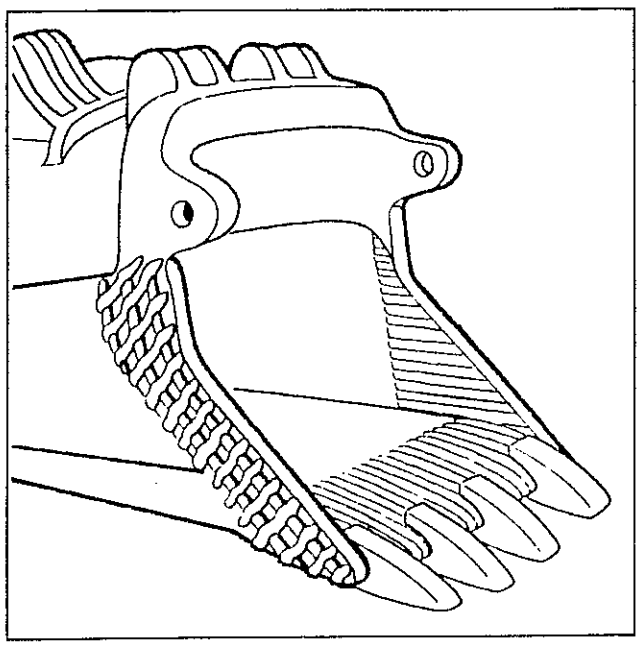
اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

سخت کاری سطحی بوسیله جوشکاری الکترود دستی



سیروس یحیی پور

فهرست مطالب

صفحه

بخش اول : انواع فرسایش ۱

- فرسایش ناشی از تماس دوفلز ۱
- فرسایش ناشی از ذرات ریز و سخت معدنی ۳
- فرسودگی در اثر ضربه ۳
- فرسودگی ناشی از حرارت ، اکسیده‌شدن و خوردگی ۳

بخش دوم : انتخاب الکترود مناسب ۴

- الکترود برای لایه‌های پرکننده ، ضربه‌گیر و تحت تاثیر سایش ۴
- الکترودمناسب برای سایش دربرابر ذرات ریز معدنی ۷
- انتخاب الکترود برای شرایطی که سایش با ضربه‌های سنگین همراه باشد ۱۰

پیوستها :

پیوست شماره [۱] : انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی صنعتی فولاد ۱۱

پیوست شماره [۲] : تعمیرات تکه مرکزی ۱۸

پیوست شماره [۳] : بازسازی شیرها ۲۱

پیوست شماره [۴] : بازسازی قرقره‌های جرثقیل ۲۲

پیوست شماره [۵] : روکش کاری ناخنهای دستگاههای راهسازی و معدنی ۲۳

باپیشرفت صنایع و نیاز به افزایش درجه حرارت، فشار و سرعت ودستگاههای صنعتی ، امروزه از ماشینها و اجزای آنها که عموما" فولادی هستند ، خواص مختلفی انتظار میرود. از مهمترین این خواص مقاومت در برابر سایش ، مقاومت به ضربه و مقاومت به اکسیداسیون یا پوسته شدن در دماهای بالا هستند. ساخت کل قطعه یا ابزار از فولادهای آلیاژی و مرغوب که خواص مورد بحث را به تمامی دارا باشد ، اغلب بسیار گران بوده و هزینه تولید و نگهداری دستگاه را افزایش میدهد. بهمین جهت انتخاب فولادهای معمولی و ارزان قیمت و رسوب لایه یا لایه هایی از آلیاژ مقاوم روی سطوح معین به روشهای مختلف کاربردهای وسیعی یافته است. عملیات سطحی با فرآیندهای جوشکاری ، فلزپاشی ، استفاده از مواد پلیمری و غیره قابل انجام بوده و این پدیده هم بعنوان یک فرآیند تولید و ساخت و هم بعنوان روشی جهت تعمیر و بازسازی اجزاء فرسوده قابل استفاده است.

یکی از روشهای مرسوم و ارزان در سطح سختی ، سخت کاری بوسیله فرآیندهای جوشکاری بخصوص جوشکاری الکترود دستی است. اما درکشور ما علیرغم رواج و گستردگی جوشکاری با الکترودهای روپوشدار کمتر به این قابلیت مهم آن توجه میشود. بهمین جهت نگارنده سعی کرده است که گوشه هائی از این فن را معرفی نماید.

نوشته حاضر براساس کتابی نسبتا" قدیمی از سری انتشارات شرکت ESAB تنظیم گشته است. اما بسته به سلیقه و تجربه نگارنده بسیاری از مطالب آن حذف و تصحیح گشته و یا مطالبی به آن افزوده شده است. باشد که مفید واقع شود.

سیروس یحیی‌پور

۱۳۷۱/۱/۲۵

سخت کاری سطحی بوسیله جوشکاری

بخش اول : انواع فرسایش

فرسودگی دستگاهها و وسائل صنعتی امری است حتمی و اجتناب‌ناپذیر. در مکانیزم فرسایش عوامل متعددی بصورت جداگانه یا در ترکیب با یکدیگر موءثرند، در نتیجه برای حصول به بهترین بازدهی در تعمیرات می‌بایستی ویژگیهای هر مورد خاص در نظر گرفته شود.

برای آنکه درک ساده و روشنی از عوامل موثر در فرسایش بدست آید، در ذیل آنها را در دسته‌های جداگانه با مشخصات و خواص کاملا" متفاوت مورد بررسی قرار میدهیم.

- فرسایش ناشی از تماس دو فلز METAL TO METAL WEAR

(فرسایش در اثر اصطکاک یا چسبندگی)

این نوع فرسایش معمولا" ناشی از لغزش یا دوران دو سطح فلزی نسبت به یکدیگر میباشد. برای مثال :

حرکت یک محور SHAFT نسبت به بلبرینگی که با فشار روی آن جازده شده یا حرکت طولی گوشواره‌های زنجیر LINK CHAIN نسبت به چرخش رولیکها در ماشین آلات سنگین راهسازی میتواند سبب چنین فرسایشی شود.

مکانیزم خوردگی فرسایشی را معمولا" چنین درنظر میگیرند که برجستگیهای میکروسکوپی سطوح فلزی تحت فشار (حتی اگر سطوح کاملا" صیقل شده باشند) بطور سطحی به یکدیگر جوش خورده و در نتیجه حرکت نسبی بعدی نواحی جوش خورده شده میشکنند و ذرات فلزی بجای می‌مانند "این ذرات بخاطر کوچک بودن و گرمای حاصل از اصطکاک فورا" اکسید میشوند". این عمل بارها و بارها تکرار شده و باعث ازبین رفتن فلز و تجمع ذرات اکسیدی میشود.

وضعیت سطوح از لحاظ زبری یا صیقل بودن ، فشار تماس CONTACT PRESSURE و جنس فلزات از عوامل مهم درکاهش یا افزایش این نوع خوردگی هستند. بطورکلی، اگر سطوح تحت تماس از یک جنس بوده و سختی مشابه‌ای داشته باشند به آسانی با یکدیگر جوش خورده و خوردگی فرسایشی راحت‌تر اتفاق می‌افتد. در بسیاری از موارد با اعمال یک یا چند روش ذیل میتوان خوردگی فرسایشی را به حداقل رسانید و یا حذف کرد.

۱- استفاده از گریس یا روغنهای با گرانروی پائین و چسبندگی بالا (HIGH TENCITY). چون روکشهای فسفاته متخلخل بوده و مواد روغنی را بهتر در خود نگهداری میکنند، روغنکاری بهمراه فسفاته کردن سطوح اثر بهتری دارد.

۲- افزایش سختی فلزات در تماس با یکدیگر (باید توجه داشت که حتی‌المقدور از فلزات با سختی یکسان استفاده نشود).

۳- استفاده از واشرهای مناسب برای کم کردن ارتعاشات و حذف هوا.

۴- افزایش زبری بین سطوح در تماس با یکدیگر گاهی اصطحکاک را زیاد کرده و مانع لغزش میشود.

در جدول شماره [۱] مقاومت نسبی به خوردگی فرسایشی مواد مختلف نشان داده شده است.

