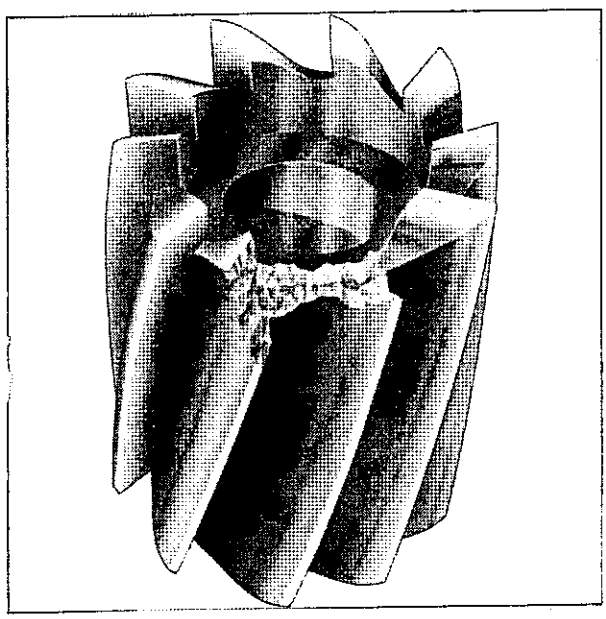
اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

# راهنمای تعمیرات بوسیله جوشکاری الکترود دستی



سیروس یحیی‌پور

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 ازسری 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

# فهرست مطالب

صفحه


**فصل اول :** سخت کاری سطحی بوسیله جوشکاری ..... ۱

بخش اول : انواع فرسایش ..... ۱

- فرسایش ناشی از تماس دو فلز ..... ۱
- فرسایش ناشی از ذرات ریز و سخت معدنی ..... ۳
- فرسودگی در اثر ضربه ..... ۳
- فرسودگی ناشی از حرارت ، اکسیده شدن و خوردگی ..... ۳

بخش دوم : انتخاب الکترود مناسب ..... ۴

- الکترودبرای لایه‌های پرکننده ، ضربه‌گیرو تحت تاثیرسایش .... ۴
- الکترود مناسب برای سایش در برابر ذرات ریز معدنی ..... ۷
- انتخاب الکترود برای شرایطی که سایش با ضربه‌های سنگین همراه باشد ..... ۱۰

**فصل دوم :** جوشکاری فولادهای ابزار ..... ۱۱

بخش اول : طبقه بندی فولادهای ابزار ..... ۱۱

- گروه سخت شونده در آب ..... ۱۴
- گروه مقاوم در برابر شوک ..... ۱۴
- گروه سردکار ..... ۱۵
- گروه گرمکار ..... ۱۶

۱- آلیاژهای با پایه کرم ..... ۱۶
۲- آلیاژهای با پایه تنگستن ..... ۱۶
۳- آلیاژهای با پایه مولیبدن ..... ۱۷

- گروه فولادهای تندبر ..... ۱۷
- گروه فولادهای قالب ..... ۱۸
- گروه فولادهای ابزار ویژه ..... ۱۸

صفحه

بخش دوم : متالورژی فولادهای ابزار ..... ۱۸

بخش سوم : جوشکاری ابزارها ..... ۲۱

- جوشکاری با عملیات حرارتی کامل ..... ۲۱
- جوشکاری ساده ..... ۲۲
- انتخاب الکترود ..... ۲۴

## فصل سوم : پیوستها

- پیوست شماره [۱] : آماده سازی ابزار ..... ۲۶
- پیوست شماره [۲] : برشکاری و شیارزنی با الکترود ذغالی ..... ۲۹
- پیوست شماره [۳] : چکشهای سنگ شکن ..... ۳۰
- پیوست شماره [۴] : محـــورها ..... ۳۲
- پیوست شماره [۵] : بازسازی و تعمیر ناخنک دستگاههای راهسازی ..... ۳۴
- پیوست شماره [۶] : جوشکاری ریل ها ( اتصال دو ریل به یکدیگر ) ..... ۳۵
- پیوست شماره [۷] : جوشکاری ریل ها ( انتعمیرات تکه مرکزی ) ..... ۳۸
- پیوست شماره [۸] : جوشکاری باکت ها ..... ۴۱
- پیوست شماره [۹] : روکش کاری ناخنهای دستگاههای راهسازی ومعدنی .... ۴۲
- پیوست شماره [۱۰] : بازسازی کفشک دستگاههای راهسازی و ساختمانی ..... ۴۳
- پیوست شماره [۱۱] : بازسازی قرقره های جرثقیل ..... ۴۴
- پیوست شماره [۱۲] : جوشکاری تیغه‌های فرز ..... ۴۵
- پیوست شماره [۱۳] : مارپیچ تغذیه‌ء بتن و آسفالت ..... ۴۶
- پیوست شماره [۱۴] : سیلندر موتور و سرسیلندر ..... ۴۷
- پیوست شماره [۱۵] : بازسازی شیرها ..... ۴۸
- پیوست شماره [۱۶] : انتخاب الکترود براساس کاربردهای صنعتی فولاد .... ۴۹

" فصل اول "

## 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 یک‌محور 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 میتوانند 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 جوش‌خورده و در نتیجه حرکت‌نسبی بعدی نواحی جوش‌خورده شده میشکنند و ذرات‌فلزی بجای می‌مانند "این ذرات بخاطر کوچک بودن و گرمای حاصل از اصطکاک‌فورا" اکسید میشوند". این عمل بارها و بارها تکرار شده و باعث‌ازبین رفتن فلز و تجمع ذرات اکسیدی میشود.

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

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 |
| روکش‌کرم | روی | روکش کرم | چدن | روی | روکش‌مس 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 میکنند 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 میکند 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 آورده‌شده 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 باسایش متوسط | مقاوم به ضربه | ۳۰ - ۴۰ | C | Si | Mn | Cr | | | | DIN 8555: B1-300 | فولاد کم آلیاژ<br>فولاد کم کربن |
| | | | ۰/۱ | ۰/۵ | ۰/۷ | ۲/۳ | | | | | |
| ضربه‌های سنگین - سائیدگی تحت تنش های سنگین | مقاوم به ضربه<br>کارسختی | ۲۵ - ۴۵ | C | Si | Mn | S | P | Ni | | | فولاد با ۱۴% منگنز |
| | | | ۱/۱ | ۱ | ۱۳ | | | | | AWS A5.13: E FeMn-B | |
| | | | ۰/۷۵ | | ۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۳/۵ | | AWS A5.13: E FeMn-A | |
| ضربه - سایش | مقاوم به ضربه<br>سخت | ۵۰ - ۶۵ | C | Si | Mn | Cr | Mo | V | W | | فولاد مارتنزیتی |
| | | | ۰/۹ | | | ۴/۵ | ۷/۵ | ۱/۶ | ۲ | AWS A5.13: E 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 باکاربید کرم<br>فولادهای باکاربید تنگستن |
| | | | ۴/۵ | | | ۳۳ | | | | AWS A5.13: E Fe Cr A 1 | |
| | | | ۳/۳ | | | ۲۲ | | | ۱۰ | DIN 8555 : E 10-60Z | |
| محیطهای خورنده<br>محیطهای با درجه حرارت بالا | مقاوم به خوردگی<br>مقاوم به گرما | ۲۵ - ۶۰ | C | Cr | Mo | Co | Ni | W | | | آلیاژهای با پایه کبالت و نیکل |
| | | | ۱ | ۲۹ | ۵ | ۶۰ | | | | AWS A5.11: E Ni Mo Cr-1 | |
| | | | ۰/۰۵ | ۱۵ | ۱۶ | | ۶۴ | ۴ | | AWS A5.13: E Co Cr-A | |

10

# راهنمای انتخاب الکترودهای سخت کاری بر اساس نوع فرسایش

جدول شماره [۳]

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

در جدول شماره [۴] الکترودهای مناسب برای لایه‌های پرکننده و ضربه‌گیر باتوجه 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 | ۱/۲-۱/۵ | 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 بانسد جوش‌گردد. در فولادهای معمولی و فولادهای ریختگی برای لایه‌های پرکننده و ضربه‌گیر، الکترودهای از رده DIN 8555: E1-300 توصیه‌میگردد 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 فرسایش‌قراردارند مناسبند. برای مثال:
جوشکاری محورها، ریلها، غلطکها و غیره با این نوع الکترودها نتایج بسیار خوبی بهمراه داشته است.

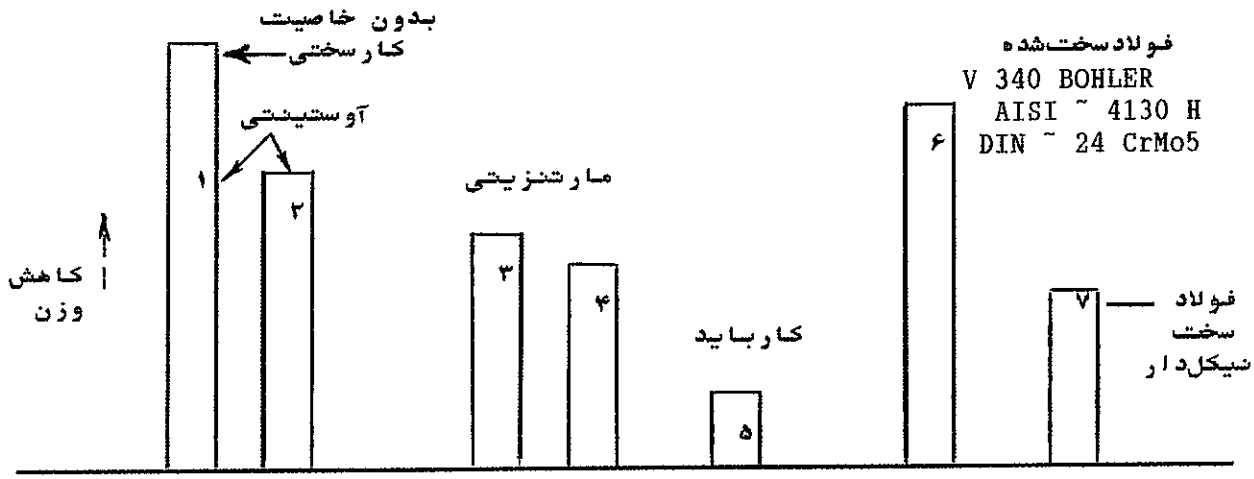
## الکترود مناسب برای سایش‌در برابر ذرات ریز معدنی

الکترودهای از جنس‌کارباید خصوصا" الکترودهای با کارباید کرم بهترین مقاومت را دربرابر چنین سایش‌هائی دارا هستند. ساختار میکروسکوپی جوش‌حاصل ازاین الکترودها دارای میزان قابل توجهی کارباید میباشد و ذرات کارباید با سختی در حدود ۲۰۰ HV ویکرز سبب میشوند که سختی متوسط جوش‌به حدود ۶۰ HRC را کسول 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 کاربابد 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]

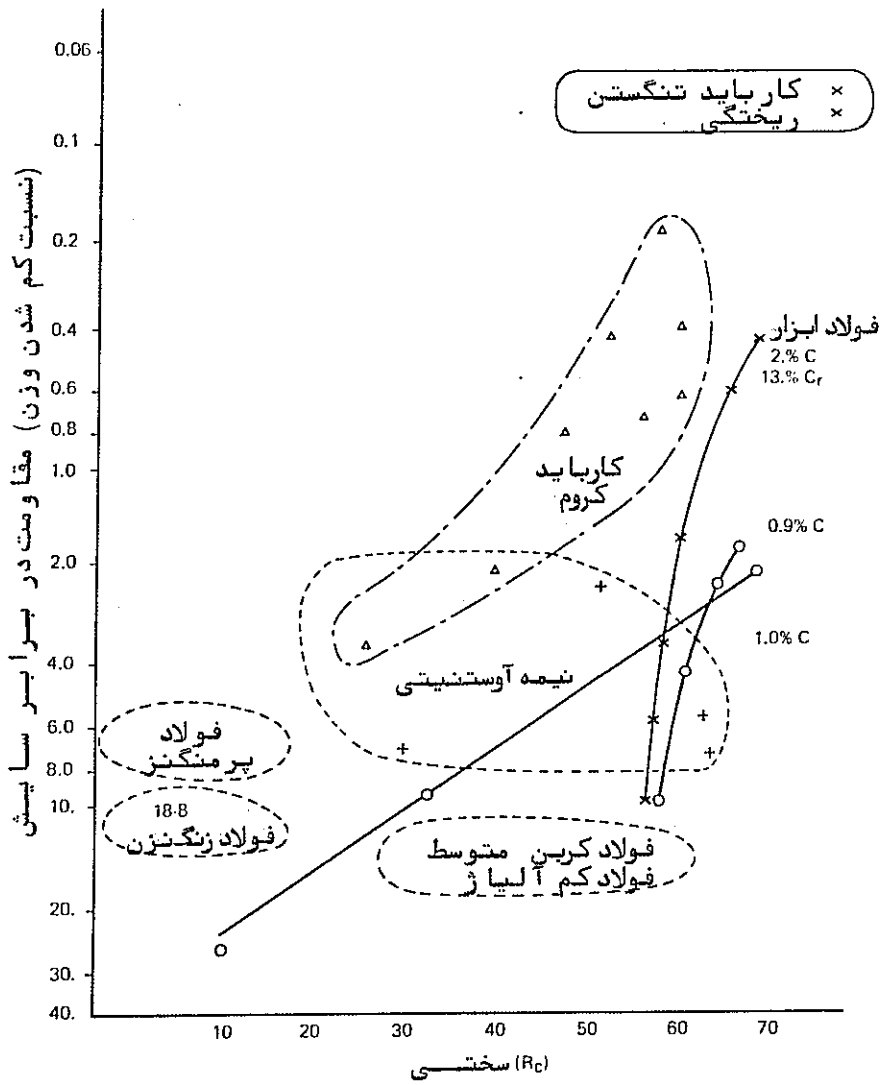
آزمایش‌مقاومت‌جوش‌حاصل از الکترودهای مختلف‌در مقابل سایش




% 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 کاربابد کرم تشکیل‌شده است | | | | | | | |
| ۶ | ۰/۲۶ | ۱/۱ | ۰/۷ | | | | ۰/۳ | ۰/۳۵ | 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 A5.13 E Fe Mn-A 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 زنگ‌زن 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 کاربید 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.

## فصل دوم ) جوشکاری فولادهای ابزار

فولادهای ابزار بدلیل شرایط سخت و متنوع بهره‌برداری نیازمند کیفیت و خواص بالای مهندسی هستند. ترکیب‌شیمیائی و عملیات‌حرارتی این فولادها بسیار دقیق میباشد و در مقایسه با فولادهای ساختمانی دارای کربن بیشتری هستند ( حداقل ۰/۶% کربن ) و با عناصری نظیر کرم، مولیبدن ، نیکل ، وانادیم و غیره آلیاژ میشوند.

جوشکاری این فولادها بنحوی که خواص مطلوب آنها دچار تغییرات‌مضر نشود، بسیار مشکل میباشد و معمولا" نیاز به عملیات‌حرارتی قبل و پس‌ازجوشکاری دارد. ترکیب‌شیمیائی و خواص‌مکانیکی الکترودهای انتخاب شده در نتایج کار بسیار مهم بوده و انتخاب الکترود باید با دقت صورت گیرد.

