

عملیات پیش گرمایی و پس گرمایی

مقدمه

جوش (weld)

با توجه به تنوع و کاربرد های گوناگون جوشکاری تعریف جامع و در بر گیرنده ای که بتواند همه جوانب این فرایند را پوشش دهد، مشکل است. اما به طور کلی می توان تعریف کرد:

جوش دادن عبارت است از ایجاد پیوستگی مولکولی بین دو یا چند قطعه که حداقل یکی از آنها به طور موضعی تحت اثر حرارت به حالت خمیری در آمده باشد. این عمل ممکن است بدون فشار یا تحت فشار انجام پذیرد. به عبارت دیگر در فلزات، جوش یک محل اتصال متالورژیکی است که آن محل اتصال را نتوان از سایر قسمت ها از نظر:

۱ - پیوند های اتمی

۲ - خواص مکانیکی

۳ - ساختار میکروسکوپی

تشخیص داد. به طور کلی اتصال دائمی دو قطعه به یکدیگر در ناحیه مورد نظر به واسطه گرما، با واسطه یا بدون واسطه فلز جوش یا پوشش محافظ و یا بدون آنرا جوشکاری گویند.

طی، رأیند جوشکاری تغییرات متالورژیکی در اثر حرارت بالا (3000-500c) در مواد به وجود می آید که این تغییرات باعث بروز عیوب متالورژیکی خواهند شد. سه تغییر عمده متالورژیکی عبارتند از:

۱ - تغییر در ساختار و فاز

۲ - تغییر در اندازه دانه بندی

۳ - تغییر در ترکیب شیمیایی

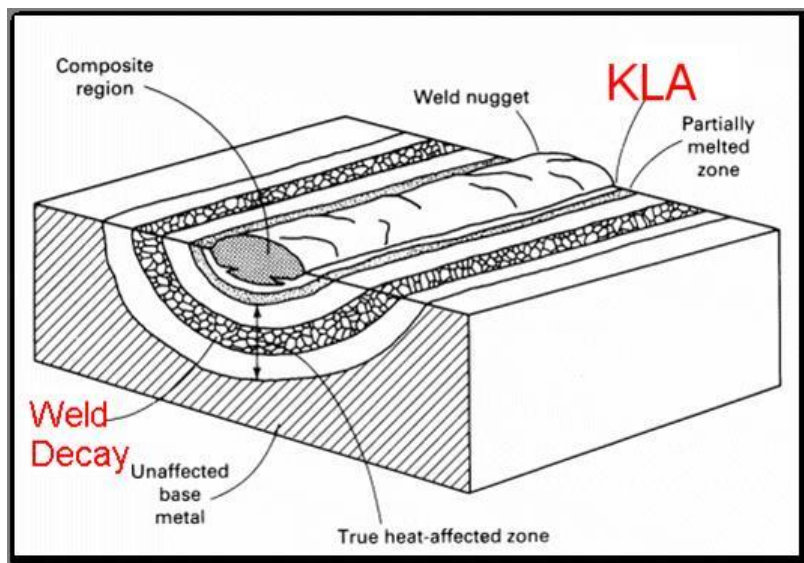
تغییرات فوق به صورت ناهمگن و نا منظم اتفاق می افتد که اگر نیرویی خارجی بر آنها تاثیر بگذارد نمیتوانند مقاومت خوبی از خود نشان دهند. برای کاهش این تغییرات لازم است تمهیداتی اندیشه شود که مهمترین آنها کنترل عملیات حرارتی است. هدف از انجام این عملیات جلوگیری از تعدادی عیوب خصوصا عیوب ناشی از تغییر فاز ها در فلز جوشو یا منطقه حرارت دیده (haz) و همچنین بهبود خواص جوش (weldment) می باشد.

عملیات حرارتی در جوش به دو گروه عمده تقسیم میشود:

۱ (عملیات حرارتی پیشگرم (Preheat)

۲ (عملیات حرارتی پسگرم (PWHT)

که در ادامه به طور مشروح به این دو فاکتور و عوامل متاثر از آنها می پردازیم.



