

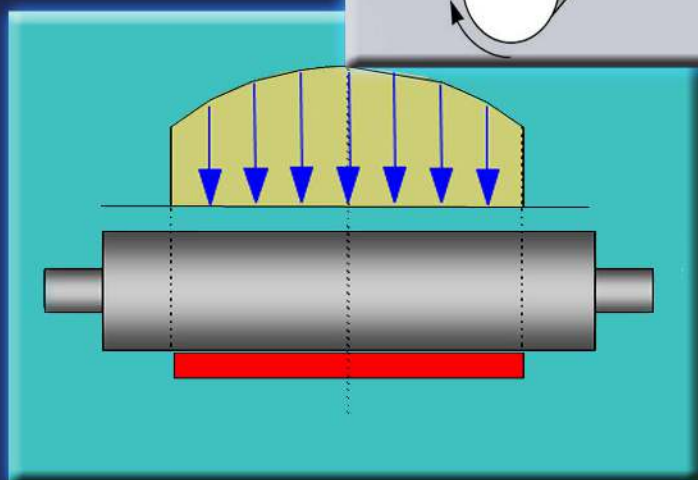
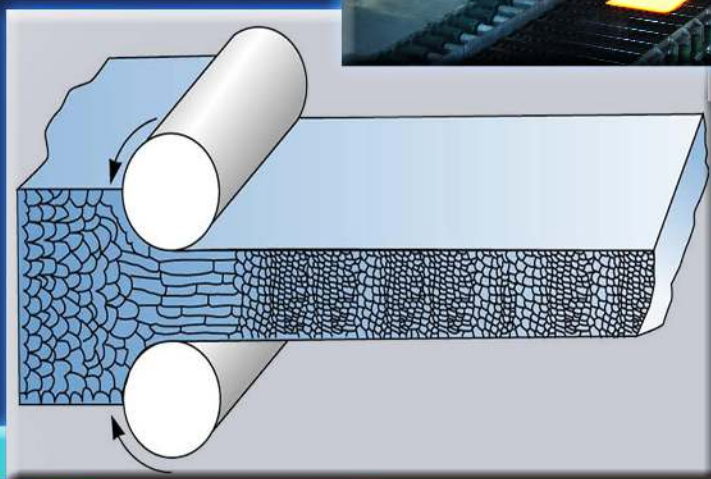
فصلنامه تخصصی نورد فولاد

PDF Compressor Free Version



فصلنامه پژوهشی، آموزشی و صنعتی، سال اول، شماره ۲۰۱، بهار و تابستان ۱۳۹۳

نشریه شرکت فولاد اکسین خوزستان



PDF Compressor Free Version
و انزلنا الحديد فيه باس شديد و منافع للناس

آیه ۲۵ سوره الحديد

فصلنامه پژوهشی، آموزشی و صنعتی - سال اول - شماره ۲ - بهار و تابستان ۹۳

صفحه	عنوان	فهرست
۲	پیام مدیر عامل	
۳	سرمقاله	
۴	آشنایی با فرآیند تولید ورق های عربض فولادی در شرکت فولاد اکسین خوزستان	
۹	بررسی روش های مختلف نورد محصولات تخت	
۱۵	بررسی و مقایسه ریزساختار و خواص مکانیکی ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم مختلف	
۲۱	بررسی خواص مکانیکی یک فولاد بینیتی HSLA پس از فرآیند نورد کنترل شده همراه با خنک کاری تسریع شده	
۲۸	آشنایی با نرم افزار Thermo-Calc	
۲۹	پیشرفتهای جدید در تجهیزات انتقال قدرت کارخانجات نورد ورق	
۳۶	اثربخشی کلی تجهیزات در نگهداری و تعمیرات بهره ور جامع (TPM در OEE)	
۴۲	مقدمه ای بر OPC و کاربرد آن در اتوماسیون صنعتی شرکت فولاد اکسین خوزستان	
۴۹	بومی سازی و ساخت دستگاه برچسب زن تمام اتوماتیک ورق در شرکت فولاد اکسین خوزستان	
۵۳	بررسی عیب ترک های حرارتی باندی (لانه زنبوری) در غلنک های نورد گرم محصولات تخت	
۵۵	گزارش فرآیند تولید ورق های فولادی رده API-5L X60MS در شرکت فولاد اکسین خوزستان و تبدیل آنها به لوله های سایز ۴۲ اینچ مورد نیاز شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب	
۵۹	نکاتی درباره میزان تولید فولاد ایران و جهان در سال ۲۰۱۳ میلادی	
۶۰	معرفی کتاب	
۶۲	معرفی سایت های اطلاع رسانی آهن و فولاد در شبکه اینترنت	
۶۳	لیست مقالات منتشر شده توسط شرکت فولاد اکسین خوزستان در مجلات علمی و کنفرانس های ملی و بین المللی تا آذر ماه ۱۳۹۲	
۶۹	Advanced cooling technologies for high-strength plate production	
۷۰	دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه تخصصی نورد فولاد	

چاپ مطالب به منزله تایید دیدگاه پدیدآورندگان آن نیست. نقل و اقتباس از مطالب این نشریه با ذکر ماخذ آن بلامانع است. دستورالعمل تهیه مقالات جهت درج در این نشریه در صفحه آخر ارائه شده است.

صاحب امتیاز: شرکت فولاد اکسین خوزستان

مدیر مسئول: رضا آبدیده

سرمدیو: محمد هیزم بر

هیات تحریریه:

دکتر احمد منشی (عضو هیات علمی گروه مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)

دکتر مهدی بروجر دنیا (عضو هیات علمی گروه مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)

دکتر سروش زرین آبادی (عضو هیات علمی گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)

دکتر شهرام شهروی (عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)

ایمان محمدزاده شعبه گر

مسلم محمدی زاده

سجاد غفوری

میثم کریمی

احمد بساق زاده

امیر منصوبیان

میلاد خجسته پور

طراحی جلد و گرافیک: محمد سیاحی

صفحه آرایی: پیام عطا روشن

لیتوگرافی و چاپ: مجتمع چاپ مینیا تور

همکاران این شماره:

ایمان محمد زاده شعبه گر، نشیم محمود زاده، امین آسیابان، حبیب اله مهرجو،

حسین علوی، میلاد خجسته پور، یعقوب غلامی، امیر منصوبیان، محمد صدری،

بهرنگ اهدایی، سلمان حمیدی، ابراهیم یاقوت، محمد هیزم بر، احسان عنایتی،

مسلم محمدی زاده.

نشانی: اهواز، کیلومتر ۱۰ جاده بندر امام خمینی (ره)، شرکت فولاد اکسین

خوزستان، فصلنامه تخصصی نورد فولاد

کد پستی: ۱۳۱۱۱-۶۱۷۸۸، صندوق پستی: ۱۷۳۳-۶۱۷۷۵

تلفکس: ۰۶۱۱-۲۷۰۹۱۷۴

نشانی سایت: www.oxinsteel.ir

پست الکترونیکی: rollingjournal@oxinsteel.ir

PDF Compressor Free Version

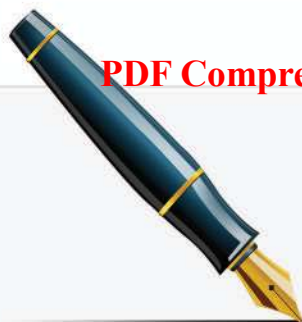
پیام مدیر عامل

امروزه مسئله پژوهش یکی از مهمترین دغدغه های مراکز علمی، صنعتی و تحقیقاتی کشور می باشد. در واقع یکی از اساسی ترین نیازها برای نیل به پیشرفت و توسعه همه جانبه یک کشور پژوهش است و قدرت و استقلال هر کشوری بر تحقیقات و تولید علم استوار است. تفکر و تفحص همگام با خلاقیت و نوآوری، امکان پیشرفت و توسعه صنعتی را فراهم می نماید. بهترین راه برای ارتقاء فناوری، کسب دانش فنی و گسترش مهارت های انسانی از طریق برنامه ریزی، سازماندهی و هدایت مناسب پژوهش و توسعه (R&D) می باشد. کمیت و کیفیت فعالیت های پژوهشی، شاخصی برای تشخیص توسعه یافتگی بنگاه های اقتصادی و هزینه در آن نوعی سرمایه گذاری پربازده است. در جوامع پیشرفته امروزی، دانشگاه و صنعت در کنار هم قرار دارند و تافته ی جدا بافته از هم نیستند ولی در کشور ما این ارتباط کمرنگ بوده و در اکثر مواقع بصورت یک حلقه مفقوده می باشد. شرکت فولاد اکسین خوزستان به عنوان اولین و بزرگترین تولید کننده ورق های عریض استحکام بالای فولادی در ایران و خاورمیانه در نظر دارد تا از طریق انتشار "فصلنامه تخصصی نورد فولاد" به عنوان پلی ارتباطی، این حلقه مفقوده را پیدا نموده و دو نهاد عظیم دانشگاه و صنعت را بهم متصل گرداند. این نشریه اولین مجله تخصصی صنعت نورد فولاد در کشور عزیزمان ایران محسوب می شود و هدف آن تبادل آخرین اطلاعات علمی-پژوهشی صنعت نورد با دانشگاهیان و صنعتگران کشور است.

اهمیت چاپ و نشر این مجله تخصصی به نقش آن در توسعه پایدار صنعت نورد کشور برمی گردد. لازمه توسعه پایدار و همه جانبه، برخورداری کشور از نظام توسعه علمی و فنی به عنوان اساسی ترین زیرساخت نظام توسعه است. علم در جریان داد و ستد فکری و فعالیت های جمعی بر روی داده ها، رشد و توسعه می یابد. از این رو نهادینه کردن این جریان در زمینه صنعت نورد مورد توجه مدیران و کارشناسان شرکت فولاد اکسین خوزستان قرار گرفت و به عنوان هدف اصلی انتشار فصلنامه تخصصی نورد فولاد در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه صنعت نورد فولاد در حال رشد و توسعه می باشد، این مجله بر خود وظیفه می داند تا با بررسی ظرفیت ها و پتانسیل های موجود صنعت نورد کشور و معرفی دستاوردهای شرکت های فعال گامی موثر در جهت توسعه این صنعت بردارد. این مهم جز با مساعدت و همدلی دو قطب مهم کشور یعنی صنعت و دانشگاه میسر نخواهد بود. در پایان از کلیه پژوهشگران، دانشگاهیان و صنعتگران که با ارسال مقالات و نوشته های خود ما را در تهیه این نشریه یاری کردند سپاسگذاری می نمایم.

عزیز قنواتی

مدیر عامل



PDF Compressor Free Version

سرمقاله

به نام یگانه خالق هستی که هر چه داریم از اوست

خدا را شاکریم که در سایه الطافش توانسته ایم با سعی و تلاش جمعی از مدیران و متخصصین شرکت فولاد اکسین خوزستان، اولین شماره فصلنامه تخصصی نورد فولاد را منتشر سازیم. صنعت نورد متداول ترین و پر رونق ترین روش تولید فرآورده های فلزی، بویژه فولادها می باشد به گونه ای که بیش از ۸۰٪ از فرآورده های فلزی در سطح جهان با این روش تولید می شوند. حجم فرآورده های تولید شده با این روش، در کشور ما ایران نیز از این آیین جدا نیست.

تاریخ راستین نورد به مفهوم امروزی آن، ولی در شکل های بسیار ساده و اندازه های کوچک، به آغاز سده ی هفدهم برمی گردد. به این صورت که دو غلتک چدنی، در یک چهارچوب چوبی قرار داده می شد و فلزهایی مانند قلع و سرب را نورد می کردند. هر چند پیش از این، از غلتک ها برای صاف کردن و فشردن مواد استفاده می شد، ولی ایده استفاده از غلتک ها بمنظور ایجاد کاهش در سطح مقطع فلز، در این دوره بوجود آمد.

با توجه به اینکه صنعت نورد در کشور عزیزمان ایران در حال رشد و توسعه می باشد، فصلنامه تخصصی نورد فولاد قصد دارد تا با بهره گیری از اطلاعات به روز و نظرات اساتید، پژوهشگران و متخصصین صنعت نورد، گامی هر چند کوچک در جهت شناسایی و ارائه روش های نوین بکار گرفته شده در این صنعت بردارد. این نشریه خود را پلی میان دانشگاهیان و صنعتگران می داند تا با ارتباط دادن این دو قشر و افزایش سطح علمی و تکنولوژیکی، راه توسعه صنعت نورد فولاد را هموار نموده و به آن شتاب دهد. بی شک از آنجائیکه در ابتدای راهیم بی عیب و ایراد نخواهیم بود. لذا نظرات سازنده خوانندگان همیشه چراغ اصلی راه ما خواهد بود. در پایان از تمامی کسانی که ما را در اولین گام این نشریه همراهی نمودند کمال تشکر و قدردانی را می نمایم.

رضا آبدیده

مدیر مسئول

PDF Compressor Free Version

آشنایی با فرآیند تولید ورق های عریض فولادی در شرکت فولاد اکسین خوزستان

مقدمه

شرکت فولاد اکسین خوزستان اولین و بزرگترین تولیدکننده ورق های عریض استحکام بالا در ایران و خاورمیانه می باشد که در سال ۱۳۸۸ به بهره برداری رسید. بخش های مختلف این کارخانه از قبیل کوره های پیش گرم تختال، قفسه نوردی به ظرفیت ۱۰۰۰۰ تن، تجهیز خنک کاری سریع، بخش تکمیلی و عملیات حرارتی مجهز به پیشرفته ترین تجهیزات و برخوردار از بالاترین سطح دانش فنی روز دنیا است که امکان تولید ورق های فولادی میکروآلیاژ استحکام بالا را با بهترین کیفیت و منطبق با استانداردهای بین المللی میسر ساخته است. شرکت فولاد اکسین خوزستان با دارا بودن ظرفیت تولید سالیانه بیش از یک میلیون تن ورق با ابعاد مختلف (ضخامت ۵ تا ۱۵۰ میلیمتر، عرض ۱/۱ تا ۴/۵ متر و طول ۲/۵ تا ۲۴ متر)، کارخانه منحصر بفردی در ایران و خاورمیانه محسوب می شود.

محصول تولیدی و نهایی شرکت فولاد اکسین خوزستان انواع ورق های فولادی با مقاومت بالا برای مصارف گوناگون مانند لوله های انتقال نفت و گاز تا قطر ۵۶ اینچ، صنایع کشتی سازی، دیگهای بخار صنعتی و نیروگاهی، مخازن تحت فشار و ذخیره میعانات نفتی و شیمیایی، پل سازی، صنایع خودروسازی و ورق های فولادی ویژه سازه های ساختمانی با خواص مکانیکی متنوع می باشد. استحکام کششی این ورق ها بعد از عملیات حرارتی می تواند تا 1200 N/mm^2 افزایش یابد.

تولید قطعات و تجهیزات خاص بدون استفاده از ورق ها و فولادهای خاص ممکن نیست. لذا طی سال های اخیر، حرکت به سمت تولید ورق های فولادی کیفی رویکرد اصلی شرکت فولاد اکسین خوزستان را تشکیل می دهد.

در فرآیند تولید این گونه ورق ها رعایت سیکل گرمایشی مشخص، کنترل دما در نورد پایانی، کنترل کاهش ضخامت طی پاس های نوردی و میزان سرعت خنک کاری پس از فرآیند نورد بسیار ضروری است.

تجهیزات و امکانات بکار رفته در این کارخانه بر مبنای آخرین تکنولوژی روز نورد ورق در دنیا می باشد که توسط شرکت دانپلی ایتالیا طراحی، ساخت، نصب و مورد بهره برداری قرار گرفته است. شرکت فولاد اکسین خوزستان در زمینی به مساحت ۱۶۰ هکتار و در ۱۰ سالن با مجموع زیربنای حدود ۱۰۰ هزار مترمربع احداث گردیده است.

دیماندر برق مورد نیاز کارخانه ۲۵ مگاوات ساعت، آب مصرفی ۱۵۰ متر مکعب بر ساعت و گاز مصرفی نیز ۸۰۰۰ نرمال متر مکعب بر ساعت می باشد که از تأسیسات و ایستگاههای اختصاصی شرکت تامین می گردد.

مواد اولیه مصرفی

مواد اولیه مصرفی در این شرکت تختال فولادی (اسلب) است که در مرحله اول از دیگر کارخانجات فولادسازی با خط ریخته گری مداوم تامین می شود.

مشخصات ابعادی مواد اولیه مصرفی (تختال فولادی)

ضخامت:	از ۱۱۰ تا ۳۰۰ میلیمتر
عرض:	از ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ میلیمتر
طول:	از ۳۰۰۰ تا ۴۵۰۰ میلیمتر

مشخصات ابعادی محصول نهایی (ورق فولادی)

ضخامت:	از ۵ تا ۱۵۰ میلیمتر
عرض:	از ۱۱۰۰ تا ۴۵۰۰ میلیمتر
طول:	از ۲۴۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ میلیمتر

PDF Compressor Free Version



در ادامه تختال توسط غلتک های انتقال دهنده به سمت قفسه نورد هدایت می گردد. پروسه نورد گرم توسط یک قفسه چهار غلتکه (4-Hi Mill Stand) با ظرفیت ۱۰۰۰۰ تن و به صورت رفت و برگشتی انجام می شود. مرحله اولیه عملیات نورد مطابق با برنامه نوردی تعیین شده و با توجه به عرض ورق درخواستی، عمود بر جهت ریخته گری تختال آغاز می شود. سپس با رسیدن به عرض مورد نظر با چرخش مجدد (۹۰ درجه) عملیات نورد ادامه می یابد تا ورق به ضخامت نهایی و مورد نظر برسد.



در این مرحله از فرایند تولید ورق، ابعاد آن بصورت پیوسته از طریق دستگاه های اشعه ایکس و گاما کنترل می شود. یکی از شاخصه هایی که شرکت فولاد اکسین خوزستان را در خاورمیانه منحصر به فرد می کند تعیین نوع عملیات نورد بر اساس خواص مکانیکی مورد نظر مشتریان و مطابق با استانداردهای بین المللی می باشد. تجهیزات خط نورد شرکت فولاد اکسین خوزستان به گونه ای طراحی شده اند که قابلیت انجام عملیات نورد به سه روش نورد معمولی، نورد کنترل شده از نظر دما و نورد ترمومکانیکی (همراه با خنک کاری توسط آب یا هوا) وجود دارد.

فرآیند تولید ورق فولادی عریض

فرآیند تولید ورق های فولادی عریض در شرکت فولاد اکسین خوزستان شامل شش مرحله اساسی به شرح زیر است:

- ۱- تغذیه تختال فولادی (اسلب) در خط تولید و پیش گرم کردن آن
 - ۲- عملیات نورد گرم
 - ۳- بازرسی ورق
 - ۴- برشکاری و موج گیری ورق
 - ۵- بسته بندی محصول
 - ۶- عملیات حرارتی (جهت ورق هایی که دستیابی به خواص مطلوب در آنها مستلزم انجام عملیات حرارتی می باشد)
- در ادامه به بررسی تفصیلی این شش مرحله می پردازیم.

۱- تغذیه تختال فولادی (اسلب) در خط تولید و پیش گرم کردن آن

ابتدا تختال فولادی به وسیله جرثقیل بر روی میز غلتکی قرار داده شده و پس از توزین و ثبت مشخصات آن، به درون کوره های پیش گرم وارد می شود. در کوره های پیش گرم، تختال تا دمای مورد نیاز نورد (حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد) گرم شده و پس از همگن شدن خواص متالورژیکی و حل شدن عناصر آلیاژی آن از کوره خارج و در ابتدای خط نورد قرار داده می شود.



۲- عملیات نورد گرم

عملیات نورد با عبور تختال فولادی از محفظه پوسته زدایی آغاز می شود. در این قسمت پاشش آب با فشار ۲۲۵ بار، سبب پوسته زدایی و برداشتن لایه های اکسید سطحی از روی تختال پیش گرم شده می شود.

PDF Compressor Free Version



ورق های با ضخامت بیش از ۵۰ میلیمتر برای برش با مشعل به سالن مربوطه منتقل می شوند.

۴- برشکاری و موج گیری ورق

۴-۱- برشکاری

به منظور برش ورق در ابعاد مورد نظر مشتری، سه قیچی در خط تولید کارخانه تعبیه شده است:

الف) قیچی لبه زن (Trimming Machine): بر اساس سفارش مشتری بوسیله این قیچی لبه های ورق برش داده می شود.

ب) قیچی برش طولی (Slitting Machine): این قیچی بعد از دستگاه لبه زن قرار دارد و در صورت نیاز برای کاهش عرض ورق نهایی، ورق مادر را بصورت طولی برش می دهد.

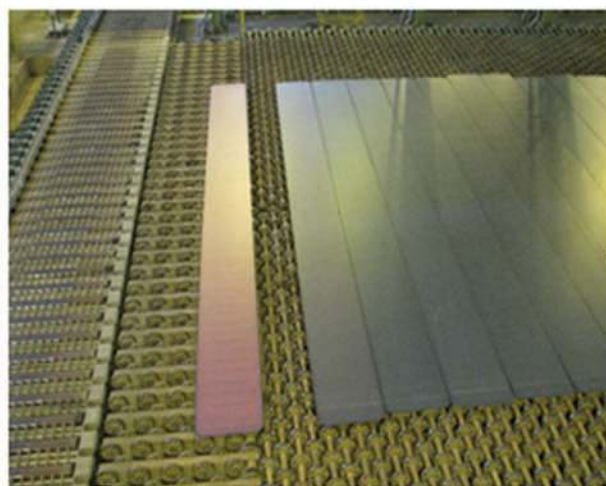
ج) قیچی تقسیم کن یا برش عرضی (Dividing Machine): این قیچی وظیفه برش سرو ته ورق، برش نمونه جهت انجام تست های آزمایشگاهی و برش ورق به طول های نهایی مورد نیاز مشتری را بر عهده دارد.

۴-۲- موج گیری

ورق ها قبل از عبور از قیچی برش عرضی، وارد دستگاه موج گیر سرد می شوند. وظیفه این تجهیز بالا بردن کیفیت سطحی و رفع موج های احتمالی در ورق هایی با ضخامت کمتر از ۲۵ میلیمتر می باشد.



عملیات نورد با عبور ورق از دستگاه موج گیر گرم که به منظور صاف کردن آن تعبیه شده است خاتمه می یابد. سپس ورق تولید شده جهت خنک کاری به سالن بسترهای خنک کننده هدایت می شود.



۳- بازرسی ورق

ورق های تولید شده با ضخامت کمتر از ۵۰ میلیمتر در دو مرحله و بوسیله روش های زیر مورد بازرسی قرار می گیرند:

الف) بازرسی چشمی (VT): در این مرحله دو طرف ورق بصورت چشمی مورد بازرسی قرار می گیرد و عیوب احتمالی مشاهده شده گزارش و در صورت امکان برطرف می شود.

ب) آزمون فراصوتی (UT): در این روش با عبور ورق از زیر دستگاه UT، کلیه عیوب داخلی ورق با تعیین نوع، اندازه و محل دقیق آنها مشخص می شوند. نتایج این بازرسی برای مراحل برشکاری ورق اهمیت زیادی دارد.

PDF Compressor Free Version

تجهیزات این ناحیه عبارتند از:

- دو کوره عملیات حرارتی ورق، به نام های:
 - ۱- کوره آستنیتیزه/نرماله کردن (Austenitizing-Normalizing Furnace) که به اختصار ANF نامیده می شود.
 - ۲- کوره تمپر/نرماله کردن (Tempering-Normalizing Furnace) که به اختصار TNF نامیده می شود.
- ماشین کوئنچ پیوسته.
- دستگاه موج گیر نیمه گرم (محدوده کاری بین دمای ۲۰۰ الی ۶۰۰ درجه سانتی گراد)
- بستر های خنک کننده
- دستگاه ثبت مشخصات و اطلاعات ورق در حالت نیمه

گرم

- دستگاه برش نمونه از ورق
 - انتقال دهنده های مکانیکی ورق
- این ناحیه توانایی انجام عملیات حرارتی بر روی ورق هایی با طول ۲۵۰۰ تا ۱۵۰۰۰ میلیمتر، عرض ۱۱۰۰ تا ۴۵۰۰ میلیمتر و ضخامتی از ۱۰ تا ۶۰ میلیمتر برای عملیات کوئنچ - تمپر و ضخامتی از ۱۰ تا ۱۲۰ میلیمتر برای عملیات نرمالایزینگ را دارا می باشد.

کلیه تجهیزات موجود در ناحیه عملیات حرارتی توسط سیستم پیشرفته اتوماسیونی Level 2 کنترل می شوند.

۱-۶- شرح عملیات نرماله کردن

ابتدا ورق ها توسط ماشین انتقال دهنده ورق (Transfer Car) به ناحیه عملیات حرارتی منتقل شده و بوسیله جرثقیل سقفی بر روی میز غلتکی ورودی کوره قرار می گیرند. هر دو کوره ANF و TNF به صورت مجزا قادر به انجام عملیات نرماله کردن می باشند.

بعد از قرار گرفتن در کوره و گرمایش مناسب در دما و زمان تعیین شده، ورق از کوره خارج می شود و بر روی بستر های خنک کننده تا محدوده دمای کاری تجهیز موج گیر نیمه گرم، کاهش دما می یابد. سپس ورق به سمت تجهیز موج گیر نیمه گرم انتقال داده شده و موج های احتمالی ناشی از عملیات نرماله کردن برطرف می شود.

۵- بسته بندی محصول

شامل مراحل زیر است:

- توزین
- ثبت اطلاعات مورد نیاز مشتری بر روی ورق ها
- بسته بندی و تسمه زنی
- چسباندن برچسب (Label) مشخصات ورق
- انتقال به انبار محصول

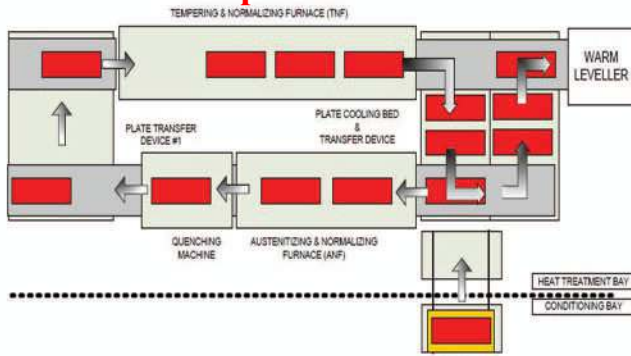


۶- عملیات حرارتی

قسمت عملیات حرارتی شرکت فولاد اکسین خوزستان قادر است دو نوع عملیات بنامهای کوئنچ - تمپر (Quench-Temper) و نرماله کردن (Normalizing) را بر روی ورق ها انجام دهد. ورق هایی که دستیابی به خواص مکانیکی مطلوب در آنها مستلزم انجام عملیات حرارتی است به این ناحیه منتقل می شوند. استحکام کششی ورق ها بعد از عملیات حرارتی می تواند تا ۱۲۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع و تنش تسلیم آنها تا ۱۰۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع افزایش یابد که در ایران و خاورمیانه بی نظیر است.



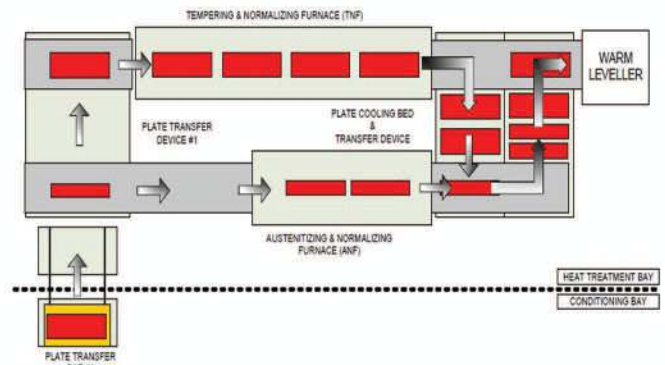
PDF Compressor Free Version



گروه های فولادی قابل تولید توسط شرکت

لیست ورق های دارای قابلیت تولید در شرکت فولاد اکسین خوزستان بر اساس کاربرد و استاندارد تولیدی در جدول زیر آورده شده است.

ردیف	کاربرد محصولات	رده محصولات	استاندارد کیفی
۱	فولادهای ساختمانی معمولی	S137-3, S144-3, S150-2, S152-3, S160-2, S170-2, S235, S355, S450J0, A283, GL A-E	DIN17100, EN10025-2, ASTM A283, GL 2011
۲	فولادهای ساختمانی نرمالیزه شده	S275N, S275NL, S355N, S355NL, S420N, S420NL, S460N, S460NL	EN10025-3
۳	فولادهای ساختمانی با نورد ترمومکانیکی	S275M, S275ML, S355M, S355ML, S420M, S420ML, S460M, S460ML	EN10025-4
۴	فولادهای با استحکام تسلیم بالا (کوئنچ و تمپر شده)	S460Q, S500Q, S550Q, S620Q, S690Q, S890Q, S960Q, GL-A420-460-500-550-620-690, A517, 34CrMo4	EN10025-6, GL 2011, ASTM A517, EN10083-3
۵	فولادهای مخازن تحت فشار	P265, P275, P285, P345, P355, P440, P460, GL-P235W, GL-P265W, GL-P295W, GL-P355W, A285, A299, A515, A516, A537	EN10028-3, GL 2011, AFNOR-NF-A36-215, EN10028-5, ASTM A516-285-299-537-515
۶	فولادهای خطوط انتقال نفت و گاز	X42M, X46M, X52M, X56M, X60M, X65M, X70M, X80M	API 5L



۶-۲- شرح عملیات کوئنچ تمپر

ابتدا ورق ها توسط ماشین انتقال دهنده ورق (Transfer Car) به ناحیه عملیات حرارتی انتقال داده شده و توسط جرثقیل بر روی میز غلتکی ورودی کوره ANF قرار می گیرند. بعد از قرار گرفتن در کوره و گرمایش مناسب در دما و زمان تعیین شده، ورق از کوره خارج شده و دمای آن توسط ماشین کوئنچ پیوسته و بوسیله پاشش آب، تا دمای محیط پایین می آید. تجهیز مورد استفاده جهت کوئنچ ورقها از دو قسمت فشار بالا و فشار پایین تشکیل شده است. در ناحیه پرفشار، آب با فشار ۷ bar و دبی ۳۰۰۰ متر مکعب بر ساعت و در ناحیه کم فشار، با فشار ۳ bar و دبی ۶۰۰۰ متر مکعب بر ساعت بر روی ورق ها پاشیده می شود. حال نوبت به عملیات تمپر ورق می باشد که توسط کوره TNF در دما و زمان مشخص انجام می شود. ورق بعد از خارج شدن از کوره، در بسترهای خنک کننده و در شرایط محیطی به آرامی خنک شده و هنگامی که در محدوده دمای کاری تجهیز موج گیر نیمه گرم قرار گرفت، به سمت آن حرکت کرده و موج های احتمالی ناشی از عملیات کوئنچ - تمپر، برطرف می شود. در نهایت پس از ثبت مشخصات ورق بر روی آن، نمونه ای به منظور بررسی های ریزساختاری و خواص مکانیکی تهیه می شود و به آزمایشگاه کنترل کیفیت ارسال می گردد. در شکل زیر مراحل انجام عملیات کوئنچ - تمپر نشان داده شده است.

بررسی روش های مختلف نورد محصولات تخت

ایمان محمد زاده شعبه گر، رضا آبدیده
شرکت فولاد اکسین خوزستان

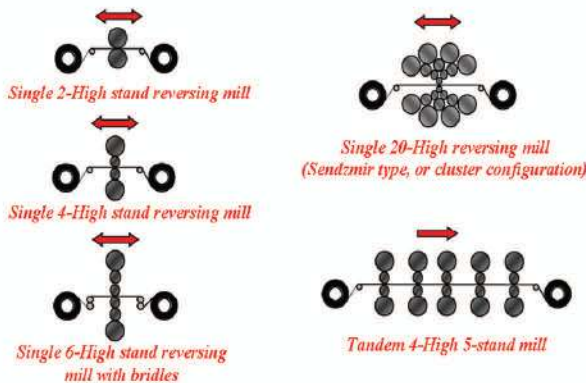
۱- مقدمه

نورد به فرآیندی گفته می شود که تغییر شکل پلاستیک فلز از طریق عبور آن از بین غلتک ها صورت پذیرد. مهمترین پارامتر و ویژگی فرآیند نورد، دمای مواد در حین تغییر شکل است. بسته به ضخامت نهایی، نیروهای مکانیکی بکاربرده شده و خصوصیات سطحی در نورد، متفاوت می باشد. انجام فرآیند در دماهای بالاتر از ۸۰۰ درجه سانتیگراد را نورد گرم و در دمای کمتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد را نورد سرد گویند.

سیستم های کنترل: سرعت، مکان، کشش، ضخامت، نیرو، همواری سطح، دما، عرض و پروفایل قطعه.
قوانین عملیات: برنامه ریزی و نصب، دیاگرام و فلوچارت ها، جداول.
اپراتورها: نیروی انسانی.
محیط: اقلیم و آب و هوا (رطوبت، دما، آلودگی).
مواد مصرفی: غلتک های کاری، روغن، مایعات خنک کاری و ...

۱-۳- طراحی فرآیند نورد

چندین طراحی متفاوت برای عملیات نورد محصولات تخت وجود دارد. هر کدام از این طراحی ها برای گروه تولیدی مشخص و یا به منظور جبران کاستی های طراحی های قبلی ساخته شده اند. در شکل ۱ شماتیک انواع طراحی قفسه نورد نشان داده شده است.



شکل ۱- انواع طراحی قفسه نورد برای تولید محصولات تخت

در ادامه به بررسی تفصیلی برخی از انواع قفسه های نورد محصولات تخت می پردازیم.

۱-۱- مشخصات مهم در کیفیت نهایی محصولات تخت

- ضخامت محصول
- عرض محصول
- همواری سطح
- نمایه عرضی ضخامت یا پروفایل محصول
- سطح نهایی
- خواص مکانیکی
- مقاومت به خوردگی

۱-۲- قطعات کلیدی و زیرسیستمی نورد

مکانیکی: غلتک ها، بیرینگ ها، قالب ها، نگهدارنده غلتک ها، گیربکس ها، ریل ها، پیستون ها، سیستم های هیدرولیکی، مبدل های حرارتی و تجهیزات جانبی.
الکتریکی: موتور غلتک ها، سیستم مکان یابی و تنظیمات، PLC ها، رایانه ها و تجهیزات جانبی.

