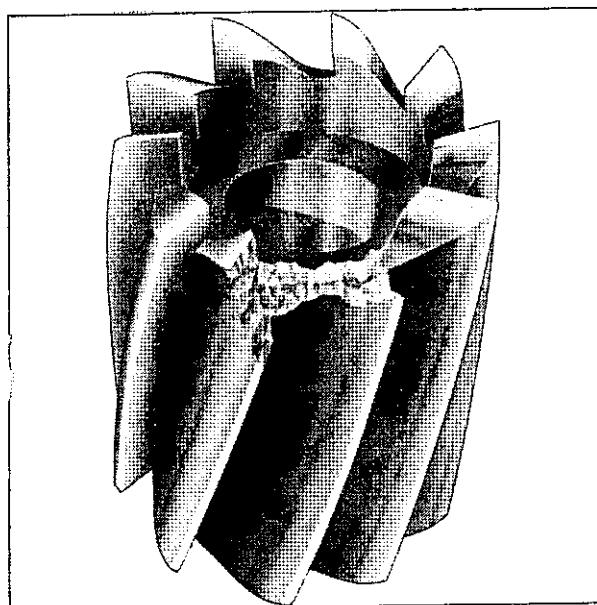


راهنمای تعمیرات بوسیله جوشکاری الکتروود دستی



سیروس یحیی پور

با پیشرفت صنایع و نیاز به افزایش درجه حرارت، فشار و سرعت و دستگاههای صنعتی ، امروزه از ماشینها و اجزای آنها که عموماً 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. ساختکل قطعه یا ابزار از فولادهای آلیاژی و مرغوبکه خواص مورد بحثرا به تمامی دارا باشد، اغلب بسیار گران بوده و هزینه تولید و نگهداری دستگاه را افزایش میدهد. بهمین جهتانتخاب فولادهای معمولی و ارزان قیمت و رسوب لایه یا لایههایی از آلیاژ مقاوم روی سطوح معین به روشهای مختلفکاربردهای وسیعی یافته است. عملیاتسطحی با فرآیندهای جوشکاری ، فلزپاشی ، استفاده از مواد پلیمری و غیره قابل انجام بوده و این پدیده هم بعنوان یکفرآیند 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 ، سختکاری بوسیله فرآیندهای جوشکاری بخصوص جوشکاری الکتروود دستی است. اما درکشور ما علیرغم رواج و گستردگی جوشکاری با الکتروودهای روپوشدار کمتر به این قابلیت مهم آن توجه میشود. بهمین جهت نگارنده سعی کرده است که گوشههایی از این فن را معرفی نماید.

نوشته حاضر براساس کتابی نسبتاً قدیمی ازسری انتشاراتشرکت ESAB تنظیم گشته است. اما بسته به سلیقه و تجربه نگارنده بسیاری از مطالب آن حذف و تصحیح گشته و با مطالبی به آن افزوده شده است. باشد که مفید واقع شود.

سیروس یحیی پور

۱۳۷۱/۱/۲۵

## فهرست مطالب

صفحه

- فصل اول : سخت کاری سطحی بوسیله جوشکاری** ..... ۱
- بخش اول : انواع فرسایش** ..... ۱
- ۱ - فرسایش ناشی از تماس دو فلز ..... ۱
  - ۳ - فرسایش ناشی از ذرات ریز و سخت معدنی ..... ۳
  - ۳ - فرسودگی در اثر ضربه ..... ۳
  - ۳ - فرسودگی ناشی از حرارت ، اکسید شدن و خوردگی ..... ۳
- بخش دوم : انتخاب الکتروود مناسب** ..... ۴
- ۴ - الکتروود برای لایه‌های پرکننده ، ضربه گیر و تحت تاثیر سایش ..... ۴
  - ۷ - الکتروود مناسب برای سایش در برابر ذرات ریز معدنی ..... ۷
  - انتخاب الکتروود برای شرایطی که سایش با ضربه‌های سنگین همراه باشد ..... ۱۰
- فصل دوم : جوشکاری فولادهای ابزار** ..... ۱۱
- بخش اول : طبقه بندی فولادهای ابزار** ..... ۱۱
- ۱۴ - گروه سخت شونده در آب ..... ۱۴
  - ۱۴ - گروه مقاوم در برابر شوک ..... ۱۴
  - ۱۵ - گروه سردکار ..... ۱۵
  - ۱۶ - گروه گرمکار ..... ۱۶
  - ۱۶ - ۱- آلیاژهای با پایه کرم ..... ۱۶
  - ۱۶ - ۲- آلیاژهای با پایه تنگستن ..... ۱۶
  - ۱۷ - ۳- آلیاژهای با پایه مولیبدن ..... ۱۷
  - ۱۷ - گروه فولادهای تندبر ..... ۱۷
  - ۱۸ - گروه فولادهای قالب ..... ۱۸
  - ۱۸ - گروه فولادهای ابزار ویژه ..... ۱۸

بخش دوم : مستالورژی فولادهای ابزار ..... ۱۸

بخش سوم : جوشکاری ابزارها ..... ۲۱

- جوشکاری با عملیات حرارتی کامل ..... ۲۱

- جوشکاری ساده ..... ۲۲

- انتخاب الکتروود ..... ۲۴

## فصل سوم : پیوستها

- پیوست شماره [۱] : آماده سازی ابزار ..... ۲۶

- پیوست شماره [۲] : برشکاری و شیارزنی با الکتروود ذغالی ..... ۲۹

- پیوست شماره [۳] : چکشهای سنگ شکن ..... ۳۰

- پیوست شماره [۴] : محورها ..... 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 ( استعمیرات تکه مرکزی ) ..... ۳۸

- پیوست شماره [۸] : جوشکاری باکت ها ..... ۴۱

- پیوست شماره [۹] : روکش کاری ناخنهای دستگاههای راهسازی و معدنی ..... ۴۲

- پیوست شماره [۱۰] : بازسازی کفشک دستگاههای راهسازی و ساختمانی ..... ۴۳

- پیوست شماره [۱۱] : بازسازی قرقره های جرثقیل ..... ۴۴

- پیوست شماره [۱۲] : جوشکاری تیغه های فرز ..... ۴۵

- پیوست شماره [۱۳] : مارپیچ تغذیه ب بتن و آسفالت ..... ۴۶

- پیوست شماره [۱۴] : سیلندر موتور و سرسیلندر ..... ۴۷

- پیوست شماره [۱۵] : بازسازی شیرها ..... ۴۸

- پیوست شماره [۱۶] : انتخاب الکتروود بر اساس 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 موثرند، 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 دسته های جداگانه با مشخصات و خواص کاملاً متفاوت مورد بررسی قرار میدهیم.

#### - فرسایش ناشی از تماس دو فلز METAL TO METAL WEAR

##### (فرسایش در اصطکاک یا چسبندگی)

این نوع فرسایش معمولاً 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 گوشواره های زنجیر LINK CHAIN نسبت به چرخش رولیکها در ماشین آلات سنگین راهسازی میتواند سبب چنین فرسایشی شود.

مکانیزم خوردگی فرسایشی را معمولاً چنین در نظر میگیرند که بر جستگیهای میکروسکوپی سطوح فلزی تحت فشار (حتی اگر سطوح کاملاً 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 فوراً اکسید میشوند". این عمل بارها و بارها تکرار شده و باعث از بین 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 در کاهش یا افزایش این نوع خوردگی هستند. بطور کلی، اگر سطوح تحت تماس از یک جنس بوده و سختی مشابه ای داشته باشند به آسانی با یکدیگر جوش خورده و خوردگی فرسایشی راحتتر اتفاق می افتد. 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 گرانیوی پائین و چسبندگی بالا (HIGH TENCITY). چون روکشهای فسفات متخلخل بوده و مواد روغنی را بهتر در خود نگهداری میکنند، روغنکاری به همراه فسفات کردن سطوح اثر بهتری دارد.
- ۲- افزایش سختی فلزات در تماس با یکدیگر (باید توجه داشت که حتی المقدور 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 اصطکاک 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   | روی | چدن | فولاد ابزار                   |
| آلومینیم        | روی | مس    | روی | چدن | فولاد ابزار سخت               |
| چدن             | روی | برنج  | روی | چدن | فولاد کار سرد شده             |
| چدن             | روی | برنج  | روی | چدن | فولاد کار سرد شده             |
| چدن             | روی | برنج  | روی | چدن | فولاد کار سرد شده             |
| پلاستیک         | روی | چدن   | روی | چدن | چدن با روکش سولفید تنگستن     |
| باکالیت         | روی | چدن   | روی | چدن | چدن با واشر لاستیکی           |
| فولاد ابزار سخت | روی | چدن   | روی | چدن | چدن با روغن مولیکات Molykote  |
| روکش کرم        | روی | چدن   | روی | چدن | فولاد زنگ نزن با روغن مولیکات |
| چدن             | روی | چدن   | روی | چدن | چدن با سطح خشن                |
| چدن             | روی | چدن   | روی | چدن | 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 یکا 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 خواهد شد. 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 عموماً در اثر تصادم تغییر شکل داده و یا بطور موضعی میشکند. 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 مقاوم‌تری نشان داده و حداکثر بدون آنکه دچار شکستگی شوند تغییر شکل میدهند. اما معمولاً 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.

معمولاً در چنین مواردی از فولادهای با ۱۴٪ منگنز استفاده میشود، که با داشتن خاصیت کارسختی WORK-HARDENING علاوه بر سطح سخت، مغزی نرم و انعطاف‌پذیر دارند.

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

در محیط‌های صنعتی معمولاً علاوه بر فرسایش ناشی از عوامل مکانیکی، فرسودگی در اثر خوردگی و اکسیداسیون نیز وجود دارد. شوکهای حرارتی در ابزارها و قالبهای آهنگری

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

بخش دوم : انتخاب الکتروود مناسب

الکتروودهای 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 " الکتروودها و مفتولهای سختکاری سطحی AWS AS.13" و "الکتروودها و مفتولهای ترکیبی سختکاری سطحی AWS A5.21" تدوین کرده است.

در این استانداردها آلیاژهای مختلف مناسب برای سختکاری، عوامل موثر در انتخاب و بکارگیری الکتروودها و مفتولها معرفی شده‌اند.

الکتروود برای لایه‌های پرکننده، ضربه‌گیر و تحت تاثیر سایش

BUILD-UP/ BUFFERLAYERS/ FRICTIONAL WEAR

با الکتروودهایی 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 معمولاً در پاسهای زیرین و میانی از الکتروودهای کم آلیاژ یا کم کربن انعطاف‌پذیر و نرم بعنوان پرکننده استفاده میشود و الکتروودهای سخت‌مقاوم به سایش را جهت روکش کاری لایه‌های آخر بکار می‌برند.





## راهنمای انتخاب الکترودهای سخت کاری بر اساس نوع فرسایش

جدول شماره [۳]

| نوع فرسایش             | فرسایش ناشی از تماس دو فلز                   | فرسایش ناشی از ذرات ریز معدنی (بدون ضربه)    | فرسایش همراه با ضربه متوسط                       | خوردگی عمومی      |
|------------------------|--|--|--|-------------------|
| نوع فولاد پایه         |  |  |  |                   |
| فولاد کم کربن          | الکترود کرم ، منکنز (۳ تا ۴٪ کرم و ۱٪ منکنز) | الکترودهای کارباید - کرم ۳۳٪ کرم و ۴/۵٪ کربن | الکترود کرم - مولیبدن ۵٪ الی ۶٪ کربن و ۰/۴٪ کربن | E 312- 16         |
| فولاد کم آلیاژ         | الکترود کرم ، منکنز (۳ تا ۴٪ کرم و ۱٪ منکنز) | الکترودهای کارباید - کرم ۳۳٪ کرم و ۴/۵٪ کربن | الکترود کرم - مولیبدن ۵٪ الی ۶٪ کربن 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        |
| فولاد منکنزی آوستنیتی  | AWS A5.4 E312- 16                            | الکترودهای کارباید - کرم ۳۳٪ کرم و ۴/۵٪ کربن | الکترود منکنزی 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                                | الکتروود مناسب برای لایه‌های پرکننده و ضربه‌گیر | % Ni Cr Mn Si C |     |     |          |            |
|---|---|-----------------|-----|-----|----------|------------|
|   |   | C               | Si  | Mn  | Cr       | Ni %       |
| فولاد معمولی، فولاد ریخته‌گی و کم‌آلیاژ | DIN 8555: E1-300                                | ۰.۱             | ۰.۵ | ۰.۷ | ۳/۲      |            |
| فولاد پرکربن - فولاد ابزار              | DIN 8555: E8-200 CKZ<br>AWS A5.4: E312-16       | ۰.۱             | ۰.۵ | ۰.۶ | ۱۸<br>۲۹ | ۸-۹<br>۱۰  |
| فولاد با ۱۴% منگنز                      | DIN 8555: E8-200 CK2<br>AWS A5.13: EFC Mn-A     | ۰.۱             | ۰.۵ | ۰.۶ | ۱۸<br>۱۴ | ۸-۹<br>۳/۵ |

در جوشکاری فولادهای منگنز بالا نباید از الکترودهای غیر آوستنیتی استفاده کرد. چون جوش حاصل فوق‌العاده سخت میشود و ممکن است سبب ترک خوردن یا ورقه ورقه شدن ناحیه تحت شایر حرارت و بانس 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 و احتمال ترک برداشتن جوش کاهش می‌یابد. الکترودهای کم آلیاژی با داشتن مقاومت به ضربه خوب و سختی متوسط برای لایه‌های پرکن قطعاتیکه تحت فرسایش قرار دارند مناسبند. برای مثال:

جوشکاری محورها، ریلها، غلطکها و غیره با این نوع الکترودها نتایج بسیار خوبی بهمراه داشته است.