### بخش اول : طبقه بندی فولادهای ابزار

فولادهای ابزار را میتوان به روشهای مختلفی براساس ترکیب‌شیمیائی، خواص‌مکانیکی ، شرایط بهره‌برداری، نحوه‌ساخت‌و عملیات‌حرارتی و غیره تقسیم بندی کرد، انستیتو آهن و فولاد آمریکا AISI و انجمن مهندسین اتومبیل SAE این کشور فولادهای ابزار را بر- اساس ترکیب‌شیمیائی و نوع ماده سردکننده HRDNING MEDIUM به هفت‌گروه اصلی تقسیم- کرده‌اند که درجداول شماره [۱] تقسیم بندی کلی و در جدول شماره [۲] ترکیب‌شیمیائی این فولادها آورده شده‌است. علاقمندان جهت اطلاع بیشتر میتوانند به METALS HANDBOOK از انتشارات انجمن فلزات آمریکا ASM یا WELDING HANDBOOK (VOLUME 4) از انتشارات انجمن جوشکاری آمریکا AWS مراجعه کنند.

جدول شماره [۱]

| طبقه بندی فولادهای ابزار | | |
|---|---|---|
| نوع | حروف‌شناسائی | طبقه |
| کربن ساده | W | سخت‌شونده در آب |
| کربن متوسط - کم آلیاژ | S | مقاوم در مقابل ضربه |
| سخت‌شونده درروغن | O | سردکار |
| فولادبا آلیاژمتوسط - سخت‌شونده درهوا | A | |
| کربن بالا- کرم بالا | D | |
| فولاد کرم دار | H1-H19 | گرم‌کار |
| فولاد تنگستنی | H20-H29 | |
| فولاد مولیبدن دار | H40-H59 | |
| تنگستن | T | فولاد تند بر |
| مولیبدن | M | |
| کم کربن | P | فولاد قالب |
| کم آلیاژ | L | فولادهای ویژه |

جدول شماره [۲]

# ترکیب شیمیائی فولادهای ابزار

| نوع | ترکیب اسمی % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | Cr | Ni | V | W | Mo | Co |
| **سخت شونده در آب** | | | | | | | | | |
| W1 | 0.60/1.40a | ... | ... | ... | ... | 0.25 | | | |
| W2 | 0.60/1.40a | | | | | | | | |
| W5 | 1.10 | ... | ... | 0.25 | | | | | |
| **مقاوم به ضربه** | | | | | | | | | |
| S1 | 0.50 | ... | ... | 1.50 | ... | ... | 0.25 | | |
| S2 | 0.50 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | ... | 0.50 | |
| S5 | 0.55 | 0.80 | 2.00 | ... | ... | ... | ... | 0.40 | |
| S7 | 0.50 | ... | ... | 3.25 | ... | ... | ... | 1.40 | |
| **سردکار** | | | | | | | | | |
| **سخت شونده در روغن** | | | | | | | | | |
| O1 | 0.90 | 1.00 | ... | 0.50 | ... | ... | 0.50 | ... | |
| O2 | 0.90 | 1.60 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| O6b | 1.45 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | ... | 0.25 | |
| O7 | 1.20 | ... | ... | 0.75 | ... | ... | 1.75 | ... | |
| **فولاد آلیاژ متوسط سخت شونده در هوا** | | | | | | | | | |
| A2 | 1.00 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | ... | 1.00 | |
| A3 | 1.25 | ... | ... | 5.00 | ... | 1.00 | ... | 1.00 | |
| A4 | 1.00 | 2.00 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | 1.00 | |
| A6 | 0.70 | 2.00 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | 1.25 | |
| A7 | 2.25 | ... | ... | 5.25 | ... | 4.75 | 1.00 | 1.00 | |
| A8 | 0.55 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | 1.25 | 1.25 | |
| A9 | 0.50 | ... | ... | 5.00 | 1.50 | 1.00 | ... | 1.40 | |
| A10b | 1.35 | 1.80 | 1.25 | ... | 1.80 | ... | ... | 1.50 | |
| **کربن بالا - کرم بالا** | | | | | | | | | |
| D2 | 1.50 | ... | ... | 12.00 | ... | 1.00 | ... | 1.00 | |
| D3 | 2.25 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | ... | |
| D4 | 2.25 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | 1.00 | |
| D5 | 1.50 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | 1.00 | 3.00 |
| D7 | 2.35 | ... | ... | 12.00 | ... | 4.00 | ... | 1.00 | |
| **کرم** | | | | | | | | | |
| H10 | 0.40 | ... | ... | 3.25 | ... | 0.40 | ... | 2.50 | |
| H11 | 0.35 | ... | ... | 5.00 | ... | 0.40 | ... | 1.50 | |
| H12 | 0.35 | ... | ... | 5.00 | ... | 0.40 | 1.50 | 1.50 | |
| H13 | 0.35 | ... | ... | 5.00 | ... | 1.00 | ... | 1.50 | |
| H14 | 0.40 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | 5.00 | | |
| H19 | 0.40 | ... | ... | 4.25 | ... | 2.00 | 4.25 | ... | 4.25 |

# ترکیب شیمیایی فولادهای ابزار

| نوع | ترکیب اسمی % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | Cr | Ni | V | W | Mo | Co |
| **تنگستن** | | | | | | | | | |
| H21 | 0.35 | ... | ... | 3.50 | ... | ... | 9.00 | | |
| H22 | 0.35 | ... | ... | 2.00 | ... | ... | 11.00 | | |
| H23 | 0.30 | ... | ... | 12.00 | ... | 1.00 | 12.00 | | |
| H24 | 0.45 | ... | ... | 3.00 | ... | ... | 15.00 | | |
| H25 | 0.25 | ... | ... | 4.00 | ... | ... | 15.00 | | |
| H26 | 0.50 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 18.00 | | |
| **مولیبدن** | | | | | | | | | |
| H42 | 0.60 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 6.00 | 5.00 | |
| **فولاد تند بر** | | | | | | | | | |
| **تنگستن** | | | | | | | | | |
| T1 | 0.75a | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 18.00 | | |
| T2 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 18.00 | | |
| T4 | 0.75 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 18.00 | ... | 5.00 |
| T5 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 18.00 | ... | 8.00 |
| T6 | 0.80 | ... | ... | 4.50 | ... | 1.50 | 20.00 | ... | 12.00 |
| T8 | 0.75 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 14.00 | ... | 5.00 |
| T15 | 1.50 | ... | ... | 4.00 | ... | 5.00 | 12.00 | ... | 5.00 |
| **مولیبدن** | | | | | | | | | |
| M1 | 0.85a | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 1.50 | 8.00 | |
| M2 | 0.85/1.00a | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 6.00 | 5.00 | |
| M3 | 1.05/1.20 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.40/3.00 | 6.00 | 5.00 | |
| M4 | 1.30 | ... | ... | 4.00 | ... | 4.00 | 5.50 | 4.50 | |
| M6 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.50 | 4.00 | 5.00 | 12.00 |
| M7 | 1.00 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 1.75 | 8.75 | |
| M10 | 0.85/1.00a | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | ... | 8.00 | |
| M30 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.25 | 2.00 | 8.00 | 5.00 |
| M34 | 0.90 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 2.00 | 8.00 | 8.00 |
| M36 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 6.00 | 5.00 | 8.00 |
| M41 | 1.10 | ... | ... | 4.25 | ... | 2.00 | 6.75 | 3.75 | 5.00 |
| M42 | 1.10 | ... | ... | 3.75 | ... | 1.15 | 1.50 | 9.50 | 8.00 |
| M43 | 1.20 | ... | ... | 3.75 | ... | 1.60 | 2.75 | 8.00 | 8.25 |
| M44 | 1.50 | ... | ... | 4.25 | ... | 2.25 | 5.25 | 6.25 | 12.00 |
| M46 | 1.25 | ... | ... | 4.00 | ... | 3.20 | 2.00 | 8.25 | 8.25 |
| M47 | 1.10 | ... | ... | 3.75 | ... | 1.25 | 1.50 | 9.50 | 5.00 |
| **مولیبدن** | **فولاد کم آلیاژ ویژه** | | | | | | | | |
| 1.2 | 0.50/1.10a | ... | ... | 1.00 | ... | 0.20 | | | |
| 1.6 | 0.70 | ... | ... | 0.75 | 1.50 | ... | ... | 0.25 | |
| | **فولادهای قالب** | | | | | | | | |
| P2 | 7.07 | ... | ... | 2.00 | 0.50 | ... | ... | 0.20 | |
| P3 | 0.10 | ... | ... | 0.60 | 1.25 | | | 0.75 | |
| P4 | 0.07 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | ... | | |
| P5 | 0.10 | ... | ... | 2.25 | 3.50 | | | | |
| P6 | 0.10 | ... | ... | 1.50 | ... | ... | ... | 0.40 | |
| P20 | 0.35 | ... | ... | 1.70 | 4.00 | ... | ... | | 1.20 |
| P21 | 0.20 | ... | ... | ... | | | | | |

a) با درصدهای مختلف کربن موجود است

b) همراه با گرافیت آزاد جهت بهبود خواص ماشین کاری

## گروه سخت‌شونده در آب WATER-HARDENING GROUP

این فولادها معمولا" از نوع فولاد کربنی ساده هستند، اما گاهی اوقات از فولادهای پرکربن که مقدار کمی کرم و وانادیم جهت‌بهبود چقرمگی TOUGHNESS و مقاومت‌به سایش به آنها افزوده میشود هم استفاده میگردد. میزان کربن فولادهای این گروه بین ۰/۶% تا ۱/۴% متغیر میباشد. بطور کلی ابزارهای تولیید شده از فولاد کربنی ساده قیمت بالنسبه کمتری از ابزارهای آلیاژی دارند. این فولادها با عملیات‌حرارتی مناسب‌ضمن دارا بودن سطح سخت، معز نرم و ضربه پذیری خواهند داشت. برای حصول به سختی بالا، سردکردن QUENCH در آب‌ضروری است‌و همین امراحتمال پیچیدگی قطعه را افزایش‌میدهد. ابزارهای فولاد کربنی بهترین قابلیت ماشینکاری را داشته و در مقابل کربورزدائی DECARBURIZATION ناشی از عملیات حرارتی مقاومت‌خوبی دارند، اما قابلیت‌حفظ سختی آنها در دماهای بالا ضعیف‌میباشد.

## گروه مقاوم در برابر شوک SHOCK-RESISTING GROUP

کاربرد اصلی ابزارهای این گروه در شرایطی است که ابزار تحت ضربات و شوکهای متناوب باشد. این ابزارها معمولا" کم کربن بوده و میزان کربن آنها در حدود ۰/۴ تا ۰/۶۵ درصد است. عناصر اصلی آلیاژی عبارتند از سیلیسیم، کرم، تنگستن و گاهی اوقات مولیبدن. سیلیسیم استحکام فریت‌را افزایش‌داده و کرم قابلیت سختی پذیری و کمی هم مقاومت به سایش‌را بالا میبرد. مولیبدن قابلیت سختی پذیری را بهبود می‌بخشد و تنگستن سختی فولاد را تا دمای سرخ شدن حفظ میکند. معمولا" این فولادها در روغن سخت‌میشوند، اما در مواردی که لازم باشد ابزار تا عمق سخت شود از آب‌بعنوان ماده سرد کننده استفاده میشود.

سیلیسیم زیاد فرآیند کربورزدائی DECARBURIZATION در حین عملیات حرارتی را تسریع میکند بهمین جهت برای به حداقل رساندن کاهش کربن لایه‌های سطحی در حین عملیات حرارتی توجه ویژه‌ای لازم می‌باشد.

این فولادها سختی نسبتا" خوبی در دمای سرخ شدن داشته، مقاوم به سایش‌هستند و قابلیت ماشینکاری خوبی دارند. حداکثر سختی آنها از ۶۰ راکول HRC تجاوز نمی‌کند و برای مواردی که مقاومت به ضربه و مقاومت به سایش تواما" مطرح باشد نظیر

ابزارهای شکل دهی ، سنبه‌ها ، قلم ها ، ابزار نیوماتیک ، تیغه‌های برش فلزات و غیره مناسب‌هستند .

## گروه سردکار COLD-WORK GROUP

این گروه از مهمترین انواع فولاد ابزار هستند و بنحو وسیعی مورد استفاده واقع میشوند . فولادهای سردکار به دو نوع اصلی تقسیم میشوند ، فولادهای سردکار سخت شونده در روغن و سخت شونده در هوا . نوع سخت شونده در روغن معمولا" حاوی منگنز و مقدار کمی کرم و شکستن بعنوان عناصر آلیاژی بسوده و مقاومت به ضربه خوبی دارند اما قابلیت حفظ سختی آنها در دمای سرخ شدن همانند فولادهای کربنی ساده ضعیف میباشد . موارد کاربرد آنها شامل قلاویزها ، قالب‌های ثابت پیچ زنی ، ابزارهای فرم دهی و برقوها است .

فولادهای آلیاژ متوسط MEDIUM ALLOY سخت شونده در هوا حاوی حدود ۱% کربن، تا ۳% منگنز ، ۵% کرم و ۱% مولیبدن میباشند .

وجود عناصر آلیاژی فوق بخصوص منگنز و مولیبدن به این فولادها قابلیت سخت شوندگی در هوا را داده است . این آلیاژها مقاومت‌خوبی در مقابل سایش ، ضربه و سوختن کربن در حین عملیات حرارتی دارند . قابلیت‌حفظ سختی آنها در دمای سرخ شدن نسبتا" خوب بوده و کمترین احتمال پیچیدگی و تغییر ابعاد را در حین عملیات‌حرارتی دارند .

موارد استفاده آنها عبارت است از قالبهای برشکاری دقیق ، قالبهای دوار پیچ زنی و غیره .

فولادهای پر آلیاژ سخت شونده در هوا نظیر فولادهای پرکربن - پرکرم باحدود ۲% کربن و ۱۲% کرم میباشد ، که مقادیر کمی مولیبدن ، وانادیم و کبالت به آنها افزوده میشود . داشتن کرم و کربن بالا مقاومت به سایش خوبی دارند و ثبات ابعاد آنها در عملیات‌حرارتی عالی میباشد ، در نتیجه درمواردی که نیاز به دقت‌باشد نظیر قالبهای برشکاری دقیق ، قالب‌های کشش سیم ، میله و لوله‌ها در صورتیکه دمای کار از ۴۸۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند ، بکار میروند .

این ابزارها برای استفاده در تیغه‌های برش‌کاری مناسب‌نیستند زیرا در لبه‌های نازک ترد و شکننده میشوند .

## گروه گرمکار HOT-WORK GROUP

در بعضی موارد ابزارها تحت دماهای زیاد نظیر شکل دادن گرم ، اکستروژن ، تزریق پلاستیک ، ریخته‌گری در قالب‌فلزی و غیره کار میکنند. این ابزارها قبل از هر چیز می‌بایستی در برابر نرم شدن در دماهای بالا مقاوم باشند. عناصر اصلی ایجاد قابلیت حفظ سختی در دماهای بالا عبارتند از کرم ، تنگستن و مولیبدن که در مقادیر بیش از ۵% چنین قابلیتی را فراهم میکنند. آلیاژهای گرمکار خود به سه دسته تقسیم میشوند.