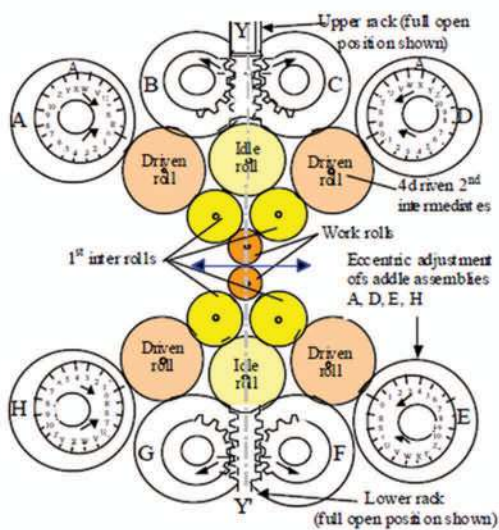
ابزار دقیق: مبدل های الکتریکی، نمایشگرها.

روانکاری: مبردها، امولسیون ها، فیلترها و منابع آب.

PDF Compressor Free Version

۱-۳-۳- قفسه نورد خوشه ای بیست غلتکه

در این قفسه های نورد که عمدتاً به منظور نورد سرد و ضخامت های پایین و کیفیت سطح بسیار بالا بکار برده می شوند، دو غلتک کوچک کاری توسط دو غلتک مخروطی میانی جهت کنترل ضخامت لبه ها پشتیبانی می شوند و چهار غلتک موتوردار ثانویه نیز وجود دارد. در شکل ۴ شماتیک قفسه نورد بیست غلتکه نشان داده شده است.



شکل ۴- شماتیک قفسه نورد بیست غلتکه

۲- دسته بندی فرآیند نورد

فرآیند نورد را بر اساس دمای نوردی می توان به دو دسته ی کلی تقسیم نمود:

۱. نورد سرد (Cold Rolling)

۲. نورد گرم (Hot Rolling)

در ادامه به بررسی تفصیلی این دو فرآیند و مزایا و معایب آنها می پردازیم.

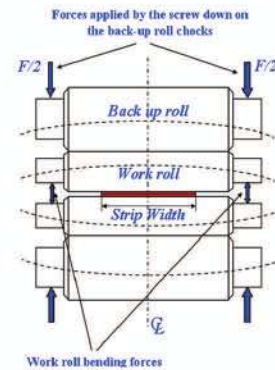
۱-۲- نورد سرد

نورد سرد در محدوده ی دمایی $T < 0.3 T_m$ (دمای T_m ذوب مطلق است) انجام می شود. نورد سرد معمولاً برای تولید ورق و تسمه با پرداخت سطحی و دقت ابعادی بالا به کار گرفته می شود. همچنین در مواردی برای استحکام بخشی به ورق از طریق کار مکانیکی از این فرآیند شکل دهی استفاده می شود.

۱-۳-۱- قفسه نورد چهار غلتکه

مهمترین قسمت این استند نورد که امروزه از آن بسیار استفاده می شود، چهار غلتک موجود در آن است. ظهور غلتک های پشتیبان به منظور جبران خمش غلتک های کاری می باشد. البته مشکل خمش غلتک های کاری بصورت کامل حل نخواهد شد زیرا نیروهای اعمال شده، بر روی چک غلتک های پشتیبان و خارج از عرض ورق خواهد بود. در نتیجه غلتک های کاری تمایل به خمش و له کردن لبه ها و موجب نقص در همواری سطح می شوند.

در شکل ۲ شماتیک قفسه نورد چهار غلتکه نشان داده شده است.

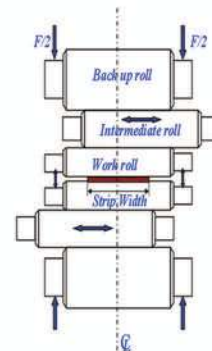


شکل ۲- شماتیک قفسه نورد چهار غلتکه

۱-۳-۲- قفسه نورد شش غلتکه

راه کار در نظر گرفته شده در این نوع استند، بر اساس نظریه استفاده از دو غلتک میانی بین غلتک های کاری و پشتیبان که در خلاف جهت یکدیگر نسبت به خط میانی و عمود بر غلتک ها و به بیرون خارج شده اند، طراحی شده است. با این روش میزان خمش غلتک های پشتیبان کنترل می شود. با جابجایی غلتک های میانی امکان اجازه خمش های متفاوت جهت کنترل بهتر همواری سطح وجود دارد.

در شکل ۳ شماتیک قفسه نورد شش غلتکه نشان داده شده است.



شکل ۳- شماتیک قفسه نورد شش غلتکه

PDF Compressor Free Version

۲- بازگشت ماده به ساختار میکروسکوپی اولیه خود بلافاصله پس از تغییر شکل.

۳- همگن شدن ترکیب شیمیایی به خاطر بالا بودن سرعت نفوذ.

۴- همگن شدن ساختار و حذف عیوب ریختگی (مکها، حفرات و...).

در مقابل این مزیت ها محدودیت هایی نیز وجود دارد از جمله:

۱- اکسیداسیون ناشی از حرارت.

۲- کیفیت سطحی نامناسب به خاطر وقوع اکسیداسیون.

۳- تغییرات ابعادی و افزایش تلرانس های هندسی به دلیل اکسیداسیون سطحی و انقباض و انبساط در حین سرد و گرم کردن.

۴- افزایش نقش ضریب اصطکاک.

فرآیند نورد گرم خود به سه دسته تقسیم می شود که عبارتند از:

۱- نورد معمولی (conventional Rolling) یا CR

۲- نورد کنترل شده از نظر دما (Temperatur controlled Rolling) یا TCR

۳- نورد ترمومکانیکی (Thermo-mechanical Rolling) یا TMR

در ادامه به بررسی مقایسه ای این سه حالت نورد پرداخته می شود.

۲-۲-۱- نورد گرم معمولی (CR)

فرآیند نورد معمولی ورق صرفاً جهت نورد طولی ورق ها و برای تولید ورق هایی با اندازه، شکل و تلرانس های خواسته شده انجام می پذیرد.

در این حالت خواص مکانیکی ویژه در ورق وابسته به ترکیب شیمیایی فولاد و عملیات حرارتی بعدی ورق می باشد.

محدوده دمای نوردی در این حالت بصورت زیر است:

دمای ورودی اسلب $1150-1200^{\circ}\text{C}$

دمای خروجی ورق $850-950^{\circ}\text{C}$

در این حالت استحاله آستنیت به فریت پس از نورد صورت می پذیرد و ورق ها نیز پس از انجام عملیات نورد توسط

هوا خنک می شوند. از این نوع نورد جهت تولید ورقهای تجاری، ساختمانی و یا ورقهایی که به عملیات حرارتی

بعدی نیاز دارند، استفاده می شود.

مهمترین کاربرد های محصولات نورد سرد در اتومبیل سازی، تجهیزات خانگی مانند یخچال، اجاق گاز، ماشین های ظرفشویی و لباس شویی، دستگاه های الکتریکی، مخازن و تجهیزات ساختمانی و غیره می باشد.

علاوه بر کاهش ضخامت و رساندن قطعه به دقت ابعادی مورد نظر، حذف نقطه تسلیم از ورق های فولادی از دیگر کاربردهای نورد سرد است. در حقیقت چون وجود نقطه تسلیم باعث به وجود آمدن شرایط تغییر شکل ناهمگن در فرآیندهای شکل دادن (به ویژه کشش عمیق) می شود، بنابراین حذف آن از اهمیت به سزایی برخوردار است.

عمده ترین معایب نورد سرد به صورت زیر خلاصه می شود:

۱- عدم امکان پذیر بودن اعمال تغییر شکل های بزرگ در این شرایط.

۲- عدم همگن شدن ترکیب شیمیایی به خاطر پایین بودن سرعت نفوذ.

۳- عدم بازگشت ماده به ساختار میکروسکوپی اولیه خود.

عمده ترین مزایای نورد سرد به صورت زیر است:

۱- عدم اکسیداسیون مواد فلزی.

۲- دقت ابعادی بالا.

۳- کیفیت سطحی مناسب به خاطر عدم وقوع اکسیداسیون.

۲-۲-۲- نورد گرم

نورد گرم در شرایط $T > 0.5 T_m$ انجام می شود. اولین عمل کارگرمی که روی بیشتر قطعات فولادی صورت می پذیرد، نورد گرم است. دستگاه هایی که نورد گرم را انجام می دهند، از دو غلتک دو جهته به قطر ۶۰ تا ۱۴۰ سانتی متر تشکیل شده اند. مهمترین نکته ای که نورد گرم را از نورد سرد متمایز می سازد، دمای آن است. در حقیقت نورد کردن قطعه ای در دمایی بالاتر از دمای تبلور مجدد نورد گرم نام دارد. از آنجا که در فرآیند نورد گرم فاصله زمانی بین کار مکانیکی و فرآیند تبلور مجدد بسیار کوتاه است، بنابراین قطعه همزمان که تحت تاثیر کار سرد قرار می گیرد بلافاصله تبلور مجدد نیز می شود.

از مهمترین مزایای نورد گرم می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- توانایی بسیار بالای ماده برای تغییر شکل به دلیل افت تنش سیلان ناشی از افزایش دما.

PDF Compressor Free Version

ب) نورد ترمومکانیکی همراه با خنک کاری تسریع شده (TMR+ACC):

در این حالت ورق ها پس از نورد توسط آب خنک کاری می شوند.

در فرآیند نورد TMR مستقیم، استحکام ورق ها توسط ریزدانه‌گی ساختار و در نورد TMR+ACC استحکام بالای ورق ها در اثر تشکیل فاز بینیت در ریزساختار ایجاد می شود.

ریزدانه‌گی در عملیات TMR مستقیم توسط پارامترهای زیر ایجاد می شود:

• کوچک کردن اندازه دانه های آستنیت اولیه با کاهش دمای پیش گرم.

• افزایش «کاهش ضخامت» در دماهای پائین و نزدیک به خط Ar_3 در ناحیه دو فاز $\alpha + \gamma$.

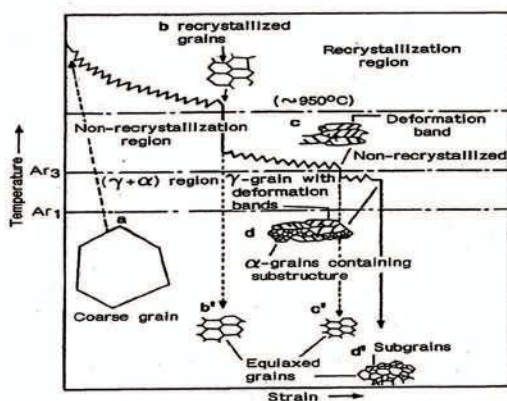
بطور کلی تغییر شکل ها در فرآیند نورد ترمومکانیکی مستقیم می تواند در سه ناحیه انجام پذیرد. این سه ناحیه تغییر شکل عبارتند از:

الف) تغییر شکل در ناحیه تبلور مجدد

ب) تغییر شکل در ناحیه توقف تبلور مجدد (زیر دمای T_{nr})

ج) تغییر شکل در ناحیه دو فاز $\alpha + \gamma$.

منحنی دما - کرنش برای فرآیند TMR مستقیم در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- منحنی دما - کرنش برای فرآیند TMR مستقیم

در عملیات نورد TMR، دمای پیش گرم کردن اسلب ها از فرآیند CR و TCR پائین تر است که این منجر به کوچک بودن اندازه دانه های γ اولیه می گردد.

۲-۲-۲- نورد کنترل شده از نظر دما (TCR)

در این نوع نورد، فرآیندهای تغییر شکل در منطقه تک فاز آستنیت و در دو ناحیه زیر صورت می پذیرد:

۱- پاسهای نوردی خشن در دمایی که تبلور مجدد آستنیت صورت می پذیرد.

۲- پاسهای پایانی نورد در ناحیه توقف تبلور مجدد (زیر دمای T_{nr}).

در نورد TCR نیز استحاله آستنیت به فریت بعد از اتمام عملیات نورد صورت می پذیرد.

محدوده دمای نوردی TCR بصورت زیر است:

دمای ورودی اسلب $1130-1200^{\circ}C$

دمای خروجی ورق $800-900^{\circ}C$

در این حالت نیز ورق های تولیدی پس از عملیات نورد توسط هوا خنک می شوند.

از نورد TCR صرفاً جهت تولید ورقهای فولادی C-Mn-Si حاوی عناصر میکروآلیاژی نباشند، استفاده می شود.

در این نوع نورد خواص مکانیکی ورق ها وابسته به ریزدانه‌گی ایجاد شده در حین نورد است. این ریزدانه‌گی اثر تغییر شکل در ناحیه توقف تبلور مجدد و نیز سختی ثانویه ای است که در اثر وجود عناصر Mn، Si و Cr، ایجاد می شود.

۲-۲-۳- نورد ترمومکانیکی (TMR)

از نورد TMR برای تولید ورق هایی با استحکام و چقرمگی بالا استفاده می شود.

در این حالت برای رسیدن به استحکام و چقرمگی بالا در ورق ها می بایستی که از زمان پیش گرم کردن اسلب تا زمان خنک سازی ورق، پارامترهای زمان، دما و مقدار کاهش ضخامت در هر پاس را بدقت کنترل نمود.

پروسه نورد TMR به دو صورت انجام می پذیرد:

الف) TMR مستقیم:

در این حالت ورق ها پس از اتمام عملیات نورد توسط هوا خنک می شود.

PDF Compressor Free Version

محدوده دمای نوردی در فرآیند TMR+ACC بصورت زیر است:

دمای ورودی اسلب $1050-1100^{\circ}\text{C}$

دمای خروجی ورق $750-850^{\circ}\text{C}$

بر اساس ریزساختارها، دو شکل عمده بینیت وجود دارد. یکی بینیت بالائی که در گستره دمائی درست زیر دمای تشکیل پرلیت بوجود می آید و دیگری بینیت پائینی که در دماهایی نزدیک به دمای M_s تشکیل می شود. در ادامه به بررسی این دو نوع بینیت می پردازیم.

بینیت بالایی:

ریزساختار این بینیت در زیر میکروسکوپ نوری و الکترونی در شکل ۸ آورده شده است. اولین مرحله دگرگونی تشکیل بینیت بالایی، عبارت از تشکیل صفحاتی از فریت است (شکل ۹) که در مقیاس کوچکتر کاملاً شبیه به صفحات فریت ویدمن اشتاین است.



شکل ۸- (a) میکروساختار نوری بینیت بالایی (b) میکروساختار الکترونی بینیت بالایی

در واقع ACC باعث تبدیل فریت چند وجهی به فریت سوزنی شکل می شود. این صفحات فریت می توانند در مرز دانه های آستنیت اولیه و یا در داخل دانه ها بوجود آیند (اگر اندازه دانه های γ اولیه کوچک باشد α تنها در مرز دانه ها جوانه می زند اما اگر اندازه دانه های γ بزرگ باشد، α علاوه بر مرز دانه در داخل دانه نیز جوانه می زند). با رشد صفحات فریت و در نتیجه خارج شدن کربن از آنها، آستنیت باقیمانده در نواحی مجاور کربن اشباع شده و در نتیجه سمیتیت در فصل مشترک فریت-آستنیت جوانه می زند. پس از پایان دگرگونی همدمای، میکروساختار شامل زمینه فریتی است که ذرات ریز سمیتیت در مرزهای فرعی و در جهت طولی صفحات فریت رسوب کرده اند.

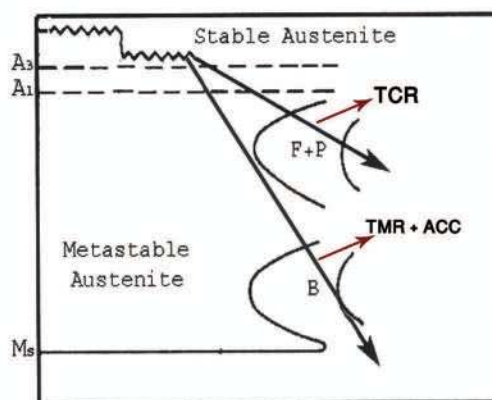
محدوده دمای نوردی در فرآیند TMR مستقیم بصورت زیر است:

دمای ورودی اسلب $1050-1100^{\circ}\text{C}$

دمای خروجی ورق $700-750^{\circ}\text{C}$

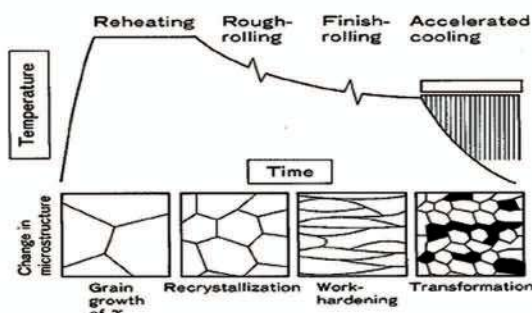
هدف از استفاده از ACC در فرآیند TMR افزایش نرخ خنک کاری ورق ها می باشد به گونه ای که خط خنک سازی دماغه بینیت را در دیاگرام TTT فولاد را قطع کند و ریزساختار بینیتی در ورق ایجاد گردد.

فاز بینیت هم استحکام و هم چقرمگی بالاتری نسبت به ساختار فریت-پرلیتی حاصل از فرآیند TMR مستقیم و TCR دارا می باشد. در شکل ۶ بصورت شماتیک مقایسه ریزساختار حاصل از نورد TCR با ریزساختار حاصل از نورد TMR+ACC آورده شده است.



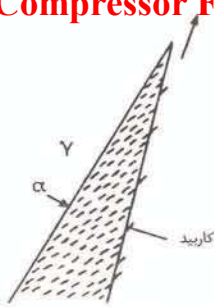
شکل ۶- شماتیک مقایسه ریزساختار حاصل از نورد TCR با ریزساختار حاصل از نورد TMR+ACC

در فرآیند TMR+ACC، تغییر شکل ها در دو ناحیه تبلور مجدد (شامل پاس های نوردی خشن) و توقف تبلور مجدد (شامل پاس های نوردی پائینی) صورت می پذیرد. منحنی دما - کرنش برای فرآیند TMR+ACC در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷- منحنی دما - کرنش برای فرآیند TMR+ACC

PDF Compressor Free Version



شکل ۱۱- شمایی از رشد بینیت پایینی

پس از انجام فرآیند TMR+ACC دمای ورق در صورتی که نرخ خنک سازی کمتر از $20^{\circ}\text{C/s}^{-1}$ باشد، حدود 500 تا 550 درجه سانتی گراد است.

بطور کلی فرآیند نورد ترمومکانیکی شامل مراحل زیر است:

۱- پیش گرم کردن اسلب

۲- شکل دهی در ناحیه تبلور مجدد: در این مرحله ضخامت تا حدود ۵ برابر ضخامت نهائی کاهش می یابد.

۳- خنک سازی تا زیر دمای توقف تبلور مجدد (T_{III})

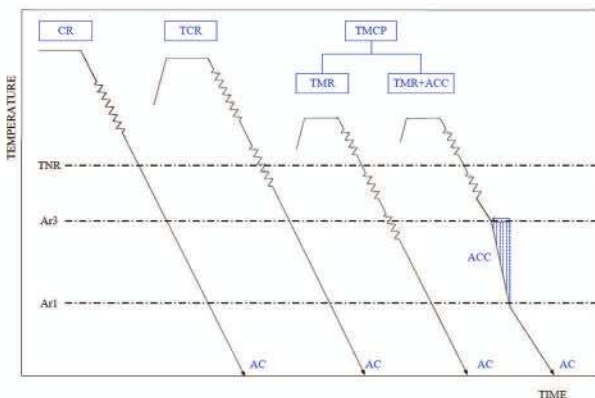
۴- شکل دهی (نورد) در ناحیه توقف تبلور مجدد: در این مرحله ضخامت تا حدود ۳ برابر ضخامت نهائی کاهش می یابد.

۵- خنک سازی تا 20 درجه سانتی گراد بالا یا پایین دمای Ar_3 (در فرآیند TMR مستقیم).

۶- نورد در ناحیه دو فازی $\alpha + \gamma$: در این مرحله ضخامت به حد ضخامت نهائی می رسد (در فرآیند TMR مستقیم).

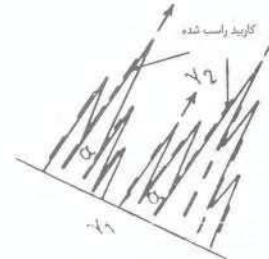
۷- خنک سازی در هوا (در فرآیند TMR مستقیم) یا بوسیله آب (در فرآیند TMR+ACC).

در منحنی دما- کرنش شکل ۱۲ فرآیندهای CR، TCR و TMR بصورت شماتیک با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل ۱۲- شماتیک مقایسه نوردهای CR، TCR و TMR

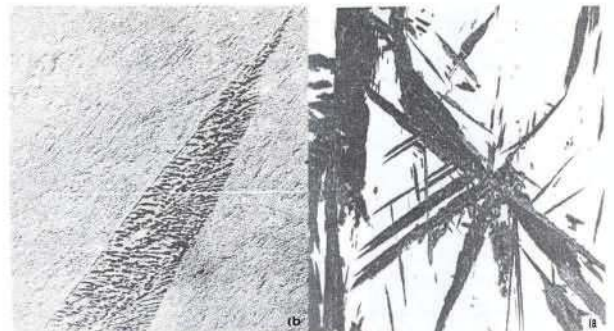
هر چه دمای دگرگونی بینیت کمتر و یا اینکه درصد کربن بیشتر باشد، صفحات فریت تشکیل شده ظریفتر است و در نتیجه خواص مکانیکی بهتر خواهد بود.



شکل ۹- شمایی از رشد بینیت بالایی

بینیت پایینی:

میکروساختار نوری و الکترونی بینیت پایینی در شکل ۱۰ نشان داده شده است. از جمله مشخصه های ویژه بینیت پایینی ظاهر سوزنی شکل آن است. در حقیقت، سوزن های مذکور عبارتند از مقاطع صفحات بزرگ بینیتی با صفحه پولیش که شباهت زیادی به صفحات مارتنزیتی در فولادهای پر کربن دارند.



شکل ۱۰- (a) میکروساختار نوری بینیت پایینی و (b) میکروساختار الکترونی بینیت پایینی

همانند بینیت بالایی، در اینجا نیز اولین مرحله تشکیل بینیت پایینی، به وجود آمدن صفحات فریت از آستنیت است. از آنجایی که نفوذ کربن در گستره دمایی تشکیل بینیت پایینی بسیار کم است، صفحات فریت یاد شده بسیار نازک اند. با رشد فریت، کربن در سطح وسیعی از فصل مشترکهای تیغه های فریت و آستنیت جمع شده و پس از این که به حالت فوق اشباع رسید، سمیتیت تشکیل می شود. در اینجا بر خلاف بینیت بالایی، سمیتیت به جای تشکیل در بین صفحات فریت، در داخل خود صفحات و تحت زاویه 55 درجه با محور طولی صفحات فریت تشکیل می شود. (شکل ۱۱) در مقایسه با سمیتیت مربوط به بینیت بالایی، سمیتیت در بینیت پایینی بسیار ریزتر است.

PDF Compressor Free Version

بررسی و مقایسه ریزساختار و خواص مکانیکی ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم مختلف

رضا آبدیده، محمد هیزم بر، بهرننگ اهدایی
شرکت فولاد اکسین خوزستان

چکیده

فولاد ST52 جزء دسته فولادهای ساده کربنی می باشد که بطور گسترده در صنایع مختلف از جمله خودروسازی، پل سازی و ساخت سازه های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد. در تحقیق حاضر سعی شده تا تحولات ریزساختاری و خواص مکانیکی ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم کنترل شده، نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده و نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی، بررسی و مقایسه گردد. بدین منظور سه اسلب فولادی گرید ST52 از یک ذوب و با ابعاد یکسان توسط سه فرآیند نورد گرم مذکور، به ورق هایی با ابعاد یکسان تبدیل شدند. از میکروسکوپ نوری، آزمایش کشش و ضربه برای مطالعه ریزساختار و خواص مکانیکی استفاده شد. نتایج آزمون های مکانیکی نشان داد خواص کششی ورق حاصل از نورد کنترل شده بدلیل ریزدانه شدن ساختار به مراتب بیشتر از ورق های حاصل از فرآیند های نورد گرم دیگر است. همچنین نتایج نشان داد مقاومت به ضربه ورق حاصل از روش نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی به سبب ایجاد ساختاری همگن تر در آن در مقایسه با سایر فرآیندهای نوردی، بیشتر است.

کلمات کلیدی:

فولاد ST52، ریزساختار، خواص مکانیکی، نورد کنترل شده، نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده، نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی.

۱- مقدمه

فولادهای ساده کربنی گروه مهمی از فولادها و درصد زیادی از کل تولید فولاد جهان را شامل می شوند. استفاده از فولادهای ساده کربنی بدلیل ویژگی های مناسب ساخت و تولید و نیز خواص مکانیکی مطلوب سبب کاهش میزان سرمایه گذاری اولیه در ساخت سازه های فولادی می شود [۱].

فولاد ST52 جزء دسته فولادهای ساده کربنی می باشد که بطور گسترده در صنایع مختلف از جمله خودروسازی، پل سازی و ساخت سازه های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد. نورد گرم یکی از معمولترین روش های شکل دهی ورق های فولادی ST52 می باشد که نوعی عملیات ترمومکانیکی محسوب می شود.

خواص مکانیکی ورق های فولادی مذکور بر اساس استاندارد DIN 17100 در جدول ۱ آورده شده است [۲].

جدول ۱- خواص مکانیکی مورد نیاز ورق های فولادی ST52 تا ضخامت های زیر ۴۰ میلیمتر

انرژی ضربه در دمای (J) -۲۰°C	درصد ازدیاد طول	استحکام کششی (Mpa)	استحکام تسلیم (Mpa)
Min. ۲۷	Min. ۲۰	۴۹۰-۵۳۰	Min. ۳۴۵

ورق های فولادی ST52 را می توان توسط سه روش نورد گرم مختلف تولید نمود.

این سه روش نورد گرم عبارتند از:

- ۱- نورد کنترل شده^۱
- ۲- نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده^۲
- ۳- نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی^۳

- 1- Controlled Rolling
- 2- Conventional Rolling + Accelerated Cooling
- 3- Conventional Rolling + Heat Treatment

PDF Compressor Free Version

نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی، بررسی و مقایسه گردد.

۲- روش تحقیق

در پژوهش حاضر جهت بررسی تحولات ریزساختاری و خواص مکانیکی ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم کنترل شده، نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده و نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی، سه اسلب فولادی گرید ST52 از یک ذوب و با ابعاد ۴۰۱۰*۱۲۵۰*۲۴۵ میلیمتر توسط سه فرآیند نورد گرم مذکور، به ورق هایی با ابعاد ۱۹۲۰۰*۲۰۰۰*۳۰ میلیمتر تبدیل شدند. ترکیب شیمیایی فولادهای مورد بررسی در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی فولادهای مورد استفاده در پژوهش

عنصر	C	Mn	Si	P	S	Al
درصد وزنی	۰/۲	۱/۳۸	۰/۴۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۴
عنصر	Cr	Mo	W	Cu	Ni	N
درصد وزنی	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۵

جهت تعیین دماهای بحرانی برای فولاد مورد آزمون از محاسبات ریاضی استفاده شد. عملیات نورد این فولادها در شرکت فولاد اکسین خوزستان و توسط یک قفسه نوردی چهار غلتکه و بصورت رفت و برگشتی انجام شد. ابتدا هر سه اسلب در دمای 1150°C به مدت ۲۱۰ دقیقه پیش گرم شدند. اولین اسلب به روش کنترل شده تحت عملیات نورد قرار گرفت. مرحله اول نورد از دمای 1090°C تا 980°C انجام شد و ضخامت از ۲۴۵ میلیمتر به ۹۸ میلیمتر کاهش یافت (ناحیه تبلور مجدد). در مرحله دوم ضخامت از ۹۸ میلیمتر به ۳۰ میلیمتر رسانده شد. این مرحله از نورد در دمای 840°C تا 800°C انجام شد (ناحیه توقف تبلور مجدد). پس از اتمام عملیات نورد، ورق تولیدی توسط هوا خنک شد. شرایط و پارامترهای نورد کنترل شده در جدول ۳ آورده شده است. دومین اسلب به روش نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده تحت عملیات نورد قرار گرفت. در این حالت نورد خشن و نورد پایانی ورق در محدوده دمایی تبلور مجدد آستنیت انجام شد. عملیات نورد در دمای 1090°C آغاز و در دمای 950°C پایان یافت. پس از اتمام نورد، ورق با عبور از

از نورد کنترل شده برای تولید ورق هایی با استحکام و چقرمگی بالا استفاده می شود. در این حالت برای رسیدن به استحکام و چقرمگی بالا در ورق ها می بایستی که از زمان پیش گرم کردن اسلب تا زمان خنک سازی ورق، پارامترهای زمان، دما و مقدار کاهش ضخامت در هر پاس نوردی را بدقت کنترل نمود. در این نوع نورد، فرآیندهای تغییر شکل در منطقه تک فازی آستنیت و در دو ناحیه زیر صورت می پذیرد:

۱- پاسهای نوردی خشن در دمایی که تبلور مجدد آستنیت صورت می پذیرد.

۲- پاسهای پایانی نورد در ناحیه توقف تبلور مجدد (زیر دمای T_{nr}).

در نورد کنترل شده استحاله آستنیت به فریت بعد از اتمام عملیات نورد صورت می پذیرد و ورق های تولیدی پس از عملیات نورد توسط هوا خنک می شوند. در این نوع نورد خواص مکانیکی ورق ها وابسته به ریزدانهگی ایجاد شده در حین نورد است. این ریزدانه شدن در اثر تغییر شکل در ناحیه توقف تبلور مجدد و نیز سختی ثانویه ای است که در اثر وجود عناصر Cr، Si و Mn، ایجاد می شود [۳].

در فرآیند نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده، ورق ها توسط پاشش آب پس از اتمام عملیات نورد خنک می شوند. در این حالت نورد خشن و نورد پایانی ورق ها در محدوده دمایی تبلور مجدد آستنیت انجام می شود. هدف از پاشش آب جلوگیری از رشد دانه های آستنیت تبلور مجدد یافته و افزایش نرخ خنک کاری ورق ها می باشد به گونه ای که استحاله آستنیت به فریت در زیر تجهیز خنک کاری شتابدار انجام شود [۳و۱].

در فرآیند نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی (نرماله کردن)، خواص مکانیکی ویژه در ورق وابسته به ترکیب شیمیایی فولاد و عملیات حرارتی بعدی ورق است. در این حالت نیز نورد خشن و نورد پایانی ورق ها در محدوده دمایی تبلور مجدد آستنیت انجام می شود. ورق ها پس از اتمام عملیات نورد توسط هوا خنک شده و جهت انجام عملیات نرماله کردن ارسال می شوند [۳و۱].

در تحقیق حاضر سعی شده تا تحولات ریزساختاری و خواص مکانیکی ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم کنترل شده، نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده و

PDF Compressor Free Version

۶۵ دقیقه آستنیتیه شد سپس توسط هوا تا دمای محیط خنک شد. شرایط و پارامترهای نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- شرایط و پارامترهای نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی نرماله کردن

شرایط		پارامترهای نورد	
۲۴۵	mm	ضخامت اسلب	۱
۱۱۵۰	°C	دمای پیشگرم	۲
۲۱۰	min	زمان پیشگرم	۳
نورد خشن و نورد پایانی			
۱۰۹۰	°C	دمای شروع نورد	۴
۹۵۰	°C	دمای پایانی نورد	۵
خنک کاری			
در هوا		شرایط خنک کاری	۶
عملیات حرارتی نرماله کردن			
۸۹۰	°C	دمای آستنیتیه کردن	۷
۶۵	min	زمان آستنیتیه کردن	۸
در هوا		شرایط خنک کاری	۹

نمونه هایی جهت آزمون های متالوگرافی، کشش و ضربه بصورت عرضی از ورق ها تهیه گردید. جهت بررسی خواص مکانیکی، آزمونهای کشش و ضربه بر روی نمونه ها مطابق با استاندارد ASTM A370 صورت گرفت. به منظور بررسی ریزساختار نهایی بوسیله میکروسکوپ نوری، نمونه ها تحت سمباده زنی و پولیش قرار گرفته، توسط محلول نایتال ۲ درصد اچ شدند و اندازه دانه های فریت با روش خطی مطابق استاندارد ASTM E112 تعیین گردید.