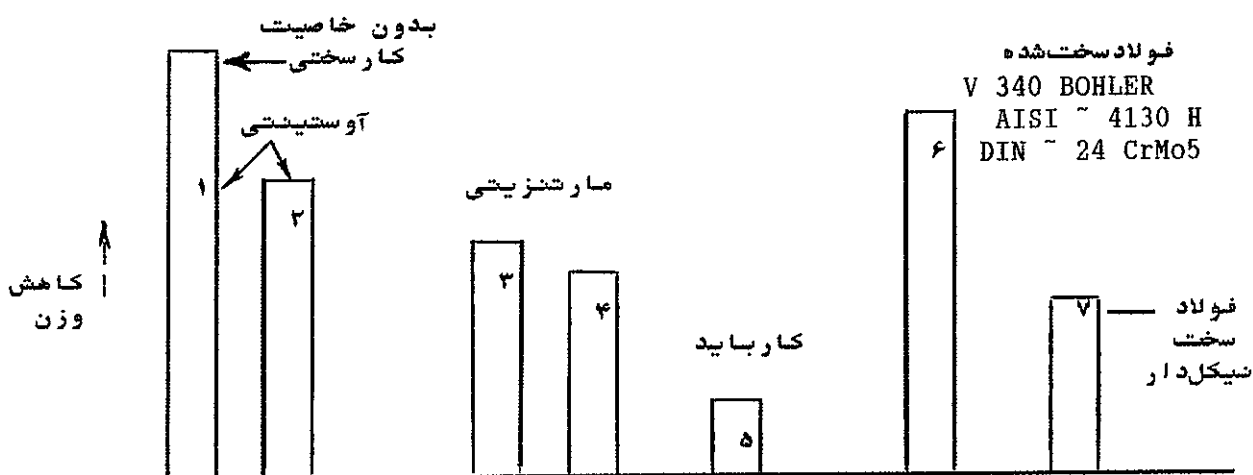
#### الکتروود مناسب برای سایش در برابر ذرات ریز معدنی

الکترودهای از جنس کارباید خصوصا " الکترودهای با کارباید کرم بهترین مقاومت را در برابر چنین سایش‌هایی دارا هستند. ساختار میکروسکوپی جوش حاصل از این الکترودها دارای میزان قابل توجهی کارباید میباشد و ذرات کارباید با سختی در حدود HV ۲۰۰ و یکسوز سبب میشوند که سختی متوسط جوش به حدود HRC ۶۰ 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 اندازه گیری گردید. کاهش وزن بعد از اتمام زمان آزمایش مطابق با دیاگرام شماره ۵ بوده است. از دیاگرام بوضوح پیداست که جوشهای حاصل از الکترودهای کارباید در این آزمایش بیشترین مقاومت را نشان داده اند. در مواردی که سایش با تنش های سنگین همراه باشد الکترودهای مارتنزیتی با سختی بالا و چقرمگی متوسط TOUGHNESS از مناسب ترین الکترودها محسوب میشوند. در نمودار شماره [۶] نیز این نتایج به شیوه دیگری نشان داده شده است.

نمودار شماره [۵]

آزمایش مقاومت جوش حاصل از الکترودهای مختلف در مقابل سایش



% ترکیب شیمیایی جوش حاصل 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  |     |     |      |      |     |      |     |     |
| ۶   | ۰/۲۶ | ۱/۱ | ۰/۷ |     |      |      | ۰/۳ | ۰/۲۵ |     |     |

حدود ۵۰% ساختار میکروسکوپی از کار نباید کرم تشکیل شده است  
فولاد سخت شده



انتخاب الکتروود 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.

الکتروودهای آوستنیتی منگنز بالا از قبیل E Fe Mn-8 و E Fe Mn-A 5.13 برای روکش کاری سطحی چنین فولادهایی توصیه می‌شوند. باید در نظر داشت که این الکتروودها فقط برای عملیات سطح سختی یا پاسهای نهایی مناسبند و در اتصال دو قطعه یا لایه‌های پرکننده حجیم بهتر است که از الکتروودهای زنگ‌نزن آوستنیتی (هرچند که گران قیمت هستند) استفاده شود.

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

الکتروودهای نوع کارباید با آنکه در مقابل سایشهای کم تنش بسیار عالی عمل میکنند، بدلیل ترد بسودن 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. ترکیب‌شیمیایی 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 بدحوی که خواص مطلوب آنها دچار تغییرات مضر نشود، بسیار مشکل میباشد و معمولاً نیاز به عملیات‌حرارتی قبل و پس از جوشکاری دارد. ترکیب‌شیمیایی و خواص مکانیکی الکترودهای انتخاب شده در نتایج کار بسیار مهم بوده و انتخاب الکتروود باید با دقت صورت گیرد.

### بخش اول : طبقه بندی فولادهای ابزار

فولادهای ابزار را میتوان به روشهای مختلفی براساس ترکیب‌شیمیایی، خواص مکانیکی، شرایط بهره‌برداری، نحوه ساخت و عملیات‌حرارتی و غیره تقسیم بندی کرد، انستیتو آهن و فولاد آمریکا AISI و انجمن مهندسين اتومبيل SAE این کشور فولادهای ابزار را بر- اساس ترکیب‌شیمیایی و نوع ماده سردکننده HRDNING MEDIUM به هشت‌گروه اصلی تقسیم کرده‌اند که در جدول شماره [۱] تقسیم بندی کلی و در جدول شماره [۲] ترکیب‌شیمیایی این فولادها آورده شده است. 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                                     | حروف‌شناسایی | طبقه                |
| کربن ساده                               | W            | سخت‌شونده در آب     |
| کربن متوسط - کم آلیاژ                   | S            | مقاوم در مقابل ضربه |
| سخت‌شونده در روغن                       | O            | سردکار              |
| فولاد با آلیاژ متوسط - سخت‌شونده در هوا | 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       |

## ترکیب شیمیایی فولادهای ابزار

| نوع | ترکیب اسی % |    |    |    |    |   |   |    |    |
|-----|-------------|----|----|----|----|---|---|----|----|
|     | 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 |
| D7 | 2.35 | ... | ... | 12.00 | ... | 4.00 | ... | 1.00 |

## کرم

|     |      |     |     |      |     |      |      |      |
|-----|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|
| H10 | 0.40 | ... | ... | 1.25 | ... | 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 | ...  |



## ترکیب شیمیایی فولادهای ابزار

### ترکیب اسی %

| نوع                        | C          | Mn  | Si  | Cr    | Ni   | V         | W     | Mo   | Co    |
|----------------------------|------------|-----|-----|-------|------|-----------|-------|------|-------|
| <b>تنگستن</b>              |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| 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 |      |       |
| <b>مولیبیدن</b>            |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| H42                        | 0.60       | ... | ... | 4.00  | ...  | 2.00      | 6.00  | 5.00 |       |
| <b>فولاد ضد سوراخ</b>      |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| <b>تنگستن</b>              |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| 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  |
| <b>مولیبیدن</b>            |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| 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      | 3.75  | 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  |
| <b>فولاد کم آلیاژ ویژه</b> |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| <b>مولیبیدن</b>            |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| 1.2                        | 0.50/1.10a | ... | ... | 1.00  | ...  | 0.20      |       |      |       |
| 1.6                        | 0.70       | ... | ... | 0.75  | 1.50 | ...       | ...   | 0.25 |       |
| <b>فولادهای قالب</b>       |            |     |     |       |      |           |       |      |       |
| 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 درمدهای مختلف کربن موجود است (b) همراه با کربنیت آزاد جهت بهبود خواص ماشین کاری

## گروه سخت‌شونده در آب WATER-HARDENING GROUP

این فولادها معمولاً از نوع فولاد کربنی ساده هستند، اما گاهی اوقات از فولادهای پرکربن که مقدار کمی کرم و وانادیم جهت بهبود 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 تولید شده از فولاد کربنی ساده قیمت بالانسبه کمتری از ابزارهای آلیاژی دارند. این فولادها با عملیات حرارتی مناسب‌ضمن دارا بودن سطح سخت، معز نرم و ضربه پذیری خواهند داشت. برای حصول به سختی بالا، سردکردن QUENCH در آب‌ضروری است و همین امر احتمال پیچیدگی قطعه را افزایش میدهد. ابزارهای فولاد کربنی بهترین قابلیت ماشینکاری را داشته و در مقابل کربورزدایی 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 معمولاً 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 فربسترا افزایش داده و کرم قابلیت سختی پذیری و کمی هم مقاومت به سایخ را بالا میبرد. مولیبدن قابلیت سختی پذیری را بهبود میبخشد و تنگستن سختی فولاد را تا دمای سرخ شدن حفظ میکند. معمولاً این فولادها در روغن سخت‌میشوند، اما در مواردی که لازم باشد ابزار تا عمق سخت شود از آب‌سختوان ماده سرد کننده استفاده میشود.

سیلیسیم زیاد فرآیند کربورزدایی 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 نسبتاً خوبی در دمای سرخ شدن داشته، مقاوم به سایش هستند 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 تسواهما مطرح باشد نظیر

ابزارهای شکل دهی ، سنبه‌ها ، قلم‌ها ، ابزار نیوماتیک ، تیغه‌های برش فلزات و غیره مناسب هستند .

### 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 معمولاً حاوی منگنز و مقدار کمی کرم و تنگستن به عنوان عناصر آلیاژی بوده و مقاومت بد 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 نرم دهی و برقصها است .

فولادهای آلیاژ متوسط MEDIUM ALLOY سخت شونده در هوا حاوی حدود ۱٪ کربن ، تا ۲٪ منگنز ، ۵٪ کرم و ۱٪ مولیبدن میباشد .

وجود عناصر آلیاژی فوق بخصوم منگنز و مولیبدن به این فولادها قابلیت سخت شونده در هوا را داده است . این آلیاژها مقاومت خوبی در مقابل سایش ، ضربه و سوختن کربن در حین عملیات حرارتی دارند . قابلیت حفظ سختی آنها در دمای سرخ شدن نسبتاً خوب بوده و کمترین احتمال پیچیدگی و تغییر ابعاد را در حین عملیات حرارتی 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 با حدود 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 عملیات حرارتی عالی میباشد ، در نتیجه در مواردی که نیاز به دقت باشد نظیر قالبهای برشکاری دقیق ، قالبهای کشش سیم ، میلله و لوله‌ها در سورتیکه دمای کار از ۴۸۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند ، بکار میروند .

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

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 ترکیب با 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 ضربه پذیری میشود. قابلیت سختی پذیری آلیاژهای با پایه کرم زیاد بوده و در اثر سرد شدن در هوا حتی در ضخامت حدود ۳۰ سانتی متر تا مغز سخت میشوند. سختی پذیری زیاد موجب شده که این آلیاژها حداقل تغییر ابعاد را در حین سرد کردن دارا باشند در نتیجه جهت ساختن انواع قالبها بخصوص قالبهای گرمکار نظیر قالب اکستروژن ، قالبهای دایکاست، قالبهای فورجینگ، سنبه‌ها و ابزارهای برشکاری فلزات گرم بسیار مناسبی باشند.

#### 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 سختی‌های حدود ۴۵ تا ۵۵ راکول HRC حساس به ترد شدن هستند. این فولادها سخت‌شونده در هوا بوده و از شیات ابعادی خوبی برخوردارند. جهت ممانعت از پوسته شدن در دماهای بالای در حین عملیات حرارتی میتوان آنها را در روغن یا نمکهای مذاب سرد کرد QUENCHING. آلیاژهای پایه تنگستن از بسیاری لحاظ شبیه فولادهای تندبر می باشند اما چقرمگی و ضربه پذیری

بهتری دارند و برای کار در دماهای بالا نظیر سنبه‌ها و قالب‌های اکستروژن فولاد، آلیاژهای نیکل و دیگر فلزات مناسب هستند.

### 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. مزیت اصلی آلیاژهای با پایه مولیبدن نسبت به آلیاژهای با پایه تنگستن در ارزیابی قیمت و عدم حساسیت به ترک برداشتن گرم است. بعلاوه بالا بودن میزان مولیبدن نسبت به کربورزدائی در حین عملیات حرارتی حساس هستند که باید به آن توجه داشت.