جدول شماره [۱] مقاومت مواد مختلف از نظر خوردگی فرسایشی

ضعیف			متوسط			خوب		
آلومینیم	روی	چدن	چدن	روی	چدن	فولاد ابزار	روی	فولاد ابزار سخت
آلومینیم	روی	فولاد زنگ‌نزن	مس	روی	چدن	فولادکار سرد شده	روی	فولاد کار سرد شده
چدن	روی	روکش کرم	برنج	روی	چدن	چدن	روی	چدن فسفاته
پلاستیک	روی	چدن	روی	روی	چدن	چدن	روی	چدن‌باروکش سولفیدتنگستن
باکالیت	روی	چدن	چدن	روی	روکش نقره	چدن	روی	چدن باواشر لاستیکی
فولادابزار سخت	روی	روکش کرم	چدن	روی	روکش مس	چدن	روی	چدن باروغن مولی‌کات MOLYKOTE
روکش کرم	روی	روکش کرم	چدن	روی	روکش مس ملغمه شده	چدن	روی	فولادزنگ‌نزن باروغن‌مولی‌کات
چدن	روی	روکش قلع	چدن	روی	چدن با سطح‌خشن			
چدن	روی	چدن با روکش SHELLAC						

منبع : مهندسی خوردگی
ترجمه : دکتر ساعتچی (صفحه ۱۲۱)

- فرسایش ناشی از ذرات ریز و سخت معدنی FINE PARTICLE MINERAL ABRASION

(سایش تحت تنشهای کم)

این نوع فرسایش در اثر عبور یا لغزش ذرات معدنی سخت از روی سطوح فلزی بوجود می‌آید. هریک از ذرات بصورت یک ابزار برنده کوچک عمل میکند و در اثر برخورد با قطعه آنرا بصورت سطحی میخراشد، در نتیجه هرچه ذرات سخت‌تر بوده و گوشه‌های تیزتری داشته باشند و با سرعت بیشتری با فلز برخورد کنند میزان فرسایش افزونتر خواهدشد. بعنوان مثال :

دستگاهها و ماشین آلات صنعتی در عملیات انباشت و برداشت و حمل و نقل مواد سیلیسی با این نوع فرسایش روبرو هستند. بطور کلی فلزات با سختی بالاتر در مقابل این نوع فرسایش مقاوم‌ترند.

در عین حال ساختار میکروسکوپی و وضعیت سطوح SURFACE CONDITION نیز از عوامل موثر در این نوع فرسودگی محسوب میگردند.

- فرسودگی در اثر ضربه IMPACT WEAR

(کنده شدن فلز یا فرسودگی ناشی از تنشهای سنگین)

مواد عموما" در اثر تصادم تغییر شکل داده و یا بطور موضعی میشکنند. ذرات نیز در اثر ضربه و یا تحت فشارهای سنگین خورد میشوند. در شرایطی که فقط ضربه مطرح باشد، مواد چقرمه و یا سمج TOUGH MATERIAL از خود مقاومت بیشتری نشان داده و حداکثر بدون آنکه دچار شکستگی شوند تغییر شکل میدهند. اما معمولا" در عمل ضربه با عوامل ساینده نیز همراه است. بهمین دلیل فکهای آسیابهای صنعتی علاوه بر مقاومت به ضربه می‌بایستی سطوح مقاوم به سایش را هم دارا باشند.

معمولا" در چنین مواردی از فولادهای با ۱۴% منگنز استفاده میشود، که با داشتن خاصیت کارسختی WORK-HARDENING علاوه برسطح سخت، مغزی نرم وانعطاف‌پذیر دارند.

- فرسودگی ناشی از حرارت، اکسیده شدن و خوردگی WEAR CAUSED BY HEAT،OXIDATION&CORROSION

درمحیط های صنعتی معمولا" علاوه بر فرسایش ناشی از عوامل مکانیکی، فرسودگی در اثر خوردگی و اکسیداسیون نیز وجوددارد. شوکهای حرارتی در ابزارها و قالبهای آهنگری

FORGING و گرمکار HOT WORKING تنشهای حرارتی ایجاد میکنند که در اثر تداوم و تکرار ممکن است شکستهای خستگی FATIQUE FAILURE را بوجود می‌آورد. اگر این شوکهای حرارتی با محیط اکسیدی نیز همراه باشند در اثر تکرار انبساط و انقباض، لایه‌های اکسید شده سطحی مداوما" میشکنند و ممکن است که اکسیداسیون تا اعماق فلز ادامه پیدا کند.

بخش دوم : انتخاب الکترود مناسب

الکترودهای مورد استفاده در سخت‌کاری را میتوان براساس خواص و شرایط فرسوده‌کننده تقسیم بندی کرد. در جداول شماره [۲] و [۳] نمونه‌ای از این تقسیم بندی ها آورده شده است.

انجمن جوشکاری آمریکا نیز A.W.S دو استاندارد را تحت عناوین " الکترودها و مفتولهای سخت‌کاری سطحی AWS AS.13" و "الکترودها و مفتولهای ترکیبی سخت‌کاری سطحی AWS A5.21" تدوین کرده است.

در این استانداردها آلیاژهای مختلف‌مناسب‌برای سخت‌کاری، عوامل موثر در انتخاب و بکارگیری الکترودها و مفتولها معرفی شده‌اند.

الکترود برای لایه‌های پرکننده، ضربه‌گیر و تحت تاثیر سایش

BUILD-UP/ BUFFERLAYERS/ FRICTIONAL WEAR

با الکترودهایی که فلز جوش حاصل از آنها سخت‌میباشد، نبایستی بیش از ۲ الی ۳ پاس جوشکاری کرد، چون جوش حاصل در اثر عدم انعطاف پذیری دچار ترک و شکستگی SPALLING OF خواهد شد. جهت کاهش احتمال وقوع چنین عیوبی معمولا" در پاسهای زیرین و میانی از الکترودهای کم آلیاژ یا کم کربن انعطاف‌پذیر و نرم بعنوان پرکننده استفاده میشود و الکترودهای سخت‌مقاوم به سایش را جهت روکش‌کاری لایه‌های آخر بکار می‌برند.

جدول شماره [۲]

انتخاب الکترود مناسب سخت کاری سطحی

کاربردها	خواص جوش تولیدی	سختی راکول HRC	ترکیب شیمیایی الکترود %								الکترود توصیه شده	نوع آلیاژ
لایه‌های پرکننده - محیط با سایش متوسط	مقاوم به ضربه	۳۰ - ۴۰	C	Si	Mn	Cr					DIN 8555: B1-300	فولاد کم آلیاژ فولاد کم کربن
			۰/۱	۰/۵	۰/۷	۲/۳						
ضربه‌های سنگین - سائیدگی تحت تنش های سنگین	مقاوم به ضربه کارسختی	۳۵ - ۴۵	C	Si	Mn	S	P	Ni				فولاد با ۱۲٪ منگنز
			۱/۱	۱	۱۳						AWS A5.13: B FeMn-B	
			۰/۷۵		۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۳/۵			AWS A5.13: B FeMn-A	
ضربه - سایش	مقاوم به ضربه سخت	۵۰ - ۶۵	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W			فولاد مارتنزیتی
			۰/۹			۴/۵	۷/۵	۱/۶	۲		AWS A5.13: B Fe 5 B	
			۰/۴	۰/۴	۰/۷	۶	۰/۶				DIN 8555 : B 6-55	
			۰/۷	۰/۵	۰/۷	۱۰/۵						
سایش در اثر ذرات معدنی - سایش تحت تنشهای کم	سخت و شکننده	۵۵ - ۶۵	C			Cr			Nb			فولادهای پایه کاربید کرم فولادهای پایه کاربید تنگستن
			۴/۵			۲۳					AWS A5.13: B Fe Cr A 1	
			۳/۳			۲۲			۱۰		DIN 8555 : B 10-602	
محیطهای خورنده محیطهای با درجه حرارت بالا	مقاوم به خوردگی مقاوم به کرمسا	۲۵ - ۶۰	C	Cr	Mo	Co	Ni	W				آلیاژهای پایه کبالت و نیکل
			۱	۲۹	۵	۶۰					AWS A5.11: B Ni Mo Cr-1	
			۰/۰۵	۱۵	۱۶		۶۴	۴			AWS A5.13: B Co Cr-A	

راهنمای انتخاب الکترودهای سخت کاری بر اساس نوع فرسایش

جدول شماره [۳]