عملیات پیشگرم

عملیات پیشگرم عبارتست از حرارت دادن قطعه به منظور بالا بردن دمای قطعه قبل از عملیات جوشکاری. به معنای دیگر قطعات را قبل از جوشکاری تا درجه حرارت معینی حرارت میدهند و بلافاصله بعد از رسیدن قطعه کار به آن درجه حرارت، جوشکاری را آغاز می‌کنیم. به طور کلی به هر عملیاتی که پس از جوشکاری به منظور بهبود خواص جوش صورت پذیرد پس گرمی گویند. به عنوان یک نظریه کلی PWHT می‌تواند با عملیات کاملاً متفاوت و متعددی مرتبط باشد.

این عامل ممکن است به دو صورت حرارت به کل فلز پایه و یا قسمتی از آن انجام گیرد تا آنکه منطقه‌ی مورد نظر به دمای مناسب جهت شروع عملیات حرارتی برسد به این دما دمای پیش گرم گفته می‌شود.

حرارت دادن فلز تا لحظه‌ی شروع جوشکاری ادامه می‌یابد اما بعد از آن دیگر نیازی به ادامه کار نیست چراکه حرارت ایجاد شده برای نگهداری فلز در فرایند جوش کافی است.

در مطالب قبل عنوان شد که پیش گرم به منظور جلوگیری از اختلاف دما و سرد شدن فلز جوش قبل از جوشکاری است و در فلز پایه ایجاد یک فاز متعادل را به همراه دارد این امر یکی از مهمترین عامل‌ها در پیشگرم کردن فلز پایه است، نیاز به PWHT از کد و مشخصات اجرایی با توجه محیط سرویس، استخراج میشود. عموماً PWHT برای رسیدن به اهداف زیر صورت می‌گیرد:

۱- کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه

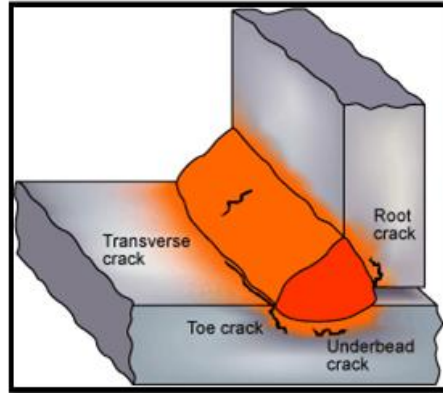
۲- جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش در منطقه‌ی جوش

۳- جلوگیری از تمرکز و ترک‌های ناشی از وجود هیدروژن

۴- امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه

۵- پاکسازی رطوبت موجود در فلز پایه

۶- کنترل ساختار HAZ



کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه

خیلی اوقات ما عملیات پیشگرم را انجام می دهیم و پس از اینکه یک پاس جوشکاری کردیم ممکن است که قطعه دمایش بیافتد، باید برای جلوگیری از این موضوع همواره درجه حرارت بین پاسی را کنترل کنیم. برای جوشهای چند پاسه جهت یکسان بودن خواص مکانیکی و شرایط برای کلیه پاسها درجه حرارت بین پاسی باید کنترل شود . درجه حرارت بین پاسی و درجه حرارت پیش گرم معمولا یکسان بوده و به جنس و ضخامت قطعه و حرارت داده شده بوسیله پروسه جوشکاری بستگی دارد. افزایش درصد کربن و عناصر آلیاژی و ضخامت قطعه باعث افزایش درجه حرارت بین پاسی می شود.

جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش در منطقه ی جوش

تشکیل و تجمع تنش ها چه در فلز پایه و چه در منطقه جوش زیان بار است چرا که با تغییر فاز فلز شدت بار های مکانیکی و بار های خستگی زیاد می شود این امر سبب تشکیل فاز های شکننده می شود ، علت اصلی این اشکال نیز تغییر دما و ورود ناگهانی آن به منطقه جوش یا فلز است.

