به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

---

www.Iran-mavad.com

چکیده

با توجه به اینکه در جهان فولادهای متعددی ساخته می شود و هر کدام دارای مشخصات فیزیکی ومکانیکی خاصی می باشند و نیز دارای کاربردهای گوناگونی در صنعت به کاربرده می شوند.بدین منظور بر آن شدیم تا در این مقاله یکی از این فولادها را تحت عنوان فولادهای هاردوکس و ولدوکس معرفی کنیم.برای این منظور نیز در خصوص این دو نوع فولاد به طور مختصر توضییح داده می شود.تاریخچه این فولادها در جهان در سال 1998 میلادی در کشور سوئد و توسط شرکت SSAB OXELÖSUNDساخته شده وکارخانه آن دراسکاندیناوی جهت ساخت فولادهای هاردوکس و ولدوکس بکاربرده شده تولید کشته است. به طوری که این شرکت سهم مهمی را در صنعت این چنین فولادهایی را در جهان برعهده داشته است. تولیدات SSAB OXELÖSUND سالیانه نیم تن فولادتولید شده را که بالغ بر90درصدازاین تولیدات به خارج صادر می کند.رهبری این شرکت هادرجهان به دست افراد متخصصی است.درزمینه فولادهای تمپر شده وکوئینچ شده بااستفاده از فرایندهایی که با این اسم به صورت فولادهای ساختمانی WELDOXوورقه های پوشش داده شده به نام HARDOX تولید می شوند.

از مواردی که در این مقاله تهیه شده موضوعاتی است که درباره آن در بخش هایی مختلف مطرح شده که به طور مختصر در مورد این بخش ها شرح داده می شود.برای این منظور در فصل اول آن در مورد تولیدات این فولادها وروشهایی که تا پایان سری تولیدات که چه مراحلی را طی کرده تا برای عرضه آن در سطح جهان انجام شود.در فصل های دوم و فصل سوم آن درمورد فولادهای هاردوکس و فولادهای ولدوکس توضییح داده شده که طریقه کاربردومشخصات فولاداز نظرهای فیزیکی ومکانیکی و مواردی که در صنعت برای کارهایی که روی این فولادها انجام می دهند چگونه صورت می گیرد.در فصل چهارم نیز در مورد جوشکاری این فولادها شرح داده شده که به چه صورتی می توان آنها را جوشکاری نمود و چطور از شرایط قبل وبعد ازجوشکاری این فولادها آگاه باشیم تا در مقابل معایبی که ممکن است در این گروه از فولادها اتفاق بیافتدجلوگیری کرد.در این فصل که بخش خمکاری وبرشکاری می باشد بدین صورت توصیف شده که چطور نیروهای خمکاری وبرشکاری می توانند برروی این سری از فولادها تاثیر گذار باشند تا بتوان خمکاری و برشکاری آن را به نحو صحیح اجراء نمودودر فصل آخر نیز در مورد ماشینکاری این گروه از فولادها بحث شده به طوری که بیشتر این بخش در مورد قسمت های عملیاتی بر ابزارهای موجودی که باعث می شوند فولاد مورد نظر طبق جداول آن ابزار برای چه کاری موثر واقع می شود.

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل اول

1-1فرایند و محصولات

1-1-1جریان تولیدات

فولادهایی که توسط این فرایند تولید می شونددر یک ردیف طولی قرار گرفته تا بتوان این ورق ها را با استفاده ازروش هایی که انجام می گیرد فرایند نگه داری وتهیه آن تحت کنترل قرار گیرد.

روش هایی که برای بهینه سازی موثر هستند به طور کامل این تولیدات رهبری می شوند. همچنین هر کدام از این گروه از فولادها برای استفاده های تجاری (بازرگانی) بکار برده می شوند.

1-1-2روندها

از جمله ردیف های اصلی این مواد ها ازسنگ معدن های هستندکه شامل : کک هاو حباب هایی که هر کدام خودشان دارای کک دردستگاه ها قرار دارند.

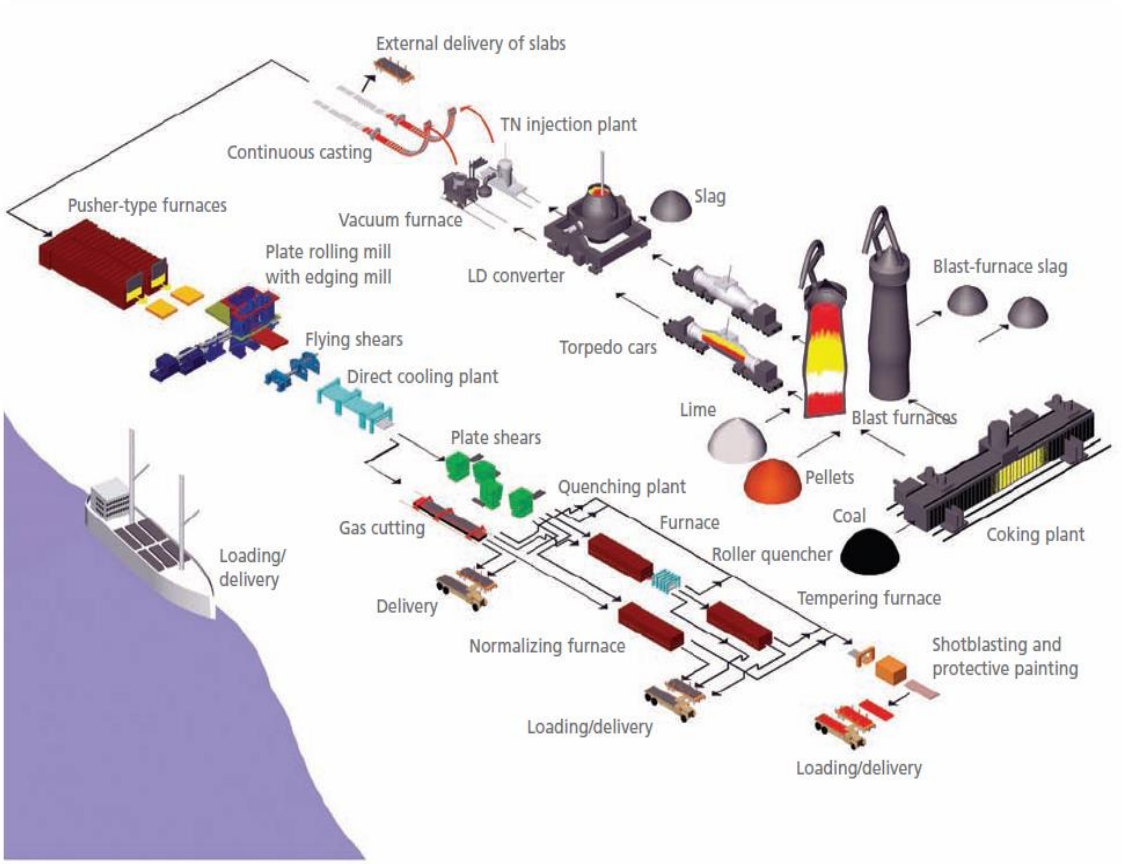
روند تولیدی این فولادها بدین صورت است که ابتدا ازسنگ معدن ها که برای تولید این فولادها به کاربرده می شوند به طور خام نیزبرای تبدیل به آهن خام آنهارا وارد کوره با دمش هوا می کنندآهن خام در اینجا برای انتقال توسط ماشین های اژدرداربه مکان دیگری که خود همان فولاد هست برده شده ودر این جا نیز با استفاده ازکوره های LD (برای تصفیه کردن) آهن خام وتبدیل به فولاد خالص به آن اکسیژن دمیده می شود.که در این جا هرکدام باعث می شود که درصدکربن آهن در این فولادها پایین نگه داشته شود.

مقدار کربن نیز بدین معنی است که از ویژگی هایی که بین آهن خام باآهن خالص است تشخیص داده شود.

فولادی که در این روش وجود دارد برای دستیابی به ترکیب شیمیایی ودمای مناسب می باشد.فولاد هایی که به شکل تختال اندتوسط ریخته گری مداوم به وجود می آیند.

سپس تختال ها برای انتقال به سمت ماشین نورد رفته ودراینجا نیز ورق هادر حین ورود نورد می شوند.با توجه به دست یافتن به خواص مورد نیازورق ها بایستی آنها راتا جایی که ممکن است پیشگرم کنندکه کوئینچ شدن را نیز شامل می شود.سپس در این جا ازروش های گوناگون ا ز جمله پسگرمایی برروی آن انجام می گیرد همانند مسطح کردن، برشکاری طولی وعرضی ،ضد زنگ وعلامت گذاری ها وسپس در انتها ورقه ها برای تحویل به مشتری آماده می گردد.

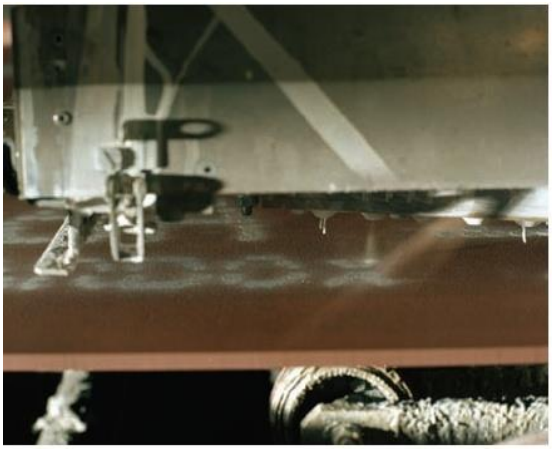
www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



(الف)

(ب)

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



(د)

(ج)

-طبق موارد گفته شده از روی شکل های بالادر مورد فرایند تولیدآن (الف)و همین طور دیگر شکل هایی که درباره ضد زنگ در برابر خوردگی(ب) و علامت گذاری(ج)و(د) این فولادها نشان داده شده است مشاهده می کنید.[1]

1-2روش کنترل مدیریت

روش کنترل مدیریت مطابق باEN ISO 9001

روش کنترل مدیریت در مورد این فولادها برپایه EN ISO 9001ونیز براساس مقررات ارائه شده برای کیفیت ومحیط زیست می باشد.

1-3تاییدیه ها

مامی توانیم اختیاراتی رابرای دریافت برخی از انجمن هایی که در مورد تولیدات ورق های کششی و ورق هـای صنعتی انجام می دهندتضمیین کنیم مطابق با:

- MSA-DNV DET NORSKE VERITAS
- GL GERMANI SCHER LIOYD
- Lioyds Register برنامه موادها

براین اساس نیز سازندگان ورق ها آن را مورد تایید خود قرار می دهند.

1-4تلرانس ها و وضعیت های سطحی

ازاین قسمت نیز خصوصیات استاندارد مواد که مطابقت داشته باشد با ورق هایی که دارای وضعیت های سطحی براساس استاندارد EN10163-2،کلاس Aبا تلرانس های سطحی مطابق باEN 100 29 وکلاس N همراه با

[1]- www.ssabox.com

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

تلـرانس هـای طـولی وعرضـی مطـابق بـاEN 10029 و همـین طـور تلـرانس ضـخامت کـه مطـابق بـا ACCUROLLTECH [1] که به صراحت با EN 10029 مطابقت نیز دارد.

انتخاب هایی که برای استانداردEN 10029 متناسب باSSAB Oxelösund صورت گرفته در قسمتهای زیر به آنها اشاره شده است.

-در جدول زیرجایی که ورق هایی با ضخامت بالاتر از 20 میلیمتر می باشندرابا برشکاری پلاسما می توانیم تلرانس های بسته که تعیین گردیده را برروی طول وعرض هایی که در زیر شده اند انجام دهیم.

طول اسمی (mm)	تلرانس (mm)	
	کمترین	بیشترین
-(4000)	0	+20
4000-(6000)	0	+30
6000-(8000)	0	+40
8000-(10000)	0	+50
10000-(15000)	0	+75
15000-(18000)	0	+100

عرض اسمی (mm)	تلرانس (mm)	
	کمترین	بیشترین
1000-(2000)	0	+20
2000-(3000)	0	+25
3000-(3400)	0	+30

1-4-1تلرانس ضخامت

تلرانس های ضخامت در مقایسه باACCUROLLTECH دارای خصوصیاتی است که درEN 10029 موجود می باشد به استثنای ضخامت هایی که بیشتر ومساوی 80 میلیمتربوده و برای هرکدام ازاین ردیف تلرانسهامقدارهای معینی مشخص شده است.ACCUROLLTECH نیز برروی بیشترین ضخامت های گوناگون در محدوده یک ورقی که به طور دقیق درEN 10029 می باشدکه برروی ورق های نورد شده یا در وضعیت عملیات حرارتی قرار گرفته اند به کاربرده می شوند مگر اینکه به طور دیگری مطابقت کندکه تلرانس Aنیز برای ACCUROLLTECH درنظر گرفته شده است.

[1] نام انطباقی در فولادهای هاردوکس و ولدوکس است.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ACCUROLLTECH

ضخامت اسمی(mm)	تلرانس کلاس A(mm)		بیشترین ضخامت هـای مختلـف در محدوده یک ورق (mm)
	بیشترین	کمترین	
-4.9	+0.35	-0.35	0.5
5-7.9	+0.40	-0.40	0.6
8-14.9	+0.50	-0.50	0.7
15-24.9	+0.60	-0.60	0.8
25-39.9	+0.80	-0.70	1
40-79.9	+1.50	-0.80	1.1
80-155	+2.20	-100	1.2

تلرانس هایی که در کلاس های B،C،Dیا مقادیر دیگر که نیازبه محدوده هایی درردیف تلرانس بالا باشـد را در هریک از ضخامت ها در فاصله هایی که ترتیب داده شده اند می تواند صورت گیرد.

کلاس B=کمترین تلرانس های تماسی معادل 0.3- میلیمتر

کلاسC= کمترین تلرانس های تماسی معادل0میلیمتر

کلاسD=بیشترین تقارن وکمترین برای این تلرانس هاموضوع نیز به طور خواص تلرانس ها یی نیزمورد موافقت قرار گرفته اندورقه ها نیز نسبت به تلرانس های بیش ازحد بسته شده که می تواند مورد پشتیبانی قرارگیرند.

ACCUROLLTECH بیش ازحد بسته شده

ضخامت اسمی(mm)	تلرانس کلاس D(mm)		بیشترین ضخامت هـای مختلـف در محدوده یک ورق (mm)
	بیشترین	کمترین	
-4.9	+0.20	-0.20	0.4
5.8-8	+0.25	-0.25	0.4
8.1-16	+0.30	-0.30	0.5
16.1-20	+0.40	-0.40	0.7
20.1-25	+0.55	-0.55	1

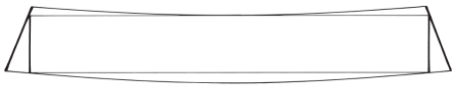
www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

دیگر تلرانس کلاس ها دربالا در محدوده ردیف تلرانس هایی می باشد که برای هریک از ضخامت ها درفاصله هایی که ترتیب داده شده می توان اشاره کرد اگر نسبت بهACCUROLLTECH تلرانس بیش از حد اندازه بسته باشد فقط نیاز به تلرانس سطحی که براساس استاندارد EN 10163-2 کلاس A وزیرمجموعه 3 می باشد را در بر می گیرد.

1-4-2لبه انحناءبیرون بودن از چهار گوش

ابعادی که درورق ها تهیه می شوند می بایستی تا جایی که ممکن است نسبت به یک مستطیل نگاشته شود(شکل شماتیکی ورق) بدین وسیله در محدوده ورق ها ثابت نگه داشته می شود.(همانند شکل زیر)



-شکل شماتیکی ورق که بایستی به طور مستطیل واقع شود.

1-5آزمایشات

ازدیگر مواردی که در این باره مطابقت می کند بازرسی ها وآزمایشاتی هستند که نمونه ایی از فولاد بروی آن منتقل داده شده ونتایج و گزارش هایی خاصی را مربوط به استاندارد موادویا داده هایی را درخارج از ورق ها انتقال می دهد.از جمله آزمایشاتی که در این باره می باشند شامل شده از:

آزمایشات مکانیکی

آزمایش کشش براساس EN 10002-1

آزمایش ضربه براساس EN 100 45 -1

آزمایش سختی سنجی براساس EN ISO 6506 -6508-1

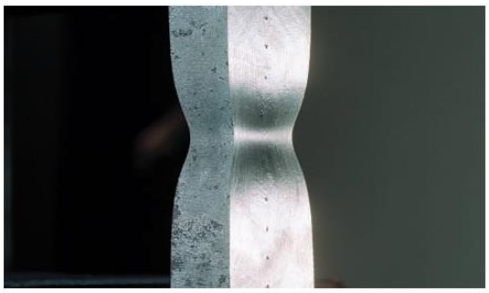
آزمایش کشش برروی ضخامت به طور مستقیم براساس EN 10164

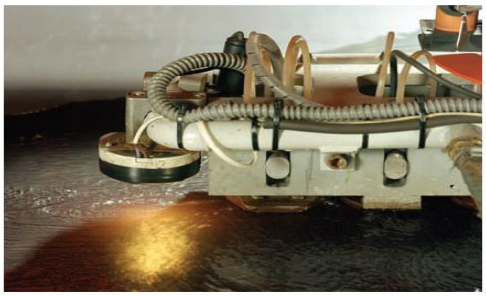
1-5-1آزمایشات التراسونیک

با استفاده از آزمایش التراسونیک می توان برای مشخصات ترک ها ،آخال ها، تخلخل وناپیوستگی های مشابه را به کار برد.

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد





-در شکل های مربوطه دو نمونه از آزمایشات را مشاهده می کنید.در شکل بالایی نمونه فولادی که تحت آزمایش کشش قرار گرفته و در شکل زیری آن نمونه فولادی مذکور را تحت آزمایش آلتراسونیک قرار داده است.[1]

1-5-2معیار پذیرش در آزمایش التراسونیک

ازدیگر مواردی که در آزمایشات التراسونیک باید لحاظ نمود وجود معیار پذیرش در آن است که بایستی مطابق باکلاس E1وS1براساس EN 10160 انجام شود. آزمایشات التراسونیک علاوه بر استاندارد ذکر شده درآزمایشاتی دیگری از جمله آن براساس SEL072 [2]وSIS 219115 [3]و ASTM 435 و ASTM 578 ویا دیگر استانداردهایی که مرتبط در این باره مطرح شده است صورت می گیرد. درآزمایشاتی سطحی لبه ها برای ضخامت ورق های زیاد تا 100 میلیمتر لازم است تطبیق داده شده نسبت به E0 و S0.

[1] www.ssabox.com
[2] نام استاندارد
[3] نام استاندارد

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-در جدول های زیر در مورد معیارهای پذیرش در آزمایش ا لتراسونیک مطرح شده است.

