیم‌جوش) مناسب با قطعه کاری
 ۴. رگلاتور جریان سنج (مناسب با گاز یا مخلوط گازی)
 ۵. سیلندر گاز یا مخلوط گازی (مناسب با قطعه کاری)
 ۶. مجموعه کابل و تورچ جوشکاری مناسب
 ۷. طول کابل جوشکاری مناسب
 ۸. طول کابل زمین، و انبر اتصال زمین مناسب
 ۹. کلاه ایمنی جوشکاری و تجهیزات حفاظتی دیگر
- * منابع قدرت پتانسیل ثابت (CP)^۴ و یا ولتاژ ثابت (CV)^۵، با تنوع گسترده‌ای از ظرفیت‌ها و با کنترل‌های مکانیکی، الکتریکی و یا نیمه‌هادی، در دسترس می‌باشند.
- * سامانه‌های تغذیه سیم‌جوش سرعت ثابت، در انواع مختلف و با قابلیت تغذیه سیم‌جوش‌هایی با قطر مختلف، سرعت‌های تغذیه مختلف و با ویژگی‌های متنوع دیگر، در دسترس می‌باشند.

جدول ۸: تعریف رده‌بندی سیم‌جوش‌ها الکترودهای مصرفی فرایند GMAW (CSA W48.4-M)

سامانه آمریکایی	سامانه کانادایی
مثال: ER70S-3	مثال: ER480S-3 (معادل ER70S-3 از سامانه آمریکایی)
ER: الکترود	ER: الکترود یا میله جوشکاری
70: استحکام کششی کمینه در واحد psi 1000	480: استحکام کششی کمینه در واحد MPa
S: سیم‌جوش تک‌رشته	S: سیم‌جوش تک‌رشته

- 1- Gas Metal Arc Welding (GMAW)
- 2- Metal Inert Gas (MIG)
- 3- ANSI/AWS A3.0, Welding Terms and Definitions
- 4- Constant potential (CP) power sources
- 5- constant voltage (CV) power sources

3: پسوندی برای هر رده ویژه، بر مبنای تجزیه و تحلیل شیمیایی و خواص فیزیکی	3: پسوندی برای هر رده ویژه، بر مبنای تجزیه و تحلیل شیمیایی و خواص فیزیکی
--	--

نکته: برای کسب جزئیات تکمیلی در خصوص الزامات شیمیایی و مکانیکی، به مشخصات فلز پرکننده فولاد کربنی تک‌رشته‌ای فرایند جوشکاری قوسی با گاز محافظ^۱ (مرد CSA W48.4-M) و مشخصات الکترودها و میله‌های فولاد کربنی فرایند جوشکاری قوسی با گاز محافظ^۲ (مرد AWS A5.18) مراجعه فرمایید.

۴- جوشکاری قوسی با الکتروده توپودری (FCAW)^۳

نوعی از فرایند جوشکاری که مخلوط یکپارچه‌ای از فلزات مذاب را از طریق گرمایش آن‌ها به وسیله قوس الکتریکی میان الکتروده فلزی پرکننده مصرفی و قطعه کاری تولید می‌کند. در فرایند FCAW، حفاظت از حوضچه مذاب از طریق پودر داخلی الکتروده لوله‌ای شکل انجام می‌گیرد. همچنین در برخی از مواقع از سیلندر محتوی گاز و یا مخلوط گازی نیز برای حفاظت بیشتر حوضچه مذاب استفاده می‌شود (استاندارد ANSIAWS A3.0، شرایط و تعاریف جوشکاری^۴).

۴-۱- امکانات و شرایط مورد نیاز فرایند FCAW

۱. منبع قدرت پتانسیل ثابت (مناسب برای کار موردنظر) *
 ۲. سامانه تغذیه سیم جوش سرعت ثابت (مناسب با سیم جوش) *
 ۳. الکتروده (سیم جوش) مناسب با قطعه کاری
 ۴. رگلاتور جریان سنج (مناسب با گاز یا مخلوط گازی)
 ۵. سیلندر گاز یا مخلوط گازی (مناسب با قطعه کاری)
 ۶. مجموعه کابل و تورچ جوشکاری مناسب
 ۷. طول کابل جوشکاری مناسب
 ۸. طول کابل زمین، و انبر اتصال زمین مناسب
 ۹. کلاه ایمنی جوشکاری و تجهیزات حفاظتی دیگر
- * منابع قدرت پتانسیل ثابت (CP)^۵ و یا ولتاژ ثابت (CV)^۶؛ با تنوع گسترده‌ای از ظرفیت‌ها و با کنترل‌های مکانیکی، الکتریکی و یا نیمه‌هادی، در دسترس می‌باشند.
- * سامانه‌های تغذیه سیم جوش سرعت ثابت، در انواع مختلف و با قابلیت تغذیه سیم جوش‌هایی با قطر مختلف، سرعت‌های تغذیه مختلف و با ویژگی‌های متنوع دیگر، در دسترس می‌باشند.