نوع فرسایش / نوع فولاد پایه	فرسایش ناشی از تماس دو فلز	فرسایش ناشی از ذرات ریز معدنی (بدون ضربه)	فرسایش همراه با ضربه متوسط	خوردگی عمومی
فولاد کم کربن	الکترود کرم، منگنز (۳ تا ۴% کرم و ۱% منگنز)	الکترودهای کارباید - کرم ۳۳% کرم و ۴/۵% کربن	الکترود کرم - مولیبدن ۶ الی ۵% کرم، ۱ الی ۰/۵% مولیبدن و ۰/۴% کربن	E 312- 16
فولاد کم آلیاژ	الکترود کرم، منگنز (۳ تا ۴% کرم و ۱% منگنز)	الکترودهای کارباید - کرم ۳۳% کرم و ۴/۵% کربن	الکترود کرم - مولیبدن ۶ الی ۵% کرم، ۱ الی ۰/۵% مولیبدن و ۰/۴% کربن	E 312- 16
چدن	AWS A5.15 ENi - C1		———	AWS 5.15 : WNi-C1
فولاد با ۱۳% کرم	AWS A5.4 E312- 16	الکترودهای کارباید - کرم ۳۳% کرم و ۴/۵% کربن	الکترود کرم - مولیبدن	E 312 - 16
فولادمنگنزی آوستنیتی	AWS A5.4 E312- 16	الکترودهای کارباید - کرم ۳۳% کرم و ۴/۵% کربن	الکترود منگنزی آوستنیتی	E 312 - 16
فولاد زنگ نزن آوستنیتی	AWS A5.4 E312- 16	الکترودهای کارباید - کرم ۳۳% کرم و ۴/۵% کربن	———	———

در جدول شماره [۴] الکترودهای مناسب برای لایه‌های پرکننده و ضربه‌گیر با توجه به جنس فلز اصلی توصیه شده‌اند.

جدول شماره [۴]

فلز اصلی	الکترود مناسب برای لایه‌های پرکننده و ضربه‌گیر	C	Si	Mn	Cr	Ni %
فولاد معمولی، فولاد ریخته‌گی و کم آلیاژ	DIN 8555: E1-300	۰/۱	۰/۵	۰/۷	۳/۲	
فولاد پرکربن - فولاد ابزار	DIN 8555: E8-200 CKZ	۰/۱	۰/۵	۰/۶	۱۸	۸-۹
	AWS A5.4: E312-16	۰/۱	۰/۸	۱/۳-۱/۵	۲۹	۱۰
فولاد با ۱۴% منگنز	DIN 8555: E8-200 CK2	۰/۱	۰/۵	۰/۶	۱۸	۸-۹
	AWS A5.13: EFC Mn-A	۰/۷۵		۱۴		۳/۵

در جوشکاری فولادهای منگنز بالا نباید از الکترودهای غیر آوستنیتی استفاده کرد. چون جوش حاصل فوق‌العاده سخت میشود و ممکن است سبب ترک‌خوردن یا ورقه ورقه شدن ناحیه تحت تاثیر حرارت و باند جوش گردد. در فولادهای معمولی و فولادهای ریختگی برای لایه‌های پرکننده و ضربه‌گیر، الکترودهای از رده DIN 8555: E1-300 توصیه میگردد چون فلز جوش مرغوبتر از فلز اصلی میباشد واحتمال ترک برداشتن جوش کاهش می‌یابد. الکترودهای کم آلیاژی با داشتن مقاومت به ضربه خوب و سختی متوسط برای لایه‌های پرکن قطعاتیکه تحت فرسایش قراردارند مناسبند. برای مثال:
جوشکاری محورها، ریلها، غلطکها و غیره با این نوع الکترودها نتایج بسیار خوبی بهمراه داشته است.

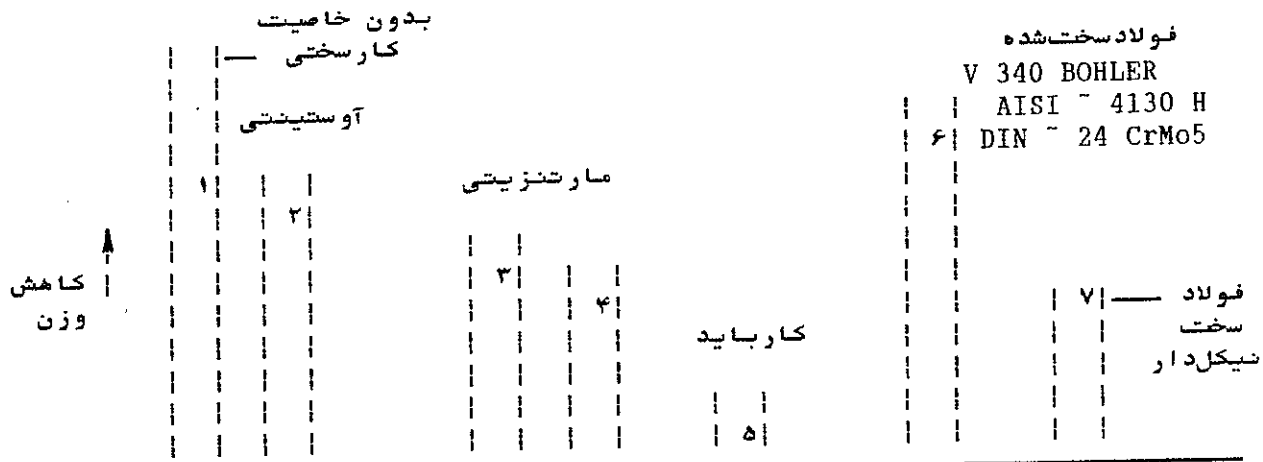
الکترود مناسب برای سایش در برابر ذرات ریز معدنی

الکترودهای از جنس کارباید خصوصا" الکترودهای با کارباید کرم بهترین مقاومت را دربرابر چنین سایش‌هائی دارا هستند. ساختار میکروسکوپی جوش حاصل ازاین الکترودها دارای میزان قابل توجهی کارباید میباشد و ذرات کارباید با سختی در حدود ۲۰۰۰ HV ویکرز سبب میشوند که سختی متوسط جوش به حدود ۶۰ HRC را کول یا بالاتر رسیده و مقاومت بسیار عالی در برابر سایش‌های همراه با تنش‌های کم از خود نشان بدهد.
با قراردادن لایه‌ای از کوارتز خردشده روی صفحات و لغزاندن آنها روی یکدیگر طی

زمانی معین مقاومت الکترودها و فلزات مختلف در مقابل چنین سایشی اندازه‌گیری گردید. کاهش‌وزن بعد از اتمام زمان آزمایش‌مطابق با دیاگرام شماره ۵ بوده‌است. از دیاگرام بوضوح پیداست که جوشهای حاصل از الکترودهای کارباید در این آزمایش بیشترین مقاومت‌را نشان داده‌اند. در مواردی که سایش‌با تنش‌های سنگین همراه باشد الکترودهای مارتنزیتی با سختی بالا و چقرمگی متوسط TOUGHNESS از مناسب ترین الکترودها محسوب‌میشوند. در نمودار شماره [۶] نیز این نتایج به شیوه دیگری نشان داده شده‌است.

نمودار شماره [۵]