آزمایشات سطحی

چنانچه به ازاء EN 10160	فاصله بین خطوط موازی که مورد برسی قرار گرفته(mm)	کنترل عیوب درناحیه ثبت شده(mm2)	بیشترین عیوب های مجاز در ناحیه (mm2)	بیشترین تعداد محل عیوب (عیوب برمتر مربع)	انطباقات Stah-eisen-lieferbedingung
-	100	1000	10000	1	SEL 072 clas5
S0	100	1000	5000	20	-
S1	100	100	1000	15	SEL 072 clas3
S2	50	50	100	10	SEL 072 clas2
S3	50	20	50	10	SEL 072 clas1

-آزمایشات سطح لبه ها

چنانچه به ازاء EN 10160	منطقه لبه ای عرض2(mm)	کنترل عیوب طولی نسبت به مواردبررسی شده(mm)	بیشترین عیوب های مجاز در طول (mm2)	بیشترین عیوب درناحیه (mm2)	بیشترین تعداد عیوب درهرمتر طول	انطباقات Stahi-eisen-lie ferbedingunges
E0	50-100	50	100	2000	6	-
E1	50-100	25	50	1000	5	SEL 072 clas3
E2	50-100	20	40	500	4	SEL 072 clas2
E3	50-100	15	30	100	3	SEL 072 clas1
E4	50- 100	10	20	50	2	-

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل دوم

2-1ورق های پوشش داده شده هاردوکس

در ابتدای این فصل درباره تولیدات برخی از فولادهای هاردوکس به طور مختصر شرح داده شده است.

ورق های پوشش داده شده هاردوکس هم اکنون تولیدات آنها مطابق با ضخامت های 3 تا130 میلیمتر ودارای سختی بالای 600 برینل [1]ساخته می شوند.سختی بالا ومقاومت پوشش ها در ورق های هاردوکس که از نظر مدت دوام و ابعاد به طور موثرتا پایان تولید برقرار می باشد.درهمین راستا مواردی ناشی از استحکام بالا درتولیدات این محصول می تواند به طور ساده و روان انجام گیرد .از دیگر خاصیتهای این فولادها می توان قابلیت جوش پذیری خوب وماشینکاری درتولیدات وکارتعمیری برروی آنها به طور مختصر صورت داد.

یکی دیگر از فولادهای هاردوکس به نامHARDOX HITUF دارای ورق های با مقاومت پوشش داده شده ایی می باشند که به شدت دارای چقرمگی بالا و مقاومت بسیار عالی دربرابر ترک ها را دارا می باشند.هاردوکس HITUF نیز دارای سختی تا350 برینل و دیگر مفادی که برای این فولاد ازنظر پوشش های ساختاری به طور زیاد در این قسمت ها دراین جا به کاربرده می شوندونیز ترکیباتی ازاین پوشش ها ومقاومت دربرابرترک ها را به دنبال دارند.

هاردوکس 400 نیز دارای سختی تا400 برینل می باشد.قابلیت جوش پذیری عالی ،استحکام به ضربه وقابلیت خم کاری آنها که از ویژگی های مشخص شده فولاد هاردوکس 400 می باشد.

هاردوکس 450 نیز دارای ورق های بامقاومت پوشش داده شده ای می باشد که بدین این وسیله این نوع نیز دارای سختی تا 450 برینل می باشد.از جمله ویژگی های این فولادها می توان به ترکیبات بی نظیر چقرمگی وسختی وهمچنین دارای صافی سطحی مناسبی بوده و با وجود اینکه دارای سختی بالایی نسبت به هاردوکس 400 دارند باز از نظرکاربردی استفاده بیشتری را داشته اند.

هاردوکس 500 نیز ازورق های پوشش داده شده ایی می باشد که می تواند مقاومت دربرابر سختی راتا500 برینل داشته باشند.برای این منظورنیز از دیگر کاربردهای مناسب آن درپوشش های می باشدکه از استخراج مواد های معدنی سخت ودیگرمواد های ساینده تهیه کشته است.

هاردوکس 550 نیز بدین ووسیله دارای ورق های پوشش داده شده ایی می باشندکه دارای سختی تا550 برینل ودارای چقرمگی معادل با هاردوکس 500 می باشد.از مفادهایی که به طورخاص برای کاربردهای این فولاد

[1] این مقدار سختی برای فولادهای هاردوکس سری 600 می باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

صورت گرفته پوشش های مربوط به می باشد.و ازدیگر نشانه هایی که نسبت به کاربرد آنها می باشد این است که درتولیدات آنها دربخش هایی از پوشش این فولادها تا 12درصد منگنز به آن اضافه می کنند تا بدین وسیله بتوانند50 برینل بر سختی این فولادها افزوده شودکه درمقایسه با فولادهای ریخته گری شده از هاردوکس 500 بیشتر می باشد.

هاردوکس 600 دارای بالا ترین نرخ سختی در بین ورق های پوشش داده شده می باشند که بدین صورت سختی آنها تا600 برینل برآورد شده است.از مفادهای خاص وویژه که برای حالت های پوشش دهی در این فولادها بی نهایت ذکر شده است.وازدیگر مفادهای اصلی که جایگزین فولادهای قالب ریزی شده ،آلیاژ کرم درچدن سفید،وسختی سطحی آن اشاره شده وبا وجود اینکه این فولادها دارای سختی بالایی می باشند بدین منظور نیز می توان آنها را در ماشین کاری, جوشکاری وبرشکاری استفاده نمود.برای موادی که سختی پذیرند نیزهمانند فولادها دارای استحکام به ضربه بالای بی نظیری می باشند.به علاوه اطلاعاتی که برای خاصیت ورق های هاردوکس وجود داردقابل استفاده برای کاربردهای مربوط به این زمینه می باشند.

2-2انواع فولادهای هاردوکس

پس از اینکه در مورد بعضی از فولادهای هاردوکس بحث شد در مورد مباحث کلی تعدادی از این فولادها توضییح داده می شود.

2-2 -1کارگاه فنی وآموزشی هاردوکس Hituf

ورق هایی که به وسیله هاردوکس Hitufپوشش داده می شوندبسیار زیاد دربرابر ترک ها مقاومت می کنند.سختی هاردوکس Hitufدر حدود 350برینل بوده ونتیجه های مطلوبی دراین باره به دنبال دارد. هنگامی که مواردهای زیادی در این مورد به وجود می آیدکه برروی ترکیبات چقرمگی ومقاومت به سایش آن اثراتی را به دنبال خواهد داشت .

هاردوکس Hituf نیز دارای سختی سطحی 310-370 برینل می باشد.

سختی برینل نیز براساس EN ISO 6506-1 وبرروی سطوح نورددادہ شده از0.5-2 میلیمتر صورت می گیرد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-طبق جدول زیر در مورد خواص مکانیکی این فولاد در دو ضخامت شرح داده شده است.[1]

	خواص مکانیکی (نمونه)			
	Rp 0.2Mpa استحکام تسلیم	Rm(Mpa) استحکام کششی	A5(%) ازدیاد طول	چقرمگی(cvl) -40c
T=40-70 mm	950	980	16	95j
T=71-120	850	900	16	70j

2-2-2جوشکاری هاردوکس Hituf

ازجمله مزیت های هاردوکس Hituf جوشکاری مربوط به آنها می باشد چه از نوع ورق های پوشش داده شده ویا چه از نوع ورقه های ساختمانی را بااستفاده از مجموعه ای از روشهای جوشکاری این قابلیت را خواهند داشت.

ازدیگر گزینه هایی که مربوط به مواد مصرف شدنی می باشند این است که به وسیله آن می توان روی خواص مکانیکی جوش تاثیرگذار باشند .از جمله خطراتی که در جوشکار ی می باشدترک های هیدروژنی می باشد.

ازتوصیه هایی که دراین باره برای کاستن هیدروژن درنظر گرفته شامل شده از:

- استفاده از الکترودهایی که فلز جوش آن دارای بیشترین تنش تسلیم درحدود 500 Mpaمی باشد.

- استفاده از الکترودهای تحت پوشش ویا سیم جوش هایی با مغزی فلاکس دار،که استفاده از سیم جوش هایی با مغزی فلاکس داربه فلز پایه آنها بستگی دارد.

- وجود مقادیر کم هیدروژن در فلز جوش ،کمتر از5میلی گرم در100 میلی گرم فلز جوش.

-جدول مربوط به کربن معادل با دوضخامت مشخص شده

نمونه کربن معادل		
نمونه کربن معادل	CEV	CET
T=40- 70 mm	0.56	0.38
T= 71- 120 mm	0.64	0.39

$$CEV = C + Mn/6 + [Cr+Mo+V]/5 + [Cu+Ni]/15$$

1www.hardox.com

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

$$CET = C + [Mn+Mo]/10 + [Cr + Cu]/20 + Ni/40$$

–جدول مربوطه در مورد پیشگرمایی این فولاد می باشد.

توصیه های مهم درمورد پیشگرم	
پیشگرم های مورد نیاز°C	ضخامت ورق پیوسته شده mm
75	80-90
100	90-100
150	> 100

اگرپیشگرمایی برای مواد مصرفی پرکننده زنگ نزن آستنیتی اجراء نشده باشد می توان به توصیه های موجود اشاره نمود.

–با استفاده از جدول زیر ورق هایشتر از ضخامت 90میلیمترا بایستی پیشگرمی برروی آنها اجرا نمود.

پیشگرمایی مورد نیاز°C	ضخامت مورد نیازmm
100-125	> 90mm

2-2-3سوراخکاری در هاردوکس Hituf

از جمله سوراخ های مخصوصی که به وسیله مته های HSS می توان صورت دادبه سوراخ کاری معمولی برروی آنها انجام می شود.برای تولیدات هریک از میکروآلیاژ های (HSS-E) یا برای سوراخ کاری آلیاژ های کبالت(HSS-CO)توصیه های صورت گرفته است.جدول زیر در مورد توصیه های داده شده در سوراخکاری با استفاده از ابزارهای از جنس فولادهای تندبر کبالت وفولادهای تندبر از متالوژی پودر می باشد.در جدول زیر نیز سمت چپ درمورد قطر مته ودر سمت راست نرخ رشد مته در قطعه کار و سرعت دریل نشان داده شده است.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول سوراخکاری هاردوکس Hituf

Recommended data for drilling, using HSS/HSS-E and HSS-Co tools

HSS-Drill diameter [mm]	Feed rate, f [mm/rev] / Speed, n [rpm]
10	0.10 / 500
15	0.16 / 350
20	0.23 / 250
25	0.30 / 200
30	0.35 / 180

برای بهبود بازدهی مته ها می توان کاربید سمنتیت به آنها اضافه نمود با استفاده از کاربید سمنتیت برای ماشین هایی که مته برروی آن ثابت می شود مورد نیاز است.

طبق جدول زیر که به سه قسمت تقسیم شده است که سمت چپ آن جنس ابزارها (کاربید سمنتیت سخت شده,کاربید سمنتیت لحیم شده,قابلیت شاخص اینسرت ها)قسمت میانی سرعت برشکاری وقسمت راست نرخ نفوذ دریل در قطعه کار را مشخص می کند.

-جدول زیر در مورد توصیه های سوراخکاری با استفاده از ابزارهای کاربید سمنتیت صورت گرفته است

Recommended data for drilling using cemented carbide tools

Tool	Cutting speed Vc [m/min]	Feed rate, f [mm/rev]
Solid cemented carbide	40–50	0.10–0.18
Brazed cemented carbide	40–60	0.12–0.18
Indexable inserts	70–90	0.10–0.18

2-2-4فرزکاری در هاردوکس Hituf

برای تضمین تولیدات معقول و برش به وسیله فرزکاری وقراردادن کاربید سمنتیت از توصیه های موجود در این مورد استفاده می شود.

طبق جدول زیر نیز به سه قسمت دسته بندی شده در قسمت چپ آن جنس های مورد نظر (کاربید سمنتیت روکش داده شده وسرمیت)می باشد.در قسمت میانی استاندارد به کاربرده شده و در قسمت راست نرخ براده برداری در فرزکاری برحسب متر بر دقیقه را مشخص نموده است.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- در جدول زیر اطلاعاتی در مورد روشهای فرزکاری برروی سطح در هاردوکس Hituf نشان داده شده است.[1]

Process data for face milling of HARDOX HiTuf.

		Feed rate (Fz)
	ISO Class	0.1–0.2–0.3
Coated cemented carbides	P40 / C5	95–75–50 m/min
	P25 / C6	200–160–130 m/min
	ISO Class	0.1–0.2
Cermet	P20 / C6–C7	220–170 m/min

طبق جدول زیر نیز به سه قسمت تقسیم بندی شده است.اولین قسمت از چپ در رابطه باجنس های مورد نظر از(کاربید سمنتیت غیر روکش داده شده,کاربید سمنتیت روکش داده شده,قابلیت شاخص کاربید اینسرت و فولادهای تندبر کبالت)درقسمت میانی استاندارد به کاربرده شده آن و در قسمت راست جدول نرخ برادهبرداری در فرزکاری را مشخص می کند.

- در جدول زیر اطلاعاتی در مورد روشهای فرزکاری کامل در هاردوکس Hituf مشخص شده است.

Process data for end milling of HARDOX HiTuf.

		Feed rate (Fz)
	ISO Class	0.02 – 0.10
Uncoated cemented carbid	K10 / C3	90 m/min
Coated cemented carbide	K10 / C3	130 m/min
	ISO Class	0.05–0.15
Indexabel carbide insert	P10 / C7	140–120 m/min
	ISO Class	0.03–0.09
HSS-Co	TiCN coated	18 m/min

[1] www.hardox.com

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

2-3هاردوکس 400

2-3-1مشخصات هاردوکس400

ازمشخصات مواد اصلی واتصالات جوشکاری شده هاردوکس های مقام به سایش می توان به رابطه آزمایشات به دست آمده یاپیش بینی کردن ارتباطات به طور برابر پرداخته شوند. فولادهای مقاوم به سایش و اتصالات جوشکاری شده این فولادها ازجمله موضوعات مورد بحث در این باره می باشد. ورق های فولاد های هاردوکس وتکنولوژی آن به طور معکوس درداخل بخش های مشخص شده از فرایندکه مورد پذیرش می باشد وجود داشته است.سختی در فولادهای هاردوکس در اثر عملیات حرارتی به دست آمده وسختی فولادهای هاردوکس به خوبی اندازه گیری شده که به خاطر مقاومت به سایش این فولادها می باشد. خیلی از خاصیت های مهم درهاردوکس 400 این است که هرکدام از این تولیدات دارای تعهدات به مدت طولانی بوده است.درحقیقت ورق های هاردوکس 400 دارای سختی کاملی هستند.

2-3-2خواص مکانیکی مواد اصلی

خواص مکانیکی فولادهای مقاوم به سایش هاردوکس 400 و اتصالات جوشی آنها:

خواص مکانیکی مواد اصلی ونیز اتصالات جوشکاری شده فولاد های هاردوکس مقاوم به سایش در این مقاله مورد بحث قرار گرفته است.از نتایجی که در خواص مکانیکی وتکنولوژی خمکاری آزمایشات در این بین مطرح شده است ممکن است مواردی که درخواص مکانیکی فولادهای هاردوکس پیش بینی شده اند را بروی آنالیزهای صورت گرفته برروی قسمت پایه این فولادها و موارد اصلی مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

ترکیبا ت شیمیایی وآزمایش تکنولوژی خمکاری وآزمایش سختی ویکرز10 HVازجمله نتایجی می باشند که درورق های فولادی هاردوکس 400 که دارای ضخامت تا 15mm هستند را می توان درجدول 1 , 2 و3مشاهده نمود.

جدول-1 ترکیبا ت شیمیایی فولاد هاردوکس 400 (درصد وزنی)

کربن	سیلیسیم	منگنز	فسفر	گوگرد	کرم	نیکل	مولیبدن	بر	آهن
0.13	0.49	1.42	0.009	0.001	0.04	0.05	0.012	0.002	

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول- 2 قابلیت خمکاری دورورقه های هاردوکس 400

Standard tests conditions	Results			
	1	2	3	estimation
α = 120°; D/g = 8, parallel to RD	>120	>120	>120	positive
α = 120°; D/g = 8, perpendicularly to RD	>120	>120	>120	positive
The determination of minimal bend radius	Results $(D/g)_{min}$			
	1	2	3	estimation
Parallel to RD	4,0	3,5	3,5	positive
RD – rolling direction				

جدول- 3 سختی سنجی ویکرز HV 10دورورقه های هاردوکس 400,که در قسمت زیر برای ورق های زیر 2میلیمتر,ورق های زیر 9میلیمتر و برای ورق های بالای 2 میلیمتر.مقدار متوسط سختی سنجی آنها مشخص شده است.

HV10	2 mm below upper plate surface	9 mm below upper plate surface	2 mm above lower plate surface
Mean value	392,4	392,5	388,6

2-3-3خواص مکانیکی اتصالات جوشکاری شده

تحقیقاتی که برای خواص مکانیکی اتصالات جوشکاری شده به دست آمده براساس دستورات مرتبط با (PRS&GL){1،2}مشخص شده است. وضعیت هایی که برای اتصالا ت جوشکاری آماده شده است درقسمت های {3،4}مشخص شده است.برنامه های جستجو شده که بدین منظورتحقق یافته وازآن جمله اجرای اتصالات جوشکاری به وسیله سیم جوش فلاکس، که باELGA ،DWA 55L.f به کار برده شده اند که شامل:

- به وسیله اضافه کردن آن توسط WEAR SHIELD MM40f وسیم جوش LINCOLN

- وهمین طور برای پرکننده ها ازP62MRF استفاده شده که سیم جوش آن ازELGA که دارای خواص مکانیکی وتکنولوژی قابلیت خمکاری هاردوکس 400 ازاتصالات جوشکاری شده به صورت T شکل ولب به لب که درجدول4 نشان داده شده است را به کار می برند.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

موضوعات مطرح شده نیز بدین منظور از جدول های 4،5،6،7 نشان داده شده است.

1MH- اتصالات لب به لب (ضخامت 15 میلی متر)جوشکاری در حالت سر پایین که سیم جوش های مورد استفاده شامل:سیم جوش مغزه، فلاکس DWA55LF،ELGA وعلاوه برآن نیزازسیم جوش های LINCOLN،WEAR SHIELD MM40 استفاده می شود.

2MH- اتصالات لب به لب (ضخامت 15 میلی متر)جوشکاری در حالت افقی- عمودی که سیم جوش های مورد استفاده شامل:سیم جوش مغزه، فلاکس DWA55LF،ELGA وپرکننده هاازنوع P62MRF از سیم جوش های ELGAمورد استفاده قرار میگیرد.

3MH- اتصالات T تاضخامت 15 میلی متر جوشکاری در حالت سر پایین که سیم جوش های مورد استفاده شامل:سیم جوش مغزه، فلاکس DWA55LF،ELGA وعلاوه برآن نیزازسیم جوش های LINCOLN، WEAR SHIELD MM40 استفاده می شود.

4MH- اتصالات T تاضخامت 15 میلی متر جوشکاری در حالت سر پایین که سیم جوش های مورد استفاده شامل:سیم جوش مغزه، فلاکس DWA55LF،ELGA وپرکننده هاازنوع P62MRF از سیم جوش های ELGAمورد استفاده قرار میگیرد.