### گروه فولادهای تندبر HIGH-SPEED GROUP

این گروه از نوع فولادهای پر آلیاژ بوده و معمولاً حاوی مقادیر نسبتاً زیادی تنگستن یا مولیبدن همراه با کرم، انادیم و گاهی اوقات کبالت هستند. میزان کربن آنها در حالت عادی در حدود ۰.۷۵٪ تا ۱.۲٪ درصد میباشد، اما بعضی از انواع کربنی در حدود ۱/۵ درصد و بیشتر دارند.

کاربرد اصلی فولادهای تندبر در تیغه‌ها و ابزارهای برش میباشد. اما در ساخت قالب‌های اکستروژن، سنبه‌ها و قالب‌های برشکاری BLANKING DIES نیز استفاده میشوند. ترکیب شیمیایی فولادهای تندبر به گونه‌ای است که سختی خود را تا دمای سرخ شدن حفظ میکنند. آنها شباهت ابعادی بسیار عالی داشته و قابل سخت شدن در هوا، روغن یا نمک‌های مذاب هستند. مقاومت به سایش خوب، مقاومت در برابر شوک و قابلیت ماشینکاری آنها مناسب میباشد. 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 کاملاً شبیه یکدیگر است. افزودن کبالت به آلیاژهای تندبر

قابلیت حفظ سختی در دماهای زیاد را بهبود می‌بخشد، اما اشعاع‌افسار کاهش داده و در برابر کربورزدائی نیز آنها را حساس می‌کند، در شرایطی که سایش شدید مطرح باشد فولادهای تندبر وانادیوم‌دار بهترین کارکرد را دارند.

فولادهای تندبر بدلیل داشتن ذرات ریز و سخت کارباید در ساختار میکروسکوپی خود برای ابزارهای برشکاری نظیر الماسهای فرزکاری، دریل‌ها، برقوها، سرمت‌ها، ابزارهای مخصوص چوب و تیغه‌های اره بسیار مناسب هستند.

#### MOLD STEELS قالب فولادهای

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

در صورت نیاز به مقاومت در برابر سایش این فولادها را میتوان طی فرآیندهای در حدود ۵۸ تا ۶۴ راکول HRC سخت کرد. سختی فولادهای قالب‌در دماهای بالا بسرعت کاهش می‌یابد و فقط برای بدنه‌های قالب‌هایی نظیر قالب تزریق پلاستیک میتواند استفاده شود.

#### SPECIAL-PURPOSE STEELS فولادهای ابزار ویژه

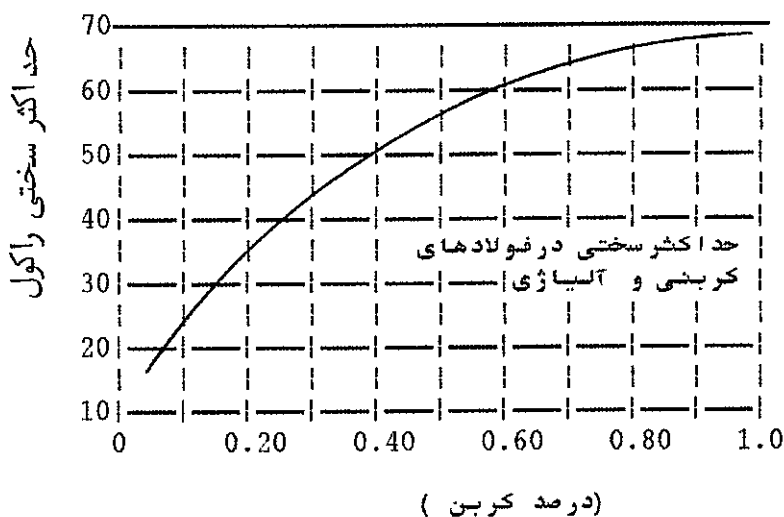
از آنجائیکه فولادهای فوق در هیچیک از طبقه‌بندی‌ها بخوبی قرار نمی‌گیرند، آنها را تحت‌عنوان فولادهای ویژه نام‌گذاری کرده‌اند. این آلیاژها گران بوده و موارد استفاده خاصی دارند. عناصر اصلی آلیاژی آنها عبارت از کرم به اضافه وانادیم، نیکل و مولیبدون می‌باشد. کرم در ترکیب با آهن، کارباید دوئاتی سختی را ایجاد می‌کند. نیکل باعث افزایش چقرمگی شده و وانادیم آن را ریزدانه می‌کند. فولادهای ویژه سخت شونده در روغن هستند و در نتیجه شباهت ابعادی متوسطی دارند. کاربرد اصلی آنها در اجزاء ماشینها نظیر بلسبرینگها، صفحه کلاچ‌ها، بادامکها و غیره است که باید علاوه بر مقاومت به سایش، ضربه‌پذیری و چقرمگی خوبی را دارا باشند.

#### بخش دوم : متالورژی فولادهای ابزار

فولادهای ابزار جهت‌حصول به ساختار مارتنزیتی و سختی در حدود ۶۰ راکول HRC معمولاً حاوی حداقل ۰٫۶ درصد کربن هستند. در شکل [۳] اثر افزایش کربن نسبت به سختی

فولادها نشان داده شده است. البته در بعضی از ابزارها برای بهبود ضربه پذیری و تحمل شوک مقدار کربن را کمتر از حد مذکور در نظر میگیرند.

شکل [۳]



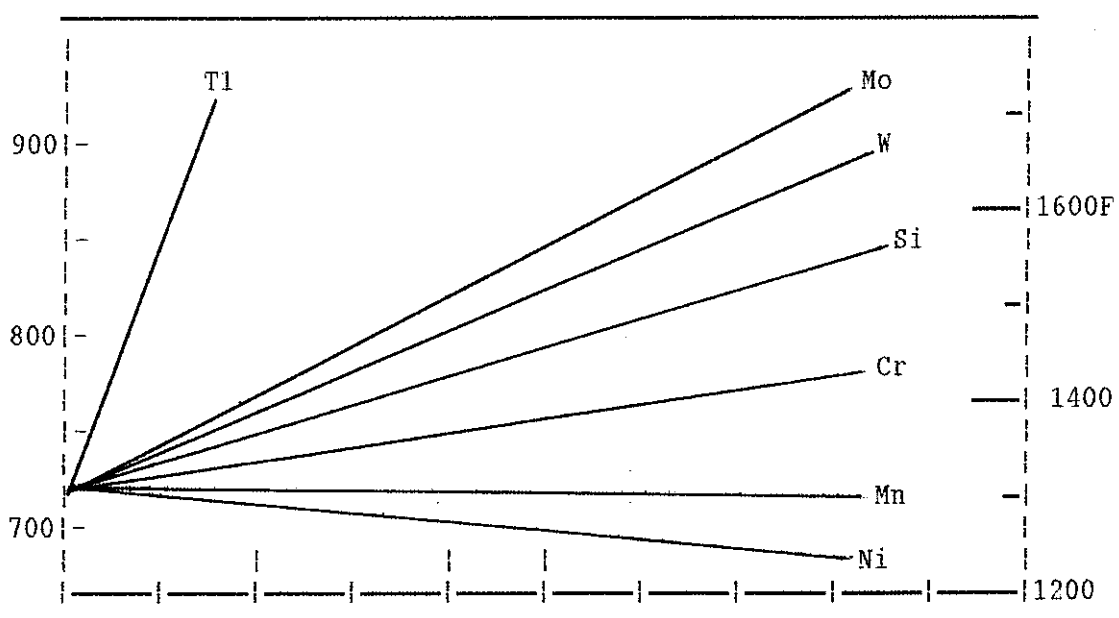
تأثیر مقدار کربن بر حداکثر سختی فولادها

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

با افزایش عناصر آلیاژی مقدار کربن مورد نیاز جهت تشکیل فاز یوتکتوئید کاهش می‌یابد. 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 کاربیدها در آوستنیت کاملاً حل شوند.

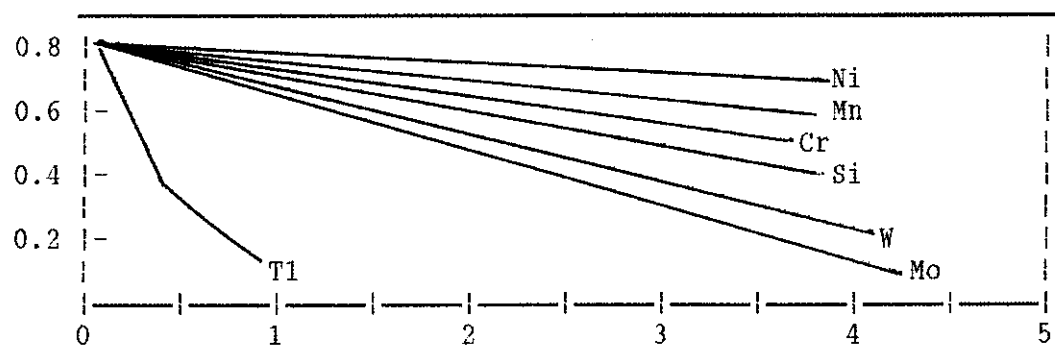
درجه حرارت فازهاست

شکل [الف ۴]



شکل [ب ۴]

درصد کربن پوکتوئید



[درصد وزنی عناصر آلیاژی]

شکل شماره ۴ :

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

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

بطور کلی همه عناصر آلیاژی در فولادهای ابزار (بااستثناء 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 شیمیایی و عملیات حرارتی این فولادها معمولاً عبارت است از حساسیت به ترک برداشتن بخصوص ترک برداشتن 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 موجب کاهش حساسیت ابزارها به ترک برداشتن میشود، اما از طرف دیگر با ایجاد مناطق نرم خواص مطلوب ابزارها را ضعیف میسازد.

بخش سوم : جوشکاری ابزارها  
=====

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

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

ابزارها عموماً 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، مجدداً آنیل نمود و پس از جوشکاری و ماشینکاری لازم مجدداً سختکاری کرد. بطور خلاصه عملیات حرارتی شامل مراحل ذیل میباشد.

۱- بسته به ترکیب شیمیایی ابزار را در دمایی 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 اغلب فولادهای ابزار بین ۴۰۰ الی ۵۰۰ درجه سانتیگراد صورت گرفته و به آهستگی کامل میگردد:

الف) برای آوستینتی شدن کامل و کاهش سختی، ابزار را مجدداً 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 ثابت نگهداشته شود) 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 است که ابزار بازپخت TEMPER شود. اگر الکتروود و روش جوشکاری بدرستی انتخاب شده باشد، بارعایت نکات بالا ابزار و ناحیه تخت شعمیر 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 پیش گرمایش شده و پس از اتمام جوشکاری طبق توصیه های مندرج در جدول شماره [۵] پس گرمایش 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 صرفه جویی میگردد. پیش گرمایش، تنشهای ناشی از جوشکاری را کاهش داده و بازپخت TEMPRING مارتنزیت ایجاد شده را نسرم می کند. دمسای بازپخت با درجه حرارت

#### جدول شماره [۵]

درجه حرارت پیش گرمایش و پس گرمایش توصیه شده برای ابزارهایی که قابلیت جوشکاری دارند

| شماره AISI/SAE<br>استاندارد ابزار | نوع                | پیش گرمایش و<br>پس گرمایش C |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| W1 - WS                           | سختشونده در آب     | ۲۰۰ - ۳۰۰                   |
| 01 - 05<br>06 - 07                | سختشونده در روغن   | ۲۰۰ - ۲۳۰<br>۲۳۰ - ۲۶۰      |
| A2 - A6<br>A7 - A10               | سختشونده در هوا    | ۳۱۵ - ۳۵۰<br>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                   |

( ادامه جدول ۵ )

| شماره AISI/SAE<br>استاندارد ابزار | نوع   | پیش گرمایش و<br>پس گرمایش C |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| H12 - H21                         | فولاد گرم کار   | ۴۸۰ - ۵۱۰                   |
| T21                               | فولاد تندبهر 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 آلیاژ شده با کرم<br>نیکل و مولیبدن | ۴۵۰ - ۴۸۰                   |

پیش گرمایش یکسان میباشد و زمان لازم برای نگهداری فولاد در آن دما بازاء هر ۲۵ میلی متر برابر یکسان خواهد بود. بهترین روش اجرای پیش گرمایش استفاده از کوره های حرارتی است، اما در صورتی که استفاده از کوره مقدور نباشد با رعایت دقت از مشعل اکسی-استیلن هم میتوان استفاده کرد. نکته مهم در پیش گرمایش سرعت آرام و یکنواخت گرم شدن میباشد. دمای پیش گرمایش را در تمام زمان جوشکاری باید ثابت نگهداشت.

جهت تالیه های پرکربن ابزارهای با جوش پذیری ضعیف الکترودهای نرمتر نظیر AWS:E312-16 و برای ابزارهای کم آلیاژ و آن دسته که جوش پذیری 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 جهت نیازه های ماشینکاری ضخامت اضافی را هم در نظر گرفت.