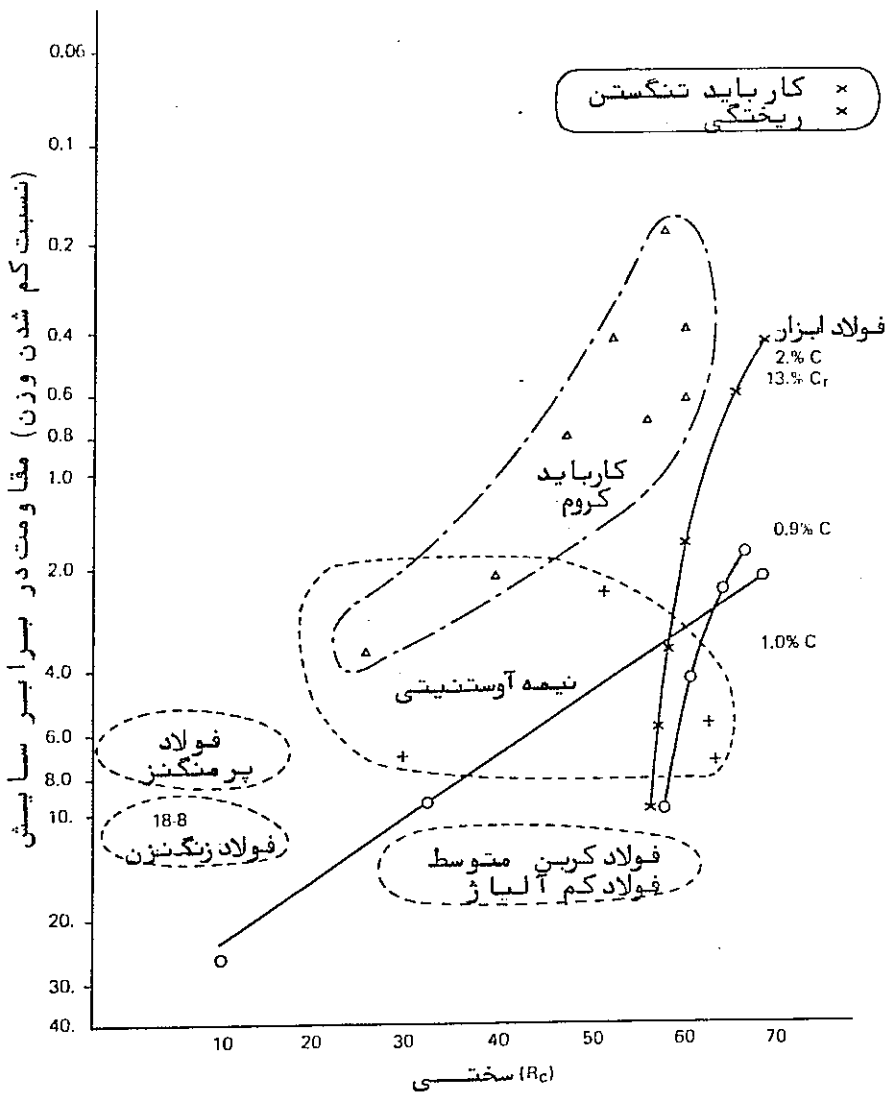
آزمایش‌مقاومت‌جوش‌حاصل از الکترودهای مختلف‌در مقابل سایش



% ترکیب‌شیمیائی جوش‌حاصل از الکترودهای نمودار شماره [۵]

No.	C	Cr	Mn	Ni	P	S	Si	Mo	W	V
۱	۱/۱		۱۳				۰/۶			
۲	۰/۷۵		۱۴	۳/۵	۰/۰۲	۰/۰۱				
۳	۰/۷	۱۰	۰/۷				۰/۶			
۴	۰/۹	۴/۵						۷/۵	۱/۸	۱/۵
۵	۴/۵	۳۳		حدود ۵۰% ساختار میکروسکوپی از کارباید کروم تشکیل‌شده است						
۶	۰/۳۶	۱/۱	۰/۷				۰/۳	۰/۲۵	فولادسخت‌شده	

نمودار شماره (۶)



نمودار نسبت سختی و مقاومت به سایش در فولادهای مختلف

انتخاب الکترود برای شرایطی که سایش با ضربه‌های سنگین همراه میباشد .

فولادهای با ۱۴% منگنز بواسطه ساختار میکروسکوپی آوستنیتی میتوانند ضربات سنگین را بدون آنکه دچار تغییر شکل و یا شکستگی گردند تحمل نمایند. این فولادها در آسیابهای صنعتی ، ریلها ، چکشها و دیگر قطعاتی که تحت ضربه هستند بکار میروند.

الکترودهای آوستنیتی منگنز بالا از قبیل E Fe Mn-8 و E Fe Mn-A A5.13 برای روکش‌کاری سطحی چنین فولادهایی توصیه میشوند. باید در نظر داشت که این الکترودها فقط برای عملیات سطح سختی یا پاسهای نهایی مناسبند و در اتصال دو قطعه یا لایه‌های پرکننده حجیم بهتر است که از الکترودهای زنگ‌نزن آوستنیتی (هرچند که گران قیمت هستند) استفاده شود.

الکترودهای مارتنزیتی با داشتن سختی بالا و ضربه پذیری متوسط در مواردیکه سایش با ضربه‌های متوسط همراه باشد کارآیی خوبی دارند.

الکترودهای نوع کاربابد با آنکه در مقابل سایشهای کم تنش بسیار عالی عمل میکنند، بدلیل ترد بودن و احتمال شکستگی آنها در مقابل ضربه‌های سنگین در این موارد کارایی ندارند و توصیه نمی‌شوند.

پیوست شماره

انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی فولاد

ملاحظات	سختی راکول HRC	نوع ومشخصات الکترود	C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P	کاربرد فولاد
جوش دارای ظاهر صاف و یکنواخت بوده و در برابر ترک برداشتن مقاوم میباشد	۵۸ - ۵۵	DIN 8555: B6-55	۰/۴	۶	۰/۷	۰/۶													ابزارهای کشاورزی تحت سایش
	۶۰	AWS A5.13 : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															
فلز جوش دارای مقدار زیادی کاربابید کروم بوده و علاوه بر سایش در مقابل خوردگی و اکسید شدن مقاوم است	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															مخلوط کن آسفالت و بتن
مناسب برای اتصال فولادهای استحکام بالای سختی پذیر و روکش کاری غلطکها، کفشکهای ترمز، زنجیرها و غیره	۴۴ - ۴۱	DIN 8555 : E1 - 300	۰/۱	۳/۲	۰/۵	۰/۷													پولی ها و قرقره‌های جرثقیل
	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															زنجیرهای نقاله
	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															پره‌های آسیاب (تحت سایش)
جوش با مقاومت به سایش بسیار خوب تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد حداکثر سختی با رسوب یک یا دو لایه روی فولاد نرم و کم آلیاژ بدست می آید	۵۸ - ۵۵	DIN 8555 : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													فکهای آسیاب (تحت ضربه متوسط وسایش شدید) - نگهدارنده تاجهای کلنگی در باکت دستگاه های راهسازی
		AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															تیغه دراگ لاین ORAG LINE BLADE

پیوست شماره

انتخاب الکترود بر اساس کاربردهای صنعتی فولاد

کاربرد فولاد	نوع و مشخصات الکترود	C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P	سختی راکول HRC	ملاحظات
تیغه‌های حفاری	AWS A5.13 : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															۶۰	
	DIN 8555 : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													۵۵ - ۵۸	
ابزارهای برش سردکار	DIN 8555 : E3 - 55T																	۶۰ - ۶۴	الکترود مناسب برای سخت کاری حدیده‌ها و تیغچه‌های تراش چوب و فولادهای سخت شده در روغن
تیغه سوراخکاری فولاد	AWS A5.13 : E Fe 5 B	۰/۹	۴/۵			۷/۵			۲	۱/۶								۶۰ - ۶۵	بدون عملیات تمپرینگ هم خواص قابل قبولی دارد.
	DIN 8555 : E4 - 60S																		
تیغه سوراخکاری چوب	DIN 8555 : E6 - 55 R	۰/۲۵	۱۳	۰/۵	۰/۲													۵۱ - ۵۶	جوش حامل ساختار مارتنزیتی داشته و زنگ نزن میباشد
چکشهای سنگ شکن	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															۶۰	
	DIN 8555 : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													۵۵ - ۵۸	
DRAG LINKS	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳																
DREDGE BUCKET	——	۰/۷	۲	۴	۰/۲													۵۳ - ۵۸	مناسب برای تعمیر قسمتهای فرسوده دستگاههای راهسازی و ساختمانی
اره برقی چوب بری	DIN : E6 - 55	۰/۴	۶	۰/۴	۰/۷	۰/۶												۵۵ - ۵۸	
	DIN : E1 - 300	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													۳۱ - ۳۴	

انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی فولاد

کاربرد فولاد	نوع ومشخصات الکترود	C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P	سختی راکول HRC	ملاحظات
ماربیج تغذیه بتن	AWS A5.13 : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															۶۰	
	———	۰/۷	۲	۴	۰/۴													۵۸ - ۶۳	از روکشکاری های ضخیم اجتناب کردد . در دمای بیش از ۳۰۰ درجه سانتی کراد استفاده نشود
تیغه‌های هم زن - بتن و آسفالت	DIN 8555 : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													۵۵ - ۵۸	
	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															۶۰	
میله راهنما	DIN E1 - 300	۰/۱	۳/۲	۰/۵	۰/۷													۳۱ - ۳۴	
	AWS : E Fe Cr Al	۰/۲۵	۱۳	۰/۵	۰/۳													۵۱ - ۵۶	در صورتیکه جوش به ماشینکاری نیاز داشته باشد توصیه میشود که این عملیات قبل از اینکه دمای جوش به کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی کراد برسد، انجام کردد
تکههای آسیاب تحت سایش	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															۶۰	
تیغچه‌های تراش فلزات	AWS A5.13 : E Fe 5B	۰/۹	۴/۵			۷/۵			۲	۱/۶								۶۰ - ۶۵	با دوبار تمپرکردن به سختی ۶۵ راکول میتوان دست یافت
	DIN 8555 : E3 - 55T																	۶۰ - ۶۴	پیش کرمایش بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی - کراد توصیه میشود
ویبراتور	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															۶۰	
	DIN : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													۵۵ - ۵۸	
تیغچه‌های تراش چوب	DIN : E6 - 55R																	۵۱ - ۵۶	
	DIN : E3 - 55T																	۶۰ - ۶۴	خواص جوش مشابه فولادهای سخت شونده در روغن است

انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی فولاد

ملاحظات	سختی راکول HRC	نوع ومشخصات الکترود	C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P	کاربرد فولاد
	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															تیغه‌های کاوآهن
	۵۵ - ۵۸	DIN : B6 - 55	۰/۴	۶	۰/۴	۰/۷	۰/۶												
	۶۰	AWS A5.13 : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															سنگ شکنهای غلطکی
فلز جوش تا ۸۷۵ درجه سانتی گراد سختی خود را حفظ میکند	۵۸ - ۶۳	———	۰/۷	۲	۴	۰/۴													
الکترود مناسب برای فولادهای با جوش - پذیری ضعیف ، فولادهای نامتجانس و لایه‌های پرکننده		MS A5.4 : E 312 - 16	۰/۱	۲۹/۵	۰/۷	۱/۵													تراشکاری ماشین آلات راهسازی (تحت سایش)
	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															
	۵۵ - ۵۸	DIN : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													باکت ماشین آلات راهسازی تیغه کاوآهن
	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۴/۵	۳۳															
	۵۵ - ۵۸	DIN E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													تراشکاری دستگاههای راهسازی (تحت ضربه)
مناسب برای لایه‌های پرکن و مقاوم در ترک برداشتن		AWS A5.1 : E 7018	۰/۱		۰/۵	۱/۳													تعمیر و بازسازی تراشکاری
جوش حاصل مقاوم در برابر ترک برداشتن بوده و برای اتصال فولادهای با جوش پذیری ضعیف مناسب میباشد		DIN 8556 : E8 - 200 Ck2	۰/۵	۱۷/۵	۰/۳	۶/۵		۹											
	۳۱ - ۳۴	DIN : E1 - 300	۰/۱	۳/۲	۰/۵	۰/۷													رولرها و خورشیدی ماشین آلات سنگین راهسازی و ساختمانی

پیوست شماره

انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی فولاد

ملاحظات	سختی رأکول HRC	نوع ومشخصات الکترود	C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P	کاربرد فولاد
	۶۰	AWS : E Fe Cr Al	۳/۵	۳۳															ساختک های کانال کن (ترنچر)
فلز جوش مشابه استلایت ۶ و در مقابل ترک برداشتن مقاوم است		AWS A5.13 : E Co Cr-A	۱	۲۹					۶۰	۵									اجزاء آب بندی کننده شیرها
فلزجوش دارای ساختار مارتنزیتی - فریتی میباشد و درمقابل سریع سردشدن حساس است	۴۲ - ۲۹	DIN 8555 : E5 - 45 R	۰/۱۲	۱۳	۰/۵	۰/۳													
جوش حاصل دارای سطح کاملا" صاف می باشد و سطحی در حدود ۸ الی ۱۰ برابر قطرالکترود در یک پاس قابل روکفکاری است	۳۴ - ۳۱	DIN : B1 - 300	۰/۱	۳/۲	۰/۵	۰/۷													کفشک ترمز (تحت سایش)
الکترودی است که کار با آن بسیار راحت بوده و حتی با ترانسفورمرهای ساده نیز قابل استفاده است	۵۸ - ۵۵	DIN : B6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													کفشک ترمز (تحت ضربه)
جوش دارای ساختار آوستنیتی است و خاصیت کار سختی دارد	۴۰ - ۳۵	AWS A5.13 : E Fe Mn-4	۰/۷۵			۱۴		۳/۵											فولاد پر منگنز (هادفیلد)
مناسب برای لایه‌های پرکن و مقاوم در برابر ترک		DIN 8555 : E8- 200 Ck2	۰/۱	۱۸	۰/۳	۶		۹											
جوش حاصل قابلیت کارسختی سریعی را داراست	کار سخت شده ۵۰	AWS A5.13 : E Fe Mn-B	۱/۱		۱	۱۳													سنگ شکنهای فکی از جنس فولاد منگنزی
		DIN : E6 - 55	۰/۷	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													
فلز جوش مقاوم به ترک بوده و خاصیت کار - سختی دارد	۴۰ - ۳۵	AWS : E Fe Mn -A	۰/۷۵	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷													سنگ شکن مخروطی

پیوست شماره

انتخاب الکترود بر اساس کاربردهای صنعتی فولاد

ملاحظات	سختی راکول HRC	نوع و مشخصات الکترود																		کاربرد فولاد
			C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P		
		AWS : E 312 - 16	۰/۱	۲۹/۵		۰/۷	۱/۱		۹											تیغه‌های ماشین خرد زنی
الکترودهای با پایه جهت جوش		AWS : E Ni - Ci	۱			۱/۲	۰/۲		۹۵						۲					انواع چدنها
انواع چدنها		AWS : E Ni Fe - Cl	۰/۷			۰/۷	۰/۶		۵۵					۲۰/۰۵	۴۳					بلوک موتور پوسته‌ء جعبه‌ء دنده لوله چدنی کلاچ
		AWS : E 312 - 16	۱	۲۹/۵		۰/۷	۱/۵		۹											جوش فولاد زنگ نزن به فولاد معمولی
جهت جوش چدنها نیز مناسب است		AWS : E Cu Sn C					۰/۷								۹۱		۷/۵	۰/۲		جوش برنز به فولاد
		AWS : E Cu Sn C					۰/۷								۹۱		۷/۵	۰/۲		جوش مس به فولاد جوش برنز قطع دار