طبق جدول زیراز سه قسمت تشکیل کشته است که شامل:سمت چپ جدول در مورد وضعیت اتصال سمت میانی استحکام کششی و سمت راست مقدار میانگین استحکام کششی را درزیر مشخص شده است.

جدول- 4 خواص مکانیکی اتصالات جوشکاری شده هاردوکس 400

Joint number	Tensile strength R_m [MPa]	Mean value R_m [MPa]
1MH	720; 710	715
2MH	730; 715	722,5
3MH	710; 730	720
4MH	720; 710	715

در این جدول زیر به ترتیب از چپ وضعیت اتصال,حالت های آزمایش,زاویه خم ازنتایج های آزمایش و در پایان که ارزیابی آن که مثبت صورت گرفته است.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول- 5 تکنولوژی قابلیت خمکاری اتصالات جوشکاری شده هاردوکس 400

Joint number	Test conditions	Test results – bend angle [°]	Assessment
1MH, 2MH, 3MH, 4MH	α_{min} = 120° D/g = 8	For 1÷4 180	Positive

2-3-4پیش بینی های خواص مکانیکی

تخمین خواص مکانیکی در مواد اصلی واتصالات جوشکاری شده رابطه های برابری را به دنبال دارد.هرکدام از رابطه های برابرارزیابی شده اند که از آن جمله استحکام کششیRm، نقطه تسلیم Rc وازدیاد طولA5 وکاهش ناحیه شکست خورده واستحکام به ضربه KV می باشند که منوط به مقادیر دیگری که شامل فاکتورهایر زیر هستند:

- سخت شدن سمنتیت
- سخت شدن حلال ها
- سخت شدن ابعاد دانه
- سخت شدن خیلی سریع

ترکیبات شیمیایی،مواد مربوطه ،فلز جوش،اتصالات جوشکاری شده ای که در جدول 7نشان داده شده است ومحاسبه خواص مکانیکی اتصالات جوش لب به لب،با استفاده از رابطه های برابری که درجدول 6 وجوددارد.

جدول- 6 محاسبه خواص مکانیکی اتصالات جوش لب به لب با استفاده از رابطه های برابر

Joimt number	R_m [MPa]	R_e [MPa]	A_5 [%]	α_{min} [%]
1MH	731	666	27	154
2MH	739	675	27	148
3MH	688	624	28	185
4MH	688	622	28	178

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول -7 ترکیبات شیمیایی مواد اصلی و فلز جوش واتصالات جوش(درصد وزنی٪)[1]

	Parent material	Weld metal			Welded joints			
	HARDOX 400	DWA55L	WEAR-SHIELD MM40	P62MR	1MH	2MH	3MH	4MH
C	0,14	0,04	0,20	0,055	0,086	0,084	0,052	0,051
Si	0,49	0,35	0,20	0,31	0,33	0,33	0,36	0,35
Mn	1,42	1,40	0,40	1,29	1,18	1,17	1,38	1,38
P	0,009	0,01	0,01	0,011	0,01	0,01	0,01	0,01
S	0,001	0,01	3,00	0,007	0,009	0,009	0,008	0,009
Cr	0,04	0,03	–	0,02	0,68	0,72	0,03	0,03
Ni	0,05	1,50	–	0,83	1,00	1,05	1,20	1,23
Mo	0,012	0,01	–	0,003	0,008	0,008	0,009	0,009
B	0,002	0,004	–	0,0002	0,003	0,003	0,003	0,003
Cu	–	0,01	–	0,01	0,007	0,007	0,009	0,007
V	–	0,015	–	0,02	0,01	0,001	0,015	0,015
Nb	–	0,01	–	0,006	0,007	0,007	0,008	0,008
Ti	–	0,04	–	0,011	0,003	0,003	0,029	0,030

2-3-5آنالیز

کنترل آزمایشاتی که به طور پایه ای برروی خواص مکانیکی فولاد هاردوکس 400 صورت گرفته مطابق با اطلاعاتی که از تولید کنندگان به دست آمده است.تخمین هایی که برروی خواص مکانیکی ماده های اصلی صورت گرفته است به مقادیر های مختلفی نشان داده شده که هرکدام برای اطلاعات پایه ای مناسب وصحیح به وسیله مشکلاتی که از فاکتور هایی در این باره ارتباط داشته محاسبه می شوند.ارتباط فاکتورهای صحیحی که به وسیله فولادهایی که دارای استحکام بالای واقعی دارندبه دست می آورندکه بستگی به (اشکال هندسی690-

[1][4]Rules for classification and construction of seagoing ship.part II-Materials and Welding Germanischer lioyd 1994.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

420)دارد.ترکیبات شیمیایی ,استحکام کششی و HV(HB)[1] ازجمله موضوعاتی هستند که درداخل کنترل می شوند با وجود اینکه در موارد بالا بایستی تنش های را به دست آورده ونتایجی از تخمین های اولیه ای کـه اجـرا وتقویت نموده تا این آزمایشات درآینده به طور مستقیم صورت گیرد.تخمین هایی که به طوردقیـق ومختصـردر مواردخواص های آنها که توانایی و اجرای اطلاعاتی که بارگذاری می شوندراین ها نیزازنتایج جسـتجو شـده در مورد این فولادها می باشد.کنترل آزمایشات در اتصالات جوشکاری شده که خاصیت مکانیکی آنها قابل اجرا به وسیله تولیداتی که از تکنولوژی روش های هاردوکس 400 پذیرفته می شوندرا دارا می باشد. قابلیت کامل و به طور کافی در تخمین نتایج به دسـت آمـده بـرای اتصـالات جوشـکاری شـده R_{mS}[2] نیزوجـود دارد.هـردوی-ارتباطات برابر نبایستی ازموارد پشتیبانی شده مدل های فیزیکی ،قابلیت کامل وبه اندازه کـافی بدسـت آمـده در مقایسه با نتایج آزمایشات نیز بایستی برابری داشته باشد.

2-4هاردوکس 550

هاردوکس550 از جدیدترین ورقه های پوشش داده شده مخصوصا برای گسترش واستفاده آن درتولیداتی کـه برای قسمت های پوشش داده شده اند استفاده می گردد.

ازمزایای هاردوکس550 که به درستی پیشنهاد شده است. کاربردهای آن مانند چکش کاری ،چـوب خـردکن، تراشکاری ،چفت کردن برروی لبه های برشکاری وپوشش کاری های انتهـای کمپرسـی بـرای تخلیـه بـار هـای کامیون وجداره ای گوناگون واستخراج های معدن وسنگ معدن های صنعتی اشاره نمود.

[1] سختی سنجی ویکرز(برینل)
[2] استحکام کششی نهایی

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- دو نمونه از کاربردهایی که در مورد هاردوکس 550می باشد را در بالا مشاهده می کنید.[1]

هاردوکس550 دارای قیمت کم نسبت به مواردی که درگروهایی از فولاد که درصد منگنز تا12٪داشته باشد هست.ویا ریخته گری ورقه های پوشش داده شده تا 500برینل ازاین قسمت را تحت پوشش قرار می دهدبا افزایش مدت عمراین پوشش هاوبهبود درآن نیزازلحاظ خدماتی که ازنظر اقتصادی می شود مد نظر قرارداد.

2-4-1هاردوکس 550دارای چه مشخصاتی است؟

هاردوکس550 از فولاد مارتنزیت تمپر کوئینچ شده می باشد که دارای مقاومت به پوشش دربرابر عوامل مکانیکی بوده که به وسیله آن نمونه سختی آن تا550 برینل قادر است تحمل نماید. ازمشخصات دیگر آن این است که دربرابر برخورد اجسام سنگین ضد سایش قابلیت مهمی را دارد.

هاردوکس550 از10 تا 50 میلیمترو از نظر پهنای تا 2800 میلیمتر یعنی 110 اینچ در بازا عرضه می گردد همان طور که تمام تولیدات HARDOX تولیدشان براساس ACCUROLLTECH لحاظ می شودبرای ورقه هایی که تحت ضمانت یا گارانتی شده اند انجام می گیرد.

[1] TS-39-HARDOX 550-UK-01-2004-SSABOX

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ساخت هاردوکس550نیز دارا ی خواص هاوترکیبات بی نظیری می باشد. ترکیبات آنها دارای مقاومت پوشش داده شده عالی بوده وتلرانس مناسبدر این زمینه دارا می باشد. یک ترکیب شیمیایی به میزان خالص و روشهایی که دارای دقت بالایی اند در مسیر مطرح شده ای می باشد که نمونه چقرمگی ضربه ای آن30 ژول تا40°C می باشدونیز سختی آن به درستی در ضمانت نامه هاز25+تا 25- برینل ذکر گردیده است .

2-4-2هاردوکس 550 راکجا می توان استفاده نمود:

نمونه های به کار برده شده به طور مشهود در صنعت باز یافت می شوند برای مثال چکش کاری وچوب خردکنی وتراشکاری ودر استخراج معادن وسنگ های معادن صنعتی(برای مثال چفت کردن برروی لبه های برشکاری وپوشش کاری ها وانواع گوناگون جداره ها)به کار برده می شود.

ازدیگر مشخصاتی که درهاردوکس 550 می باشد این است که در جاهایی به کار برده می شودکه به طور متوسط درفولاد-AR به 500 برینل می رسد.با توجه به اینکه به آسانی جایگزین ورقه هایی با سختی 500 برینل نسبت به نمونه هاردوکس 550 که دارای رسد واقعی 60 درصد که از خدماتی است که مدت عمر آن را تعیین می کنند. سختی موجود در ورقه ها با پراکندگی کم نیز تشکیل دهنده مواردی است که مدت عمر این پوشش را باثبات کرده وهرکدام نیز بیشترین توانایی را دربرنامه ریزی دقیق برعهده دارند.

طبق جدول زیر در قسمت چپ جدول به ترتیب دارای این مشخصات می باشد(تضمیین سختی برینل ,چقرمگی ضربه برروی نمونه 20 میلیمتری,استحکام تسلیم نمونه,استحکام کششی نمونه,ازدیاد طولی نمونه وکربن معادل نمونه)در آن ذکر شده است.

شکل- 1 خواص مکانیکی هاردوکس 550

Hardness [HBW], guarantee	550 [+/- 25]
Impact toughness, typical 20 mm	30 J/-40C, 22 Ft-lb -40F
Yield strength, typical	1400 N/mm², 205 ksi
Tensile strength, typical	1700 N/mm², 250 ksi
Elongation [A5], typical	7 %
Carbon equivalents, typical	CEV= 0.72 / CET= 0.48

$$CEV= C + Mn/6 + [Cr+Mo+V]/5 + [Cu+Ni]/15$$

$$CET= C + [Mn+Mo]/10 + [Cr+Cu]/20 + Ni/40$$

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

شکل -2 بیشترین ترکیبات شیمیایی هاردوکس 550

بیشترین ترکیبات شیمیایی هاردوکس 550							
ضـــخامت ورق	%C	% SI	% MN	% CR	% NI	% MO	%B
10–50 mm	0.37	0.5	1.30	1.14	1.40	0.6	0.004

2-4-3ازجمله خصوصیات بارز کارگاه فنی هاردوکس 550

2-4-4خمکاری

انجام خمکاری برای بیشترین ورق های پوشش داده شده که از مهم ترین موارد ممکن برای برش تولیدات مـی باشد وقتی که ازلحاظ قیمت ها نسبت به جوشکاری جایگزین گردد.

همچنین هاردوکس 550 دارای خمکاری بالایی نسبت بـه شـعاع آن کـه 6برابـر ضـخامت ورقـه مـی باشـد.این چقرمگی های بالا ناشی ازسطوح پرداخت شده مناسب و نیزدارای مقدار کمی ناخالصی ها می باشد.

- نمونه خمکاری شده هاردوکس

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

2-4-5ماشین کاری

ازجمله ماشینکاری هاردوکس 550 ماشین کاری هایی است که به طورمتوسط ثابت انجام می گیرند.برای سوراخکاری وفرزکاری ازابزارهای از جنس کاربید سمنتیت استفاده می شود(مطابق کلاس ISO K20).

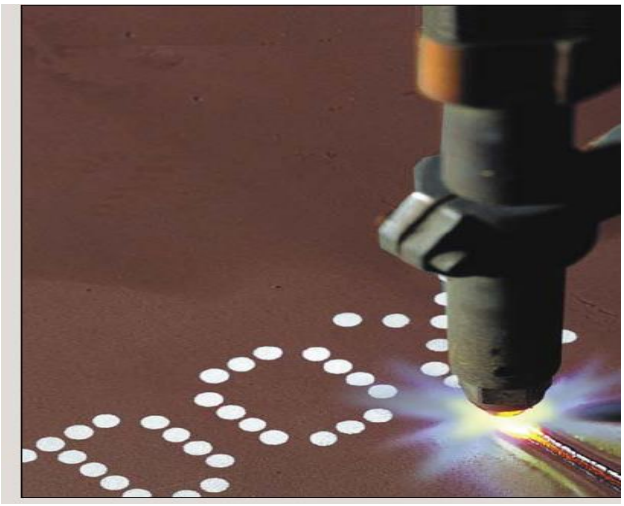
2-4-6جوشکاری

هاردوکس 550 نیز قابلیت جوشکاری به وسیله تمام روش هایی جوشکاری نیزمرسوم ورایج می باشدوهمین طور برای دیگر فولادها قابل جوشکاری است.

به وسیله جوشکاری مدت پیشگرمایی به طور متوسط به کاربرده شده وشما نیز می توانید برای فولادهای که دارای استحکام کمی می باشدازالکترودهای فریتی استفاده کنید.بدین منظور انتخاب مواد مصرف شدنی آستنیتی درجوشکاری یک طرفه با ضخامت ورقه بالا تا20 میلیمترا بدون هیچگونه پیشگرمایی می توان انجام داد.

2-4-7برشکاری

به وسیله هاردوکس 550نیز می توانیم تمام روش های قابل دسترس ازنظر گرما یا سرما به طور مختصر انجام داد.اکسیژن سوخته شده دربرشکاری می تواند بدون هیچگونه پیشگرمایی اجراءگشته وهمچنین درتمام سرعت ها برروی ورقه هایی باضخامت بالا تا20 میلیمترا می توان انجام داد. هنگامی که برشکاری این ورق هاتا ضخامت 20 میلیمتر انجام می شودتوصیه می شودکه دمای پیشگرم آن 100-150درجه سانتی گراد باشد.



نمونه برشکاری در فولادهای هاردوکس

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل سوم

3-1فولادهای ساختمانی ولدوکس

SSAB OXELÖSUND فولادهای ساختمانی تولید شده ازبیشترین استاندارد های بین المللی مطابقت می کنند به طور واقعی فولادهای استحکام بالا درمراکزتجاری تحت عنوان اسمی ولدوکس علامت گذاری می شوند.

ولدوکس دراین میان فولادها در جهان توسعه یافته زیرا دارای جوش پذیری بسیار عالی ودارای ترکیباتی است که باعث شده است تا استحکام و چقرمگی لازم را داشته باشد.

سنگ معدن که نقش مهمی را در استخراج فلزات داردو نیزروش هایی که برای تهیه آن در کارخانجات فولاد تضمین شده که از جمله آن باعث شده تا فولادهای ولدوکس دارای خاصیت ماشینکاری وخم کاری بسیار عالی گردد.

هر کدام از این مواردمهم گفته شده برای تقلیل در قیمت ها ، جوشکاری وحمل ونقل آن موثرمی باشند.ازدیگر ویژگی های فولادهای ولدوکس کیفیت سطحی عالی وسطوح مناسب آنها هستند. که در این باره تضمین شده اند.

تولیداتی که در این ورق های فولادی ساختمانی ولدوکس وجوددارنددارای ضخامت هایی درحدود4 تا130 میلیمتروهمین طور دارای تعهد نسبت به اینکه استحکام تسلیم آن بین 420 Mpaوحتی تابالای 1100 Mpa می رسد.از دیگر مواردی که برای تولیدات این سیستم می باشند این است که دارای توانایی انعطاف پذیری این ورق هاست که به راحتی به وسیله خاصیت مناسب برای نیاز های مربوطه داشته باشد ما می توانیم ازورق های ترمومکانیک به طور نوردکاری یا کوینچ وتمپر نیز کنیم چقرمگی دربرابر ضربات دردماهای پایین ترازc 60- انجام گیرد.

فولادهای ساختمانی ولدوکس مطابقت با4-EN 10025 (استاندارد قدیمی آن EN 10113 -3)و EN 10025 -6(استاندارد قدیمی آن EN 10137-2)تبعیت می کند.

بیشترین اطلاعاتی که مربوط به خاصیت های ورق ها ونیز اظهار نظراتی که دراستاندارد ها وجود دارندبه کارگمارده شده اند که وابسته به ورق هایی هستند که دارای اطلاعاتی مربوطه در این مورد نیز هستند.

3-2انواع فولادهای ولدوکس

3-2-1ولدوکس 960

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ولدوکس 960به طورعمومی ازجمله فولادهای ساختمانی می باشد که کمترین استحکام تسلیم تا960 Mpa را دارا می باشد. ولدوکس 960با مواجه شدن با نیازهای که برروی دسته هایی ازاین فولادها قرار گرفته وبراساس کیفیت مطابق EN10025 انجام می گیرد.

3-2-2کاربردها:

برای حمل بارگذاری هایی ساختمانی که بستگی خیلی زیادی ازآن در وزن کم می باشد.

– همان طور که در شکل بالا موارد کاربردی این فولادها را در قطعات وسایل سنگین مشاهده می کنید لحاظ شده است.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

3-2-3طراحی ها:

بدین وسیله برای ولدوکس960D که چقرمگی آنها دربرابر ضربه 20°C-ویا(40°F-)انجام می گیرد.مطابقت گردیده نسبت به S960Qکه بدین وسیله نیز برای ولدوکس های 960E که چقرمگی آنها دربرابر ضربه 40°C- ویا (40°F-)انجام می گیرد. مطابقت گردیده نسبت به S960QL

- طبق این دو جدول ترکیبات شیمیایی (آنالیزایده آل)آن مشخص شده است.

CR max	V max	CU max	TI max	AL max	MO max	NI max	N Max
0/70	0/06	0/10	0/04	0/018	0/70	1/5	0/015

C max	Si max	MN max	P max	S max	B max	NB Max
0/20	0/50	1/60	0/020	0/010	0/005	0/04

نکته:دسته های اصلی آلیاژها فولادهایی که رشد خاص دارند.همانند زیر که در مورد ضخامت های ورق های 8 میلیمترو 20 میلیمتر مطرح شده که هر کدام از آنها دارای ارزیابی کربن معادل [1]و کربن معادل نمونه [2]را دارا می باشند.