جلوگیری از تمرکز و ترک های ناشی از وجود هیدروژن

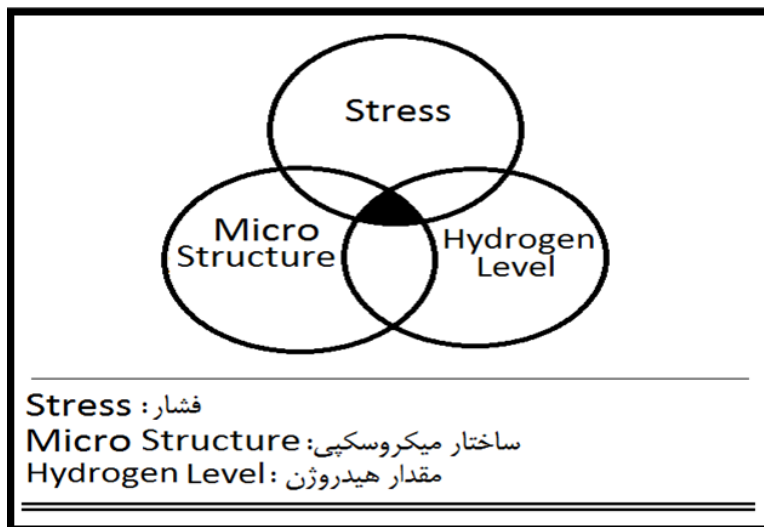
هیدروژن موجود در ترکیب منطقه جوش در اثر رطوبت گاهی ممکن است در سطح یا داخل فلز پایه، در روکش الکتروود و یا محیط وجود داشته باشد، رطوبت در اثر دمای ایجاد شده عانی و بسیار زیاد در منطقه جوش در منطقه جوش گیر افتاده و موجب ایجاد ترک های سرد هیدروژنی یا تنش های ناشی از آن میشود این عوامل ممکن است در زمانی کوتاه (دو روزه) یا بلند مدت (یک ماه یا بیشتر) نمایان شوند که در هر صورت اثرات مخربی را به جا خواهند گذاشت با عملیات پیش گرم میتوان فرصت کافی برای خروج هیدروژن موجود را در اختیار آن نهاد. یا از الکتروود های با پوشش کم و یا بدون هیدروژن استفاده نمود که این فاکتور به شرایط و نوع استفاده سازه بستگی دارد.

امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه

در موارد فوق به چگونگی تشکیل این اختلال پرداخته شد و با فرصتی که در ابتدای پیش گرم به هیدروژن داده میشود کم کم به سطح قطعه نزدیک شده و از آن خارج می شود.

پاکسازی رطوبت موجود در فلز پایه

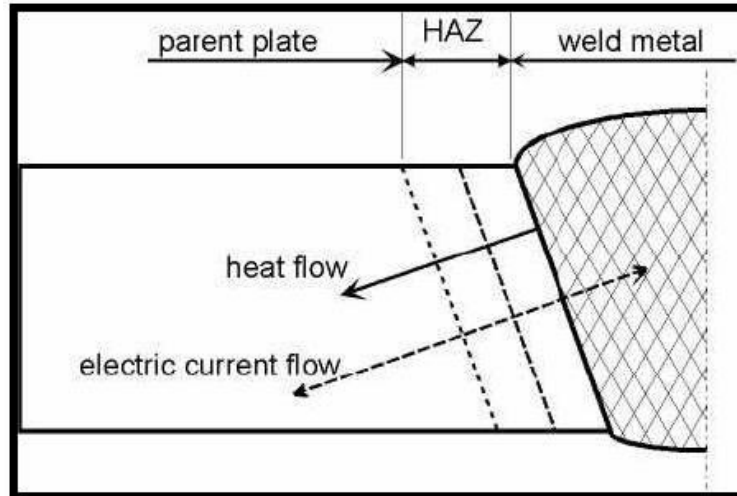
این فاکتور هم همانند عوامل قبل با ایجاد فضا برای هیدروژن موجود به دست می آید. در شکل مقابل نمودار ترکیب هیدروژن در ساختار فلز تحت فشار معینی نشان داده شده است. منطقه توپر بیشترین مقدار تجمع هیدروژن (تنش هیدروژنی) را نشان می دهد.



کنترل ساختار منطقه متاثر از جوش (HAZ)

هرچند منطقه HAZ ذوب نمی شود اما درجه حرارت آن به حدی بالا می رود که ساختار آن وارد محدوده آستنیت شده و پس از سرد شدن در اثر استحاله ناگهانی به مارتزیت ترد و شکننده تبدیل می شود این عامل باعث ایجاد آسیب های جدی در جوش می شود از طرف دیگر باعث تغییر شکل ظاهری در ضخامت های پایین می شود. برای مهار این مشکل از عملیات پیشگرم و نیز عملیات حرارتی بین پاسی و پس گرم به منظور تنش زدایی و آنیل کردن استفاده می شود.