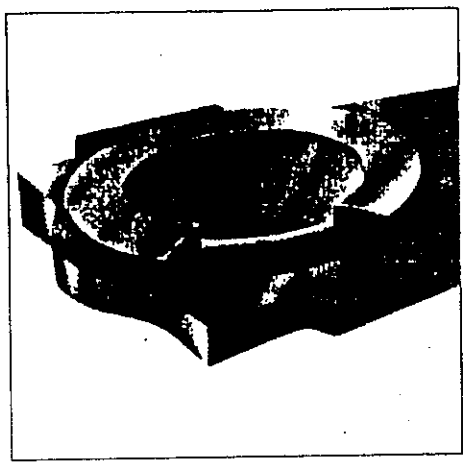
پیوست شماره

انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی فولاد

ملاحظات	سختی راکول HRC	نوع و مشخصات الکترود	C	Cr	Si	Mn	Mo	Ni	Co	W	V	Nb	Cu	Ti	Fe	Sn	S	P	کاربرد فولاد
آلیاژ الکترود نظیر فولادهای متندبر است	۶۰ - ۶۵	AWS : E Fe 5B	۰/۹	۴/۵				۷/۵			۲	۱/۶							سنبه علامت زن سنبه‌های سردکار
خاصیت ضربه خوری عالی و در مقابل سایش مقاوم است ترکیب شیمیائی آن بسیار شبیه فولادهای ابزار سخت شونده در روغن است و تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد خواص خود را حفظ میکند	۶۰ - ۶۴	DIN : E - 3 - 55 - t	۰/۶	۱	۰/۹	۱/۵					۲/۵								سنبه‌های قیچی سردکار تیغه‌های قیچی سردکار تیغچه فرز
در مقابل خوردگی و سایش در دماهای بالا مقاوم است	۴۰ - ۴۴	AWS : E Co Cr-A	۱	۲۹						۶۰	۵								قالب اکستروژن پلاستیک سنبه های گرمکار
تا ۶۰۰ درجه در برابر نرم شدن مقاوم است روپوش بازی دارد و در مقابل رطوبت بسیار حساس است . حداقل پیش گرمایش و درجه حرارت بین پاسی ۴۰۰ درجه سانتی گراد	۵۳ - ۵۷	DIN : E3 - 50 S	۰/۳۵	۱/۵						۲	۸		۰/۸						ابزار برش گرمکار
فلز جوش مشابه استلایت و مقاوم به ترک میباشد		AWS : E Co Cr A	۱	۲۹						۶۰	۵								EMBOSSING TOOL ابزار برجسته کاری
فلز جوش شبیه هستالوی C میباشد	۵۳ - ۵۷	DIN : E3 - 50S																	سنبه‌های گرمکار قالب اکستروژن
جوش مقاومت به ضربه بسیار عالی دارد و مقاومت کششی آن در ۸۰۰ درجه سانتی گراد حدود ۱۰ برابر فولاد نرم است . در مقابل مواد خورنده از جمله انواع اسید بسیار مقاوم است .	سردکاری شده ۴۰	AWS : E Ni Mo Cr-1	۱/۰۵	۱۵				۱۶	۶۴		۴								قالب فورجینگ مارپیچ تزریق پلاستیک تیغه‌های قیچی گرمکار
فلز جوش مقاوم به ضربه . لایه‌های پرکن فولاد سخت و اتصال فولادهای بدجوش		DIN : E8 - 200 Ck2	۰/۰۵	۱۷/۵	۰/۳	۶/۲			۹										فولادهای باجوش پذیری کم (فولاد بدجوش)
		AWS : E 312 - 16	۰/۱	۲۹/۵	۰/۷	۱/۱			۹										

پیوست شماره [ ]

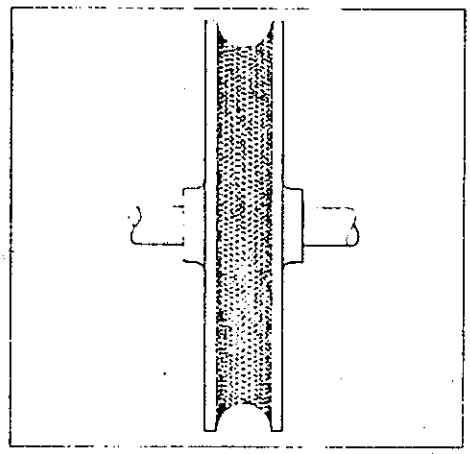
بازسازی شیرها



نشیمنگاه شیرها VALVE SEAT بسته به ابعاد و اندازه آن به یکی از طریق ریختگی یا آهنگری تولید میشوند. این اجزاء بخصوص در شیرهای مورد استفاده در پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها که در تماس با سیالات داغ، تحت‌فشار و با سرعت زیاد هستند، همواره در معرض سایش شدید قراردارند. انتخاب الکترود جهت زوکش‌کاری این اجزاء تحت تاثیر عوامل مختلفی بویژه نوع سیال، جنس فلز اصلی و درجه حرارت بهره‌برداری قرار دارد. الکترودهای با پایه کبالت (از نوع استالایت) نظیر AWS A5.13 : E Co Cr-A برای مواردی که دمای بهره‌برداری بیش‌از ۵۰۰ درجه سانتی گراد باشد و الکترودهای از جنس‌فولاد زنگ نزن پرکرم فریتی - مارتزیتی (الکترود با ۱۳% کرم) با سختی در حدود ۴۹-۴۴ راکول HRC در مواردی که دمای بهره‌برداری زیر ۵۰۰ درجه سانتی گراد باشد توصیه میگردند. پیش گرمایش‌قطعه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد و جوشکاری فقط ۲ الی ۳ پاس با الکترودهای مذکور الزامی است.

پیوست شماره [ ]

بازسازی قرقره‌های جرثقیل CRANE WHEEL



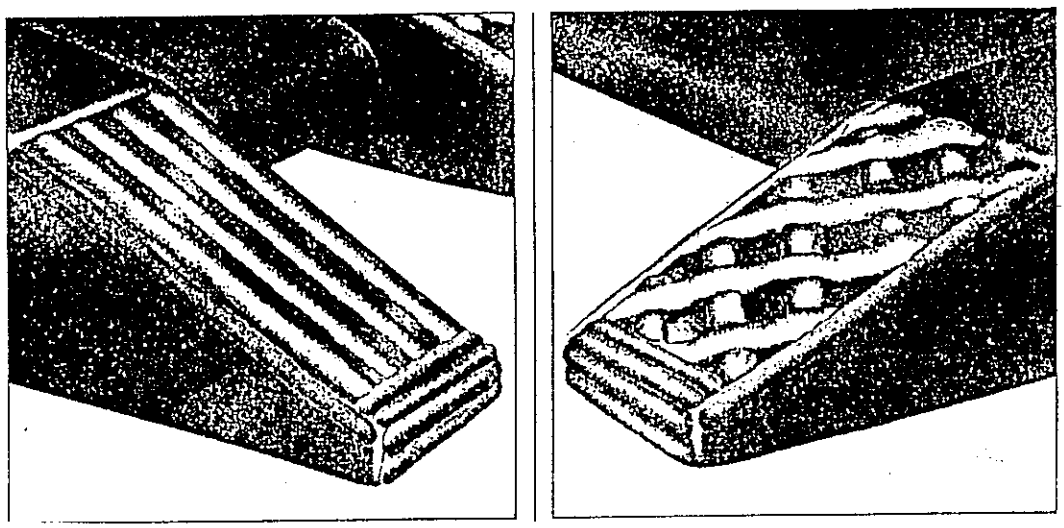
قرقره‌های جرثقیل عموما" از فولادهای پرکربن مقاوم به سایش تولید میشوند. بعلت شکل دیسکی این قرقره‌ها، نصب آنها روی یک محور چرخان و سپس جوشکاری آن در حال گردش آهسته ارزانترین و مناسبترین روش تعمیر است. بعلت کربن زیاد پیش گرمایش قرقره تاحدود ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی گراد، ثابت نگهداشتن این دما درحین جوشکاری و پوشاندن قطعه با مواد نسوز جهت خنک شدن آرام و آهسته ضروری است.

الکترود مصرفی

بسته به شرایط و موقعیت کار جهت روکش کاری قرقره‌ها از الکترودهای مختلفی میتوان استفاده کرد. الکترود رده‌ء DIN 8555: E1-300 با ۳ تا ۴ درصد کرم و ۰/۶ تا ۱ درصد منگنز در اغلب حالات جوابگوی نیازهای کاری خواهد بود.

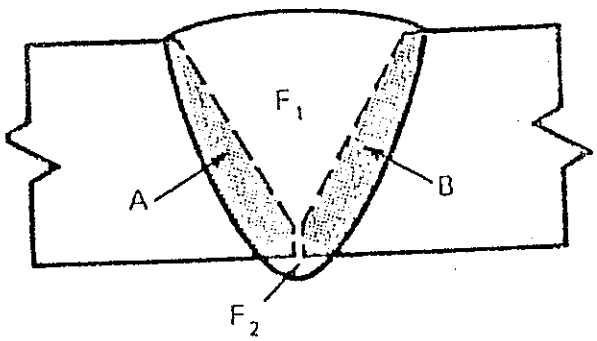
پیوست شماره [ ]

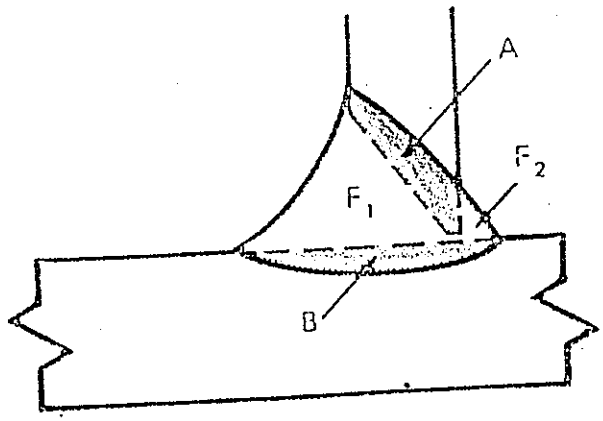
روکش‌کاری ناخنهای دستگاههای راهسازی و معدنی



ناخنکهای دستگاههای راهسازی و معدنی عمدتا" از نوع فولادهای کم آلیاژ LOW ALLOY ریختگی یا آهنگری FORGING تولید میشوند. جهت ناخن هائی که در مناطق ماسه‌ای یا سنگ‌های خرد شده کار میکنند، الکترودهای حاوی کارباید کرم بهترین بازدهی را خواهند داشت. در چنین مواردی شکل روکش‌کاری میتواند مانند شکل سمت چپ بصورت تک خطی و در جهت طول باشد.