Plate thickness	CEV	CET
	Typical values	
	%	%
8 mm	0,55	0,37
20 mm	0,55	0,37

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

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

[1] CEV
[2] CET

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- جدول خواص های مکانیکی ولدوکس 960

ازدیاد طول A min ٪50		استحکام کششی Rm Mpa	استحکام تسلیم RP0.2 Mpa	ضخامت ورق
16	12	980-1150	960	50/0-4/0

3-2-4خواص های ضربه ولدوکس 960:

انرژی ضربه (j) برای آزمایش هایی که به طور عرضی (1) دسته فولاد و کیفیت

نمونه هایی از آزمایش شارپی 10×10به طوری که در شکل(2)

دمایی که در آن آزمایش صورت گرفته°Cمی باشد.

	0	-20	-40
Weldox 960 D	30	27	-
Weldox 960 E	35	30	27

مگر اینکه با دیگرموارد مطابقت کند. آزمایش ضربه عرضی مطابق با EN 10025 بخش 30 که برای کاربرد (2) برای ضخامت های ورق کمتر از12میلیمتر و زیر اندازه نمونه هایی شارپی به طوری که شکل گرفته استفاده می شود به خصوص وقتی که کمترین تناسب را نسبت به نمونه هایی که در این بخش همدیگر را قطع می کنند.

3-2-5آزمایشات

آزمایشات نیز براساس EN 100 25 مطرح شده اند.

3-2-6ابعادها

در ولدوکس 960 ضخامت ورق از 4 تا50 میلیمتر کارایی دارد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

3-2-7تلرانس ها

تمام ورقه های تولید شده بوسیله Accurolltech^{tm}[1] دارای ضخامت هایی که به دقت درضمانت نامه درج گردیده است.

- در مواجه با نیاز مندی ها که در Accurolltech^{tm} می باشد براساس EN 10029 صورت گرفته اما نظریه های دقیق تری برای تلرانس های مطرح شده

- تلرانس های سطحی براین اساس مطابقت می کنندباکلاسN(تلرانس های نرمال).

3-2-8 وضعیت سطوح

براساس EN 10163-2 و کلاس A وزیر کلاس 1(تعمیرات بوسیله جوشکاری امکان پذیر می باشد).

3-2-9عملیات حرارتی وساختارهای آن

در ولدوکس 960 خواص مکانیکی به دست آمده به وسیله روش های کوئینچ تمپر شده انجام می گیرد.

درولدوکس 960 مناسب نمی باشد مواردی که نیاز به کار گرم داشته باشیم دردمای بالا ℃ 550 برای این کار مشخصاتی از ماده هایی که خواص خود را از دست می دهند.

از مشخصاتی که برای سلامتی و ایمنی حائظه اهمیت است احتیاطی می باشد که می بایست درهنگامی که جوشکاری و برشکاری به سختی بکار برده می شوند ویا دردیگر موارد کاری که در این جهت تولید می شوند به خصوص در مورد ورقه های پوشش داده شده درس مقدماتی مهمی را به ما می دهد لحاظ نمود.ممکن است تولیداتی که سر وصدا داشته باشندبه وسیله تمرکز برروی دستورات بالا صورت بگیرد.

3-3ولدوکس 1300

3-3-1ورق های فولادی ساختمانی استحکام بالا

ولدوکس 1300 به طور عمومی از جمله فولادهای ساختمانی می باشد که کمترین استحکام تسلیم آن تا1300Mpa می باشد.

[1] .www.accurolltech.com

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

3-3-2کاربردها

برای حمل بارگذاری های ساختمانی که بستگی خیلی زیادی از آن در وزن کم آن می باشد.

3-3-3طراحی ها

بدین وسیله براساس WELDOX 133 E که چقرمگی آنها در برابر ضربه تا(-40°C) انجام می گیرد.

بدین وسیله براساس WELDOX 133 E که چقرمگی آنها در برابر ضربه تا(-60°C) انجام می گیرد.

- جدول ترکیبات شیمیایی ولدوکس 1300

CR max	V max	CU max	TI max	AL max	MO Max	NI max	N Max
0/80	0/08	0/10	0/02	0/020	0/70	2	0/010

C max	Si max	MN max	P max	S max	B Max	NB Max
0/25	0/50	1/40	0/020	0/005	0/005	0/04

نکته:دسته های اصلی آلیاژها فولادهایی که رشد خاص دارند.همانند زیر که در مورد ضخامت های ورق های 8 میلیمترو 10 میلیمتر مطرح شده که هر کدام از آنها دارای ارزیابی کربن معادل و کربن معادل نمونه را دارا می باشند.

Plate thickness	CEV	CET
	Typical values	
	%	%
8 mm	0,63	0,40
10 mm	0,65	0,42

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

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- جدول خواص مکانیکی ولدوکس 1300

ازدیاد طولی A_5 min	استحکام کششی R_m Mpa^2	استحکام تسلیم $R_{p0.2}$ min Mpa^2	ضخامت ورقه mm
8	1400-1700	1300	4-10

- جدول خواص های ضربه ولدوکس 1300

انرژی ضربه برای آزمایش هایی که بطور عرضی نمونه های 7شکل آزمایش شارپی10×10	دماهایی که درآن آزمایش صورت گرفته است	گروه فولاد وکیفیت آن
27	-40	WELDOX 1300 E
27	-60	WELDOX 1300 E

1- موادی که در این باره مطابقت می کنند آزمایش ضربه عرضی مطابق با EN 10025 که در بخش 30 آن بطور کاربردی است.

2- برای ورقه هایی به ضخامت کمتر از12میلیمتر و زیر اندازه نمونه های V شکل در آزمایش شارپی استفاده می گردد.

به خصوص وقتی مقدار آنها کمترین تناسب رابانمونه هایی که در این بخش همدیگر را قطع می کنند.

3-3-4آزمایشات

آزمایشات براساس EN 10025 مطرح شده است.

3-3-5ابعادها

در ولدوکس 1300 ضخامت ورقه های انتقالی از4 تا10 میلی متر می باشد.

3-3-6تلرانس ها

همانند ولدوکس 960وضعیت سطوح براساس EN 10163-2 و کلاس A وزیر کلاس 1(تعمیرات بوسیله جوشکاری امکان پذیر می باشد).

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

3-3-7عملیات حرارتی وساختارهای آن

درولدوکس 1300 خواص مکانیکی بدست آمده بوسیله روش های تمپر کوئینچ کردن صورت می گیرد.

درولدوکس 1300مناسب نمی باشد مواردی که نیاز به کار گرم داشته باشیم در دمای بالا ترازC°200که برای اینکار مشخصاتی موادی که خواص خود را ازدست می دهند.

از مشخصاتی که برای سلامتی وایمنی می بایستی لحاظ نمود اقداماتی که در هنگام جوشکاری و برشکاری به سختی مورد کاربر اند یا در دیگر موارد کاری که در این جهت تولید می شود به خصوص در مورد ورقه های پوشش داده شده درس مقدماتی مهمی را به ما می دهد.ممکن است تولیداتی که سر وصدا داشته باشندبه وسیله تمرکز برروی دستورات بالا صورت بگیرد.

فصل چهارم

4-1جوشکاری هاردوکس و ولدوکس

- نمونه ایی از جوشکاری هاردوکس و ولدوکس

4-1-1پارامترهای مهم درجوشکاری

تمیز کردن اتصالات به منظور خارج کردن وازبین بردن رطوبت وهمچنین روغن باقی مانده قبل از جوشکاری به کاربرده می شود.اضافه براین نیز برای بهداشت در یک جوشکاری مناسب شامل شده است از:

- پیشگرمایی ودمای بین پاسی

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- حرارت ورودی

- جوشکاری مواد مصرفی

- سرباره گازی

- ترتیب جوش واندازه ریشه اتصالات

4-2پیشگرمایی ودمای بین پاسی:

پیشگرمایی ودمای بین پاسی ازموارد مهمی است که برای جلوگیری ازترک خوردن هیدروژنی استفاده می گرددازجمله توصیه های ما دراین باره جداولی است که درصفحات بعدی به آن اشاره شده است.

ازجمله عومل اصلی که برروی عناصرآلیاژی صورت می گیردانتخاب پیشگرمایی ودمای بین پاسی است:

یکی از بی نظیرترین ترکیبات در عناصرآلیاژی است بهینه سازی درخواص مکانیکی هاردوکس و ولدوکس می باشد این ترکیبات تاثیرات را بروی دمای پیشگرم و بین پاسی فولاد درمدت جوشکاری ونیز برای محاسبات میزان کربن معادل خواهد گذاشت.مقدار کربن معادل معمولا به طور صحیح وآشکار به صورت CEVو CET مطابق با معادلات زیر بیان شده است.

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

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

از جمله ویژگی های که در عناصر آلیاژی هستند درگواهینامه بازرسان کاملا برروی ورق هاوحالت های مربوطه به وسیله پهنای آن در فرمول های مشخص شده است.معمولا یکی از بیشترین کربن معادل هایی که نیاز به دمای پیشگرمی و دمای بین پاسی بالاتری را خواهد داشت.مقدارهایی ازاین نمونه دارای کربن معادلاتی هستند که دارای اطلاعات درباره تولیدورقه ها باشد.

4-2-1ترک های هیدروژنی

برای کربن معادل کم هاردوکس و ولدوکس بهترین قابلیت لازم برای مقاومت دربرابر ترک های هیدروژنی را داشته که برای تعداد زیادی ازفولادها که دارای استحکام بالا می باشند را صورت می دهد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خطرات ترک های هیدروژنی به کمترین مقدار می رسد اگر به توصیه هایمان عمل کنید.

برای اینکه کمترین مقدارهیدروژن را داشته باشیم بایستی اطراف اتصال از پیش آماده شده باشند.

- استفاده صحیح از پیشگرمی و دمای بین پاسی

- استفاده از موادهای مصرفی درجوشکاری توسط مقدار کم هیدروژن

- نگهدارای دربرابر ناخالصی هایی که درخارج از ناحیه جوش می باشد.

-کمترین تنش هایی که دراتصالات جوشی می باشد

- نبایستی ازمواد های مصرفی که درجوشکاری از استحکام بیشتری لازم است استفاده شود

- منظم کردن در ترتیب جوش به خاطر کمترین تنش باقی مانده

- تنظیم کردن ریشه اتصال بیش از3میلیمتر

پیشگرمایی و دمای بین پاسی برای هاردوکس و ولدوکس

برای اینکه در جوشکاری پشگرمایی و دمای بین پاسی به کمترین مقدار لازم برسد به نموداری که در پایین به آن اشاره شده است می توان دست یافت.مگر اینکه در دیگر حالت هایی که این مقدار مواد مصرف شدنی درجوشکاری آلیاژهای کم و برشکاری غیرآلیاژی قابل کاربرد می باشد.

- هنگامی که ورق هایی با ضخامت های مختلف داشته باشیم طوری باید باشد که در گروه فولادهای جوشکاری آنها با هم صورت گیردضخامت ورقه ها نیز تعین کننده می باشند در زمانی که نیاز به پیشگرمی و دمای بین پاسی باشد.

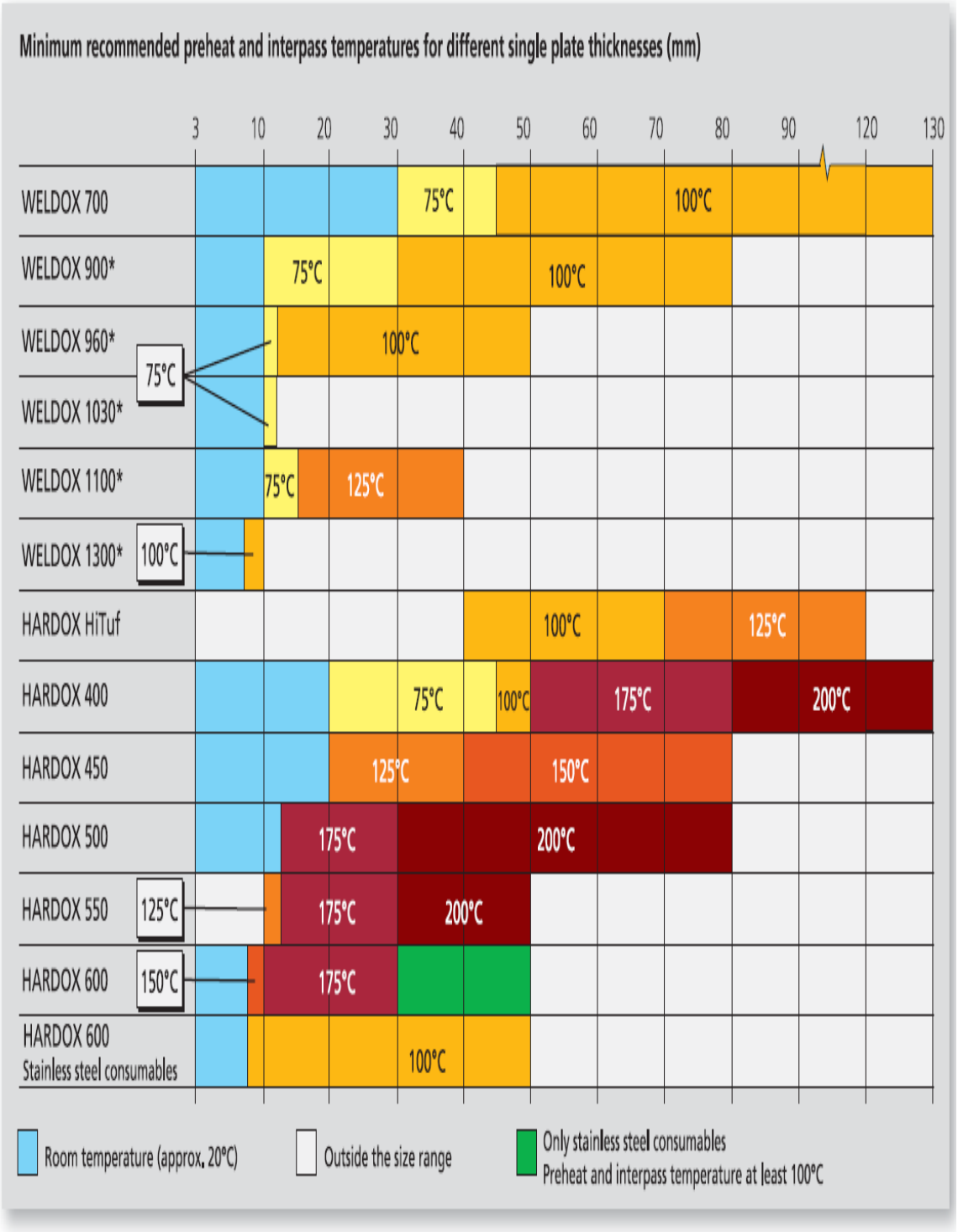
- هنگامی که انواع مختلفی از فولادها به یکدیگر جوشکاری می شوند ورقه ها نیز نیازمند بیشترین دمای پیشگرمایی بوده که تعیین می گردد براساس نیازی از پیشگرمایی و دمای بین پاسی می باشد.

یادداشت:دراین جدول قابلیت کاربرد جوشکاری برای ضخامت های ورقه های یک طرفه انجام می گیرد و همین طور نیز حرارت ورودی آن $1/7\ \frac{kj}{mm}$ می باشد.

www.iran-mavad.com

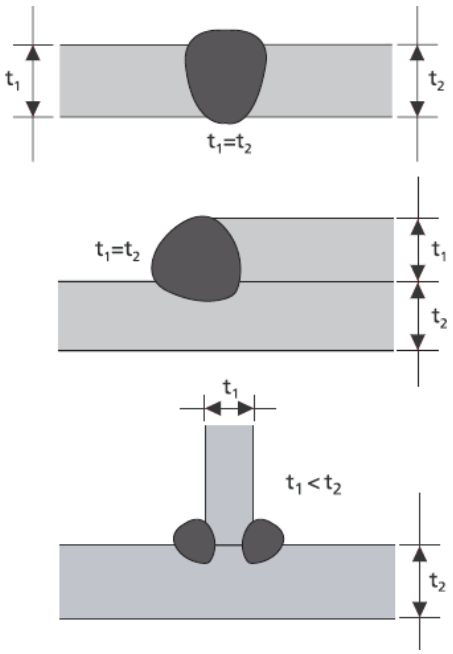
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-در این جدول زیر نیز از کمترین توصیه هایی که در دماهای بین پاسی و پیشگرمای برای ضخامت های مختلف ورق های یک طرفه انجام گرفته است(mm).



www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

– طبق جدول (ب)بیشترین حرارت ورودی برای فولادهای هاردوکس و ولدوکس مشخص شده است.



(الف)

Maximum recommended interpass temperature

WELDOX 700**	300°C
WELDOX 900**	300°C
WELDOX 960**	300°C
WELDOX 1030	200°C
WELDOX 1100	200°C
WELDOX 1300	200°C
HARDOX HiTuf**	300°C
HARDOX 400	225°C
HARDOX 450	225°C
HARDOX 500	225°C
HARDOX 550	225°C
HARDOX 600	225°C

(ب)

– درشکل مورد(الف)مقدار ضخامت های مختلف برای اتصالات لب به لب,لب روی هم و T نشان داده شده است.

اگر میزان رطوبت در محل بالا باشدویادما پایین $5°C+$ باشدکمترین توصیه هایی که برای دمای پیشگرمی می شود و بدین وسیله می بایستی دما را تا $25°C$ افزایش داد.همچنین این مورد به منظور اتصالات جوشی برروی گیر ها به صورت جدی استفاده می شودو نیز حرارت ورودی آن $1/0\frac{kj}{mm}$ می باشد.

ازجمله کمترین توصیه هادرقبال پیشگرمایی و دمای بین پاسی در نمودار صفحه قبلی دارای اثراتی نیستند همچنین حرارت ورودی آنها بالاتر از $1/7\ \frac{kj}{mm}$ می باشد.

از اطلاعات پایه و اصلی که برروی اتصال های جوشی قبول می گردد که امکان خنک کردن در هوا صورت گیرد.