پیشگرم موجب کاهش شیب حرارتی و در نتیجه باعث کاهش سرد شدن جوش می گردد. از طرفی دیگر تنش های انبساطی و انقباضی، عدم انطاف پذیری کافی و ترک ها نیز از این طریق بر طرف می شوند.



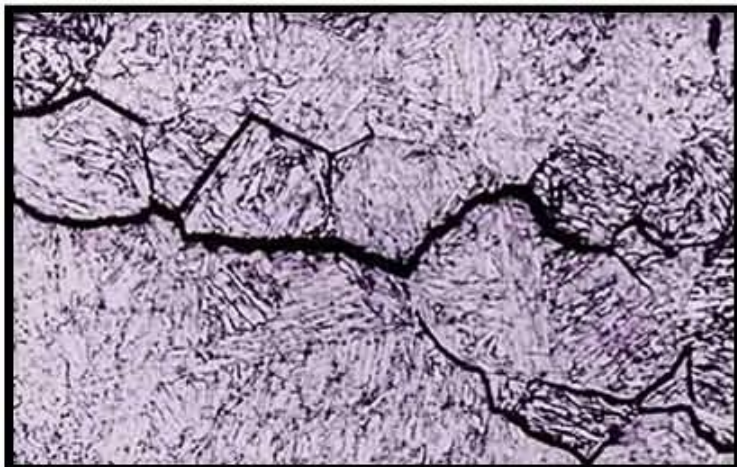
در پیش گرم کردن علاوه بر جلوگیری از رامتعادل شدن فاز فلز جوش در لحظه ی ابتدایی شروع فرایند به دنبال اهدافی دیگر از جمله حذف رطوبت و تنش های متمرکز ناشی از وجود هیدروژن نیز هستیم که احقا این عوامل بر کیفیت و عمر جوش نیز تاثیر مثبت می گذارند وجود هیدروژن ممکن است فاز مارتنزیت شکننده ای را به وجود آورد که در اثر تنش ها و بارهای خستگی و بارهای مکانیکی پدید می آید اما دستیابی به فاز پرلیت با دانه بندی ریز در صورت حذف هیدروژن و رطوبت دل جوش میسر خواهد شد. وجود تنش ها موجب ایجاد گسستگی در جوش و در پی آن حوادث مخربی در سازه ها را پدید می آورد حذف این عامل به نحوه ی کارکرد صحیح سازه و منطقه جوش تاثیری شایان می نهد حساسیت در این فرایند به دلیل ان است که عموماً در صنعت از این عملیات استفاده می شود

می توان به منظور حصول اطمینان در ساختار منطقه ی جوش بعد از عملیات پیش گرم و بعد از هر پاس عملیات حرارتی بین پاسی را اعمال نمود چرا که گاهی ما پیشگرم را انجام داده ایم اما دمای جوش افت پیدا می کند که همین امر ضرورت استفاده از دمای بین پاسی را بیشتر میکند.

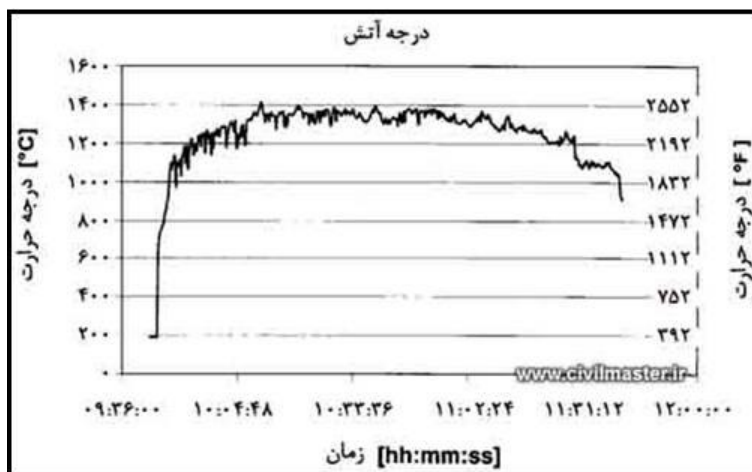
دمای پیش گرم و دمای بین پاسی عمدتاً با هم در ارتباط هستند یعنی هرچه قدر دمای پیش گرم افزایش یابد دمای بین پاسی نیز زیاد میشود و بالعکس هرچه قدر دمای پیش گرم کاهش یابد این دما نیز کم می شود.

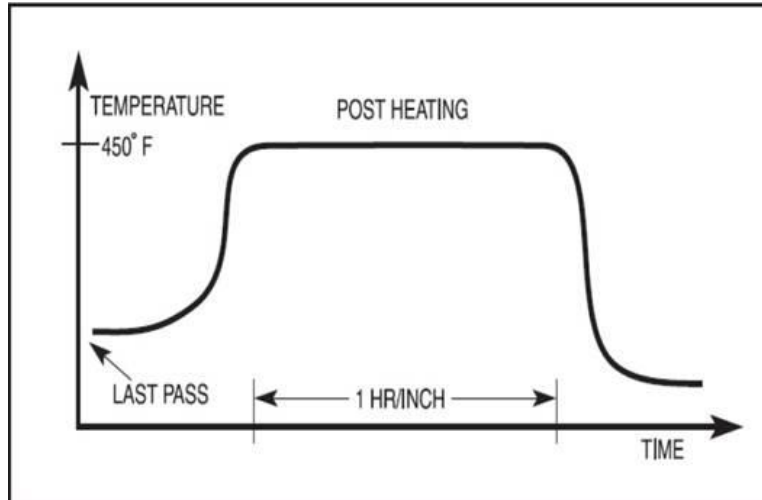
میزان حداقل پیش گرم و دمای بین پاسی برای اجتناب از ترک خوردگی در یک فولاد مشخص بستگی به موارد زیر دارد:

- میزان کربن و عناصر آلیاژی فلز پایه
- شرایط عملیات حرارتی قبل از جوشکاری
- ضخامت مقطع قطعه و میزان کرنش در اتصال
- میزان هیدروژن موجود در حین جوشکاری



هرچه میزان هیدروژن موجود در محیط و قطعه کار و ضخامت قطعه کمتر باشد، امکان کاهش دمای پیش گرم وجود دارد. میزان دمای پیشگرم ایده ال در حدود ۵۰-۶۰ درجه سانتی گراد بالاتر از دمای شروع بوجود آمدن مارتنزیت (Ms) است. نگهداری جوش بعد از اتمام جوشکاری در این دما سبب بوجود آمدن بینیت ریز در مناطق جوش و متأثر از حرارت می شود. این امر همچنین سبب خروج هیدروژن حل شده در فلز جوش در هنگام سرد شدن می شود. دمای MS بسیاری از فولادهای HTLA (Heat-Treatable Low-Alloy) بیش از ۲۶۰ درجه سانتی گراد است. دمای پیش گرم بیش از ۲۶۰ درجه سانتی گراد سبب ایجاد مشکل برای جوشکار در حین انجام جوشکاری می شود و فرایند بطور پیوسته و مناسبی انجام نخواهد شد. بنابراین استفاده از فرایندهای جوشکاری که نیاز به پیش گرم کمتری داشته باشند، لازم است .





عملیات پس گرم

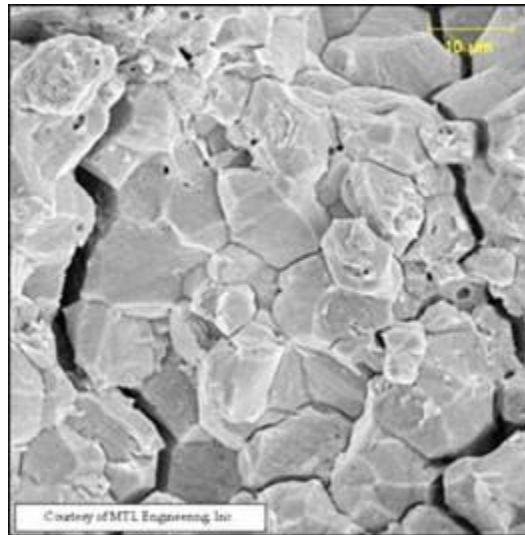
عملیات پس گرم عبارتست از حرارت دادن یکنواخت قطعه پس از عملیات جوشکاری. عملیات پس گرم به منظور آزاد کردن تنش های پس مانده ای که در اثر شیب های حرارتی و دماهای ناشی از جوشکاری بوجود می آید انجام می شود. با کاهش سریع دما در منطقه ی جوش ممکن است مقداری هیدروژن در بین فلز جوش گیر بیافتد، عملیات پس گرم موجب ادامه عملیات پیشگرم شده و با افزایش دمای قطعه بعد از جوشکاری موجب سهولت نفوذ هیدروژن به خارج قطعه شده و احتمال بوجود آوردن ترکهای سرد یا هیدروژنی را کاهش می دهد.

عملیات حرارتی پس گرم نیز به نوبه ی خود نقش مثثری در جریان جوشکاری و بعد از آن ایفا می کنند که با در نظر گرفتنش می توان به اهمیت آن در چرخه ی عملیات حرارتی پی برد چرا که کاستی در انجام آن ممکن است خطر آفرین باشد نا گفته نماند که عیوب مذکور در تمامی استاندارد ها بنا به همان استاندارد مرجع و ضرورت کلو حد های قابل قبولی نیز دارند که اگر این عیب ها از حد موجود در استاندارد تجاوز کنند میبایست اقدامات لازم در جهت رفع آنها به عمل آید.

به منظور رسیدن به اهداف زیر عملیات حرارتی پس گرم را اجرا می کنیم:

- # کنترل سرد شدن قطعه
- # کنترل میزان نفوذ هیدروژن در قطعه جوشکاری شده
- # کاهش تنش های حرارتی
- # تقلیل حرارت فروکش برای قطعات ضخیم و فلزات با هدایت حرارتی بالا
- # جلوگیری از تشکیل ترک سرد
- # افزایش تافنس فلز جوش
- # کاهش تنش پسماند

- # تولید ساختار میکروسکوپی خاص
- # بهبود مقاومت در مقابل خوردگی
- # امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در جوش
- # کاهش حرارت ورودی به قطعه
- # کاهش نرخ سرد شدن
- # پاکسازی رطوبت موجود در سطح قطعه کار

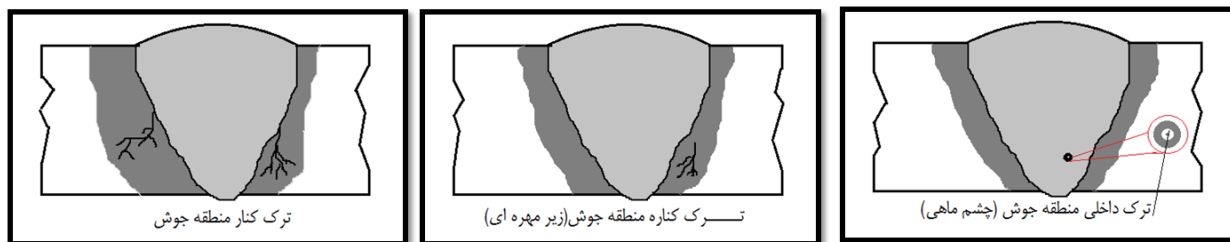


پس گرم و حذف ترک ناشی از هیدروژن

همانطور که در موارد فوق نیز اشاره شد، یکی از اهداف مهم پس گرمی به حداقل رساندن پتانسیل ترک ناشی از هیدروژن می باشد. برای اینکه (HIC-Hydrogen Induced Cracking) اتفاق بیفتد متغییر هایی نظیر:

- ۱- ریز ساختار حساس
- ۲- هیدروژن کافی
- ۳- سطح بالایی از تنش (به عنوان مثال در جوشکاری متقاطع)

در فولادهای فریتی، شکست هیدروژنی فقط در دماهای نزدیک به دمای محیط اتفاق می افتد از این رو این امکان وجود دارد که برای پیشگیری از ترک خوردن در ریز ساختارهای حساس از نفوذ هیدروژن در منطقه جوش قبل از سرد شدن استفاده کنیم، بعد از آنکه جوشکاری انجام شد نباید اجازه داد تا فولاد به اندازه دمای محیط سرد شود. در عوض باید آنرا بلافاصله بعد از دمای بین پاسی به دمای پس گرمی حرارت و ارتقاء داده و در این حالت برای زمان مشخص شده نگه داشت. اشکال زیر تصویری از ترک های ناشی از وجود هیدروژن در ساختار فلز و محیط را مشاهده می کنید.



رضا تقوی جلودار

کارشناس مهندسی جوش و تست های غیر مخرب