### ۱- آلیاژهای با پایه کرم CHROMIUM TYPE

این فولادها حاوی حداقل ۳/۲۵ درصد کرم و مقادیر کمتری تنگستن ، مولیبدن و وانادیم هستند. کرم در ترکیب‌با سه عنصر فوق که همگی کاربایدزا هستند (این آلیاژها کم کربن میباشند) امکان ایجاد سختی در حدود ۴۰ تا ۵۵ راکول HRC را همراه با چقرمگی متوسط فراهم میسازد. افزایش تنگستن و مولیبدن سختی سرخ RED HARDNESS را بهبود می بخشد اما موجب کاهش چقرمگی TOUGHNESS و ضربه‌پذیری میشود. قابلیت‌سختی پذیری آلیاژهای با پایه کرم زیاد بوده و در اثر سرد شدن در هوا حتی در ضخامت حدود ۳۰ سانتی متر تا مغز سخت‌میشوند. سختی پذیری زیاد موجب شده که این آلیاژها حداقل تغییر ابعاد را در حین سرد کردن دارا باشند درنتیجه جهت‌ساختن انواع قالبها بخصوص قالب‌های گرمکار نظیر قالب‌اکستروژن ، قالب‌های دایکاست، قالب‌های فورجینگ، سنبه‌ها و ابزارهای برشکاری فلزات‌گرم بسیار مناسب‌می‌باشند.

### ۲- آلیاژهای با پایه تنگستن TUNGSTEN TYPE

آلیاژهای پایه تنگستن با ۹ الی ۱۸ درصد تنگستن و ۳ تا ۱۲ درصد کرم درمقایسه با آلیاژهای با پایه کرم در اثر مقادیر زیاد عناصر فوق در برابر نرم شدن در دماهای زیاد بسیار مقاوم ترند. اما در سختی های حدود ۴۵ تا ۵۵ راکول HRC حساس‌به ترد شدن هستند. این فولادها سخت‌شونده در هوا بوده و از ثبات ابعادی خوبی برخوردارند. جهت‌ممانعت‌از پوسته‌شدن دردماهای بالای درحین عملیات‌حرارتی میتوان آنها را در روغن یا نمکهای مذاب‌هم سردکرد QUENCHING . آلیاژهای پایه تنگستن از بسیاری لحاظ شبیه فولادهای تندبر می باشند اما چقرمگی و ضربه پذیری

بهتری دارندو برای کار در دماهای بالا نظیر سنبه‌ها و قالب‌های اکستروژن فولاد، آلیاژهای نیکل و دیگر فلزات‌مناسب‌هستند.

۳- آلیاژهای با پایه مولیبدن MOLYBDENUM TYPE

فولاد H24 از لحاظ کاربرد و مشخصات شبیه فولادهای با پایه تنگستن میباشد و به فولادهای تندبر مولیبدنی نیز نزدیک است. اما خاصیت ضربه‌خوری و چقرمگی TOUGHNESS بهتری دارد. مزیت‌اصلی آلیاژهای با پایه مولیبدن نسبت‌به آلیاژهای با پایه تنگستن در ارزانی قیمت‌و عدم حساسیت‌به ترک‌برداشتن گرم است. بعلت بالابودن میزان مولیبدن نسبت به کربورزدائی در حین عملیات‌حرارتی حساس‌هستند که باید به آن توجه داشت.

گروه فولادهای تندبر HIGH-SPEED GROUP

این گروه از نوع فولادهای پر آلیاژ بوده و معمولا" حاوی مقادیر نسبتا" زیادی تنگستن یا مولیبدن همراه با کرم، انادیم و گاهی اوقات کبالت هستند. میزان کربن آنها در حالت‌عادی در حدود ۰/۷۵ تا ۱/۳ درصد میباشد، اما بعضی از انواع کربنی در حدود ۱/۵ درصد و بیشتر دارند.

کاربرد اصلی فولادهای تندبر در تیغه‌ها و ابزارهای برش‌میباشد. اما درساخت قالب‌های اکستروژن، سنبه‌ها و قالب‌های برشکاری BLANKING DIES نیز استفاده میشوند.

ترکیب شیمیائی فولادهای تندبر بگونه‌ای است که سختی خود را تا دمای سرخ شدن حفظ میکنند. آنها ثبات ابعادی بسیار عالی داشته و قابل سخت‌شدن در هوا، روغن یا نمک‌های مذاب هستند. مقاومت به سایش‌خوب، مقاومت در برابر شوک و قابلیت ماشینکاری آنها مناسب‌میباشد اما در مقابل کربورزدائی در حین عملیات حرارتی ضعیف هستند.

فولادهای تندبر به دو دسته تقسیم میشوند:

الف) فولادهای تندبر با پایه مولیبدن (نوع M)

ب) فولادهای تندبر با پایه تنگستن (نوع T)

با توجه به کاربرد و تولید ابزار تفاوت‌های اندکی بین این دو نوع وجود دارد. اما خواص اساسی آنها کاملا" شبیه یکدیگر است. افزودن کبالت به آلیاژهای تندبر

قابلیت حفظ سختی در دماهای زیاد را بهبود می‌بخشد، اما انعطاف‌را کاهش‌داده و در برابر کربورزدائی نیز آنها را حساس میکنند ، در شرایطی که سایش‌شدید مطرح باشد فولادهای تندبر وانادیوم‌دار بهترین کارکرد را دارند.

فولادهای تندبر بدلیل داشتن ذرات ریز و سخت کاربايد در ساختار میکروسکوپی خود برای ابزارهای برشکاری نظیر الماسهای فرزکاری ، دریل ها ، برقوها ، سرمته‌ها ، ابزارهای مخصوص‌چوب و تیغه‌های اره بسیار مناسب‌هستند.

## فولادهای قالب MOLD STEELS

این فولادها بطور عمده حاوی کرم و نیکل بوده و مقادیر کمی وانادیم و مولیبدن نیز دارند. سختی آنها کم بوده و معمولا" در حالت آنیل شده بکار میروند و خاصیت کارسختی WORK HARDENING ندارند.

در صورت نیاز به مقاومت در برابر سایش‌این فولادها را میتوان طی فرآیندهای در حدود ۵۸ تا ۶۴ راکول HRC سخت کرد. سختی فولادهای قالب‌در دماهای بالا بسرعت کاهش می یابد و فقط برای بدنه‌های قالب‌هائی نظیر قالب تزریق پلاستیک میتوانند استفاده شوند.

## فولادهای ابزار ویژه SPECIAL-PURPOSE STEELS

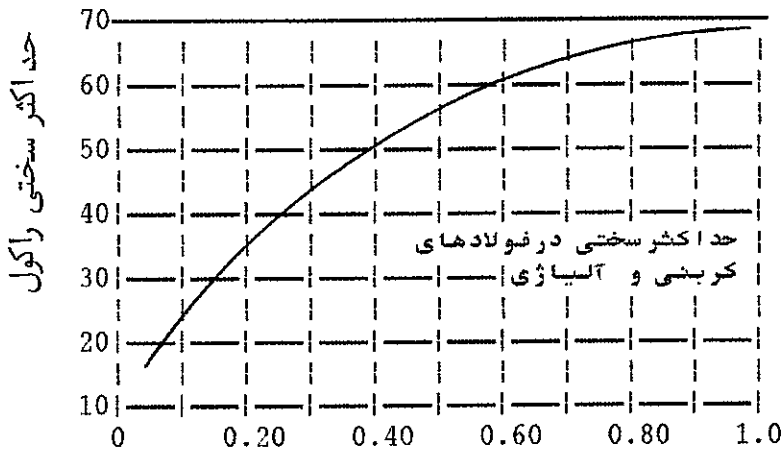
از آنجائیکه فولادهای فوق در هیچیک‌از طبقه‌بندی ها بخوبی قرار نمی گیرند، آنها را تحت‌عنوان فولادهای ویژه نام‌گذاری کرده‌اند. این آلیاژها گران بوده وموارد استفاده خاصی دارند. عناصر اصلی آلیاژی آنها عبارت از کرم به اضافه وانادیم ، نیکل و مولیبدون می باشد. کرم در ترکیب‌با آهن ، کاربايد دوتائی سختی را ایجاد می کند. نیکل باعث افزایش‌چقرمگی شده و وانادیم آن را ریزدانه میکند. فولادهای ویژه سخت شونده در روغن هستند و در نتیجه ثبات ابعادی متوسطی دارند. کاربرد اصلی آنها در اجزاء ماشینها نظیر بلبرینگها ، صفحه کلاچ ها ، بادامکها و غیره است که باید علاوه بر مقاومت به سایش ، ضربه‌پذیری و چقرمگی خوبی را دارا باشند.

## بخش‌دوم : متالورژی فولادهای ابزار

فولادهای ابزار جهت‌حصول به ساختار مارتنزیتی و سختی در حدود ۶۰ راکول HRC معمولا" حاوی حداقل ۰/۶ درصد کربن هستند. در شکل [۳] اثر افزایش‌کربن نسبت به سختی

فولادها نشان داده‌شده‌است. البته در بعضی از ابزارها برای بهبود ضربه‌پذیری و تحمل شوک مقدار کربن را کمتر از حد مذکور در نظر میگیرند.

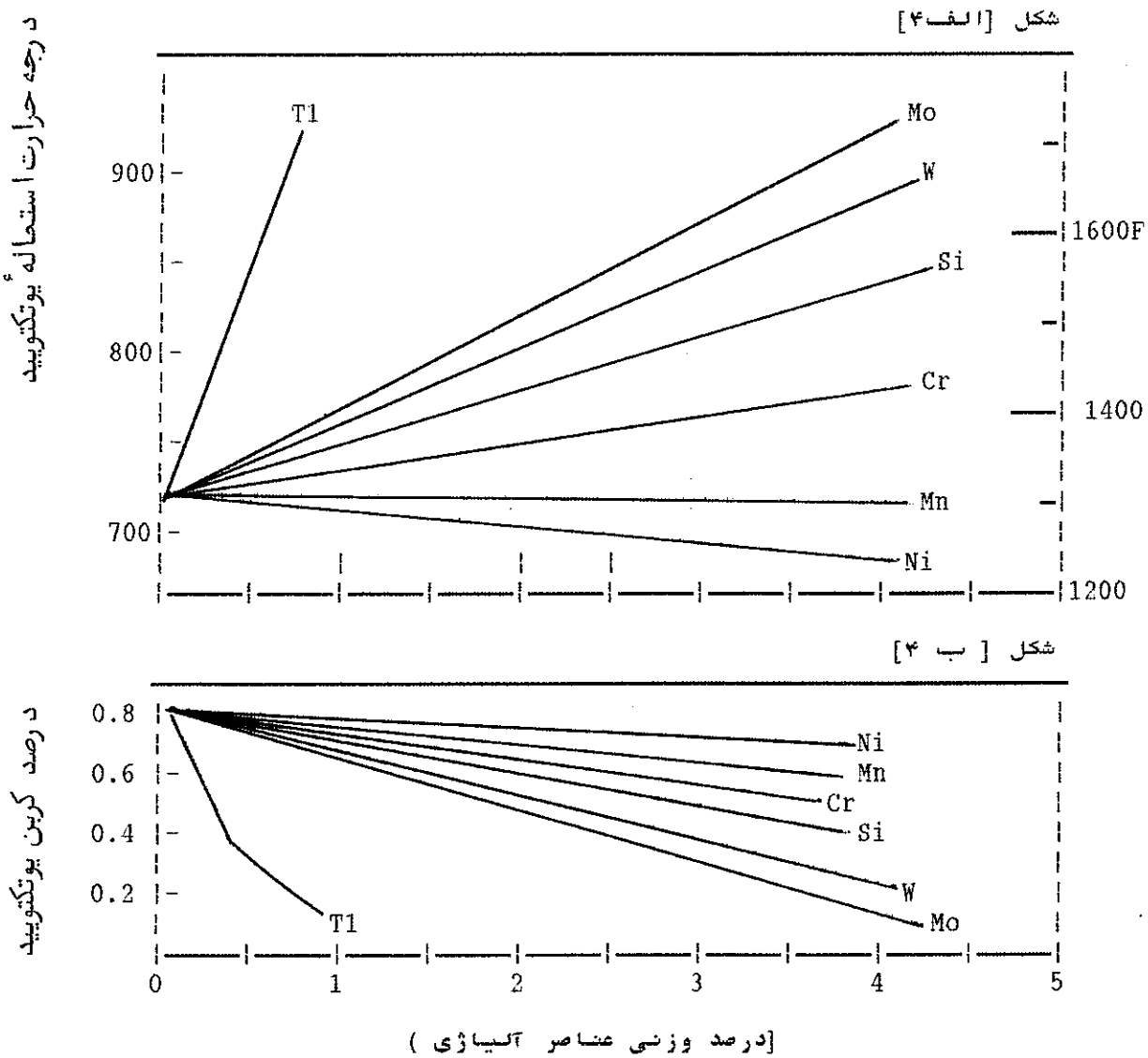
شکل [۳]




تاثیر مقدار کربن بر حداکثر سختی فولادها

قوانین حاکم بر سختی پذیری فولادهای ابزار کاملا" مشابه دیگر فولادهای آلیاژی است. در اینجا نیز فولاد ابزار کربنی ساده سختی پذیری کمتری دارد و باید در آب‌سرد شود. ابزارهای آلیاژی به سرعت سرد کردن آهسته‌پذیری نیاز داشته و میتوانند در هوا یا روغن سرد شوند. تاثیر افزایش عناصر آلیاژی بر دمای یوتکتوییید (A1) فولادها در شکل [۴ الف ] دیده میشود. کرم، مولیبدن و تنگستن که از پر مصرف ترین عناصر آلیاژی ابزارها هستند پایدار کننده فریت‌بوده و موجب‌افزایش‌دمای یوتکتوییید میشوند. وانادیوم هم تاثیری مشابه عناصر فوق دارد و منحنی مربوط به آن بین خطوط مولیبدن و تیتانیم قرار خواهد گرفت. [ شکل ۴ الف]

با افزایش‌عناصر آلیاژی مقدار کربن مورد نیاز جهت‌تشکیل فاز یوتکتوییید کاهش می یابد. در شکل [۴ ب] اثر عملی عناصر آلیاژی را میتوان به این صورت بیان نمود که در چنین مواردی به دمای بالاتری نیاز است تا کاربایدها در آوستنیت کاملا" حل شوند.




شکل شماره ۴ :

الف) تاثیر عناصر آلیاژی بر دمای یوتکتوییید
ب ) میزان کربن مورد نیاز استحاله یوتکتوییید در فولادهای آلیاژی

با افزایش مقدار کربن در آوستنیت سرعت استحاله آوستنیت به دیگر ساختارهای میکروسکوپی کندتر میشود. بنابراین آوستنیت پر کربن حتی در سرد کردنهای سریع QUENCHING میتواند دردمای معمولی باقی بماند. دراینمورد سردکردن فولاد تا دماهائی زیر دمای معمولی (ROOM TEMP.) موجب خواهد شد که بیشتر آوستنیتهای باقیمانده به مارتنزیت تبدیل شوند.