همچنین ازجمله توصیه هایی که در این یادداشت به کار رفته برای جوش های که به طور زیکزاکی ودر ریشه ها به کار گرفته شده اند.هریک از جوشهای زیکزاکی می بایستی طوری باشند که حداقل طول آنها 50 میلی متر باشدفاصله بین جوش های زیکزاکی نسبت به نیازهای مربوطه می تواند مختلف باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

4-2-2دست یابی و اندازه گیری دمای پیشگرمی و دمای بین پاسی

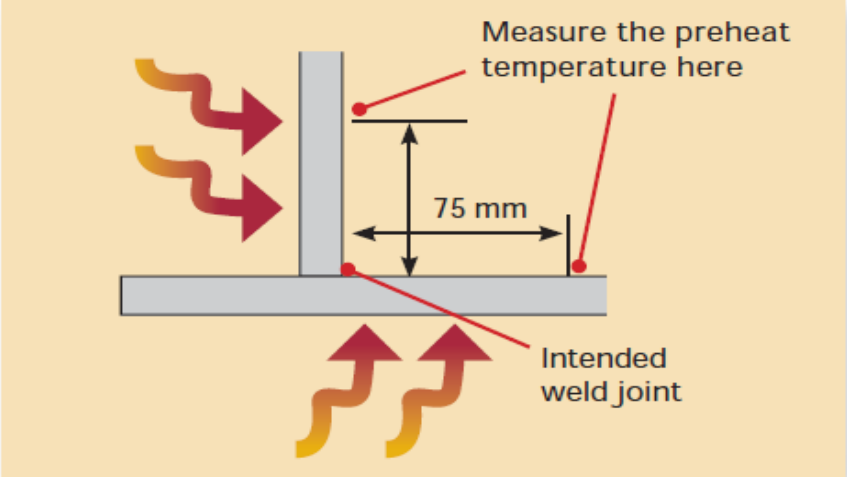
از نیاز هایی که می توان برای دمای پیشگرم و دمای بین پاسی داشت انجام دادن تعدادی از این راهها می باشد.استفاده از المنت های پیشگرمایی(هیتر)الکتریکی در سراسر اتصال اغلب به بهترین شکل انجام می گیردو ار آنجایی که برای ناحیه حرارت دیده به طور یکنواخت تهیه می شود.دمایی که باید در این باره وجود داشته باشدکه به وسیله مانیتورهاانجام می گیردو برای مثال استفاده از ترمومترها (حرارت سنج) استفاده می شود.

Using preheater elements

- در شکل بالا برای پیشگرمایی فولادها از ترمومتر استفاده شده است.

اگر ضخامت ورق 25میلی متر باشد اندازه گیری دما تا2 دقیقه بعد ازدمای پیشگرمی می باشدواگر ضخامت ورق12/5میلی متر باشد اندازه گیری دما تا1 دقیقه بعد از پیشگرمایی می باشد دمای بین پاسی می تواند به وسیله فلز جوش ویا درست درمجاور فلز اصلی اندازه گیری می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



- در شکل بالا نیز که برروی یک قطعه کارTشکل بدین صورت پیشگرمایی شده که حرارت ایجاد شده برای اندازه گیری پیشگرم بایستی 75 میلیمتر نسبت به ابتدای اتصال جوش فاصله داشته باشد.

4-3حرارت ورودی

درجوشکاری از توصیه هایی که برای حرارت ورودی شده به نتایج خوبی ازجمله خواص مکانیکی درمنطقه تحت تاثیر حرارت(HAZ) می توان اشاره کرد.

حرارتی که از فرا یندهای جوشکاری حمایت می گردد از جمله برای خواص مکانیکی در اتصالات جوش اشاره نمود. این توصیف بدین صورت است که حرارت ورودی می تواند با استفاده از فرمول های زیر محاسبه می شود.

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000}$$

Q = Heat input [kJ/mm]
U = Voltage [V]
I = Current [A]
v = Welding speed [mm/min]
k = Thermal efficiency

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

روش های مختلف در جوشکاری برای متغیر های راندمان حرارتی(K) وجود دارد. همان طور که در جدول پایین اهمیت تفاوت های خاص نسبت به هم دیگر دارند.

Thermal efficiency	*k*
MMA	0,8
MAG, all types	0,8
SAW	1,0
TIG	0,6

4-3-1اثرات حرارت ورودی برروی اتصالات جوشی

-افزایش حرارت ورودی

-بازدهی زیادتر

- برای روش های مرسوم در جوشکاری

-کاهش حرارت ورودی

-چقرمگی بهتر

- افزایش استحکام

- کاهش پیچیدگی

- تنش باقی مانده کمتر

- محدود تر شدن منطقه HAZ

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

4-4مواد مصرفی جوشکاری

مواد مصرفی فولادهای زنگ نزن و کم آلیاژ و غیرآلیاژهامی تواند برای جوشکاری هاردوکس و ولدوکس استفاده می شود.

4-4-1استحکام لازم درمواد مصرفی جوشکاری کم آلیاژها وغیر آلیاژها:

استحکام مواد مصرفی جوشکاری جزءبخش هایی است که می بایستی براساس شکل هایی که در صفحه بعدی به آنها اشاره شده است لحاظ نمود.استفاده ازمواد مصرفی با استحکام کم می تواند چندین مزایای را تعیین کنداین قبیل مانند بیشترین چقرمگی در فلز جوش و بیشترین مقاومت در برابر ترک های هیدروژنی وکمترین تنش های باقی مانده در اتصال جوش می باشددراتصالات چند ردیفه Weldox 700-1300 که به طور ویژه سودمند خواهد بودبرای جوش آنها که بدین وسیله مواد های مصرفی آنها نیز دارای استحکام مختلفی می باشنددر جوشکاری زیکزاکی و درپاس اول جوشکاری می شوند.به وسیله مواد مصرفی با استحکام کم وسپس از مواد های مصرفی با استحکام بالا را برای بقیه پاس هااستفاده می کنند این روش می تواند باعث افزایش چقرمگی و هم افزایش مقاومت به ترک های هیدروژنی را دارا باشد.

مقدار کربن معادل در مواد مصرفی بدین وسیله می بایستی دارای استحکام تسلیم بیشتر از700Mpa را داشته تا جایی که ممکن است بیشتر از ورقه هاباشد.هنگامی که توصیه های مختلفی برای دمای پیشگرمایی وجوددارندبرای اتصال ماده ها ومواد مصرفی باید طوری باشند که بیشترین مقدار لازم را در این باره بکا ر برده شودبرای جوشکاری هاردوکس بدین منظور می بایستی مواد های مصرفی که از استحکام کمتری برخوردارند را صورت داده مانند شکلی که بروری این صفحه شامل شده را نشان می دهد.

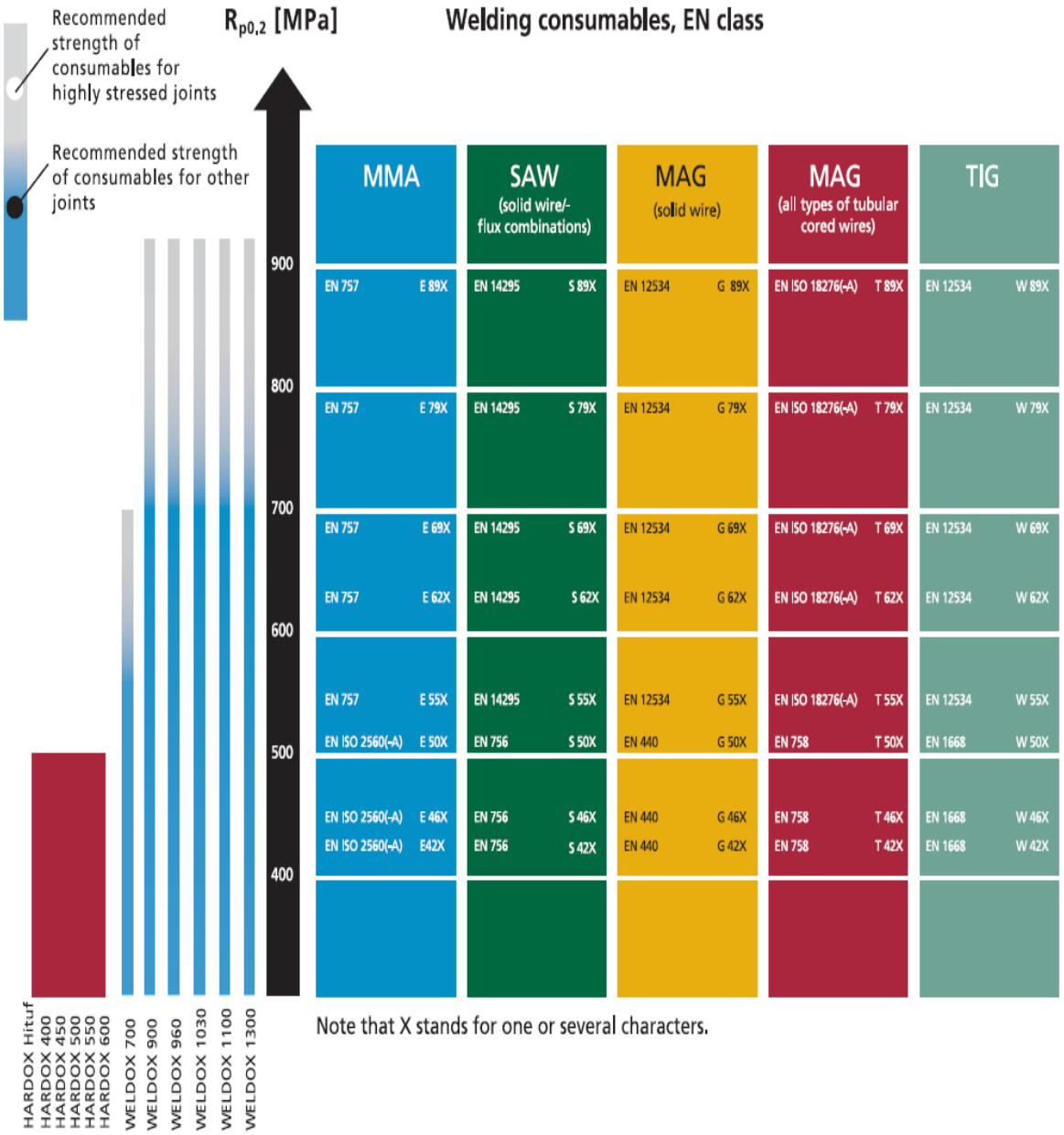
4-4-2درصد هیدروژن مواد مصرفی در جوشکاری کم آلیاژها وغیر آلیاژها

درصد هیدروژن بدین منظور می بایستی کمتر یا مساوی با 5میلی متر هیدروژن درهر100گرم فلز جوش رادارا باشد.هنگامی که جوشکاری به وسیله مواد مصرفی درجوشکاری های کم آلیاژها وغیر آلیاژها صورت گیرد.سیم های توپری که درجوشکاری MAG و TIG استفاده می شود می تواند درصد های هیدروژن کمتری را درفلز جوش ایجاد کنند. درصد هیدروژن برای سایر روشها از مواد مصرفی جوشکاری می تواند به بهترین وضعیت براساس ساخت و تولید مخصوص خود آن روش به دست آورد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اگر مواد مصرفی در کارخانه ها ذخیره شوندبراین اساس بایدتوصیه هایی را دراین باره انجام داد. در صد هیدروژن به دست آمده باید طوری باشد که سطح مربوطه آن برنامه ریزی شده باشد.این کاربردها تمام دربالا برای روکش مواد مصرفی و فلاکس ها مشخص شده است

جدول- مواد مصرفی جوشکاری, کلاس EN



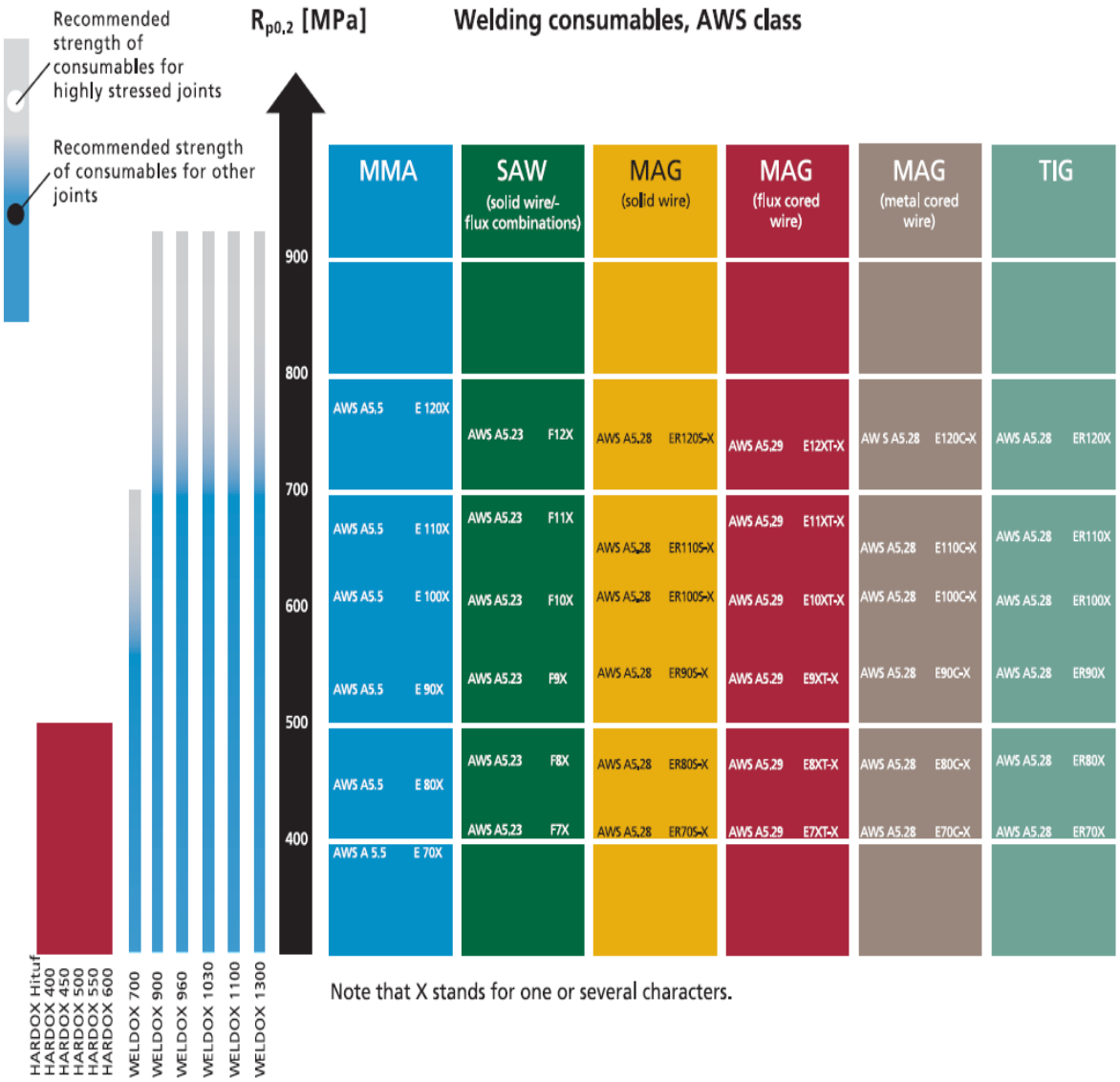
Welding consumables, EN class

MMA	SAW (solid wire/- flux combinations)	MAG (solid wire)	MAG (all types of tubular cored wires)	TIG
EN 757 E 89X	EN 14295 S 89X	EN 12534 G 89X	EN ISO 18276(-A) T 89X	EN 12534 W 89X
EN 757 E 79X	EN 14295 S 79X	EN 12534 G 79X	EN ISO 18276(-A) T 79X	EN 12534 W 79X
EN 757 E 69X EN 757 E 62X	EN 14295 S 69X EN 14295 S 62X	EN 12534 G 69X EN 12534 G 62X	EN ISO 18276(-A) T 69X EN ISO 18276(-A) T 62X	EN 12534 W 69X EN 12534 W 62X
EN 757 E 55X EN ISO 2560(-A) E 50X	EN 14295 S 55X EN 756 S 50X	EN 12534 G 55X EN 440 G 50X	EN ISO 18276(-A) T 55X EN 758 T 50X	EN 12534 W 55X EN 1668 W 50X
EN ISO 2560(-A) E 46X EN ISO 2560(-A) E42X	EN 756 S 46X EN 756 S 42X	EN 440 G 46X EN 440 G 42X	EN 758 T 46X EN 758 T 42X	EN 1668 W 46X EN 1668 W 42X

Note that X stands for one or several characters.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول- مواد مصرفی جوشکاری ,کلاس AWS



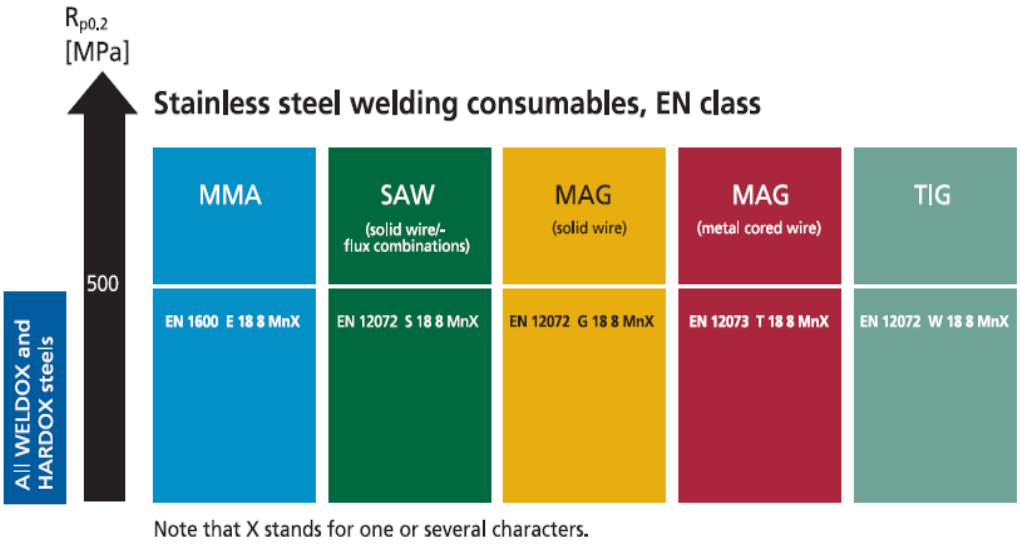
4-4-3مواد های مصرفی در جوشکاری فولادهای زنگ نزن

موادمصرفی در فولاده ای زگ نزن آستنیتی می تواند برای تمام روش های جوشکاری بکار برده شود.همین طور جوشکاری آنها امکان پذیر است.زمانی که در دمای اتاق و بدون هیچگونه پیش گرمایی انجام می شود.به استثناءهاردوکس 600که نمودارآن نشان داده شده است.از جمله توصیه های ما برای مواد های مصرفی شده

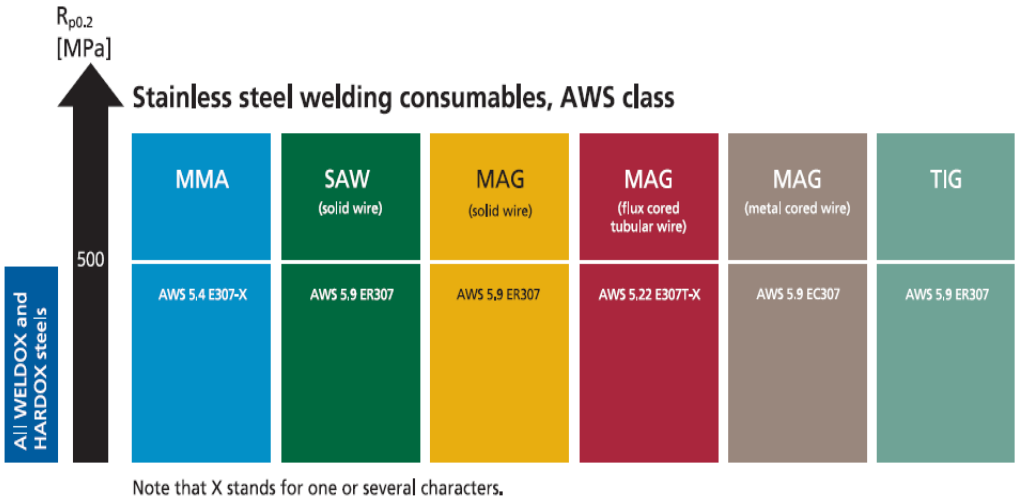
www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اولویت نخست مطابق گردیده با AWS 307واولویت دومی مطابق گشته براساس AWS309.درنوع AWS 307می توان مقاومت بهتری را دربرابر ترک های داغ نسبت به AWS 309 داشته باشیم. ازجمله مواردی که باید نسبت به آن توجه داشت در تولیداتی به ندرت ویژه درصد هیدروژن درمواد مصرفی فولادهای زنگ نزن بوده وهمین طور هیدروژن هیچ تاثیری را در این باره نداشته ورفتار آن به همان اندازه برمواد های مصرفی خاهد گذاشت.از پیشنهادات گوناگونی که برای موادهای مصرفی در فولادهای زنگ نزن می باشد.