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

- ۱- ترکیب شیمیایی 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 الکتروود تطابق دقیق ترکیب شیمیایی الکتروود و فولاد ابزار معمولاً غیرممکن میباشد، مسئله اصلی در این انتخاب تطابق خواص کاربردی جوش تعمیری نسبت به ابزار اصلی میباشد.

جدول شماره [۶]

طبقه بندی الکتروودهای ابزار بر اساس ترکیب و نوع جوش

| ساختار و ترکیب فلز جوش       |     |     |      | نوع الکتروود                    |  |
|------------------------------|-----|-----|------|---------------------------------|--|
| مارتنزیتی با ۱۳% کروم        |     |     |      | الکتروودهای سردکار COLD-WORKING |  |
| مارتنزیتی همراه با کارباید % |     |     |      | الکتروودهای گرمکار HOT-WORKING  |  |
| Nb                           | Co  | W   | Cr   |                                 |  |
| .۰۸                          | ۲   | ۸   | ۱/۵  |                                 |  |
| مشابه فولادهای تندبر %       |     |     |      | الکتروودهای با پایه فولادی      |  |
| V                            | Mo  | W   | Cr   | AWS A5.13 : EFe5B               |  |
| ۱/۶                          | ۷/۵ | ۲   | ۴/۵  |                                 |  |
| مشابه استلایت %              |     |     |      | الکتروودهای با پایه کبالت       |  |
|                              | W   | Co  | Cr   | AWS A5.B : E Co Cr-A            |  |
|                              | .۰۵ | ۶۰  | ۲۹   |                                 |  |
| مشابه هستالوی %              |     |     |      | الکتروودهای با پایه نیکل        |  |
| Ni                           | Mo  | W   | Cr   | AWS A5.13 : ENi Mo Cr-1         |  |
| ۶۴                           | ۱۶  | .۰۴ | .۰۱۵ |                                 |  |

در جدول [۶] الکتروودهای ابزار بر اساس ساختار متالورژیکی جوش حاصل طبقه بندی شده اند.

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. مثلاً سختی جوش حاصل از الکتروودهای کم آلیاژی در دمای حدود ۴۰۰ درجه سانتیگراد بشدت کاهش می یابد، درحالیکه فولادهای ابزار تندبر سختی خود را تا حدود ۶۰۰ درجه نیز بخوبی حفظ میکنند. الکتروودهایی که فلز جوش از نوع استلایت ایجاد میکنند در مقابل سایش در دماهای بالا بسیار خوب عمل کرده و عموماً برای ابزارهای برنده مخصوص کار در حرارتهای زیاد توصیه میشوند. در درجات حرارت پائین الکتروودهای از جنس فولاد تندبر با داشتن ضربه پذیری خوب از دیگر انواع کارکرد بهتری دارند. الکتروودهای از نوع هستالوی اگر چه سختی زیادی ندارند ولی در حرارتهای بالا سختی و مقاومت خود را از دست نمی دهند. این الکتروودها حتی در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد مقاومت کششی بیش از ۴۰۰ N/MM<sup>2</sup> از خود نشان داده اند. هستالوی همچنین در مقابل شوکهای حرارتی اکسید شدن بسیار مقاوم است.

## انتخاب الکترود مناسب جوشکاری فولادهای ایزار

جدول شماره [۷]

| نوع ایزار   | نوع فولاد                                  | خواص مورد انتظار  | نوع و ترکیب شیمیایی الکترود | سختی ایزار HRC |
|---|--|---|-----------------------------|----------------|
| قالب های سردکار   | سخت شونده در هوا                           | مقاومت به ضربه  | DIN 8555<br>E6 - 55r        | ۵۱ - ۵۶        |
| ایزارهای فرم دهی سرد<br>قالب های برش سردکار   | سخت شونده در روغن                          | مقاوم در برابر شوک<br>مقاوم به ساییش  | DIN 8555<br>E- 3- 55C       | ۶۰ - ۶۴        |
| قالب های دایکاست<br>قالب های پلاستیک<br>قالب های فورج کرمک و<br>بسته های برش کرمک<br>سنبه های برش کرمک<br>قالب های اکستروژن | فولاد کرمک آلایژ<br>کیالت و تنگستن         | حفظ مقاومت مکانیکی ، سختی ،<br>تحمل شوک و مقاومت به ساییش در<br>حرارتهای زیاد | DIN 8555<br>E3 - 50 S       | ۵۳ - ۵۷        |
| قالب های برش کرمک<br>قالب های دقیق کرمک<br>سنبه های برش کرمک<br>سنبه های فرز  | فولاد تندبر مولیبدون دار<br>کیالت و تنگستن | حفظ قدرت برش و مقاومت به ضربه<br>در دماهای بالا                               | DIN 8555<br>E3 - 50 S       | ۵۳ - ۵۷        |
| قالب های فورچینگ  | مشابه هستالوی                              | مقاومت به ضربه و خشکی   | DIN 8555<br>E4 -60 S        | ۶۰ - ۶۵        |
| قالب های اکستروژن   | با پایه نیکل                               | مقاومت به خشکی و اکسیده شدن<br>تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد                    | AWS A5.13<br>Efe 5B         | ۶۰ - ۶۵        |
| قالب های استنمپ کاری  | مشابه استلایت                              | مقاومت در مقابل شوکهای سنگین  |                             |                |
| TRIMMING CUTTERS<br>PUNCHES   | با پایه کیالت                              | حفظ سختی در دماهای بالا<br>مقاومت به پوسته شدن در درجه<br>حرارتهای زیاد       |                             |                |

### آماده‌سازی ابزار جهت تعمیرات

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

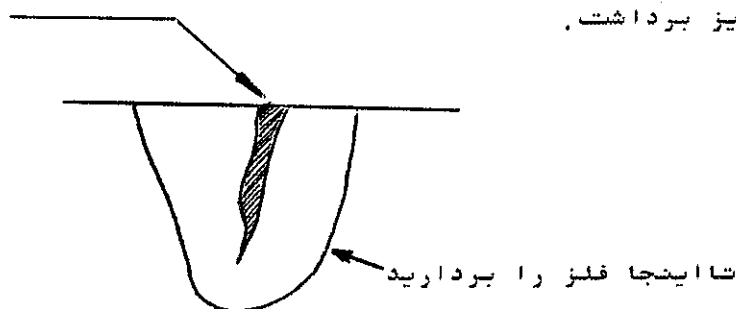
این فرسودگی اکثر اوقات با ایجاد ترک‌نیز همراه است. بهمین جهت آماده‌سازی ابزار قبل از شروع جوشکاری تعمیراتی بسیار مهم می‌باشد و نتیجه کار تعمیرات به میزان زیادی بستگی به این امر دارد .

### آماده سازی

نواحی فرسوده قبل از هرکاری باید به دقت تمیز گردند. چربی ، گرد و غبار، رنگ و دیگر آلودگی‌ها بایستی کاملاً برداشته شوند. علاوه بر آلودگی‌های خارجی ، پوسته سطحی ابزارها معمولاً در اثر کار سرد سخت میشوند. این لایه‌های کار سخت‌شده WORK HARDEN نسبت به تنش‌های حرارتی حساس بوده و به آسانی ترک بر میدارند و باید قبل از جوشکاری بوسیله سنگ‌زدن از نواحی تحت تعمیر برداشته شوند. پس از تمیزکاری ابزار، بازرسی آن با روش‌های نظیر بازرسی چشمی ، بازرسی با مایعات نافذ رنگی ذرات مغناطیسی جهت ترکیابی ضروری است.

در صورت وجود ترک‌لازم است که امکان پیشرفت آنرا با ایجاد سوراخ در ابتدا و انتها از بین برد و سپس با سنگ‌زنی یا برشکاری بوسیله الکتروود ذغالی GOUGING نسبت به رفع ترک اقدام کرد.

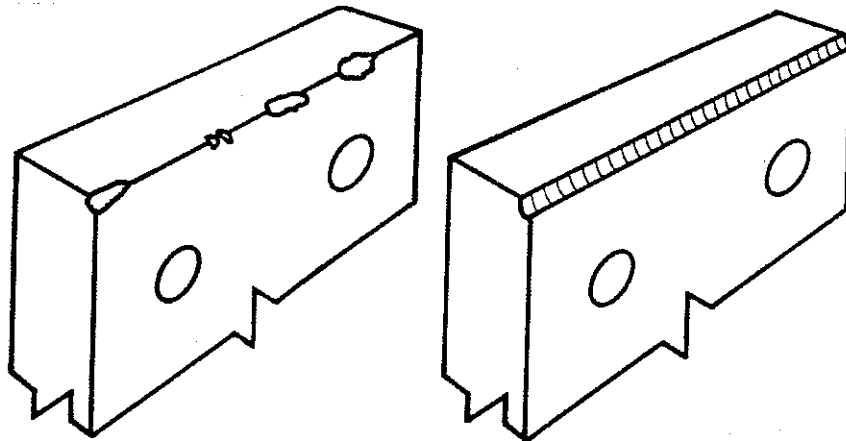
برای اطمینان از رفع کامل ترک باید حتی الامکان ۲ الی ۳ میلی متر از فلز سالم زیر ترکرا نیز برداشت.



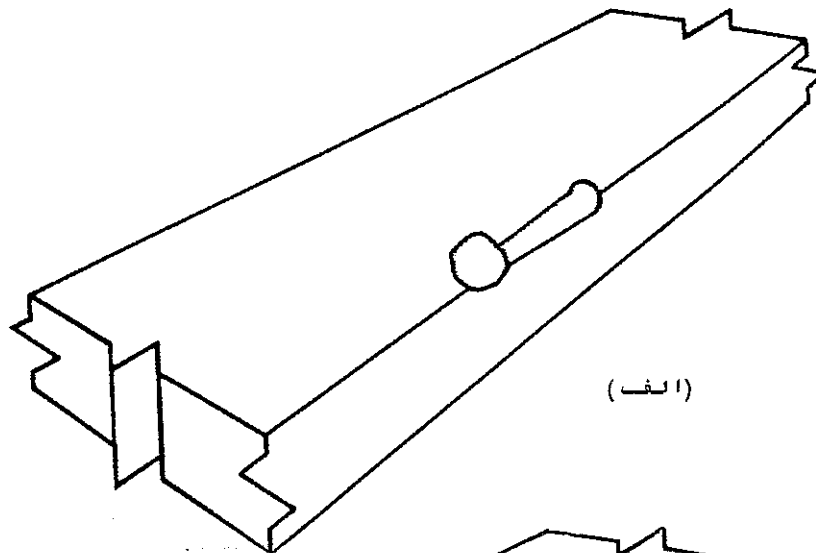
در انتها جهت اطمینان بیشتر بازرسی مجدد ناحیه برداشته شده توصیه میشود .

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

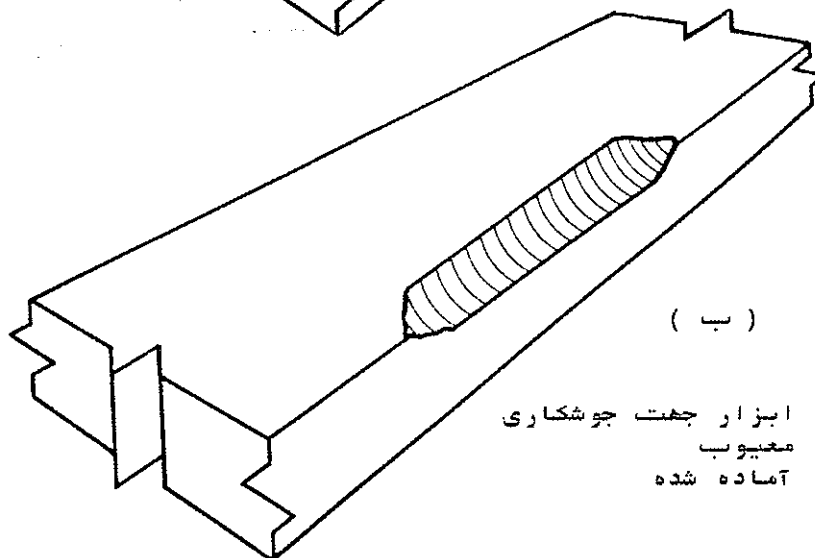
موجود باشد، اجتناب از گوشه‌های تیز که محل‌های تمرکز تنش هستند و غیره از نکاتی هستند که عدم توجه آنها میتواند تعمیرات را با اشکالات جدی روبه‌رو سازد.