بطور کلی همه عناصر آلیاژی در فولادهای ابزار (باستثناء کبالت) درجه حرارت تبدیل آوستنیت به مارتنزیت را کاهش میدهند. کبالت که عنصر اصلی آلیاژی در فولادهای تندبر است دمای استحاله فوق را افزایش میدهد.

مشکل اصلی در جوشکاری فولادهای ابزار با در نظر گرفتن ترکیب شیمیائی و عملیات حرارتی این فولادها معمولا" عبارتاستاز حساسیتبه ترکبرداشتن بخصوص ترکبرداشتن ناحیه تحت تاثیر حرارت (H.A.Z) در اثر نفوذ هیدروژن . مسئله دیگر نیاز به سنگ زدن یا ماشینکاری جهت پرداخت و شکل دادن نهائی در جوشکاری تعمیراتی ابزارهاست که به سهم خود سبب افزایش تنشهای پسماند میشود، بدین لحاظ در انتخاب الکترود و روش جوشکاری دقت زیادی باید اعمال کرد.

حرارت داده شده بالا HEAT INPUT همراه با سرد کردن آرام پس از جوشکاری موجبکاهش حساسیتابزارها به ترکبرداشتن میشود ، اما از طرفدیگر با ایجاد مناطق نرم خواص مطلوبابزارها را ضعیفمیسازد.

## بخش سوم : جوشکساری ابزارها

جوشکاری فولادهای ابزار به دو روش کلی امکان پذیر میباشد. جوشکاری ساده که بیشتر مناسب موقعیت و شرایط کارگاههای ساختمانی است وجوشکاری با عملیاتحرارتی کامل که نیاز به تجهیزات و وسائل گرانقیمتتر دارد، اما نتیجه کار آن بهتر است.

### جوشکاری با عملیات حرارتی کامل WELDING WITH FULL HEAT TREATMENT

ابزارها عموما" در حالت سخت شده نسبت به تنشهای حرارتی و ترک برداشتن حساس میباشند، بهمین علت بهتر است که قبل از جوشکاری آنها را با ANNEALING نرم کرد، مجددا" آنیل نمود و پس از جوشکاری و ماشینکاری لازم مجددا" سختکاری کرد.

بطور خلاصه عملیات حرارتی شامل مراحل ذیل میباشد.

۱- بسته به ترکیبشیمیائی ابزار را در دمائی بین ۷۰۰ الی ۸۰۰ درجه سانتیگراد گرم کرده، مدت مناسبی در این دما نگهداشته و به آهستگی سرد کنید.

۲- با توجه به این مطلب که خروج از فاز آوستنیت در اغلبفولادهای ابزار بین ۴۰۰ الی ۵۰۰ درجه سانتیگراد صورت گرفته و به آهستگی کامل میگردد:

الف) برای آوستینتی شدن کامل و کاهش سختی ، ابزار را مجددا" تا ۸۰۰ الی ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد گرم کنید.

ب ) اجازه دهید که ابزار تا درجه حرارت شروع جوشکاری یعنی حدود ۴۰۰ درجه سانتیگراد سرد گردد.

پ ) ابزار را در دمای ۴۵۰ درجه جوشکاری کرده ( دمای فوق باید در تمام مدت جوشکاری ثابتنگهداشتهشود) به آرامی سرد کنید و پس از ماشینکاری لازم :

۳- در هوا یا روغن بسرعت سرد کنید QUENCHING .

۴- پس از سختکاری برای کاهش تنشهای باقی مانده لازم استکه ابزار بازپخت TEMPER شود. اگر الکترود و روش جوشکاری بدرستی انتخاب شده باشند، با رعایت نکات بالا ابزار و ناحیه تحت تعمیر دارای سختی و خواص مناسب خواهند شد.

## جوشکاری ساده

جوشکاری با عملیات حرارتی کامل بعلت احتمال پوسته شدن SCALING و تغییر ابعاد ابزار فرآیندی بسیار دشوار بوده و نیاز به حوصله و دقت نظر زیادی دارد که در شرایط کارگاههای ساختمانی اغلب غیرممکن میباشد. در چنین مواردی :

بسته به ترکیب شیمیائی ، ابزار ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتیگراد پیش‌گرمایش شده و پس از اتمام جوشکاری طبق توصیه‌های مندرج در جدول شماره [۵] پس‌گرمایش شود. گرچه به این طریق جوش حاصل دارای ساختار میکروسکوپی و سختی ایده آل نخواهد شد اما خواص آن جهت اکثر موارد عملی کافی است. گذشته از آن در هزینه و زمان تعمیرات صرفه‌جوئی میگردد. پیش‌گرمایش ، تنشهای ناشی از جوشکاری را کاهش داده و بازپخت TEMPRING مارتنزیت ایجاد شده را نرم می کند. دمای بازپخت با درجه حرارت

### جدول شماره [۵]

درجه حرارت پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش توصیه شده برای ابزارهائی که قابلیت جوشکاری دارند

| شماره AISI/SAE استاندارد ابزار | نوع | پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش C |
|---|---|---|
| W1 - W5 | سخت‌شونده در آب | ۲۰۰ -۳۰۰ |
| O1 - O5 | سخت‌شونده در روغن | ۲۰۰ -۲۳۰ |
| O6 - O7 | | ۲۳۰ -۲۶۰ |
| A2 - A6 | سخت‌شونده در هوا | ۳۱۵ -۳۵۰ |
| A7 - A10 | | ۴۸۰ -۵۱۰ |
| M1 - M42 | فولاد تند بر | ۴۸۰ -۵۴۰ |
| S1 - S7 | مقاوم در برابر شوک | ۲۶۰ -۳۱۵ |
| L6 - L7 | فولاد | ۴۵۰ -۴۸۰ |
| P20 | فولاد | ۲۶۰ -۲۹۰ |
| D2 | فولاد پر کربن | ۴۸۰ -۵۱۰ |
| D-5-D7 | فولاد پر کرم | ۵۱۰ -۵۴۰ |

( ادامـــــــــــه جـــدول ۵ )

| شماره AISI/SAE استاندارد ابزار | نـــــــــــوع | پیش گرمایش و پس گرمایش C |
|---|---|---|
| H12 - H21 | فولاد گرم کار | ۴۸۰ -۵۱۰ |
| T21 | فولاد تندبر تنگستن دار | ۴۸۰ -۵۴۰ |
| 1045 | فولاد کربنی منگنزدار | ۱۷۵ -۲۰۰ |
| 1050 | | |
| 4130 | فولاد کم آلیاژ | |
| 4140 | فولاد با کربن متوسط | ۲۰۰ -۲۳۰ |
| 3140 | فولاد کرم - مولیبدن | |
| 6150 | فولاد با ۰/۵% کربن | ۲۶۰ -۳۱۵ |
| 6145 | فولاد کرم - وانادیوم | |
| 4340 | فولاد با ۰/۴% کربن و آلیاژشده باکرم نیکل و مولیبدن | ۴۵۰ -۴۸۰ |
| | | |

پیش‌گرمایش یکسان میباشد و زمان لازم برای نگهداری فولاد در آن دما بازاء هر ۲۵ میلی متر برابر یکساعت خواهد بود. بهترین روش اجرای پیش‌گرمایش استفاده از کوره‌های حرارتی است، اما در صورتی که استفاده از کوره مقدور نباشد بارعایت‌دقت از مشعل اکسی -استیلن هم میتوان استفاده کرد. نکته مهم در پیش‌گرمایش سرعت آرام و یکنواخت‌گرم شدن می‌باشد. دمای پیش‌گرمایش‌را در تمام زمان جوشکاری باید ثابت نگهداشت.

جهت‌لایه‌های پرکربن ابزارهای باجوش‌پذیری ضعیف‌الکترودهای نرمتر نظیر AWS:E312-16 و برای ابزارهای کم آلیاژ و آن دسته که جوش‌پذیری بهتری دارند، الکترودهای کم-آلیاژ با ۳ تا ۴% کروم و حدود ۱% منگنز توصیه میشود، از الکترودهای سخت بایستی فقط در ۲ الی ۳ پاس انتهایی استفاده و جهت‌نیازهای ماشینکاری ضخامت اضافی را هم در نظر گرفت.

## انتخاب الکترود

عوامل متعددی در انتخاب الکترود برای فولادهای ابزار موثرند، مهمترین این عوامل عبارتند از :

۱- ترکیب شیمیائی ابزار
۲- نوع عملیات حرارتی ابزار
۳- شرایطی که جوش تعمیری با آن روبرو خواهد شد
۴- عملیات حرارتی پس گرمایش

از آنجائیکه در انتخاب الکترود تطابق دقیق ترکیب شیمیائی الکترود و فولاد ابزار معمولا" غیرممکن می‌باشد، مسئله اصلی در این انتخاب تطابق خواص کاربردی جوش تعمیری نسبت به ابزار اصلی می‌باشد.

جدول شماره [۶]

طبقه بندی الکترودهای ابزار براساس ترکیب و نوع جوش

| نوع الکترود | ساختار و ترکیب فلز جوش |
|---|---|
| الکترودهای سردکار COLD-WORKING | مارتنزیتی با ۱۳% کروم |
| الکترودهای گرم‌کار HOT-WORKING | مارتنزیتی همراه با کاربید % |
| | Nb: ۰/۸ Co: ۳ W: ۸ Cr: ۱/۵ |
| الکترودهای با پایه فولادی AWS A5.13 : EFe5B | مشابه فولادهای تندبر % |
| | V: ۱/۶ Mo: ۷/۵ W: ۳ Cr: ۴/۵ |
| الکترودهای با پایه کبالت AWS A5.B : E Co Cr-A | مشابه استلایت % |
| | W: ۰/۵ Co: ۶۰ Cr: ۲۹ |
| الکترودهای با پایه نیکل AWS A5.13 : ENi Mo Cr-1 | مشابه هستالوی % |
| | Ni: ۶۴ Mo: ۱۶ W: ۰/۴ Cr: ۰/۰۱۵ |

درجدول [۶] الکترودهای ابزاربراساس ساختارمتالورژیکی جوش حاصل طبقه‌بندی شده‌اند.

بعنوان مثال چون اغلب اوقات ابزارها در دماهای زیاد کار میکنند، یکی از مهمترین خواص جوشهای تعمیری امکان حفظ سختی در درجه حرارتهای بالا است. مثلا" سختی جوش حاصل از الکترودهای کم آلیاژی دردمای حدود ۴۰۰ درجه سانتیگراد بشدت کاهش می یابد، درحالیکه فولادهای ابزار تندبر سختی خودرا تاحدود ۶۰۰ درجه نیز بخوبی حفظ میکنند. الکترودهائی که فلز جوش از نوع استلایت ایجاد میکنند در مقابل سایش در دماهای بالا بسیار خوب عمل کرده وعموما" برای ابزارهای برنده مخصوص کاردرحرارتهای زیاد توصیه میشوند. در درجات حرارت پائین الکترودهای از جنس فولاد تندبر با داشتن ضربه‌پذیری خوب از دیگر انواع کارکرد بهتری دارند. الکترودهای از نوع هستالوی اگر چه سختی زیادی ندارند ولی در حرارتهای بالا سختی و مقاومت خود را از دست نمی‌دهند. این الکترودها حتی در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد مقاومت کششی بیش از ۴۰۰ N/MM2 از خود نشان داده‌اند. هستالوی همچنین درمقابل شوکهای حرارتی اکسیدشدن بسیار مقاوم است.

# انتخاب الکترود مناسب جوشکاری فولادهای ابزار

جدول شماره [۷]

| نوع ابزار | نوع فولاد | خواص مورد انتظار | نوع و ترکیب شیمیایی الکترود | | | | | | | سختی اکول HRC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قالب های سردکار | سخت شونده در هوا | مقاومت به ضربه | DIN 8555 E6 - 55r | C ۰/۳۵ | Si ۰/۵ | Mn ۰/۳ | Cr ۱۳ | | | ۵۱ - ۵۶ |
| ابزارهای فرم دهی سرد<br>قالب های برش سردکار | سخت شونده در روغن | مقاوم در برابر شوک<br>مقاوم به سایش | DIN 8555 E- 3- 55C | C ۰/۳۵ | Si ۰/۵ | Mn ۰/۳ | Cr ۱۳ | W ۳/۵ | | ۶۰ - ۶۴ |
| قالب های دایکاست<br>قالب های پلاستیک<br>قالب های فورج گرمکار<br>بسته های برش گرمکار<br>سنبه های برش گرمکار<br>قالب های اکستروژن | فولاد گرمکار آلیاژ<br>کبالت و تنگستن | حفظ مقاومت مکانیکی ، سختی ،<br>تحمل شوک و مقاومت به سایش در<br>حرارتهای زیاد | DIN 8555 E3 - 50 S | C ۰/۳۵ | Cr ۱/۵ | W ۸ | Nb ۰/۸ | Co ۲ | | ۵۳ - ۵۷ |
| قالب های برش گرمکار<br>قالب های دقیق گرمکار<br>تیغه های برش گرمکار<br>تیغچه های فرز | فولاد تندبرمولیبدون دار<br>کبالت و تنگستن | حفظ قدرت برش و مقاومت به ضربه<br>در دماهای بالا | DIN 8555 E3 - 50 S | C ۰/۳۵ | Cr ۱/۵ | W ۸ | Nb ۰/۸ | Co ۲ | | ۵۳ - ۵۷ |
| قالب های فورجینگ<br><br>قالب های اکستروژن | مشابه هستالوی<br><br>با پایه نیکل | مقاومت به ضربه و خستگی<br><br>مقاومت به خستگی و اکسیده شدن<br>تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد | DIN 8555 E4 -60 S<br>AWS A5.13 Efe 5B | C ۰/۹ | Cr ۴/۵ | Mo ۷/۵ | W ۲ | V ۱.۶ | | ۶۰ - ۶۵ |
| قالب های استامپ کاری<br><br>TRIMMING CUTTERS<br>PUNCHES | مشابه استلایت<br><br>با پایه کبالت | مقاومت در مقابل شوکهای سنگین<br><br>حفظ سختی در دماهای بالا<br><br>مقاومت به پوسته شدن در درجه<br>حرارتهای زیاد | | | | | | | | |

پیوست شماره [۱]

## آماده‌سازی ابزار جهت تعمیرات

فولادهای ابزار بعلت شرایط سخت و دشوار بهره‌برداری نظیر ضربه‌های سنگین ، دماهای زیاد ، برودت پائین ، سایش شدید ، شرایط خورنده و غیره اغلب دچار فرسودگی موضعی می شوند .

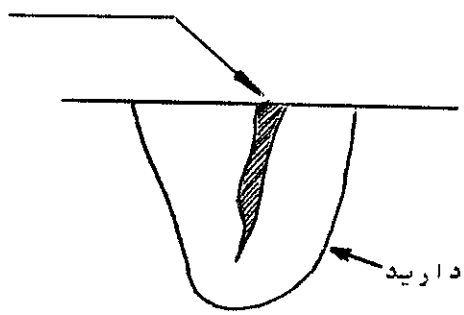
این فرسودگی اکثر اوقات با ایجاد ترک نیز همراه است . بهمین جهت آماده‌سازی ابزار قبل از شروع جوشکاری تعمیراتی بسیار مهم میباشد و نتیجه کار تعمیرات به میزان زیادی بستگی به این امر دارد .