جدول- موادهای مصرفی در جوشکاری فولادهای زنگ نزن ,کلاس EN



جدول- موادهای مصرفی در جوشکاری فولادهای زنگ نزن ,کلاسAWS

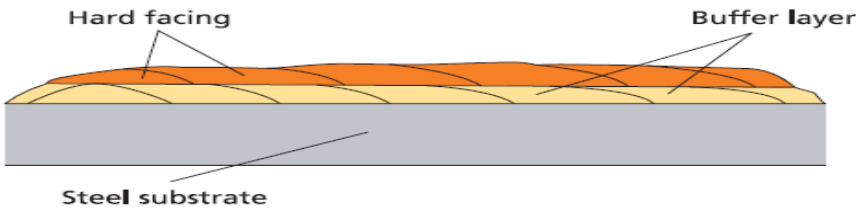


www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

4-4- 5سخت کردن سطحی (عملیات سطحی)

سخت کردن سطحی بدین وسیله برای افزایش موادهای مصرفی به طور ویژه می باشد که بر مقاومت پوشش ها در اتصالات جوشی می باشد.هر دوی اینها دستورالعمل هایی هستند که برای موادهای مصرفی به کار برده می شوندوازجمله توصیه های معمولی می باشند که برای هاردوکس وولدوکس بوده که با این وجود باید باز از آنها پیروی نمود.

برای اینکه جوش مان مفیدوسودمند واقع شود از یک لایه ضربه گیر استفاده می کنیم که بدین وسیله چقرمگی به طور واقعی بالا رفته ودر این بین از اتصال جوشی معمولی یا ورق وسخت کردن سطحی استفاده می کنند.انتخاب موادهای مصرفی برای لایه های ضربه گیر می بایستی شامل دستورالعمل های جوشکاری برای فولادهای هاردوکس و ولدوکس باشند.موادهای مصرفی فولادهای زنگ نزن بر اساس307 AWSوAWS309 بایستی ترجیحا برروی لایه های ضربه گیر به کاربرده شوند.



- در شکل مورد نظر برای رویه سخت کاری برروی فولادها بایستی در اطراف قسمتی که روکش سخت کاری شده از لایه های ضربه گیر استفاده نمود.

5-4 سرباره گاز

انتخاب ومخلوط سرباره گازهاوابستگی زیادی برروی جوشکاری به طور مناسب و به طور عادی تقریبا از آرگون و دی اکسید کربن در این باره استفاده می گردد.

اثرات مختلف در مخلوط های سرباره گاز

گاز فعال CO_2:

- قوس باثبات
- تخلخل کم

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- بیشترین پاشش یا جرقه جوشی به اضافه مسدود شدن نازل جوشکاری
- نفوذ بالا در فلز جوش

گاز آرگون(بی اثر):

- سهولت در برقراری قوس
- کاهش پاشش یا جرقه
- میزان اکسیده شدن کم

مثال مخلوط هایی از سرباره گازهایی که در پایین به آنها اشاره شده است.

- طبق جدول زیربه ترتیب از چپ در مورد روشهای جوشکاری,نوع قوس وسرباره گاز(درصد وزنی) مشخص گردیده است.

Welding method	Arc type	Shielding gas (weight %)
MAG, solid wire MAG, metal cored wire	Short arc	Ar + 15-25 % CO_2
MAG, solid wire MAG, metal cored wire	Spray arc	Ar + 8-25 % CO_2
MAG, flux cored wire	Short arc	Ar + 15-25 % CO_2, or pure CO_2
MAG, flux cored wire	Spray arc	Ar + 8-25 % CO_2
MAG, all types	All arc types	Ar + 15-25 CO_2
TIG		Pure Ar

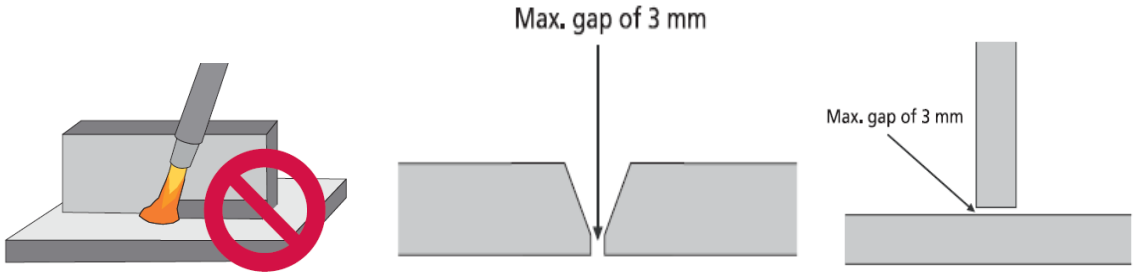
در تمام روش های جوشکاری اصلی برروی آنها سرباره گازی وجود داشته جریانی کـه در سـرباره گازهـا مـی باشند و وابستگی مناسبی را بروی جوشکاری خواهد گذاشت یکی از رهنمون های عمومی که در جریان سرباره گاز می باشنددریک دقیقه صورت می گیرد ودستگاه نسبت به مقدار لازم قطر داخلی نازل را اندازه گیـری مـی کند.

4-6ترتیب های جوشکاری واندازه گیری ریشه

برای جلوگیری ازترک های هیدروژنی دراتصالات جوشی:

- در اتصالات جوشی بیشترین ریشه مورد نظر بایستی 3 میلیمتر درنظر گرفته شود.(همانند شکل موارد الف برای اتصال T وب برای اتصال لب به لب)
- شروع وپایان و ترتیب های نبایستی وگوشه ها مستتر شـده باشـد.اگرممکن بـود درشـروع و پایـان فراینـد مـی بایستی حداقل 5تا10 سانتیمتری نسبت به گوشه هاقرار داشته باشد.(همانند شکل مورد ج)

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



(ج) (ب) (الف)

فصل پنجم

5-1خمکاری و برشکاری هاردوکس و ولدوکس

در این مقاله از قسمت هایی که در باره خمکاری و برشکاری ورقه های پوشش داده شده هاردوکس و ورقه های ساختمانی فولادی ولدوکس به طورمستقل اشاره گشته است.در این گروه از فولادهاما از ترکیباتی ازجمله استحکام بالا در درجه خلوص بالایی برخوردار بوده ونیز همین طور ما برروی ضخامت های دارای تلرانس های بسته تاکید گشته است وهرکدام از فولادها که تولید می شوندتاحد زیادی برای خمکاری درحالت سرد مناسب می باشند.

ازجمله دستور العمل هایی که برای بهتر شدن این نتایج لازم شده زمانی است که خمکاری وبرشکاری پوشش های مقاوم و فولادهایی که دارای استحکامات بالا می باشندصورت گیردکه در پایین به طور خلاصه به آن اشاره شده است.

5-2خمکاری:

دراین بخش ازقسمت هایی ازخمکاری به طور مستقل اشاره شده است واگر چه در خمکاری طوری رول کاری می شودکه می تواند به طور واضح مورد استفاده قرار گیرد.ازجمله نتایجی که در خمکاری هستند وابستگی هایی است که برروی هریک از فاکتور های شمارش گشته که هرکدام از این گروه ها در اینجا ازسه موضوع زیر پیروی می کند:

ورق ها ،ابزارها،وتولیدات .که در اینجا یک کویل برای قطعات مشترک مورد استفاده می گردد.

نتایجی که در یک خمکاری تاثیر گذار هستند از جمله اثراتی اند که درورق ها وابزارها وتولیدات مورد استفاده قرارمی گیرد.

5-2-1ورق ها:

- طبقه بندی فولادها

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

در این یاداشت ازنیروی خمکاری وافزایش برگشت پذیری دراستحکام ورقه ها می باشد(برای نمونه مقادیری از استحکام کششی که در جدول 4می توان مشاهده گردد.)همچنین برای ورقه هایی که قوی تر وسخت ترند.

- بیشترین نیروی خمکاری لازم است
- زیادترین قابلیت برگشتی وجودداشته باشد
- بزرگترین شعاع برای دستگاه پانچ نیاز است

5-3سطوح ورق ها:

ازجمله دستورالعمل های کاربردی برای کوره های قوی وضد خوردگی برروی ورقه های رنگ کاری شده صورت می گیرد.ازآسیب های سطحی وخوردگی که درکناره های ورقه هاکه هر کدام درزیربرای خمکاری لازم به کشش بیشتری بوده تا قابلیت خمکاری آن کاهش یابددراغلب موارد بخانی و چنانچه عیوب هایی وجود داشته باشدباید راه های موجود در این راه هارایافت.

5-3-1لبه های ورق:

- ضخامت ورق

نظربه این که دردستورات کلی ومی توان و ورقه های نازکتر را باشعاع کوچکتر شکل داده شوند.همانطورکه درجدول 1می بیند.

- رولکاری ورقه هابه طور مستقیم

ورقه هارا می توان باشعاع های کوچکتر تحت زوایای دقیق نسبت به رولکاری به طور مستقیم نیز برروی رولکاری تاثیر مستقیمی راداشته باشد.همانطورکه در جدول 1مشاهده می کنید.

- طول های خمکاری

اگر طول های خمکاری (درشکل 1می بینید)کمتر از10برابرضخامت ورقه ها باشداغلب ورقه های را می توان با شعاع کوچکترازمعمول نیز خمکاری نمودکه این مقدار درجدول 1لحاظ شده است.

5-4ابزارها:

- شعاع دستگاه پانچ

شعاع دستگاه پانچ به درستی از بیشترین فاکتورهای مهمی است در زمانی که برای خمکاری هاردوکس و ولدوکس صورت گرفته است همانطور که درشکل 1 میبینید.

برای فولادهای نرم تراز حد-بالابرای این منظورمی باشدو شامل شده ازولدوکس500

- دریک شعاع ازدستگاه پانچ برای هرکدام نیز برابربوده ویابدین منظور تاحدی کوچکتر از شعاع خمکاری که مورد نیاز از است توصیه می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

برای فولادهای قوی تر نیزدریک شعاع ازدستگاه های پانچ یرای هرکدام نیـز برابـر وتـا حـدی بزرگتـر از شـعاع خمکاری که مورد نیاز است توصیه می شود.

جدول 1 نیز کمترین توصیه های که برای شعاع پانچ لحاظ شده است که برای جلوگیری ازترک هـا زمـانی کـه ورقه هارا تا90درجه خمکاری می کنندباید درنظر داشت.

کمترین توصیه هایی که برای شعاع پانچ(R) وپهناهایی که درورودی قالب (w)برای ضخامت های ورق زمـانی که ورق موجود دارای درراستای 90به طور مستقیم رول گشته وشـکل داده مـی شـودو زاویـه آن بـه طوردقیـق مستقیم برورلکاری اثرگذاشته وهمچنین مطابق با برگشت پذیری آن صورت می گیرد.

جدول- 1 در مورد استفاده از رولکاری ورق های فولادی هاردوکس وولدوکس

	Thickness [mm]	At right angles R/t	Along R/t	W/t	Along W/t	Springback [°]
S 355 acc to EN 10025		2,5	3,0	7,5	8,5	3-5
WELDOX 700	t < 8 8 t < 20 t 20	1,5 2,0 3,0	2,0 3,0 4,0	7,0 7,0 8,5	8,5 8,5 10,0	6-10
WELDOX 900/960	t < 8 8 t < 20 t 20	2,5 3,0 4,0	3,0 4,0 5,0	8,5 8,5 10,0	10,0 10.0 12,0	8-12
WELDOX 1030	t < 8 8 t < 20 t 20	3,0 3,5 4,5	3,5 4,5 5,5	9,0 9,0 11,0	10,0 11.0 13,0	10-32
WELDOX 1100	t < 8 8 t < 20 t 20	3,5 4,0 5,0	4,0 5,0 6,0	10.0 10,0 12,0	10,0 12,0 14,0	11-18
WELDOX 1300	t < 6 6 ≤ t < 10	3,5 4,0	4,0 5,0	10,0 12,0	12,0 14,0	12-45
HARDOX 400	t < 8 8 t < 20 t 20	2,5 3,0 4,5	3,0 4,0 5,0	8,5 10,0 12,0	10,0 10,0 12,0	9-13
HARDOX 450	t < 8 8 t < 20 t 20	3,5 4,0 5,0	4,0 5,0 6,0	10,0 10,0 12,0	10,0 12,0 14,0	11-18
HARDOX 500	t < 8 8 t < 20 t 20	4,0 5,0 7,0	5,0 6,0 8,0	10,0 12,0 16,0	12,0 14,0 18,0	12-20

باید دقت کافی را درتمام مراحل خمکاری در نظر داشت.همین طـور نیـز لازم اسـت اسـتحکام بـالا در ورق هـا ونیرو های زیاد در خمکاری را در این موارد لازم داشته است.اگر ترکی برروی ورق ها ایجاد شود وبخش هایی ازمنواد ممکن است مانع از رسیدن این موضوع شود.در مدت خمکاری بنابراین اپراتور ودیگر پرسنل می بایستی در مقابل ماشین ها نایستند وآنها می بایستی در هنگام حرکت دستگاه در کنار قرارگیرند.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

5-5نیروهای تیغه ها دربرشکاری

فولادهایی که دارای استحکام بالا هستند می توانند به عنوان برش به کار برده شوند نظر به این که از قاعده کلی براین موضوع که بیشترین استحکام کششی وبیشترین نیرودر تیغه هابرای این مورد نیاز باشدهمچنین با افزایش پوشش درابزارها بدین وسیله باعث افزایش استحکام کششی و برشکاری ولدوکس 1100وهاردوکس 450وبیشترین استحکام فولادهایی که برای این مورد قابل رویت می باشند لحاظ شده است.

از نتایجی رضایت بخشی که در برشکاری می باشد در ازاءهرورق که استحکام بالای داشته وابزارهای دقیقی برای آن ایجاب گشته است ونیز از جمله موضوعات درستی است که برای پارامترهای برشکاری انجام می شود.برای این منظور نیروهای وارده بر تیغه ها را درجدول 2 نشان داده است.

جدول- 2 در مورد نیروهای وارده در خمکاری بر تعدادی از فولادهای هاردوکس و ولدوکس با ضخامت های مختلف را برای این فولادهابا نیروی خمکاری که واحد (تن) وبیشترین پهنای مورد استفاده در خمکاری را نشان داده است.

	Plate thicknesses, mm			
S 355 – EN 10025	10	20	30	60
WELDOX 700	8	16	24	48
WELDOX 900 / 960	7	14	21	42
HARDOX 400	6	13	19	38
Bending force per metre [tonnes]	120	240	330	660
... at a die opening width (W) [mm]	75	150	240	480

6-5تیغه ها:

تیغه ها می بایستی سخت وبرنده باشندو بدین وسیله نیز لبه های آنها را تاحدودی انحناء دارطراحی می کنند.

1-6-5فاصله مجاز:

ازجمله پارامترهای مهمی که برای دستیابی مناسب به این نتایج ها صورت میگیردکه در این جاموجود است.فاصله مجاری که بین تیغه های متحرک وثابت وجود داردمی بایستی زیاددرنظر گرفته شودتابدین وسیله ازنظراستحکام کششی روبه افزایش می باشد(همانطور که در جدول 3می بینید.)

فاصله نادرست بدین صورت بدنبال دارد که باعث می شودکه سطوح تیغه ها ضعیف ونامرغوب گشته وحتی ممکن است باعث رشد ترک گردد درهنگامی که پس ازجوشکاری یا خمکاری انجام شده است.

2-6-5زاویه شیب(λ):

بزرگترشدن زاویه شیب وکمترین نیرورا برتیغه ها وارد می آوردواگرچه بیشترین خطرات را برروی ورقه گذاشته که باعث سرخوردن از بغل هاگشته ویا قطعه ازورق در بین تیغه ها دفرمه شده(پیچاندن).نظر به اینکه

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ازدستورات کلی استفاده شودکه زاویه شیب زیاد در نظر گرفته شـودهنگامی کـه درقیچـی کـاری ورق مربوطـه ازاستحکام بالایی برخورداربا‌شدهمان طور که درشکل 2 وجدول 3در پایین می بینید.

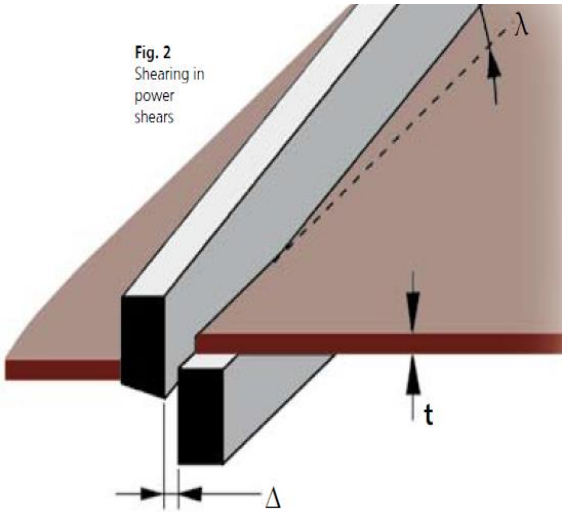


Fig. 2
Shearing in power shears

شکل-2

جدول-3 در مورد فاصله مجازبین دو تیغه و زاویه شیب برای فولادهای هاردوکس و ولدوکس مشخص کرده است.

Table 3.
Clearance and rake angle settings for different plate grades

	Clearance, Δ in % of t	Rake angle, λ [°]
S 355 – EN 10025	8-10	1-5
WELDOX 700	12-15	3-5
WELDOX 900	14-16	3-5
WELDOX 960	14-16	3-5
HARDOX 400	16-18	3-5

5-7نیروهای برشکاری:

نسبت زاویه شیب مورد نظر به نیروهای برشکاری به طورخطی افزایش داده شده تا بدین وسـیله باعـث اسـتحکام افزاینده ورقه ها راتعیین کندکه برای درک بهتر این موضوع می توان درنمودار 1 وجدول 4 مشاهده کنید.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

در نمودار-1 زیرمقدار زاویه شیب و مقدار نیروی برشی در راستای عمودی نمودار وضخامت لازم در راستای افقی نمودار برای تعدادی از فولادها مشخص کشته است.