۳- نتایج و بحث

با استفاده از معادلات ریاضی (۱)، (۲) و (۳) دماهای بحرانی $T_{nr} = 847.9^{\circ}\text{C}$ ، $Ar_3 = 751/4^{\circ}\text{C}$ و $Ac_3 = 840^{\circ}\text{C}$ ، برای فولاد مورد آزمون تعیین گردید [۴].

$$T_{nr} (^{\circ}\text{C}) = 887 + 464(\%C) + [6445(\%Nb) - 644\sqrt{(\%Nb)}] + [1732(\%V) - 230(\sqrt{(\%V)})] + 890(\%Ti) + 363(\%Al) - 357(\%Si) = 847.9^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

$$Ar_3 (^{\circ}\text{C}) = 910 - 273(\%C) - 74(\%Mn) - 5(\%Cu) - 16(\%Cr) - 57(\%Ni) - 9(\%Mo) = 751.4^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

$$Ac_3 (^{\circ}\text{C}) = 881 - 206(\%C) - 15(\%Mn) - 26.5(\%Cu) - 0.7(\%Cr) - 20.1(\%Ni) + 53.1(\%Si) + 41.7(\%V) = 840^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

زیر تجهیز خنک کاری شتابدار و بوسیله پاشش آب تا دمای 650°C خنک شد. این تجهیز با طول حدود ۲۰ متر و دارا بودن تعداد زیادی افشانک بر روی هدرهای اصلی ورودی آب، از بالا و پایین آب را بصورت خطی به سطح ورق می پاشد. شرایط و پارامترهای نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- شرایط و پارامترهای نورد کنترل شده

شرایط		پارامترهای نورد	
۲۴۵	mm	ضخامت اسلب	۱
۱۱۵۰	°C	دمای پیشگرم	۲
۲۱۰	min	زمان پیشگرم	۳
نورد خشن			
۱۰۹۰	°C	دمای شروع نورد	۴
۱۰٪	%	کاهش سطح مقطع در هر پاس	۵
۹۸۰	°C	دمای پایانی نورد	۶
نورد پایانی			
۹۸	mm	ضخامت اسلب در شروع مجدد نورد	۷
۶۹	%	مجموع کاهش سطح مقطع در مرحله پایانی نورد	۸
۸۴۰	°C	دمای شروع نورد	۹
۸۰۰	°C	دمای پایانی نورد	۱۰
خنک کاری			
در هوا		شرایط خنک کاری	۱۱

جدول ۴- شرایط و پارامترهای نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده

شرایط		پارامترهای نورد	
۲۴۵	mm	ضخامت اسلب	۱
۱۱۵۰	°C	دمای پیشگرم	۲
۲۱۰	min	زمان پیشگرم	۳
نورد خشن و نورد پایانی			
۱۰۹۰	°C	دمای شروع نورد	۴
۹۵۰	°C	دمای پایانی نورد	۵
خنک کاری			
توسط پاشش آب		شرایط خنک کاری	۶
۹۳۰	°C	دمای شروع خنک کاری	۷
۶	°C/S	نرخ خنک کاری	۸
۶۵۰	°C	دمای پایان خنک کاری	۹

پروسه نورد سومین اسلب به روش نورد معمولی همراه با عملیات نرماله کردن صورت پذیرفت. شرایط و پارامترهای نوردی در این حالت همانند روش نوردی دومین اسلب بود با این تفاوت که پس از اتمام عملیات نورد، ورق مذکور توسط هوا تا دمای محیط خنک شد و سپس جهت انجام عملیات نرماله کردن ارسال گردید. در واحد عملیات حرارتی ابتدا ورق در دمای 980°C و به مدت

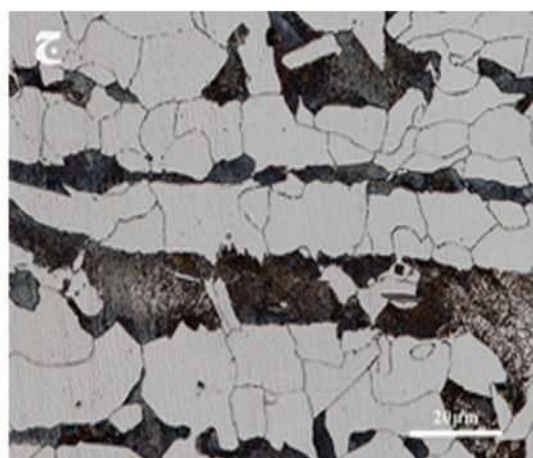
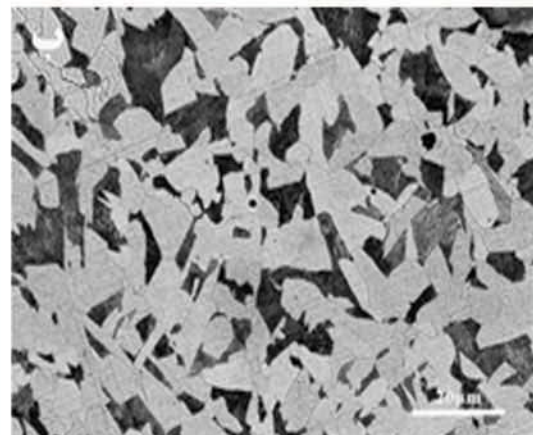
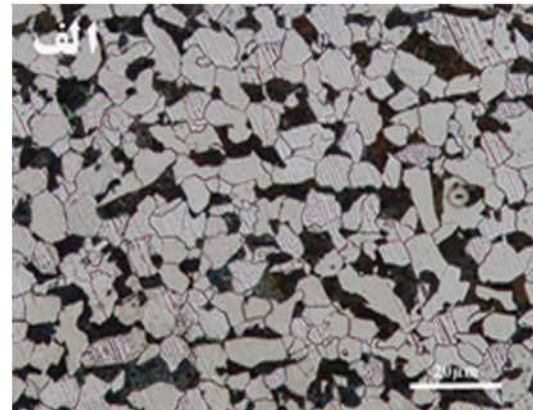
PDF Compressor Free Version

شکل ۱- الف مربوط به نمونه ای است که به روش نورد کنترل شده تولید شده است. ساختار این نمونه به مراتب ریزدانه تر از ساختار ورق های حاصل از فرآیند های نورد گرم دیگر است. بررسی ابعاد دانه های فریت در این ساختار نشان داد که اندازه متوسط آنها در حدود ۱۲ میکرومتر است. گزارشات زیادی اندازه دانه های فولاد ST52 را حدود ۲۵ میکرومتر اعلام کرده اند [۷، ۶، ۵]. ریزتر بودن ابعاد دانه ها بیانگر انجام عملیات ترمومکانیکی برای ریز کردن دانه های فریت است. در واقع نورد کنترل شده نوعی عملیات ترمومکانیکی و از روش های ریز کردن دانه جهت افزایش استحکام و چقرمگی بصورت همزمان در فولاد است [۱]. همانگونه که پیش تر توضیح داده شد در فرآیند نورد این نمونه پاسهای نورد خشن در محدوده دمایی تبلور مجدد آستنیت و پاسهای نورد پایانی در محدوده دمایی توقف تبلور مجدد انجام شده است. تغییر شکل در محدوده حرارتی تبلور مجدد باعث ایجاد دانه های ریز آستنیت از طریق تکرار تبلور مجدد می گردد.

معمولاً اندازه دانه های آستنیت تبلور مجدد یافته با افزایش مقدار تغییر شکل کاهش می یابد و به یک مقدار حدی می رسند. ریز کردن دانه ها از طریق تبلور مجدد پی در پی تا بی نهایت ادامه نمی یابد بلکه در یک حد معین محدود می گردد. مقدار این حد را می توان از طریق به تعویق انداختن تبلور مجدد و تغییر حالت آستنیت تغییر شکل یافته از بین برد که این منجر به ایجاد مرز باندهای تغییر شکلی و مرز باندهای دوقلوئی در داخل دانه های آستنیت می شود.







Tamura و Inagaki، Umamoto اولین کسانی بودند که در خصوص ماهیت باندهای تغییر شکلی مطالعه کرده و به این نتیجه رسیدند که ساختار باندهای تغییر شکلی در واقع مشابه ساختارهای دوقلوئی بازپختی بوده و در غالب مواقع از یکدیگر قابل تمایز نیستند. در این حالت مرزهای دوقلوئی هم سیمایی خود را نسبت به زمینه در اثر تغییر شکل از دست می دهند. به منظور تطابق کرنش در عرض مرز دوقلوئی، نواحی اطراف این مرزها بشدت تحت کرنش قرار گرفته و با از دست دادن هم سیمایی خود

شکل ۱ تصاویر میکروسکوپ نوری مربوط به نمونه های ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم کنترل شده، نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده و نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است کلیه ریزساختارها شامل ساختاری متشکل از فازهای فریت و پرلیت می باشد.



شکل ۱- ریزساختار های حاصل از سه روش نورد گرم مختلف (الف) نورد کنترل شده (ب) نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده (ج) نورد معمولی همراه با عملیات نرماله کردن

PDF Compressor Free Version

	Conventional hot-rolling	Controlled rolling
γ grain structure		 Deformation band
Nucleation of α grain		
α grain structure		

شکل ۲- شماتیک محل های جوانه زنی فریت و ساختار نهایی فولاد در نورد گرم کنترل شده و نورد معمولی [۹]

در جداول ۶ الی ۸ خواص مکانیکی ورقهای فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم مورد مطالعه آورده شده است.

جدول ۶- خواص مکانیکی ورق تولید شده به روش نورد کنترل شده

انرژی ضربه در دمای 20°C (J)	درصد ازدیاد طول	استحکام کششی (Mpa)	استحکام تسلیم (Mpa)
۱۱۲	۲۵	۵۷۶	۴۳۰

جدول ۷- خواص مکانیکی ورق تولید شده به روش نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده

انرژی ضربه در دمای 20°C (J)	درصد ازدیاد طول	استحکام کششی (Mpa)	استحکام تسلیم (Mpa)
۵۰	۲۷	۵۴۲	۳۶۱

جدول ۸- خواص مکانیکی ورق تولید شده به روش نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی نرماله کردن

انرژی ضربه در دمای 20°C (J)	درصد ازدیاد طول	استحکام کششی (Mpa)	استحکام تسلیم (Mpa)
۱۲۰	۲۸	۵۳۷	۳۵۲

مشخص است که ورق تولید شده توسط فرآیند نورد کنترل شده بدلیل دارا بودن ساختاری ریزدانه تر، از استحکام تسلیم و کششی بالاتر و در نتیجه از درصد ازدیاد طول پایینتری برخوردار است

مکانهای مرجح جوانه زنی برای تشکیل فریت بوجود می آورند. Inagaki ایجاد نواحی پر کرنش در مجاورت مرزهای مضرس آستنیت (ناشی از تغییر شکل در منطقه توقف تبلور مجدد) و دوقلوبی های باز پخت را موجب افزایش مکان های مرجح جوانه زنی فریت و ظریفتر شدن آن دانست. در این حالت هنگامی که آستنیت تغییر شکل یافته به فریت تغییر حالت می دهد، علاوه بر مرزدانه های آستنیت، باندهای تغییر شکلی هم به عنوان مکان های مرجح جوانه زنی فریت عمل می کنند و در نتیجه سبب ایجاد فریتی ظریفتر در ساختار می شوند [۹، ۱۰].

ریزساختار نشان داده شده در شکل ۱- ب مربوط به نمونه ای است که به روش نورد معمولی همراه با خنک کاری تسریع شده تولید شده است. ساختار شامل دانه های فریت صفحه ای و گوشه دار می باشد و ابعاد آنها از ساختار ورق حاصل از فرآیند نورد گرم کنترل شده درشت تر است. در نورد معمولی تغییر شکل ها در محدوده ی دمایی تبلور مجدد آستنیت انجام می شود لذا در این حالت تنها مرز دانه های آستنیت به عنوان مکانهای مرجح جوانه زنی فریت عمل می کنند و در نتیجه حصول فریت ریزدانه با محدودیت همراه خواهد بود [۹]. همچنین پاشش آب (سرعت سرد کردن بالا) سبب تغییر در مورفولوژی فریت و ایجاد فریت های گوشه دار و صفحه ای در ساختار می شود.

ریزساختار نشان داده شده در شکل ۱- ج مربوط به نمونه ای است که به روش نورد معمولی همراه با عملیات نرماله کردن تولید شده است. ساختار این نمونه به مراتب درشت تر اما همگن تر از ساختار ورق های حاصل از فرآیند های نورد گرم دیگر است. در محصولات نوردی نرماله شده نیز دانه های فریت منحصراً در مرز دانه های آستنیت تشکیل می گردند، در نتیجه حصول فریت ریزدانه با محدودیت همراه خواهد بود. متوسط اندازه دانه های فریت در این ساختار حدود ۲۱ میکرومتر می باشد.

شماتیک محل های جوانه زنی فریت و ساختار نهایی فولاد در نورد گرم کنترل شده و نورد معمولی در شکل ۲ نشان داده شده است [۹].

PDF Compressor Free Version

۴- خواص کششی ورق حاصل از نورد کنترل شده بدلیل ریزدانه شدن ساختار به مراتب بیشتر از ورق های حاصل از فرآیند های نورد گرم دیگر است.

۵- مقاومت به ضربه ورق حاصل از روش نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی به سبب ایجاد ساختاری همگن تر در آن در مقایسه با سایر فرآیندهای نوردی، بیشتر است.

مراجع

- [1] K. Mazanec, E. Mazancova, "Physical Metallurgy of Thermomechanical Treatment of Structural Steels", Cambridge International Science Publishing, New York, 1997.
- [2] DIN 17100-1980 Standard, Steels for General Structural Purposes.
- [3] R. Bjorhovde, "Development and use of high performance steel", Journal of Construction Steel Research, 60 (2004), pp. 363-400.
- [4] V. Ginzburg, R. Ballas, "Fundamentals of Flat Rolling Manufacturing Engineering and Materials Processing", CRC Press, USA, 2000.
- [5] R. Hubo, F. Hanus, "Manufacturing and fabrication of thermomechanically rolled heavy plates", steel research 64 (1993), No. 8/9.
- [6] W. F. Smith: "Structure and Properties of Engineering Alloys", McGraw-Hill, New York, 1993, pp. 125-128.
- [7] Trindade Filho, V. B. & et al., "Normalizing Heat Treatment Effect on Low Alloy Steel Weld Metals", ABCM, XXVI, No.1, 2004.
- [8] F. J. Humphreys, M. Hatherly, "Recrystallization and Related Annealing Phenomena", British, 2004.
- [9] G. R. Purdug, "The dynamic of transformation interfaces", Metallurgical, Vol 26, 1978, pp.487-498.
- [10] G. Krauss, "Deformation Processing and Structure", ASM, 2nd ed., 1985.

و ورق تولید شده به روش نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی بدلیل درشت دانه بودن، دارای خواص کششی پایینتر و در نتیجه درصد ازدیاد طول بالاتر می باشد. در نورد کنترل شده با تغییر شکل در ناحیه توقف تبلور مجدد و ایجاد باندهای تغییر شکل، دانه های آستنیت به بلوک های متعددی تقسیم می شوند و با افزایش مکان های مرجح جوانه زنی فریت، ساختارهای ریزدانه ای بوجود می آید. این در حالی است که در نوردهای معمولی تنها مرز دانه های آستنیت به عنوان مکان های مرجح جوانه زنی فریت عمل می کنند و ساختارها به مراتب درشت دانه تر خواهند بود.

همچنین با توجه به جداول خواص مکانیکی مشخص است که ورق تولید شده به روش نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی بدلیل دارا بودن ساختاری همگن تر، از انرژی ضربه بالاتری نسبت به ورق های حاصل از فرآیند های نورد گرم دیگر برخوردار است. البته باید توجه داشت که میزان انرژی ضربه این ورق بسیار نزدیک به انرژی ضربه ی ورق حاصل از نورد کنترل شده می باشد.

۴- نتیجه گیری

۱- با توجه به استاندارد DIN 17100 و نتایج حاصل از آزمونهای مکانیکی انجام شده مشخص است که کلیه ورق های حاصل از فرآیند های نورد گرم مذکور در محدوده ی قابل قبول قرار دارند لذا با توجه به شرایط کاربرد، روش نورد برای محصول تعیین می گردد.

۲- ورق حاصل از روش نورد کنترل شده نسبت به فرآیند های نورد گرم دیگر دارای ساختاری ریزدانه تر با متوسط اندازه دانه فریت ۱۲ میکرومتر و ورق تولید شده به روش نورد معمولی همراه با عملیات حرارتی دارای ساختاری همگن و درشت دانه با متوسط اندازه دانه فریت ۲۱ میکرومتر می باشد.

۳- در نورد کنترل شده با تغییر شکل در ناحیه توقف تبلور مجدد و ایجاد باندهای تغییر شکل، دانه های آستنیت به بلوکهای متعددی تقسیم می شوند و با افزایش مکانهای مرجح جوانه زنی فریت، ساختاری ریزدانه بوجود می آید. این در حالی است که در نوردهای معمولی تنها مرز دانه های آستنیت به عنوان مکان های مرجح جوانه زنی فریت عمل می کنند و در نتیجه حصول فریت ریزدانه با محدودیت همراه خواهد بود.

PDF Compressor Free Version

بررسی خواص مکانیکی یک فولاد بینیتی HSLA پس از فرآیند نورد کنترل شده همراه با خنک کاری تسریع شده

P.C.M. Rodrigues, E.V. Pereloma, D.B. Santos

ترجمه: نشیم محمودزاده، امین آسیابان

شرکت فولاد اکسین خوزستان

چکیده:

در پژوهش حاضر، برای بررسی ریزساختار و خواص مکانیکی یک فولاد بینیتی HSLA، از شبیه سازی فرآیند نورد کنترل شده همراه با خنک کاری تسریع شده در آزمایشگاه استفاده شد و اثر پارامترهایی همچون دمای شروع خنک کاری و نرخ خنک کاری بر ریزساختار نهایی و خواص مکانیکی فولاد مذکور مورد مطالعه قرار گرفت. برای بررسی ریزساختارهای پیچیده ای مانند فریت پلی گونال، پرلیت، بینیت و مارتنزیت از میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی عبوری استفاده شد. در نهایت با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره ارتباط بین خواص مکانیکی و متغیرهای خنک کاری تسریع شده که عبارتند از نرخ خنک کاری و درجه حرارت شروع خنک کاری، مشخص شد.

۱- مقدمه

فولادهای HSLA کم کربن با ریزساختار چند فازی، در دو دهه اخیر بصورت گسترده ای مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند [۱-۴]. این فولادها دارای مقاومت کششی بالا، چقرمگی خوب و قابلیت جوشکاری هستند. برخورداری از خواص مکانیکی متعدد موجب شده است که از این فولادها در صنایع مختلفی همچون خودروسازی، ساخت لوله های قطر بالا جهت انتقال نفت و گاز در مناطق سردسیر و تولید ورق هایی جهت ساخت کشتی و زیردریایی، در سطح وسیع استفاده شود. ریزساختار چند فازی این فولادها شامل فریت چند وجهی، پرلیت، بینیت و مارتنزیت می باشد که این امر موجب گستردگی تنوع در فولادهای کم کربن HSLA می گردد. این ساختارها در نتیجه ترکیب مناسبی از چندین پارامتر مانند ترکیب شیمیایی، فرآیند نورد ترمومکانیکی و شرایط خنک کاری تسریع شده حاصل می شوند [۵،۶].

انتخاب پارامترهای بهینه به منظور خنک سازی تسریع شده از قبیل دمای شروع خنک کاری، دمای پایان خنک کاری و نرخ سرد کردن، بستگی به ترکیب شیمیایی فولاد و نیز فرآیند نورد ترمومکانیکی بکاربرده شده دارد [۷،۸،۹].

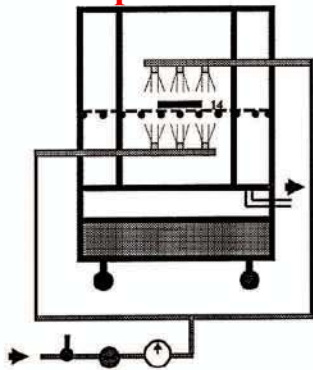
خنک کاری تسریع شده بعد از عملیات نورد کنترل شده باعث تشکیل یک ریزساختار ریزدانه می شود و به تشکیل محصولات استحاله های دما پایین، مانند بینیت و مارتنزیت - آستنیت (MA) کمک می کند [۱۰،۱۱].

در حجم وسیعی از مطالعات انجام شده در این زمینه به بحث پیرامون تکامل ریزساختار در حین خنک کاری تسریع شده پرداخته شده است، اگرچه تعداد محدودی از این تحقیقات به بررسی تأثیر نرخ خنک کاری بر روی خواص مکانیکی فولاد ارتباط دارد.

۲- روش تحقیق

ترکیب شیمیایی فولاد مورد بررسی در این مقاله در جدول ۱ آورده شده است. این فولاد شامل ۲۱ ppm عنصر بور بوده و با نایوبیم، تیتانیم، وانادیم و نیکل میکروآلیاژی شده است. حضور عنصر بور و درصد بالای منگنز باعث افزایش سختی پذیری فولاد و موجب تشکیل ریزساختار چند فازی شامل بینیت می گردد. این فولاد بعنوان یک درجه تجاری از فولاد HSLA توسعه یافته و به شکل گرم نوردیده قابل دسترسی است.

PDF Compressor Free Version

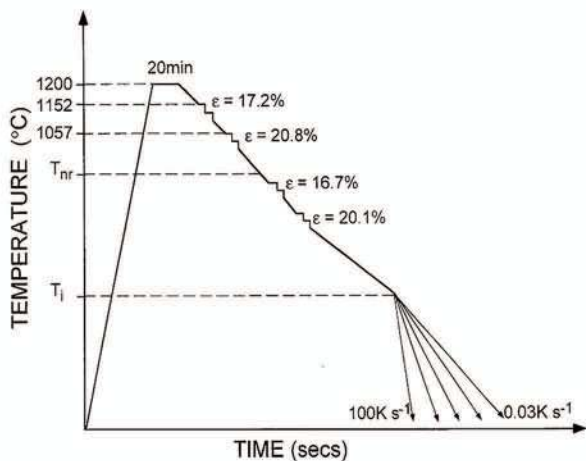


شکل ۱- نمای طولی از تجهیز خنک کاری شناپدار

۲- دمای شروع خنک کاری (T_i):

۷۵۰، ۷۰۰ و ۶۵۰ درجه سانتیگراد (شکل ۲).

ترموکوپل های بکار برده شده در این آزمایش در دو نقطه از نمونه متصل شدند (وسط ضخامت و وسط عرض).



شکل ۲- دیاگرام برنامه نورد ترمومکانیکی انجام شده

مقاطع عرضی نمونه های نورد شده بوسیله میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفتند. آماده سازی نمونه ها به دقت و طبق دستورالعمل های استاندارد صورت گرفت و توسط محلول نایتال ۲٪ و محلول اچ رنگی LePera حکاکی شدند [۱۳]. نمونه های انتخاب شده توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نیز مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور نمونه ها بصورت لایه های نازک و با ضخامت ۲۰۰ تا ۲۵۰ میکرومتر آماده شدند. سپس بوسیله عملیات مکانیکی به دیسک هایی با قطر ۳ میلیمتر و ضخامت ۱۲۰ میکرومتر تبدیل شدند و در محلول متانول با اسید پریکلریک ۵ درصد در ۳۰- درجه سانتیگراد صیقل داده شدند.

پس از آماده سازی، نمونه ها توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری از

جدول ۱- ترکیب شیمیایی فولاد مورد بررسی (%wt)

C	Mn	Si	P	S	AL	Nb	V	Ni	B	Ti	N
0.08	1.70	0.25	0.021	0.002	0.029	0.033	0.058	0.17	0.0024	0.026	0.0048

جهت فرآیند نورد کنترل شده به همراه خنک کاری تسریع شده، از یک دستگاه نورد ۵۰۰KN آزمایشگاهی با قطر غلتک ۲۰۰ میلیمتر و سرعت نوردی ۲۵ متر بر دقیقه استفاده شد. در جدول ۲ برنامه نوردی این فولاد آورده شده است. نمونه ها (اسلب با ضخامت ۱۹ میلیمتر) در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت دیده و سپس در ۴ پاس نورد شدند که در نتیجه با اعمال ۷۴/۴٪ کرنش حقیقی، ورقی با ضخامت تقریباً ۹ میلیمتر حاصل شد. ۳۸٪ کاهش ضخامت در بالای دمای توقف تبلور مجدد (T_m) و ۳۷٪ آن در زیر این دما صورت گرفت. دمای پایانی نورد ۸۲۵ درجه سانتیگراد بود.

جدول ۲- برنامه نورد کنترل شده نمونه ها

Pass	True strain (ϵ)	temperatures(°C)
1	17.2	1152
2	20.8	1057
3	16.7	875
4	20.1	825

مقادیر دماهای بحرانی از قبیل T_m (دمای توقف تبلور مجدد)، A_{F3} (دمای استحاله آستنیت به فریت) و B_s (دمای شروع استحاله بینیت) بطور آزمایشگاهی و بوسیله آزمایش پیمایش گرم و طبق متد Baratto به دست آمد که این روش بر پایه ارتباط بین تنش میانگین و دما استوار می باشد [۱۱].

نمونه های نورد شده توسط تجهیزاتی که نمای شماتیک آن در شکل ۱ آورده شده است خنک کاری شدند [۱۲]. این سیستم خنک کاری شامل دو مخزن پاشش آب در بالا و پایین می باشد. به منظور بررسی تأثیر پارامترهای خنک کاری تسریع شده، متغیرهای زیر مورد استفاده قرار گرفت:

۱- نرخ خنک کاری (t_f):

۳/۰، ۳/۴، ۷، ۱۱، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درجه کلونین بر ثانیه.

PDF Compressor Free Version

استحاله نشده می گردد. بنابراین در نرخ های بالاتر خنک کاری، زمان کمتری جهت استحاله های نفوذی وجود دارد و با افزایش این نرخ، آستنیت بصورت برشی دچار استحاله فازی خواهد شد. در نهایت آستنیت پرکربن در حین خنک کاری تسریع شده موجب تشکیل MA (جزایر مارتنزیت-آستنیت) می گردد. جزایر MA به شکل مناطق رنگی بعد از اچ کردن با محلول LePera آشکار می گردند. در این نرخ خنک کاری تقریباً در حدود ۱۲ تا ۱۶ درصد MA، در ریزساختار تشکیل می شود. تشکیل بینیت و MA در ریزساختار، در نرخ های خنک کاری بالاتر از $11KS^{-1}$ (شکل ۵-د) و همراه با تولید نابه جایی های متحرک پرنانسیته و در نتیجه مکانیزم استحاله برشی، اتفاق می افتد.

ریزساختار نهایی فولاد حاوی نایوبیم، وانادیم و بور، که با سه دمای شروع خنک کاری متفاوت و با نرخ خنک کاری ثابت $3/4$ کلوین بر ثانیه، تحت خنک کاری تسریع شده قرار گرفته اند در شکل ۴ آورده شده است. این ساختارها شامل فریت چند وجهی، بینیت سوزنی و جزایر MA هستند. در قسمت پایین شکل ۴-الف، این جزایر با مورفولوژی بی قاعده و بدون جهت گیری ترجیحی نشان داده شده است در حالیکه در قسمت بالایی این تصاویر، جزایر MA به شکل سوزنی و ریزتر می باشند. بعضی از لایه های MA (با عرض $0/3$ میکرون) دارای جهات یکسان و به موازات یکدیگر هستند. در نمونه های خنک کاری شده از دمای 700 و 750 درجه سانتیگراد کسر حجمی بالاتری از فریت سوزنی، نسبت به نمونه هایی که از دمای 650 درجه سانتی گراد تحت خنک سازی قرار گرفته اند، تشکیل شده است. در صورتیکه کسر حجمی فریت چند وجهی در نمونه هایی که دمای شروع خنک کاری پایینتری داشتند، بیشتر بود (شکل ۴-ج).

این امر ناشی از در اختیار بودن زمان بیشتر برای تشکیل آن قبل از شروع خنک کاری تسریع شده است. با کمک میکروسکوپ TEM جزئیات بیشتری از تغییرات ریزساختار در نرخ های متفاوت خنک کاری، گزارش شد. نتایج بدست آمده تاییدکننده این مسئله بودند که در نمونه های خنک شده در نرخ های پایین (۱ تا ۱۱ درجه کلوین بر ثانیه) فاز غالب، فریت چند وجهی و بینیت دانه ای به همراه مقدار کمی بینیت سوزنی خواهد بود. به وضوح مشخص است که با افزایش نرخ خنک کاری از $1/4$ تا ۱۱ درجه کلوین بر ثانیه کسر

نوع Philips CM20 مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش میکروسختی و یکرز و تست کشش نیز بر روی نمونه انجام شد. این آزمایشات در دمای اتاق صورت گرفت و آماده سازی نمونه ها بر اساس استاندارد ASTM A370-89 انجام شد [۱۴]. برای مقایسه نتایج میکروسختی ها، سه نمونه در دمای 1200 درجه سانتیگراد به مدت 20 دقیقه حرارت داده شدند و سپس بدون هیچگونه تغییر شکل اولیه ای، تحت عملیات های حرارتی آیل کامل، نرماله و کوئنچ در آب نمک قرار گرفتند (جدول ۳).

جدول ۳- عملیات حرارتی نمونه های بدون تغییر شکل اولیه

عملیات حرارتی	نرخ خنک کاری (Ks^{-1})	VHN	ریزساختار
آیل	۰/۰۳	۱۶۷	PF+P
نرماله	۱/۴	۲۲۴	PF+P+GB
کوئنچ	۳۰۰	۴۲۶	M

۳- بحث و نتیجه گیری

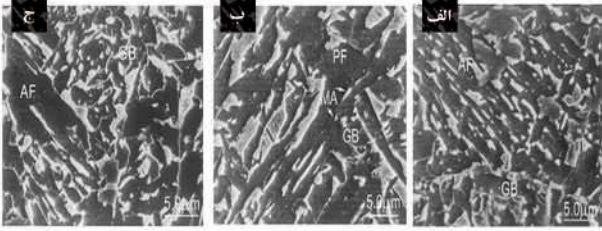
۳-۱- تأثیر پارامترهای خنک کاری تسریع شده بر ریزساختار نهایی

مقادیر تجربی بدست آمده برای دماهای بحرانی عبارتند از: $T_{nr} = 945 \pm 5^\circ C$ و $A_{F3} = 760 \pm 5^\circ C$. برای خنک کاری با نرخ یک درجه کلوین بر ثانیه دمای شروع استحاله بینیت برابر $B_s = 638 \pm 5^\circ C$ محاسبه شد.

شکل ۳ ریزساختارهای تشکیل شده در نتیجه نرخ های متفاوت خنک کاری را نشان می دهد. مقادیر قابل توجهی از فریت چند وجهی در نرخ های پایین خنک کاری (تا 90% در $0/03KS^{-1}$) (شکل ۳ الف و ب) وجود دارد در حالیکه در نرخ های بالاتر حجم قابل ملاحظه ای از ساختار بینیت و مارتنزیت که به ترتیب در شکل های (۳-ج و د) و (۳-ه و و) نشان داده شده است، ظاهر می شود.

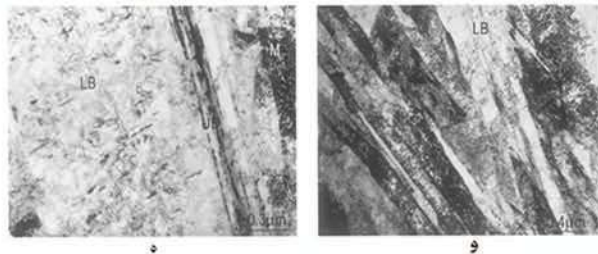
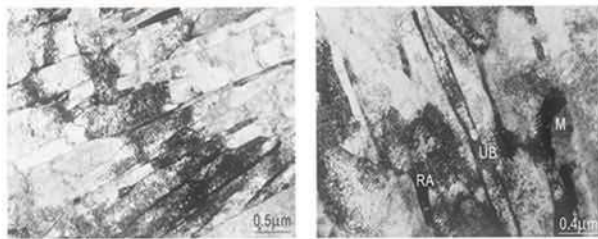
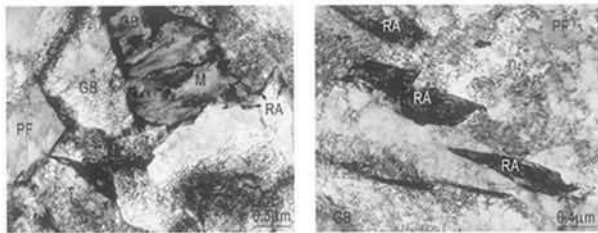
از $1/3$ تا 11 درجه کلوین بر ثانیه، مقداری بینیت سوزنی تا میزان 60 الی 70 درصد در ساختار نهایی تشکیل می شود (شکل ۳-ز و ح) و بطور همزمان کسر حجمی فریت چند وجهی به 12 الی 20 درصد کاهش می یابد. کربن پس زده شده در حین تشکیل فریت به درون آستنیت باقیمانده نفوذ کرده و در نتیجه غلظت آن افزایش می یابد. این امر سبب افزایش قابلیت سختی پذیری آستنیت

PDF Compressor Free Version



شکل ۴- تأثیر دمای شروع خنک کاری بر ریزساختار نهایی در نمونه های خنک شده با نرخ $3/4$ کلوین بر ثانیه:

(شکل ۵- ج و د). افزایش نرخ خنک کاری تا 40 الی 100 درجه کلوین بر ثانیه موجب تشکیل ریزساختار بینیت پایینی و مارتنزیت به همراه مقدار کمی فریت سوزنی و بینیت بالایی می شود (شکل ۵- ه و و).



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپ TEM از نمونه ها بعد از خنک کاری تسریع شده: دمای شروع خنک کاری 750°C و نرخ خنک کاری 1KS^{-1} (شکل الف و ب)، 20KS^{-1} (شکل ج و د)، 40KS^{-1} (شکل ه) و 100KS^{-1} (شکل و).

شکل ۳- تأثیر نرخ خنک کاری بر ریزساختار نهایی در نمونه های نورد کنترل شده با دمای شروع خنک کاری 700 درجه سانتیگراد و نرخ خنک کاری 0.3KS^{-1} (شکل الف و ب)، 1KS^{-1} (شکل ج و د)، 11KS^{-1} (شکل ه)، 20KS^{-1} (شکل و) و 60KS^{-1} (شکل ز و ح).

۳-۲- تأثیر پارامترهای فرآیندی در خواص مکانیکی

اطلاعات مربوط به سختی سنجی و یکرز در نمونه های تحت عملیات حرارتی نرماله، آنیل و کوئچ شده در جدول ۳ آورده شده است. ریزساختار حاصل از نمونه ای که تحت عملیات نورد کنترل شده و خنک کاری با نرخ 1 کلوین بر ثانیه قرار گرفته، کاملاً مشابه ریزساختار نمونه نرماله شده می باشد. این ریزساختار

حجمی بینیت دانه ای نیز افزایش می یابد. بینیت دانه ای مانند دانه های فریت محوری، نسبت به فریت چند وجهی و جزایر مارتنزیت-آستنیت دارای دانسیته نابه جایی بیشتری هستند (شکل ۵- الف) [۱۵-۱۷].