## آماده سازی

نواحی فرسوده قبل از هرکاری باید به دقت تمیز گردند . چربی ، گردو غبار ، رنگ و دیگر آلودگیها بایستی کاملا" برداشته شوند . علاوه بر آلودگیهای خارجی ، پوسته سطحی ابزارها معمولا" در اثر کارسرد سخت میشوند . این لایه‌های کار سخت‌شده WORK HARDEN نسبت به تنشهای حرارتی حساس‌بوده و به آسانی ترک بر میدارند و باید قبل از جوشکاری بوسیله سنگ‌زدن از نواحی تحت‌تعمیر برداشته شوند . پس از تمیزکاری ابزار ، بازرسی آن با روشهائی نظیر بازرسی چشمی ، بازرسی با مایعات نافذ رنگی ذرات مغناطیسی جهت ترک‌یابی ضروری است .

در صورت‌وجود ترک‌لازم است‌که امکان پیشرفت‌آنرا با ایجاد سوراخ در ابتدا و انتها از بین برد و سپس‌با سنگ‌زنی یا برشکاری بوسیله الکترود ذغالی GOUGING نسبت به رفع ترک اقدام کرد .

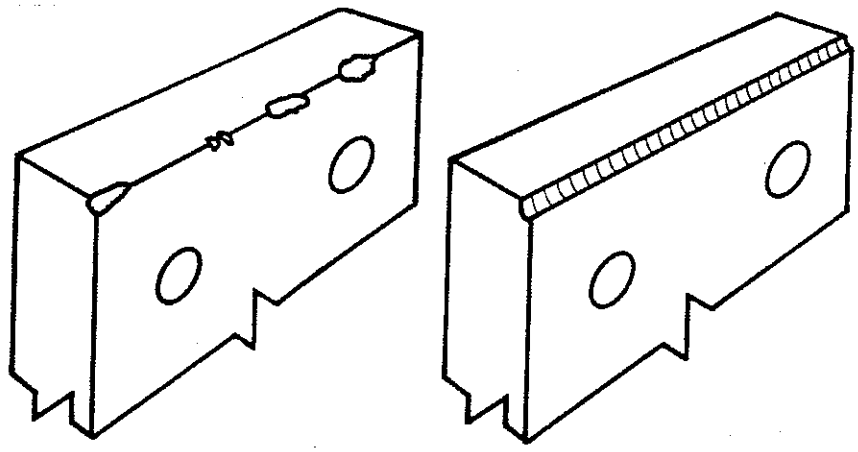
برای اطمینان از رفع کامل ترک باید حتی الامکان ۲ الی ۳ میلی متر از فلز سالم زیر ترک‌را نیز برداشت .



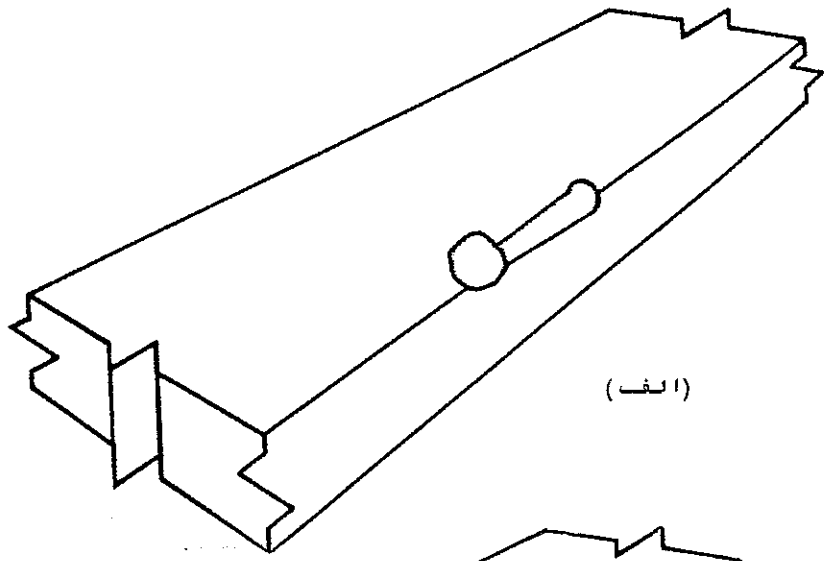

در انتها جهت‌ایمنی بیشتر بازرسی مجدد ناحیه برداشته شده توصیه میشود .

نکته قابل توجه در آماده‌سازی ابزار آرایش‌نهائی نواحی تحت تعمیر است . آرایش لبه‌های برش‌با شیب مناسب بنحوی که امکان دسترسی کامل به عمق ناحیه برداشته شده

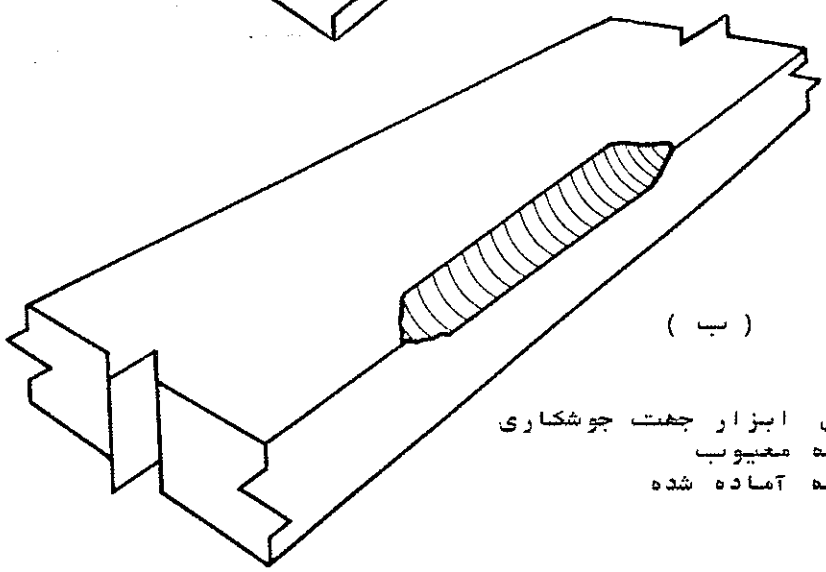
موجود باشد، اجتناب از گوشه‌های تیز که محلهای تمرکز تنش هستند و غیره از نکاتی هستند که عدم توجه آنها میتواند تعمیرات را با اشکالات جدی روبرو سازد.



آماده‌سازی ابزار جهت جوشکاری
الف) لبه معیوب
ب ) لبه آماده شده

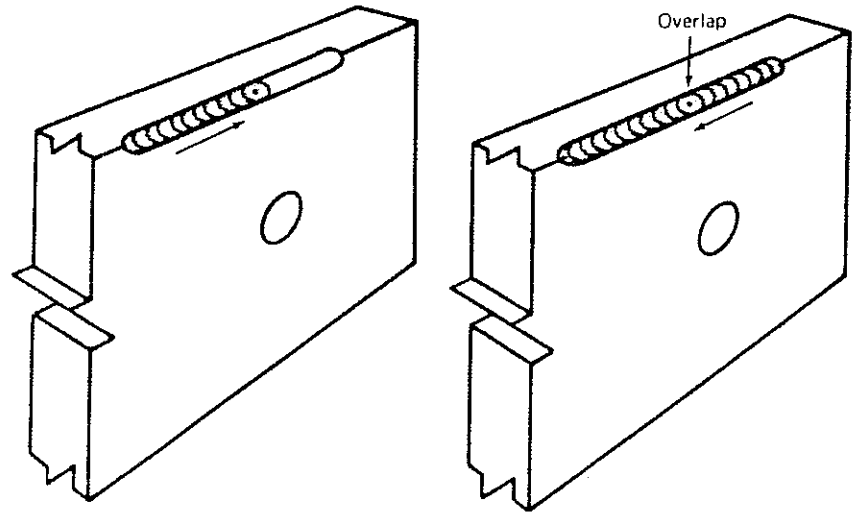


(الف)



( ب )

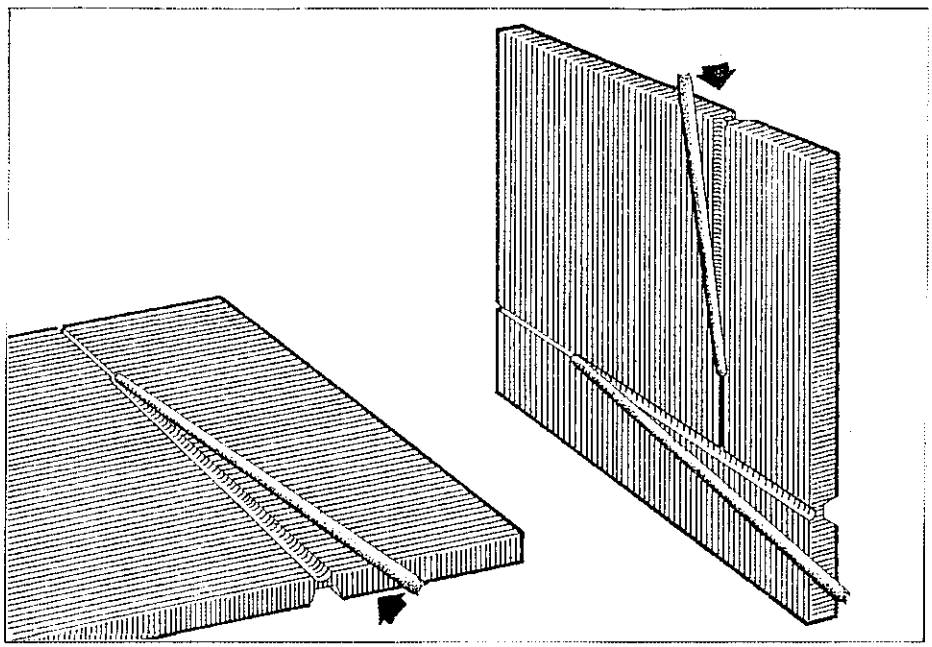
آماده‌سازی ابزار جهت جوشکاری
الف) لبه معیوب
ب ) لبه آماده شده

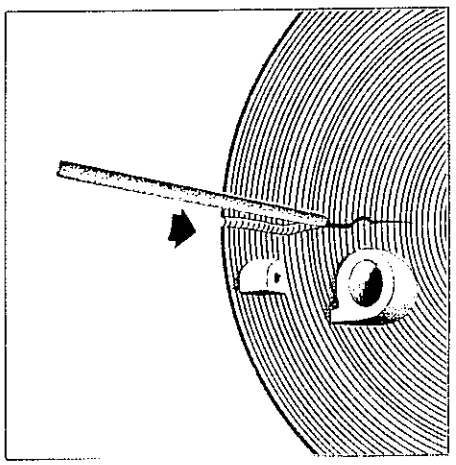



برای ممانعت از شرک برداشتن جوش در لبه‌ها همواره جوشکاری را از گوشه‌ها بطرف مرکز شروع کنید.

پیوست شماره [۲]

## برشکاری و شیارزنی با الکترود ذغالی GOUGING





الکترودهای گرافیتی با روکش نازکی از مس جهت بهبود خاصیت هدایت الکتریکی یکی از روشهای سریع و تمیز در برشکاری و شیار زنی فولادها و چدنها است.

استفاده از این الکترود نیاز به انبر خاصی دارد که روی آن سوراخی جهت دمش هوای فشرده یا اکسیژن تعبیه شده است.

الکترود در حین برشکاری همواره باید تحت زاویه‌ای برابر ۵ الی ۱۵ درجه با سطح کار قرار داشته باشد.

پیوست شماره [۳]

## چکشهای سنگ شکن HAMMERS

چکشهای سنگ شکن معمولا" از فولادهای پرمنگنز آوستنیتی (HADFIELD) به روش ریختگری ساخت میشوند. اما بعضی از سازندگان آنها را از فولاد کم آلیاژ ریختگی LOW ALLOY CAST STEEL نیز تولید میکنند.

روش ساده تمایز این فولادها از یکدیگر استفاده از آهنربا است. فولاد پرمنگنز دارای ساختار آوستنیتی است و غیر مغناطیس می باشد در حالیکه فولاد کم آلیاژ توسط آهن ربا جذب میگردد.

در این پیوست روش جوشکاری چکشهای ساخته شده از فولاد منگنزی شرح داده شده است.

## جوشکاری

پس از آماده‌سازی، تمیزکردن و بازرسی نواحی معیوب مطابق دستورالعمل پیوست (۱)، جوشکاری ناحیه آماده شده را با الکترودهای نرم با پاسهای حتی المقدور کوتاه شروع کنید. دقت‌شود که قطعه کار تحت هیچ شرایطی بیش از حد، گرم نشود. حد مطلوب گرما وقتی است که بلافاصله پس از جوشکاری گرمای فلز در ۶ الی ۷ سانتی متری جوش با دست قابل تحمل باشد (گرمای حاصله دست را نسوزاند). الکترودهای زنگ نزن آوستنیتی نظیر AWS: E312-16 با وجود گرانی قیمت بهترین نتیجه را خواهند داشت، هر چند که الکترودهای آوستنیتی منگنزی نیز میتوان استفاده کرد. پرکردن با الکترود نرم باید تا نزدیک‌سطح قطعه (در حدود ۲ الی ۳ پاس‌تا سطح کار) ادامه یابد. به این ترتیب خواص مکانیکی و مقاومت‌به ضربه جوش و ناحیه تعمیری بهتری خواهد شد.

جهت سخت‌کاری سطحی از الکترودهای مختلفی میتوان استفاده کرد:

درصورتیکه چکش تحت‌ضربه‌های سنگین قرارداشته‌باشد، الکترودهای AWS: EFeMn-B یا EFeMn-A یا با ۱۳ الی ۱۴ درصد منگنز و قابلیت‌کار سختی توصیه میشوند. همانطور که قبلا" اشاره شد یکی از مهمترین نکات، به حداقل رساندن حرارت داده شده HEAT INPUT① به فلز پایه و فلز جوش می‌باشد. از پیش‌گرم کردن فولاد آوستنیتی منگنزی اکیدا" باید پرهیز

کرد چون برخلاف اغلب فولادها ، این فولاد بعد از سرد کردن سریع خواص ضربه بهتری خواهند داشت و در اثر پیش گرم کردن یا پس گرمایش ترد و شکننده میشود .

در مواردی که چکش ها تحت سایش شدید و ضربه متوسط باشند الکترودهای دارای کار باید کروم نظیر AWS: EFeCr-Al بازدهی خوبی دارند . جوش حاصل از این الکترودها ممکن است دچار ترک های بسیار ریزی شود ، اما بدون هیچ مشکلی کار خواهد کرد .

یادآوری میشود که الکترودهای سخت را هرگز نباید بیش از ۲ الی ۳ پاس جوشکاری کرد ، چون علاوه بر افزایش خطر ترک برداشتن ، مقاومت به ضربه ناحیه تعمیری را کاهش داده و احتمال شکسته شدن قطعه در حین کار افزایش می یابد .