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

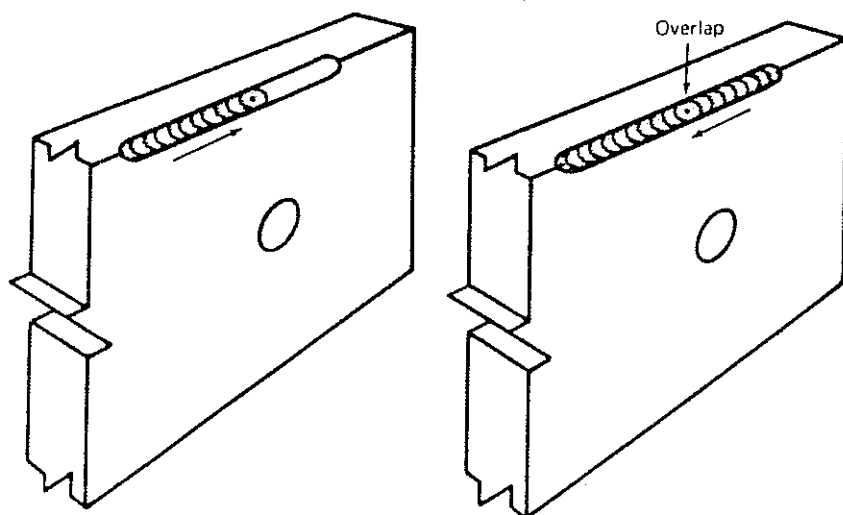


(الف)



(ب)

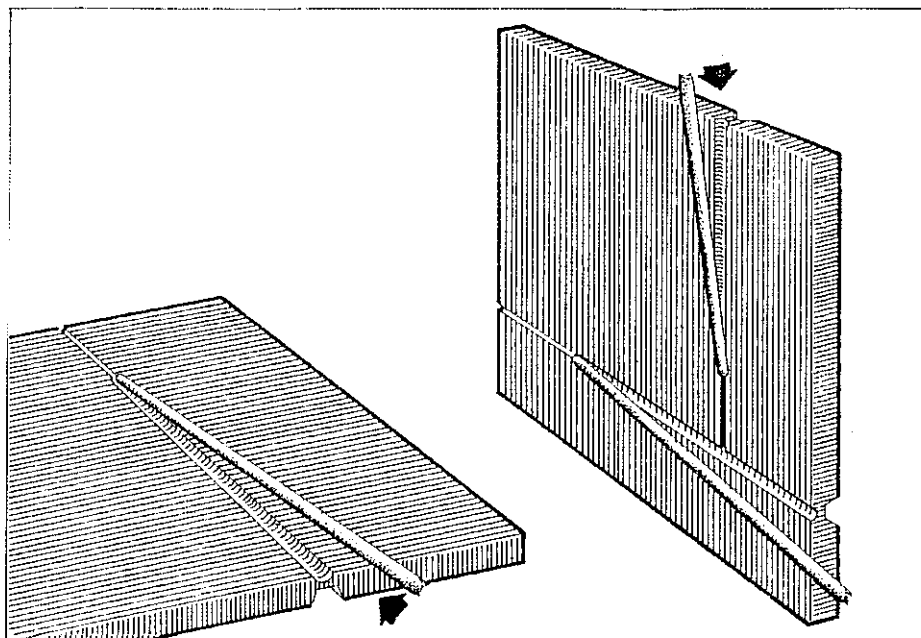
آماده‌سازی ابزار جهت جوشکاری  
الف) لبه معیوب  
ب) لبه آماده شده



برای ممانعت از ترک برداشتن جوش در لبه‌ها همواره جوشکاری را از گوشه‌ها بی‌طرف مرکز شروع کنید.



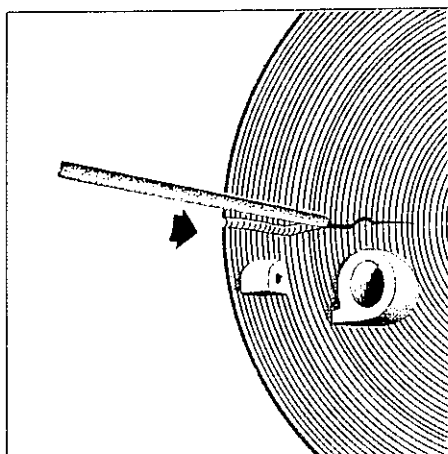
برشکاری و شیارزنی با الکتروود ذغالی GOUGING



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

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

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



## HAMMERS چکشهای سنگ شکن

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



روش ساده تمایز این فولادها از یکدیگر استفاده از آهنربا است. فولاد پرمنگنز دارای ساختار آوستنییتی 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 آماده سازی، تمیز کردن و بازرسی نواحی معیوب مطابق دستورالعمل پیوست (۱)، جوشکاری ناحیه آماده شده را با الکترودهای نرم با پاسهای حتی المقدور کوتاه شروع کنید. دقت شود 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 آوستنییتی نظیر AWS: E312-16 با وجود گرانی قیمت بهترین نتیجه را خواهند داشت، هر چند که الکترودهای آوستنییتی منگنزی نیز میتوان استفاده کرد. پرکردن با الکتروود نرم باید تا نزدیکی سطح قطعه (در حدود ۲ الی ۳ پاس تا سطح کار) ادامه یابد. به این ترتیب خواص مکانیکی و مقاومت به ضربه جوش و ناحیه تعمیری بهتری خواهد شد.

جهت سختکاری سطحی از الکترودهای مختلفی میتوان استفاده کرد:

در صورتیکه چکش تحت ضربه های سنگین قرار داشته باشد، الکترودهای AWS: EFeMn-A یا EFeMn-B یا ۱۳ الی ۱۴ درصد منگنز و قابلیت کار سختی توصیه میشوند. همانطور که قبلاً اشاره شد یکی از مهمترین نکات، به حداقل رساندن حرارت داده شده HEAT INPUT<sup>①</sup> به فلز پایه و فلز جوش می باشد. از پیش گرم کردن فولاد آوستنییتی منگنزی اکیداً 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 سرد و شکننده میشود.

در مواردی که چکشها تحتسایش شدید و ضربه متوسط باشند الکترودهای دارای کارباید کروم نظیر AWS: EFeCr-Al بازدهی خوبی دارند. جوش حاصل از این الکترودها ممکن است دچار ترکهای بسیار ریزی شود، اما بدون هیچ مشکلی کار خواهد کرد.

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

### مشخصات الکترودهای مناسب برای جوشکاری فولاد منگنز

| نوع      | AWS طبقه بندی | ترکیب شیمیایی % |       |     |         |         |       |         |        |           | ملاحظات         |
|----------|---------------|-----------------|-------|-----|---------|---------|-------|---------|--------|-----------|-----------------|
|          |               | C               | Mn    | Ni  | Cr      | Mo      | V     | Si      | P      | Fe        |                 |
| Ma-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: A5.11 است.

ب) ترکیب شیمیایی بر اساس جوشهای تولیدی است.

پ) حداکثر مقدار

ت) الکترودهای نرم جهت لایه های پرکن

① حرارت داده شده HEAT INPUT

$$H = \frac{E \cdot I \cdot S}{60} \quad \text{E.I.60}$$

حرارت انتقال یافته به فلز ناشی از گرمای قوس الکتریکی را در واحد طول میتوان با فرمول زیر محاسبه کرد:

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)

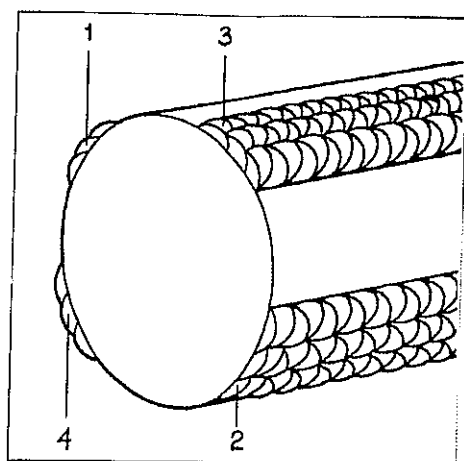
با رعایت موارد ذیل میتوان حرارت داده شده را کاهش داد.

الف) نگهداشتن طول قوس کوتاه

ب) اجتناب از حرکت زیگز آگی الکتروود

پ) استفاده از جوشهای با طول کوتاه

ت) تاخیر زمان کافی جهت سرد شدن جوشها یا سرد کردن جوش بطرق دیگر



## محورها SHAFTS

### جوشکاری :

#### الف) پرکردن

نواحی فرسوده را بوسیله الکتروود ذغالی یا سنگزنی برداشته و سپس جهت ترکیبایی بازرسی کنید.

محورهای از نوع فولاد آلیاژی و فولاد پر-کربن بدون در نظر گرفتن قطر و محورهای قطور فولاد کربنی ساده قبل از جوشکاری حتماً باید پیش‌گرم شوند. دمای پیش‌گرمایش در

فولادهای با کربن معادل CARBON EQUIVALENT ۰/۴۵٪ تا ۰/۶٪ برابر ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و فولادهای با کربن معادل بیش از ۰/۶٪ برابر ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد توصیه می‌شود.

جهت کاهش احتمال پیچیدگی و تاب برداشتن جوشکاری را با شناوبی 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 بنپوشانید تا به آرامی خنک گردد.

#### ب) اتصال

مناسبترین درز اتصال بخصوص برای محورهای ضخیم درز جوش U شکل می‌باشد در صورتیکه امکان ایجاد این نوع درز فراهم نباشد از درز اتصال [X] نیز می‌توان استفاده کرد. دمای پیش‌گرمایش و کلیه ملاحظات پیش‌گفته در بالا بایستی رعایت گردد.

### الکتروود مصرفی :

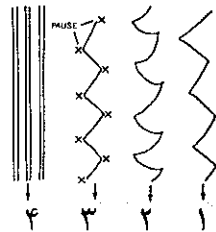
در این حالت هم مانند اکثر موارد تعمیر الکتروودهای نرم از قبیل AWS: E 312-16 یا غیره جهت لایه‌های پسرکن در اتصال یا ترمیم نواحی فرسوده توصیه میشود. برای پاسهای رو در صورتیکه محور سخت کاری نشده باشد، الکتروودهای استحکام بالا نظیر AWS: E9018- که مقاوم به ترک نیز هستند، توصیه میشوند. در صورتیکه محور سختکاری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

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 الکتروود در میزان امتزاج الکتروود با فلز پایه ذوبشده (درجه

رقت DILUTION)



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

ب) روکش کردن ناخن با جوشهای طولی . مناسب برای تیغه‌هایی که در مناطق سنگی کار میکنند .

ب) روکش کاری با جوشهای عرضی مناسب بسرای کار در مناطق ماسه‌ای و خاکی .

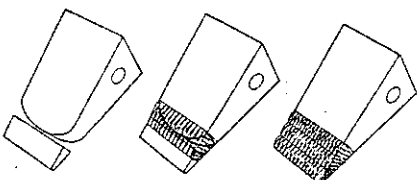
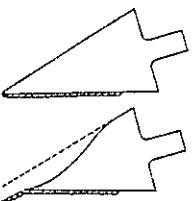
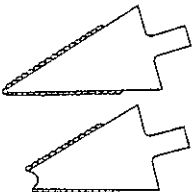
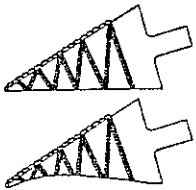
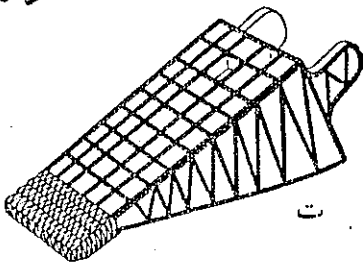
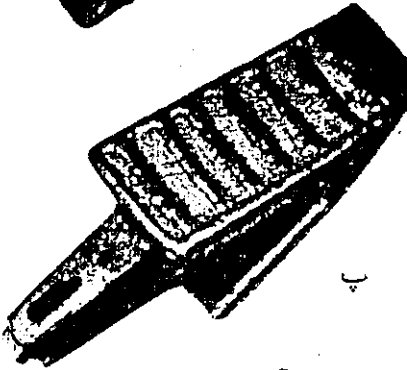
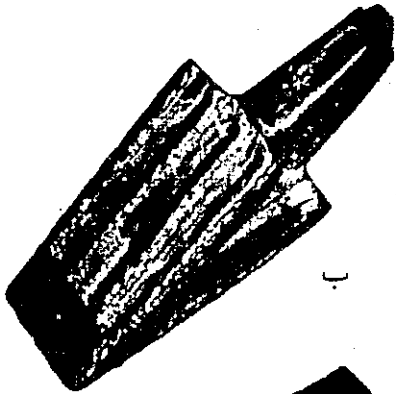
ت) روکش کاری با جوشهای متقاطع مناسب برای مواردی که ترکیبی از دو حالت بالا باشد .

ج) روکش کردن 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) روکش کردن ناخن از پائین سبب فرسایش سریع شناخن میشود .

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



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 عموماً از نوع GRADE 900A می باشد .