جدول ۹: تعریف رده‌بندی سیم جوش‌ها الکترودهای مصرفی فرایند (CSA W48.4-M) GMAW

سامانه آمریکایی	سامانه کانادایی
مثال: E70T-9	مثال: "CH" (1) "T9" E4802 (2) " (معادل E70T-9 از سامانه آمریکایی)
E: الکتروده	E: الکتروده یا میله جوشکاری
70: استحکام کششی کمینه در واحد 1000 psi	480: استحکام کششی کمینه در واحد MPa

- 1- Solid Carbon Steel Filler Metal for Gas Shielded Arc Welding
- 2- Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding
- 3- Flux Cored Arc Welding (FCAW)
- 4- ANSI/AWS A3.0, Welding Terms and Definitions
- 5- Constant potential (CP) power sources
- 6- constant voltage (CV) power sources



T: سیم جوش لوله‌ای	T: سیم جوش لوله‌ای
9: پسوندی برای هر رده ویژه، بر مبنای تجزیه و تحلیل شیمیایی و خواص فیزیکی	9: پسوندی برای هر رده ویژه، بر مبنای تجزیه و تحلیل شیمیایی و خواص فیزیکی

نکته ۱: فلزات مذاب جوشی که الزامات گاز هیدروژن قابل انتشار^۱ را برآورده می‌سازند، دارای پسوند "CH" می‌باشند.
 نکته ۲: در سامانه‌های نام‌گذاری جدید، رقم بعد از ۳ رقم اول بیان‌گر موقعیت و وضعیت الکتروود در زمان جوشکاری می‌باشد (به‌طور مثال، عدد ۱ شاخصی از تمامی وضعیت‌ها و عدد ۲ بیان‌گر وضعیت تخت و یا افقی می‌باشد).
 برای کسب جزئیات تکمیلی در خصوص الزامات شیمیایی و مکانیکی، به مشخصات الکتروودهای فولاد کربنی فرایند جوشکاری قوسی توپودری فلزی^۲ (CSA W48.5-M) و مشخصات الکتروودهای فولاد کربنی فرایند جوشکاری قوسی الکتروود توپودری^۳ (AWS A5.20-M) مراجعه فرمایید.

۵- جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)^۴

نوعی از فرایند جوشکاری که مخلوط یکپارچه‌ای از فلزات مذاب را از طریق گرمایش آن‌ها به وسیله قوس الکتریکی میان الکتروود و یا الکتروودهای فلزی بدون روکش و قطعه کاری تولید می‌کند. در فرایند SAW، قوس الکتریکی توسط پوششی از مواد زودگداز پودری که بر روی قطعه کاری و محل جوشکاری قرار داده می‌شوند، محافظت می‌گردد. در فرایند SAW از فشار استفاده نمی‌شود و فلز پرنکنده نیز از الکتروود و در برخی از موارد از یک میله جوشکاری کمکی، تامین می‌گردد (آخرین ویرایش استاندارد ANSIAWS A3.0، شرایط و تعاریف جوشکاری^۵).

۵-۱- امکانات و شرایط مورد نیاز فرایند SAW

۱. منبع قدرت جوشکاری (مطابق با انتخاب الکتروود مورد نظر)
۲. کنترل (متناسب با واحد تغذیه سیم جوش)
۳. تورچ جوشکاری (متناسب با آمپر مصرفی)
۴. واحد تغذیه سیم جوش (متناسب با آمپر مصرفی)
۵. محفظه یا کیف پودر
۶. کابل اتصال زمین (متناسب با آمپر مصرفی)
۷. کابل الکتروود (متناسب با آمپر مصرفی)
۸. سامانه بازیابی پودر (اختیاری)
۹. تجهیزات ایمنی

۱- هیدروژن قابل انتشار (Diffusible hydrogen): هیدروژن تک اتمی که در طول فرایند گرمایش جوش و در دمای اتاق، از درون جوش خارج می‌گردد.

- 2- Specifications for Carbon steel electrodes for flux and metal-core arc welding
 ۳- Specifications for carbon steel electrodes for flux cored arc welding
 4- Submerged Arc Welding (SAW)
 5- ANSI/AWS A3.0 latest edition, Welding Terms and Definitions

جدول ۱۰: تعریف رده بندی سیم جوش ها الکترودهای فولادی نرم بدون روکش و پودر

فرایند SAW (CSA W48.6-M)

سامانه آمریکایی	سامانه کانادایی
مثال: F72-EM12k	مثال: F48A3-EM12k (معادل F72-EM12k از سامانه آمریکایی)
F: پودر	F: پودر
2: دمای آزمایشی که در این دما، استحکام ضربه ای فلز جوش، برابر و یا بیشتر از 20 ft-lb خواهد بود.*	48: استحکام کششی کمینه در واحد MPa (480 MPa)
E: الکتروود	A: عملیات حرارتی حین جوشکاری
M12k: ترکیب شیمیایی الکتروود (نکته ۱ را ملاحظه فرمایید)	3: دمای آزمایشی که در این دما، استحکام ضربه ای فلز جوش، برابر و یا بیشتر از 27 ژول خواهد بود.*
	E: الکتروود
	M12k: ترکیب شیمیایی الکتروود (نکته ۱ را ملاحظه فرمایید)

نکته ۱: در M12k داریم:

M: شاخصی از مقدار متوسط منگنز

L: شاخصی از مقدار اندک منگنز

H: شاخصی از مقدار زیاد منگنز

12: شاخصی از محتوای کربن اسمی الکتروود، بر مبنای ۱۱۰۰ درصد.