در صورتیکه ناخن ها در مناطق سنگی کار کنند، بهتر است از الکترودهائی استفاده شود که حاوی حداقل کارباید کرم باشند. شکل روکش‌کاری در این حالت منقاطع خواهد بود. اگر جنس ناخنها از نوع پرمنگنز آوستینتی نباشد استفاده از پیش‌گرمایش سبب خواهد شد که کار انجام شده بازدهی مناسبتری داشته باشد. در مورد ناخنهای منگنزی جوشکار باید دقت کند که فلز زیاد گرم نشود. روکش‌کاری فقط باید درقسمت ناخن انجام شود و از جوشکاری بالا و پائین ناخن بطور تواما" جدا" خودداری کردد، چون در غیراینصورت ناخن بشدت شکننده خواهد شد.



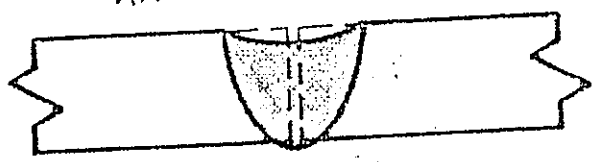


درصد فلز A $= \frac{A}{A+B+(F_1+F_2)} \times 100$ %

درصد فلز B $= \frac{B}{A+B+(F_1+F_2)} \times 100$ %

درصد کل A و B $= \frac{A+B}{A+B+(F_1+F_2)} \times 100$ %

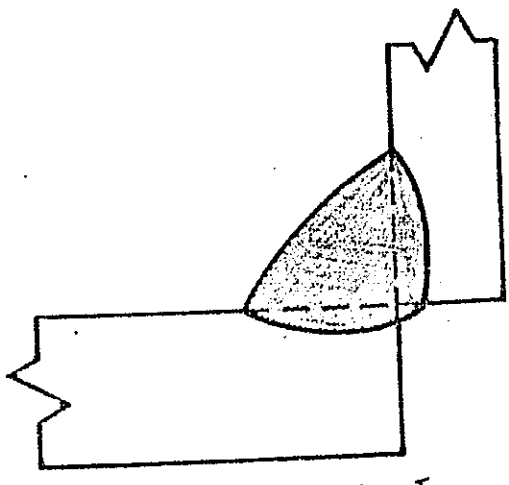
بدون استفاده از فلز پرکننده



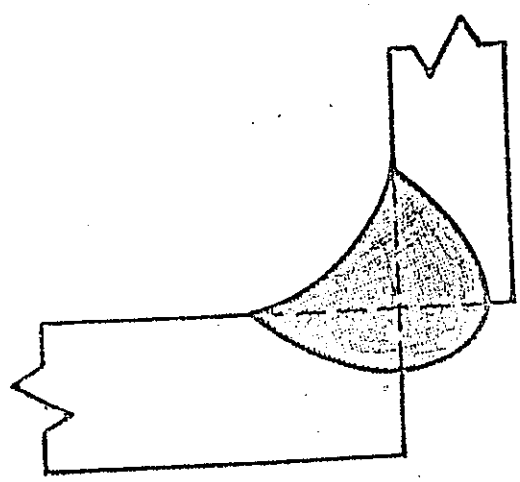
100%

استفاده از فلز پرکننده امّا محدود

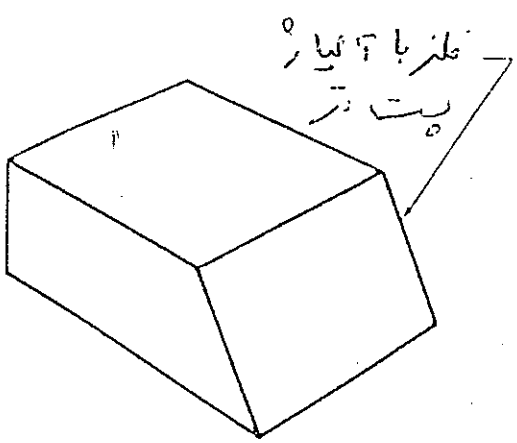
درصد رقت بالا



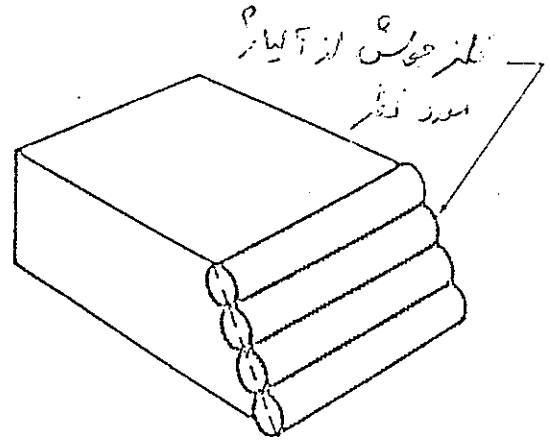
درصد رقت حدود ۲۵٪