طبقه بندی UIC از فولادهای ریل

| استاندارد<br>UCI 860 | تسركیب شیمیائی % |          |          |         | مقاومت کششی<br>N/MM2 |
|----------------------|------------------|----------|----------|---------|----------------------|
|                      | C                | Mn       | Si       | Cr      |                      |
| GRADE 700            | .۰۴-۰.۰۶         | .۰۸-۱/۲۵ | .۰۵-۰.۳۵ | -       | ۶۸۰ - ۸۳۰            |
| GRADE 900A           | .۰۶-۰.۰۸         | .۰۸-۱/۳  | .۰۱-۰.۰۵ | -       | ۸۸۰ - ۱۰۳۰           |
| GRADE 900B           | .۰۵۵-۰.۰۷۵       | ۱/۳-۱/۷  | .۰۱-۰.۰۵ | .۰۸-۱/۳ | ۸۸۰ - ۱۰۳۰           |
| GRADE 1100           | .۰۶-۰.۰۸۲        | .۰۸-۱/۳  | .۰۳-۰.۰۹ | -       | > ۱۰۸۰               |

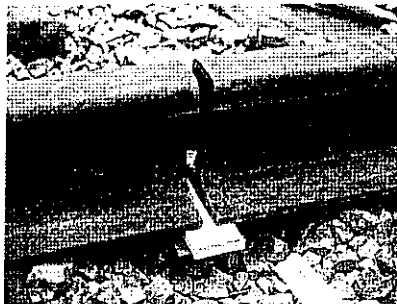
جوشکاری

الف) آماده سازی 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

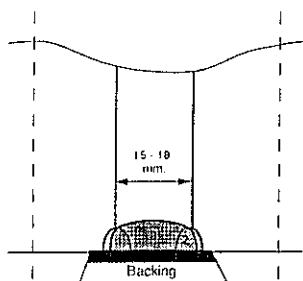
اولین لایه جوش در جوشکاری ریل ها بسیار مهم بوده و در واقع نتیجه کار شاهد زیادی به کیفیت این لایه بستگی دارد. پس از پیش گرمایش ۳۰ سانتی متر از



شکل ۶-الف قرار دادن قطعه پشت بند



شکل ۶-ب جوشکاری پاس اول



شکل ۶-پ ترتیب جوشکاری پاس اول



شکل ۶-ج جوشکاری پاس بعدی



شکل ۶-ه نمایی از جوش تمام شده

دو سر ریل در حدود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی گراد لایه اول را طی سه پاس طبق شکل ۶-ب جوشکاری کنید.

بعد از اتمام این مرحله قطعه پشت-بند را برداشته و دو طرف درز اتصال را با بلوکهای مسی که به شکل مقطع ریل ماشینکاری شده اند بپوشانید.

دمای محل جوشکاری می بایستی مجدداً کنترل شده و به سطح دمای پیش گرمایش برسد و در تمام مدت جوشکاری ثابت نگهداشته شود. قطر الکتروود مصرفی در این مرحله باید حداقل ۴/۵ میلی متر بوده و جوشکاری با حرکت دادن الکتروود در داخل شیپار بصورت طولی و عرضی انجام شود. مکشهای کوتاه در دو طرف دیواره ریل می تواند به پر شدن کامل کمک زیادی کند.

فاصله الکتروود از سطح مذاب (طول قوس) باید در حداقل ممکنه نگهداشته شود و چون در غیر اینصورت احتمال تشکیل حفره های گازی وجود خواهد داشت.

جوشکاری را تا ۱ الی ۲ میلی متری سطح ریل ادامه داده تا در صورتیکه لازم باشد از الکتروودهای با سختی تقریباً معادل با سختی ریل استفاده شود. نکته مهم در مورد الکتروودهای سخت آنستکه بیش از ۲ الی ۳ پاس جوشکاری نشوند،



جوشکاری ریل ها

تعمیرات تکه مرکزی :

تکه مرکزی در راه آهن تعویض خطوط قطارها را بعهده دارد. بعلت ضربات ناشی از برخورد چرخ قطارها تکه های 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 آوستنییتی تولید کرد. تکه های مرکزی مورد مصرف در راه آهن ایران عمدتاً از نوع فولاد منگیزی آوستنییتی است.

مشخصات تکه مرکزی طبق استاندارد UIC

| استاندارد | ترکیب شیمیائی % |       |      | مقاومت کششی<br>N/MM2 |
|-----------|-----------------|-------|------|----------------------|
|           | C               | Mn    | Si   |                      |
| UCI 866   |                 |       |      |                      |
| AM-STEEL  | ۰.۰۹-۰.۰۳       | ۱۱-۱۴ | ۰.۰۴ | ۶۷۰                  |

روش تعمیر :

بهترین نتیجه تعمیرات تکه مرکزی وقتی حاصل میشود که عمق فلز آسیب دیده 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 آماده سازی ، 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 کاملاً 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 درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه تنش زوایی نمائید (پس گرمایش) و آنرا با پوششهای نسوز بپوشانید تا به آرامی سرد گردد.

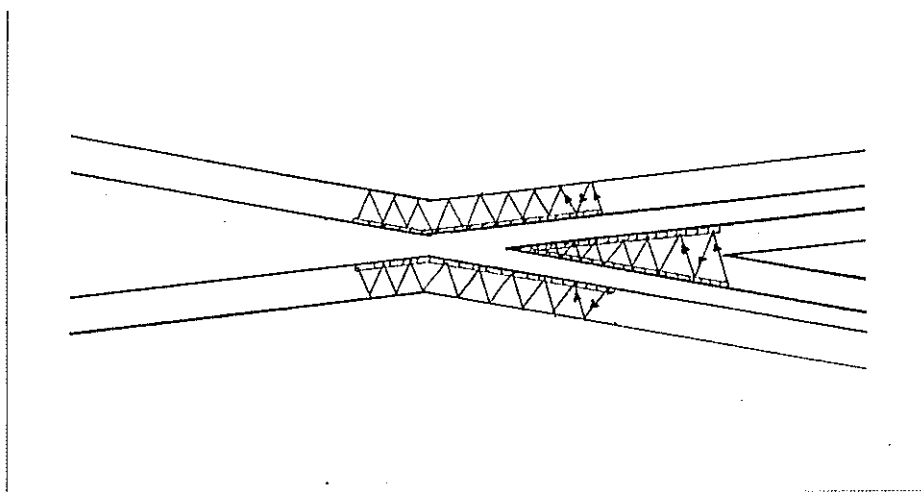
بعد از سرد شدن قطعه تا دمای محیط ناحیه جوش باید بطور نهائی ماشینکاری شود. هیچ نوع بریدگی کنار جوش UNDERCUT یا حفره‌های گازی به سطح رسیده مورد قبول نمی باشد.

#### الکتروود مصرفی

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

در صورت‌نیاز به سخت سطحی همانطور که قبلاً اشاره شد ۲ یا ۳ پاس آخر را میتوان با الکتروودهای کرم - منگنز ( حدود ۳ تا ۴ درصد کرم ۱٪ منگنز ) جوشکاری کرد. سختی ناشی از این الکتروودها در حدود ۳۲ تا ۳۶ راکول C میباشد. الکتروودهای حاوی کارباید کرم گرچه سختی بیشتری دارند، اما در مقابل ضربه حساسترند و زودتر ترک‌پرمیدارند.

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 کمک خواهد کرد.



شکل [۷] الف) ترتیب و روش جوشکاری



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

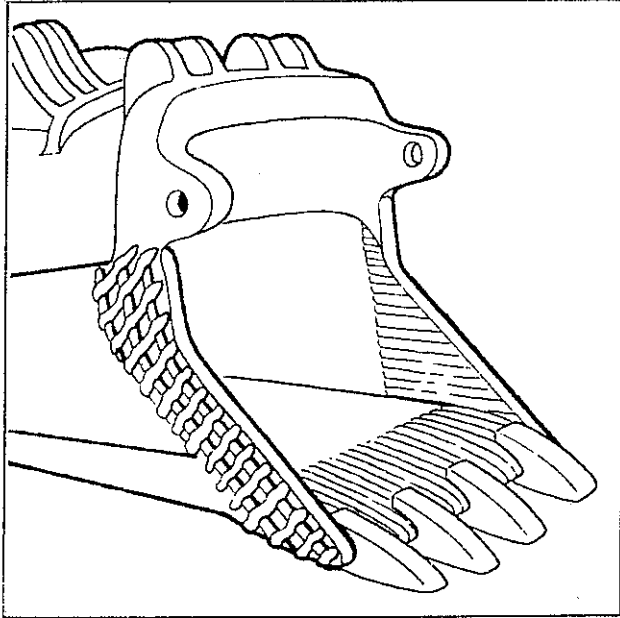
الکترودهای مصرفی :

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

مشخصات الکترودهای مناسب جوشکاری تکه مرکزی

| شماره الکتروود<br>AWS | تسریب شیمیائی % |       |     |     |     | مقاومت کششی<br>N/MM2                 |
|-----------------------|-----------------|-------|-----|-----|-----|--------------------------------------|
|                       | C               | Mn    | Ni  | Cr  | Si  |                                      |
| E 312-16              | .۰۱۱            | ۱۰.۷  | ۱.  | ۲۸  | .۰۵ | الکتروود نرم<br>جهت لایه‌های<br>پرکن |
| E Fe Mn-A             | .۰۵-۰.۰۹        | ۱۱-۱۶ | ۳-۶ | .۰۵ | ۱/۳ | حداکثر<br>۲ الی ۳ پاس<br>جوشکاری شود |

جوشکاری باکنت ها :

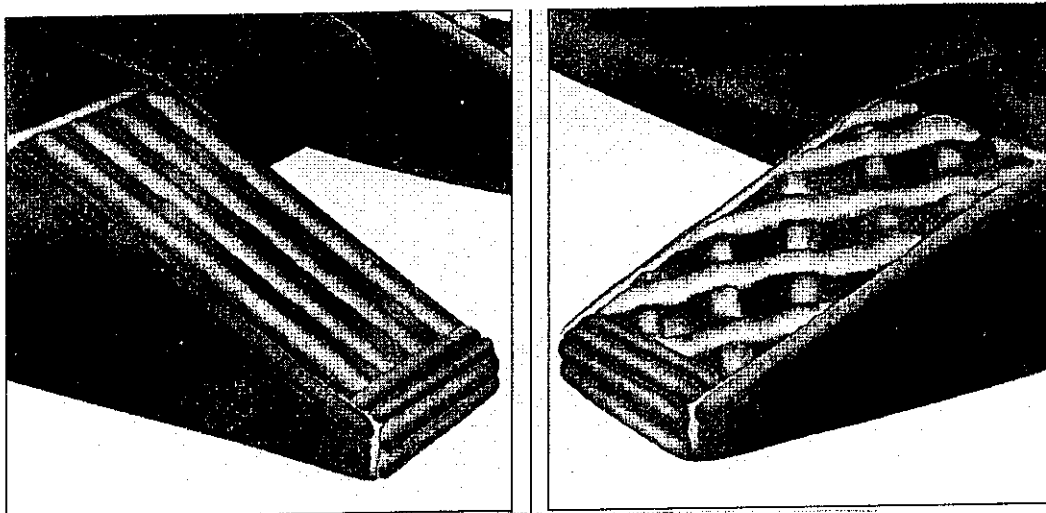


باکنت‌ها عموماً " تحت شرایط سایش و ضربه تواماً " قرار دارند. جوشکاری با الکترودهای سخت در دو طرف‌گوشه‌های باکنت ( داخل و خارج ) و سمت بالای تیغه جلوی CUTTING EDGE میتواند صورت گیرد ( از لایه دادن جهت‌زیرین تیغه جلو اکیدا " خودداری شود. شکل و جهت لایه‌ها میتواند بصورت تک خط DOT یا متقاطع باشد. روش جوشکاری متقاطع بهترین نتیجه را در بر خواهد داشت.

جوشکاری :

پس از تمیزکردن نواحی مورد نظر از گریس، چربی‌ها و دیگر آلودگی‌ها، جوشکاری باید بدیجی انجام شود که امتزاج الکتروود با فلز باکنت 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 سانتی‌گراد). 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. در صورتیکه امکان پیش‌گرمایش وجود نداشته باشد، طول هر پاس نباید 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.