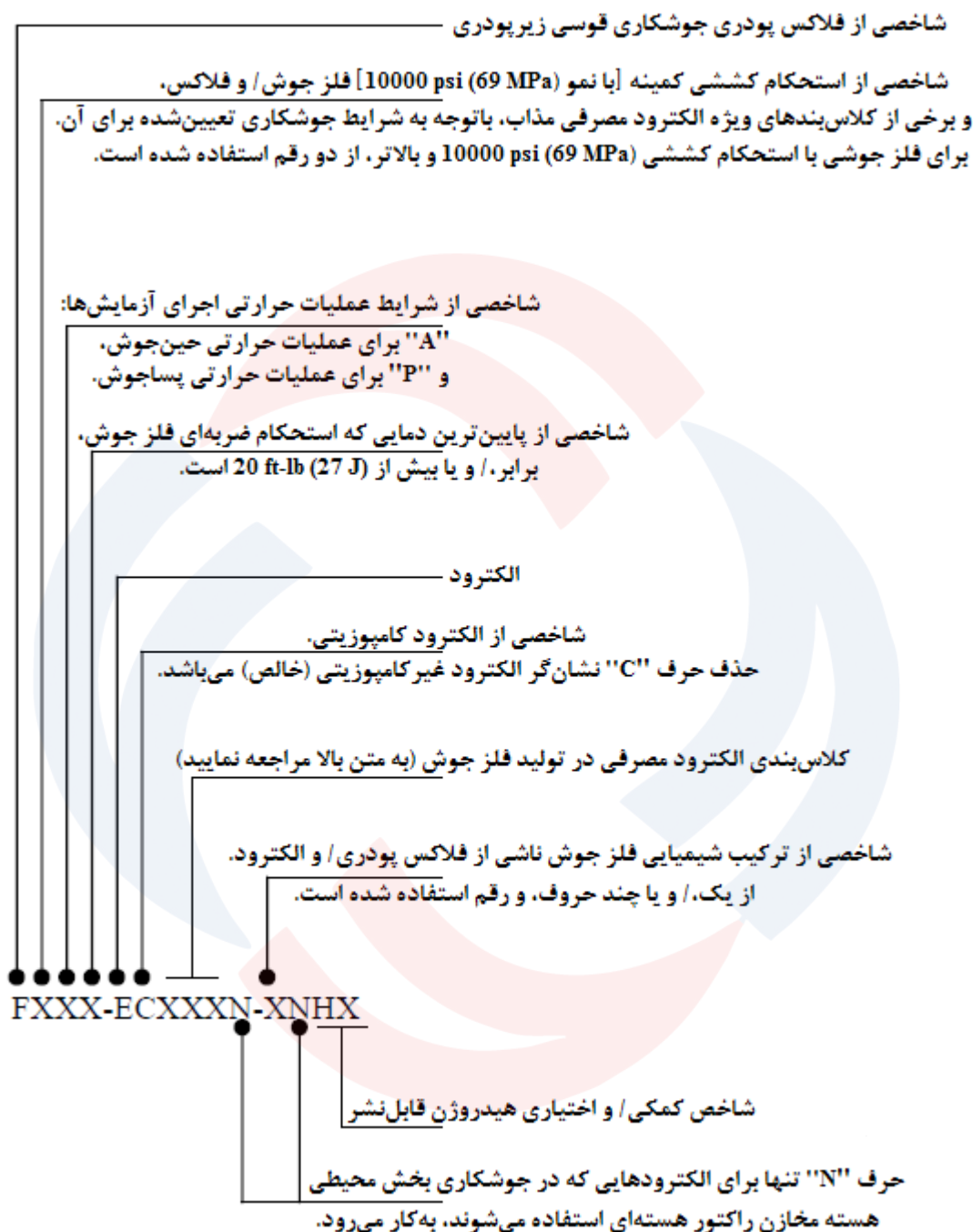
k: الکتروود موردنظر از طریق عملیات حرارتی فولاد و حذف سیلیسیوم، ساخته شده است.

* دمای آزمایشی: (-20°F) (-30°C)

برای کسب جزئیات تکمیلی در خصوص ترکیب الکتروود، دمای آزمایشی، و غیره، به استاندارد CSA W48.6-M (پودر و الکترودهای فولاد کربنی فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری)^۱ و یا استاندارد AWS A5.17 (مشخصات الکترودهای فولاد کربنی و پودر فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری)^۲ مراجعه فرمایید.

- 1- Fluxes and carbon steel electrodes for submerged arc welding
- 2- Specification for carbon steel electrodes and fluxes for submerged arc welding

شکل ۲: الکترودهای فولادی کم آلیاژ و کامپوزیتی و فلاکس های پودری فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)



ANSI/AWS A5.23 - مشخصه الکترودهای فولادی کم آلیاژ / و فلاکس های پودری مصرفی در فرایند SAW