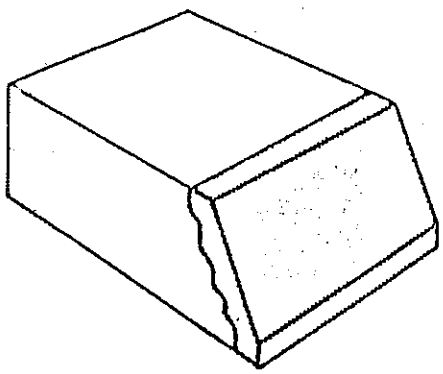
درصد رقت حدود ۹۵٪



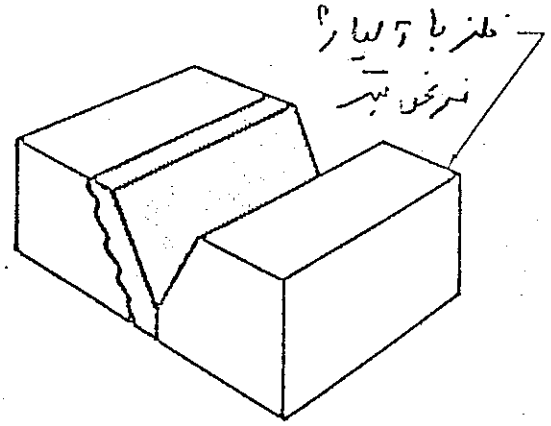
لبه آماده شده جهت جوشکاری



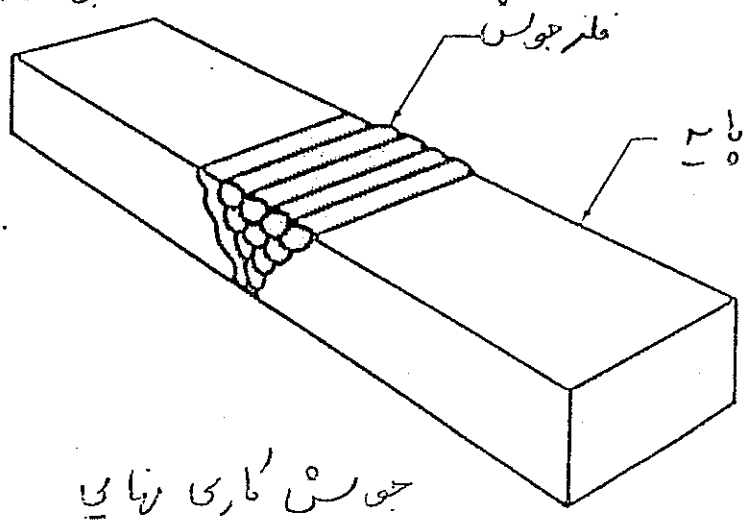
سطح لایه داده شده



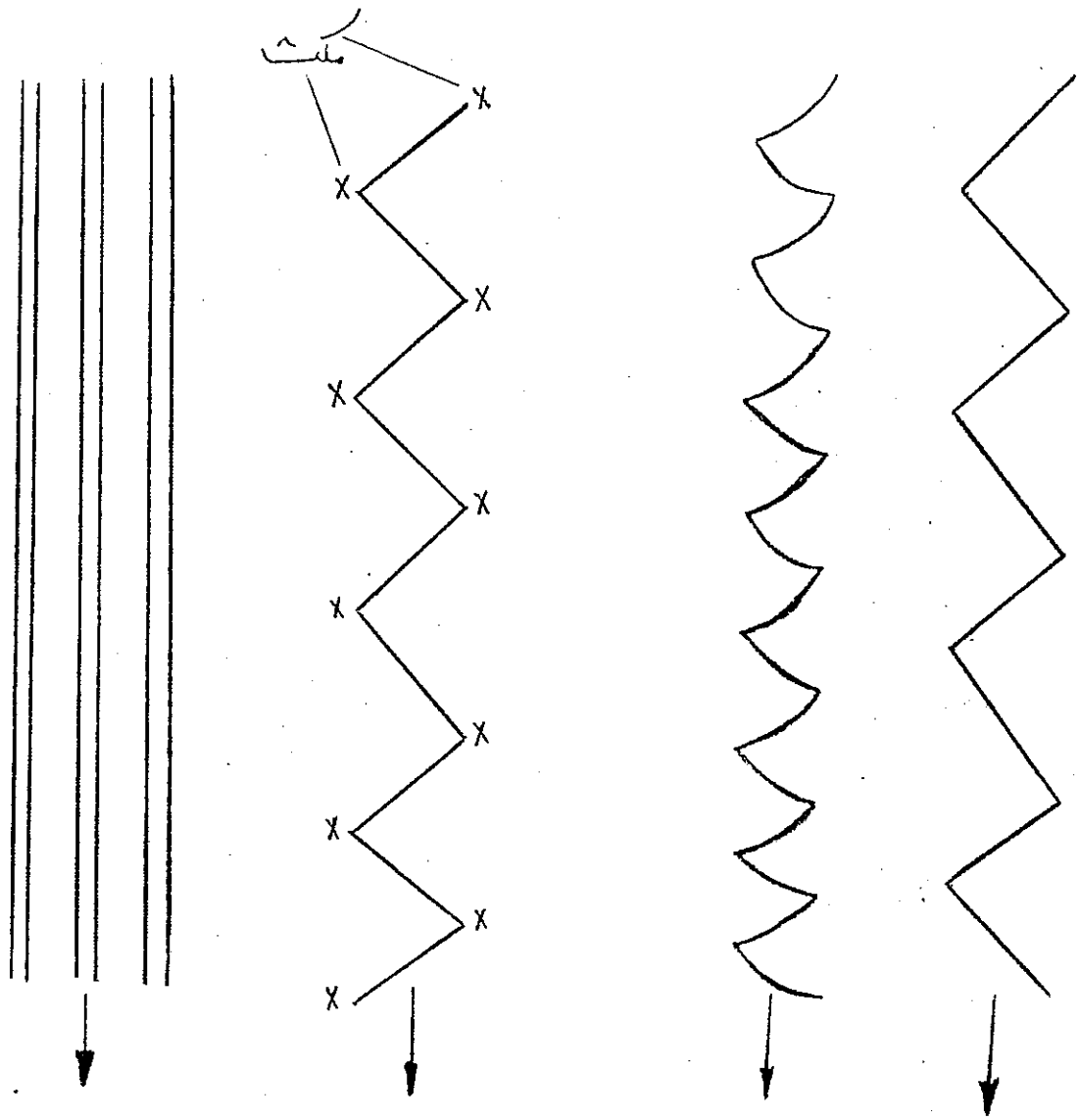
سطح لایه داده شده و آماده جهت
جوشکاری نهایی



تنظیم روز اتصال



جوش کاری نهایی


مکث

منابع مراجعه

۱- WELDING HAND BOOK - VOLUME 4 (AWS)

۲- REPAIR WELDING HAND BOOK (ESAB AB)

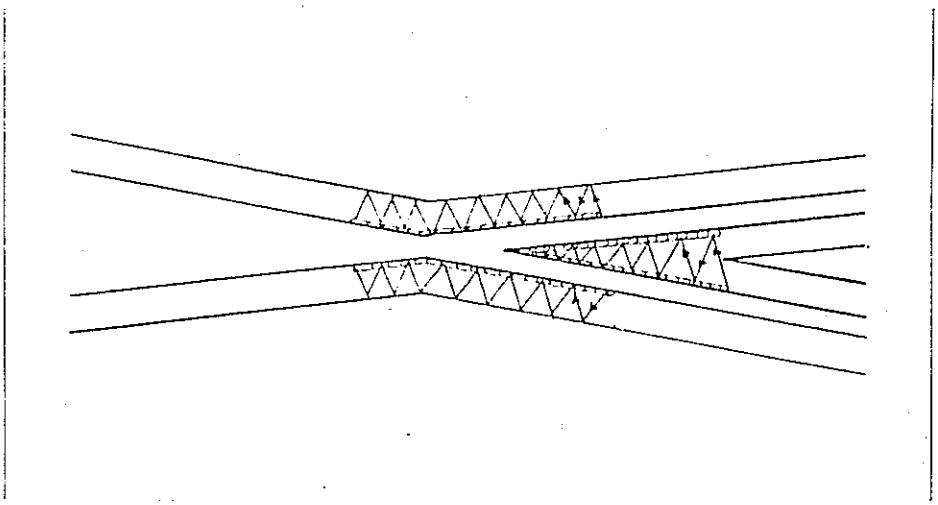
۳- THE PROCEDURE HAND BOOK OF ARC WELDING (LINCOLN CO.)

۴- تکنولوژی جوشکاری - امیرحسین کوکبی (جامعه ریخته گران)

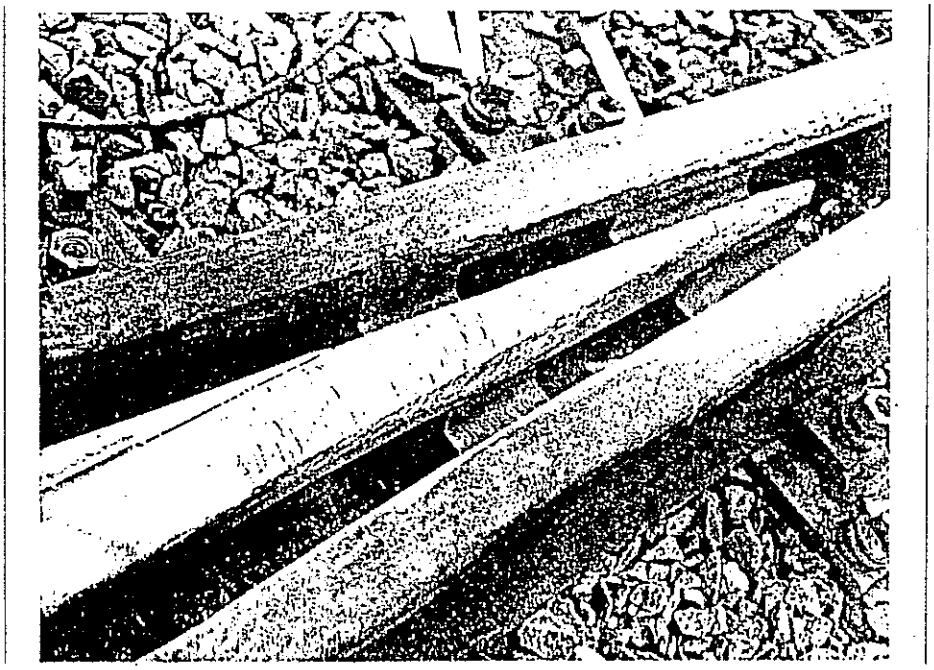
۵- WELDING : SKILLS AND TECHNOLOGY (DIVE SMITH)

۶- مهندسی خوردگی - ترجمه دکتر ساعتچی (دانشگاه صنعتی اصفهان)

نباید به بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد برسد. کوبیدن آرام قطعه در حالیکه هنوز گرم میباشد به کاهش و آزاد شدن تنشهای ناشی از جوشکاری کمک‌خواهد کرد.



شکل [۷] الف) ترتیب و روش جوشکاری



شکل [۷] ب) تکه مرکزی پس از جوشکاری و قبل از سنگ‌زنی