## مشخصات الکترودهای مناسب برای جوشکاری فولاد منگنزی

| نوع | AWS طبقه بندی الف | ترکیب شیمیائی % | | | | | | | | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Mn | Ni | Cr | Mo | V | Si | P | Fe | |
| Mn-Ni | EFeMn-A | 0.5-0.9 | 11-16 | 3-6 | 0.5 | — | — | 1.3 | پ 0.03 | باقیمانده | |
| Mn-Ni-Cr | ت | 0.6-0.85 | 14-17 | 2-4 | 2.5-4.0 | — | — | 0.2-0.7 | پ 0.02 | باقیمانده | |
| Mn-Mo | EFeMn-B | 0.5-0.9 | 11-16 | — | 0.5 | 0.6-1.4 | | 0.3-1.3 | پ 0.03 | باقیمانده | |
| Mn-Cr | ت | 0.3-0.6 | 14-15 | 1.0 | 14-15 | 0.3-1.7 | 0-0.6 | 0.2-0.5 | | باقیمانده | مقاوم به خوردگی |
| Cr-Ni-Mn | ت | 0.5 | 4.5 | 10 | 20 | 1.4 | — | 0.6 | | باقیمانده | مقاوم به خوردگی |

الف ) طبقه بندی الکترودها بر مبنای استاندارد AWS: A5.13 است .
ب ) ترکیب شیمیائی بر اساس جوشهای تولیدی است .
پ ) حداکثر مقدار
ت ) الکترودهای نرم جهت لایه های پرکن

① حرارت داده شده HEAT INPUT

حرارت انتقال یافته به فلز ناشی از کرمای قوس الکتریکی را در واحد طول میتوان با فرمول زیر محاسبه کرد : $H = \frac{E.I.60}{S}$

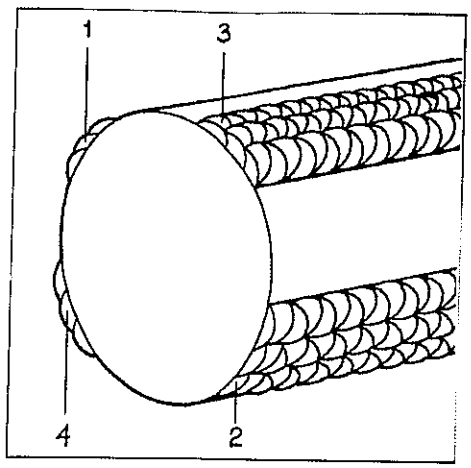
S= سرعت پیشرفت جوشکاری (سانتی متر در دقیقه)
I= شدت جریان (آمپر)
E= اختلاف پتانسیل قوس (ولت)
H= حرارت داده شده در هر سانتی متر (ژول بر سانتی متر)

با رعایت موارد ذیل میتوان حرارت داده شده را کاهش داد .

الف ) نگهداشتن طول قوس کوتاه
ب ) اجتناب از حرکت زیگزاگی الکترود
پ ) استفاده از جوشهای با طول کوتاه
ت ) تامین زمان کافی جهت سردشدن جوشها یا سرد کردن جوش بطرق دیگر

منبع : تکنولوژی جوشکاری صفحه ۱۲۵

پیوست شماره [۴]




## محورها SHAFTS

جوشکاری :

الف) پرکردن

نواحی فرسوده را بوسیله الکترود ذغالی یا سنگزنی برداشته و سپس جهت ترکیابی بازرسی کنید.

محورهای از نوع فولاد آلیاژی و فولاد پر-کربن بدون درنظرگرفتن قطر ومحورهای قطور فولاد کربنی ساده قبل از جوشکاری حتما" باید پیش‌گرم شوند. دمای پیش‌گرمایش در فولادهای با کربن معادل CARBON EQUIVALANT ۰/۴۵% تا ۰/۶% برابر ۲۰۰ درجه سانتی گراد و فولادهای باکربن معادل بیش از ۰/۶% برابر ۳۵۰ درجه سانتی گراد توصیه میشود.

جهت‌کاهش احتمال پیچیدگی و تاب‌برداشتن جوشکاری را با تناوبی نظیر آنچه که در شکل دیده میشود انجام دهید تا حرارت داده شده متعادل و یکنواخت توزیع شود. پس از جوشکاری محور را با مواد نسوز بپوشانید تا به آرامی خنک گردد.

ب ) اتصال

مناسبترین درز اتصال بخصوص برای محورهای ضخیم درز جوش U شکل می باشد در صورتیکه امکان ایجاد این نوع درز فراهم نباشد از درز اتصال [X] نیز میتوان استفاده کرد.

دمای پیش‌گرمایش و کلیه ملاحظات‌پیش‌گفته در بالا بایستی رعایت‌گردد.

الکترود مصرفی :

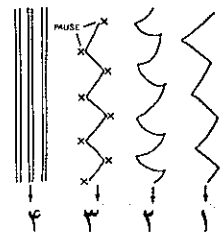
در این حالت هم مانند اکثر موارد تعمیری الکترودهای نرم از قبیل AWS: E 312-16 یا غیره جهت لایه‌های پرکن در اتصال یا ترمیم نواحی فرسوده توصیه میشود. برای پاسهای رو در صورتیکه محور سخت کاری نشده باشد، الکترودهای استحکام بالا نظیر AWS: E9018- که مقاوم به ترک نیز هستند، توصیه میشوند. درصورتیکه محور سختکاری شده باشد، الکترودهای کرم - منگنز (۳ الی ۴ درصد کروم و حدود ۱% منگنز) مناسب هستند. سختی جوش حاصل از این الکترودها در حدود ۳۰ الی ۳۵ راکول (HRC) می باشد.

پیوست شماره [۵]

## بازسازی و تعمیر ناخنک دستگاههای راهسازی

در این پیوست روشها، ملاحظات و نکات مهم در بازسازی ناخنکهای دستگاههای راهسازی به اختصار بررسی میگردد:

الف) تاثیر نحوه حرکت الکترود درمیزان امتزاج الکترود با فلز پایه ذوب‌شده (درجه رقت DILUTION)




۱- حداکثر امتزاج
۲- با امتزاج متوسط
۳- امتزاج کم
۴- حداقل امتزاج ممکنه

ب) روکش‌کردن ناخن با جوشهای طولی. مناسب برای تیغه‌هائی که در مناطق سنگی کار میکنند.

پ) روکش‌کاری با جوشهای عرضی مناسب برای کار در مناطق ماسه‌ای و خاکی.

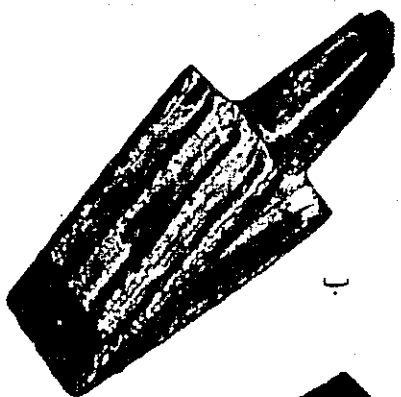
ت) روکش‌کاری با جوشهای متقاطع مناسب برای مواردی که ترکیبی از دو حالت بالا باشد.

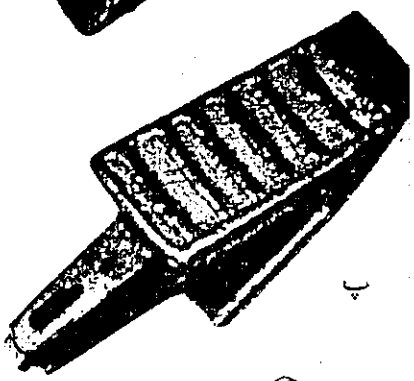
ج) روکش‌کردن ناخن نو جهت افزایش عمر ناخن.

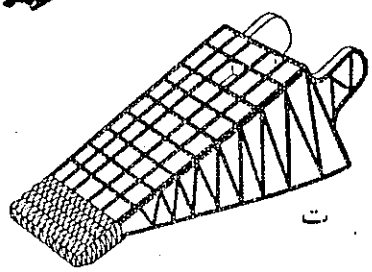
چ) هرگز ناخن را در هر دو جهت رو و زیر روکش نکنید چون همانطور که در شکل دیده میشود، احتمال شکستن ناخن افزایش خواهد یافت.

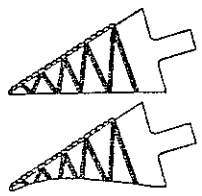
د) روکش‌کردن ناخن از پائین سبب فرسایش سریع شناخن میشود.

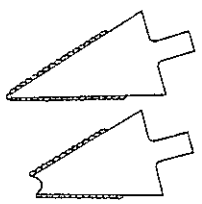
هـ) بازسازی ناخنی که نوک آن در اثر کار فرسوده شده باشد.

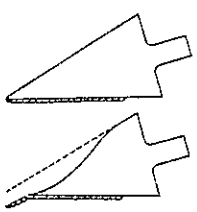

ب

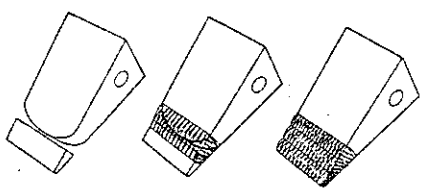

پ


ت


ج


چ


د


هـ

پیوست شماره [۶]

## جوشکاری ریل ها

### اتصال دو ریل به یکدیگر :

ریل های راه آهن از فولادهای کربن متوسط منگنزی ، پر کربن منگنزی یا کم آلیاژ پرکربن تولید میشوند .

در جدول ذیل طبقه بندی استاندارد UIC 860 آورده شده است. ریل های مورد استفاده در راه آهن کشور ما عموما" از نوع GRADE 900A می باشند .

طبقه بندی UIC از فولادهای ریل

| استاندارد UCI 860 | ترکیب شیمیایی % | | | | مقاومت کششی N/MM2 |
|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | Cr | |
| GRADE 700 | ۰/۴-۰/۶ | ۰/۸-۱/۳۵ | ۰/۰۵-۰/۳۵ | - | ۶۸۰ - ۸۳۰ |
| GRADE 900A | ۰/۶-۰/۸ | ۰/۸-۱/۳ | ۰/۱-۰/۵ | - | ۸۸۰ - ۱۰۳۰ |
| GRADE 900B | ۰/۵۵-۰/۷۵ | ۱/۳-۱/۷ | ۰/۱-۰/۵ | ۰/۸-۱/۳ | ۸۸۰ - ۱۰۳۰ |
| GRADE 1100 | ۰/۶-۰/۸۲ | ۰/۸-۱/۳ | ۰/۳-۰/۹ | - | > ۱۰۸۰ |

### جوشکاری

الف) آماده‌سازی درز اتصال

پس از تمیزکاری دو سر ریل آنها را به فاصله ۱۵ تا ۱۸ میلی متر از یکدیگر روی یک قطعه پشت بند BACKING قرار دهید . جهت خنثی کردن کشیدگی ناشی از انقباض جوش دو سر ریل ها می بایستی ۱/۵ تا ۲ میلی متر از خط افق بالاتر قرار گیرند ( به شکل [ ] مراجعه شود). پشت بند مورد استفاده میتواند از گرافیت ساخته شود و یا بطور آماده از فروشندگان وسایل جوشکاری تهیه گردد .

ب ) جوشکاری

اولین لایه جوش در جوشکاری ریل ها بسیار مهم بوده و در واقع نتیجه کار تا حد زیادی به کیفیت این لایه بستگی دارد . پس از پیش گرمایش ۳۰ سانتی متر از

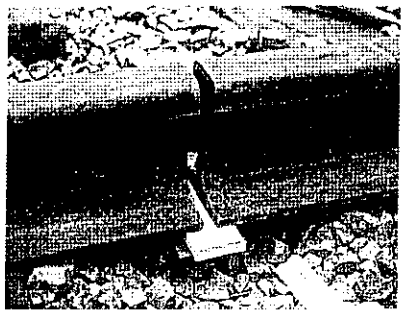
دو سر ریل در حدود ۳۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی گراد لایه اول را طی سه پاس طبق شکل ۶ - پ جوشکاری کنید.

بعد از اتمام این مرحله قطعه پشت‌بند را برداشته و دو طرف درز اتصال را با بلوکهای مسی که به شکل مقطع ریل ماشینکاری شده‌اند بپوشانید.

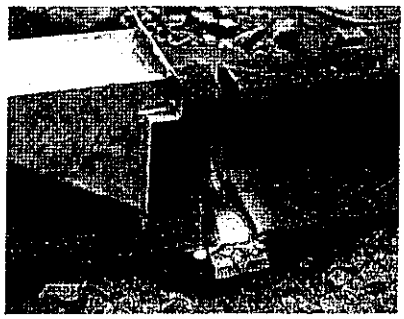
دمای محل جوشکاری می بایستی مجددا" کنترل شده و به سطح دمای پیش‌گرمایش برسد و در تمام مدت جوشکاری ثابت نگهداشته شود. قطر الکترود مصرفی در این مرحله باید حداقل ۴/۵ میلی متر بوده و جوشکاری باحرکت‌دادن الکترود درداخل شیاربصورت‌طولی و عرضی انجام شود. مکثهای کوتاه در دو طرف‌دیواره ریل می توانند به پر شدن کامل کمک زیادی کند.

فاصله الکترود ازسطح مذاب (طول قوس) باید در حداقل ممکنه نگهداشته شود و چون در غیر اینصورت احتمال تشکیل حفره‌های گازی وجود خواهد داشت.

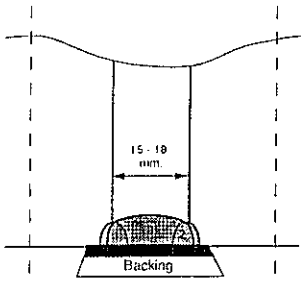
جوشکاری را تا ۱ الی ۲ میلی متری سطح ریل ادامه‌داده تا درصورتیکه لازم باشد از الکترودهای با سختی تقریبا" معادل باسختی ریل استفاده شود. نکته مهم در مورد الکترودهای سخت آنستکه بیش از ۲ الی ۳ پاس جوشکاری نشوند،



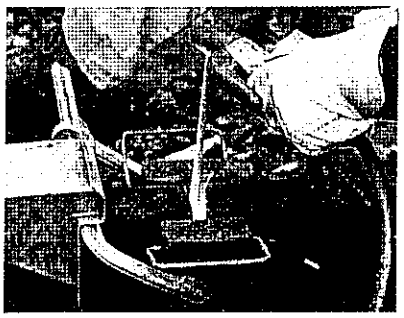
شکل ۶ـ الف قرار دادن قطعه پشت بند



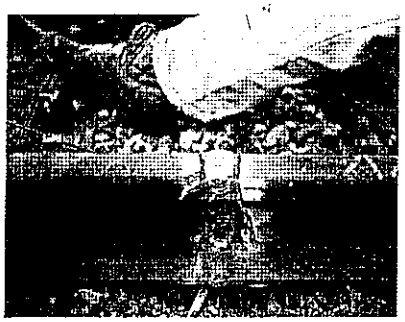
شکل ۶ـ ب جوشکاری پاس اول




شکل ۶ـ پ ترتیب جوشکاری پاس اول



شکل ۶ـ ج جوشکاری پاس‌بعدی



شکل ۶ـ هـ نمایی از جوش‌تمام شده

پیوست شماره [۷]

## جوشکاری ریل ها

### تعمیرات تکه مرکزی :

تکه مرکزی در راه آهن تعویض خطوط قطارها را بعهده دارد. بعلت ضربات ناشی از برخورد چرخ قطارها تکه‌های مرکزی بیش از دیگر اجزاء تحت سایش و فرسودگی قرار دارند. طبق استاندارد UIC این قطعات را میتوان از فولادهای کربنی منگنزدار یا فولادهای پرمنگنز آوستنیتی تولید کرد. تکه‌های مرکزی مورد مصرف در راه آهن ایران عمدتا" از نوع فولاد منگنزی آوستنیتی است.