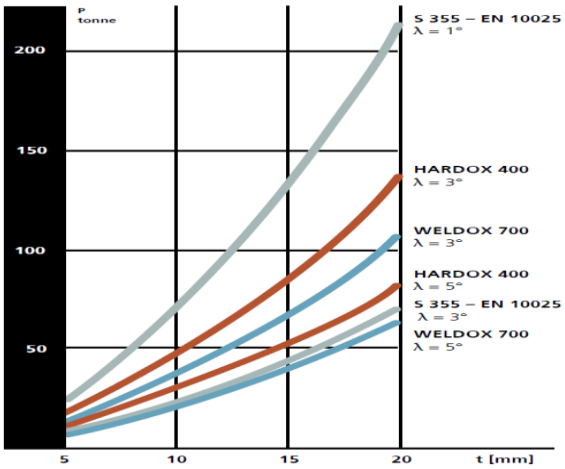


Fig. 3. Shearing force as a function of the thickness and rake angle λ

جدول -4 در مورد خواص فیزیکی این فولادها توضیح داده شده است.

Table 4.
Typical physical properties

	Tensile strength R_m [MPa]	Elongation A_5 [%]	Hardness [HBW]
S 355 acc to EN10025	550	28	~ 180
WELDOX 700	860	17	~ 270
WELDOX 900	1030	15	~ 330
WELDOX 960	1070	15	~ 340
WELDOX 1030	1340	11	~ 430
WELDOX 1100	1440	11	~ 460
WELDOX 1300	1540	10	~ 490
HARDOX 400	1250	10	~ 400
HARDOX 450	1440	9	~ 450
HARDOX 500	1550	8	~ 500

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل ششم

6-1ماشینکاری هاردوکس و ولدوکس:

ورق های پوشش داده شده هاردوکس وورق های ساختمانی استحکام بالاولدوکس از جمله دسته های ازفولاد می باشدکه به وسیله دستگاه هایی که از جنس ابزارهای فولادهای تندبر(HSS) ویا کاربید سمنتیت (CC) بکاربرده می شود. این قسمت از مقاله شامل توصیه هایی در باره اطلاعاتی از برشکاری (سرعت ها وموادها)وبخش هایی از ابزارها می باشد از جمله دیگر فاکتورهای که بایستی به طورموثر در این زمینه دانست طرزکار استفاده از ماشین ها در این باره می باشداز طرح هایی که در این زمینه تهیه گشته است ازآزمایشاتمان برروی ابزارهای گوناگون که ساخته شده و مشاوره هایی که درجهت سازندگان ابزاردردست داشته اند.

جدول زیر در موردخواص های استحکام کششی و سختی سنجی(برینل) نمونه هایی از هاردوکس و ولدوکس توضیح داده شده است.

	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	ARDOX 500
Tensile strength, R_m [N/mm^2]	~550	~620	~860	~1040	~1350	~1250	~1400	~1550
Hardness [HBW]	~180	~200	~260	~320	~430	~400	~450	~500

6-2سوراخکاری:

هریک از فولادهای تند بر ویاکاربید سمنتیت توسط دریل ها می تواندسوراخکاری شوند.قابل دسترس بودن به این ماشین ها وپایداری آنها تعیین کننده نوع دریل و به کار بردن و استفاده از آن می باشد اما هرچه نوع ماشین و ارتعاشات کمتری را برخوردار باشد نقش بسیار مهمی در این موردرا خواهندداشت.

6-2-1ماشین های سوراخ کاری ستونی یا شعاعی:

توصیه هایی که برای کاهش ارتعاشات و افزایش مدت عمر سودمند دریل ها انجام گرفته است بدین صورت است که:

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- کمترین فاصله ممکن از دریل نسبت به ستون

- خودداری کردن ازفاصله بلوک های چوبی

- ازگیره ها برای محکم نگه داشتن قطعه کارمته به همان اندازه ممکن ما بین فضای بلوک های بسته شود.-
- صرفا قبل از این که مته شکسته شود از میان آن مقدار بار مربوطه به مواد در حدود یک ثانیه اجراء می گردد.حرکت خاصیت فنری در این ماشین هاباعث می شودتابه گونه دیگری در نوک مته ها به دونیمه تبدیل شود.جاانداختن دوباره مواددر مته هنگامی که خاصیت فنری وجودداردباعث توقف می گردد.

- تهیه کردن بسیاری از خنک کننده های که در این باره به این موضوع کمک می کنند.

در مورد شکل های زیر این چنین می توان گفت که در مورد شکل(الف)برای استفاده از مته های از جنس HSS-CO با کبالت 8درصد که توسط یک زاویه مار پیچ کم و یک هسته مقاوم(جنس مته) می تواند در برابر نیروهای پیچشی زیاد مقاومت کندکه این مته مذکور برای فولادهای ولدوکس1100,هاردوکس400, هاردوکس450 وهاردوکس500 استفاده می شود.درشکل مورد(ب)برای سوراخ های ویژه ایی که توسط یک مته HSS معمولی انجام می شود.در نتیجه برای تولیدات معقول در این زمینه ازفولادهای تندبربا متالوژی پودری[1](میکرو آلیاژها) و یا با مته های فولادهای تندبر کبالت داربرای فولادهای ولدوکس420/460 ,500 700و900/960 این موارد استفاده نمود.

در جدول(ج)درموردسوراخکاری این فولادها گفته شده بدین صورت که قطر مته ها,سرعت برش,میزان نرخ نفوذ مته در نمونه را مشخص کرده است.

[1]HSS-E

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

(ب) (الف)

HSS
HSS-E
HSS-Co

Individual holes can be drilled with an ordinary HSS drill. For rational production, either a micro-alloyed (HSS-E) drill or a cobalt-alloyed (HSS-Co) drill is recommended.

HSS-Co

Use an HSS-Co drill (8% Co) with a small helix angle and a robust core that can withstand high torques.

	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
v_c [m/min]	~26	~22	~18	~15	~7	~9	~7	~5
D [mm]	Feed rate, f [mm/rev] / Speed, n [rpm]							
5	0.14 / 1700	0.12 / 1520	0.10 / 1150	0.10 / 950	0.05 / 445	0.05 / 570	0.05 / 445	0.05 / 320
10	0.17 / 860	0.15 / 760	0.10 / 575	0.10 / 475	0.09 / 220	0.10 / 290	0.09 / 220	0.08 / 130
15	0.18 / 570	0.17 / 500	0.16 / 400	0.16 / 325	0.15 / 150	0.16 / 190	0.15 / 150	0.13 / 85
20	0.28 / 430	0.26 / 380	0.23 / 300	0.23 / 235	0.20 / 110	0.23 / 150	0.20 / 110	0.18 / 65
25	0.30 / 340	0.30 / 300	0.30 / 240	0.30 / 195	0.25 / 90	0.30 / 110	0.25 / 90	0.22 / 50
30	0.38 / 280	0.36 / 250	0.35 / 200	0.35 / 165	0.30 / 75	0.35 / 90	0.30 / 75	0.25 / 45

(ج)

بیشترین ابزارهای ماشین های پایدار وثابت این قبیل مانندفرزکاری های حفاری و انواع پایه ماشینهای فرزکاری:

برای بهبود بازدهی وامتیازاتی که در مته های کاربید سمنتیت می باشددرماشین های قدیمی ومدرن استفاده می گردد.

انتخاب قابل دسترس سه نمونه از مته هاکه به وسیله تیغه های برش که از کاربید سمنتیت می باشدبکار برده می شود انتخاب مته هایی که از این نوع می باشندوابستگی پایدار بودن ماشین ها را در برداشته از گیره ایی که به قطعه کار متصل می باشند قطرسوراخ ها وتلرانس های مورد نیاز را می توان ازاین جمله موارد دانست.استفاده از کوتاه ترین مته هادرهرصورت امکان پذیر می باشد.

6-2-3خنک کننده ها:

- استفاده ازنوع خنک کننده مورد نظربرای سوراخ کاری

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- تسلط داشتن دربرابر کثیف کردن برای سوراخ کاری به وسیله عبور خنک کننده های داخلی:جریان خنک کننده {1/دقیقه}تقریبا معادل قطرمته به {میلیمتر}.

مته هایی که از کاربید سمنتیت سخت شده می باشند:

- برای قطرهای نزدیک به 3میلی متر

- تلرانس های صفر(دقت بالا)

- در باره ناحیه به وجود آمده

- حساسیت نسبت به ارتعاشات

مته هایی که از کاربید سمنتیت لحیم شده :

- برای قطرهای تعریف شده تا10میلی متر

- تلرانس های صفر

- درباره ناحیه به وجودآمده

- حساسیت کمتر نسبت به ارتعاشات که جزء کاربید سخت شده می باشد.

مته هایی که از جازدن قابلیت شاخص داده شده را دارد:

- برای قطرهای تعریف شده تا12 میلیمتر

- تعیین کردن بازدهی بالا

- تلرانس های زیاد که نسبت به دیگر مته ها(دقت کمتر)راداشته

- ازلحاظ اقتصادی مناسب است.

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- در جدول زیر درمورد سرعت برشکاری و نرخ نفوذمته تعدادی ازانواع مته ها را مشخص نموده است.

		WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
		Cutting speed, v_c [m/min] and Feed rate, f [mm/rev]							
Solid cemented carbide	v_c	50–70	50–70	50–70	40–50	30–40	35–45	30–40	25–35
	f	0.1–0.2	0.1–0.2	0.10–0.18	0.10–0.18	0.10–0.15	0.10–0.15	0.10–0.15	0.08–0.12
Brazed cemented carbide	v_c	50–70	40–60	40–60	40–60	30–40	35–45	30–40	20–30
	f	0.12–0.20	0.12–0.20	0.12–0.18	0.12–0.18	0.10–0.15	0.10–0.15	0.10–0.15	0.08–0.12
Indexable inserts	v_c	160–180	110–130	100–120	70–90	50–70	60–80	50–70	40–60
	f	0.1–0.2	0.1–0.2	0.10–0.18	0.10–0.18	0.06–0.14	0.06–0.14	0.06–0.14	0.06–0.12

اگرقطر مته کوچک باشد وانتخاب نرخ موادکمتر ازمدت ردیف های خاص می باشد.محاسباتی که از سرعت گردش نسبت به سرعت برش توصیه شده است:

برای مثال. قطرمته D=15mm وسرعت برش V_c=80m/min

$\frac{1000\times V_c}{\pi\times D}=\frac{80\times 1000}{3.14\times 15}$=1698=تقریبا 1700Rpm

4-2-6فرمول های مرتبط با سوراخکاری:

سرعت برش V_c= m/min $V_c=\frac{\pi\times D\times n}{1000}$

قطر مته (mm)=D

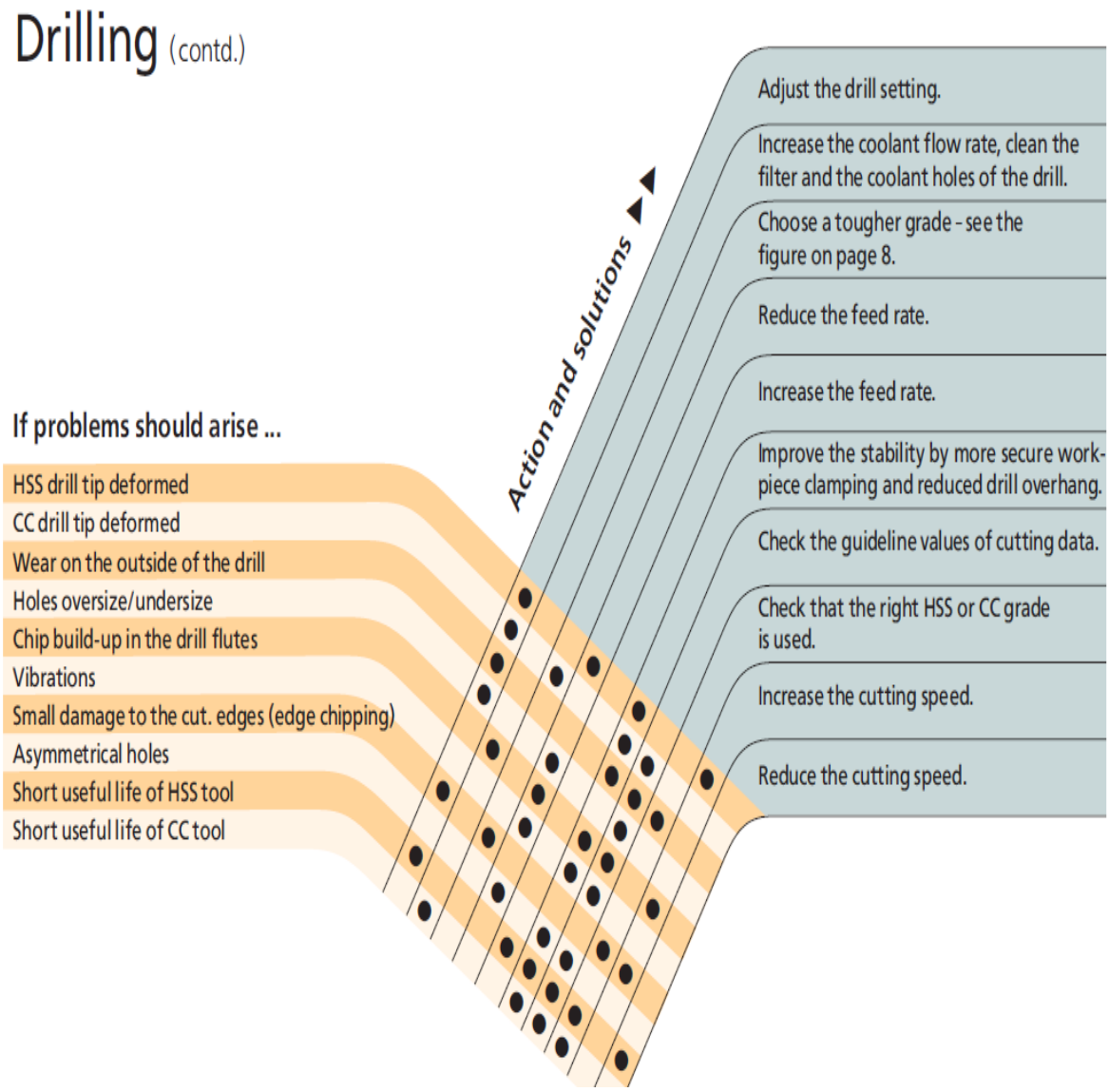
سرعت rpm=N $N=\frac{V_c\times 1000}{\pi\times D}$

نرخ مواد V_f ={mm/min}

نرخ مواد {mm/rev}=F $V_f=f\times n$

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



طبق جدول بالا که در مورد سوراخکاری می باشد.می توان آن را به صوت زیر شرح نمود:

6-2-5مشکلات و راهکارها در سوراخکاری

اگر مشکلی در این باره رخ دهد	**اقدامات وراه حل ها**
-نوک مته از جنس HSSسائیده شده است	-تنظیم کردن مته در محل نصب
-نوک مته از جنس CCسائیده شده است	-افزایش نرخ جریان خنک کننده,تمیز کردن فیلترهاو سوراخ های خنک کننده در دریل

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-پوششی که برروی مته می باشد از بین رفته است	-انتخاب گروههای مقاوم وسخت
-سوراخ های خیلی بزرگ نسبتا کوچکتر از حد هستند	-کاهش نرخ مواد
-قطعاتی که توسط دریل باعث ارتعاش می کردند	-افزایش نرخ مواد
-ارتعاشات	-بهبودوپایداری قطعه کار بوسیله بیشترین گیره هاکه باعث کاهش معلق ماندن درمته می گردد
-لبه های سنگ شکسته شده است	-بررسی و رهنمون مقدارهایی از اطلاعات در مورد برشکاری
-سوراخ های نامتقارن	-بررسی درست از گروههای HSSیاCCکه مورد استفاده قرار می گیرد
-مدت عمر کوتاه مفید ابزارهایHSS	-افزایش سرعت برشکاری
-مدت عمر کوتاه مفید ابزارهایCC	-کاهش سرعت برشکاری

3-6فرزکاری وخزینه کاری:

نقاط سطحی و خزینه کاری از جمله بهترین مواردی هستند که هرکدام ازابزارهای خزینه کاری می تواند جایگزین مناسبی به جای کاربید سمنتیت واستفاده از خنک کننده ها باشد.

نمونه از ابزارهای فرزکاری در فولادهای هاردوکس و ولدوکس

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-در جدول زیر در موردسرعت ونرخ نفوذ مواد در فرزکاری و خزینه کاری این فولادها را می بینید

	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500 [1]	WELDOX 700 [1]	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
v_c [m/min]	90–140 [2]	80–120 [2]	70–100 [2]	40–65 [2]	20–50 [2]	25–70 [2]	20–50 [2]	17–50 [2]
Feed rate, f [mm/rev]	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20
D [mm]	Speed, n [rpm]							
19	1510–2345	1340–2010	1175–1675	670–1090	335–840	420–1175	335–840	285–840
24	1195–1860	1060–1590	930–1325	530–865	265–665	330–930	265–665	225–665
34	845–1310	750–1125	655–935	375–610	185–470	235–655	185–470	160–470
42	680–1060	605–910	530–760	300–495	150–380	190–530	150–380	130–380
57	505–780	445–670	390–560	225–365	110–280	140–390	110–280	95–280

تیغه های خزینه کاری از جنسHSS بوده طوری است که برروی سه تا از لبه های تیغه ها وآماده سازی آن بوسیله تنظیمات که در فولادهای ولدوکس درجدول بندی (الف)می باشدصورت می گیرد که از الزاماتی است که برای بسیاری از جریان های خنک کننده مورد استفاده قرارمی گیرد.

		WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960
v_c [m/min]		~12	~10	~8	~7
D [mm]	Feed rate f [mm/rev]	Speed, n [rpm]			
15	0.05–0.20	250	210	170	150
19	0.05–0.20	200	170	130	120
24	0.07–0.30	160	130	100	90
34	0.07–0.30	110	90	70	70
42	0.07–0.30	90	60	60	50
57	0.07–0.30	70	60	40	40

(الف)

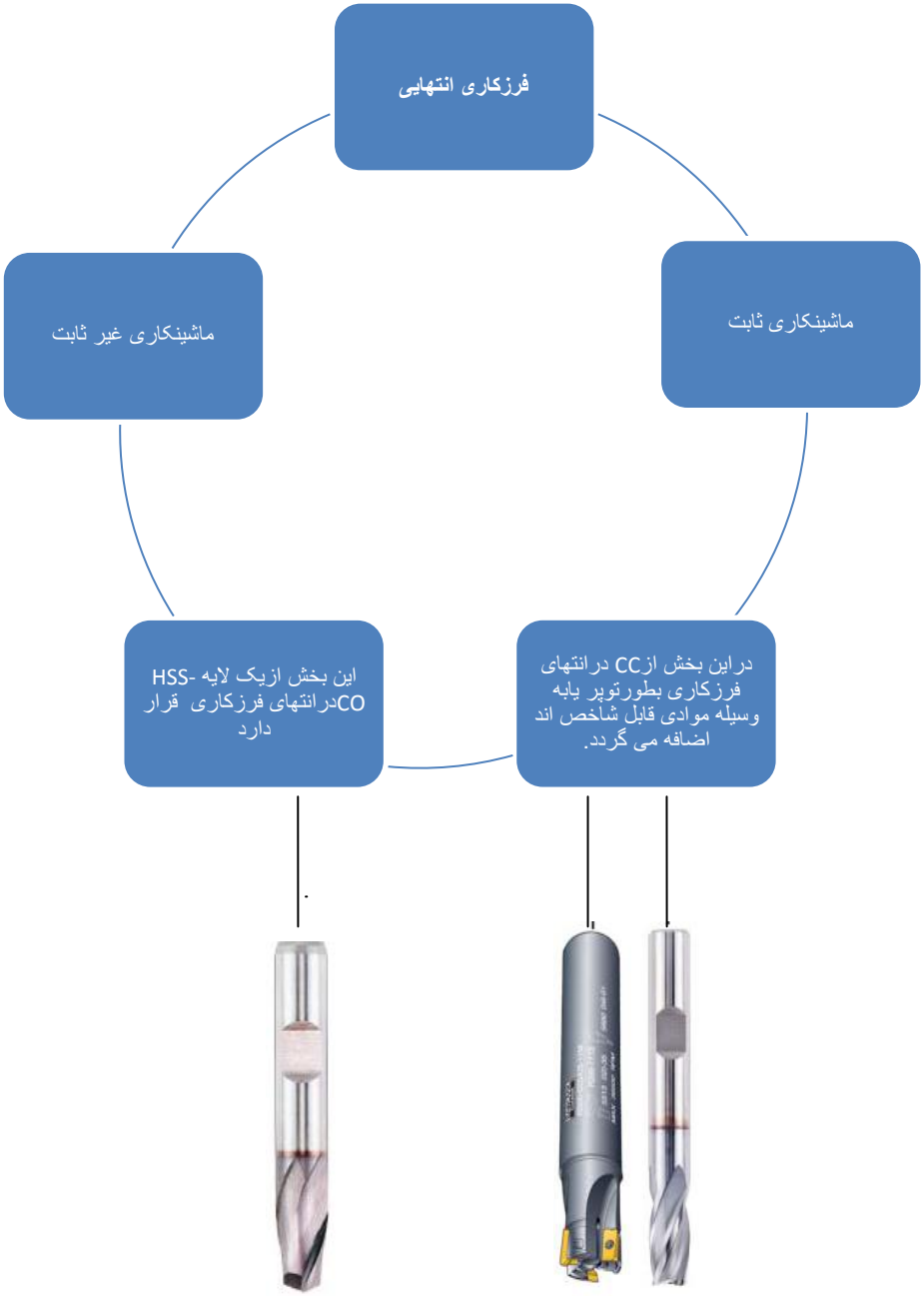
(ب)

شکل (ب)نمونه ایی از ابزار خزینه کاری

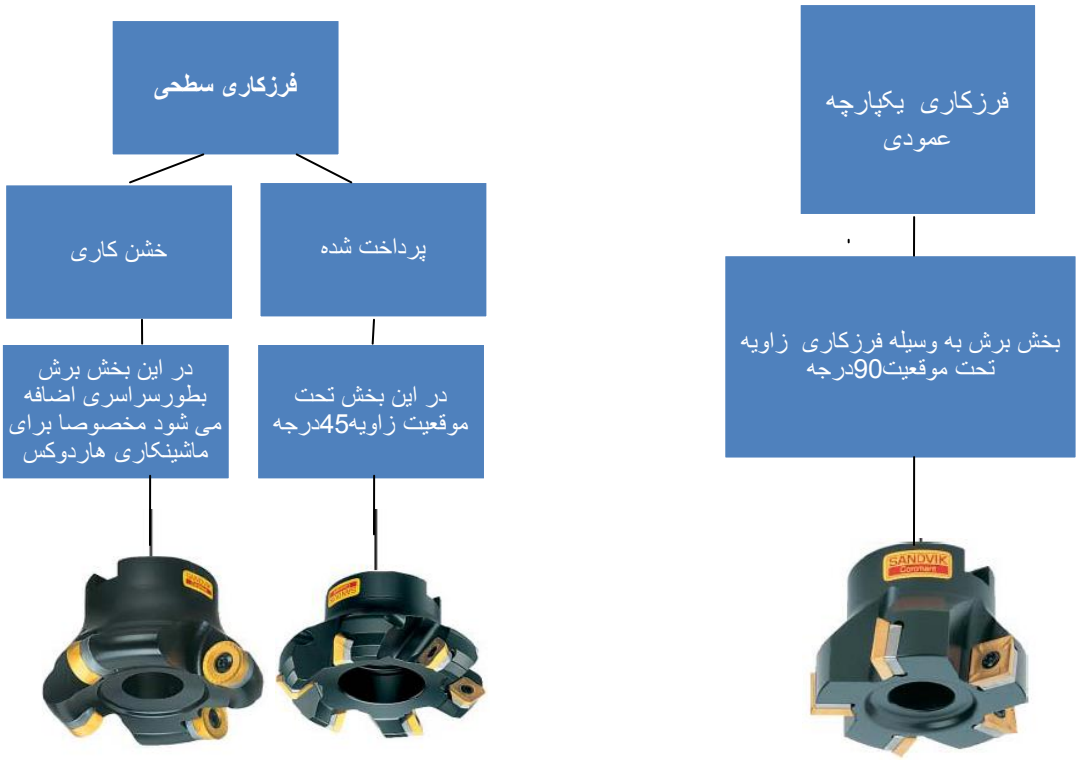
www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

6-3-1بخش هایی ازروش های فرزکاری وبرشکاری:

توصیه هایی که نسبت به ارتباط تولیدات تضمین شده می باشد تیغه های فرزکاری که به وسیله اینسرت هایی ازجنس کاربید سمنتیت هایی دراین میان قراردارد.(همانند شکل هایی که در زیر در مورد آن اشاره شده است)



www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



6-3-2فاکتورهای که می بایستی در هنگام فرزکاری رعایت کرد شامل گردیده از:

- اطمینان از درست بودن و محکم بودن قطعه کار درگیره ها

- اگرقدرت ماشینکاری کاهش یافته باشدامکان استفاده از برشکاری آن نیز به طور خشن ونامرغوب تولید می گردد.

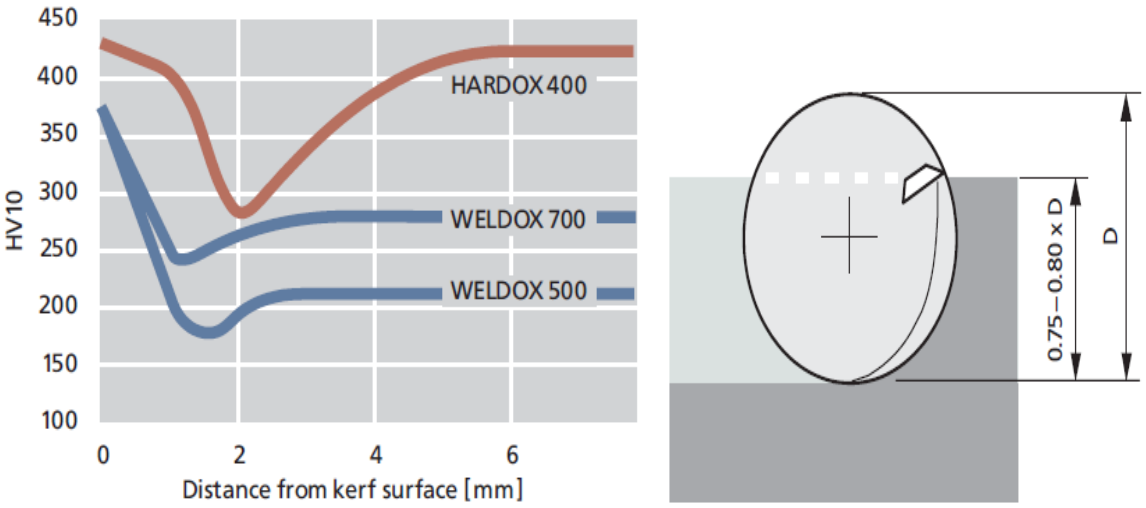
- اگرممکن بود عموما برای اجتناب ازفشاروارده برابزارهایی که روبه افزایش است ونیزهرچه قدرت آن انتقال پیدا می کندباعث تزلزل درآن می شود

- پهنای برشکاری درفرزکاری سطحی می بایستی قطر برشکاری تاحدود 75-80 درصد باشد(همان طوری که در شکل(الف) است)

- وقتی که سطوح فرزدر هرکدام از مواردکستر شده آنگاه قطر فرز نیز کاهش می یابد تیغه های فرزکاری مربوطه می بایست نسبت به موقعیت آن به طور غیر عادی انجام شود وهمچنین تعدادزیادی از دندانه ها نیز ممکن جا انداخته شود.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- هنگامی که در فرزکاری یک لبه برشکاری صورت می گیردکه نسبت عمق برش می بایستی کمتراز2میلیمتر بوده باشددر نتیجه برای نظم بیشترواجتناب از لایه های سخت شده سطحی از لبه های برش استفاده می کنند.(همانطور که در نمودار(ب) می بینید). به طوری که راستای عمودی آن را مقدار سختی به ویکرز10 وراستای افقی آن فاصله بین سطوح به میلیمتر را مشخص نموده است.



(ب) (الف)

در جدول زیر که در مورد فرزکاری گفته شده بدین صورت می باشد که به ترتیب در ردیف اول این جدول در خصوص فرزکاری سطحی با پوشش های کاربید سمنتیت ,سرمیت و فرزکاری زیرین(انتهایی)برای پوشش های کاربید سمنتیت وفولادهای تندبر-کبالت بوده و از جمله مشخصات دیگر این جدول نیز شامل:گروههای این پوششها وضعیت های ماشینکاری(غیر ثابت متوسط وثابت) نرخ براده برداری(F_Z) گروه فولادهای هاردوکس و ولدوکس و سرعت برشکاری آن نیز درج کشته است.در ضمن هر چقدر سرعت برشکاری کمتر شود به همان میزان مقار براده برداری بیشتر خواهد شد.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-جدول فرزکاری فولادهای هاردوکس و ولدوکس

	FACE MILLING				END MILLING			
	Coated CC		Cermet	Coated CC	CC			HSS-Co
Grade	P40 / C5	P25 / C6	P20 / C6-C7	K20 / C2	K10 / C3-uncoated	K10 / C3-coated	P10 / C7-indexable insert	TiCN-coated
Conditions	unstable	average	stable	stable	stable	stable	stable	unstable
Feed rate (f_z)	0.1 – 0.2 – 0.3	0.1 – 0.2 – 0.3	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2	0.02 – 0.10	0.02 – 0.20	0.05 – 0.15	0.03 – 0.09
Plate grade	Cutting speed, v_c [m / min]							
WELDOX 420 / 460	220–180–120	250–210–180	350 – 280	–	130	210	220 – 180	60
WELDOX 500	220–180–120	250–210–180	350 – 280	–	125	210	220 – 180	50
WELDOX 700	195–150–95	220–180–150	240 – 200	–	100	180	195 – 150	40
WELDOX 900 / 960	95–75–50	200–160–130	220 – 170	–	90	130	140 – 120	18
WELDOX 1100	–	150 – 120 – 110	150 – 120	–	90	100	110 – 90	18
HARDOX 400	–	150 – 120 – 110	150 – 120	–	90	100	110 – 90	18
HARDOX 450	–	150 – 120 – 110	150 – 120	–	90	100	110 – 90	18
HARDOX 500	–	120 – 100	120 – 100	120 – 100	50	80	90 – 70	–

6-3-3فرمولهای مرتبط با فرزکاری:

V_C=سرعت برشکاری (متر بر دقیقه)

$V_C = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$

D= قطر برشکار(mm)

$V_F = n \times z \times F_Z$

N= سرعت(rpm)

$N = \frac{V_C \times 1000}{\pi \times D}$

Π=3/14

$F_Z = \frac{V_F}{\times n \times z}$

V_F=میزانبراده برداری(میلیمتر بردقیقه)

F_Z=میزان نفوذ در هردندانه(میلیمتر بردندانه)

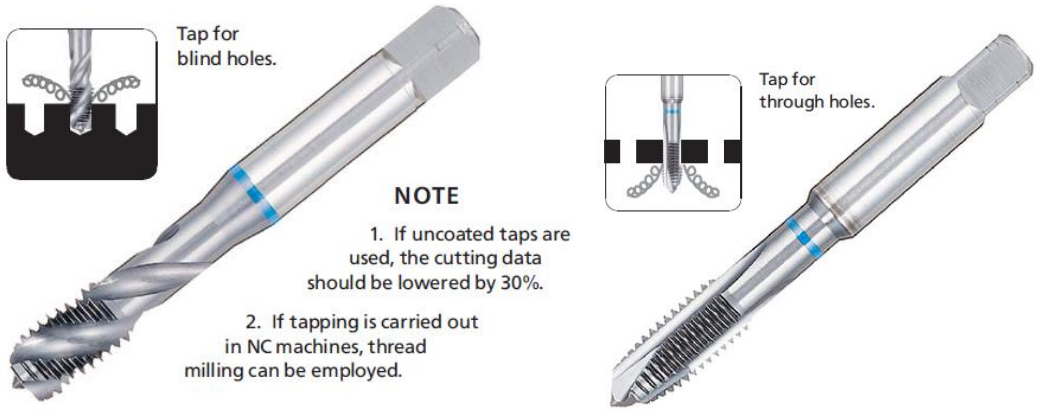
Z= فشار هر تیغه دندانه

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

4-6 قلاویز کاری:

یکی ازدقیق ترین انواع قلاویز هایی که استفاده می گرددوسوراخ هایی که برای قلاویزکاری تمام فولادهای هاردوکس وولدوکس مورد استفاده قرار می گیرد.ازجمله چهارویژگی درمورد قلاویزکاری ها توصیه می شودکه هرکدام می توانند مقاومت کنند دربرابر پیچش های زیادی که نیاز به قلاویز کردن سوراخ های که ازموادهای سخت هستندصورت گیرد.هنگامی که مواد هاردوکس وولدوکس قلاویزکاری می شوندحدیده هاو قلاویزها را روغن کاری ویا حدیده وقلاویزها راچسبنده می کنند که از جمله توصیه هایی است که باعث روان سازی می شود.همچنین امولوسیونی که بکار برده می شود می تواند برای نرم ترکردن فولادهای ولدوکس 420,ولدوکس 460, ولدوکس 500 مناسب باشد.ازدیگر مشخصات که در هریک از حدیده ها وقلاویزها وجود دارداستحکام غیربحرانی آنها ست که یکی از بیشترین موارد نامعلوم استاندارد که می توان برای قطرسوراخ های مته هاباشد(3درصد بیشتر) ازدیگرمواردی که نسبت به کاهش تنش هایی که در مدت قلاویزکاری انجام می گیرد.این بدین معناست که برای افزایش مدت عمر مفید در قلاویز وقتی که تمام مواردبالا سوراخ هایی که برای قلاویزکاری هاردوکس وولدوکس 1100انجام می گیردصادق باشد.



(ب) (الف)

دو نمونه از قلاویزها که در مورد(الف)برای قطعاتی است که تا انتهای قطعه قلاویز شده،برای(ب)نیز قطعاتی است که تا انتها قطعه قلاویز کاری نمی شوند.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

یادداشت:

1- اگرقلاویزکاری بدون دستگاه(دستی) مورد استفاده قرار گرفت وراندمان برشکاری آن می بایستی کمتراز 30درصد باشد.

2- اگرقلاویزکاری انجام شده به وسیله ماشینکاری NCباشد ,حدیده و قلاویز کردن نیز بوسیله فرزکاری می تواند بدین منظور به کار گمارده شود.

جدول زیر به ترتیب در ردیف بالا فولادهای تندبر با پوششTiN,فولادهای تندبر-کبالت(فولادهای تندبر-متالوژی پودری)با پوششTiCNو یاTiN ,ردیف آخر برای فولادهای تندبر-کبالت(فولادهای تندبر-متالوژی پودری)با پوششTiCN ,مقدارسرعت و قطر [1]مورداستفاده در قلاویزکاری را برای فولادهای هاردوکس و ولدوکس مشخص نموده است.

- جدول قلاویز کاری فولادهای هاردوکس و ولدوکس

	HSS TiN coated	HSS-Co (HSS-E) TiN or TiCN coated		HSS-Co (HSS-E) TiCN coated			
	WELDOX 420/460/500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
v_c [m/min]	15	10	8	3	5	3	2.5
Size	Speed, n [rpm]						
M10	475	320	255	95	160	95	80
M12	395	265	210	80	130	80	65
M16	300	200	160	60	100	60	50
M20	235	160	125	45	80	45	40
M24	200	130	105	40	65	40	30
M30	160	105	85	32	50	32	25
M42	110	75	60	22	35	22	20

[1] M

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نتیجه گیری:

طبق مطالب ذکر شده در بالا به این نتایج دست می یابیم:

-فولادهای هاردوکس و ولدوکس جزء فلزاتی می باشند که برای مواردی خاص به کاربرده می شود.

-این فولادها دارای ترکیب شیمیایی ویژه و نیز دارای خواص های مکانیکی متفاوتی با دیگر سری های فولادها می باشد.

-دارای جوشکاری ماشینکاری, برشکاری و خمکاری خاصی با نسبت به دیگر گروههای فولادی دارد.

منابع و ماخذ:

[1]www.*ssabox*.com

[2]www.*weldox*.com

[3] www.*hardox*.com

[4]www.*accurolltech*.com

[5]Rules for classification and construction of seagoing ship.part II-Materials and Welding Germanischer lioyd 1994.

[6]Przepisy klasyfikacji statkow morskich częśç IX.Materialy i spawaine.Polski rejestr statkow,Gdansk,1995

[7]Buglacki H.,Nadolny L.,Zamojski B.,Badania mikrostruktury I rozkladu twardosci zlaczy spawanych ze stail *HARDOX 400*.Politechnika Gdanska Wydziachal Oceanotechniki i Okretowictwa Gdansk 2001.

[8]Wolozyn A.,Buglacki H.,Nadolny L.:*Welding procedure specification*(WPS)-*HARDOX*. Politechnika Gdanska, Wydziachal Oceanotechniki i Okretowictwa-Gdansk 2001.

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد