سازمان نظام مهندسی
ساختمان استان خراسان رضوی

سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان رضوی

"دوره آموزشی چالش های پیش رو در کاربرد فولادهای ساختمانی"
شناخت و بررسی اجمالی و مقایسه ای فولادهای استاندارد و غیر استاندارد

ارائه دهندگان:

دکتر هادی خاتمی مشهدی

مهندس محمدرضا چراغچی باشی آستانه

بهمن ۹۴

شناخت و بررسی اجمالی و مقایسه ای فولادهای استاندارد و غیر استاندارد

بخش اول:

"بررسی موردی گزارش های مردمی، مهندسین و خبرگزاری ایسنا"

این روزها برخی از تعاونی های مسکن و نیز برخی از پیمانکاران ساختمانی برای کاهش قیمت تمام شده ساخت یک واحد مسکونی به استفاده از آهن وارداتی و به ویژه آهن ذوبی روی آورده اند. استفاده از آهن ذوبی در اسکلت باعث کاهش استحکام سازه می شود و بعضی آهن های ذوبی بعد از بتن ریزی دچار پارگی می شود و باز این مردم کم درآمد هستند که باید برای تامین یک سرپناه متناسب با درآمدشان دچار خسارت شوند.

با این که کشورمان جزو کشورهای برتر در ساخت فولاد است، واردات آهن از کشورهای ترکیه، اسپانیا و چین رو به ازدیاد است که از نظر استاندارد، وزن و کیفیت، بسیار پایین تر از آهن آلات تولید داخل هستند.

علاوه بر آهن آلات وارداتی شاهد عرضه آهن آلاتی تحت نام «آهن ذوبی» که به «آهن مشهد» هم معروف شده است، در بازار و منطقه «خین عرب» مشهد می توان اشاره نمود که از ذوب مجدد قراضه آهن و قسمت های کوچک باقی مانده آهن آلات استفاده شده در ساختمان، تولید می شود.

آهن ذوبی، آهن هایی است که به صورت ریخته گری در مشهد و در واحدهای کوچک فاقد استاندارد تولید می شود و از کیفیت لازم برای استفاده در تیر و تیرچه برخوردار نیست که متاسفانه دیده می شود سازندگان بزرگ و کوچک از این آهن آلات استفاده می کنند.

تصاویری از دپوی آهن آلات بازیافتی:

خبرگزاری ایسنا در سال ۹۲ :

"رئیس سازمان تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران": کنترل های لازم بر آهن آلات وارداتی انجام می شود. نظام الدین برزگری، رئیس سازمان تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران اظهار داشت: بر مراکز تولید و کارگاه های صنعتی تولید آهن به طور کامل نظارت داریم.

وی درباره تولید آهن ذوبی در کارگاه های غیرمجاز، عنوان کرد: در صورتی که کارگاهی غیرمجاز در کیفیت آهن آلات دخل و تصرف انجام دهد و در ساخت واحدهای مسکونی از این آهن آلات استفاده شود، باید سازمان نظام مهندسی ساختمان و مهندسان ناظر، کیفیت این مصالح را از پیمانکار و مجری دریافت کنند. وی درباره آهن آلات وارداتی، اضافه کرد: طی ۸ سال گذشته آهن آلاتی که وارد کشور شد از نظر ظاهری سالم بود اما از لحاظ وزنی ۱۰ تا ۱۸ کیلو کسری وزن داشت که از ورود این آهن آلات به کشور جلوگیری شد و در حال حاضر بر آهن آلاتی که از هر کشوری به داخل وارد شود، کنترل های لازم انجام می شود. یکی از مهندسان شاغل در شرکت های پیمانکاری تعاونی مسکن مهر گلبهار با اشاره به پایین بودن کیفیت آهن ذوبی، گفت: این آهن آلات بعد از بتن ریزی دچار پارگی می شود و در مقابل نیروهای دینامیکی مانند باد تغییر فرم می دهد و خم می شود. وی افزود: برخی از تولیدکنندگان به پیشنهاد سازندگان انبوه مسکن با تغییر ورق و فلز استاندارد و با استفاده از ورق و میلگرد ریخته گری اقدام به تولید عرشه های فلزی می کنند. وی خاطرنشان کرد: استفاده از آهن ذوبی در اسکلت سبب کاهش استحکام سازه می شود و فاقد هرگونه استاندارد است و تاکنون با تولید آن در کارگاه های کوچک هیچ گونه برخوردی نشده است و در خین عرب به طور وسیعی عرضه می شود و به فروش می رسد.

تصاویری از پروژه گلبهار:

رئیس سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور در گفت وگو با ایسنا اظهار داشت: برای ورود آهن آلات به کشور، مرجعی وجود دارد و اگر این مرجع، آهن آلات وارداتی را تایید کرده باشد، طبعا مورد قبول و پذیرفته است. وی درباره علت ورود آهن آلات وارداتی با توجه به کیفیت پایین آهن آلات خارجی، عنوان کرد: باید حجم عرضه با تقاضا همخوانی داشته باشد که این موضوع در نهایت به واردات آهن آلات به کشور می انجامد.

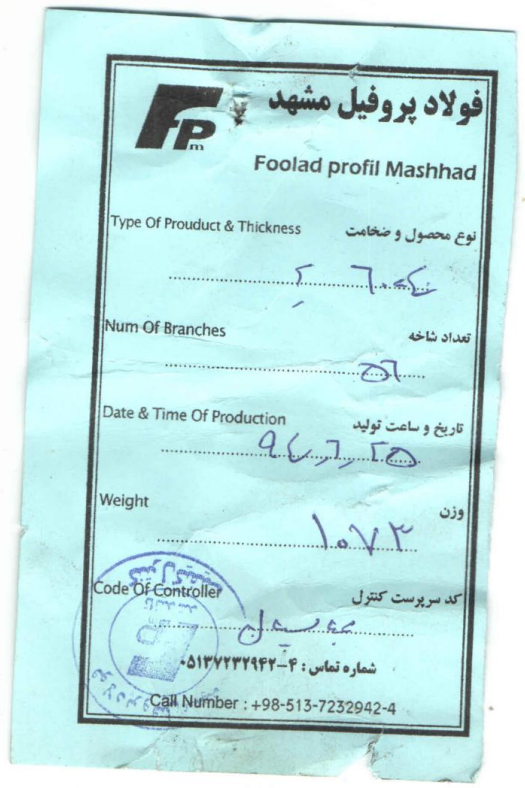
رئیس سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان رضوی: باید از واردات آهن آلات به کشور جلوگیری شود. هنگامی که آهن آلاتی وارد کشور می شود، باید از استانداردهای لازم برخوردار باشد و سازمان های صنعت، معدن و تجارت، استاندارد و گمرکات متولی این امر هستند.

وی از اعلام غیراستاندارد بودن آهن آلات وارداتی به وزارت صنعت، معدن و تجارت، استاندارد و گمرک توسط سازمان نظام مهندسی ساختمان خبر داد وی درباره آگاهی مهندسان ناظر از وجود این گونه مصالح، بیان داشت: بی گمان مهندسانی که دوره های آموزشی را گذرانده اند و تجربه ۳ تا ۵ سال در محیط کاری دارند، شناخت لازم نسبت به آهن آلات وارداتی را هم کسب کرده اند.

رئیس اتحادیه آهن آلات خراسان رضوی: کیفیت آهن آلات وارداتی با تولید داخلی قابل مقایسه نیست. وی با اشاره به مجوز واردات آهن آلات ترک، اسپانیایی و چینی، تاکید کرد: این آهن آلات از نظر کیفیت قابل مقایسه با تولید داخل نیست. او درباره تولید آهن ذوبی در واحدهای کوچک مشهد گفت: به هیچ عنوان در واحدهای کوچک مشهد آهن غیر استاندارد

تولید نمی شود و فقط یک کارخانه در مشهد در حال فعالیت است که آن هم از استانداردهای لازم برخوردار است. وی با بیان این که کارخانه تولیدی آهن در مشهد از استاندارد لازم برخوردار است، گفت: آهن تولیدی در مشهد درجه ۱و۲ دارد و این وظیفه استاندارد است تا با نظارت بر واحدهای تولیدی از استاندارد داشتن واحدهای تولیدی اطمینان پیدا کند.

مقایسه برگه های کیفیت واحدهای تولیدی:



وی با بیان این که مردم در بحث مصالح ساختمانی به دنبال کیفیت نیستند، افزود: متاسفانه در بین مردم، کیفیت جایگاه خود را از دست داده است و هر کالایی که ارزان تر ارائه شود با استقبال بیشتر مردم رو به رو می شود. ایشان از واردات آهن آلات به کشور خبر داد و اظهار داشت: علت ورود آهن آلات خارجی به کشور مشخص نیست، زیرا تولیدات کشور در این زمینه حرف اول را می زند و در حد صادرات به کشورهای اروپایی است و جای سوال است که آیا ورود آهن آلات خارجی به تولید داخل لطمه نمی زند؟

رئیس اتحادیه آهن آلات خراسان رضوی در ادامه صحبت های خود تاکید کرد: نباید گذاشت اتفاق مشابهی مانند صنعت کفش برای این صنعت نیز رخ دهد. وی با اشاره به این که ورود آهن آلات از سیاست های دولت در زمانی است که عرضه و تقاضا با هم برابر نباشد، یادآور شد: در بازار، تقاضا برای آهن افزایش نیافته است، اما واردات آهن از ترکیه، اسپانیا و چین به داخل کشور انجام می شود.

وی با مقایسه آهن داخل کشور و آهن وارداتی، گفت: اگر شاخص، تولید داخل کشور باشد، هیچ یک از آهن آلات وارداتی از نظر کیفیت در سطح قیمت آهن داخلی نیست و تمام محصولات داخل کشور قابلیت صادرات به کشورهای اروپایی دارد و آهن خارجی دارای قیمت و کیفیت پایین تری است. او ادامه داد: وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان استاندارد مجوز ورود این آهن آلات را به داخل کشور داده اند و به صورت قانونی و رسمی وارد کشور می شود.

وی درباره آهن های بدون مشخصات داخل بازار، تصریح کرد: این آهن ها تولید داخل است که از استاندارد بودن آن ها اطلاعاتی نداریم و سازمان استاندارد مسئول نظارت بر این گونه آهن هاست. وی در خصوص سوء استفاده احتمالی از حک نشدن مشخصات آهن روی تیرآهن، خاطرنشان کرد: این امکان وجود دارد که با حک نشدن مشخصات آهن داخل، تصرف هایی در این زمینه انجام شود و فقط تعهد فروشنده است که این آهن آلات را تحت نام های دیگر به فروش نرساند. باید پرسید تا چه زمانی خانواده ها باید تاوان قصور برخی سازمان ها را پرداخت کنند؟ تا چه زمانی باید آهن بی کیفیت وارد کشور شود و فقط واردکنندگان آهن آلات از وجود این آهن آلات سود ببرند؟چرا باید مردم به قیمت جان و پول خود این بهای گزاف را بپردازند؟ باید دانست آهن ایرانی از بهترین مواد اولیه یعنی سنگ آهن مرغوب و با فناوری مناسب تولید شده است و با انجام فرآیند تولید به روز تولید می شود در صورتی که آهن آلات وارداتی از آهن های قراضه تولید می شود و از فناوری تولید پایین تری بهره مند است.

تصاویری از میلگردهای غیراستاندارد:

بخش دوم:

"مختصری در رابطه با مقایسه فولادهای استاندارد و غیراستاندارد حاصل از بازیافت"

۱- اشاره ای به قوانین و دستورالعمل ها:

۱-۱) بند(ب) ماده ۱۳۹ برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی کشور، به صراحت به موضوع انطباق نظام های ارزیابی کیفیت با استانداردهای بین المللی، توسعه و ارتقاء سطح استانداردهای ملی و مشارکت فعال در تدوین استانداردهای بین المللی اشاره دارد.

۱-۲) تبصره ۴ ماده ۶ قانون موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران: سازمان های دولتی موکلفند از ارائه هرگونه تسهیلات به تولیدکنندگان فاقد پروانه استاندارد از جمله اختصاص سهیمه مواد اولیه ممانعت نمایند.

۱-۳) تصویب نامه شماره ۹۸۸۰/ت ۰۵۳۰۸۹۱ مورخ ۸۴/۱۲/۱۳ هیات وزیران: از ابتدای سال ۸۷ تولید و عرضه کلیه مصالح و فراورده های ساختمانی بدون پروانه کار و علامت استاندارد ممنوع است.

۱-۴) تبصره ۱ ماده ۳۴ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان: وزارتخانه های مسکن و شهرسازی و کشور و صنایع مکلفند با توجه به امکانات و موقعیت هر محل، آن دسته از مصالح و اجزای ساختمانی که باید به تائید موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برسد را طی فهرست هایی احصا و آگهی نماید. از تاریخ اعلام، کلیه تولید کنندگان و واردکنندگان و توزیع کنندگان مصالح و اجزای ساختمانی موظف به تولید و توزیع و استفاده از مصالح استاندارد شده خواهد بود.

۱-۵) ماده ۴۰ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان: متخلفان از مواد۳۴ [و...] توسط مراجع قضایی برحسب مورد به پرداخت جزای نقدی از یکصد هزار تا ده میلیون ریال محکوم می شوند. پرداخت جزای نقدی مانع از پیگیری انتظامی نخواهد بود.

در ساختمان های معمولی برای غلبه بر عیب بزرگ بتن یعنی مقاومت کششی ناچیز آن بوسیله میلگرد آنرا مسلح نموده و از سایر مزایای این ماده (بتن) استفاده می نمایند. گرچه میلگردها در دو نوع ساده و آجدار تولید می شوند و لیکن به دلیل چسبندگی بهتر میلگردهای آجدار با بتن و کاهش طول مهاری امروزه آئین نامه ها فقط استفاده از میلگردهای آجدار را در سازه ساختمان ها مجاز می دانند. (جز بعنوان میلگرد دورپیچ بند ۹-۴-۵ مقررات ملی).

اخیراً بطور گسترده با تولید و توزیع و استفاده از خاموت های آماده، که عموماً با استفاده از میلگردهای آجدار غیراستاندارد تولید شده اند می توان مواجه شد. لذا موضوع میلگردهای مصرفی در این نوع خاموت ها و انطباق مشخصات آنها با آئین نامه ها مورد بررسی قرار می گیرد.

۲- فولاد و مراحل تولید آن:

آهن یکی از رایج‌ترین عناصر زمین است که تقریبا" ۵٪ پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. آهن از سنگ معدن هماتیت که عمدتا Fe2O3 "می‌باشد، استخراج می‌گردد. این فلز را بوسیله روش کاهش با کربن که عنصری واکنش‌پذیرتر است جدا می‌کنند. این عمل در کوره بلند در دمای تقریبا" ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌پذیرد.

برای تهیه آهن عنصری، باید ناخالصی های آن با روش کاهش شیمیایی از بین برود. آهن برای تولید فولاد بکار می‌رود که عنصر نیست، بلکه یک آلیاژ و مخلوطی است از فلزات متفاوت (و تعدادی غیر فلز بخصوص کربن). هسته اتم های آهن دارای بیشترین نیروی همگیر در هر نوکلئون هستند. بنابراین آهن با روش همجوشی، سنگین‌ترین و با روش شکافت اتمی، سبکترین عنصری است که بصورت گرمازایی تولید می‌شود.

- آهن خام دارای ۵٪-۴٪ کربن و مقادیر متفاوتی ناخالصی از قبیل گوگرد، سیلیکون و فسفر است و اهمیت آن فقط به این علت است که در مرحله میانی مسیر سنگ آهن تا چدن و فولاد قرار دارد.
- چدن، شامل ۳/۵٪-۲٪ کربن و مقدار کمی منگنز می‌باشد. ناخالصی‌های موجود در آهن خام مثل گوگرد و فسفر که خصوصیات آنرا تحت تاثیر منفی قرار می‌دهد، در چدن تا حد قابل قبولی کاهش می‌یابند. نقطه ذوب چدن بین ۱۶۰۰-۱۷۵۰ درجه سانتی گراد می‌باشد که از هر دو ترکیب اصلی آن کمتر است و آنرا به اولین محصول ذوب شده پس از گرم شدن همزمان کربن و آهن تبدیل می‌کند.

۳- کوره بلند آهن

۳-۱- مراحل تولید آهن در کوره

از بالای کوره بلند، کانه یا کانی آهن، کک و سنگ آهک را که "گداز آور" یا "بار کوره" نیز می‌نامند، وارد می‌کنند و از پایین کوره نیز جریان شدیدی از هوای گرم می‌دهند. این هوای گرم گاهی با اکسیژن تقویت می‌شود. هوای ورودی با کک یا همان کربن، ترکیب شده، به کربن منوکسید کاهیده می‌شود و مقدار قابل ملاحظه‌ای گرما آزاد می‌کند. در این مرحله دمای کوره بالاترین مقدار یعنی حدود ۱۵۰۰درجه سانتی گراد را دارد.

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$

بار کوره که در حال نزول است به تدریج گرم می‌شود. نخست رطوبت آن گرفته و سپس کانی آهن بطور جزئی توسط کربن منوکسید کاهیده می‌شود. در قسمت داغتر کوره، کاهش کانی آهن به آهن فلزی، تکمیل می‌شود و سنگ آهک نیز CO2 از دست می‌دهد و با ناخالصی های موجود در کانی آهن (که بطور عمده سیلیسیم دی‌اکسید است) ترکیب شده، سرباره مذاب تولید می‌شود. آهن مذاب و سرباره مذاب با یکدیگر مخلوط نمی‌شوند و در ته کوره دو لایه جداگانه تشکیل می‌شوند. واکنش های این مراحل عبارتند از:

$$Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO$$

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

در ناحیه پایین تری از کوره که داغتر است به اکسید آهن کاهیده می شود:

$$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2$$

در داغترین ناحیه کاهش به آهن فلزی صورت می گیرد:

$$FeO + CO \rightarrow Fe + O_2$$

۳-۲- نقش سرباره

لازم به ذکر است که سرباره مذاب عمدتا کلسیم سیلیکات است و بوسیله اثر نمایی گدازآور بر روی هرزه سنگ تولید می‌شود. این سرباره بر روی آهن مذاب شناور است و به این ترتیب فلز را از اکسید شدن بوسیله هوای ورودی حفظ می‌کند.

۳-۳- نقش مقدار زیاد کک در کوره

واکنش های کاهش اکسیدهای آهن برگشت پذیرند و کاهش کامل فقط وقتی صورت می‌گیرد که دی‌اکسید کربن حاصل را از بین ببریم. این کار توسط کاهش آن با مقدار زیاد کک صورت می‌گیرد.

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO_2$$

۳-۴- گاز خروجی از بالای کوره

گازی که از بالای کوره خارج می‌شود، بطور عمده از منواکسید کربن و نیتروژن موجود در هوای دمیده شده، تشکیل می‌شود. این مخلوط گازی داغ را با هوا ترکیب می‌کنند تا منواکسید کربن آن بسوزد و محصولات این احتراق را که گرمای بیشتری دارد از درون دستگاه تبادل گرما عبور می‌دهند و به کمک آن هوای ورودی را گرم می‌کنند .

۳-۵- جایگزین هوا در بعضی از کوره‌ها

در بعضی کوره‌ها به جای هوا از اکسیژن نسبتا خالص استفاده می‌کنند. در این مورد، ابعاد کوره کوچکتر و دمای آن قدری زیادتر است و مونواکسید کربن حاصل نسبت به مخلوط نیتروژن و مونواکسید کربن، سوخت بهتری است.

۳-۶- فولاد

اصطلاح فولاد (Steel) برای آلیاژهای آهن که تا حدود ۱،۵ ٪ کربن دارند و غالبا با فلزهای دیگر همراهند، بکار می‌رود. خواص فولاد به درصد کربن موجود در آن ، عملیات حرارتی انجام شده بر روی آن و فلزهای آلیاژ دهنده موجود در آن بستگی دارد.

۳-۷- کاربرد انواع مختلف فولاد

از فولادی که تا ۰,۲ ٪ کربن دارد، برای ساختن سیم ، لوله و ورق فولاد استفاده می‌شود. فولاد متوسط ۰,۲ تا ۰,۶ ٪ کربن دارد و آن را برای ساختن ریل، دیگ بخار و قطعات ساختمانی بکار می‌برند. فولادی که ۰,۶ تا ۱,۵ ٪ کربن دارد، سخت است و از آن برای ساختن ابزارآلات، فنر و کارد و چنگال استفاده می‌شود.

۴- کوره تولید فولاد و جدا کردن ناخالصی‌ها :

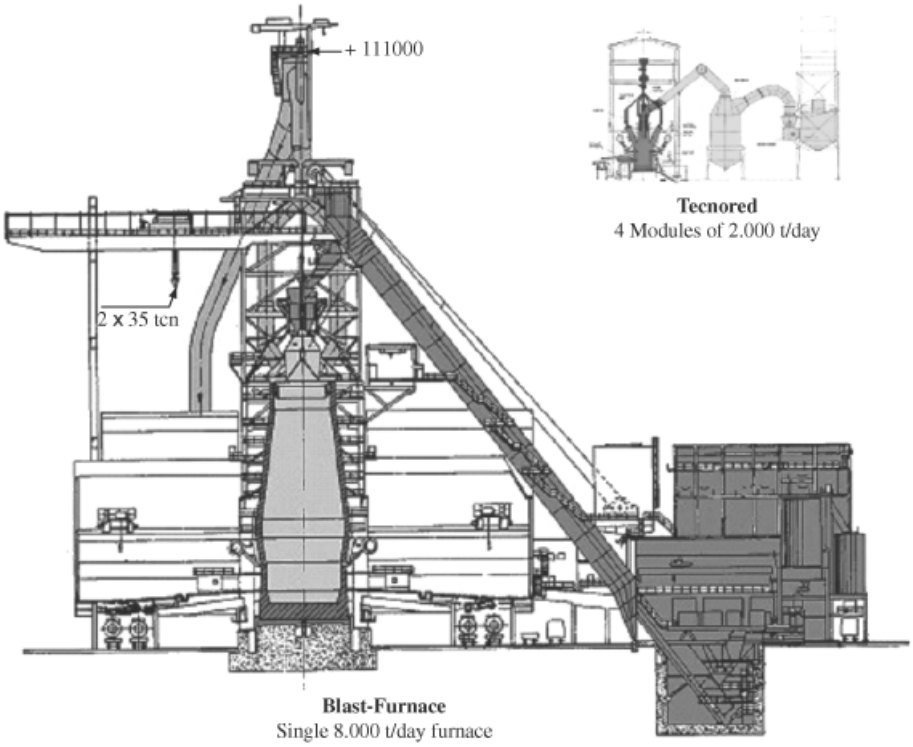
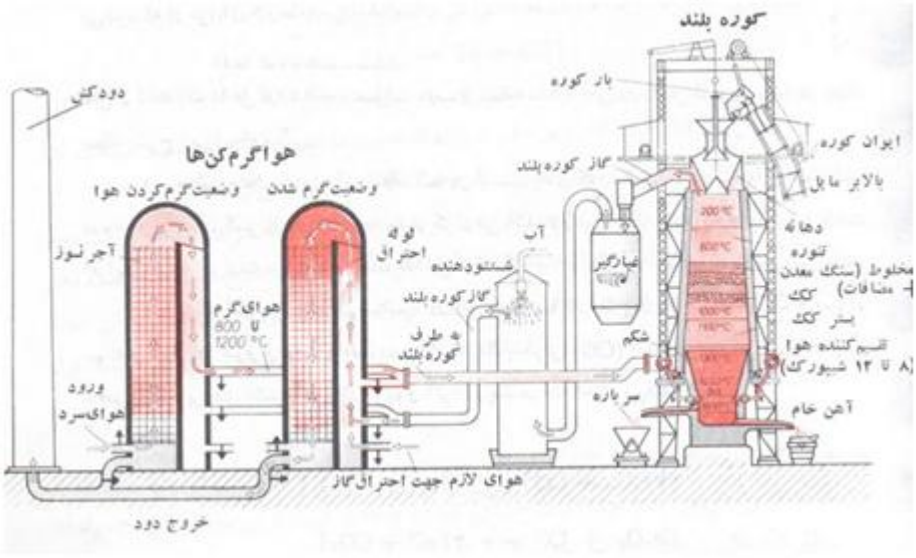
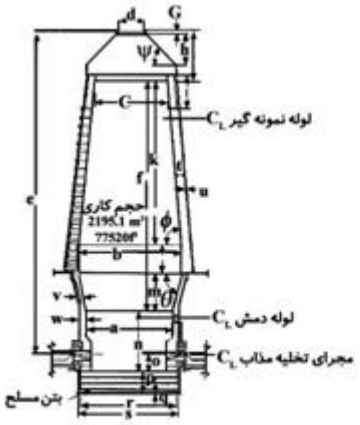
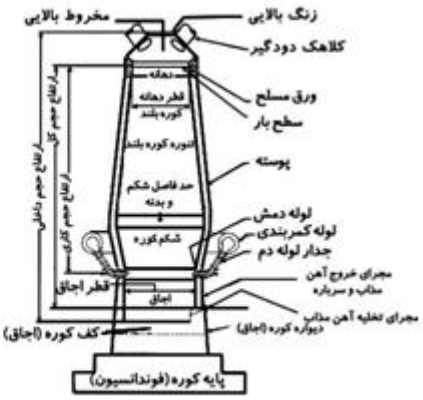


Figure 4. Elevation of a conventional blast furnace and a Tecnored furnace.



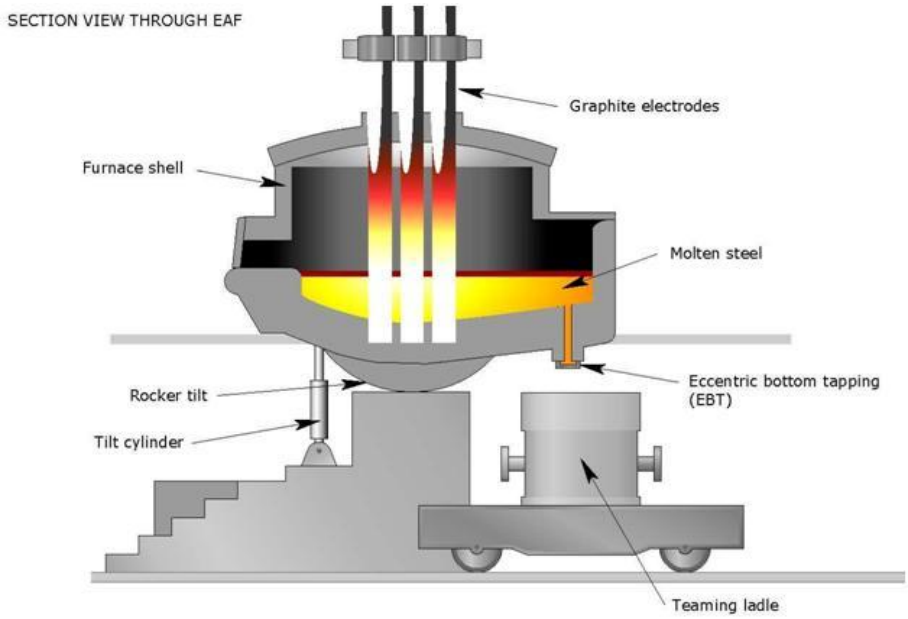


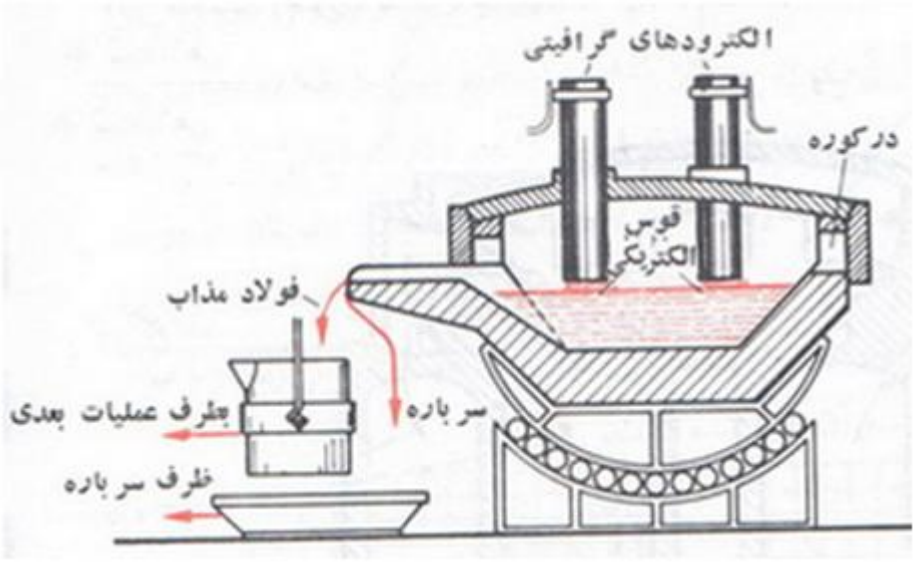


معمولا جداره داخلی کوره ای را که برای تولید فولاد بکار می‌رود، توسط آجرهایی که از ماده کمک ذوب ساخته شده‌اند، می‌پوشانند. این پوشش، مقداری از اکسیدهایی را که باید خارج شوند، به خود جذب می‌کند. برای جدا کردن ناخالصی‌ها، معمولا از روش کوره باز استفاده می‌کنند. این کوره یک ظرف بشقاب مانند دارد که در آن ۱۰۰ تا ۲۰۰ تن آهن مذاب جای می‌گیرد.

بالای این ظرف، یک سقف مقعر قرار دارد که گرما را روی سطح فلز مذاب منعکس می‌کند. جریان شدیدی از اکسیژن را از روی فلز مذاب عبور می‌دهند تا ناخالصی‌های موجود در آن بسوزند. در این روش ناخالصی ها در اثر انتقال گرما در مایع و عمل پخش به سطح مایع می‌آیند و عمل تصفیه، چند ساعت طول می‌کشد. البته مقداری از آهن، اکسید می‌شود که آن را جمع‌آوری کرده، به کوره بلند باز می‌گردانند .

۵- روش دیگر جدا کردن ناخالصی‌ها از آهن :





در روش دیگری که از همین اصول شیمیایی برای جدا کردن ناخالصی‌ها از آهن استفاده می‌شود، آهن مذاب را همراه آهن قراضه و کمک‌ذوب در کوره‌ای بشکه مانند که گنجایش ۳۰۰ تن بار را دارد، می‌ریزند. جریان شدیدی از اکسیژن خالص را با سرعت مافوق صوت بر سطح فلز مذاب هدایت می‌کنند و با کج کردن و چرخاندن بشکه، همواره سطح تازه‌ای از فلز مذاب را در معرض اکسیژن قرار می‌دهند.

اکسایش ناخالصی‌ها بسیار سریع صورت می‌گیرد و وقتی محصولات گازی مانند CO_2 رها می‌شوند، توده مذاب را به هم می‌زنند، بطوری که آهن ته ظرف، رو می‌آید. دمای توده مذاب، بی آنکه از گرمای خارجی استفاده شود، تقریبا به دمای جوش آهن می‌رسد و در چنین دمایی، واکنش ها فوق‌العاده سریع بوده، تمامی این فرایند، در مدت یک ساعت یا کمتر کامل می‌شود و معمولا محصولی یکنواخت و دارای کیفیت خوب بدست می‌آید.

۶- تبدیل آهن به فولاد

آهن مذاب تصفیه شده را با افزودن مقدار معین کربن و فلزهای آلیاژ دهنده مثل: وانادیم، کروم، تیتانیم، منگنز و نیکل به فولاد تبدیل می‌کنند. فولادهای ویژه ممکن است مولیبدن، تنگستن یا فلزهای دیگر داشته باشند. این نوع فولادها برای

مصارف خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دمای زیاد، آهن و کربن با یکدیگر متحد شده، کربید آهن (Fe3C) به نام «سمانتیت» تشکیل می‌دهند. این واکنش، برگشت‌پذیر و گرماگیر است.
هرگاه فولادی که دارای سمانتیت است، به‌کندی سرد شود، تعادل فوق به سمت تشکیل آهن و کربن، جابجا شده، کربن به‌صورت پولک های گرافیت جدا می‌شود و به فلز، رنگ خاکستری می‌دهد. برعکس، اگر فولاد به سرعت سرد شود، کربن عمدتا به شکل سمانتیت که رنگ روشنی دارد، باقی می‌ماند. تجزیه سمانتیت در دمای معمولی به اندازه‌ای کند است که عملا انجام نمی‌گیرد.

۷- فولاد زنگ‌نزن
این نوع فولاد، جزو فلزات بسیار مقاوم در برابر خوردگی است و در صنایع شیر آلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع فولاد، آلیاژ فولاد با کروم می‌باشد و گاهی نیکل نیز به این آلیاژ اضافه می‌شود.

۸- روش های تولید فولاد
از نظر تولید، فولاد به سه نوع تقسیم می شود:
۸-۱- فولاد نورد گرم: این فولاد در کارخانه ذوب آهن تولید می شود.
۸-۲- فولاد با اصلاح سرد: بر روی فولاد نرمه، عملیات ویژه ای نظیر کشیدن، از حدیده گذراندن، ضربه زدن و غیره بدون حرارت انجام می گیرد و در این عملیات (اصلاح سرد) مقاومت کششی فولاد افزایش اما شکل‌پذیری آن کاهش می‌یابد.
۸-۳- فولاد گرم عمل آورده: تحت عملیات ویژه ای فولاد با حرارت بسیار بالا سرد می‌شود که این فولاد بسیار شکننده است اما دارای مقاومت کششی خیلی بالا خواهد بود و مصارف ویژه ای دارد که در بخش ساختمان های متعارف هیچگونه کاربردی نداشته و می‌تواند از موضوع بحث کنار گذاشته شود. لذا به بررسی دو نوع «فولاد نورد گرم» و «اصلاح سرد» پرداخته می شود.
الف) انواع میلگردهای نورد گرم:
میلگرد AI : میلگرد با فولاد نرمه (S240) حد تسلیم۲۲۰۰ تا۲۴۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع و درصد حداقل ازدیاد طول نسبی در حالت گسیختگی ۱۸٪
میلگرد AII : میلگرد نیمه سخت (S340) حد تسلیم۳۰۰۰ تا۳۵۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع و درصد حداقل ازدیاد طول نسبی در حالت گسیختگی ۲۰٪-۱۴٪
میلگرد AIII : میلگرد با فولاد نیمه سخت (S400) حد تسلیم ۴۰۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع و درصد حداقل ازدیاد طول نسبی در حالت گسیختگی ۱۸٪-۸٪
میلگرد AIV : میلگرد با فولاد سخت (S500) حد تسلیم ۵۰۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع و درصد حداقل ازدیاد طول نسبی در حالت گسیختگی ۱۶٪-۸٪

توضیح: میلگردهای نوع AIV با حد تسلیم بالای ۴۰۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع مربوط به فولاد سخت است و براساس آئین نامه ها در بتن سازه ها بدلیل عدم شکل‌پذیری نباید مصرف شود (بند۹-۲۰-۲-۳-۲ مقررات ملی ساختمانی).

ب) میلگردهای تولیدی با اصلاح سرد:

عملیات اصلاحی بر روی میلگردهای با نورد گرم با تغییر در بافت بلورین سه بعدی صورت می گیرد و کلیه ویژگی های قبلی فولاد عوض می شود. (افزایش تنش تسلیم و کاهش تغییر طول نسبی) که این عملیات به چند صورت امکان‌پذیر می باشد:

۱-کشیدن میلگرد و تقلیل قطر آن بطوری که میلگرد را از قالب های مخصوص رد می‌کنند که همراه کشش و تقلیل قطر پیدا می کند.

۲- ضربه زدن

۳- پیچاندن

که در حال حاضر با توجه به امکانات کارگاه های غیراستاندارد بیشتر از روش اول استفاده می شود.

در خصوص این نوع از میلگردهای تولیدی (اصلاح سرد) با توجه به کاهش طول نسبی کمتر از آئین‌نامه (حدوداً ۳٪ تا ۶٪) و افزایش تنش تسلیم آن حدوداً ۵۰۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع با در نظر گرفتن مباحث قبلی استفاده از آن در سازه های بتن آرمه معمول مجاز نمی باشد.

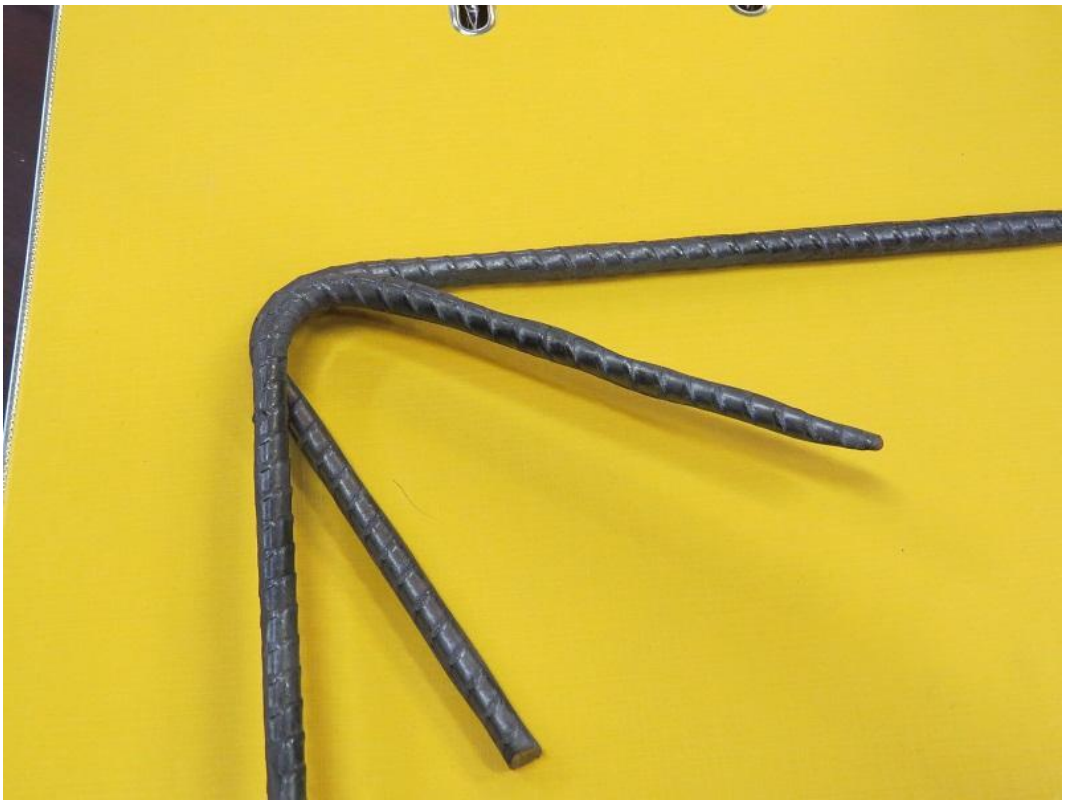
در یک آزمایش بر روی میلگردهای اصلاح سرد نتایج زیر بدست آمده است:

ϕ 8	عملیات سرد	ϕ10		
kg/cm2 ۵۷۶۹	عملیات سرد	۲۲۰۰ kg/cm2	حد تسلیم	
٪۶	عملیات سرد	٪۲۵	تغییر طول نسبی	

همانطوری که مشاهده می‌شود با توجه به مقادیر مجاز آئین نامه، این نوع میلگردها قابل قبول در تهیه خاموت های اسکلت بتن آرمه نمی باشد که متاسفانه در تعدادی از کارگاه های غیرمجاز تولید و در سطح گسترده اقدام به توزیع آن به شکل خاموت می‌نمایند.

برخی از تولیدکنندگان این محصولات غیراستاندارد، تولید آنرا جهت مصارف غیرسازه‌ای عنوان کرده و برای مثال آنرا جهت اجرای سقف کاذب و... بدون مشکل می‌دانند. در عمل این نوع میلگردها عموماً در تولید خاموت یا بعضاً خرپای تیرچه و خاموت استفاده می‌شوند.

تصاویر خاموت های غیر استاندارد حاصل از بازیافت فولاد:



با توجه به خواص این نوع میلگردها که به شدت در مقابل حرارت حساس بوده و تحت هیچ شرایطی نباید در کاربرد آن از جوش قوس الکتریکی–که در اجرای سقف های کاذب مرسوم است– استفاده شود.

بنا به اطلاعات جمع آوری شده مضاف بر موارد ذکر شده، شواهدی مبتنی بر روش دیگری از تولید مصالحی شبیه میلگرد با ذوب ضایعات فولادی و میلگردهای ضایعاتی به صورت پرسی و ریختن آنها در قالب هایی شبیه آج های میلگرد موجود می باشد که در بازار به نام خاموت پرسی شناخته می شود که تعداد ۶۰ مورد از این کارگاه ها در تهران بازرسی و تعطیل شده است. براساس نتایج آزمایشات انجام شده در تهران مقاومت کششی این نوع میلگرد در حدود ۳۰۰–۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بوده و به هیچ وجه شرایط شکل پذیری لازم را نیز تامین نمی نماید. بنابراین محصول تولیدی کیفیت و مشخصات فنی بسیار نازل تری از انواع میلگردهای اصلاح سرد را دارد و قابل استفاده در اسکلت های ساختمانی نمی باشد. البته موضوع میلگردهای غیراستاندارد و فاقد کیفیت صرفاً در خاموت های مصرفی خلاصه نشده، و اخیراً در سطح بازار خرید و فروش آهن آلات بعضاً میلگردهای وارداتی با سایزهای مختلف مشاهده شده که اگر در این مقطع نیز پیگیری مناسب صورت نگیرد مشابه خاموت های آماده حجم زیادی از عملیات ساختمانی را تحت پوشش خود خواهد گرفت.

۹- مقایسه قیمت

در اینجا لازم است اشاره ای به مقایسه قیمت تولید فولاد به روش استاندارد و به روش غیر استاندارد شود: در ذوب آهن (با روش کوره بلند) به دلیل استفاده از ذغال سنگ، آنهم براساس استانداردهای جهانی، هزینه تمام شده انرژی سه برابر کوره قوس است و دولت باید از ذوب آهن حمایت کند چون شرایط نابرابر است. تولید فولاد استاندارد به ازای هر کیلوگرم ۶۵۰ تومان و در روش احیا (کوره قوس) ۲۱۰ تومان می باشد. و این در حالی است که در بازار هر دو نوع فولاد به یک قیمت به فروش می رسند!!

۱۰- پرسش هایی که هنگام مقایسه استاندارد فولاد ها باید مطرح شوند

وقتی که دو یا چند استاندارد فولاد را مقایسه می کنیم، باید پرسش های زیر را مطرح کنیم:

۱۰-۱- آیا خواص مکانیکی باید معیار اصلی باشد یا ترکیب شیمیایی؟

۱۰-۲- اگر خواص مکانیکی قابل مقایسه هستند، کدام ویژگی باید اولین معیار مقایسه باشد؟ استحکام تسلیم، استحکام کششی، تغییر طول نسبی، استحکام ضربه، سختی یا ....؟

۱۰-۳- اگر معیار اولیه انتخاب استحکام کششی است آیا معیار دومی نیز برای رده بندی فولاد مقایسه شونده در یک گروه وجود دارد ؟ مثلا" استحکام تسلیم یا سختی یا ....؟

۱۰-۴- در مواقعی که خواص مکانیکی یا ترکیب شیمیایی با تغییر ضخامت سطح مقطع یک گرید فولاد تفاوت می کند، کدام ضخامت سطح باید به عنوان معیار مقایسه انتخاب گردد؟

۱۰-۵- آیا دو فولادی که حداقل استحکام کششی یکسان اما استحکام تسلیم متفاوت دارند، مشابه هستند؟

۱۰-۶- مقایسه باید بر چه مبنایی انجام شود: بر اساس مقادیر حداکثر، حداقل یا مقادیر میانگین؟

۱۰-۷- آیا می توان فولادهای آلیاژی و فولادهای زنگ نزن را بر اساس خواص مکانیکی آنها مقایسه کرد، در زمانی که آنها را معمولا بر اساس قابلیت های عناصر آلیاژی شان به منظور کاربرد در شرایط مورد نظر انتخاب می کنند؟

۱۰-۸- آیا مقایسه فولادها تنها بر اساس ترکیب شیمیایی آنها صرف نظر از شکل محصول، صحیح است؟ در این صورت، آیا فولادهای آهنگری (Forging) قابل مقایسه با ورق های فولادی یا لوله ها تنها به این دلیل که ترکیب شیمیایی یکسان داشته و داده های مهندسی آنها برای کاربرد مورد نظر مناسب است، می باشند؟

۱۱- خلاصه ای از محدوده عناصر شیمیایی مربوط به ASTM A 941 (فولاد آلیاژی) و EN 10020 (فولاد غیر آلیاژی) در جدول زیر آمده است.

جدول محدوده مربوط به ASTM A 941 و EN 10020 برای فولاد آلیاژی و فولاد غیر آلیاژی (درصد وزنی)

نماد	نام	EN 10020:2000	ASTM A 941-03
Al	آلومینیوم	۰/۳	۰/۳
B	بر	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۸
Bi	بیسموت	۰/۱	---
Co	کبالت	۰/۳	۰/۳
Cr	کرم	۰/۳	۰/۳
Cu	مس	۰/۴	۰/۴
La	لانتانیوم	۰/۱	---
Mn	منگنز	۱/۶۵	۱/۶۵
Mo	مولیبدن	۰/۰۸	۰/۰۸
Nb	نیوبیوم	۰/۰۶	۰/۰۶
Ni	نیکل	۰/۳	۰/۳
Pb	سرب	۰/۴	۰/۴
Se	سلنیوم	۰/۱	---
Si	سیلیسیوم	۰/۶	۰/۶
Te	تلوریوم	۰/۱	---
Ti	تیتانیوم	۰/۰۵	۰/۰۵
V	وانادیوم	۰/۱	۰/۱
W	تنگستن	۰/۳	۰/۳
Zr	زیرکونیوم	۰/۰۵	۰/۰۵
	سایر عناصر به جز کربن، فسفر، گوگرد و نیتروژن	۰/۱	۰/۱

آنچه در جدول فوق در نگاه اول دیده می شود این است که محدوده ها به نظر شبیه هم هستند اما باید به اصل۷۰٪ (70% rule) در EN 10020 توجه کرد. این اصل تصریح می کند:

هر جا برای عناصر (به جز منگنز) فقط مقدار حداکثر (.max) در استاندارد محصول یا مشخصه آنالیز مذاب، مشخص شده باشد، ۷۰٪ این مقدار حداکثر باید برای رده بندی فولاد به کار رود.

در برخی موارد، اصل ۷۰٪ باعث می شود برخی فولاد ها قابل مقایسه با یکدیگر نباشند.

بعنوان مثال، استاندارد EN 10028-3 با عنوان:

Flat Products Made of Steels for Pressure Purposes Part3: Weldable Fine Grain Steels, Normalized

شامل فولادهایی با مقدار نیکل حداکثر ۰/۵٪ است (به عبارت دیگر الزامی در مورد حداقل میزان نیکل وجود ندارد). با کاربرد اصل ۷۰٪ این فولاد می تواند ۰/۳۵٪ نیکل داشته باشد که بیشتر از مقدار ۰/۳٪ است که حداکثر میزان برای فولادهای غیر آلیاژی (فولاد کربنی) است. بدین ترتیب، با کاربرد این اصل، این فولاد در رده فولادهای آلیاژی قرار می گیرد و غیرقابل مقایسه با فولاد های غیر آلیاژی خواهد بود.

فصل سوم:

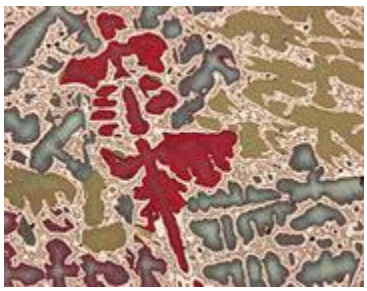
"نتایج آزمایشگاهی که می تواند در کارگاه های بزرگ انجام پذیرد"

برای درک بهتر از مطالب ارائه شده و با توجه به تنوع فولادهای موجود که در برخی اوقات کارفرما اقدام به نمونه گیری نکرده و در موقعیت های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد، روش های متالوگرافی و کوانتومتر به شرح زیر طرح می گردد.

۳-۱- متالوگرافی چیست؟

متالوگرافی (Metallography)، آماده سازی نمونه ها برای بررسی های میکروسکوپی و مطالعه ریزساختار به منظور تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی آن آلیاژ خاص می باشد.

در واقع متالوگرافی اولین مرحله برای مشاهده سطح اجسام می باشد. با متالوگرافی، در حقیقت سطح جسم برای مشاهده، البته با چشم مسلح، آماده می شود.



آماده سازی شامل تهیه قطعه ای از فلز، برش تکه ای کوچک از این فلز، قرار دادن آن در داخل مواد مانت (به سبب کوچک بودن بیش از اندازه این قطعات، جابه جایی آن ها سخت است)، سایش سطح فلز با انواع مختلفی از ساینده های ریز، پولیش قطعه تا زمان برطرف شدن کلیه خراش های ناشی از سایش نهایی، قرار دادن نمونه در معرض یک محیط خورنده (معمولا اسیدی) و در نهایت مشاهده آن در میکروسکوپی با محدوده بزرگنمایی ۱۵۰۰-۵۰ برابر می باشد.

ریزساختار اتمی نمونه پولیش و اچ شده است. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه با سختی، سختی پذیری، استحکام کششی ماده مرتبط است.

متالوگرافی مشتمل بر دو نوع است: تحقیقاتی و کنترل کیفی. متالوگرافی کنترل کیفی برای صنعت بیشترین اهمیت را دارد. در کنترل کیفی، مدت زمان تحویل نمونه برای آماده سازی متالوگرافی تا هنگام ارائه نتایج بسیار پر اهمیت است.

آماده سازی نمونه:

دو دسته عملیات برای آماده سازی انجام می شود. اول یک سری عملیات های فیزیکی از قبیل تمیز کاری و صیقل دادن سطح فلز و سپس یک سری عملیات شیمیایی مثل اچ کردن که مرز دانه ها را برایمان واضح تر می کند.

بنا به تعریف، سطح متالوگرافی آماده شده به روش صحیح باید موارد زیر را تامین نماید:

**صاف و عاری از خراش، شکاف، زنگ و سایر آلودگی هایی باشد که به سطح صدمه می زنند.

**حاوی کلیه آخال های غیر فلزی سالم باشد.

**عدم وجود هر گونه براده یا تراشه ناشی از ترکیبات بین فلزی سخت و ترد.

**عاری از هر گونه اثرات فلزات مزاحم باشد.

در بسیاری از اوقات عملیات تولید تا زمان اتمام فعالیت آزمایشگاه متالوگرافی برای ارزیابی مواردی از قبیل: آیا عملیات حرارتی انجام گرفته، سختی یا اندازه دانه مورد نظر را فراهم نموده است؟ و یا آیا در عملیات کربن دهی به عمق سختی مطلوب رسیده ایم؟ و مواردی از این قبیل متوقف خواهد شد.

یک نمونه کوچک که از یک قطعه فولادی جدا شده را در نظر بگیرید که یک سطح تخت مناسب در یک طرف این نمونه بوسیله اره کردن و سنگ زنی آمده شده است. روش معمول این است که این نمونه در یک قرص پلاستیکی با قطر یک اینچ ۲۵ میلیمتر و ضخامت یک دوم اینچ نصب می شود به طوری که سطحی از نمونه که قرار است پولیش شود در یک طرف دیسک قرار بگیرد. در یک روش برای تولید این قرص نمونه در داخل یک قالب ساده استوانه ای قرار داده شده و سپس رزین اپوکسی مایع در داخل قالب ریخته می شود.

این مراحل به چهار مرحله مختلف طبقه بندی می شود:

۱. سایش نرم

۲. پرداخت خشن

۳. پرداخت نهایی

۴. اچ کردن

در سه قسمت اول هدف اصلی کاهش ضخامت لایه تغییر شکل یافته زیر سطح نمونه است عملیات برش سنگ زنی و سایش فلز نزدیک به سطح را به شدت تغییر شکل می دهند. ساختار واقعی فلز تنها زمانی آشکار می شود که لایه تغییر شکل یافته کاملا از روی سطح برداشته شود. چون هر مرحله از آماده سازی نمونه نیز به خودی خود باعث تغییر شکل در سطح می شود، بنابراین در هر مرحله باید از ساینده های نرم تر از قبلی استفاده شود. هر ساینده سبب جدا شدن لایه تغییر شکل یافته ناشی از مرحله قبل می شود در حالی که همین ساینده، یک لایه اعوجاج یافته با عمق کمتر نیز تولید می کند.

۱. سایش نرم

در این مرحله سطح نمونه با استفاده از پودر های کاربید سیلیسیم که بر ریو کاغذ های مخصوص تعبیه شده اند ساییده می شود ممکن است نمونه بصورت دستی روی کاغذ سنباده ای که روی یک سطح تخت نظیر یک تکه شیشه تخت قرار دارد ساییده شود همچنین ممکن است کاغذ سنباده روی سطح یک چرخ دوار افقی و تخت چسبانیده شده و سپس نمونه متالوگرافی روی آن قرار داده شود در هر دو روش معمولا از آب به عنوان یک روانساز استفاده می شود که باعث حمل ذرات جدا شده از سطح نیز می شود سه نوع ساینده با شماره های ۳۲۰ ،۴۰۰، ۶۰۰ که در آنها به ترتیب اندازه ذرات کاربید سیلیسیم برابر ۳۳ ، ۲۳ ، ۱۷ میکرون است مورد استفاده قرار می گیرند در هر یک از مراحل سایش اولیه نمونه بصورتی روی یک سطح حرکت داده می شود که خراش ها فقط دریک جهت تشکیل شود هنگام تعویض یک کاغذ سنباده نمونه به اندازه تقریبی ۴۵ درجه دوران داده می شود که در نتیجه خراش های جدید تشکیل شده در روی سطح با خراش های قبلی زاویه می سازند سایش تا زمانی ادامه می یابد که خراش های تشکیل شده از مراحل قبل ناپدید شوند.

۲. پرداخت خشن:

این مرحله بسیار حساس است در حال حاضر ماده ساینده مورد استفاده برای عملیات پرداخت خشن پودر الماس با اندازه دانه تقریبی ۶ میکرون است پودر الماس در خمیری قابل حل در روغن نگه داری و حمل نقل می شود در این مرحله مقدار کمی

از این خمیر بر روی سطح یک چرخ دوار که با یک پارچه نایلونی پوشیده است قرار می گیرد روانساز مورد استفاده در حین عملیات پرداخت روغنی مخصوص است نمونه روس چرخ دوار با فشار قابل ملاحظه ای فشار داده می شود در طول این مرحله نمونه در یک محل خاص و ثابت روی چرخ دوار با فشار قابل ملاحظه ای فشار داده می شود در طول این مرحله نمونه در یک محل خاص ثابت روی چرخ پرداخت نگه داشته نمی شود و د حول چرخ و در جهت مخالف دوران چرخ حرکت داده می شود در نتیجه عمل پرداخت با یکنواختی بالایی انجام می شود ذرات الماس خاصیت داده می شود در نتیجه عمل پرداخت با یکنواختی بالایی انجام می شود ذرات الماس خاصیت برش شدیدی داشته و در جدا کردن لایه عمیق تغییر شکل یافته ناشی از عملیات سایش اولیه بسیار موثرند پودر الماس ۶میکرون قادر به جدا سازی لایه تغییر شکل یافته حاصل از ساینده کاربید سیلیسیم ۱۷ میکرونی در مرحله آخر سایش اولیه است.

۳. پرداخت نهایی:

در این مرحله خراش های ظریف و لایه های اعوجاج یافته بسیار ریز که از مرحله پرداخت خشن باقی مانده اند جدا می شوند ماده پرداخت مورد استفاده اغلب پودر آلومینا از نوع گاما با اندازه دانه ۰/۰۵ میکرون است. این پودر روی یک چرخ دوار پوشیده شده با پارچه ریخته شده و از آب مقطر به عنوان رونساز استفاده می شود بر خلاف پارچه نایلونی بدون پرز استفاده شده در پولیش خشن، پارچه مورد استفاده در مرحله عموما پرزدار است چنانچه این مرحله و مرحله قبلی با دقت کافی انجام شوند، سطحی عاری از خراش و تقریبا بدون هیچ لایه فلزی اعوجاج یافته قابل تشخیص تشکیل می شود.

تا این مرحله انواع مختلفی از عملیات فیزیکی روی قطعه انجام شده است. اکنون نوبت به انجام یک عملیات شیمیایی به نام اچ کردن میرسد.

به نظر شما چرا مجموعه آماده سازی فیزیکی به تنهایی برای آماده مشاهده سطح کفایت نمی کند؟

جواب را باید در محدودیت های آماده سازی فیزیکی جستجو کرد. آماده سازی فیزیکی حداکثر یک سطح صاف و صیقلی در مقیاس ماکروسکوپی برای ما فراهم می آورد ولی برای ورود به دنیای میکروسکپی و یا حتی نانوسکوپی باید از استفاده محلول های شیمیایی استفاده نمود. شاید مهم ترین دلیل استفاده از عملیات شیمیایی عدم توانایی عملیات فیزیکی در متمایز کردن مرز دانه هاست.

۴. اچ کردن:

معمولا در نمونه متالوگرافی ساختار داده ها پس از پایان عملیات پرداخت نهایی در زیر میکروسکوپ مشخص نیست ضخامت مرز دانه های یک فلز در بهترین حالت در حد ضخامت چند اتم است در حالی که توان آشکار سازی یک میکروسکوپ بسیار کمتر از حد لازم برای تشخیص آنهاست تنها در فلزی که بلور هایی با رنگ های مختلف در تماس با یکدیگر باشند، قابل رویت ساختن مرز دانه ها نمونه های متالوگرافی اچ می شوند که این عملیات با فرو بردن سطح نمونه پولیش شده در یک محلول اچ ضعیف اسیدی یا قلیایی انجام می شود. رایج ترین محلول مورد استفاده برای فولاد های نایتال نام دارد که محتوی محلول ۲٪ اسید نیتریک در الکل است در بعضی حالات می توان عمل اچ را توسط مالش ملایم یک تکه پنبه آغشته به محلول اچ بر روی سطح انجام داد در هر صورت در نتیجه این عمل مقداری از سطح فلز حل شده و

از سطح خارج می شود چنانچه محلول اچ مورد استفاده مناسب باشد سطح فلز بصورت یکنواخت حل نمی شود گاهی عامل اچ کننده به مرز دانه ها سریع تر از سطح دانه ها حمله می کند سایر محلول سایر محلول های اچ، دانه های مختلف را بر اساس جهت گیری آن ها حل خواهند کرد. پس از اچ کردن مرز ها به صورت پله هایی کم عمق در سطح ظاهر می شوند. جداره های عمودی این پله ها نور را همانند سطوح بلوری نسبتا صاف به عدسی های شیئ میکروسکوپ منعکس نمی کنند و در نتیجه محل مرز بلوری در زیر میکروسکوپ قابل رویت می شوند.

انواع روش های اچ کردن :

اچ نوری

اچ الکتروشیمیایی

اچ کردن رسوبی

اچ کردن به روش رنگ آمیزی حرارتی

اچ کردن شیمیایی

اچ فیزیکی

اچ کاتدی

اچ حرارتی

در آزمایشگاه متالوگرافی چه خدماتی ارائه می شود:

- بررسی ریز ساختار و درشت ساختار متالوگرافی فلزات با استفاده از میکروسکوپ های نوری و الکترونی
- تعیین نوع، اندازه و توزیع گرافیت در چدن ها
- تعیین اندازه دانه در ریز ساختار فلزات
- ضخامت سنجی پوشش ها و اندازه گیری ضخامت لایه دکربوره
- بررسی خطوط سیلان در قطعات فورج و ماکروگرافی مقاطع جوش
- تهیه سولفور پرینت و رپلیکا (متالوگرافی غیرمخرب)
- تعیین سیکل عملیات حرارتی، فرآیند تولید و نوع عملیات سطحی
- بررسی علت شکست قطعات فلزی (Fractography)

نام دستگاه: Optical Microscope – ساخت آلمان

تجهیزات جانبی: میکروسکوپ استریو

خدمات قابل ارایه در آزمایشگاه متالوگرافی

" شرح خدمات"	"هزینه خدمات (ریال)"
متالوگرافی (همراه با گزارش و ۶ عکس رنگی)	۱,۴۰۰,۰۰۰ ریال
تعیین متوسط عدد اندازه دانه، تعیین عمق لایه دکربوره، اندازه حفرات (همراه با گزارش و ۲ عکس رنگی)	۸۰۰,۰۰۰ ریال
بررسی ریزساختار و درشت ساختار متالوگرافی و تهیه تصاویر در ساعات اداری به ازای هر ساعت	۸۰۰,۰۰۰ ریال
متالوگرافی نمونه های خاص که نیاز به انجام کار بیش از حد معمول دارند (همراه با گزارش و ۶ عکس رنگی)	۱,۵۰۰,۰۰۰–۲,۰۰۰,۰۰۰
ضخامت سنجی پوشش (همراه با گزارش و ۲ عکس رنگی)	۸۰۰,۰۰۰ ریال
ضخامت سنجی پوشش نمونه های خاص (ظریف، ضخامت کم، نیازمند چسب نقره و ...) با گزارش و عکس	۱,۱۵۰,۰۰۰ ریال
تهیه رپلیکا (همراه با گزارش و عکس) در محل آزمایشگاه متالوگرافی	۳,۵۰۰,۰۰۰ ریال

* در کلیه موارد فوق هزینه آماده سازی نیز گنجانده شده است.

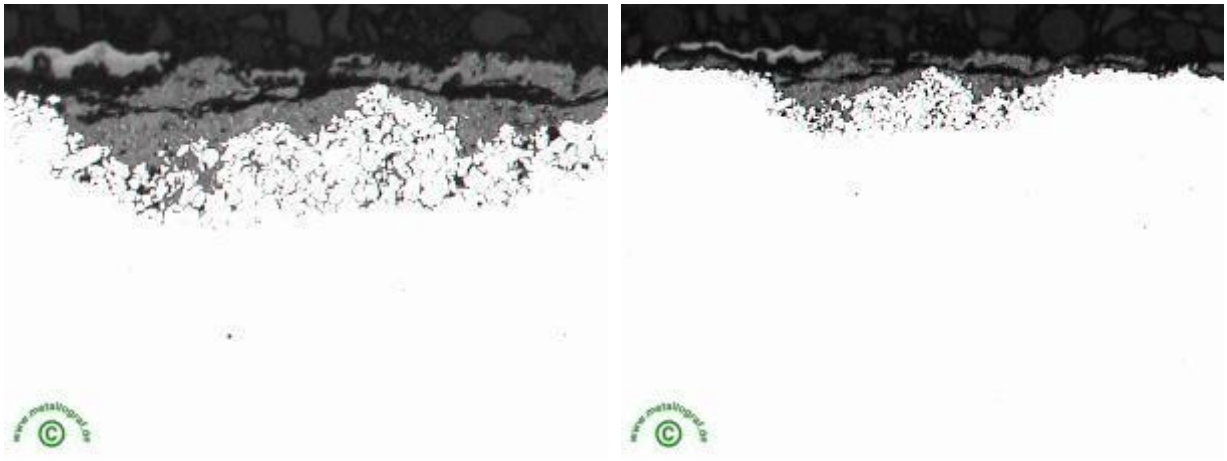
* در ضخامت سنجی پوشش های چند لایه، به ازای هر لایه اضافی ۳۵۰۰۰۰ ریال به هزینه فوق افزوده می شود.