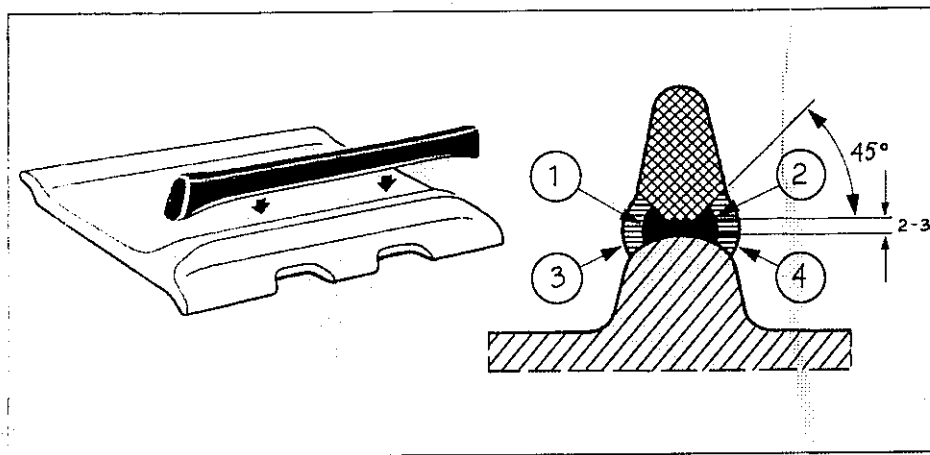
## روکش کاری ناخهای دستگاههای راهسازی و معدنی



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

در صورتیکه ناخن‌ها در مناطق سنگی کار کنند، بهتر است از الکترودهایی استفاده شود که حاوی حداقل کارباید کرم باشند. شکل روکش کاری در این حالت متقاطع خواهد بود. اگر جنس ناخها از نوع پرمنگنز اوستینیتی نباشد استفاده از پیش‌گرمایش سبب خواهد شد که کار انجام شده بازدهی مناسبتری داشته باشد. در مورد ناخهای منگنزی جوشکار باید دقت کند که فلز زیاده گرم نشود. روکش کاری فقط باید در قسمت ناخن انجام شود و از جوشکاری بالا و پائین ناخن بطور توأماً "چدا" خودداری گردد، چون در غیراینصورت ناخن بشدت شکننده خواهد شد.

بازسازی کفشک دستگاههای راهسازی و ساختمانی



ساییدگی تیغه برجسته زیر کفشکهای دستگاههای راهسازی نظیر بلدوزر و بیل مکانیکی را میتوان با جوش یکقطعه میله گرد یا چهارگوش از فولاد سخت تعمیر کرد. روش تعمیر میتواند بشرح ذیل باشد :

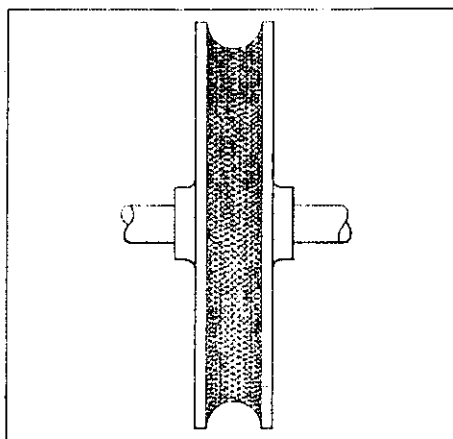
۱- تمیزکاری ناحیه مورد نظر .

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 الکتروود رده 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) الکتروودهای رده E7018 برای جوشکاری کاملاً مناسب می باشد .

بازسازی قرقره‌های جرثقیل CRANE WHEEL



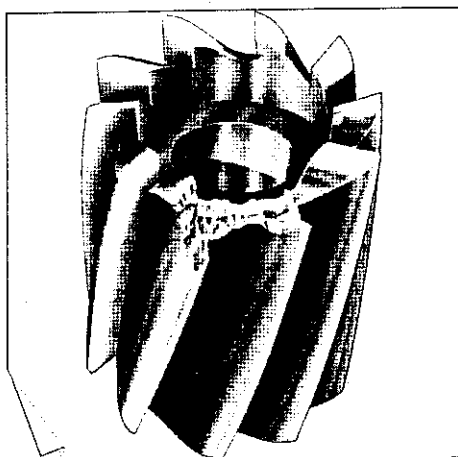
قرقره‌های جرثقیل عموماً از فولادهای پرکربن مقاوم به سایش تولید میشوند. بعلت شکل دیسکی این قرقره‌ها، نصب آنها روی یک‌محور چرخان و سپس جوشکاری آن در حال گردش آهسته ارزانترین و مناسبترین روش تعمیر است. بعلت کربن زیاد پیش‌گرمایش قرقره تا حدود ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، شایب نگهداشتن این دما درحین جوشکاری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

الکتروود مصرفی

بسته به شرایط و موقعیت کار جهت‌روکش‌کاری قرقره‌ها از الکتروودهای مختلفی میتوان استفاده کرد. الکتروود 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.



### تیغچه های فرز



ناحیه شکسته شده تیغچه را سنگزده و کاملاً صاف کنید. پس از بازرسی جهت کنترل احتمال ترک و تمیزکاری تیغچه را حدود ۳۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و جوشکاری را با پاسهای کوتاه شروع کنید.

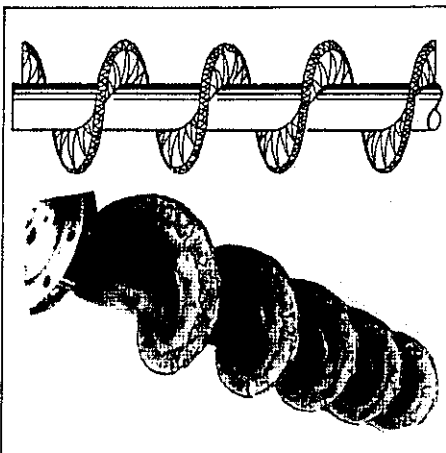
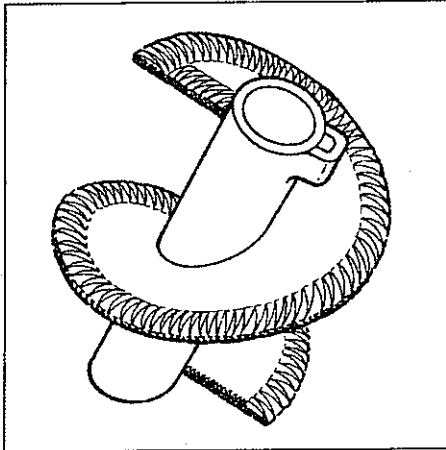
پس از هر پاس در حالیکه فلز جوش هنوز سرخ می باشد با چکش بطور متوالی کوبیده شود. PEENING. پس از اتمام

جوشکاری عملیات ماشینکاری انجام گیرد. دمای پیش گرمایش در تمام مدت جوشکاری و ماشینکاری بایستی ثابت نگهداشته شود و در انتها قطعه را با مواد نسوز بپوشانید تا به آرامی سرد گردد.

### الکتروود مصرفی

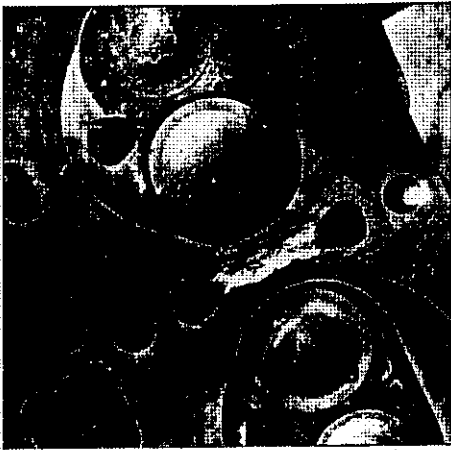
الکتروودهای رده AWS A5.13: E Fe5 B با فلز جوش از نوع فولاد تنسدر و سختی در حدود ۶۰ تا ۶۵ راکول HRC مناسبترین نوع الکتروود می باشند. در صورتیکه سختی ناحیه تعمیر بحسد مذکور نرسید با دوبار تمپر کردن در دمای ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد بمدت یکساعت حداکثر سختی حاصل خواهد شد.

مارپیچ تغذیه بتن و آسفالت



مناطق فرسوده را از بقایای بتن یا آسفالت تمیز کرده و در صورت لزوم بوسیله سنگزنی یا الکتروود ذغالی نواحی را صاف و پرداخت کنید. در صورتیکه عمق و وسعت مناطق تعمیراتی زیاد باشد، ابتدا با الکتروودهای رده E7018 نقاط فرسوده را پر کرده و پس از آن با الکتروودهای کارباید کرم نظیر AWS A5.13 : E Fe Cr-Al که مقاومتی بسیار خوبی دارند در حدود ۲ تا ۳ پاس روکش سخت رسوب داده شود. جهت نگهداری حوضچه مذاب WELD POOL و ممانعت از ریزش مذاب در لبه‌های کار استفاده از کفشک‌های مسی کمک زیادی خواهد نمود. در بسیاری از اوقات سنگزندن و آرایش نهایی کار لزومی نداشته و مارپیچ تعمیر شده مستقیماً قابل استفاده خواهد بود.

سیلندر موتور (بدنه موتور) و سر سیلندر



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

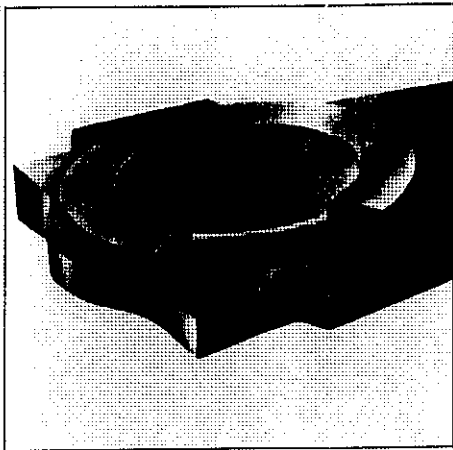
جوشکاری :

جوشکاری سیلندر و سر سیلندر می‌بایستی بطریق سرد COLD WELDING و بدون استفاده از پیش‌گرمایش صورت گیرد.

- ۱- طول هر پاس جوش از ۲۵ میلی‌متر تجاوز نکنند.
- 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 الکتروود 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 الکتروود در عرض بساند 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 حتما " جوشکاری در حالت سخت صورت گیرد.
- ۹- فقط از الکتروودهای با پایه نیکل نظیر ENiFe-C1 یا A5.15 ENiC1 AWS استفاده گردد.

بازسازی شیرها

نشمینگاه 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 قرار دارند. انتخاب الکتروود جهت روکش کاری این اجزاء تحت تاثیر عوامل مختلفی بویژه نوع



سیال، جنس فلز اصلی و درجه حرارت بهره‌برداری قرار دارد. الکتروودهای با پایه کبالت (از نوع استالایت) نظیر AWS A5.13 : E Co Cr-A برای مواردی که دمای بهره‌برداری بیش از ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد و الکتروودهای از جنس فولاد زنگ نزن پرکرم فریتی - مارتزیتی (الکتروود با ۱۳% کرم) با سختی در حدود ۴۴-۴۹ راکول HRC در مواردی که دمای بهره‌برداری زیر ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد توصیه می‌گردند. پیش‌گرمایش قطعه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و جوشکاری فقط ۲ الی ۳ پاس با الکتروودهای مذکور الزامی است.

## استفاده الکترود برای کربن‌های منبسطی فولاد

صفحه ۱ از ۷

| کسپرپرورد فولاد             | نوع و مشخصات الکترود   |       |     |     |     |    |    |   |   |    |    | محدوده راکول HRC | ملاحظات |    |    |    |   |         |  |   |
|-----------------------------|------------------------|-------|-----|-----|-----|----|----|---|---|----|----|------------------|---------|----|----|----|---|---------|--|---|
|                             | C                      | Cr    | Si  | Mn  | Mo  | Ni | Co | W | V | Nb | Cu |                  |         | Ti | Fe | Sn | S | P       |  |   |
| ایرادی های گفازوزی جهت سایش | DIN 8555 : B6-55       | ۱.۰/۳ | ۶   | ۰.۷ | ۰.۶ |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   | ۵۵ - ۵۸ | جولم دارای ظاهر صاف و یکپارچه بوده و در برابر جری برداشتن مقاوم میباشد |   |
|                             | AMS A5.13 : E Fe Cr Al | ۷/۵   | ۳۳  |     |     |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۶۰   |   |
| مفروضه کن اطمینان و بتن     | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵   | ۳۳  |     |     |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۶۰   | نیلز جولم دارای مقدار زیادی کربن کم بوده و علاوه بر سایش در مقابل خوردگی و اکسید شدن مقاوم است                                    |
|                             | DIN 8555 : B1 - 300    | ۱.۰/۱ | ۳/۲ | ۰.۵ | ۰.۷ |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۳۱ - ۳۴  | مناسب برای اتصال لوله های استهکام بالای سنجی پذیر و روکش کاری غشکها ، کفکهای تریز ، زنجیرها و غیره                                |
| زنجیرهای بنجاب              | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵   | ۳۳  |     |     |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۶۰   |   |
|                             | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵   | ۳۳  |     |     |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۶۰   |   |
| نگهای آسپاب ( جهت سایش )    | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵   | ۳۳  |     |     |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۶۰   |   |
|                             | DIN 8555 : B6 - 55     | ۰.۷   | ۱.۰ | ۰.۵ | ۰.۷ |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         | ۵۵ - ۵۸  | جولم با مقاومت به سایش بیشتر خوب تا ۵۰۰ درجه سائنی گرد<br>حد اکثر سنجی با روپن یک پا در لایه روی فولاد نرم و کم آسپاب بسته می آید |
| ORIG LINE BLAND             | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵   | ۳۳  |     |     |    |    |   |   |    |    |                  |         |    |    |    |   |         |  |   |