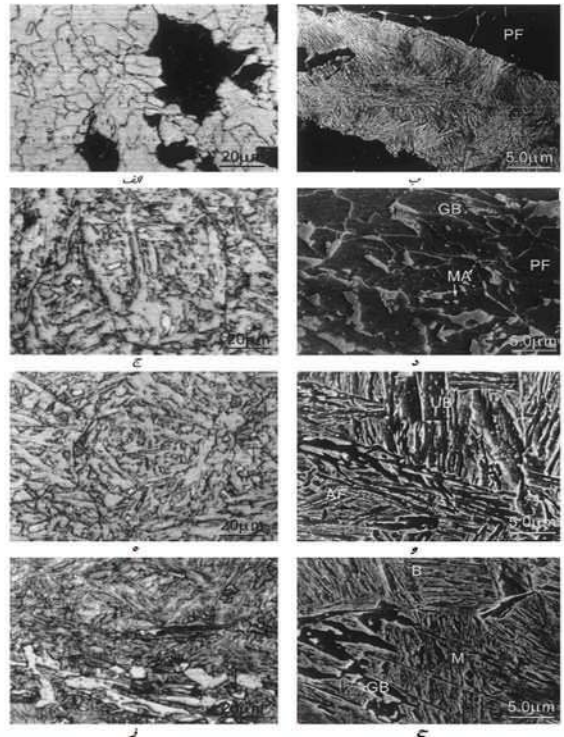
فریت سوزنی شامل دانه های فریت با کاربیدهای آزاد به همراه آستنیت باقیمانده و لایه های مارتنزیت بین آنها می باشد [۱۶-۱۸].

در نرخ های متوسط خنک کاری (20KS^{-1}) فاز بینیتی غالب است. علاوه بر این فریت سوزنی کاربید آزاد نیز در ریزساختار دیده شد (شکل ۵- ج و د). افزایش نرخ خنک کاری تا 40 الی 100 درجه کلوین بر ثانیه موجب تشکیل ریزساختار بینیت پایینی و مارتنزیت به همراه مقدار کمی فریت سوزنی و بینیت بالایی می شود (شکل ۵- ه و و).

دو نوع مورفولوژی آستنیت باقیمانده در ریزساختار نمونه های تحت بررسی دیده شد:

۱- نوع قالبی و چهار گوش در بین بینیت دانه ای و یا دانه های فریت چند وجهی.

۲- لایه های نازک بین فریت سوزنی (شکل ۵- الف و ب).



شکل ۳- تأثیر نرخ خنک کاری بر ریزساختار نهایی در نمونه های نورد کنترل شده با دمای شروع خنک کاری 700 درجه سانتیگراد و نرخ خنک کاری 0.3KS^{-1} (شکل الف و ب)، 1KS^{-1} (شکل ج و د)، 11KS^{-1} (شکل ه)، 20KS^{-1} (شکل و) و 60KS^{-1} (شکل ز و ح).

شکل ۳- تأثیر نرخ خنک کاری بر ریزساختار نهایی در نمونه های نورد کنترل شده با دمای شروع خنک کاری 700 درجه سانتیگراد و نرخ خنک کاری 0.3KS^{-1} (شکل الف و ب)، 1KS^{-1} (شکل ج و د)، 11KS^{-1} (شکل ه)، 20KS^{-1} (شکل و) و 60KS^{-1} (شکل ز و ح).

PDF Compressor Free Version

حاوی بینیت و مارتنزیت است. در نمونه های سرد شده با این نرخ ها کل ازدیاد طول کمتر از ۱۸٪ است و این مقدار به ۱۰٪ در نرخ خنک کاری 100 Ks^{-1} می رسد.

می توان به این نکته اشاره کرد که برای نرخ های خنک کاری بالاتر از 20 Ks^{-1} ، مقادیر بالای HV و UTS وابسته به دمای بالای شروع خنک کاری است در حالیکه برای نرخ های زیر 1 Ks^{-1} مقدار این دو پارامتر در دماهای پایین شروع خنک کاری، بالا می باشند. هنگامی که نرخ خنک کاری بین ۱ تا 20 Ks^{-1} باشد مقادیر HV و UTS با افزایش نرخ خنک کاری افزایش می یابد اما این دو پارامتر مستقل از دمای شروع خنک کاری هستند.

این تمایل به افزایش استحکام و سختی با افزایش نرخ خنک کاری و یادمای شروع خنک کاری، به سبب کاهش مقدار فریت چندوجهی در ریزساختار می باشد (شکل ۳ و ۴). دمای تشکیل فریت 760°C در سانیتگراد است و این امر اجازه به تشکیل مقدار قابل توجهی فریت چندوجهی قبل از شروع خنک کاری می دهد. دمای پایین تر شروع خنک کاری زمان بیشتری را جهت تشکیل فریت فراهم می کند. این مسئله از دیدگاه عملی می تواند جهت تعیین فرمول های ساده برای بیان رابطه ای بین تغییرات نرخ خنک کاری و خواص فولاد مفید باشد. در این پژوهش بدین منظور از تحلیل های آماری استفاده شد. در این تحلیل ها نرخ خنک کاری و دمای شروع خنک کاری به عنوان دو متغیر مستقل فرض شدند و خواص مکانیکی بعنوان وابسته یکی از آن دو در نظر گرفته شد. معادلات چند متغیره رگرسیون با استفاده از روش گام به گام تعیین شدند و در پایان معادلات زیر به دست آمد:

$$\text{HV} (\pm 57) = 105 + 18 (t_r)^{0.5} + 2.6 \times 10^{-4} (T_r)^2$$

$$R = 0.92 \quad (1)$$

$$\text{TS} (\pm 146 \text{ MPa}) = 333 + 53.1 (t_r)^{0.5} + 7.3 \times 10^{-4} (T_r)^2$$

$$R = 0.93 \quad (2)$$

$$\text{YS} (\pm 131 \text{ MPa}) = 109 + 2 (t_r T_r)^{0.5} + 7.5 \times 10^{-4} (T_r)^2$$

$$R = 0.94 \quad (3)$$

$$\text{TE} (\%) = 25.3 (t_r)^{-0.148}$$

$$R' = 0.98 \quad (4)$$

شامل فریت چندوجهی، بینیت دانه ای، MA و جزایر پرلیتی است. البته سختی نمونه نورد شده بیشتر از نمونه نرماله شده است. علت این پدیده به سبب ساختار ریزدانه ای است که در نتیجه تغییر شکل در خلال نورد حاصل می شود [۱۹]. تأثیر نرخ خنک کاری بر میکروسختی و یکرز (HV)، استحکام کششی نهایی (UTS)، استحکام تسلیم (YS) و ازدیاد طول (EL) برای هر سه دمای شروع خنک کاری در شکل ۶ و ۷ آورده شده است.

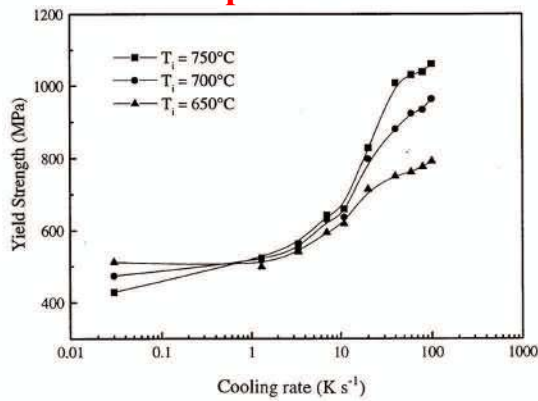
سه ناحیه متفاوت در منحنی های شکل ۶ و ۷ قابل تشخیص است که وابسته به ریزساختار به دست آمده در نمونه ها هستند. در پایین ترین نرخ خنک کاری ($\leq 1 \text{ Ks}^{-1}$) عدد سختی و یکرز، استحکام تسلیم و مقاومت کششی نهایی دارای کمترین مقدار بوده که این امر ناشی از ریزساختار غالب فریت چندوجهی و متقابلاً درصد ازدیاد طول بیش از ۲۴٪ می باشد.

افزایش میکروسختی و استحکام در نمونه های خنک کاری شده با نرخ $1/4$ تا 20 درجه کلون بر ثانیه را با توجه به تشکیل ریزساختار چند فازی فریت چند وجهی، بینیت دانه ای، بینیت و MA، می توان انتظار داشت. حضور آستنیت باقیمانده در ریزساختار در این نرخ های خنک کاری دارای تأثیرات مشخصی در خواص مکانیکی است. آستنیت باقیمانده پایدار ممکن است بعدها تحت تأثیر نیروهای اعمالی و استحاله القاء شده توسط تغییر شکل پلاستیک، به مارتنزیت تبدیل شود که این پدیده به جهت شکل پذیری فولاد مفید خواهد بود. به علت غنی شدن کربن، میکروسختی آستنیت باقیمانده بسیار بیشتر از فریت است و عاملی جهت افزایش استحکام در نمونه های همراه با بینیت دانه ای خواهد بود. اگرچه حضور بینیت و MA در ریزساختار باعث کاهش داکتیلیته و کم شدن میزان ازدیاد طول می شود (شکل ۷-ب).

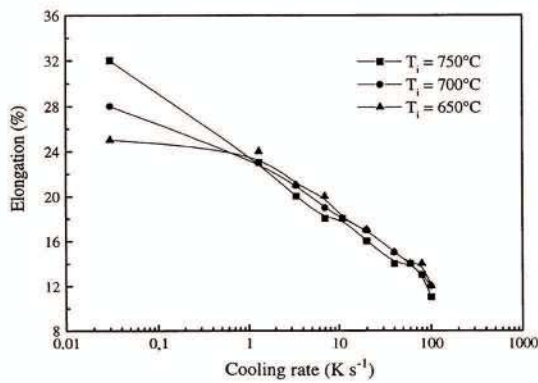
در نرخ های بالای خنک کاری ($> 20 \text{ Ks}^{-1}$) ریزساختار غالب مارتنزیت و مقادیر میکروسختی و استحکام کششی نیز مطابق با آن خواهد بود.

در منحنی های مربوط نمونه هایی با 700°C و 750°C Ti و نرخ خنک کاری بالای 60 Ks^{-1} ، می توان ثابت شدن منحنی VHN و UTS را به دلیل ریزساختار کاملاً مارتنزیتی آنها دانست. در 650°C Ti نیز یک گرایش مشابه قبل آشکار شد، اگرچه در این حالت مقادیر VHN کمتر و وابسته به ساختارهای

PDF Compressor Free Version



الف



ب

شکل ۷- تأثیر نرخ خنک کاری بر روی استحکام تسلیم (الف) و ازدیاد طول (ب)

۴- نتیجه گیری

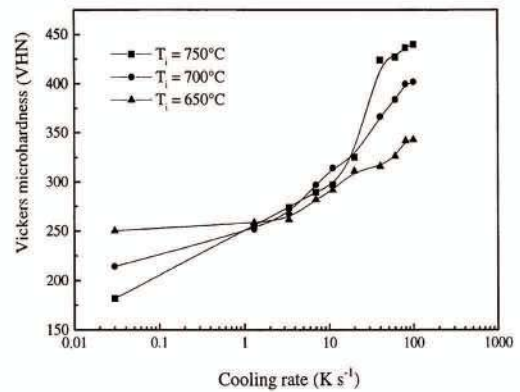
در این پژوهش تأثیرات پارامترهای خنک کاری تسریع شده بر ریزساختار و خواص مکانیکی فولاد نایوبیم- وانادیم- بور دار بررسی شد. نشان داده شد که حضور بینیت پایینی و مارتنزیت در ریزساختار نهایی با نرخ خنک کاری بالای 20 K s^{-1} ، موجب افزایش چشمگیر میکروسختی، استحکام کششی و تسلیم و کاهش قابل ملاحظه ازدیاد طول خواهد شد. علاوه بر آن، دلیل مقدار کم سختی و استحکام و داکتیلیته بالا را می توان در ریزساختار فریت چند وجهی در نرخ خنک کاری کمتر از 1 K s^{-1} جستجو نمود. با کاهش کسر حجمی فریت چند وجهی، داکتیلیته نیز کاهش می یابد و استحکام و سختی بالا می رود.

در نرخ خنک کاری $1/4$ تا 11 K s^{-1} ، ریزساختار غالباً دارای فریت سوزنی و مقداری بینیت بالایی و پایینی است. نتایج نشان داده است که در نرخ خنک کاری 1 تا 10 K s^{-1} تغییر در خواص مکانیکی، بیشتر وابسته به نرخ خنک کاری است و کمتر به دمای شروع

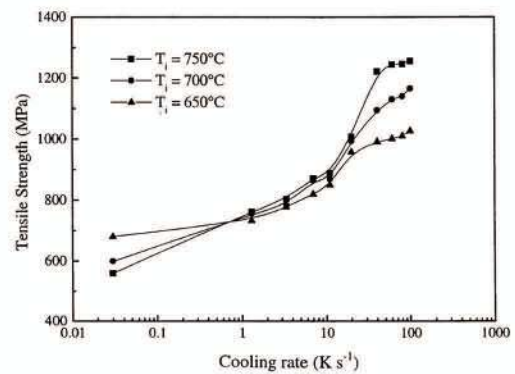
که در این معادلات:

HV: میکروسختی ویکرز، TS: استحکام کششی، YS: استحکام تسلیم، TE: افزایش طول، Tr: نرخ خنک کاری (K s^{-1})، Ti: دمای شروع خنک کاری و R: ضریب چند متغیره و R': ضریب همبستگی خطی است. مقادیر نشان داده شده در پرانتزها بیان کننده ضریب اطمینان ۹۵٪ است.

با استفاده از فرمول ها این نتیجه حاصل شد که بهترین ترکیب خواص مکانیکی را می توان با نرخ خنک کاری 10 K s^{-1} و دمای شروع خنک کاری 700 درجه سانتیگراد به دست آورد. میکروساختار تشکیل شده تحت شرایط فوق به طور برجسته شامل بینیت بود. این مسئله همچنین تأثیر عنصر بور بر افزایش سختی پذیری بینیت را تأیید می کرد و پیوستگی استحکام کششی در نمودار تست کشش نیز مشهود بود. این امر نشان دهنده تأثیر کوچکی از اثر باوشینگر می باشد که در ساخت لوله ها مهم است.



الف



ب

شکل ۸- تأثیر نرخ خنک کاری بر روی میکروسختی (الف) و استحکام کششی نهایی (ب)

PDF Compressor Free Version

معادلات رگرسیون برای UTS، VH و YS با توجه به نرخ و دمای شروع خنک کاری بر قرار گردید و به خوبی مشاهده شد که تأثیر نرخ خنک کاری بر خواص مکانیکی فولاد نایوبیم – وانادیم – بور دار بسیار بیشتر از دمای شروع خنک کاری است.

خنک کاری حساسیت نشان می دهد. باید به این موضوع نیز اشاره کرد که نرخ خنک کاری در این محدوده را می توان بعد از عملیات نورد کنترل شده بکار برد و بواسطه آن به استحکام کشش نهایی ۷۳۰ Mpa و حداقل استحکام تسلیم ۵۰۰ Mpa رسید. دمای شروع خنک کاری در نرخ های بالاتر از 10Ks^{-1} تأثیری بر ازدیاد طول ندارد. اگرچه کم شدن داکتیلیته فولاد بسیار پراهمیت است [۲۰].

مراجع

- [1] M. Pontremoli, P. Bufalini, A. Aprile, C. Jannone, Met. Technol. 11 (1984) 504.
- [2] P. Bufalini, M. Pontremoli, A. De Vito, A. Aprile, Accelerated cooling of steels, in: P.D. Southwick (Ed.), The TMS of AIME, Pittsburgh, USA, 1985, p. 387.
- [3] K. Amano, T. Hatomura, C. Shiga, T. Enami, T. Tanaka, in: G.E. Ruddle, A.F. Crawley (Eds.), Accelerated Cooling of Rolled Steel, Pergamon Press, Winnipeg, 1987, p. 43.
- [4] M. Katsumata, O. Ishiyama, T. Inoue, T. Tanaka, Mater. Trans. JIM 32 (1991) 715.
- [5] T. Tanaka, in: G.E. Ruddle, A.F. Crawley (Eds.), Accelerated Cooling of Rolled Steel, Pergamon Press, Winnipeg, 1987, pp. 187–208.
- [6] A.J. DeArdo, Can. Metall. Quart. 27 (2) (1988) 141.
- [7] L.E. Collins, G.E. Ruddle, A.F. Crawley, J.D. Boyd, in: G.E. Ruddle, A.F. Crawley (Eds.), Accelerated Cooling of Rolled Steel, Pergamon Press, Winnipeg, 1987, p. 57.
- [8] C. Shiga, T. Enami, R. Tarui, K. Amano, M. Tanaka, Y. Kusuhara, in: M. Korchynsky (Ed.), Technology and Applications of HSLA Steels, ASM, Metals Park, Ohio, PA, 1983, p. 643.
- [9] C.I. Garcia, A.K. Lis, S.M. Pytel, A.J. DeArdo, ISS Trans. 13 (1992) 103.
- [10] I.P.P. Silva, D.B. Santos, Proceedings of 50th Annual Congress of ABM, Sao Pedro, Brazil, 1995, p. 205.
- [11] F. Boratto, R. Barbosa, S. Yue, J.J. Jonas, in: I. Tamura (Ed.), Proceedings of International Conference THERMEC 88, ISIJ, Tokyo, 1988, p. 383.
- [12] P.C.M. Rodrigues, Ph.D. Thesis, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil, 1998, pp. 271.
- [13] F.S. LePera, J. Metals 32 (1980) 38.
- [14] ASTM Standards: A370-89, (1989) 35.
- [15] L.J. Habracken, M. Economopoulos, Transformation and hardenability in steels, in: Climax Molybdenum Co, Ann Harbor, MI, 1967, p. 69.
- [16] S.W. Thompson, D.J. Colvin, G. Krauss, Scripta Metall. 22 (1988) 1069.
- [17] B.L. Bramfitt, J.G. Speer, Metall. Trans. 21 (1990) 817.
- [18] S.W. Thompson, D.J. Colvin, G. Krauss, Metall. Trans. 21 (1990) 1497.
- [19] P.C. Rodrigues, A.B. Cota, D.B. Santos, in: T. Chandra, T. Sakai (Eds.), Proceedings of the International Conference THERMEC 97, TMS, Warrendale, PA, 1997, p. 787.
- [20] Specification for Line Pipe, 1995, API, pp. 6–62.

PDF Compressor Free Version

آشنایی با نرم افزار Thermo-Calc.

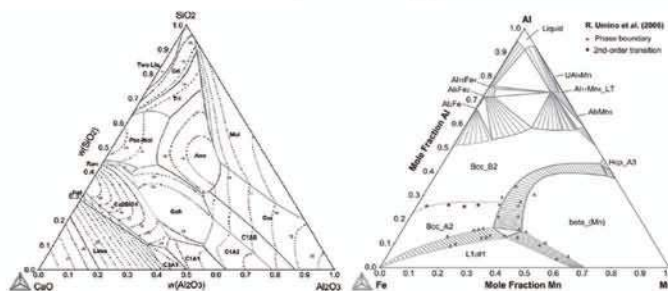
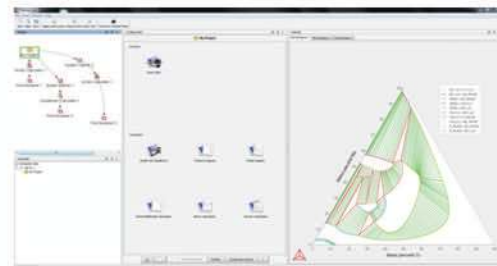
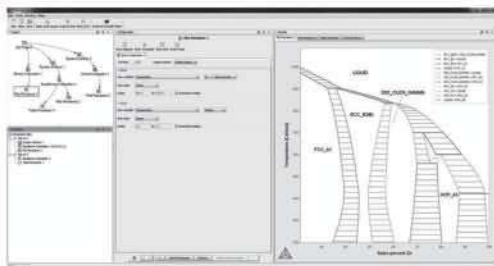
شاغل در صنایع نیز است.

این نرم افزار دارای رابط کاربری بسیار ساده و کاربردی بوده امکانات بسیار زیادی در اختیار کاربران قرار می دهد.

ویژگی های نرم افزار:

- ۱) کارایی بالا در زمینه ی محاسبات ترمودینامیکی مهندسی و علم مواد
- ۲) ایجاد درک بهتر در کاربرد در خصوص فاکتور های موثر بر فرایندهای ترمودینامیکی
- ۳) کاهش هزینه ها با تعیین پارامترهای تأثیر گذار و همچنین تأثیر عناصر آلیاژی در آلیاژها از طریق شبیه سازی
- ۴) دارای دیتا بیس بسیار قوی و کامل در خصوص اطلاعات فنی تمامی آلیاژهای آهنی، اغلب آلیاژهای غیر آهنی، نیمه رساناها، مواد هسته ای، مواد معدنی، محلولهای آبی، گازها و ...
- ۵) قابلیت دسترسی به دیاگرام های کاربردی ترمودینامیک همچون دیاگرام های الینگهام، پوربکس و ...

نیاز روز افزون به مواد نوین با خواص برتر منجر به پیدایش سیستم های آلیاژی پیچیده با ساختارهای فازی کمپلکس شده است. اطلاع از خصوصیات ترمودینامیکی این سیستم ها خصوصاً نمودارهای فازی اولین قدم در طراحی این مواد و فرآوری صنعتی آنها است. تعیین تجربی دیاگرام های فازی با توجه به پیچیدگی ترکیب شیمیایی توسط روش های معمول میسر نیست. علم نوین ترمودینامیک برای محاسبه دیاگرام های فازی CALPHAD که بر پایه مدل های پیشرفته ترمودینامیک محلولها استوار است و از توان رو به رشد محاسباتی کامپیوترها بهره می برد، به ابزاری ضروری در دست مهندسين مواد و فلزات بدل شده است. امروزه روش های بکارگیری این تکنیک ها در برنامه آموزشی دانشگاه های معتبر لحاظ شده است. نرم افزار Thermo-Calc یک نرم افزار جامع و انعطاف پذیر در زمینه شبیه سازی و تحلیل سیستم های ترمودینامیکی و حرارتی مواد چند جزئی و نیز دیاگرام های فازی می باشد. مخاطبین این نرم افزار علاوه بر دانشجویان رشته های مرتبط افراد



PDF Compressor Free Version

پیشرفت های جدید در تجهیزات انتقال قدرت کارخانجات نورد ورق

Eckehard Jung, Christoph Sundermann, William Malan

ترجمه : حبیب اله مهرجو^۱، حسین علوی^۲

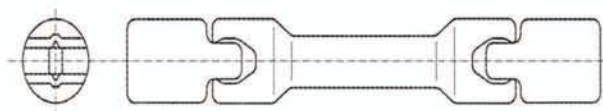
۱- شرکت فولاد اکسین خوزستان

۲- شرکت مهندسی فن آور معادن و فلزات (MMTE)



شکل ۱

اسپیندل های با اتصال لغزشی نیاز به نگهداری بیشتری داشت که ناشی از طراحی اولیه و عملیات ساخت آنها بود و امکان خرابی آنها بصورت غیر متناوب وجود داشت که در این صورت معمولاً باعث وارد آمدن خسارت به اجزای دیگر نورد می گردید (شکل ۲).



شکل ۲

مشکل اصلی اسپیندل های لغزشی قدیمی تر، سایش بیش از حد slipper ها و شکست اسپیندل از سر سمت غلتک های نورد بود (شکل های ۳ و ۴).

به موازات نورد انواع گریدهای جدید فولادی، قدرت مورد نیاز نورد در کارخانجات نورد ورق نسبت به گذشته افزایش یافته است ولی به هر حال اصول اساسی طراحی واحدهای نورد نسبتاً بدون تغییر باقی مانده است.

اساس کار بدین منوال است که یک موتور الکتریکی مستقیماً یا از طریق جعبه دنده، محوری را به حرکت در می آورد، این محور که مشخصاً به آن اسپیندل گفته می شود باعث چرخش مجموعه ای از غلتک ها در خلاف جهت همدیگر می شود.

بیشتر اسپیندل های نورد در حال حاضر قادر به تحمل گشتاورهای افزایش یافته نورد برای تولید مواد با استحکام بالا نیستند. جدیدترین اسپیندل های Slipper-Type ساخت شرکت SMS Siemag قادر به تحمل ۳۰ درصد گشتاور بالاتر می باشند.

اسلب ورودی توسط غلتک های در حال چرخش بمنظور رسیدن به ابعاد و شکل مورد نظر تحت نیروی نورد قرار می گیرد. بیشتر واحدهای نورد ورق (شکل ۱) از نوع رفت و برگشتی بوده که در نتیجه گشتاورد نورد در هر دو جهت موافق و مخالف عقربه های ساعت به اسپیندل ها اعمال می شود.

تاریخچه

واقعیت این است که تکنولوژی اسپیندل های نورد در مقایسه با افزایش گشتاور مورد نیاز دچار تحول نگردیده، اسپیندل های Slipper-Type توانایی تحمل گشتاورها و نیز زاویه انحراف بالایی را داشتند اما اینگونه اسپیندل ها نیازمند گریسکاری دستی ثابت در محل اتصال لغزشی "slipper joints" بودند (شکل ۲).

PDF Compressor Free Version

در سال ۱۹۹۰ میلادی اسپیندل های با اتصال نوع یونیورسال (گاردان) در بسیاری از موارد جایگزین اسپیندل های با اتصال لغزشی گردید (شکل ۶).

شافت های گاردان دارای مزایایی نسبت به Slipper-Type بودند که از آن جمله می توان به مواردی از قبیل نیاز به نگهداری کمتر، هزینه اولیه پایین تر و تمیزتر بودن سیستم اشاره کرد.



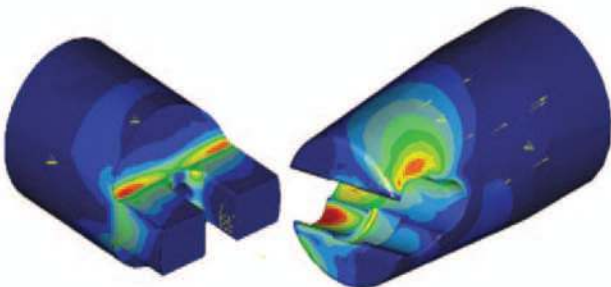
شکل ۶

مقایسه اسپیندل های Slipper-Type و گاردان

هر دو نوع اسپیندل شامل یک شافت با سری های سمت غلتک و موتور و نیز ولبر یا (casing) جهت اتصال به گردن غلتک کاری نورد می باشند. تفاوت اصلی بین این دو نوع اسپیندل مربوط به اجزای انتقال دهنده گشتاور نورد می باشد.

در اسپیندل Slipper-Type، سطوح وسیع سایشی از جنس فولاد آهنگری شده پرآلیاژ جهت انتقال گشتاور مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۷).

در اسپیندل های نوع گاردان، گشتاور نورد از طریق تماس خطی اجزای غلتشی درون یوک ها صورت می گیرد.



شکل ۷



شکل ۳



شکل ۴



شکل ۵

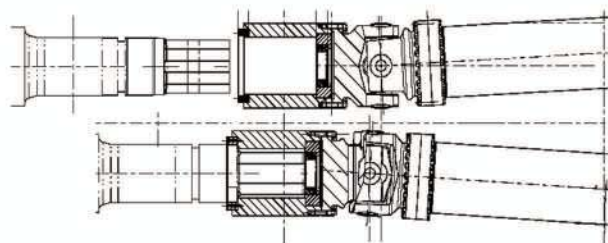
به عنوان اولین گام در تکمیل سیستم روانکاری، سیستم های روغنکاری اتوماتیک و یا "oil mist" بکار گرفته شد که سیستم اخیر مسائل زیست محیطی به همراه داشت که در نتیجه از این سیستم ها برای کارخانجات جدید ورق استفاده نگردید (شکل ۵).

PDF Compressor Free Version

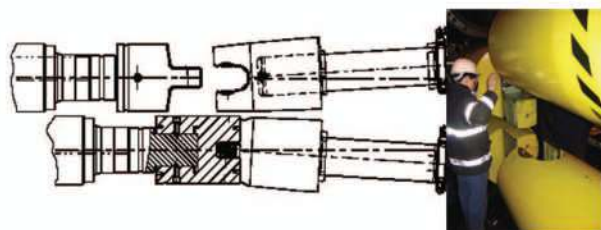
تفاوت دیگر این دو نوع اسپیندل این است که در اسپیندل نوع گاردان، هنگام تعویض غلتک، وبلر متصل به اسپیندل باقی مانده ولی وبلر اسپیندل Slipper-Type با تعویض غلتک کاری تعویض می گردد.

برای نگاه داشتن سر اسپیندل گاردان در زمان تعویض غلتک های کاری، سیستم ساپورت اسپیندل مورد نیاز می باشد.

در اسپیندل های Slipper-Type چندین ست وبلر که روی غلتکهای کاری باقی می ماند مورد نیاز می باشد (شکل های ۹- a و ۹- b).



شکل ۹- a

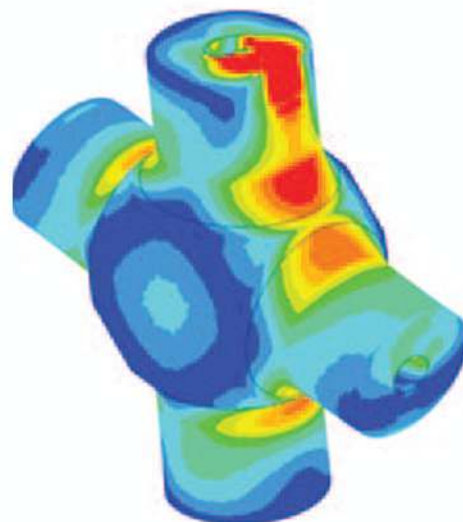
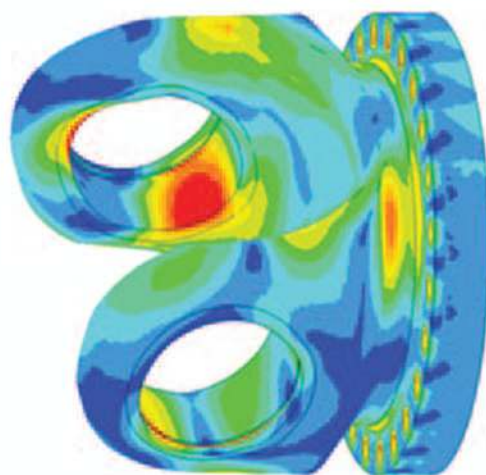


شکل ۹- b

کاربرد اسپیندل های نوع گاردان در نورد ورق

در ابتدای قرن ۲۱ شرکت SMS Siemag چندین سفارش از چین برای ساخت تجهیزات نورد ورق تا عرض ۵ متر دریافت نمود. این تجهیزات نورد می بایست مجهز به دو محرک ۱۰۰۰۰ کیلوواتی با قطر غلتک حداقل ۱۱۰۰ میلیمتر می بودند. بیشتر این دستگاه های نورد مجهز به سیستم جابجایی CVC برای کنترل صافی و پروفایل ورق بودند. سیستم CVC، نیازمند سیستم جبران طول اسپیندل برای پیروی از موقعیت غلتک های کاری در ضمن جابجایی می باشد. بر اساس این نیازها و ترجیح مشتری، دستگاه های نورد مجهز به اسپیندل های گاردان مطابق آخرین تغییرات طراحی گردید.

همچنین در اسپیندل های نوع گاردان، گشتاور نورد از طریق تماس خطی اجزای غلتشی درون یوک ها صورت می گیرد. تمامی اجزای غلتشی که برای انتقال گشتاور مورد استفاده قرار می گیرند می بایست در فضایی که بدلیل مینیمم قطر غلتک دارای محدودیت می باشد بکار گرفته شوند. این بدان معنی است که فضای در دسترس می بایست توسط مجموعه ای از قطعات نظیر رولرها، سیلینگ ها و سایر قطعات بیرینگ پر شود که در نتیجه سطوح توپر در دسترس برای انتقال گشتاور کاهش یافته و بار مخصوص روی هر جزء افزایش می یابد.



شکل ۸

بنابراین اجزای انتقال دهنده گشتاور در این نوع اسپیندل تنش بالایی را تحمل می کنند (شکل ۸).

PDF Compressor Free Version

بدین ترتیب که گشتاور واقعی نورد اندازه گیری و با گشتاور موتور مقایسه شد. نتیجه این اندازه گیری نشان داد حداکثر گشتاور اعمال شده به اسپیندل، بیش از ۱/۶ برابر حداکثر گشتاور موتور شده است.

حتی سیستم ایمنی هیدرولیکی قرار داده شده جنب فلنج موتور نتوانست از وارد شدن بارهای اضافی جلوگیری نماید. دلیل این امر گرفته شدن گشتاور در طول زیاد اسپیندل و بی تاثیر شدن گشتاور بر روی سیستم ایمنی هیدرولیکی قرار داده شده بود. نتیجه این که اجزای اسپیندل در نزدیکی غلتک های نوردی نتوانست گشتاور بالای اعمال شده را تحمل کند و شکست رخ داد.

با مانیتورینگ گشتاور معلوم شد TAF (ضریب بزرگنمایی گشتاور) نوردهای ورق بمراتب بالاتر از مقادیر پیش بینی شده است و برای طراحی های بعدی مقدار TAF می بایست خیلی بیشتر در نظر گرفته شود.

از محاسبات مجدد چهار شاخه با روش المان های محدود نتیجه گرفته شد برای افزایش مقاومت اسپیندل در مقابل بارهای سنگین، نوع اسپیندل باید تغییر کند.



شکل ۱۲

نظریه های جدید در فن آوری اسپیندل های جدید

Slipper-Type

این واقعیت که توانایی اسپیندل های Slipper-Type در انتقال گشتاورهای بالاتر بیشتر از اسپیندل های نوع گاردان است از طرف تولید کنندگان اسپیندل های نوع اخیر پذیرفته شده است.

این اسپیندل ها مجهز به سیستم جبران طول و کوپلینگ های هیدرولیکی برای جلوگیری از اضافه بار اعمالی به زنجیره محرک نورد یا محرک نورد یا حوادث نورد می باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

اندکی پس از راه اندازی کارخانجات نورد شکست اولین اسپیندل نوع گاردان اتفاق افتاد. در ضمن فرآیند نورد در نتیجه اعمال بارهای بالا و معمول نوردی و اضافه گشتاور ابتدا و انتهای پاس، اجزای بحرانی گاردان تحت اضافه بار قرار گرفت و پس از فقط چند ماه بهره برداری دچار شکست شد (شکل ۱۱).



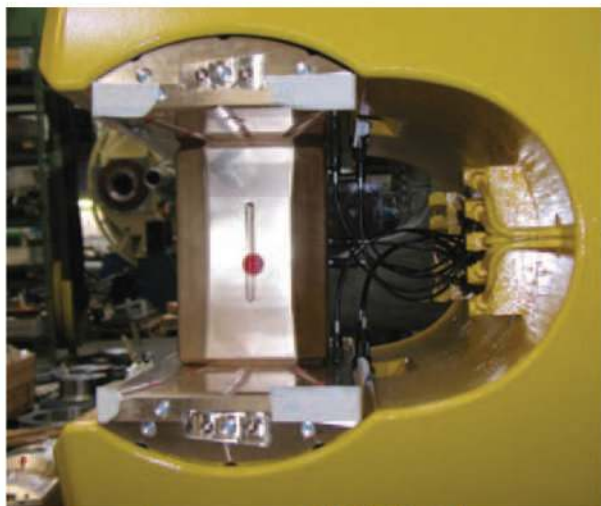
شکل ۱۱

برای درک بهتر بارهای فرآیند نورد از یک سیستم مانیتورینگ گشتاور که بر روی اسپیندل نصب شده بود کمک گرفته شد (شکل ۱۲).

PDF Compressor Free Version

در این روش علاوه بر روانکاری، خنک کاری سطوح گرم نیز انجام می شود. در نتیجه عمر مجموعه Slipper در سمت موتور بطو قابل ملاحظه ای افزایش یافته و تعویض Slipper ها هر چند سال یکبار انجام می شود. بعلاوه استفاده از سیستم مدار بسته روانکاری از آلودگی محیط نیز جلوگیری بعمل می آید.

در سمت غلتک های کاری اولین گام بهینه کردن سیستم گریسکاری موجود بود. اگرچه از پمپ های گریس موجود سالها استفاده شده بود ولی این پمپ ها قابل اعتماد نبودند. برای بهینه کردن سیستم گریسکاری از گریس پمپ هایی استفاده شد که فشار بالایی داشتند و مستقیماً روی اسپیندل نصب می شدند. بعلاوه سیستم توزیع گریس درون غلتک، slipper و پیچ های آن نیز بهبود داده شد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

بدین ترتیب علاوه بر افزایش قابل ملاحظه عمر slipper ها میزان مصرف گریس نیز کاهش یافت (شکل ۱۵).

اسپیندل های Slipper-Type دارای اجزاء کمتر و سطح بزرگتر انتقال گشتاور هستند. شرکت SMS Siemag این واقعیت مهم را مبنای ساخت اسپیندل های نوع جدید قرار داده و الزامات زیر را جهت ساخت اسپیندل های نوع جدید در نظر گرفت:

۱. قابلیت انتقال گشتاورهای بالا.
 ۲. روانکاری بهتر Slipper و افزایش عمر اجزاء سایشی.
 ۳. تعویض آسانتر Slipper های دو سر اسپیندل.
 ۴. ملاحظات جابجایی CVC برای طراحی اسپیندل.
- در ارتباط با ردیف ۱ فوق، دو سر اسپیندل با نرم افزار اتوکد سه بعدی، مدل و سپس به روش المان های محدود آنالیز تنش شد. آنالیز انجام شده نشان داد ظرفیت انتقال گشتاور اسپیندل طرح جدید به میزان قابل ملاحظه ای بیشتر بوده و در بعضی موارد این مقدار تا دو برابر قابل افزایش است.

در ارتباط با ردیف ۲، سیستم روانکاری اسپیندل Slipper-Type می بایست بهبود می یافت. از آنجایی که بهترین روش روانکاری، روغنکاری است، برای سر اسپیندل که در سمت موتور قرار دارد سیستم بسته روغنکاری در نظر گرفته شد. بدین ترتیب سر سمت موتور اسپیندل و پیچ های مربوطه بصورت اسپری روغنکاری می شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

PDF Compressor Free Version

از سال ۲۰۰۶ میلادی که اولین طرح جدید اسپیندل slipper-type ساخته شد تاکنون بیش از ده کارخانه نورد ورق با طرح جدید اسپیندل تجهیز گردیده است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

هر اسپیندل با سیستم جابجایی CVC قبل از تحویل به مشتری بطور کامل تست می شود (شکل ۱۸). هدف از این تست ها، اطمینان از عملکرد بدون خطای اسپیندل در حین کار می باشد.



شکل ۱۸



شکل ۱۵

چالش نهایی یافتن راه حلی برای ایجاد سیستم یکپارچه جبران طول اسپیندل بود. در این راستا برای دستیابی به کورس جابجایی بیش از $\pm 250\text{mm}$ ، طرح spline shaft و spline sleeve نظر گرفته شد. با تغییراتی در طراحی اولیه سیستم جبران طول، اسپیندل های slipper-type جدید مشابه اسپیندل های یونیورسال بود.

در محل اتصال سطوح دو سر اسپیندل به sleeve ها، از پیچ و مهره ای مضرسسی شکل استفاده گردید (شکل ۱۶).



شکل ۱۶

فایده این طرح تعویض آسان سر اسپیندل بدون نیاز به درآوردن اسپیندل از تجهیز نورد است.

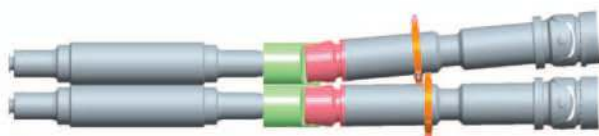
ماحصل تلاش ها برای بهینه کردن اسپیندل slipper-type اسپیندلی بود که کلیه الزامات را در بر داشته و انتظارات را برآورده می کرد.

PDF Compressor Free Version



شکل ۱۹

اکنون شرکت SMS Siemag با طرح جدید سر اسپیندل به شکل مضرسی به این نتیجه رسیده است که اسپیندل Slipper-Type را بدون تغییرات اساسی، جایگزین اسپیندل نوع کاردان نماید (شکل ۲۰).



شکل ۲۰

چشم انداز آینده

بدلیل چالش های روبروی کارخانجات بزرگ نورد ورق، طی ۱۰ سال گذشته طرح جدید اسپیندل slipper-type فراگیر شده است.

در مرحله بعد بطور عمده چالش های زیست محیطی در ارتباط با سیستم روانکاری مطرح می گردد. اگر چه روانکاری slipper های سمت غلتک نورد به شکل گریسکاری رضایتبخش بوده ولی امروزه در کارخانجات نورد ورق، گریسکاری در حال جایگزین شدن با روانکاری به روش روغن- هوا است. در این روش روغن تحت فشار هوا یا تاقان های غلتک نورد و میزهای غلتکی را روانکاری می کند و گریس برای روانکاری های سبک مورد استفاده قرار می گیرد زیرا گریس فاقد کارایی لازم برای خنک کاری اجزای سنگین نوردی است. بعلاوه گریس سیستم آبرسانی نورد را آلوده می کند. بنابراین شرکت SMS Siemag در حال آزمایش کردن سیستم روانکاری روغن- هوا برای سر اسپیندل در سمت نورد است (شکل ۱۹).

PDF Compressor Free Version

اثر بخشی کلی تجهیزات در نگهداری و تعمیرات بهره ور جامع (TPM در OEE)

میلاد خجسته پور

شرکت فولاد اکسین خوزستان

چکیده

امروزه اجرای روش های نوین در سیستم های عملیاتی کارخانجات نقش ارزنده ای را به عهده داشته به طوری که با توجه به پویا بودن عوامل مختلف تاثیر گذار در روند عملیات و نگهداری همیشه نیاز به استفاده از روش های خلاق و مشتری گرایانه شدیداً احساس می گردد. TPM یک روش و نظریه مدیریت استراتژیک تجهیزات محسوب می شود که بر هدف ساخت محصول با کیفیت از طریق کارایی تجهیزات تاکید دارد.

نبود سیستم های اندازه گیری عملکرد باعث رخوت سیستم مدیریت (نت) می گردد و از همین رو مدیریت های نت پیشرو و بهره وری بالا همیشه ارزیابی عملکرد را سر لوحه شناخت نارسائی ها و یافتن زمینه های بهبود می دانند و سعی دارند سیستم های اندازه گیری خود را مرتباً بهبود دهند تا چرخه بهبود را سرعت و شتاب بخشیده و در فضای رقابتی امروز، هزینه های نت را کاهش داده و در نتیجه قیمت تمام شده محصولات و نیز زمان پاسخگویی به بازار را کاهش دهند. OEE یا اثر بخشی کلی تجهیزات یک ابزار بهبود در رده عملیاتی است که هدف آن بهبود اثر بخشی تجهیزات و کاهش ضایعات در چهار چوب فرایند TPM می باشد.

مقدمه

در صنعت امروز دنیا، دستگاه ها و فرآیندهای پیشرفته نقش مهمی را ایفا می کنند و بخوبی توانسته اند جای پیشینیان خود را بگیرند و مدیران نیز، به رغم وجود برخی مقاومت های منفی در برخی کارگاه ها جای پای تکنولوژی را باز کرده اند.

البته نباید برخی زیاده روی های غیر ضروری را نادیده گرفت. در هر حال کیفیت برتر، کمیت بیشتر، سهولت استفاده، ایمنی بهتر و مزایای دیگر، عواملی هستند که بر لزوم بکارگیری تکنولوژی پیشرفته، مهر تأیید زده اند و گاهی گریز از آن را غیر ممکن ساخته اند.

این دگرگونی ها و تجدید ساختارهای صنعتی، برخی تغییرات سازمانی و رویه ای را نیز به دنبال خود در بخش های مرتبط می طلبند و از هر یک از آنها روی گردان شود، سازمان دیر یا زود

دچار ایستایی فنی ناشی از فرهنگ سازمانی خود خواهد شد.

بخش نگهداری و تعمیرات بعنوان واحدی که بیشترین برخورد تخصصی را با دستگاه ها و فرآیندهای یک مجتمع صنعتی دارد باید آمادگی همگامی با فن آوری نوین را داشته و گاهی نیز خود خالق آن باشد.

در این میان روش نگهداری و تعمیرات بهره ور جامع (TPM¹) روشی برای ایجاد دگرگونی و تحول سازمانی و کاری در بخش نت می تواند به اجرا در آید.

به طور کلی اهداف نگهداری و تعمیرات عبارت است از افزایش زمان قابل استفاده و بهره برداری از سیستم های صنعتی و کاهش نرخ خرابی و از کار افتادگی آنها. اثر بخشی کلی تجهیزات (OEE²) یک ابزار بهبود در رده عملیاتی است که بعنوان مهمترین

1- Total Productive Maintenance

2-Overall Equipment Effectiveness

PDF Compressor Free Version

OEE می تواند برای حفظ شرکت ها از خریدهای مازاد، به کار برده شود همچنین برای بهبود عملکرد ماشین آلات و به آنها کمک می کند.

OEE برای درک بزرگترین نواحی بهبود به کار برده می شود، بنابراین شما می توانید با بخشی شروع کنید که بیشترین بازده را برای دارایی شما ایجاد کند.

فرمول OEE چگونگی بهبود کیفیت را نشان می دهد. OEE معیار فوق العاده ای را ایجاد خواهد کرد که در جهت باروری شرکت بکار می رود.

درصد OEE به دست آمده به سادگی درک می شود و این عدد را در جایی ارائه می دهد که پرسنل می توانند آن را مورد مشاهده قرار داده و از آن به عنوان تکنیک محرک فوق العاده ای استفاده کنند.

با ارائه چنین موردی به کارکنان خود در جهت بهره برداری تجهیزات کلی، سرعت تولید و کیفیت آنها به عدد بالاتری خواهد رسید. در واقع OEE ابزاری است که برای بررسی مورد استفاده قرار می گیرد.

متأسفانه در کارخانجات، بسیاری از پرسنل از OEE استفاده نمی کنند، لذا در ادامه به بررسی تفصیلی نحوه استفاده از OEE می پردازیم.

چطور از OEE استفاده کنیم

اجرای فرمول OEE در تجهیزات شما می تواند اشکال مختلفی را به خود بگیرد و می تواند بصورت ابزاری آزمایشی و یا مقیاسی برای بهره برداری از تجهیزات و یا هر دو به کار برده شود.

زمانی که برای اولین بار ابزار با ارزشی را مشاهده کردید کم کم مقیاس های OEE را گرد هم آورید. به تدریج می توانید از مقیاس های OEE در تجهیزات دیگر نیز استفاده کنید.

اگر شما در ساخت، آنها را مورد استفاده قرار دهید جایگزینی برای آن وجود نخواهد داشت.

در حالی که نمایش هر یک از امکانات OEE بر خود تجهیزات تاکید دارد، ممکن است دلیل عمده اکثر هزینه ها را موجب نشود مگر اینکه دلیل روشن باشد.

به عنوان مثال OEE می تواند با عملکردهایی چون خرید تجهیزات بزرگ، بهبود یافته و سیستم های تایید شده را ایجاد کرده و تکرار تنظیمات را موجب شود.

شاخص آماری در برنامه های نت بهره ور جامع مورد استفاده قرار می گیرد.

OEE چیست؟

اثر بخشی کلی تجهیزات (OEE) یک ابزار بهبود در رده عملیاتی است، که هدف آن بهبود اثر بخشی تجهیزات و کاهش ضایعات در چهار چوب فرآیند TPM می باشد.

TPM استراتژی شرکت های بزرگ برای افزایش اثر بخشی در محیط های تولید می باشد.

اجرای TPM مستلزم بکارگیری مداوم روش های بهبود برای کاهش ضایعات می باشد و فعالیت بهبود بخشی خود را روی ضایعات مربوط به تجهیزات متمرکز می کند.

اندازه گیری میزان اثر بخشی ماشین آلات و تجهیزات می بایستی چیزی فراتر از میزان در دسترس بودن ماشین آلات و یا زمان عملیاتی بودن ماشین آلات باشد. در واقع این شاخص باید شامل یک فاکتور از تمامی عواملی باشد که در ارتباط با اولویت و کارکرد دستگاه است.

فرمولی که برای محاسبه اثربخشی دستگاه نوشته می شود، می بایست به میزان در دسترس بودن، نرخ کارکرد و نیز نسبت کیفیت آن توجه کند. این امر به تمامی واحدهای مربوطه اجازه می دهد که بتوانند در اندازه گیری کارایی تجهیزات نقش موثرتری داشته باشند.

رابطه OEE به صورت زیر نوشته می شود:

$$\text{نسبت کیفیت} * \text{نسبت کارایی} * \text{قابلیت دسترسی} = \text{OEE}$$



PDF Compressor Free Version

دلایل نیاز به اندازه گیری اثر بخشی تجهیزات

به منظور پیوند دادن موثر برنامه های TPM به یکدیگر در سطح شرکت یا کارخانه لازم است که در مسائل جاری، امکانات بالقوه برای حل و فصل آنها و منافع حاصله از آنها، روشن و آشکار شود. این امر مستلزم تکنیک های اندازه گیری برای متمایز کردن مسائل و مشکلات و امکانات بالقوه برای بهبود و تکامل در هر یک از بخش ها و در هر زمان می باشد.

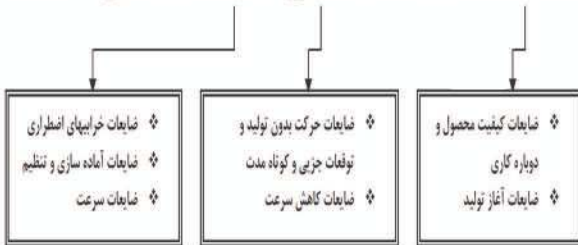
اثر بخشی TPM به دو دلیل اندازه گیری می شود:

- ۱- برای کمک در تعیین اولویت ها در پروژه های توسعه و تکامل
 - ۲- برای انعکاس نتایج حاصله بصورت دقیق و منصفانه
- اندازه گیری اثر بخشی، ثمرات حاصل از کوشش های روزمره را آشکار ساخته، نکاتی را که باید روی آن تمرکز کنیم مشخص نموده و در برنامه ریزی فعالیت های متقابل، ما را یاری می نماید.

اندازه گیری اثر بخشی تجهیزات

همانگونه که گفته شد اثر بخشی تجهیزات با به کار بردن فرمول زیر قابل اندازه گیری است:

نسبت کیفیت * نسبت کارایی * قابلیت دسترسی = OEE



قابلیت دسترسی (AVAILABILITY)

این عامل با حذف خرابی های اضطراری، ضایعات آماده سازی و تنظیم و سایر ضایعات توقف بهبود می یابد.

$$100 * \frac{\text{زمان رکود} - \text{زمان اشغال}}{\text{زمان اشغال}} = \text{قابلیت دسترسی (نسبت بهره برداری)}$$

کارایی (PERFORMANCE RATE)

این عامل با حذف ضایعات کاهش سرعت و ضایعات حرکت بدون تولید و توقف های جزئی و کوتاه مدت افزایش می یابد. نسبت کارایی یا نرخ عملکرد از رابطه زیر بدست می آید:

شاخص اثر بخشی کلی تجهیزات

OEE یک ابزار اندازه گیری ساده اما پر قدرت است، برای بدست آوردن اطلاعات درباره آنچه واقعاً اتفاق می افتد.

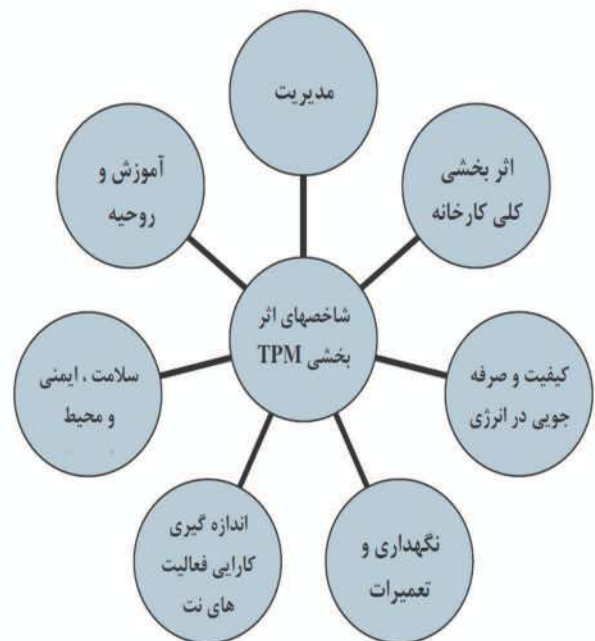
محاسبه OEE معیاری است که اطلاعات روزانه درباره چگونگی عملکرد موثر ماشین و اینکه کدام یک از شش ضایعه را باید بهبود بخشید، ارائه می دهد.

اثر بخشی کلی تجهیزات فقط نشانگر سیستم تولید نیست، بلکه اگر هدف ما بهبود بخشی و ارتقاء سطح کیفیت باشد یقیناً خیلی مهم است.

شاخص های اندازه گیری اثربخشی باید دارای ویژگی های زیر باشند:

- شاخص ها باید نتایج فعالیت ها را به خوبی نشان بدهند.
 - شاخص ها باید تلاش های TPM را به روشنی و وضوح ارزیابی کنند.
 - شاخص ها باید اولویتهای بهسازی را نشان دهند.
- شاخص های اثر بخشی TPM را می توان به هفت نوع تقسیم بندی نمود:

- ۱- مدیریت، ۲- آموزش و روحیه، ۳- سلامت، ایمنی و محیط، ۴- اندازه گیری کارایی فعالیت های نت، ۵- نگهداری و تعمیرات، ۶- کیفیت و صرفه جویی در انرژی، ۷- اثر بخشی کلی کارخانه.



PDF Compressor Free Version

(دستگاه، مواد اولیه، نیروی انسانی و روش ها) و تشخیص و حذف زیان های مربوط به هر کدام به منظور افزایش خروجی های مورد نظر (بهره وری، کیفیت، هزینه زمان تحویل محصولات، افزایش بهداشت و ایمنی و روحیه کارکنان) انجام می گیرد.

تاثیر OEE بر رقابت پذیری

بر اساس تحقیقات به عمل آمده مشخص گردیده که بهبود شاخص OEE موجب افزایش ظرفیت موثر می گردد و افزایش ظرفیت موثر نیز باعث کاهش زمان انتظار و هزینه هر واحد از قطعات تولید شده می گردد.

مدل ارائه شده توسط ناکاجیما بیان کننده آن است که بهبود شاخص OEE موجب افزایش قابلیت های سازمان و در نتیجه ایجاد مزیت های رقابتی در ابعاد مختلفی نظیر هزینه، کیفیت، ارائه محصول و انعطاف پذیری می گردد.

اهداف و منافع اندازه گیری OEE

هدف از اندازه گیری OEE بهبود اثربخشی تجهیزات است. از آنجایی که اثر بخشی تجهیزات روی کارکنان سطح کارگاه (رده عملیاتی) بیش از سایر گروه ها تاثیر می گذارد، بنابراین بهتر است آنها در دنبال کردن روند OEE و برنامه ریزی و اجرای بهبود بخشی تجهیزات، کاهش ضایعات اثر بخشی شرکت داشته باشند. حال نگاهی داشته باشیم به منافع اندازه گیری OEE برای اپراتورها، مسئولین شیفت یا مدیران خط.

در رویکرد TPM توصیه می شود که، اپراتورها اطلاعات روزانه را درباره تجهیزات برای محاسبه OEE جمع آوری کنند.

جمع آوری این اطلاعات:

- به اپراتورها درباره تجهیزات شناخت و آگاهی بیشتری خواهد داد.

- توجه اپراتورها را روی ضایعات متمرکز خواهد کرد.

- احساس مالکیت را در آنها پرورش خواهد داد.

مسئول شیفت یا مدیر خط اغلب کسی است که اطلاعات بهره برداری روزانه را از اپراتورها بدست خواهد آورد و آنها را پردازش می کند تا اطلاعات مربوط به OEE را توسعه بدهد. انجام این عملیات:

- به رهبر یا مدیر حقایق و شناخت صحیح را خواهد داد.

- به رهبر یا مدیر کمک خواهد کرد تا به اپراتور و سایر کسانی که

نسبت بهره برداری * نسبت خالص بهره برداری = نسبت کارایی نرخ عملکرد

$$\text{نسبت بهره برداری} = \frac{\text{زمان مطلوب برای تولید یک واحد محصول}}{\text{زمان عملی تولید یک محصول}} \times \frac{\text{زمان رکود} - \text{زمان اشغال}}{\text{قابلیت دسترسی (نسبت بهره برداری)}}$$

کیفیت (میزان محصولات سالم) (QUALITY RATE)

این عامل با حذف اشکالات کیفیت در فرآیند و زمان راه اندازی تولید بهبود می یابد.

تعداد ورودی

$$\text{نسبت کیفیت} = \frac{\text{تعداد دوباره کاری} + \text{تعداد ضایعات آغاز تولید} + \text{تولید معیوب}}{\text{تعداد ورودی}}$$

عوامل اثر بخشی تجهیزات (OEE)

جدول پله ای ۱ بصورت گرافیکی نشان می دهد که چطور ضایعات در قابلیت دسترسی، کارایی و کیفیت با هم جمع می شوند و اثر بخشی تجهیزات (OEE) را نشان می دهند.

جدول ۱

کل زمان بهره برداری						
نداستن برنامه تولید	A		زمان بهره برداری خالص			قابلیت دسترسی
	B		زمان فعالیت			
خرابیهای اضطراری تنظیم و آماده سازی	C		خروجی هدف			کارایی
	D		توقفات جزئی سرعت بهره برداری کاهش یافته			
	E		خروجی واقعی			
اثر بخشی از دست رفته	F		خروجی واقعی			کیفیت
	F		محصول سالم			
$F/E * D/C * B/A = OEE$						

افزایش اثر بخشی تجهیزات (OEE)

در صنایع تولیدی، محصولات در کارخانه هایی تولید می شوند که شامل واحدهای مختلف و دستگاههای متنوع می باشد. به منظور افزایش و بیشینه اثربخشی کلی کارخانه لازم است که بازدهی هر دستگاه بطور جداگانه افزایش یابد. اثر بخشی یک کارخانه تولیدی بستگی به اثر بخشی استفاده از دستگاه، مواد خام، نیروی انسانی و روش های موجود دارد، افزایش اثربخشی در صنایع فرآیندی بوسیله آزمایش ورودی های مورد نیاز فرآیند تولیدی

PDF Compressor Free Version

به طور روزانه در مورد چگونگی نحوه عملکرد موثر ماشین آلات استفاده کرد.

نتیجه گیری

یک مسئله مهم در یک فرآیند تولیدی کم سود، چگونگی دستیابی به درجه بالایی از کارایی ماشین آلات می باشد. این بدان معناست که یک سیستم بدین منظور باید ایجاد شود که تضمین دهد خرابی ماشین آلات حداقل خواهد بود.

بر این اساس سیستم های نگهداری پیشگیرانه و پیش بینانه طراحی گردیده اند تا کارایی ماشین آلات بهبود یابد و بدین وسیله هزینه های تعمیرات و سر بار شرکت ها کاهش یافته و در نتیجه این کاهش مزیت رقابتی محصولات و قدرت رقابت با رقبای افزایش یابد.

نگهداری بهره ور جامع در واقع یادآور کننده وظایف اصلی پرسنل در قبال تجهیزات سپرده شده به آنان است و همانطور که پیشتر مشاهده شد بالا بودن اثر بخشی تجهیزات عامل مهم و اساسی در یک سیستم نگهداری بهره ور جامع می باشد که ارتباط مستقیمی با سه فاکتور نرخ کیفیت تولیدات، قابلیت دسترسی به ماشین آلات و نرخ کارایی دارد.

بنابراین با تحلیل اطلاعات و گزارشات در نگرش OEE، نتیجه می شود که با یک درصد افزایش در شاخص OEE می توان مبالغ هنگفتی سود حاصل نمود.

از خصوصیات و ویژگی های این نگرش فرآیندی می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ضایعات غیر ضروری تولید را در کمترین زمان شناسایی و اعلام می نماید.
- دارای یک سیستم ثبت و گزارش دهی بسیار پر قدرت می باشد.
- توجه و تمرکز مداوم بر روی تک تک اجزای مورد بررسی.
- نصب آسان نرم افزار OEE TOOLKIT بر روی کامپیوتر شخصی و یا بصورت شبکه.
- نرخ بازگشت سرمایه را سرعت می بخشد.
- برای بکارگیری در هر فرآیند، انعطاف پذیر می باشد.
- به منظور بهبود در ساخت و تولید طراحی گردیده است.

در بهبود بخشی شرکت دارند باز خورد مناسبی بدهد.

- به رهبر یا مدیر اجازه خواهد داد تا مدیریت را درباره وضعیت تجهیزات و نتایج بهبود بخشی مطلع نگه دارد.

سطوح مورد نظر در OEE

سطوح (میزان) اثربخشی کلی تجهیزات، بنا به نوع صنعت، ویژگی های تجهیزات و سیستم تولیدی موجود دارای تفاوت خواهد بود.

سطوح OEE که توسط موسسه مهندسی نت ژاپن (JIPM) مورد بررسی قرار گرفته اند، به طور متوسط بین ۴۰ تا ۶۰ درصد بوده اند (جدول ۲). این استاندارد را می توان با فعالیت های مختلف بهبود بخشی در TPM تا حدود ۸۵ درصد افزایش داد.

جدول ۲

شاخص	ماشینهای خودکار	مونتاژ کننده های خودکار	بسته بندی کننده های خودکار
۱- اثر بخشی کلی	78.4 - 51.3 %	80.7 - 51.3 %	72 %
۲- قابلیت دسترسی	98 - 95	95	90
۳- کارایی	80 - 54	85 - 40	80
نسبت سرعت بهره برداری	100 - 90	100	100
نسبت خالص بهره برداری	80 - 60	85 - 40	80
ملاحظات	20 - 40 درصد ضایعات به علت حرکت بدون تولید و توقفات جزئی	15 - 60 درصد ضایعات به علت حرکت بدون تولید و توقفات جزئی	20 درصد از ضایعات به علت حرکت بدون تولید و توقفات جزئی

چالش های محاسبه OEE

مهمترین چالش ها دنبال کردن روند OEE می باشد، پردازش دستی و محاسبه داده های OEE یکی از چالش هایی است که اغلب افرادی را که در تلاش برای استفاده از OEE هستند، را منصرف می کند.

برای محاسبه OEE مقداری از زمان تلف می شود. همچنین OEE یک ابزار بهبود بخشی در رده عملیاتی است. بنابراین برای حصول اطمینان از یک بازخورد سریع برای رده عملیاتی، اهمیت زیادی دارد که روی OEE متمرکز شوند.

فرستادن اطلاعات به بخش دیگر راه مناسبی برای حل مشکل زمان نیست.

موثرترین پردازش و جمع آوری اطلاعات در رده عملیاتی اتفاق می افتد. بمنظور حل این مشکل می توان از نرم افزار کاربر پسند و موثر OEE TOOLKIT به منظور ارائه جزئی ترین اطلاعات

PDF Compressor Free Version

مراجع:

- 4- Learn to Measure OEE Business Industrial in the USA, 2005.
- 5- R.W.Ruessmann, "Real time Manufacturing OEE Solution for Batch and Continuous Process Operation", 2006.
- 6- H.V.Gupta, "Understnding Overall Equipments", Down Time Central, 2003.

- ۱- دکتر علی حاج شیر محمدی، نگهداری و تعمیرات (نت) بهره ور فراگیر (TPM) از انتشارات موسسه مهندسين نگهداری و تعمیرات ژاپن (JIPM)، انتشارات ارکان، ۱۳۸۲.
- ۲- میلاد خجسته پور، پایان نامه کارشناسی با عنوان اثر بخشی کلی تجهیزات در نگهداری و تعمیرات بهره ور جامع (OEE) در (TPM)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مسجد سلیمان، بهار ۱۳۸۳.
- 3- Donald W. Parker, " Using OEE to Underpin the TQM ", Washington DC, 2004.

PDF Compressor Free Version

مقدمه ای بر OPC و کاربرد آن در اتوماسیون صنعتی شرکت فولاد اکسین خوزستان

یعقوب غلامی

شرکت فولاد اکسین خوزستان

چکیده

OPC یک مجموعه استاندارد نرم افزاری جهت انتقال و ارسال متغیرهای پروسه در سیستم های فرآیند صنعتی است. این استاندارد بر مبنای تکنولوژی OLE/DCOM شرکت Microsoft تعریف شده است. هدف از تعریف OPC، افزایش کارایی و استاندارد نمودن ارتباط میان منبع داده (دستگاه هایی که متغیرهای پروسه را اندازه گیری و جمع آوری می کنند) و مصرف کنندگان داده (مراکز نمایش و کنترل پروسه) می باشد. در این پژوهش به بیان کوتاه مبنای این استاندارد و کاربرد های آن در شرکت فولاد اکسین خوزستان پرداخته می شود.

۱- مقدمه

امروزه ویژگی امکان دسترسی به اطلاعات پروسه های موجود در سیستم فرآیند صنعتی از طریق نرم افزارهای غیر مرتبط با سیستم پروسه صنعتی (که اصطلاحاً 3rd Party نامیده می شوند، یکی از چالش های رقابت بین سازندگان این سیستم ها محسوب می شود. به عنوان مثال فرض کنید شما می خواهید نمودار دمای یک کوره پیش گرم را علاوه بر نرم افزار مانتورینگ مربوط به سیستم فرآیند صنعتی، روی نرم افزار Microsoft Excel نیز نمایش دهید. برای پیاده سازی این منظور لازم است که بانک اطلاعات سیستم فرآیند صنعتی از طریق Microsoft Excel قابل دسترسی باشد. حال چنانچه بانک اطلاعات سیستم فرآیند صنعتی از انواع استاندارد و عمومی نباشد و مختص سازنده آن باشد، دسترسی به آن ممکن نبوده و طبعاً این امر امکان پذیر نخواهد بود.

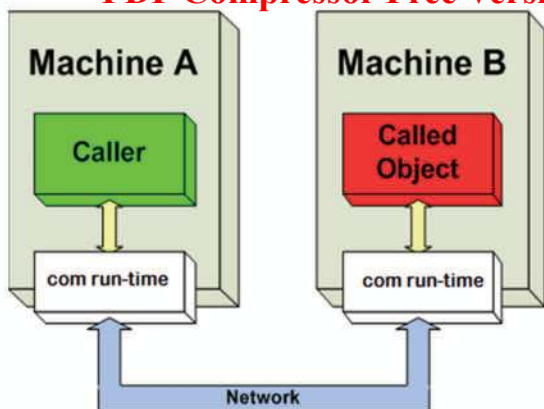
در اکثر موارد بانک اطلاعات سیستم پروسه صنعتی از انواع استاندارد و عمومی نمی باشند. بنابراین در این مواقع لازم است از نرم افزار واسطه ای که بتواند بانک اطلاعات سیستم پروسه صنعتی را به فرم قابل استفاده توسط نرم افزارهای استاندارد تحت سیستم عامل Windows تبدیل کند، استفاده شود.

به این نرم افزار واسطه اصطلاحاً OPC Driver گفته می شود. با استفاده از OPC Driver می توان یک سیستم پروسه صنعتی را برای سطوح بالاتر کنترل، نظیر مدیریت اطلاعات تولید و یا بهینه سازی تولید قابل دسترسی نمود.

استاندارد OPC یا OLE for Process Control در مجموعه استانداردهای تعریف شده جهت ارتباط میان Client و Server قرار می گیرد. OPC تکنولوژی و مکانیزم استاندارد است که پل ارتباطی بین برنامه های مبتنی بر سیستم عامل Windows از یک سو و همچنین سخت افزارها و پردازش های کنترلی را از سوی دیگر فراهم می سازد.

این استاندارد بر اساس تکنولوژی OLE/COM و DCOM شرکت Microsoft طراحی گردیده است که امکان ارتباط چند وسیله و چند منبع داده را فراهم می سازد. نکته قابل توجه اینکه این ارتباط مستقل از نوع وسایل و نوع منابع داده بوده و استفاده از Driver های خاص برای این منظور منتفی گشته است و امکان نصب و اجرا (Plug & Play) در محیط های صنعتی و اتوماسیون فراهم می شود و در نتیجه سازگار کردن سخت افزارها و نرم افزارها بیش از گذشته امکان پذیر می شود.

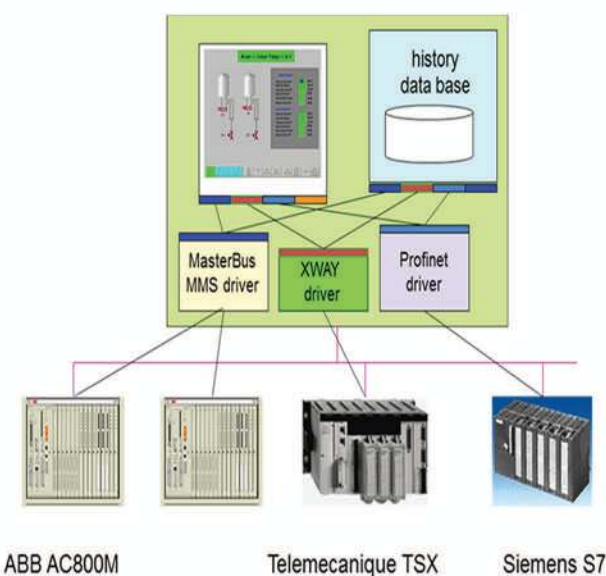
PDF Compressor Free Version



شکل ۳- اجرای DCOM

۲- هدف از بکارگیری OPC

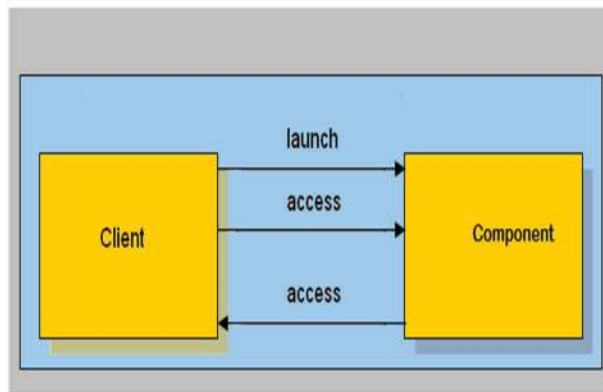
تعریف OPC بر اساس نیاز های عمومی در صنعت صورت گرفته و طراحی آن ارتباطی با نیاز های خاص یک یا چند نرم افزار و یا سخت افزار خاص ندارد. هدف اصلی استفاده از OPC ایجاد یک کانال ارتباطی با سیستم های کنترلی موجود در بازار و تبادل اطلاعات با آنهاست. اینگونه ارتباطات در صنایعی همچون برق، نفت، گاز، پتروشیمی، فولاد و... بسیار حائز اهمیت می باشد. با توجه به اینکه در OPC از Interface مشترک استفاده می شود یک OPC Server یک بار پیاده سازی گردیده و به دفعات در سیستم های جمع آوری و پایش داده ها و یا سایر نرم افزارها مورد استفاده قرار می گیرد، بنابراین نیاز به یک Driver خاص



شکل ۴- ایجاد ارتباط بین چند وسیله و چند منبع داده متفاوت بدون استفاده از OPC

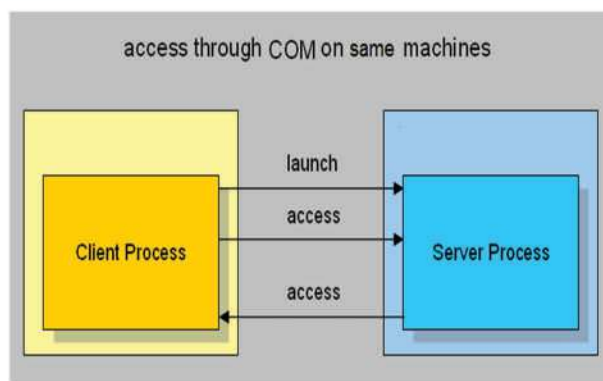
DCOM بسط و توسعه مدل COM می باشد.

COM معین می کند که اجزای سیستم و کاربران شان چگونه بر هم اثر متقابل می گذارند. این برهم کنش، برای این تعریف می شود تا کاربران و اجزا سیستم بتوانند بدون نیاز به هیچ واسطه ای به یکدیگر متصل شوند. در شکل ۱، شماتیک اجرای مدل COM نشان داده شده است.



شکل ۱- اجرای COM در فرآیند یکسان

در سیستم های عامل امروزی، فرآیندها از یکدیگر جدا شده اند. یک کاربر که نیاز به برقراری ارتباط با یک جز در یک فرآیند دیگر را داشته باشد، نمی تواند مستقیماً آن را فراخواند، اما باید از فرآیندهای ارتباطی داخلی سیستم عامل استفاده نماید. COM این ارتباط را به روش واضحی تأمین می کند (شکل ۲).



شکل ۲- اجرای COM در فرآیند متفاوت

وقتی که کاربر و جزء مورد نظر، در ماشین های متفاوتی مستقر می گردند، DCOM ارتباط درون فرآیندی محلی را با پروتکل شبکه جایگزین می کند.

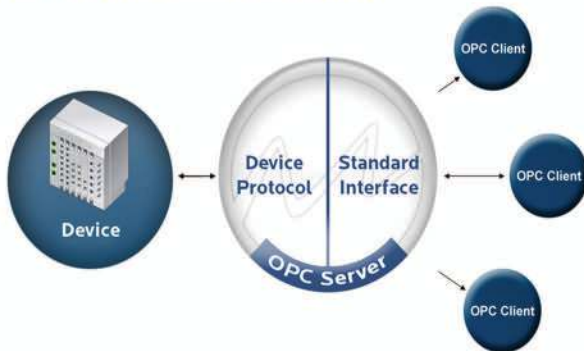
شکل ۳ ساختار کلی DCOM را نمایش می دهد.

PDF Compressor Free Version

۳-۱- OPC Server

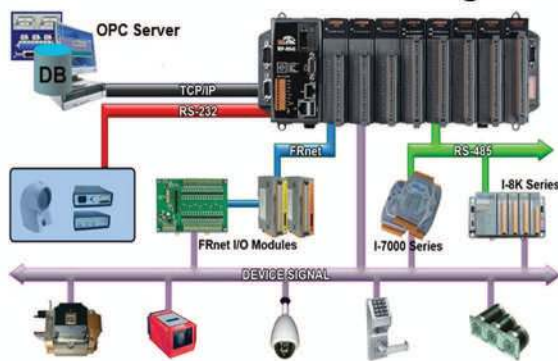
وظیفه OPC Server به این نحو است که داده های دریافتی از لایه پایین تر خود یعنی تجهیزات را به یک قالب شیء گرا و ساختار یافته تبدیل کرده و تحویل OPC Client می دهد سپس داده های پردازش شده توسط OPC Client را دوباره دریافت کرده و آنها را به فرمت اولیه و قابل فهم برای شبکه تجهیزات در آورده و تحویل این لایه می نماید (شکل ۶).

OPC Server Communication



شکل ۶- معماری Client/Server در OPC

در تعریف استاندارد OPC هر OPC Server یا OPC Client شامل چند نوع Object جهت برقراری ارتباط با سایر Client ها و Server ها خواهد بود. ارتباط این Object ها توسط واسطه های تعریف شده برای هر یک از آنها صورت می پذیرد، شکل های ۷ و ۸ این موضوع را نشان می دهند.



شکل ۷- پشتیبانی از واسطه های متفاوت در OPC

۳-۲- اجزاء OPC Server

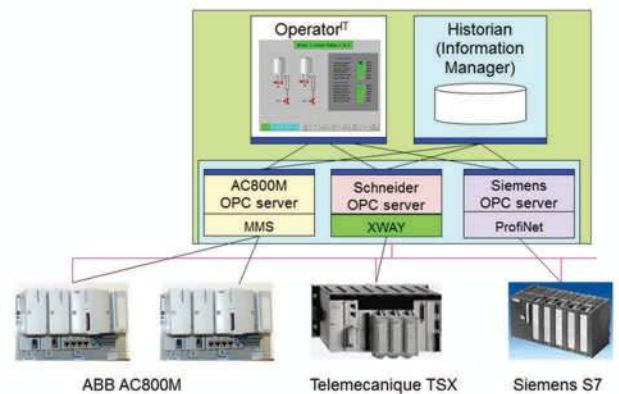
بطور کلی OPC در عمل به چهار بخش عمده تقسیم بندی می شود:

۱- دستیابی به داده ها (Measurement Data Access) که به اختصار به آن D. A. گفته می شود).

جهت استفاده در یک کاربرد خاص منتفی شده و سبب صرفه جویی در هزینه و وقت جهت بازنویسی Driver ها می شود و نیازی به واسطه های پر هزینه جهت ارتباط بین سیستم های ناسازگار (مانند HIPAC و PLC Siemens) نخواهد بود. در شکل ۴ مشاهده می شود تا قبل از ایجاد OPC Server برای ایجاد ارتباط بین چند وسیله و چند منبع داده متفاوت نیاز به سخت افزار و Driver خاص بود که هزینه و زمان اجرا سیستم های صنعتی را افزایش می داد.

همان طور که در شکل ۵ می توان دید با استفاده از OPC Server برای ایجاد ارتباط بین چند وسیله و چند منبع داده متفاوت نیاز به سخت افزار و Driver خاص نمی باشد.

این امر باعث کاهش هزینه و زمان اجرای سیستم های صنعتی می گردد.



شکل ۵- ایجاد ارتباط بین چند وسیله و چند منبع داده متفاوت

با استفاده از OPC

۳-۳ ساختار OPC

مولفه های OPC به دو دسته OPC Server و OPC Client تقسیم می گردد به گونه ای که یک OPC Client مصرف کننده (همانند مراکز نمایش و کنترل پروسه-HMI) و یک OPC Server یک منبع داده (همانند وسیله جمع آوری کننده داده ها-PLC) خواهد بود. با قابل فهم شدن اطلاعات توسط OPC Server، دیگر نرم افزارهای کاربردی که با ویژگی OPC سازگاری داشته باشند را می توان به عنوان OPC Client بکار گرفت.

بنابراین تولید کننده پایگاه داده ها و سیستم های نمایش و کنترل پروسه (HMI) هر یک به عنوان OPC Client شناخته می شوند.

PDF Compressor Free Version

که دسترسی Client ها به آن از طریق Group در بر گیرنده آن Item امکان پذیر خواهد بود.

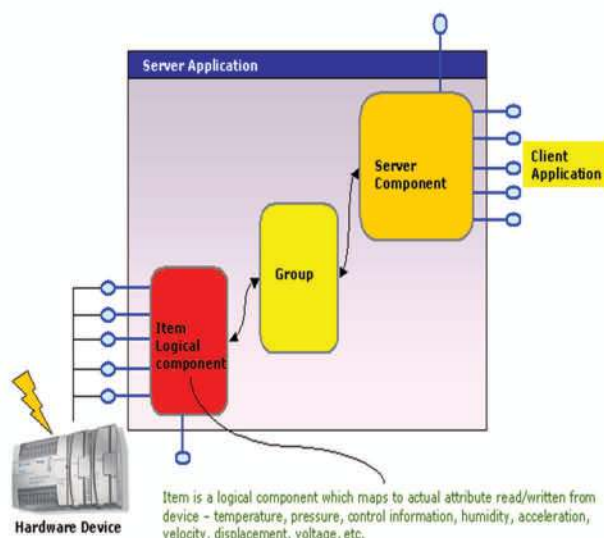
هر Item شامل داده های مربوط به Value، Quality، Time Stamp مربوطه می باشد.

Group ها به دو صورت عمومی و محلی تعریف می گردند. از نظر دسترسی Group عمومی برای استفاده چند Client و Group محلی برای استفاده یک Client تعریف می شود.

هر OPC D.A. Server شامل یک بخش اصلی به نام Server Object است که دربرگیرنده اطلاعات مربوط به پیکربندی OPC D.A. Server تعریف Group ها و Item ها است.

انتقال داده ها توسط این Server می تواند به صورت سنکرون و یا آسنکرون صورت پذیرد. حالت سنکرون برای خواندن داده های با حجم کم مناسب خواهد بود.

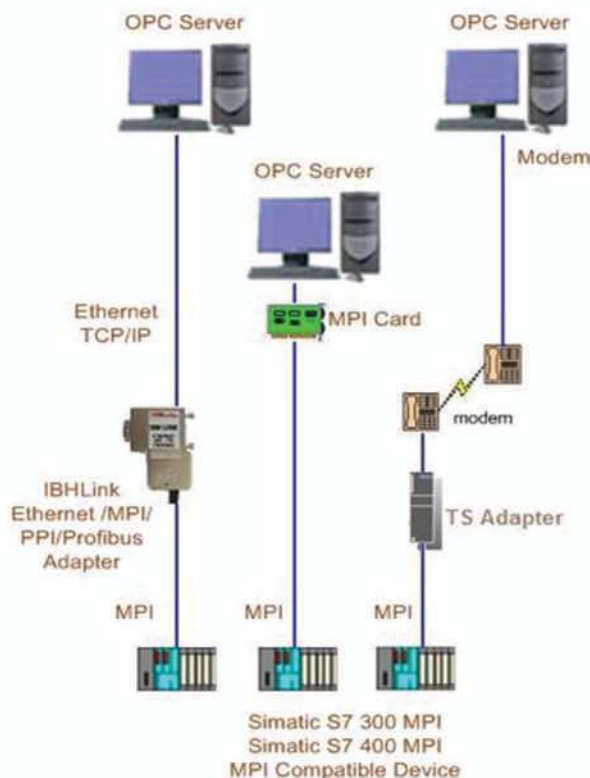
در شکل ۹ ساختار OPC D.A. Server نمایش داده شده است.



شکل ۹- ساختار OPC D.A.

۳-۲-۲- OPC Event & Alarm Server

OPC E/A یک سیستم رویداد و هشدار است که در مواردی که نیاز به اعمال واکنش های سریع در اتوماسیون صنعتی می باشد به کار می رود، این نوع سیستم ها در مواردی نظیر حفظ ایمنی تجهیزات، اعلام حوادث و وضعیت های غیر عادی بکار گرفته می شوند. این Server ها می توانند رویداد ها و هشدار ها را تشخیص داده، جمع آوری نموده و آنها را به یک یا چند



شکل ۸- پشتیبانی از واسط های متفاوت در OPC

۲- پردازش وقایع و هشدارها (Event & Alarm Access که به اختصار به آن A/E گفته می شود).

۳- دستیابی به پیشینه داده ها (Historical Data Access که به اختصار به آن H.D.A. گفته می شود).

۴- انتقال داده میان Data Access Server (Data Exchange) که به اختصار به D.X. نامیده می شود).

لازم به ذکر است با توجه به تعاریف استاندارد OPC تحت عنوان OPC Specification محصولات قابل توجه زیادی ارائه گردیده است که از مهمترین آنها ارائه OPC Server های زیر می باشد.

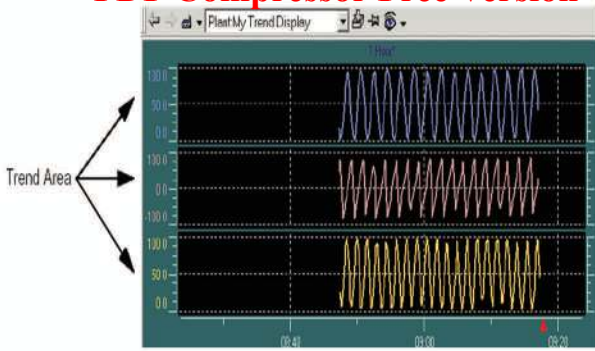
۳-۲-۱- OPC Data Access Server

OPC D.A. بستری برای دستیابی به داده ها (خواندن و نوشتن) بر روی شبکه های مختلف از طریق یک مجموعه واسط های استاندارد فراهم می سازد.

هر OPC D.A. از سه جز Group Object، Server Object و Item Object تشکیل شده است.

Item یک آدرس است که به یک Tag در Device یا هر منبع داده (PLC یا HIPAC) دیگر نگاشته می شود به عبارت دیگر یک Item پل ارتباطی میان منبع داده و OPC Server می باشد

PDF Compressor Free Version

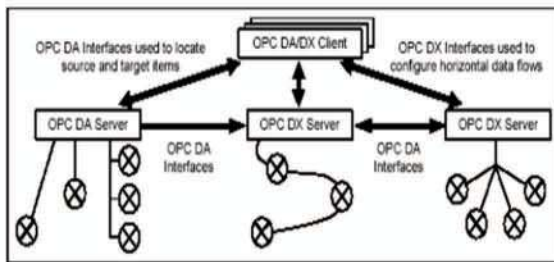


شکل ۱۱- بایگانی داده ها با OPC Historical Data Access

۳-۲-۴- OPC Data Exchange Server

OPC D.X. Server جهت انتقال داده ها بین D.A. Sever ها تعریف گردیده است که به آن انتقال افقی داده ها اطلاق می شود. با وجود این Server، یک نوع سازگاری و هماهنگی بین سیستم های متفاوت مبتنی بر OPC ایجاد می گردد. بنابراین ماژول های OPC که توسط شرکت های متفاوتی ارائه شده باشند به راحتی با یکدیگر کار می کنند. OPC D.X. روش جدیدی برای انتقال داده تعریف نمی کند و از قابلیت های OPC D.A. برای این منظور استفاده می نماید، در این انتقال، نیازی به Server ها و یا Client های میانی نمی باشد.

شکل ۱۲ شمایی از ارتباط افقی OPC D.X. و ارتباط عمودی OPC D.A. ها را نشان می دهد.



شکل ۱۲- ارتباط افقی OPC D.X.

همچنین می توان برای ارتباط مراکز نمایش و کنترل پروسه با منبع جمع آوری کننده و پردازش کننده داده ها (PLC و HIPAC) از تکنولوژی OPC بهره گرفت بدین صورت که در سمت سیستم مراکز نمایش و کنترل پروسه ماژول D.A. Client قرار دارد و در سمت منبع داده از ماژول های D.A. Server و A.E. Server استفاده می شود.

در ساختار اتوماسیون صنعتی شرکت فولاد اکسین خوزستان از سیستم

Client اطلاع دهند. این Client ها به سه دسته تقسیم می شوند:

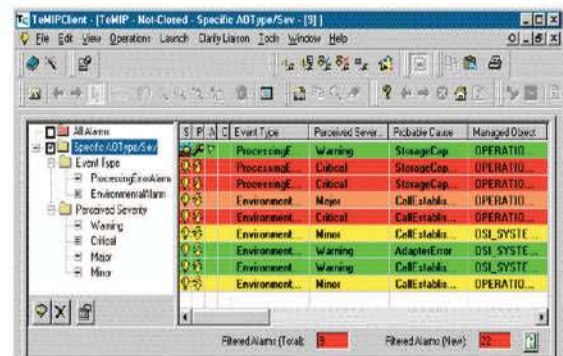
- ایستگاه های عملیاتی

- ثبت رویداد ها و هشدارها

- مدیریت رویداد ها و هشدارها

لازم به ذکر است که رویداد یک حادثه، زمانی قابل تشخیص برای Server Event است که قابل نمایش و ارائه توسط Device و OPC Client ها باشد. یک رویداد هیچگونه نمایش مستقیمی در مدل OPC ندارد و وقوع آن از طریق Event Notification مشخص می گردد.

هر OPC Client برای اطلاع از وقوع رویداد باید نسبت به آن مشترک گردد (Subscribe). رویدادها بر اساس موارد زیر فیلتر می شوند: نوع رویداد، کمترین حق تقدم، بیشترین حق تقدم، ناحیه های پردازش و منابع رویداد. شکل ۱۰ ثبت هشدارها و رویدادها توسط OPC E/A را نشان می دهد.



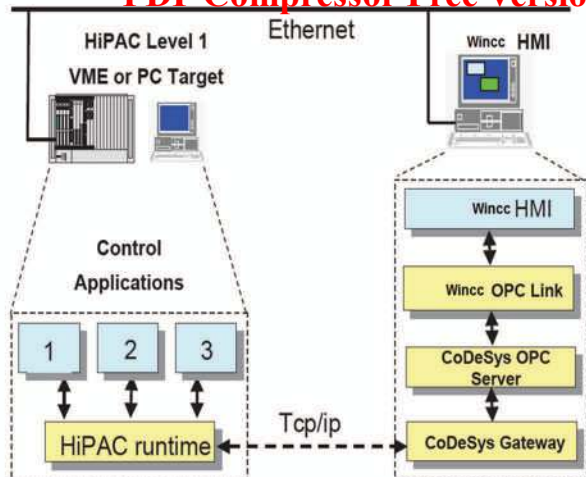
شکل ۱۰- ثبت هشدار و رویداد ها با OPC Event & Alarm Server

۳-۲-۳- OPC Historical Data Access

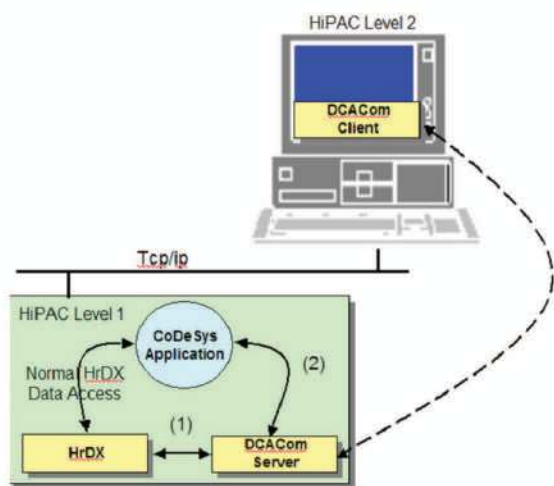
OPC H.D.A. Server برای نگهداری داده ها و در دسترس قرار دادن آنها برای Client ها در موقع لزوم استفاده می گردد این Server برای فشرده سازی اطلاعات و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۱۱). عملیاتی نظیر محاسبه میانگین، بزرگترین و کوچکترین و... بر روی داده های آرشیو شده انجام می گیرد. همچنین این Server می تواند نقش جمع آوری کننده داده ها را از D.A. Server و سایر منابع داده داشته باشد.

عملیات نگهداری داده ها می تواند به هر دو صورت سنکرون (انتظار تا پردازش کامل تقاضا و باز گرداندن داده از طرف Server) و آسنکرون صورت پذیرد (عدم انتظار Client برای بازگشت داده).

PDF Compressor Free Version



شکل ۱۴- ارتباط HiPAC، OPC CodeSys و Wincc

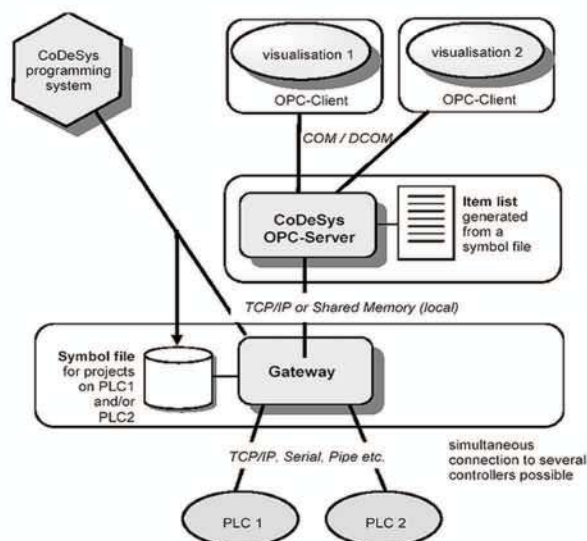


شکل ۱۵- ارتباط HiPAC، OPC CodeSys و Level 2

صورت گسترده در صنایع به کار گرفته می شوند، واسط استاندارد میان سطوح کاربردی مختلف ایجاد می نمایند. این فناوری ها موجب می گردند نرم افزارها و برنامه های کاربردی در هر مکان و هر زمان بدون نیاز به سیستم عامل خاص به اجرا درآیند و داده ها و اطلاعات خود را تبادل نمایند. با توسعه تکنولوژی شیء گرا، یکپارچه سازی مستقیم ERP، کنترل تولید به سمت افق های تازه ای حرکت می کند. به طور مثال تکنولوژی هایی مانند OPC Server ها می توانند در داخل ERP، دسترسی به سرور اتوماسیون صنعتی را نیز فراهم کنند و تمامی فعالیت های عملیاتی کارخانه را از طریق ERP مدیریت و راهبری نمایند.

این یکپارچگی به معنای در اختیار داشتن اطلاعات زمان واقعی تولید در سیستم برنامه ریزی منابع سازمان می باشد. علاوه بر آن،

کنترلی PLC Siemens و HiPAC استفاده شده است و برای ایجاد ارتباط بین سیستم های HiPAC و دیگر سیستم های ساخت شرکت Siemens، OPC Server بکار گرفته شده است. این OPC Server محصول شرکت 3S به نام CodeSys OPC می باشد که از پروتکل TCP/IP نیز پشتیبانی می کند. در شکل ۱۳ معماری سیستم CodeSys OPC نشان داده شده است.



شکل ۱۳- ساختار OPC CodeSys

در این ساختار نرم افزار WinCC (سیستم نمایش و کنترل پروسه) به عنوان OPC Client می باشد و برای ارتباط با سیستم HiPAC و دریافت و ارسال داده ها و فرامین و دریافت رویدادها و هشدارها از CodeSys OPC استفاده می کند. این ارتباط بر اساس پروتکل TCP/IP و از طریق Ethernet انجام می گیرد. در شکل های ۱۴ و ۱۵ نحوه ارتباط بین نرم افزار WinCC و سیستم HiPAC و سیستم Level 2 از طریق CodeSys OPC نشان داده شده است.

۴- OPC راهی به سوی سیستم اتوماسیون یکپارچه

سیستم های ERP به داده های دقیق و بلادرنگ از سطح کارخانه نیاز دارند تا به اتخاذ تصمیم در سطوح مدیریتی کمک کنند. این تصمیم پس از اتخاذ شدن باید به سیستم کنترل سطح کارخانه منتقل شود تا تولید آغاز گردد و ادامه یابد.

فناوری های اطلاعاتی از کلیدی ترین تکنولوژی های مورد نیاز این یکپارچه سازی است. تکنولوژی های شیء گرا غیرمتمرکز که به

PDF Compressor Free Version

۵ - نتیجه گیری

با وجود OPC، برنامه های مختلف که به زبان های گوناگون نوشته شده اند و در محیط و شرایط متفاوت اجرا می گردند می توانند تحت قالب یک سیستم متمرکز و مجتمع عمل نمایند و از طرف دیگر با تغییرات صورت گرفته در سخت افزارها، نیازی به تغییر نرم افزارهای قرار گرفته بر روی OPC Client ها نخواهد بود و تکنولوژی OPC نیاز به واسطه های پرهزینه جهت ارتباط بین سیستم های ناسازگار را بر طرف نموده و با استفاده از تکنولوژی COM/DCOM موجب سازگاری و هماهنگی جهت ارتباط با سایر وسایل و سیستم ها می گردد.

مراجع

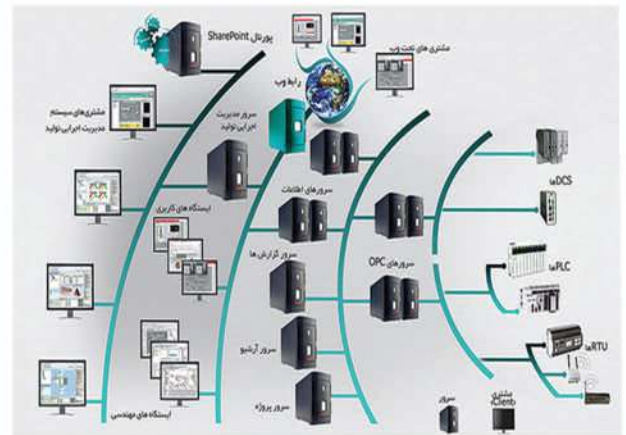
۱. www.opcfoundation.org

۲. www.opcconnect.com

۳. www.matrikon.com

۴. اسناد و مدارک شرکت فولاد اکسین خوزستان

سیستم برنامه ریزی تولید به جای تهیه برنامه تولید می تواند مستقیماً دستورات مورد نیاز را به دستگاه ها و ایستگاه ها منتقل نماید. یکی دیگر از نتایج این همبستگی، حذف کاغذ بازی، جابه جایی فایل ها و ورود اطلاعات به صورت دستی می باشد. همچنین این یکپارچگی امکان در اختیار داشتن اطلاعات و وضعیت واقعی و برخط (Online) دستگاه ها و ماشین آلات کارخانه را در سیستم برنامه ریزی تعمیرات فراهم می کند که با توجه به این اطلاعات، سیستم برنامه ریزی تعمیرات می تواند اقدام به برنامه ریزی دقیق جهت انجام تعمیرات دوره ای نماید و فراتر از همه اینها، قابلیت سرویس دهی به مشتری از طریق اینترنت بوده که مشتری می تواند از طریق صفحات وب وضعیت سفارش خود را در سطح کارخانه دنبال نماید که البته این اطلاعات حاصل پردازش داده از ERP می باشد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ - شمای ارتباط OPC و سیستم ERP

به طور کلی می توان نتایج این یکپارچگی را در موارد زیر خلاصه نمود:

- ایجاد زنجیره ارزش یکپارچه تولید.
- کاهش هزینه های عملیات اداری، مالی و بازرگانی.
- بهبود عملکرد کلی سازمان و افزایش بهره وری و کارایی.
- حذف عملیات سنتی و شیوه های مبتنی بر کاغذ.
- جلوگیری از کارهای موازی به علت یکپارچه بودن فرآیندها.
- هماهنگی مناسب بین واحدها.
- افزایش رضایت مشتری.
- به حداقل رساندن خطاهای ناشی از کارهای دستی.
- تحویل سفارشات به موقع و با کیفیت بالا.

PDF Compressor Free Version

بومی سازی و ساخت دستگاه برچسب زنی^۱ تمام اتوماتیک ورق در شرکت فولاد اکسین خوزستان

امیر منصوبیان، محمد صدری، یعقوب غلامی
شرکت فولاد اکسین خوزستان

چکیده:

در کارخانه های تولید کننده ورق (فولادی، مسی و ...)، همواره مشکل رهگیری ورق ها در انبار محصول وجود داشته است. برای حل این مشکل سیستم های فراوانی نظیر ماشین های مارک زنی بوسیله رنگ و برچسب زنی متنوع با توجه به شرایط خط تولید، دمای محصول تولیدی و تناژ تولید سالیانه کارخانه طراحی و ساخته شده است. در کشور ما بزرگ ترین مشکل پیش روی ماشین های مارک زنی، نوع رنگ مورد استفاده و نازل های وارداتی و گران قیمت خاص شرکت های سازنده ماشین مارکر می باشد. راه حل پیشنهادی، جایگزین کردن دستگاه برچسب زنی ساخت داخل به جای دستگاه مارک زنی می باشد. این دستگاه برچسب های خاص که قابل تولید در داخل کشور می باشند را به طور اتوماتیک بر روی تک تک ورق ها می چسباند تا ورق های تولیدی قابل رهگیری در انبار باشند. یکی از ویژگی های بارز این دستگاه چسباندن برچسب بر روی ورق در حال حرکت و بدون توقف خط تولید می باشد. از دیگر مزیت های این دستگاه حرکت عرضی ماشین و تنظیم اتوماتیک موقعیت چسباندن برچسب با توجه به عرض ورق می باشد.

کلمات کلیدی: بومی سازی و ساخت، ماشین برچسب زنی، ماشین مارک زنی بوسیله رنگ، ورق نورد شده، رهگیری ورق.

۱- مقدمه

اغلب سیستم های مارک زنی مورد استفاده در کارخانه های نورد ورق مبتنی بر استفاده از رنگ می باشد، با توجه به انبارش ورق ها بر روی هم در انبار محصول، امکان پیدا کردن یک ورق خاص و بررسی مشخصات آن نمی باشد زیرا مشخصات درج شده بر روی آن در زیر ورق های رویی مخفی می شود. این امر سبب می شود تا جهت پیدا کردن یک ورق خاص در یک دسته ورق، کلیه ورق ها را یک به یک توسط جرثقیل سقفی بلند کرده تا مشخصات آنها مورد بررسی قرار گیرد. در طرح جدید ارائه شده سعی شده این مشکل با جایگزینی برچسب به جای مارک زنی بر روی ورق بطور کامل برطرف گردد. در این حالت ماشین بصورت اتوماتیک برچسب چاپ شده را از چاپگر گرفته و بر روی ورق می چسباند. شیوه چسباندن برچسب به گونه ای می باشد که نیمی از برچسب

بیرون از ورق است. اطلاعات و بارکد در قسمت بیرونی و داخلی برچسب چاپ شده اند و با این عمل بزرگ ترین مشکل انبارداران حل خواهد شد.

۲- تجهیزات مورد استفاده جهت ساخت ماشین

تجهیزات استفاده شده به منظور ساخت دستگاه برچسب زن تمام اتوماتیک در دو فاز مورد بررسی قرار می گیرد:

۲-۱- فاز اول) تجهیزات الکترونیکی، کامپیوتری و کنترلی این تجهیزات در شکل ۱ نشان داده شده است. برای سیستم های حرکتی از ۲ موتور سه فاز استفاده گردیده است. این ۲ موتور بوسیله یک درایو کنترل می گردند و انتخاب بین موتور ها با تحریک کنتاکتورهای مربوط به هر موتور انجام می شود.

PDF Compressor Free Version**۲-۲ فاز دوم): تجهیزات مکانیکی-پنوماتیکی**

جعبه ای^۴ که تجهیزات ماشین برچسب زنی درون آن قرار می گیرد از فولاد ساخته شده (شکل ۳) و دیواره های آن با توجه به شرایط آب و هوایی محل نصب بوسیله مواد مناسب پوشیده شده است. درون این جعبه پایه هایی برای نصب سایر تجهیزات تعبیه شده است. حرکت عرضی ماشین با سیستم رک و چرخ دنده^۵ انجام می شود.

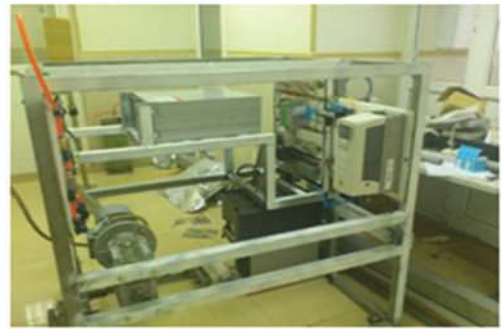


شکل ۳

پایه اصلی که ماشین بر روی آن نصب گردیده به شکل U طراحی شده است. سیستم برچسب زن شامل یک غلتک دوار توخالی، پولی ها، تسمه، سیستم مکنده^۶ و پایه های غلتک است. یک چک پنوماتیک وظیفه بالا و پایین بردن سیستم برچسب زن را دارد. در زمان پایین رفتن برچسب زن درب زیرین مجموعه بوسیله یک چک پنوماتیک دیگر باز شده تا برچسب زن عملیات خود را تکمیل نماید. از شیرهای برقی سولنوئید برای کنترل مسیرها و از رگولاتورها برای کاهش میزان هوا استفاده شده است. مسیر هوای ورودی به یک فیلتر FRL مجهز شده و میزان فشار هوای مثبت و منفی با گیج های مناسب نصب شده در مسیرهای هوا قابل کنترل است.

۳- بررسی نحوه عملکرد دستگاه

بعد از روشن شدن دستگاه، سیستم کنترلر عملیات کالیبره نظیر چک کردن وضعیت درایو، وضعیت چاپگر، قرار گرفتن در نقطه صفر عرضی و ارتباط با سنسورها را بطور اتوماتیک انجام می دهد. در صورت پاس شدن این مرحله ماشین در حالت کاری

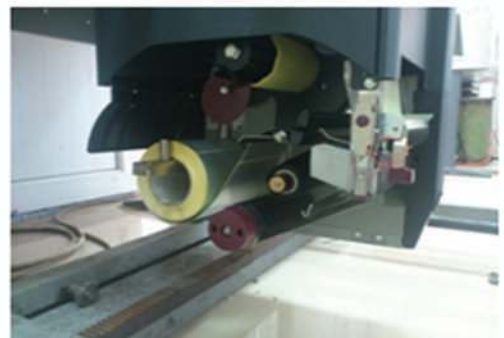


شکل ۱

موتور بزرگ تر برای حرکت عرضی ماشین و موتور کوچک تر برای قسمت برچسب زن استفاده شده است. سیستم کنترلی استفاده شده در این ماشین، کنترل نرم افزاری^۲ می باشد که شامل قسمت نرم افزاری نوشته شده با زبان برنامه نویسی MS C#.Net و قسمت سخت افزاری کارتهای ورودی و خروجی می باشد.

برق استفاده شده در سیستم کنترلی ۲۴ ولت مستقیم می باشد که از طریق یک منبع تغذیه ورودی متناوب و خروجی مستقیم تامین می گردد.

برای محافظت از کارت های ورودی/خروجی^۳ و سنسورها از فیوز های شیشه ای مناسب نصب در ترمینال ها استفاده شده است. سنسور های استفاده شده در این ماشین شامل فتوسل لیزری، لمیت سوئیچ و مگنت جک می باشد. جهت چاپ برچسب ها از چاپگر حرارتی با قابلیت نصب در ماشین برچسب زن استفاده شده است (شکل ۲).



شکل ۲

با توجه به حساسیت بالای ماشین و شرایط آب و هوایی شهر محل نصب دستگاه ساخته شده (اهواز)، ماشین بوسیله سیستم سرمایش و دیواره های مناسب پوشش داده شده است.

- 2- Soft PLC
- 3- I/O Cards- Input/output
- 4- Box
- 5- Rack & Pinion
- 6- Suction system with vacuum valve

PDF Compressor Free Version

بوسیله عدد خوانده شده توسط فتوسل و محاسبات ریاضی بدست می آورد. برای رسیدن به عرض مورد نظر کنترلر عرض جاری را با عرض مورد نظر مقایسه کرده و در صورت مغایرت، با انتخاب کنتاکتور مناسب، موتور حرکت عرضی انتخاب می شود. سپس بسته به جهت حرکت رو به جلو یا عقب، فرمان های مناسب به درایو ارسال شده و درایو در جهت مناسب آماده حرکت می شود.

۹۰٪ مسافت با سرعت ماکزیمم طی شده و در ۱۰٪ باقی مانده سرعت کم شده تا ماشین با دقت در مکان مورد نظر توقف نماید. رفرنس های سرعت هم از طریق کنترلر برای درایو ارسال می گردند. با اتمام عملیات حرکت عرضی و قرار گرفتن ماشین در جای مناسب سیستم حرکت عرضی متوقف می شود (شکل ۵).



شکل ۵

۴-۲- سیستم مکنده یا خلاء هوا

برای گرفتن برجسب توسط غلتک دوار بعد از عمل چاپ نیاز به خلاء یا مکش هوا می باشد که برای ایجاد آن از شیر خلاء^۷ استفاده می گردد. مکش ایجاد شده توسط این شیرها بین صفر تا یک بار می باشد که هرچه این عدد بیشتر باشد قدرت مکش بیشتر است. به منظور جلوگیری از افت ناگهانی فشار مکش هوا، یک آکومولاتور در سیستم تعبیه شده است و مکش ایجاد شده در ابتدا وارد مخزن آکومولاتور می شود. بعد از قرار گرفتن برجسب بر روی غلتک دوار، شیر برقی مخزن باز شده و برجسب را بر روی غلتک نگه می دارد. تا پایان عملیات چسباندن برجسب بر روی ورق، شیر برقی مکش باز می ماند. باید توجه داشت که

7- Vacuum valve or Suction valve

قرار می گیرد. سیستم کنترلر اطلاعات ورق های تولید شده را از کنترلر خط تولید خوانده و در یک صف پشت سر هم قرار می دهد، ماشین به نوبت داده های صف را خوانده و اعمال عملیات می نماید. پس از اینکه داده های اولین خانه از صف خوانده شد، ماشین خود را مطابق با عرض ورق در مکان مناسب عرضی کالیبره می نماید و داده هایی نظیر کد، طول، عرض، ضخامت، وزن، شماره مشتری و ...، برای چاپ بر روی برجسب به چاپگر ارسال می شود و در نهایت چاپگر، برجسب را چاپ می نماید. غلتکی دوار درست مقابل خروجی چاپگر تعبیه شده است که پس از اتمام عملیات چاپ، برجسب بر روی این غلتک قرار می گیرد. درون غلتک دوار توخالی بوده و روی سطح آن سوراخ هایی طراحی شده است. این غلتک به سیستم مکش هوا متصل است و با باز شدن شیرهای ایجاد مکش (خلاء)، این غلتک برجسب را بخود گرفته و از افتادن آن جلوگیری می کند (شکل ۴).



شکل ۴

بعد از اتمام عملیات چاپ و قرار گرفتن برجسب بر روی غلتک دوار، حال سیستم کنترلی منتظر ورق می ماند. غلتک دوار به یک جک پنوماتیک متصل می باشد. در زمان قرار گرفتن ورق در زیر ماشین جک پایین رفته و غلتک دوار با حرکت ورق به چرخش درمی آید تا برجسب بر روی ورق کاملاً بچسبد. پس از اتمام کار جک بالا رفته و منتظر عملیات مشابه می شود.

۴-۱- شرح سیستم های بکار رفته در ماشین

۴-۱- سیستم حرکت عرضی

جهت تعیین فاصله عرضی ماشین از فتوسل لیزری استفاده شده است. بدین صورت که یک فتوسل لیزری روبروی یک صفحه صاف در انتهای عرض خط تولید نصب شده است و فاصله را

PDF Compressor Free Version

سنسور ها و محرک ها^۸ از طریق سیم به رک ورودی/خروجی متصل شده، سپس با نصب راه انداز^{۱۰} واسط تنظیمات سخت افزاری انجام شده و با برنامه نویسی صورت گرفته کنترل ماشین انجام می شود. زبان برنامه نویسی استفاده شده در این دستگاه VS C#.Net می باشد. مدت چرخه^{۱۱} استفاده شده حدود ۳۰۰ میلی ثانیه بوده و با توجه به نوع سیستم، کارایی مناسبی را ارائه می نماید. مزایای استفاده از این سیستم هزینه کم، برنامه نویسی راحت و ارتباط آسان با چاپگر و کنترلر خط تولید می باشد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به مشکلات متعدد دستگاه های مارک زنی بوسیله رنگ در کارخانه های نوردی از قبیل هزینه بالای تامین رنگ مصرفی، لوازم یدکی انحصاری، نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و ...، جایگزینی آنها با دستگاه برچسب زنی پیشنهاد می گردد. علاوه بر این استفاده از ماشین برچسب زنی سبب کاهش هزینه های مربوط به ثبت مشخصات ورق، بهبود فرآیند رهگیری ورق در انبار محصول و بهبود زمان تولید می شود. در شکل زیر موقعیت قرار گرفتن برچسب بر روی ورق تولیدی نشان داده شده است.



شکل ۶

اگر آب بندی سیستم درست انجام شده باشد نباید افت فشاری در مخزن خلاء ایجاد شود.

۴-۳- سیستم گرفتن برچسب توسط غلتک دوار

بعد از ارسال داده های مورد نظر به چاپگر، برچسب با سرعت تعیین شده چاپ می شود. نکته مهم در سیستم گرفتن برچسب توسط غلتک دوار محل قرار گرفتن برچسب بر روی غلتک دوار می باشد زیرا تمام سوراخ های موجود بر روی غلتک دوار باید بوسیله برچسب پوشش کامل داده شود تا از افت فشار مکش جلوگیری شود. بنابراین سیستم کنترلر با محاسبه سرعت چاپ، بعد از ارسال دستور چاپ به چاپگر زمانی را مکث کرده و سپس شروع به باز کردن شیر برقی مکش و حرکت غلتک دوار می کند. برای جلوگیری از گرفتگی سوراخ های غلتک دوار و همچنین جلوگیری از گیر کردن لبه برچسب به سطح غلتک، قبل از شروع مکش سیستم ابتدا با فشار مثبت هوا را بیرون داده سوراخ ها را تمیز می کند سپس با ایجاد فشار منفی و مکش، ابتدای برچسب را گرفته و غلتک دوار با سرعت پربنتر شروع به چرخیدن می کند تا تمام برچسب بر روی آن قرار گیرد.

برای چرخش غلتک دوار از یک موتور سه فاز استفاده شده است و انتقال نیرو به آن از طریق پولی و تسمه انجام می شود. برای شروع چرخش کنترلر با انتخاب کنتاکتور موتور فرمان شروع را به درایو ارسال می کند.

۴-۴- سیستم جک چسباننده برچسب

با قرار گرفتن ورق در زیر ماشین، سیستم کنترلر از طریق فتوسل لیزری خود متوجه شده و در صورت اتمام سیکل چاپ و قرار گرفتن برچسب بر روی غلتک دوار (پیش نیازها)، فرمان پایین رفتن جک را صادر می کند. تا زمان حضور ورق در زیر ماشین، جک پایین می ماند. با عبور ورق، جک بالا رفته و منتظر تکرار سیکل چاپ برای ورق بعدی می شود.

۴-۵- سیستم کنترل کننده

در این پروژه جهت کاهش هزینه ها از کنترل نرم افزاری با پروتکل اترنت صنعتی^۸ استفاده شده است. کنترل نرم افزاری شامل یک سیستم کامپیوتری و یک رک ورودی/خروجی می باشد که این دو سیستم از طریق اترنت صنعتی به یکدیگر متصل می باشند.

8- Industrial Ethernet
9- Actuator
10- Driver
11- Cycle time

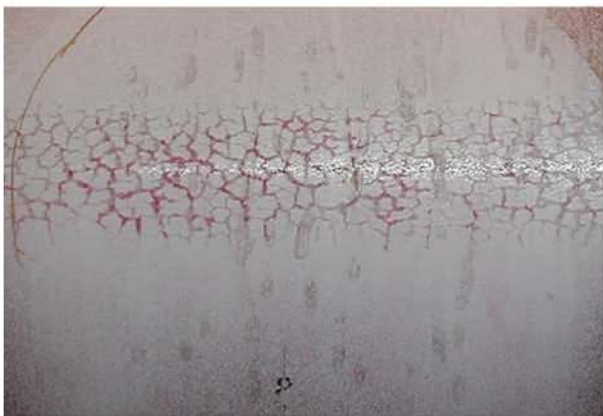
PDF Compressor Free Version

بررسی عیب ترک های حرارتی بانندی (لانه زنبوری) در غلتنک های نورد گرم محصولات تخت

سلمان حمیدی، ابراهیم یاقوت
شرکت فولاد اکسین خوزستان

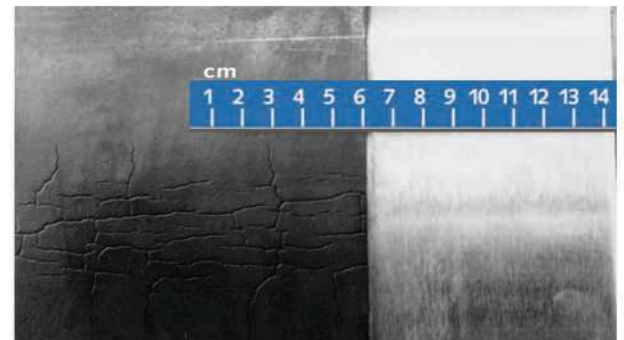
مقدمه

این نوع ترک ها فقط در نوردهای گرم رخ می دهند و مطابق با عرض ورق و در اثر تماس بیش از حد ورق گرم با غلتنک کاری در توقف های نورد بوجود می آیند. ترک های حرارتی بانندی دارای طرحی سلولی و منظم (لانه زنبوری) با فاصله و اندازه ای بزرگتر و عمیق تر از ترک های گرم معمولی هستند. اگر ترک های مذکور به اندازه کافی بزرگ و باز باشند می توانند مارک های سطحی و مکمری بر روی محصولات نوردی ایجاد نمایند. در تصاویر زیر وقوع عیب ترک های حرارتی بانندی بر روی سطح غلتنک های نورد گرم محصولات تخت نشان داده شده است.



مکانیزم تشکیل ترک های حرارتی بانندی (لانه زنبوری)

هنگام بروز توقف ها در حین نورد، محصول نوردی برای مدت زمان قابل توجهی در تماس با غلتنک قرار می گیرد. با طولانی شدن زمان تماس، دمای غلتنک در آن نقطه بطور موضعی به درجه حرارت های بالایی رسد و عمق نفوذ گرما افزایش می یابد. در این حالت انبساط مواد غلتنک در ناحیه تماس و سردتر بودن نواحی اطراف آن سبب ایجاد تنش های فشاری قابل توجهی در ناحیه



PDF Compressor Free Version

که تراشکاری غلتک ها تا جایی انجام شود که ترک های حرارتی باندی دیگر توسط چشم قابل رویت نباشند. بر این اساس تصمیم گیری برای میزان تراشکاری غلتک ها باید با دقت و مبنی بر تجربیات قبلی صورت پذیرد.

عموماً در صورتی که نرخ اشاعه ترک ها در هنگام نورد از میزان میانگین برداشتن آنها در هنگام تراشکاری کمتر باشد، بهتر است که ترک های باقیمانده بر روی سطح بشکه ای غلتک باقی بمانند. اما اگر به هر دلیلی نرخ رشد ترک ها از میزان میانگین برداشتن آنها به هنگام تراشکاری بیشتر باشد، توصیه می شود تمام ترکها حذف گردد.

به منظور اطمینان از حذف کامل ترک های حرارتی باندی، باید غلتک ها توسط آزمایش فراصوتی مورد بازرسی قرار گیرند.

مراجع

1- Roll Failures Manual Hot Mill Cast Work Rolls, The European Foundry Association- roll section.

2- Karl Heinrich Schröder, The specialist of work rolls for hot rolling of flat products, Eisenwerk Sulzau Werfen, Tenneck, Austria.

۳- وحید شبانی، عیوب غلتک در نورد ورق، ماهنامه تخصصی شرکت تولیدی چدن سازان، شماره ۶، سال ۱۳۸۸.

تحت تاثیر می شود. زمانیکه محصول نوردی از حالت تماس با سطح غلتک خارج و خنک کاری انجام شود، بدلیل انقباض ایجاد شده تنش های کششی زیادی به ناحیه حرارت دیده وارد می شود. در این مرحله تنش های حرارتی کششی از مقدار استحکام حرارتی گرم مواد غلتک فراتر رفته و سطح غلتک شروع به ترک خوردن می کند. ترکهای ایجاد شده بصورت شبکه ای درشت و جهت دار (لانه زنبوری) امتداد می یابند. شدت و عمق ترک های گرم به میزان افزایش متمرکز درجه حرارت، دمای تمپرینگ غلتک ها در هنگام ساخت آنها، نرخ خنک شدن غلتک ها و عمق نفوذ گرما بستگی دارد که توسط مدت زمان تماس محصول گرم با غلتک ها و نرخ سرد شدن غلتک ها کنترل می شود. تماس طولانی غلتک با ورق گرم و نیز خنک کاری بوسیله آب سبب می شود ترکها عمیق تر و اندازه سلولی آنها بزرگتر گردد.

روش های پیشگیری و برطرف کردن عیب ترک های حرارتی باندی

به منظور جلوگیری از بوجود آمدن این نوع ترکها باید از توقفات ناگهانی در حین نورد جلوگیری کرد. با تمام این احوال در صورت بروز، بمنظور کاهش شدت ترکها رعایت موارد زیر توصیه می شود:

۱- بعد از گیر کردن محصول نوردی گرم، گپ قفسه سریعاً باز شود تا از تماس مستقیم غلتکها با آن جلوگیری شود.

۲- بستن آب سیستم خنک کاری غلتکها در زمان توقف ناگهانی نورد و گیر کردن محصول نوردی گرم (به منظور جلوگیری از نرخ سرد شدن شدید ناحیه حرارت دیده).

۳- هنگامی که محصول نوردی گرم برداشته شد به غلتکها اجازه داده شود به منظور همسان سازی دمای سطح آنها، بدون آب سیستم خنک کاری و در مجاورت هوای محیط تا درجه حرارت محیط خنک شوند. این کار سبب از بین رفتن آهسته شیب گرمایی ایجاد شده بین ناحیه حرارت دیده و سایر نواحی غلتک می شود.

پس از بوجود آمدن این نوع ترکها بهتر است که عملیات تعویض غلتک جهت تراشکاری آنها انجام شود. امروزه در بسیاری از کارخانه های نورد ورق این عمل قابل قبول است.

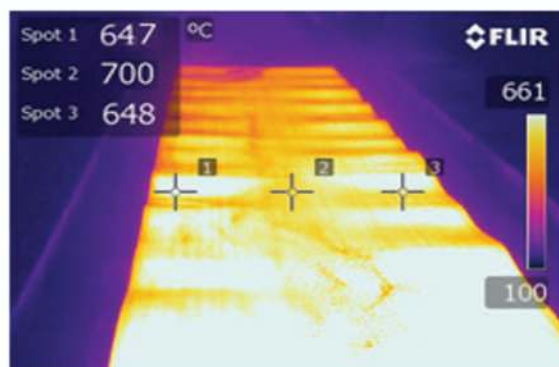
PDF Compressor Free Version

گزارش فرآیند تولید ورق های فولادی رده API-5L X60MS در شرکت فولاد اکسین خوزستان و تبدیل آنها به لوله های سایز ۴۲ اینچ مورد نیاز شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

با توجه به سیاست های تولیدی شرکت فولاد اکسین خوزستان که تولید انواع ورق های فولادی با مقاومت بالا برای مصارف گوناگون مانند لوله های انتقال نفت و گاز تا قطر ۵۶ اینچ (API Gr.B تا API X80) می باشد، در تاریخ ۱۳۹۲/۰۹/۱۲ فرآیند تولید ۱۶ عدد ورق فولادی رده API X60 با ابعاد نهایی: ضخامت ۱۴/۳ میلیمتر، عرض ۳۲۹۰ میلیمتر و طول ۱۲۲۰۰ میلیمتر انجام شد. نوع فرآیند نورد انجام شده جهت تولید این ورق ها، نورد گرم کنترل شده از نظر دما (TCR) در نظر گرفته شد و تمامی ورق ها از یک ذوب انتخاب شده بود. بررسی کیفی ورق های تولیدی از نظر ریزساختاری، خواص مکانیکی و آنالیز شیمیایی مطابق با استاندارد NISOCS-M-PI-100 (0) صورت پذیرفت.



شکل ۱- ورق های تولید شده در حال خنک کاری توسط هوا



شکل ۲- کنترل دمای ورق ها بوسیله دوربین حرارتی



شکل ۳- بررسی عیوب داخلی ورق ها بوسیله آزمون فراصوتی

PDF Compressor Free Version

نتایج بررسی های ریزساختاری و آزمون های مکانیکی انجام شده بر روی ورق های تولیدی در ذیل آورده شده است:

• آزمون کشش

نسبت استحکام تسلیم به استحکام کششی	درصد ازدیاد طول	استحکام کششی (MPa)	استحکام تسلیم (MPa)	
۰/۸۶	۴۶	۵۲۹	۴۵۵	میانگین واقعی
Max. ۰/۹۳	Min. ۲۴	۵۲۰-۷۶۰	۴۱۵-۵۶۵	محدوده استاندارد

• آزمون ضربه چارپی در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد

انرژی جذب شده (ژول)	
۳۵۰	میانگین واقعی
Min. ۴۰	محدوده استاندارد

• آزمون DWTT در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد

درصد ناحیه شکست نرم	
بالای ۹۵ درصد	میانگین واقعی
Min. ٪۸۵	محدوده استاندارد

• اندازه دانه فریت

عدد اندازه دانه (ASTM E112)	
۱۰	میانگین واقعی
Min. ۸	محدوده استاندارد

• آزمون سختی سنجی

عدد سختی (HV10)	
۱۹۵	میانگین واقعی
Max. ۲۴۸	محدوده استاندارد

پس از تولید موفقیت آمیز ورق های مذکور و مطابقت کلیه نتایج آزمون ها با استاندارد NISOCS-M-PI-100(0)، تعداد ۱۰ عدد از ورق های API X60 جهت تولید لوله سایز ۴۲ اینچ با ابعاد ۱۴/۳×۳۲۹۰×۱۲۲۰۰ میلی متر به شرکت لوله سازی اهواز تحویل داده شد. کلیه مراحل فرآیند لوله سازی در حضور بازرسان شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و شرکت ملی گاز ایران و همچنین نمایندگان شرکت های فولاد اکسین خوزستان و لوله سازی اهواز صورت پذیرفت. لازم به ذکر است شکل دهی ورق ها و تبدیل آنها به لوله توسط فرآیند U&O انجام شد و آزمون های هیدرواستاتیک در فشار (۱۰۴ bar) ۱۵۳۰ Psi در مدت زمان حداقل ۱۰ ثانیه، بازرسی های ابعادی و چشمی و آزمون های غیر مخرب ناحیه جوش (آزمون های RT، MT، UT) بر روی تمامی لوله ها انجام شد.

PDF Compressor Free Version



شکل ۴- لوله تولیدی پس از خروج از قسمت ساخت و قبل از عملیات جوشکاری



شکل ۵- بازرسی خط جوش لوله تولیدی بوسیله آزمون فراصوتی

در نهایت پس از اتمام پروسه لوله سازی، بررسی های ریزساختاری و آزمون های مکانیکی ذیل بر روی لوله ها انجام شد:

• آزمون کشش ناحیه جوش

استحکام کششی (MPa)	
۵۸۸	میانگین واقعی
Min. ۵۲۰	محدوده استاندارد

• آزمون کشش بدنه ورق

نسبت استحکام تسلیم به استحکام کششی	درصد ازدیاد طول	استحکام کششی (MPa)	استحکام تسلیم (MPa)	
۰/۷۹	۴۱	۵۶۵	۴۴۶	میانگین واقعی
Max. ۰/۹۳	Min. ۲۴	۵۲۰-۷۶۰	۴۱۵-۵۶۵	محدوده استاندارد

PDF Compressor Free Version

• آزمون ضربه چارپی در دمای صفر درجه سانتیگراد

انرژی جذب شده (ژول)	
۲۳۱	میانگین واقعی
Min. ۴۰	محدوده استاندارد

• آزمون DWTT در دمای صفر درجه سانتیگراد

درصد ناحیه شکست نرم	
بالای ۹۵ درصد	میانگین واقعی
Min. %۸۵	محدوده استاندارد

• آزمون سختی سنجی

عدد سختی (HV10)	
۱۸۵	میانگین واقعی
Max. ۲۴۸	محدوده استاندارد

نتایج کلیه آزمون های انجام شده بر روی لوله ها با استاندارد NISOCS-M-PI-100 (0) مطابقت داشت. شایان ذکر است که نتایج مطلوب ورق ها و لوله های مذکور منجر به عقد تفاهم نامه ای سه جانبه بین شرکت های ملی مناطق نفت خیز جنوب، فولاد اکسین خوزستان و لوله سازی اهواز با موضوع "تولید ورق مخصوص محیط ترش و تبدیل ورق های تولید شده به لوله های ۴۲ و ۴۸ اینچ پوشش داده شده بمنظور رفع نیاز شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب" در تاریخ ۱۳۹۲/۱۰/۲۵ گردید. در چارچوب این تفاهم نامه شرکت فولاد اکسین خوزستان متعهد به تولید ورق های عریض و شرکت لوله سازی اهواز نیز متعهد به ساخت لوله های مورد نیاز شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب شده است.

PDF Compressor Free Version

نکاتی درباره میزان تولید فولاد ایران و جهان در سال ۲۰۱۳ میلادی

تولید جهانی فولاد خام در سال ۲۰۱۳ میلادی با رشد ۳/۵ درصدی نسبت به سال گذشته به بیش از ۱۶۰۷ میلیون تن رسید.

چین با تولید ۷۷۹ میلیون تن فولاد خام رده نخست جهان را در سال ۲۰۱۳ کسب کرده است.

در بین ۱۰ شرکت پیشتاز تولید فولاد جهان ۶ شرکت فولاد چینی قرار دارد. (هیبی، گروه بانو، ووهان، شاگانگ، شوگانگ، آن استیل)

در سال ۲۰۱۳ میلادی میزان تولید محصولات نوردی جهان ۱۴۳۵ میلیون تن بوده است.

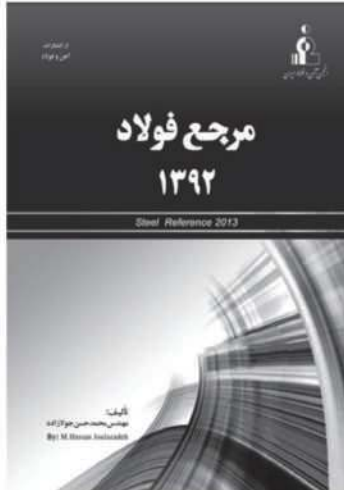
ایران با تولید ۱۵/۴ میلیون تن فولاد خام رده پانزدهم جهان را در سال ۲۰۱۳ میلادی کسب کرده است.

در سال ۲۰۱۳ میلادی میزان تولید فولاد خام در ایران ۶/۶ درصد بیشتر از کل تولید سال ۲۰۱۲ بوده است.

ایران در رده بندی رشد تولید فولاد در سال ۲۰۱۳ رتبه ششم را به خود اختصاص داده است. رشد تولید فولاد ایران در این سال تقریباً معادل ۲ برابر متوسط رشد تولید فولاد جهان (۳/۵ درصد) بوده است.

منبع: انجمن جهانی فولاد (World Steel Association)

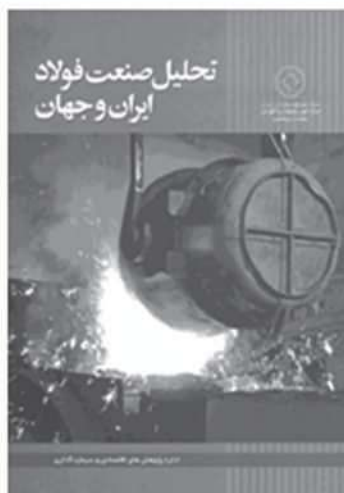
PDF Compressor Free Version



عنوان کتاب: مرجع فولاد ۱۳۹۲
 مولف: محمد حسن جولزاده
 ناشر: انجمن آهن و فولاد ایران
 سال نشر: ۱۳۹۲
 تعداد صفحات: ۱۴۸

معرفی:

امروزه تولید و مصرف فولاد به عنوان یک شاخص مهم توسعه کشورها محسوب می شود. لذا دانستن اطلاعات و آمارهای صنعت فولاد دنیا در جهت توسعه صنعت فولاد کشور موثر خواهد بود. کتاب مرجع فولاد حاوی اطلاعات آمار و شاخص های مهم صنعت فولاد ایران و جهان می باشد که توسط انجمن آهن و فولاد ایران منتشر می گردد. این انجمن به همت آقای مهندس محمد حسن جولزاده توانسته از سال ۱۳۸۹ مجموعه کتبی تحت عنوان مرجع فولاد را در هر سال به چاپ برساند. مرجع فولاد ۹۲ همچون کتاب های ۸۹، ۹۰ و ۹۱ دارای فصولی از جمله تولید فولاد، فرآیندهای فولادسازی، صادرات و واردات فولاد، مصرف فولاد، ریخته گری مداوم، قراضه و ... است.

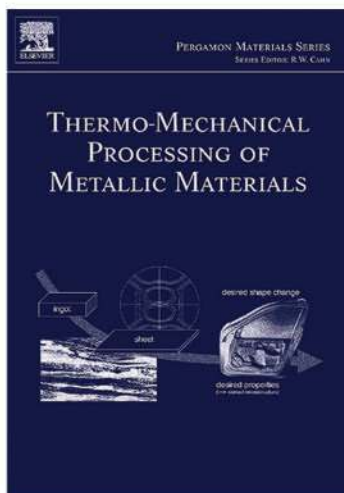


عنوان کتاب: تحلیل صنعت فولاد ایران و جهان
 مولفین: ابوالفضل نوفرستی، کامیل فتاحی، فرزانه عباسی
 ناشر: مرکز امور پژوهش و آموزش معاونت پژوهشی بانک توسعه صادرات ایران
 سال نشر: ۱۳۹۲
 تعداد صفحات: ۳۱۱

معرفی:

این کتاب که با همت مرکز امور پژوهش و آموزش معاونت پژوهشی بانک توسعه صادرات ایران تدوین شده است تحلیل عمیقی بر صنعت فولاد ایران و جهان را در قالب پنج فصل ارائه داده است. در فصل اول تاریخچه صنعت فولاد ایران و جهان گزارش شده است. در فصل دوم تکنولوژی های تولید آهن و فولاد به طور کلی بیان شده است. در فصل سوم بررسی عرضه و تقاضا و قیمت جهانی فولاد مورد نیاز صنعت فولاد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در فصل چهارم بازار صنعت فولاد و نهایتاً در فصل آخر خلاصه و نتیجه گیری ارائه شده است.

PDF Compressor Free Version



عنوان کتاب: فرآیند ترمومکانیکی مواد فلزی

عنوان انگلیسی: Thermo-Mechanical Processing of Metallic Materials

مؤلف: Robert W. Cahn

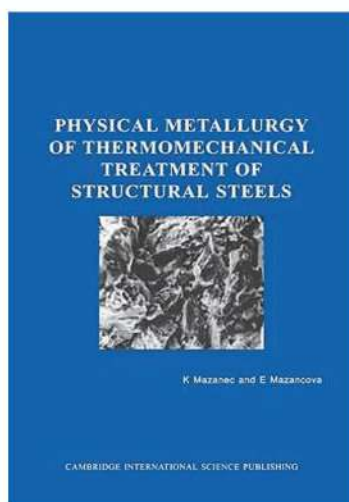
ناشر: Cambridge International Science Publishing

سال نشر: ۲۰۰۷

تعداد صفحات: ۵۲۸

معرفی:

این کتاب که در سال ۲۰۰۷ توسط انتشارات بین المللی کمبریج منتشر شده حاوی اطلاعات ارزشمندی در خصوص فرآیند ترمومکانیکی فلزات و آلیاژهای آنها می باشد. بررسی دقیق یک فرآیند ترمومکانیکی نیازمند داشتن اطلاعات کافی در خصوص تغییر شکل پلاستیک، تبلور مجدد و نحوه شکل گیری ساختارها در فلزات و آلیاژهای آنها می باشد. این کتاب دربرگیرنده گستره ای از مباحث علمی تا تولیدات مهندسی در ۳ بخش و ۱۷ فصل می باشد. در بخش نخست به مطالب علمی پایه ای و در بخش دوم به تکنولوژی پرداخته شده است. بخش سوم شامل موردکاوی هایی از فرآیند ترمومکانیکی فلزات و آلیاژها می باشد.



عنوان کتاب: متالورژی فیزیکی عملیات ترمومکانیکی فولادهای ساختمانی

عنوان انگلیسی: Physical Metallurgy of Thermomechanical Treatment of Structural Steels

مؤلفین: K. Mazanec and E. Mazancova

ناشر: Cambridge International Science Publishing

سال نشر: ۱۹۹۷

تعداد صفحات: ۱۴۳

معرفی:

همواره با توسعه روزافزون صنعت و احتیاجات صنعتی نیاز به موادی با قابلیت های کاری بالاتر احساس شده است. در صنایع فلزی عموماً استحکام و چقرمگی بالا در مواد مورد نظر بوده است. دستیابی به این خواص تنها با توسعه دانش در خصوص ساختار داخلی فلزات و آلیاژها و تاثیر فرآیندهای مختلف بر آنها میسر است. کتاب حاضر در سال ۱۹۹۷ بوسیله انتشارات بین المللی کمبریج منتشر شده و دربرگیرنده مطالبی در خصوص متالورژی فیزیکی عملیات ترمومکانیکی، عملیات ترمومکانیکی فولادهای مارتنزیتی استحکام بالا، نورد کنترل شده از نظر دما (TCR) و نورد ترمومکانیکی (TMR) فولادهای ساختمانی و کم آلیاژ می باشد.

PDF Compressor Free Version

معرفی سایت های اطلاع رسانی آهن و فولاد در شبکه اینترنت



سایت فولاد نیوز

یکی از به روزترین سایت های اطلاع رسانی کشور در زمینه ی فلزات و علی الخصوص فولاد وب سایت فولاد نیوز است. قیمت به روز محصولات فولادی، اخبار و آمار به روز در زمینه های فولادی، گزارش های تصویری و ... از امکانات این وب سایت داخلی است که به صورت رایگان در اختیار کاربران قرار می گیرد.

www.fooladnews.ir



سایت مجله فولاد و متالورژی

نشریه فولاد و متالورژی یکی از نشریات تخصصی است که به صورت ماهانه به صورت اختصاصی انتشار می یابد. وب سایت این نشریه حاوی اطلاعاتی درباره شماره های چاپ شده است. اطلاعاتی همچون مقالات ارائه شده، راهنمای اشتراک نشریه، آمار و اخبار فولادی جهان و مواردی از این قبیل از امکانات این وب سایت می باشد.

www.steelmetallurgy.com

کتابخانه دیجیتال انجمن تکنولوژی آهن و فولاد

در این کتابخانه آنلاین افراد پس از عضویت می توانند به منابع عظیم اطلاعاتی از سراسر دنیا در خصوص صنعت آهن و فولاد دسترسی نمایند. اطلاعاتی همچون مجموعه مقالات کنفرانسهای بین المللی معتبر، ژورنال های تکنولوژی آهن و فولاد، آرشیو مقالات این نشریه و همچنین اطلاعات صنعتی همچون گزارش های فنی، آمار و ارقام و ... در این کتابخانه دیجیتال در دسترس می باشد. هزینه عضویت در این کتابخانه دیجیتال برای افراد عضو این انجمن رایگان، برای اعضای حقیقی غیر عضو انجمن ۲۶۵ دلار به ازاء هر سال و برای اعضای حقوقی غیر عضو انجمن ۵۳۰ دلار در سال می باشد. همچنین در صورتی که شرکت های حقوقی نیازمند خرید کل کتابخانه به صورت دیجیتال باشند می بایست هزینه ای معادل ۱۸۵۵ دلار پرداخت نمایند.

http://digital.library.aist.org



PDF Compressor Free Version
 لیست مقالات منتشر شده توسط شرکت فولاد اکسین خوزستان در مجلات علمی و
 کنفرانس های ملی و بین المللی تا آذر ماه ۱۳۹۲

ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	محل ارائه
۱	تاثیر دما و نرخ کرنش بر ریزساختار و خواص مکانیکی فولاد ASTM L415 پس از شکل دهی گرم	رضا آبدیده، محمد هیزم بر، مسلم محمدی زاده	سومین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز، تهران، خرداد ۹۰
۲	بررسی تاثیر میزان تیتانیم بر خواص مکانیکی فولاد API X70 پس از فرآیند نورد کنترل شده	رضا آبدیده، علی اشرفی، محمد هیزم بر، امین آسیابان	سمپوزیوم تکنولوژی های نوین در صنعت آهن و فولاد، تهران، تیر ۹۱
۳	تولید فولاد فوق ریزدانه API X70 توسط عملیات ترمومکانیکی	رضا آبدیده، محمد هیزم بر، مسلم محمدی زاده، اسلام پوربندری	چهارمین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز، تهران، مهر ۹۱
۴	تعیین حد مجاز نرخ کرنش فرآیندهای تولیدی فولاد میکروآلیاژی API X60 برای جلوگیری از خوردگی تشیی در محیط های ترش	مسلم محمدی زاده، رضا آبدیده، بهرننگ اهدایی، امین آسیابان	چهارمین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز، تهران، مهر ۹۱
۵	تاثیر دمای پایانی نورد بر ریزساختار و خواص مکانیکی فولاد API X70	رضا آبدیده، محمد هیزم بر، ایمان محمد زاده، امین آسیابان	سمپوزیوم فولاد، شرکت فولاد خوزستان، اسفند ۹۱
۶	اثرات تغییر شکل در منطقه تبلور مجدد نیافته آستنیت حین نورد گرم و نرخ سرد کردن روی رفتار دگرگونی و میکروساختار فولاد API X70	ایمان محمدزاده، رضا آبدیده	سمپوزیوم فولاد، شرکت فولاد خوزستان، اسفند ۹۱
۷	بررسی خوردگی حفره ای بر روی ورق های فولادی X70 تولید شده به روش نورد گرم	رضا خاکسار	سمپوزیوم فولاد، شرکت فولاد خوزستان، اسفند ۹۱
۸	تجزیه و تحلیل و مدیریت بهینه بارزترین پسماندهای شرکت فولاد اکسین خوزستان با بهره گیری از مدل RCRA 3D-melbourn و استاندارد جهانی	شباب جهانبین، کریم ثابتی، سید محمد باقر نبوی	دومین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی مدیریت پسماند، بازیافت و بیومس - دانشگاه تهران - ۱۳۹۱
۹	بررسی تاثیر هیدروژن نفوذپذیر و ریزساختار بر خواص مکانیکی فولاد خط لوله API X70	رضا محمدیان راد، اسلام پوربندری، رضا آبدیده، سارا مکوندی	همایش ملی پژوهش های کاربردی در علوم مهندسی، اردیبهشت ۹۲، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

PDF Compressor Free Version

ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	محل ارائه
۱۰	بررسی تاثیر عملیات حرارتی کوئنچ تمپر مستقیم بر روی ریزساختار، خواص ضربه‌ای و سختی فولاد مخازن ذخیره نفت و گاز	اسلام پوربندری، نبی اله رازانی، امید میرزایی	همایش ملی پژوهش های کاربردی در علوم مهندسی، اردیبهشت ۹۲، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
۱۱	بررسی ترک حاصل از خوردگی القایی هیدروژنی (HIC) در فولاد خط لوله API X70	رضا محمدیان راد، منصور فرزام، اسلام پوربندری	چهاردهمین کنگره ملی خوردگی، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۹۲
۱۲	تاثیر اندازه نهایی بر رشد ترک خوردگی تنشی سولفیدی در فولاد استحکام بالای خط لوله	احسان عنایتی، منصور فرزام	چهاردهمین کنگره ملی خوردگی، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۹۲
۱۳	Investigation on the Effect of Finish Rolling Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of API X70 Steel	R. Abdideh, M. Hizombor, A. Asiaban, A. Heidarian	9th International Rolling Conference and the 6th European Rolling Conference, Italian Society for Metallurgy, venice, Italy, June 2013
۱۴	Effect of Thermomechanical Parameters on Final Microstructure of API X70 Steel after Dynamic Hot Deformation	M. Hizombor, R. Abdideh, A. Asiaban	9th International Rolling Conference and the 6th European Rolling Conference, Italian Society for Metallurgy, venice, Italy, June 2013
۱۵	Investigation on the Effect of Amount of Titanium on the Mechanical Properties of API X70 Steel after Controlled Rolling	A. Asiaban, R. Abdideh, M. Pakbaz, N. Razani, M. Hizombor	9th International Rolling Conference and the 6th European Rolling Conference, Italian Society for Metallurgy, venice, Italy, June 2013
۱۶	تعیین دما و زمان بهینه تمپر جهت حصول خواص مکانیکی مطلوب در ورق فولادی A517	رضا آبدیده، بهرنگ اهدایی، محمد هیزم بر، امین آسیابان	چهارمین همایش بین المللی عملیات حرارتی مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، اصفهان، مرداد ۹۲
۱۷	بررسی اثر عملیات حرارتی کوئنچ و تمپر فولاد 34CrMo4 برای رسیدن به خواص سایشی ورقها	مهدی پورملکی، مجتبی سلیمانی، ابولفضل حیدریان، اسلام پوربندری	چهارمین همایش بین المللی عملیات حرارتی مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، اصفهان، مرداد ۹۲

PDF Compressor Free Version

ردیف	عنوان مقاله	نویسندگان	محل ارائه
۱۸	بررسی تاثیر رفتار مکانیکی در برابر ترک خوردگی القایی هیدروژنی در انتخاب ورق فولادی C-Mn جهت ساخت مخازن ذخیره	رضا محمدیان راد، اسلام پوربندری، روح اله محمدیان راد، سارا مکوندی	اولین کنفرانس ذخیره سازی و مخازن نفت و گاز، تهران، مهر ۹۲
۱۹	بررسی و مقایسه ریزساختار و خواص مکانیکی ورق های فولادی ST52 تولید شده توسط سه روش نورد گرم مختلف	رضا آبدیده، محمد هیزم بر، بهرنگ اهدایی	هفتمین همایش انجمن مهندسی متالورژی ایران و انجمن ریخته گری ایران، دانشگاه سمنان، آبان ۹۲
۲۰	فرآیند برنامه ریزی استراتژیک در توسعه و هدف گذاری مدیریت تولید و عملیات در شرکت فولاد اکسین خوزستان	رضا محمدیان راد، نبی اله رازانی، حازم عینایی، سارا مکوندی، روح اله محمدیان راد	هفتمین همایش انجمن مهندسی متالورژی ایران و انجمن ریخته گری ایران، دانشگاه سمنان، آبان ۹۲
۲۱	اثر اندازه دانه نهایی بر افزایش لایه FeS در فولاد استحکام بالای خط لوله در محیط های سولفیدی	احسان عنایتی، منصور فرزام، رضا قیطاسی	پنجمین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز، تهران، آذر ۹۲
۲۲	بررسی ریزساختاری و خواص مکانیکی تاثیر پارامترهای عملیات حرارتی بر خوردگی هیدروژنی فولاد میکروآلیاژی خط لوله	رضا محمدیان راد، منصور فرزام، روح اله محمدیان راد، سارا مکوندی، اسلام پوربندری	پنجمین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز، تهران، آذر ۹۲
۲۳	ارزیابی و مدیریت جنبه های زیست محیطی فولاد اکسین خوزستان و گیاه پالایی از موثرترین مولفه های بهبود	شباب جهانبین، کریم ثابتی	اولین همایش ملی زیست پالایی-دانشگاه صنعتی شریف و مرکز همکاری های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری- آذر ۹۲
۲۴	Production of Ultrafine Grained API X70 Steel with Controlled Rolling	R. Abdideh, M. Hizombor, R. Mohammadianrad, I. Mohammadzadeh	Advanced Materials Research Journal (ISSN: 1662-8985), 2013

PDF Compressor Free Version

Commissioning	April 2002
Length of cooling system	21 m
Number of top headers	14 (double type)
Number of bottom headers	14 x 2
Cooling width	4,000mm

Table 1 Main technical data of cooling system at Voestalpine Grobblech GmbH

plate mill owners – images the unsteady time-temperature behaviour of the material. The main parameters necessary for modelling the phase transformation are the chemical composition of the steel, temperature distribution at a given plate thickness after rolling, phase-transformation start and stop temperatures, temperature-related austenite grain size distribution, and austenite decomposition depending on the steel composition and aspects of shaping. The model can be extended to include the essential functions of teach-in, adaptation, recording and documentation and is currently used in more than 30 cooling facilities.

RESULTS

Flatness The precise masking of head and tail ends is of particular importance for the metallurgical and geometrical quality of the processed plates. To illustrate the influence of exact head and tail-end masking which is implemented in our cooling model, a simulation of the cooling of an X70, 12.7mm thick plate was conducted. The start disturbance in the simulation was an uneven temperature distribution at the head-end of the plate where the temperature dropped by as much as 100°C within a length of 1m. For all other parts of the plate, uniform temperature distribution over the width and the length was simulated. The plate was cooled from 800°C to 500°C at a rate of 80K/s. The results in the simulation were flatness deviations of up to 160mm (see Figure 7).

Development of new pipe grades In 2002, SMS Demag built a new laminar cooling system including a cooling model for Voestalpine Grobblech GmbH in Linz, Austria. The main details are shown in Table 1.

With the new cooling system, Voestalpine Grobblech has succeeded in extending its range of high-strength low alloy grades and also to produce hardened steel plates. In tests for product development, pipe grades of X100 and X140 were produced successfully.

Microstructures of these grades are shown in Figure 8.

CONCLUSIONS

The ongoing development of the material properties of high-strength plate is of major importance to plate customers. For pipe grades, the major benefit of increasing yield strength is the possibility to reduce the wall thickness, which reduces the weight of a structure. The improved weldability, which arises from the ability to use

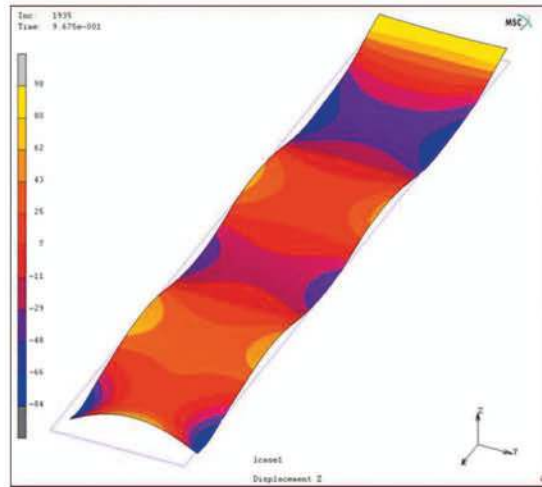


Fig 7 Simulation of flatness deviation caused by a temperature drop of 100°C at head end and plate edges

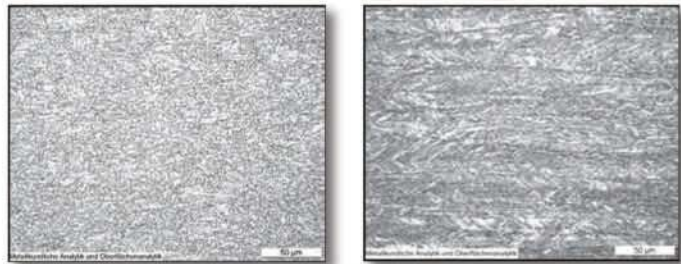


Fig 8 Microstructure of line pipe steel grades X100 (left) and X140 (right) (Courtesy: Voestalpine Grobblech GmbH)

lower carbon steels, reduces the need for post-weld heat treatment and hence reduces cost. Another favourable aspect is that for a given wall thickness the pressure of the medium conveyed can be higher, which increases the capacity of the pipe line.

For pipe line applications, X100 and X120 grades with wall thicknesses of about 25.4mm have already been developed. For offshore projects, thicker, high-strength structural steel grades will be required, eg, S500 with wall thicknesses up to 80mm. All SMS Siemag cooling systems cover the complete range of cooling strategies for the production of line pipe, ship plate and other high-strength grades, thus customers will be able to meet these requirements. Current users of the technology include Baosteel, Tangshan, Anshan, MMK, OMK, Rautaruukki and ThyssenKrupp.

Gerhard Horn is General Manager, Technical Sales, Hot Rolling Mills, Roman Dehmel is Senior Specialist, Order Execution Hot/Cold Rolling Mills and Dirk Schmidt is Manager Technical Sales, Hot Rolling Mills, all at SMS Siemag AG, Düsseldorf, Germany.

PDF Compressor Free Version

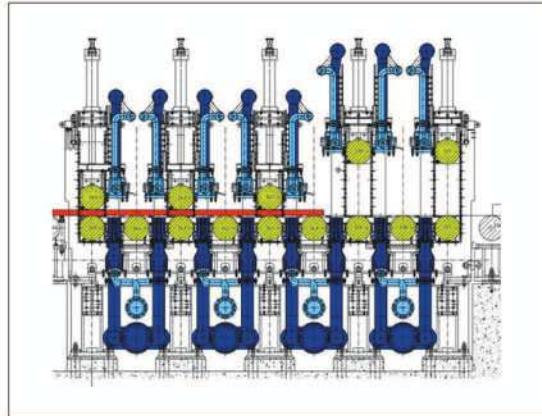
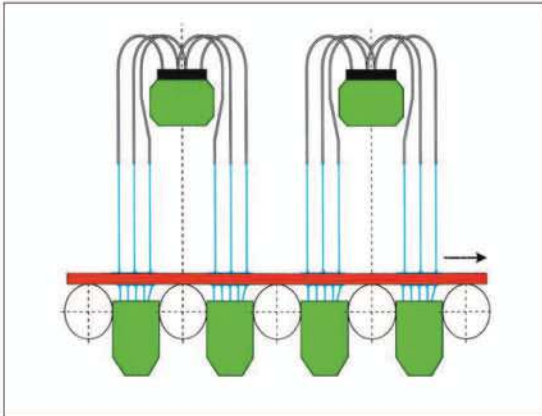


Fig 5 Principles of a laminar cooling system (left) and a spray cooling system (right)

good flatness (see Figure 5). The spray cooling system is based on the combination of high water pressure (up to 5 bar) and pinch rolls between the spray cooling headers. The pinch rolls control the water flow on the plate, thereby improving the temperature distribution and the cooling efficiency. Plate guidance between the pinch rolls also contributes to uniform heat distribution over the plate surface and hence to better flatness. To prevent any out-of-flatness of the material from impairing the cooling effect, a pre-leveller may be installed in the entry section.

Combined spray and laminar cooling system In practical applications the two systems are combined, with the spray cooling system installed in front of the laminar section. Plate mill owners who strive for a product mix with a high proportion of thermo-mechanically rolled plate are increasingly investing in this type of equipment as both cooling sections can be used, in combination or separately, and thus offer a wide range of applications. The combined mode is used mostly for ACC and DQ of very thin, thick and wide plates. Such a combined system was first installed in 2005 at Baosteel's new 5m heavy plate mill (see Figure 6).

Since then it has been applied in several greenfield plants. When the laminar cooling equipment is installed the foundations and the space for future extension with a spray cooling system are already provided. The spray cooling system can also be added to an existing laminar cooling system in the course of a revamp. Such a revamp was implemented at our Finish customer, Rautaruukki who, thanks to this measure, could expand its program of high-strength and abrasion-resistant plates.

COOLING CONTROL

Equipment Water flow, quantity and distribution for each cooling header or each spray nozzle header is controlled individually and adjusted individually for each plate. The control loop consists of a control valve and a flow meter.

In order to attain the required cooling parameters, the availability of a good material tracking system is of



Fig 6 Combined spray and laminar cooling system at the 5m wide heavy plate mill of Baoshan Iron & Steel (Baosteel), China

utmost importance. To achieve precise control of the plate position, different sensors and controls are required; so for the tracking system, hot metal detectors, light barriers, pyrometers and pulse generators are installed before, within and after the cooling section. Several synchro points assure precise tracking directly inside the cooling system. This total package ensures very good tracking accuracy, which is the basis for plate head and tail-end masking and excellent cooling results.

Cooling model The cooling process itself is controlled by our cooling model and has to fulfil two major functions. First, it changes the microstructure of the material in a temperature range in which the steel passes through very different phases. This requires exact knowledge of transition kinetics. Second, the cooling rate has to be adjusted during cooling and the temperature difference existing between plate head-end and tail-end has to be compensated for.

The basic challenge in plate cooling is knowing the exact temperature distribution within the plate. The SMS Demag mathematical-physical cooling model – which is based on extensive experience in the design and manufacture of equipment, research investigations and feedback from many

PDF Compressor Free Version



Fig 2 Effect of cooling rate on microstructure of X65 linepipe grade

(Courtesy: Voestalpine Grobblech GmbH)

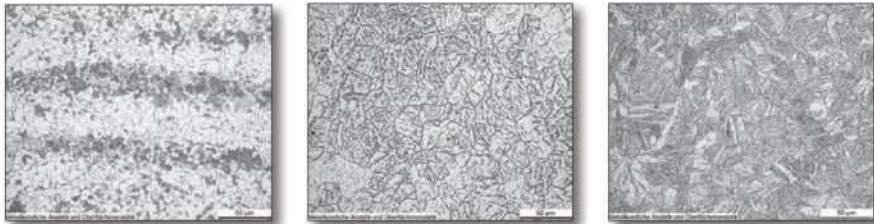


Fig 3 Effect of cooling rate on microstructure of abrasion resistant 400 HV10 steel grade

(Courtesy: Voestalpine Grobblech GmbH)

Increasing cooling rates achieved by ACC refine the microstructure of the plate and improve its strength. Figure 2 shows examples from an X65 line pipe steel (0.04% C, 1.4% Mn, 0.04% Nb).

The strengthening by ACC is due to three factors: enhanced ferrite grain refinement, precipitation hardening and strengthening by bainite formation. However, the mechanisms are different for yield strength and tensile strength. The increase in yield strength is due to ferrite refinement and precipitation hardening, whereas that of tensile strength is mainly the result of bainite strengthening.

Figure 3 shows the typical microstructure development for increasing cooling rates in DQ mode of an abrasion-resistant 400 HV10 steel grade (0.15% C, 1.4% Mn, 0.04% Nb). Air cooling of these steel grades leads to an F/P microstructure with some martensite islands and a hardness of 220 HV10 (corresponding to a tensile strength of $\sim 740\text{N/mm}^2$). Medium cooling rates yield a bainite microstructure showing a hardness of about 290 HV10 ($\sim 940\text{N/mm}^2$ tensile strength). A fully martensite structure with a hardness of about 410 HV10 is achieved by using high cooling rates ($\sim 1300\text{N/mm}^2$ tensile strength).

The maximum cooling rate is, however, defined and limited by the thermal conductivity in the plate. Particularly in the case of thicker plates, the maximum cooling rate in the plate core is distinctly lower than at its surface (see Figure 4). Different cooling rates through the thickness of the plate lead to various layers of material properties. Plates with high ductility in the plate core and a wear-resistant surface are utilised, for instance, in bent components, such as the extension arm of a mobile crane.

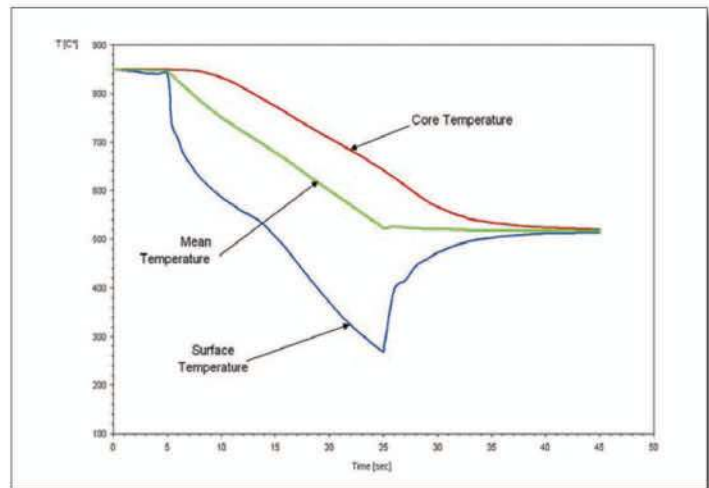


Fig 4 Typical development of core and surface temperatures during cooling of 30mm gauge plate

COOLING TECHNOLOGIES

Laminar cooling and spray cooling systems

SMS Demag has developed two types of cooling system which can be used both for ACC and DQ. In laminar cooling systems, water is applied by a large number of U-tubes arranged in four or six rows per header (see Figure 5). As well as being capable of operating in both cooling modes, its chief advantages are its simple design, low energy consumption and low maintenance costs. The laminar cooling system is the most frequently used cooling equipment in heavy plate mills worldwide.

In recent years, SMS Demag developed a spray cooling system that is able to cool ultra-thick and ultra-thin plates at high cooling rates, while at the same time achieving

PDF Compressor Free Version

Advanced cooling technologies for high-strength plate production

To produce the extremely high cooling rates necessary for the evolution of mechanical properties of high-strength plate steels, a combined laminar jet and spray nozzle design cooling facility is the most advanced tool available. Design, engineering, process control and operational aspects of modern cooling facilities are explained, together with the main metallurgical aspects of accelerated cooling and direct quenching. Typical plate applications are described.

Authors: Gerhard Horn, Roman Dehmel and Dirk Schmidt
SMS Siemag AG

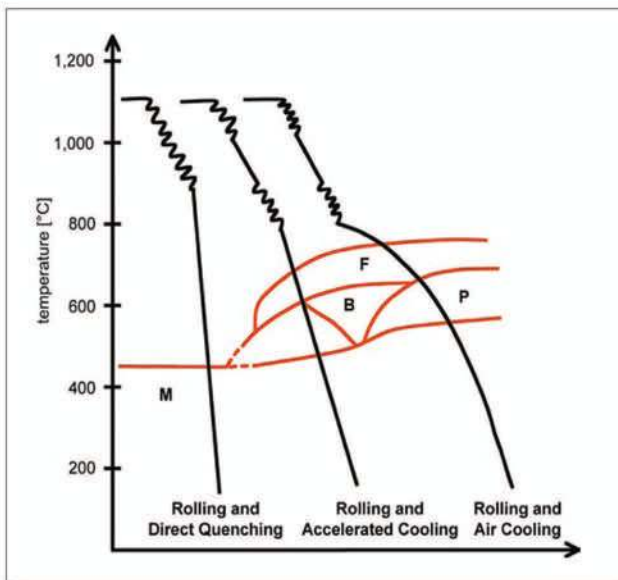


Fig 1 Cooling rates and microstructures in thermo-mechanical processing

The production of high-strength steel grades is a major trend in the heavy plate market. In particular, plate for shipbuilding and pipe grades are high-volume products in this sector, and a strong demand for these grades is expected in years to come. These applications are major drivers for the further development of plate technology, since high-strength plates have to combine increasing tensile strength with excellent toughness, good weldability and excellent flatness.

The production of high-strength line pipe and ship plate has implications for all aspects of a plate mill as the complete equipment, from the mill stands to the finishing line, has to be adapted to the special requirements of these grades. The cooling section, however, remains the main metallurgical tool in this process.

THERMO-MECHANICAL ROLLING OF PLATES

Hot rolling of heavy plate can be divided into two basic processes: conventional hot rolling and controlled rolling. In conventional hot rolling, the objective is to produce specified product dimensions with a minimum of rolling passes. Controlled rolling is an independent rolling procedure in which both the shaping and the temperatures during rolling are precisely controlled to achieve the desired high material strength and toughness properties.

The final pass in thermo-mechanical controlled rolling (TMCR or TM) is carried out within the non-recrystallising temperature range. The mechanical properties and the fine-grained microstructure are set with the subsequent water cooling of the shaped austenite structure.

In water cooling, two substantial cooling modes are distinguished: Accelerated Cooling (ACC) and Direct Quenching (DQ) (see Figure 1). When applying ACC, the cooling process starts at ~800°C and is stopped between 500 and 600°C. ACC improves the mechanical properties by refining the microstructure which consists mainly of fine-grained ferrite/pearlite (F/P), ferrite/bainite (F/B), or of a fully bainitic structure.

For DQ, the plates are cooled as rapidly as possible. The starting temperature for cooling is ~900°C and the cooling stop temperature is below 250°C. DQ plates usually show a bainite and/or martensite (M) microstructure depending on the chemical composition and the cooling stop temperature. They have high hardness and are commonly used for structural components exposed to high mechanical stress and/or heavy abrasion.

In addition to the stop temperature, the cooling rate is the main influencing factor in plate cooling. Cooling rates are determined as the relation between temperature (entry – exit) and the cooling time. The cooling time is the dwell time in the active cooling section.

PDF Compressor Free Version

دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه تخصصی نورد فولاد

لطفاً مقالات خود را بصورت کامل و طبق دستورالعمل زیر تهیه و فایل Word آن را به ایمیل نشریه ارسال فرمایید.

۱- عنوان مقاله: مختصر و بیانگر محتوای مقاله باشد.
۲- ذکر نام نویسندگان (مترجمان) به ترتیبی که مایلند در نشریه چاپ گردد به انضمام محل کار، تلفن و پست الکترونیکی.

۳- مقاله ها باید دارای بخش های زیر باشند:
چکیده، کلمات کلیدی، مقدمه، روش تحقیق، نتایج و بحث، نتیجه گیری و مراجع.

۴- جداول و نمودارها با سطر بندی و ستون بندی مناسب ترسیم شده و در مورد جداول شماره و شرح آن در بالا و در مورد اشکال در زیر آن درج گردد. واحدهای سیستم بین المللی (SI) برای واحدها در نظر گرفته شود.

۵- تصاویر و عکس ها: تصاویر و عکس ها باید از وضوح خوبی برخوردار باشند.

۶- واژه ها و پی نوشت ها: بالای واژه های متن مقاله شماره گذاری شده و اصل لاتین واژه با همان شماره در پایین صفحه و بصورت پاورقی درج شود.

۷- منابع و مراجع: در متن مقاله شماره مراجع در داخل کروشه [] آورده شود و با همان ترتیب شماره گذاری شده مرتب گردیده و در انتهای مقاله آورده شوند. مراجع فارسی از سمت راست و مراجع لاتین از سمت چپ نوشته شوند. در فهرست مراجع درج نام مولفان یا مترجمان، عنوان مقاله، نام نشریه، شماره جلد، صفحه و سال انتشار ضروری است.

سایر نکات مهم

۱- مسئولیت درستی و صحت مطالب، ارقام، نمودارها و عکس ها بر عهده نویسندگان/مترجمان مقاله است.

۲- مقالات پس از داوری توسط هیات تحریریه منتشر خواهند شد.

۳- مقالات ارسالی به دفتر فصلنامه پس از طی مراحل داوری مسترد نمی شود.

۴- تعداد صفحات مقالات نباید از ۱۰ صفحه تجاوز نماید. فونت قلم متن فارسی مقالات باید B Zar و اندازه آن ۱۲ باشد. فونت قلم متن انگلیسی باید Times New Roman و اندازه آن ۱۱ باشد.

فصلنامه تخصصی نورد فولاد با هدف انتشار یافته های علمی - پژوهشی در جهت ارتقاء سطح دانش نورد فولاد و صنایع وابسته، منتشر می گردد. لذا از کلیه محققان و پژوهشگران فعال در عرصه مطالعات و پژوهش های مرتبط با فرآیند نورد فولاد دعوت می شود، مقالات خود را حول محورهای ذیل در قالب نسخه الکترونیکی و از طریق پست الکترونیکی rollingjournal@oxinsteel.ir ارسال نمایند. رعایت اصول و قواعد نگارش و سلاست متن پیش نیاز بررسی علمی مقاله است.

محورهای پذیرش مقالات

۱- متالورژی نورد گرم و سرد فولادها (اعم از نورد محصولات تخت و نورد مقاطع)

۲- عملیات ترمومکانیکی فولادها

۳- شبیه سازی و مدلسازی فرآیند نورد

۴- کوره های پیش گرم نورد (نسوزها، اکسیداسیون محصولات و پوسته زدایی)

۵- تکنولوژی ساخت، فرآیندهای ترمیم و عیوب غلتک های نورد

۶- عملیات حرارتی محصولات نورد

۷- تکنولوژی های نوین در صنعت نورد

۸- تعمیر، نگهداری و بومی سازی تجهیزات نورد

۹- کنترل، اندازه گیری و اتوماسیون فرآیند نورد

۱۰- تولید مواد اولیه نورد (بلوم، بیلت و اسلب)

۱۱- مدیریت دانش در صنعت نورد

۱۲- HSE در صنعت نورد

۱۳- بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت نورد

۱۴- برنامه ریزی، سیاستگذاری و مدیریت در حوزه صنعت نورد

راهنمای تهیه مقاله

مقالات می توانند در یکی از بخش های زیر تهیه شوند:

۱- تحقیقی - پژوهشی

۲- مروری

۳- ترجمه

۴- فنی (مطالعات موردی)

در مورد مقالات ترجمه شده ارسال اصل مقاله ضروری است.

شرکت فولاد اکسین خوزستان

PDF Compressor Free Version

اولین تولیدکننده ورق‌های عریض فولادی در خاور میانه



مشخصات مکانیکی محصول

این شرکت با توجه به دارا بودن خط تولید پیشرفته و مکانیزه و همچنین کارخانه عملیات حرارتی قادر به تولید ورق با مشخصات مکانیکی مختلف می‌باشد.

مشخصات ابعادی محصول

طول: بنا بر سفارش مشتری تا حداکثر ۲۴۰۰۰ میلیمتر
عرض: ۱۱۰۰ تا ۴۵۰۰ میلیمتر
ضخامت: ۵ تا ۱۵۰ میلیمتر



کاربرد محصولات

- ✓ لوله‌های با قطر حداکثر ۵۶ اینچ در صنعت نفت و گاز
- ✓ صنایع سنگین از جمله صنایع کشتی سازی
- ✓ دیگ های بخار صنعتی و نیروگاهی
- ✓ مخازن تحت فشار
- ✓ مخازن عظیم ذخیره میعانات نفتی
- ✓ سازه های بزرگ پل سازی



گروه های فولادی قابل تولید

Plates For General Structural Purposes	Quality Standard
St37-3, St44-3, St52-3, St50-2, St60-2, St70-2, S235, S355, S450J0, A283, GL A-E	DIN17100, EN10025-2, ASTM A283, GL 2011
Plates For Normalized/Normalized Rolled Structural Steels	Quality Standard
S275N, S275NL, S355N, S355NL, S420N, S420NL, S460N, S460NL	EN10025-3
Plates For Thermomechanically Rolled Structural Steels	Quality Standard
S275M, S275ML, S355M, S355ML, S420M, S420ML, S460M, S460ML	EN10025-4
Plates For High Yield Strength Structural Steels In The Quenched And Tempered Condition	Quality Standard
S460Q, S500Q, S550Q, S620Q, S690Q, S890Q, S960Q, GL A420-460-500-550-620-690, A517, 34CrMo4	EN10025-6, GL 2009, ASTM A517, EN10083-3
Plates Used For Pressure Purposes	Quality Standard
P265, P275, P285, P345, P355, P400, P420, P440, P460, GL-P235W, GL-P265W, GL-P295W, GL-P355W, A285, A299, A515, A516, A537	EN10028-3, GL 2009, AFNOR-NF-A36-215, EN10028-5, ASTM A516-285-299-537-515
Plates For Line Pipe	Quality Standard
X42M, X46M, X52M, X56M, X60M, X70M, X80M	API 5L

آدرس: اهواز، کیلومتر ۱۰ جاده بندر امام خمینی، کدپستی: ۶۱۷۸۸-۱۳۱۱۱

www.oxinsteel.ir
info@oxinsteel.ir

امور فروش و بازاریابی:
تلفن: ۰۶۱۱-۲۷۰۹۰۲۳
فکس: ۰۶۱۱-۲۷۰۹۰۲۱