* در صورت درخواست تصاویر متالوگرافی اضافه بر تصاویر ارائه شده در گزارش، برای تصاویر از قبل تهیه شده مبلغ ۵,۰۰۰ ریال و برای تصاویر متالوگرافی تهیه شده به درخواست مشتری مبلغ ۳۰,۰۰۰ ریال به ازای هر تصویر دریافت می شود.

نمونه های بررسی شده در آزمایشگاه

- حفره های پوسته به همراه اکسیداسیون مرز دانه ای

به علت وجود پارامتر های ناخواسته در طی عملیات آنیل حل سازی، مانند دمای بالا و زمان نگهداری زیاد در آن دما، امکان تشکیل پوسته های ضخیم وجود دارد. این پوسته ها همراه با تشکیل نواحی زخم مانندی است همراه است. البته انتخاب نادرست پارامتر های آنیل با ایجاد آشفتگی در کوره نیز می تواند باعث ایجاد این عیوب شود. تحت تأثیر اکسیژن در دمای بالا، لایه های اکسیدی که به نام پوسته نیز نامیده می شوند، می توانند بر روی سطح فلزات تشکیل شوند. اکسیداسیون مرزدانه ای نمونه ای از پوسته اکسیدی است که در راستای مرز دانه پیشروی می نماید. تصاویر زیر این عیب را در یک میلگرد به قطر ۱۰ میلیمتر از فولاد ۱۰۴۳۰۳ در شرایط آنیل حل سازی نشان می دهند.

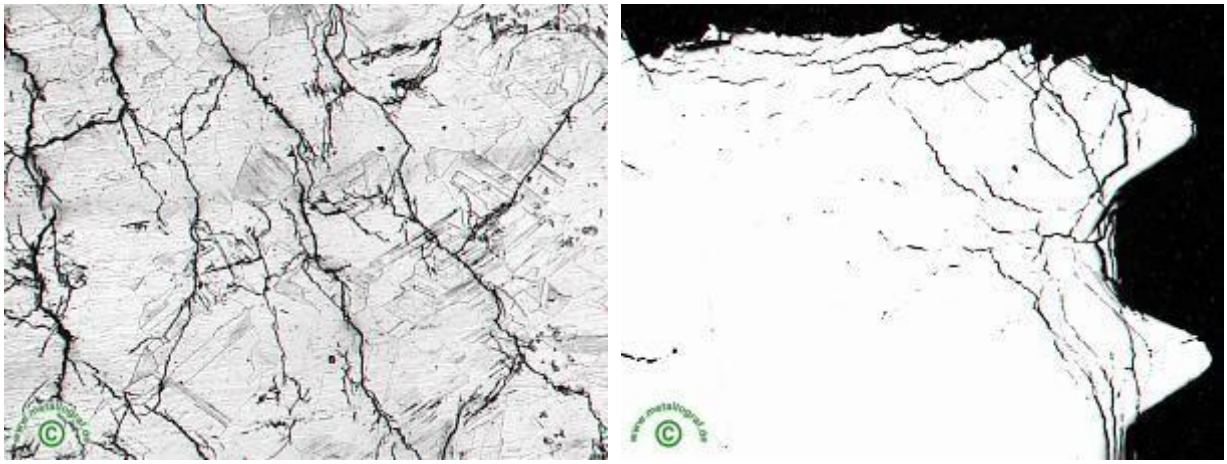


حفره اکسیدی همراه با اکسیداسیون مرزدانه ای در عمق ۰٫۰۸ میلیمتری از سطح، بزرگنمایی های ×۱۰۰ و ×۲۰۰

- ترک ناشی از خوردگی تنشی (SCC) در پیچ

ترک خوردگی تنشی در نمونه هایی که دارای تنش داخلی و یا تحت تنش کششی بوده و تحت تأثیر یک محیط خورنده اند، رخ می دهد. به ویژه محیط های کلریدی و محلول های قلیایی قوی محرک شدیدی برای این نوع خوردگی هستند. پس از پایان دوره نهفتگی، ترک های اولیه ریز میکروسکوپی شروع به رشد می کنند. سپس ترک های قابل رویت از آنها ظاهر می شوند. ترک ها در جهت عمود بر راستای تنش های کششی گسترش می یابند. این ترک ها عمدتاً درون دانه ای بوده و به ندرت مرزدانه ای هستند. این ترک ها می توانند باعث شکست نمونه شوند. تصاویر زیر بروز این عیب را در یک پیچ M6 از جنس فولاد ۱٫۴۴۰۴ در شرایط آنیل حل سازی و تغییر فرم سرد یافته نشان می دهد.

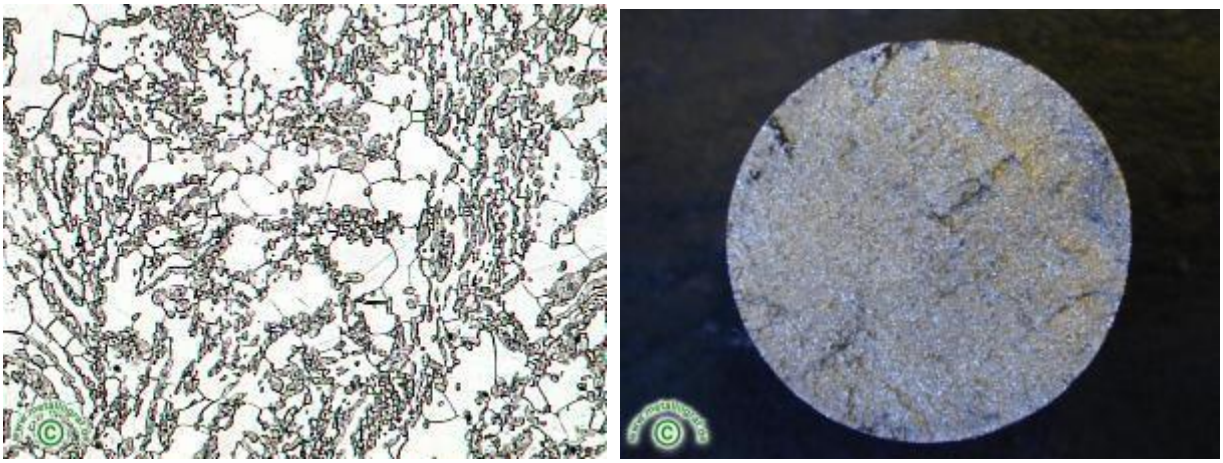
خوردگی و زنگ زدگی شدید، بزرگنمایی ×۱۰



ترک های تنش خوردگی ریز و درشت درون دانه ای و مرز دانه ای بدون جهت گیری خاصی، محلول اچ: نایتال ٪۲،
بزرگنمایی های ×۵۰ و ×۱۰۰

- شکست ساختار ترد

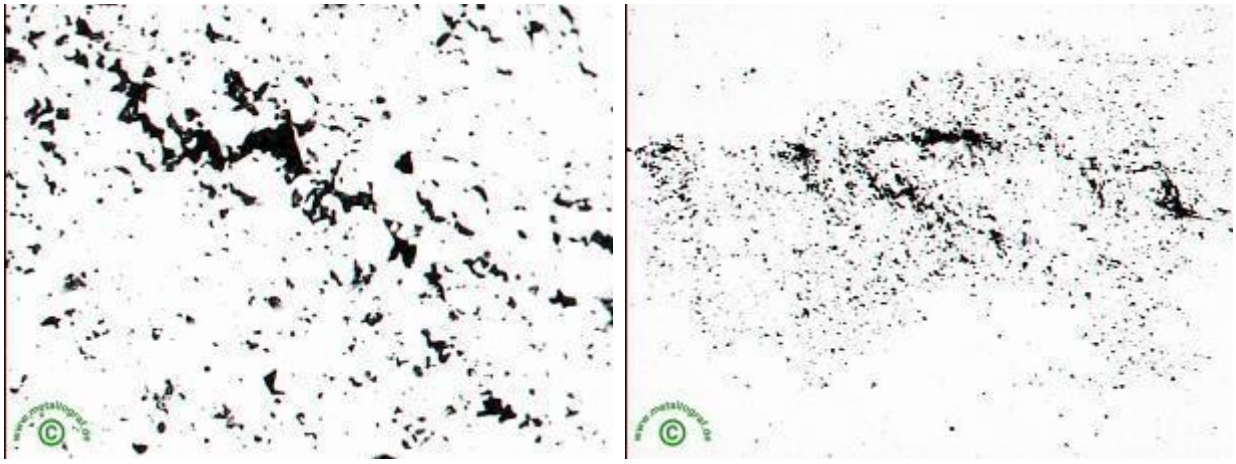
جهت تولید آسان فولاد باید ریزساختار مطابق با کاربرد مورد نظر نمونه باشد. ساختارهای ترد و شکننده مناسب کار سرد نیستند. بسته به میزان تغییرشکل و یا خمش امکان ترک و یا شکست نمونه وجود دارد. در این حالت ماده در اثر خمش خواهد شکست. بررسی های متالوگرافی ریزساختار مارتنزیتی یا فریتی ماده را مشخص می کند. نمونه آنیل شده با ساختار فریتی به همراه کاربید بدون هیچ مشکلی قابل تولید است. تصاویر زیر نشان دهنده وجود این ریزساختار در میلگرد فولادی از جنس ۱،۴۷۲۴ با قطر ۲۰ میلیمتر بدون هیچ گونه عملیات حرارتی است.