مشخصات تکه مرکزی طبق استاندارد UIC

| استاندارد UCI 866 | ترکیب شیمیائی % | | | مقاومت کششی N/MM2 |
|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | |
| AM-STEEL | ۰/۹-۱/۳ | ۱۱-۱۴ | ۰/۴ | ۶۷۰ |

### روش تعمیر :

بهترین نتیجه تعمیرات تکه مرکزی وقتی حاصل میشود که عمق فلز آسیب‌دیده کمتر از ۶ میلی متر باشد. در نتیجه این اجزاء همواره بایستی بازرسی شده و با مشاهده اولین آثار فرسودگی بیش از ۳ میلی متر از خط خارج گشته و تحت تعمیر قرار گیرند.

### جوشکاری :

پس از آماده‌سازی ، تمیرکاری و بازرسی نواحی معیوب مطابق دستورالعمل پیوست شماره [۱] ، جوشکاری را با پاسهای کوتاه (حداکثر ۵۰ میلی متر ) طبق شکل شروع کنید . از پیش گرمایش قطعه اکیدا" پرهیز کرده و مواظب باشید که دمای قطعه در هیچ زمانی

چون خطر ترکیدگی جوش و ناحیه مجاور آن افزایش خواهد یافت. بهر صورت جوشکاری را حداقل تا ۳ میلی‌متر بالاتر از سطح ریل ادامه دهید تا امکان سنگ زدن بنحو مناسبی وجود داشته باشد. جوش ریل را وقتیکه هنوز کاملا" داغ میباشد بوسیله چکش سرگرد با ضربات آرام و متوالی بکوبید PEENING و بلافاصله سنگ‌زنی اولیه را انجام دهید. پس از اتمام سنگ زنی موضع جوش و ۲۰ سانتی متر از اطراف آنرا تا دمای حدود ۶۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه تنش زوائی نمائید (پس‌گرمایش) و آنرا با پوششهای نسوز بپوشانید تا به آرامی سرد گردد.

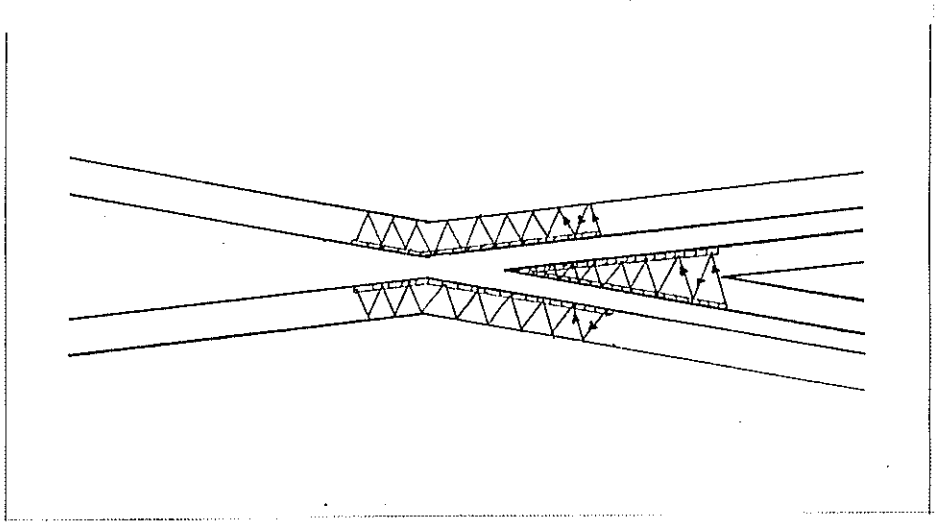
بعد از سردشدن قطعه تا دمای محیط ناحیه جوش باید بطور نهائی ماشینکاری شود. هیچ نوع بریدگی کنار جوش UNDERCUT یا حفره‌های گازی به سطح رسیده مورد قبول نمی باشد.

## الکترود مصرفی

مناسبترین الکترودها جهت پر کردن درز اتصال ریل ها الکترودهای روپوش قلیایی از رده‌ء E9018-X ، E10018-X ، E11018-X ، E 12018-X و AWS: A5.5 هستند. فلزجوش حاصل از این الکترودها ضمن داشتن استحکام بالا بقدری کافی در مقابل ترک برداشتن مقاوم بوده و انعطاف‌پذیری خوبی دارد. این الکترودها نسبت به رطوبت بسیار حساس بوده و بایستی کاملا" خشک مصرف شوند. رعایت دستور العمل سازندگان جهت خشک کردن الکترودها الزامی است.

در صورت‌نیاز به سخت سطحـــــی همانطور که قبلا" اشاره‌شد ۲ یا ۳ پاس آخر را میتوان با الکترودهای کرم - منگنز ( حدود ۳ تا ۴ درصد کرم ۱% منگنز ) جوشکاری کرد. سختی ناشی از این الکترودها درحدود ۳۳ تا ۳۶ راکول C می‌باشد. الکترودهای حاوی کاربابد کرم گرچه سختی بیشتری دارند، اما در مقابل ضربه حساسترند و زودتر ترک‌برمیدارند.

نباید به بالاتر از ۳۰۰ 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

## الکترودهای مصرفی :

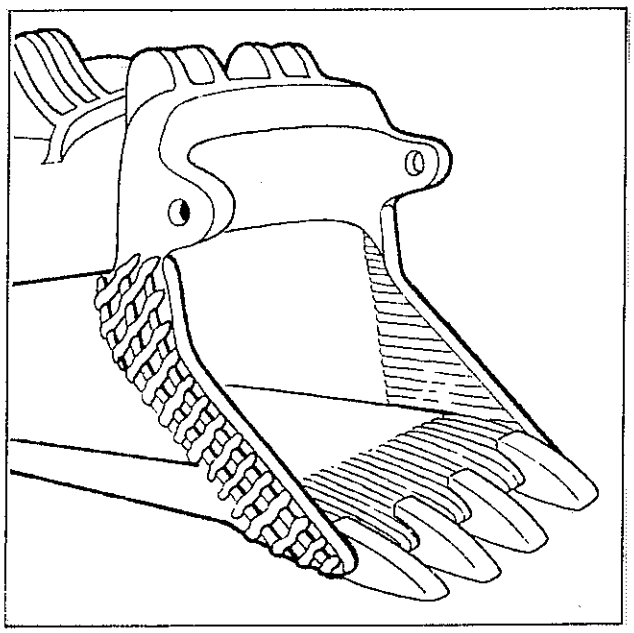
همانطور که در پیوست شماره [۳] نیز اشاره شد ، بهترین الکترود جهت لایه‌های پرکن الکترودهای زنگ‌نزن آوستنیتی نظیر AWS : E 312-16 هستند. برای پاس‌های رو و روکشکاری سطح الکترود رده‌ء AWS A5.13 : E Fe Mn-A با خاصیت کارسختی توصیه می شود .

مشخصات الکترودهای مناسب جوشکاری تکه مرکزی

| شماره الکترود AWS | ترکیب‌شیمیائی % | | | | | مقاومت کششی N/MM2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Ni | Cr | Si | |
| E 312-16 | ۰/۱۱ | ۱/۰۷ | ۱۰ | ۲۸ | ۰/۵ | الکترود نرم جهت‌لایه‌های پرکن |
| E Fe Mn-A | ۰/۵-۰/۹ | ۱۱-۱۶ | ۳-۶ | ۰/۵ | ۱/۳ | حداکثر ۲ الی ۳ پاس جوشکاری شود |

پیوست شماره [۸]

## جوشکاری باکت ها :



باکت‌ها عموما" تحت شرایط سایش و ضربه تواما" قراردارند. جوشکاری با الکترودهای سخت در دو طرف گوشه‌های باکت ( داخل و خارج ) و سمت بالای تیغه جلوی CUTTING EDGE میتواند صورت گیرد ( از لایه دادن جهت‌زیرین تیغه جلو اکیدا" خودداری شود. شکل و جهت لایه‌ها میتوانند بصورت تک خط DOT یا متقاطع باشد. روش جوشکاری متقاطع بهترین نتیجه را در بر خواهد داشت.

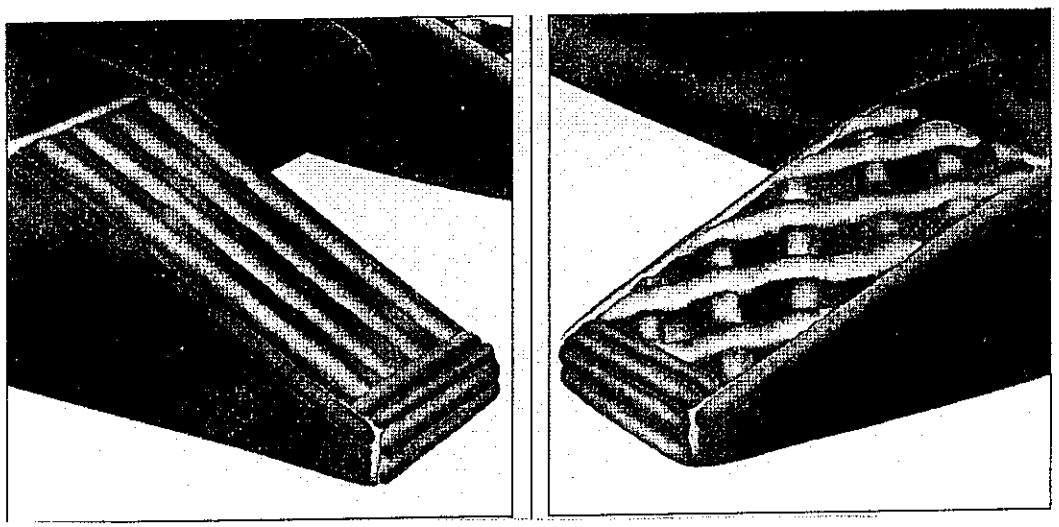
## جوشکاری :

پس از تمیزکردن نواحی مورد نظر از گریس، چربی ها و دیگر آلودگی ها ، جوشکاری باید بنحوی انجام شود که امتزاج الکترود با فلز باکت در کمترین حالت‌ممکنه باشد ( پیش‌گرمایش نواحی در صورتیکه فلز از نوع پر منگنز آوستنیتی نباشد حتمی و ضروری است. دمای پیش‌گرمایش ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی گراد). دمای پیش‌گرمایش در تمام مدت جوشکاری بایستی ثابت نگهداشته شده و پس از جوشکاری نواحی مورد نظر را با مواد عایق بپوشانید تا به آرامی خنک شود.

درصورتیکه امکان پیش‌گرمایش وجود نداشته باشد ، طول هر پاس نبایستی از ۵ سانتی - متر در یک مرحله تجاوز کند و جوشکار باید قادر باشد که در تمام مراحل جوشکاری ناحیه کنار خط جوش را با دست لمس نماید.

پیوست شماره [۹]

## روکش‌کاری ناخنهای دستگاههای راهسازی و معدنی

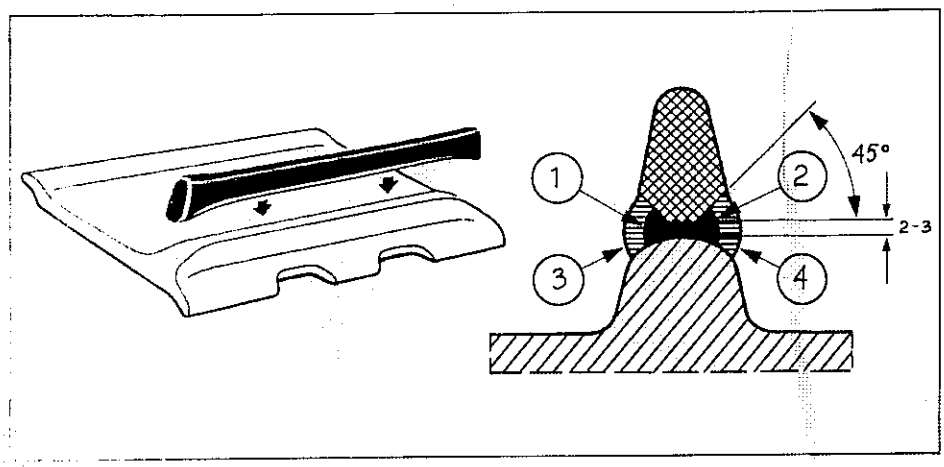


ناخنکهای دستگاههای راهسازی و معدنی عمدتا" از نوع فولادهای کم آلیاژ LOW ALLOY ریختگی یا آهنگری FORGING تولید میشوند. جهت ناخن هائی که در مناطق ماسه‌ای یا سنگ‌های خرد شده کار میکنند، الکترودهای حاوی کارباید کرم بهترین بازدهی را خواهند داشت. در چنین مواردی شکل روکش‌کاری میتواند مانند شکل سمت چپ بصورت تک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

پیوست شماره [۱۰]

## بازسازی کفشک دستگاههای راهسازی و ساختمانی




سائیدگی تیغهء برجستهء زیر کفشکهای دستگاههای راهسازی نظیر بلدوزر و بیل مکانیکی را میتوان با جوش یکقطعه میلهگرد یا چهارگوش از فولاد سخت تعمیر کرد. روش تعمیر میتواند بشرح ذیل باشد :

۱- تمیزکاری ناحیه مورد نظر.

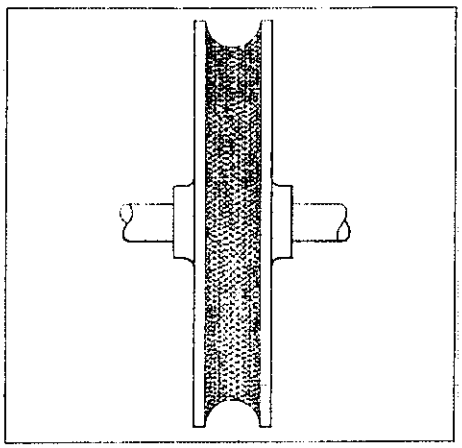
۲- تنظیم و قراردادن قطعه فولاد سخت در محل ، ممکن است که سنگ زدن کفشک جهت تنظیم دقیق لازم گردد.

۳- جوشکاری درز اتصال مطابق شکل بالا .

در صورتیکه کفشک از نوع فولاد پرمنگنز آوستنیتی (هادفیلد) باشد از الکترود ردهء Cr-Ni-Mn نظیر DIN 8555: E8- 200 Ckz که حاوی ۹% نیکل ، ۱۸% کرم و ۶% منگنز است استفاده شود ( فولاد پرمنگنز غیرمغناطیسی است و توسط آهنربا جذب نمی گردد).
اگر کفشک از فولاد کم آلیاژ باشد ( این فولادها مغناطیسی هستند) الکترودهای ردهء E7018 برای جوشکاری کاملا" مناسب می باشند.

پیوست شماره [۱۱]

## بازسازی قرقره‌های جرثقیل CRANE WHEEL



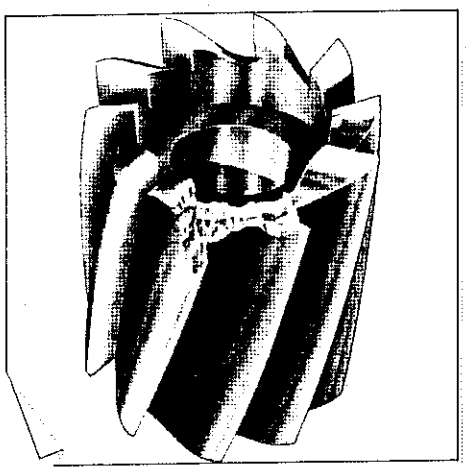
قرقره‌های جرثقیل عموما" از فولادهای پرکربن مقاوم به سایش تولید میشوند. بعلت شکل دیسکی این قرقره‌ها، نصب آنها روی یک‌محور چرخان و سپس جوشکاری آن در حال گردش آهسته ارزانترین و مناسبترین روش تعمیر است. بعلت کربن زیاد پیش‌گرمایش قرقره تاحدود ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی گراد، ثابت نگهداشتن این دما درحین جوشکاری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

## الکترود مصرفی

بسته به شرایط و موقعیت کار جهت‌روکش‌کاری 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 [۱۲]

## تیغچه‌های فرز



ناحیه شکسته شده‌ء تیغچه را سنگزده و کاملا" صاف کنید. پس از بازرسی جهت کنترل احتمال ترک و تمیزکاری تیغچه را حدود ۳۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و جوشکاری را با پاسهای کوتاه شروع کنید.

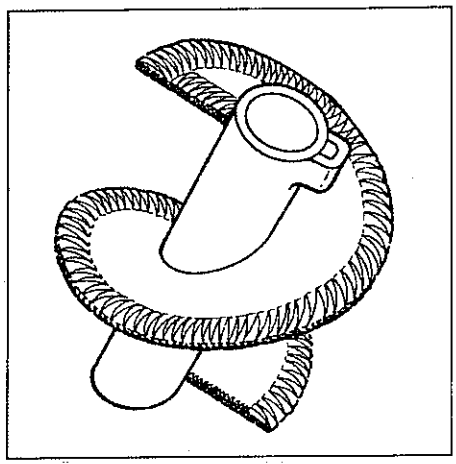
پس از هر پاس در حالیکه فلز جوش هنوز سرخ می باشد با چکش بطور متوالی کوبیده شود PEENING. پس از اتمام جوشکاری عملیات ماشینکاری انجام گیرد. دمای پیش‌گرمایش در تمام مدت جوشکاری و ماشینکاری بایستی ثابت نگهداشته شود و در انتها قطعه را با مواد نسوز بپوشانید تا به آرامی سرد گردد.

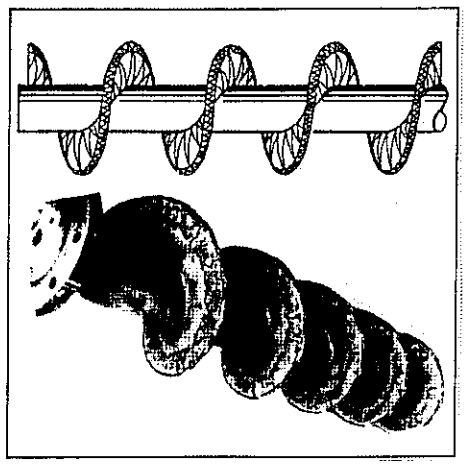
## الکترود مصرفی

الکترودهای رده‌ء AWS A5.13: E Fe5 B با فلز جوش از نوع فولاد تندبر و سختی در حدود ۶۰ تا ۶۵ راکول HRC مناسبترین نوع الکترود می باشند. در صورتیکه سختی ناحیه‌ء تعمیری بحد مذکور نرسید با دوبار تمپر کردن در دمای ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد بمدت یکساعت حداکثر سختی حاصل خواهد شد.

پیوست شماره [۱۳]

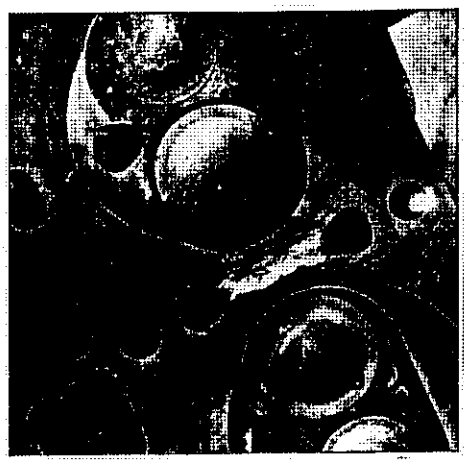
## مارپیچ تغذیهء بتن و آسفالت





مناطق فرسوده را از بقایای بتن یا آسفالت تمیز کرده و در صورت لزوم بوسیله سنگزنی یا الکترود ذغالی نواحی را صاف و پرداخت کنید. در صورتیکه عمق و وسعت مناطق تعمیری زیاد باشد، ابتدا با الکترودهای ردهء E7018 نقاط فرسوده را پرکرده و پس از آن با الکترودهای کارباید کرم نظیر AWS A5.13 : E Fe Cr-A1 که مقاومت به سایش بسیار خوبی دارند درحدود ۲ تا ۳ پاس روکش سخت رسوب داده شود. جهت نگهداری حوضچهء مذاب WELD POOL و ممانعت از ریزش مذاب در لبههای کار استفاده از کفشکهای مسی کمک زیادی خواهد نمود. در بسیاری از اوقات سنگزدن و آرایش نهایی کار لزومی نداشته و مارپیچ تعمیر شده مستقیما" قابل استفاده خواهد بود.

## سیلندر موتور (بدنهٔ موتور) و سر سیلندر



سیلندر موتور و سر سیلندر اغلب قریب- باتفاق ماشین آلات از چدنها تولید میشوند ( در بعضی از ماشین آلات سر سیلندرها آلومینیومی هستند ). مشکل اصلی در این قطعات ترک برداشتن بوده وبندرت عیوب دیگر بوجود می‌آیند.

## جوشکاری :

جوشکاری سیلندر و سر سیلندر می بایستی بطریق سرد COLD WELDING و بدون استفاده از پیش گرمایش صورت گیرد.

۱- طول هر پاس جوش از ۲۵ میلی متر تجاوز نکند.

۲- پس از اتمام هر پاس جوشها با چکش به آرامی و بصورت متوالی کوبیده PEENING شوند.

۳- حرارت داده شده به فلز بایستی در حداقل ممکنه باشد، بنحویکه جوشکار در هر لحظه قادر به لمس جوش و نواحی اطراف آن با دست باشد.

۴- از کوچکترین قطر الکترود و پائین ترین جریان جوشکاری (آمپر) استفاده شود.

۵- جوشکاری از گوشه‌ها بطرف مرکز قطعه و از قطعات نازکتر بطرف قطعات ضخیم تر انجام شود.

۶- از حرکات زیگزاکی الکترود در عرض باند جوش خودداری گردد.

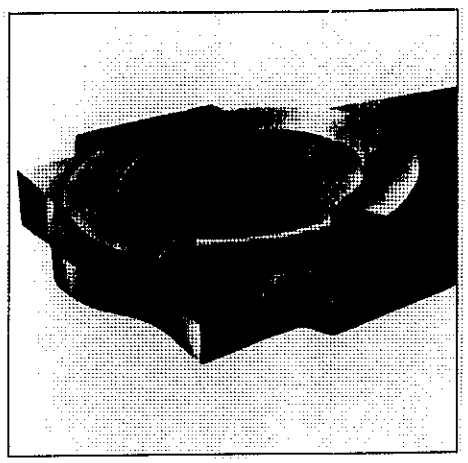
۷- قبل از هرکاری دو انتهای ترک بوسیله سوراخ های ریز مسدود شود تا ترک در حین جوشکاری گسترش نیابد.

۸- در صورت امکان حتماً" جوشکاری در حالت تخت صورت گیرد.

۹- فقط از الکترودهای با پایه نیکل نظیر ENiFe-C1 یا AWS : A5.15 ENiC1 استفاده گردد.

پیوست شماره [۱۵]

## 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، تحت فشار و با سرعت زیاد هستند ، همواره در معرض سایش شدید قراردارند. انتخاب الکترود جهت روکش کاری 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 بیش از ۵۰۰ درجه سانتی گراد باشد و الکترودهای از جنس فولاد زنگ نزن پرکرم فریتی - مارتنزیتی ( 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 گرمایش قطعه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد و جوشکاری فقط ۲ الی ۳ پاس با الکترودهای مذکور الزامی است.

پیوست شماره [۱۶]

# انتخاب الکترود براساس کاربردهای مهندسی 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: E6-55 | 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 کاربراید کرم 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 | ۳۴ - ۳۱ | 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 | | | | | | | | | | | | | لبه‌های آسیاب ( تحت ضربه متوسط وسایش شدید ) - نگهدارنده شاخصهای کلنگی در باکت دستگاه های راهسازی |
| | | AWS : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | تیغه دراگ لاین ORAG LINE BLAND |

# 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مته‌های حفاری | AWS A5.13 : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۲۳ | | | | | | | | | | | | | | | 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 |
| مته سوراخهای فولاد | AWS A5.13 : E Fe 5 B | ۰/۹ | ۴/۵ | | | ۷/۵ | | | ۲ | ۱/۶ | | | | | | | | ۶۰ - ۶۵ | بدون عملیات تمپرنیک هم خواص قابل قبولی دارد. |
| | DIN 8555 : E4 - 60S | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| مته سوراخهای 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 | ۲۳ | | | | | | | | | | | | | | | ۶۰ | |
| | DIN 8555 : E6 - 55 | ۰/۷ | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | ۵۵ - ۵۸ | |
| DRAG LINKS<br>DREDGE BUCKET | AWS : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۲۳ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | —— | ۰/۷ | ۲ | ۴ | ۰/۴ | | | | | | | | | | | | | ۵۸ - ۶۳ | 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



| 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 A5.13 : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | ماربیچ تغذیه بتن |
| از روکشکاری های ضخیم اجتناب گردد . در دمای بیش از ۳۰۰ درجه سانتی گراد استفاده نشود | ۵۸ - ۶۳ | ——— | ۰/۷ | ۲ | ۴ | ۰/۴ | | | | | | | | | | | | | |
| | ۵۵ - ۵۸ | DIN 8555 : E6 - 55 | ۰/۷ | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | تیغه‌های هم زن - بتن و آسفالت |
| | ۶۰ | AWS : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ۳۱ - ۳۴ | DIN E1 - 300 | ۰/۱ | ۳/۲ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | میله راهنما |
| در صورتیکه جوش به ماشینکاری نیاز داشته باشد توصیه میشود که این عملیات قبل از اینکه دمای جوش به کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد برسد، انجام گردد | ۵۱ - ۵۶ | AWS : E Fe Cr Al | ۰/۲۵ | ۱۳ | ۰/۵ | ۰/۳ | | | | | | | | | | | | | |
| | ۶۰ | AWS : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | فکهای آسیاب تحت سایش |
| با دوبار تمپرکردن به سختی ۶۵ راکول میتوان دست یافت | ۶۰ - ۶۵ | AWS A5.13 : E Fe 5B | ۰/۹ | ۴/۵ | | | ۷/۵ | | | ۲ | ۱/۶ | | | | | | | | تیغچه‌های تراش فلزات |
| پیش گرمایش بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی - گراد توصیه میشود | ۶۰ - ۶۴ | DIN 8555 : E3 - 55T | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ۶۰ | AWS : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | وبیراتور |
| | ۵۵ - ۵۸ | DIN : E6 - 55 | ۰/۷ | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | |
| | ۵۱ - ۵۶ | DIN : E6 - 55R | | | | | | | | | | | | | | | | | تیغچه‌های تراش چوب |
| خواص جوش مشابه فولادهای سخت شونده در روغن است | ۶۰ - ۶۴ | DIN : E3 - 55T | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# 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 |
| | ۵۸ - ۵۵ | DIN : E6 - 55 | ۰/۴ | ۶ | ۰/۴ | ۰/۷ | ۰/۶ | | | | | | | | | | | | |
| | ۶۰ | AWS A5.13 : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | سنگ شکنهای غلطکی |
| نئز جوش تا ۸۷۵ درجه سانتی گراد سختی خود را حفظ میکند | ۶۳ - ۵۸ | ——— | 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 | | | | | | | | | | | | | ساخنک ماشین آلات راهسازی (تحت سایش) |
| | ۶۰ | AWS : E Fe Cr Al | ۴/۵ | ۳۳ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ۵۸ - ۵۵ | 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 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ۵۸ - ۵۵ | DIN E6 - 55 | ۰/۷ | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | ساخنک 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 ساخنکها |
| 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 | | | | | | | | | | | |
| | ۳۴ - ۳۱ | DIN : E1 - 300 | ۰/۱ | ۳/۲ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | رولرها و خورشیدی ماشین آلات سنگین راهسازی و ساختمانی |

# 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 | | | | | | | | | | | | | | | ساختمان های کاشال 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 - نریتی میباشد و درمقابل سریع سردشدن حساس است | ۴۴ - ۴۹ | 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 روکشکاری است | ۴۱ - ۴۴ | DIN : E1 - 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 | ۵۵ - ۵۸ | DIN : E6 - 55 | ۰/۷ | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | کفشک ترمز (تحت ضربه) |
| جوش دارای ساختار آوستنیتی است و خاصیت کار سختی دارد | ۲۰ - 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 | ۲۰ - ۳۵ | AWS : E Fe Mn -A | ۰/۷۵ | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ | | | | | | | | | | | | | سنگ شکن مخروطی |

# 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 تندبر است | ۶۵ - ۶۰ | AWS : E Fe 5B | ۰/۹ | ۴/۵ | | | | ۴/۵ | | | ۲ | ۱/۶ | | | | | | | سنبه علامت زن<br>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 میکنند | ۶۴ - ۶۰ | DIN : B - 3 - 55 - t | ۰/۶ | ۱ | ۰/۹ | ۱/۵ | | | | | ۲/۵ | | | | | | | | تیغه‌های قیچی سردکار<br>تیغچه نرز |
| در مقابل خوردگی و سایش در دماهای بالا مقاوم است | ۴۴ - ۴۰ | AWS : E Co Cr-A | ۱ | ۲۹ | | | | | | ۶۰ | ۵ | | | | | | | | قالب اکستروژن پلاستیک<br>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 ۳۰۰ درجه سانتی گراد | ۵۷ - ۵۳ | 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 | ۵۷ - ۵۳ | DIN : E3 - 50S | | | | | | | | | | | | | | | | | سنبه‌های گرمکار<br>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 نورجینگ<br>مارپیچ تزریق پلاستیک<br>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 | | | | | | | | | | |

# انتخاب الکترود براساس 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 خم زنی |
| الکترودهای با پایه جهت جوش | | AWS : E Ni - Ci | ۱ | | ۱/۲ | ۰/۴ | | ۹۵ | | | | | | | ۲ | | | | | انواع چدنها<br>بلوک موتور |
| انواع چدنها | | AWS : E Ni Fe - Cl | ۰/۷ | | ۰/۷ | ۰/۶ | | ۵۵ | | | | | | ۲۰/۵ | ۴۳ | | | | | پوسته‌ء جعبه‌ء دنده<br>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<br>جوش برنز قلع دار |

## 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 )