انتخاب الکترود بر اساس کاربرد های مشخصی برای

مقطع ۲ از ۷

| کاربرد مورد نظر       | نسبت عناصر و مشخصات الکترود |                      |       |      |        |      |    |   |      |    |    |    |    | سختی و انکسار<br>HRC | ملاحظات |    |   |         |   |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-------|------|--------|------|----|---|------|----|----|----|----|----------------------|---------|----|---|---------|---|
|                       | C                           | Cr                   | Si    | Mn   | Mo     | Ni   | Co | W | V    | Nb | Cu | Ti | Fe |                      |         | Sb | S | P       |   |
| مته های حفاری         | AMS A5.13 : B Fe Cr Al      | ۷/۵۱                 | ۳۳۱   |      |        |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۶۰      | الکترود مناسب برای سفته کاری حثیبه سا<br>و ضخیم های تراپ چوب و نرول های سفته شده<br>در روغن |
|                       | DIN 8555 : B6 - 55          | ۰/۷۱                 | ۱۰/۵۱ | ۰/۵۱ | ۰/۷۱   |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۵ - ۵۸ |   |
| ابزار های برش سرد کار | DIN 8555 : B3 - 55F         |                      |       |      |        |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۶۰ - ۶۴ | بدون عملیات تعمیر تیگ هم خواص قابل<br>قبولی دارد.   |
|                       | مته سر ابزار های تولید      | AMS A5.13 : B Fe S B | ۰/۹۱  | ۷/۵۱ | ۷/۵۱   |      |    | ۲ | ۱/۶۴ |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۶۰ - ۶۵ |   |
| مته سر ابزار های چوب  | DIN 8555 : B4 - 60S         |                      |       |      |        |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۱ - ۵۶ | چوبی حاصل ساختار چارتریتیسی دانه و رنگ<br>نرول میناله                                       |
|                       | DIN 8555 : B6 - 55 R        | ۰/۲۵                 | ۱۳/۵۱ | ۰/۳۱ |        |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۶۰      |   |
| چک های سنگ شکن        | AMS : B Fe Cr Al            | ۷/۵۱                 | ۳۳۱   |      |        |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۵ - ۵۸ | مکانیسم برای تعمیر قسمتهای فرسوده<br>دستگاه های راه سازی و سافسانی                          |
|                       | DIN 8555 : B6 - 55          | ۰/۷۱                 | ۱۰/۵۱ | ۰/۵۱ | ۰/۷۱   |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۵ - ۵۸ |   |
| DRAG LINKS            | AMS : B Fe Cr Al            | ۷/۵۱                 | ۳۳۱   |      |        |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۸ - ۶۴ |   |
|                       | DRUDGE BUCKER               | —                    | ۰/۷۱  | ۲    | ۴/۰/۳۱ |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۵ - ۵۸ |   |
| اره برقی چوب بری      | DIN : B6 - 55               | ۰/۴۱                 | ۶     | ۰/۴۱ | ۰/۷۱   | ۰/۶۴ |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۵۵ - ۵۸ |   |
|                       | DIN : E1 - 300              | ۰/۷۱                 | ۱۰/۵۱ | ۰/۵۱ | ۰/۷۱   |      |    |   |      |    |    |    |    |                      |         |    |   | ۳۱ - ۳۴ |   |

انتخاب الکترود پیراسی کاربردهای صنعتی فولاد

مقطع ۳ از ۷

| کاتربرد فولاد              | مستوع و ملخصه الکترود  |      |      |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    | سختی راکول<br>HRC | ملاحظات |    |   |    |         |   |
|----------------------------|------------------------|------|------|-----|-----|----|----|---|-----|----|----|----|----|-------------------|---------|----|---|----|---------|---|
|                            | C                      | Cr   | Si   | Mn  | Mo  | Ni | Co | W | V   | Nb | Cu | Ti | Fe |                   |         | Sn | S | P  |         |   |
| سربیس ظریف یق              | AMS A5.13 : E Fe Cr Al | ۷/۵  | ۳۳   |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   | ۶۰ |         |   |
|                            |                        | ۰/۷  | ۷    | ۴   | ۰/۳ |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۸ - ۶۳ | از روککاری های ضخیم اجتناب گردد.<br>در دمای بیش از ۳۰۰ درجه سانتی گراد<br>استفاده نشود  |
| صیقلهای کم زن - یق و آهسته | DIN 8555 : B6 - 55     | ۰/۷  | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۵ - ۵۸ |   |
|                            | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵  | ۳۳   |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      |   |
| میل و آهسته                | DIN B1 - 300           | ۰/۱  | ۳/۲  | ۰/۵ | ۰/۷ |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۳۱ - ۳۴ |   |
|                            | AMS : E Fe Cr Al       | ۰/۲۵ | ۱۳   | ۰/۵ | ۰/۳ |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۱ - ۵۶ | در صورتیکه چولن به سافتکاری نیاز داشته<br>باشد توسط میگرد که این عملیات قبل از<br>اینگ دمای چولن به کمتر از ۳۰۰ درجه<br>سانتی گراد برسد، انجام گردد |
| نگهای آسبب صم سایش         | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵  | ۳۳   |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      |   |
|                            | AMS A5.13 : E Fe 58    | ۰/۹  | ۷/۵  |     | ۷/۵ |    |    | ۲ | ۱/۶ |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰ - ۶۵ | به دوپار تعمیر کردن به سختی ۴۵ راکول<br>میباشد دست نیافت  |
| صیقلهای برای فلزات         | DIN 8555 : B3 - 50F    |      |      |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰ - ۶۴ | پیش گرمایش بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی -<br>گراد توسط میگرد   |
|                            | AMS : E Fe Cr Al       | ۷/۵  | ۳۳   |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      |   |
| وینر انور                  | DIN : S6 - 56          | ۰/۷  | ۱۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۷ |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۵ - ۵۸ |   |
|                            | DIN : B6 - 55R         |      |      |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۱ - ۵۶ |   |
| صیقلهای برای چوب           | DIN : B3 - 55F         |      |      |     |     |    |    |   |     |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰ - ۶۴ | چوب چولن مطابق فولادهای سخت فرشته در<br>روغن است  |

## انتخاب الکترود برای اساس کار برای صنعتی فولاد

مقطع ۴ از ۷

پیوسته شماره [۱۹]

| کاربرد فولاد   | مقطع و مشخصات الکترود   |    |       |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    | سختی راکول<br>HRC | ملاحظات |    |   |    |         |   |
|--|-------------------------|----|-------|------|------|------|----|---|---|----|----|----|----|-------------------|---------|----|---|----|---------|---|
|  | C                       | Cr | Si    | Mn   | Mo   | Ni   | Co | W | V | Nb | Cu | Ti | Fe |                   |         | Sn | S | P  |         |   |
| صفحه های کار آهن                                       | AMS : E Fe Cr Al        | ۳۱ | ۷/۵۱  |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   | ۶۰ |         |   |
|  | DIN : B6 - 55           | ۴  | ۰/۷۱  | ۰/۷۱ | ۰/۴۱ |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۵ - ۵۸ |   |
| سنگ فلک های صنعتی                                      | AMS A5.13 : E Fe Cr Al  | ۳۳ | ۷/۵۱  |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      |   |
|  | _____                   | ۲  | ۰/۷۱  | ۲    | ۰/۴۱ |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۸ - ۶۲ | نیز جوش تا ۸۷۵ درجه سانتی گراد سختی خود را حفظ میکند  |
| ناخنک سافین آهن و آمازای (نصف سایش)                    | MS A5.4 : E 312 - 16    | ۵۱ | ۰/۱۳۹ | ۵۱   | ۰/۷۱ | ۱/۵۱ |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      | الکتروود مناسب برای فولادهای با جوش پذیری ضعیف ، فولادهای ساختمانی و لایه های پرکننده                 |
|  | AMS : E Fe Cr Al        | ۳۳ | ۷/۵۱  |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      |   |
| پانکه سافین آهن و آمازای صفحه کار آهن                  | DIN : B6 - 55           | ۷  | ۰/۷۱  | ۰/۵۱ | ۰/۵۱ | ۰/۷۱ |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۵ - ۵۸ |   |
|  | AMS : E Fe Cr Al        | ۳۳ | ۷/۵۱  |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      |   |
| ناخنک دستگیره های و آمازای (نصف نوبه)                  | DIN B6 - 55             | ۷  | ۰/۷۱  | ۰/۵۱ | ۰/۵۱ | ۰/۷۱ |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۵۵ - ۵۸ |   |
|  | AMS A5.1 : E 7018       | ۱۱ | ۰/۵۱  | ۱/۳۱ |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      | مناسب برای لایه های پرکن و مقاوم در برابر اکسیداسیون  |
| صمبیر و بازسازی ناخنکها                                | DIN 8556 : B8 - 200 CR2 | ۵  | ۰/۵۱  | ۱/۷۱ | ۰/۳۱ | ۴/۵۱ |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۶۰      | جوش حاصل مقاوم در برابر خوردگی بوده است و پیوسته و برای اتصال فولادهای با جوش پذیری ضعیف مناسب میباشد |
|  | _____                   |    |       |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    |         |   |
| روز لبرها و خوردگی سافین آهن سنگین و آمازای و ساختمانی | DIN : B1 - 300          | ۱۱ | ۰/۳۱  | ۰/۵۱ | ۰/۷۱ |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    | ۳۱ - ۳۴ |   |
|  | _____                   |    |       |      |      |      |    |   |   |    |    |    |    |                   |         |    |   |    |         |   |



## انتخاب الکترواد بر اساس کاربردهای صنعتی فولاد

پیوسته شماره [۱۶]

صفحه ۵ از ۷

| کلاس پرورد فولاد                   | نسبت در صد و مشخصات الکترواد |      |      |     |     |     |    |   |   |    |    |    |    | سختی و انکول | ملاحظات |    |    |    |                     |  |
|------------------------------------|------------------------------|------|------|-----|-----|-----|----|---|---|----|----|----|----|--------------|---------|----|----|----|---------------------|--|
|                                    | C                            | Cr   | Si   | Mn  | Mo  | Ni  | Co | W | V | Nb | Cu | Pb | Pi |              |         | Fe | Sb | S  | P                   |  |
| ساخته های کاتال کن (ترنج)          | ANS : E Fe Cr Al             | ۷/۵۱ | ۲۳۱  |     |     |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    | ۶۰ | سختی و انکول<br>HRC |  |
| اجزاء آب بندی کننده شیرها          | ANS A5.13 : E Co Cr-A        | ۱    | ۲۱   |     |     |     | ۶۰ | ۵ |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    |                     | فلز چوب دارای استحکام ۶ و در مقابل تری برداشتن مقاوم است   |
|                                    | DIN 8555 : B5 - 45 R         | -/۱۲ | ۱۳   | -/۵ | ۰/۳ |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    | ۴۴ - ۴۹             | فلز چوب دارای ساختار مارتنزیتی - نریتی میباشد و در مقابل سربش سردادن حساس است                                  |
| کفک تریز (صه سابق)                 | DIN : B1 - 300               | ۰/۱۱ | ۳/۲  | -/۵ | ۰/۷ |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    | ۴۱ - ۴۴             | چوب حامل دارای سطح ۱۵ تا ۱۰ میلی الکترواد سطحی در حدود ۸ میلی ۱۰ برابر قطر الکترواد در یک پاس قابل روککاری است |
| کفک تریز (صه تریه)                 | DIN : B6 - 55                | ۰/۷  | ۱۱/۵ | -/۵ | ۰/۷ |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    | ۵۵ - ۵۸             | الکتروادهای که کار با آن بسیار راحت بوده و حتی با جرم اسفورد همای ساده نیز قابل استفاده است                    |
| فولاد پر منگنز (ساده نیک)          | ANS A5.13 : E Fe Mn-4        | -/۷۵ |      |     | ۱۲  | ۳/۵ |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    | ۴۵ - ۴۰             | چوبی دارای ساختار آوستیتی است و خاصیت کار سختی دارد  |
|                                    | DIN 8555 : B8 - 200 CK2      | -/۱۱ | ۱۸   | ۰/۳ | ۶   | ۹   |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    |                     | مناسب برای لایه های پیکن و مقاوم در برابر تری  |
| سنگ هکتهای گنی از جنس فولاد منگیزی | ANS A5.13 : E Fe Mn-B        | ۱/۱۱ |      |     | ۱۳  |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    |                     | چوبی حامل قابلیت کار سختی سربشی را دارد  |
|                                    | DIN : B6 - 55                | ۰/۷  | ۱۰/۵ | -/۵ | ۰/۷ |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    |                     | کار ساده   |
| سنگ آهن مغزویی                     | ANS : E Fe Mn-A              | ۰/۷۵ | ۱۰/۵ | -/۵ | ۰/۷ |     |    |   |   |    |    |    |    |              |         |    |    |    | ۴۵ - ۴۰             | فلز چوب مقاوم به ترک بوده و خاصیت کار سختی دارد  |





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)