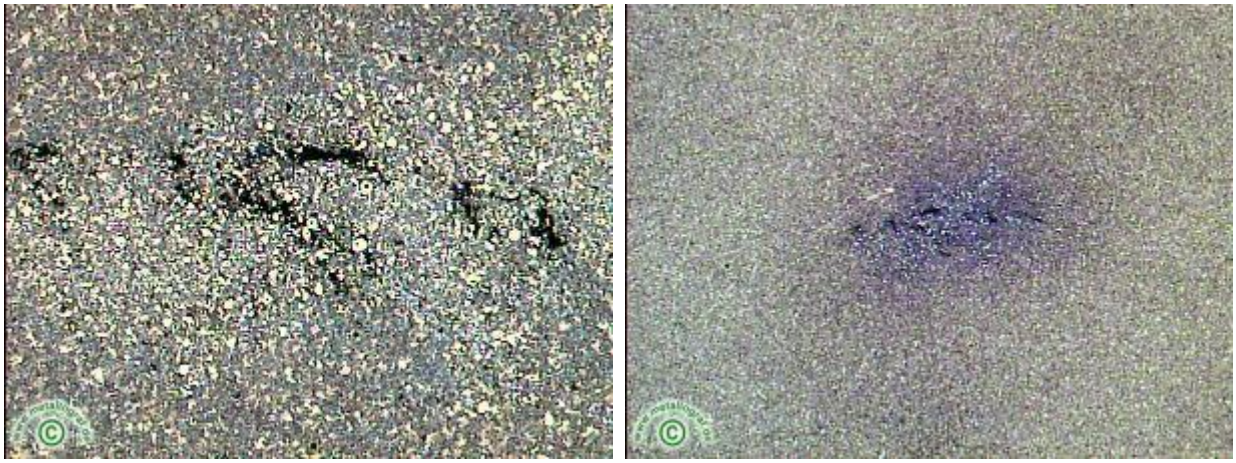
شکست کریستالی ظریف با ساختاری شامل ٪۴۰ مارتنزیت و ٪۶۰ فریت ، محلول اچ: (aqua regia (V2A-pickle،
بزرگنمایی: x۳ و x۱۰۰

- حفرات در مغز نمونه

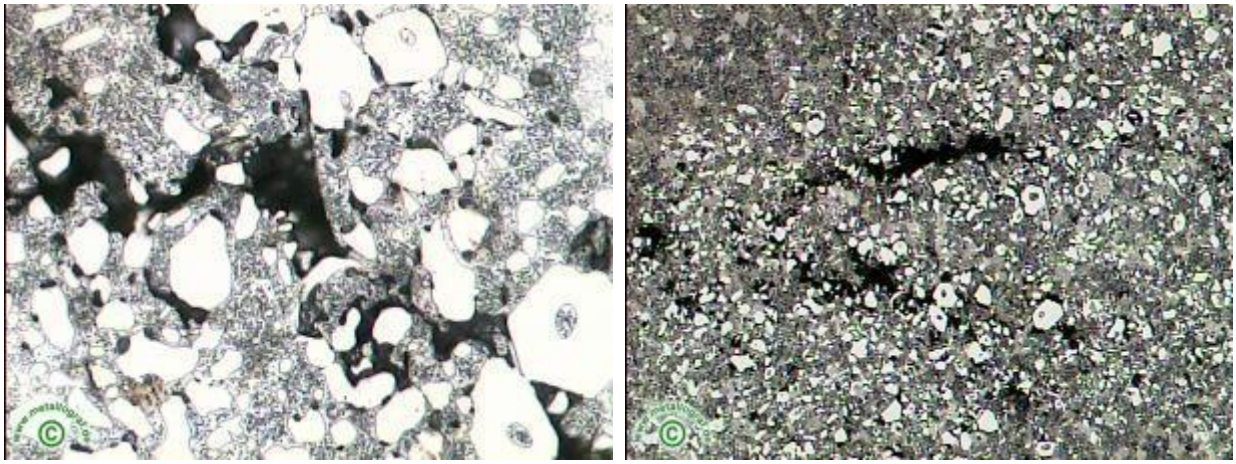
حفرات و نا پیوستگی ها در فولاد، که با تغییر فرم بیشتر قابل بسته شدن نیستند، زمانی ظاهر می شوند که در شمش حفراتی وجود داشته باشند. عامل دیگر بروز این عیوب می تواند ذوب موضعی و یا از هم پاشیدگی ناشی از دمای بیش از حد مغز نمونه در طی نورد یا فورج باشد. تصاویر زیر نشان دهنده وجود این عیب در میلگردهای فولادی از جنس ۱۰۲۳۷۹ با قطر ۱۳ میلیمتر و ۱۰۲۲۰۱ به قطر ۱۵ میلیمتر در شرایط آنیل اسفرودایز و اسید شویی شده است.



حفرات یا ناپیوستگی ها در مغز نمونه در فولاد ۱۰۲۳۷۹، بزرگنمایی x۵۰ و x۲۰۰



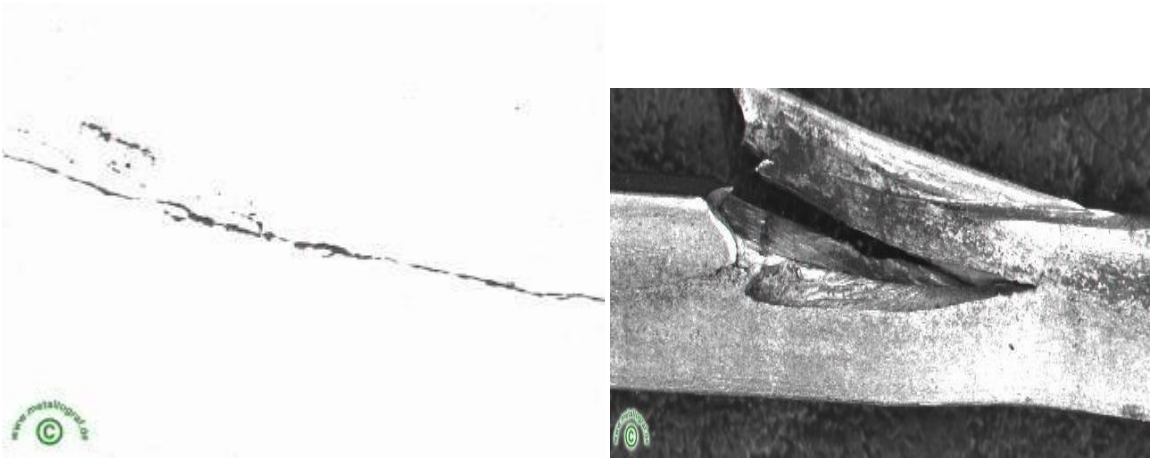
حفرات یا ناپیوستگی ها بهمراه جدایش شدید در مغز نمونه در فولاد ۱۰۲۳۷۹، محلول اچ: نایتال ٪۳، بزرگنمایی x۱۲۰۵ و x۵۰



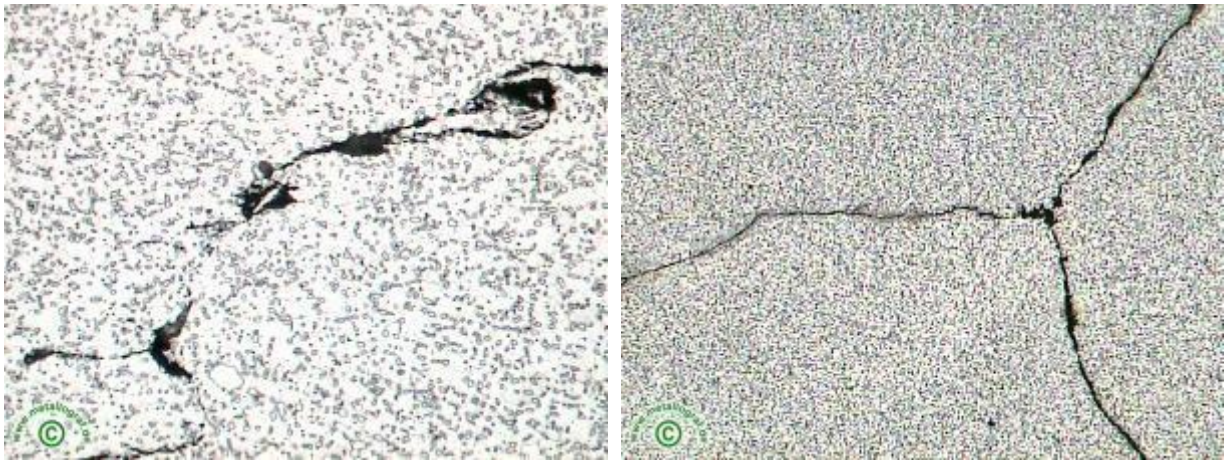
حفرات یا ناپیوستگی ها بهمراه جدایش شدید و تجمع کاربید های اولیه درشت در مغز نمونه در فولاد ۱،۲۳۷۹، محلول اچ: نایتال ٪۳، بزرگنمایی x۱۰۰ و x۵۰۰

- از عیوب کشش
- ترک های ایجاد شده در اثر عیوب داخلی

پس از ریختگی، حفرات گازی در فولاد پدیدار می شود که با تغییر فرم شمش بسته نمی شوند (از بین نمی روند). به عبارت دیگر، تغییر فرم بسیار کم و یا وجود سرباره موجود در درون حفره از بسته شدن آنها در شکل دهی گرم جلوگیری می کند. تصاویر زیر نشان دهنده وجود این عیب در میلگرد فولادی از جنس ۱،۴۱۲۲ در شرایط اسفردایز شده و اسید شویی شده است.



ترک های روی سطح ماده و آخال های غیرفلزی(سرباره ها) بعنوان عامل ایجاد ترک های داخلی ، بزرگنمایی x۶،۵ و x۵۰۰



ترک های داخلی در ساختار کاملاً اسفرودایز شده نشان دهنده عدم تأثیر ریزساختار در ایجاد این ترک ها، محلول اچ: aqua regia (V2A-pickle)، بزرگنمایی x۱۰۰ و x۵۰۰

۳-۲- کوانتومتر چیست؟

کوانتومتر دستگاهی است که به وسیله ی آن می توان میزان حضور عناصر مختلف در یک قطعه را محاسبه کرد.

دستگاه طیف سنج نوری که برخی آن را کوانتومتر می نامند از جمله سیستم های آنالیز دقیق برای اندازه گیری فلزات است که قابلیت تجزیه آلیاژ ها را با دقت زیاد دارد و همه عناصر آلیاژی موجود در نمونه را تعیین می کند. (آنالیز کیفی) و غلظت عناصر می تواند به وسیله اندازه گیری شدت خطوط به دست آید (آنالیز کمی).

همواره در ساخت قطعات، تعیین جنس، یکی از فاکتورهای مهم کارآیی قطعه می باشد. جنس هر قطعه باید مناسب با شرایط کاری مانند، محیط کار قطعه، دمای کار قطعه، اتمسفرکار قطعه، جنس سایر قطعات درگیر با قطعه و وظیفه ای که از قطعه انتظار می رود باشد. به همین دلیل انتخاب صحیح جنس برای یک قطعه بسیار حایز اهمیت می باشد که برای تامین این هدف استفاده از کوانتومترهای دقیق با دقت صدم درصد ضروری است.

بدین صورت که با قرار دادن قطعه ای که از قبل سطح آن مورد آماده سازی و سنگ زنی قرار گرفته و سطح آن کاملاً صاف و یکدست و عاری از هر گونه آلودگی و چربی (مانند روغن، گریس و...) که موجب تغییر در نتایج آزمایش می شود پاک شده و نمونه درست از همان قسمت پرداخت شده بر روی محلی که قرار است جرقه زده شود قرار داده می شود.

اصول این آزمایش بر پایه نشر نوری می باشد. نمونه در اثر تخلیه الکتریکی تبخیر می شود، اتم ها و یون های حاصل از تبخیر اتمی تحریک شده و تابش می کند که نور تابش شده از طریق یک فیبر نوری از درون یک طیف سنج نوری عبور می کند. با توجه به محدوده طول موج نشر نور هر عنصر، مناسب ترین خط نشری برای اندازه گیری غلظت آن عنصر در نمونه انتخاب می شود.