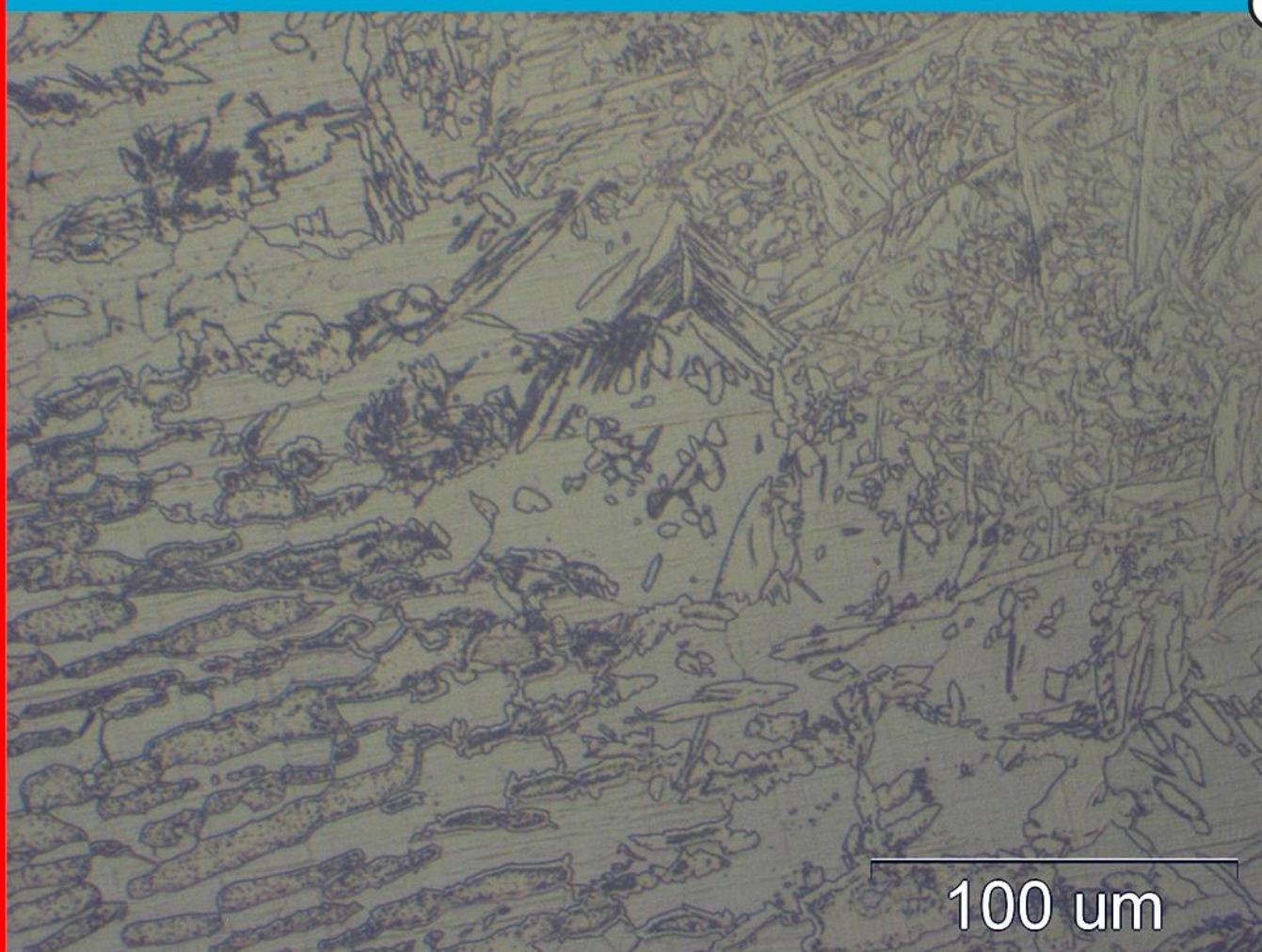




در این شماره می خوانید:

- بررسی کمی و کیفی عیوب جوش زیر پودری فولاد زنگ نزن آستنیتی به روش رادیوگرافی پرتو X
- اثر اصطکاک دینامیکی سرعت بستن پیچ های پرمقاومت بر نیروی پیش تنیدگی پیچ ها
- پایش سیستم حفاظت کاتدی فولاد در بتن بر اساس استاندارد ISO 12696:2012
- خوردگی اتصالات جوشکاری شده غیر مشابه
- نقشه های مورد نیاز برای ساخت سازه های فلزی
- بررسی و مقایسه پوشش داکرومت با سایر پوشش های رایج صنعتی
- معرفی وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت

نشریه آموزشی، خبری و پژوهشی

جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب

ISSN 4555-2345

سال اول شماره ۳ و ۴ - زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

با مجوز رسمی از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

معاونت امور مطبوعاتی و اطلاع رسانی

شماره ثبت: ۹۱/۳۲۴۵۵

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:

مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی

سردبیر: مهندس نرگس خاتون احمدی

مدیر اجرایی: مهندس ایمان معتمدی

گستره انتشار: بین المللی، نحوه انتشار: الکترونیک

عکس روی جلد:

فصل مشترک فلز پایه فولاد زنگ نزن دوفازی

2205 و فلز پرکننده ER 2594

نشانی دفتر نشریه:

اصفهان - نجف آباد - کدپستی ۸۵۱۳۸۷۶۵۸۸

تلفن و نمابر: ۰۳۱-۴۲۶۳۹۱۲۰

پست الکترونیک: info@jwn.ir

هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی

مهندس نرگس خاتون احمدی

مهندس حسن ایزدپناه

مهندس مژگان بهرامی

دکتر علیرضا رضائیان

مهندس کامیار مرادی مقدم

دکتر حامد ثابت

یادآوری ها:

۱- نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب از پیشنهادها و انتقادهای سازنده استقبال می کند.

۲- نقل و اقتباس از مطالب این نشریه با ذکر ماخذ آن و رعایت امانت بلامانع است.

۳- این نشریه از مقالات، نوشته ها، اظهار نظرها و دیدگاه های کارشناسان و صاحب نظران در مورد مسائل مربوط به جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب استقبال می کند و البته چاپ آنها منوط به موافقت مدیر مسئول، سردبیر و تائید ویراستار خواهد بود.

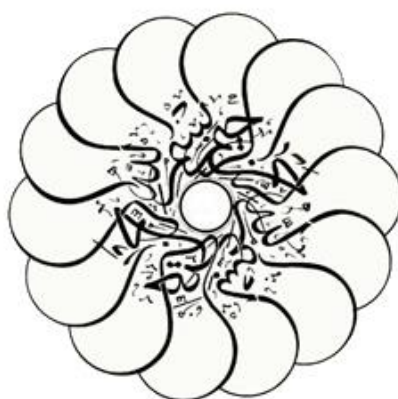
۴- نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب در ویرایش، رد یا قبول و حک اصلاح مطالب آزاد است.

۵- چاپ هرگونه نوشتار به منزله تایید محتوای آن و دیدگاه پدیدآورندگان آن توسط نشریه نمی باشد و مسئولیت محتوی و کلیه حقوق مادی و معنوی مقالات بر عهده نویسندگان و مترجمان است و هیچگونه مسوولیتی متوجه نشریه نیست.

۶- مسوولیت متن آگهی ها به عهده ارائه دهندگان آگهی ها می باشد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴	سرمقاله
۵	بررسی کمی و کیفی عیوب جوش زیر پودری فولاد زنگ نزن آستینیتی به روش رادیوگرافی پرتو X
۱۲	آرش استیری اثر اصطکاک دینامیکی سرعت بستن پیچ های پرمقاومت بر نیروی پیش تنیدگی پیچ ها
۲۳	علیرضا رضائیان پایش سیستم حفاظت کاتدی فولاد در بتن بر اساس استاندارد ISO 12696:2012
۳۲	مژگان بهرامی خوردگی اتصالات جوشکاری شده غیر مشابه
۴۵	رضا ایمانیان نجف آبادی نقشه های مورد نیاز برای ساخت سازه های فلزی
۴۷	حسن ایزدپناه بررسی و مقایسه پوشش داکرومت با سایر پوشش های رایج صنعتی
۶۸	کامیار مرادی مقدم معرفی وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت



سرمقاله

چالش های روزمره و ساختارهای نیازمند بازنگری اساسی در سیستم های مرتبط با صنعت جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب نیازمند برنامه ریزی، مدیریت مدبرانه و تغییرات اندیشمندانه است. اقدام های اخیر در جامعه علمی این صنایع تخصصی، نوید بخش سالی پر بار و پایان سالی پر افتخار است. اقداماتی که عمدتاً بر پایه این تفکر استوار هستند که "بهترین راه پیش بینی آینده ساختن آن است". از جمله این اقدامات در دست اجراء می توان به تاسیس مرکز تحقیقات مواد پیشرفته توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، تهیه نرخ نامه و قرارداد برای فرآیندهای آموزش و اجرای بازرسی فنی و آزمایش های غیر مخرب توسط انجمن صنفی شرکت های بازرسی فنی و آزمایش های غیر مخرب ایران، تدوین و نشر اولین استانداردهای انجمنی کشور توسط انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران، تهیه و ابلاغ روش اجرائی استانداردهای ملی اجباری سری ایران ایزو ۳۸۳۴ و روش اجرائی تأیید مراکز آموزشی همکار در زمینه آزمایش های غیر مخرب توسط سازمان ملی استاندارد ایران نام برد. امید است با همکاری و مشارکت همه متخصصان، روند موفقیت ها و اقدامات مثبت همه دست اندرکاران این صنایع رشد روزافزون یابد.

مدیر مسئول

رضا ایمانیان نجف آبادی

بررسی کمی و کیفی عیوب جوش زیر پودری فولاد زنگ نزن آستنیتی به روش رادیوگرافی پرتو X

مهندس آرش استیری^۱ - دکتر حامد ثابت^۲

۱- گروه پژوهشی مهندسی جوش

۲- استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

چکیده

در تحقیق حاضر ورق هایی از جنس فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۶ با ضخامتهای ۱۰-۱۸ و ۲۴ میلی متر تهیه و هر یک از آنها با دو حرارت ورودی ۲/۵ و ۳ کیلوژول بر میلی متر تحت جوشکاری زیر پودری قرار گرفتند. سپس آزمون رادیوگرافی با پرتو X بر روی تمامی نمونه ها انجام و عیوب جوش آنها بر اساس استاندارد EN ۱۲۵۱۷ بررسی و براساس سطح B - EN 25817 تحت ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آزمون رادیوگرافی و محاسبه شاخص درصد عیب جوش نمونه های مختلف نشان دادند که جوشکاری با حرارت ورودی ۲/۵ کیلوژول بر میلی متر منجر به تشکیل عیوب جوشکاری غیر قابل قبول (در کلیه ضخامت ها) می شود که در نتیجه باعث افزایش شاخص درصد عیب جوش می گردد ولی جوشکاری با حرارت ورودی ۳ کیلوژول بر میلی متر (در کلیه ضخامت ها) عیوب و شاخص درصد عیب جوش کاهش یافتند.

کلمات کلیدی: حرارت ورودی، جوشکاری زیر پودری، عیوب جوش، تکنیک رادیوگرافی

¹ -arash_s385@yahoo.com

² -h-sabet@kiaiu.ac.ir

مقدمه

جو شکاری زیرپودری نوعی فرایند جو شکاری قوسی تحت پوشش فلاکس می باشد که برای جو شکاری ورق هایی با ضخامت بیشتر از ۸ میلی متر مناسب می باشد [۱]. از مزایای این فرایند می توان به سرعت جو شکاری، نرخ رسوب و عمق نفوذ بالا اشاره نمود. پارامترهای اصلی این فرایند عبارتند از: نوع جریان، شدت جریان، ولتاژ، سرعت جو شکاری، پهنای لایه فلاکس و زاویه انحراف الکتروود که بر کیفیت اتصال حاصل اثر گذار می باشند. [۱ و ۲]. این فرایند جو شکاری دارای حرارت ورودی بالایی می باشد که در صورت نامناسب بودن باعث ایجاد عیوب مختلفی از جمله: شکل نامناسب گرده- نفوذ کم یا زیاد - عدم ذوب - بریدگی کناره جوش و .. می شود [۲]. لذا همواره انتخاب صحیح حرارت ورودی یکی از دغدغه های مهندسين تولید می باشد [۳]. از طرفی انتخاب صحیح پارامترهای جو شکاری باعث می گردد که اطمینان از خواص عملکردی اتصال افزایش یابد که به معنی عدم وجود عیوب در اتصال می باشد [۳ و ۴]. امروزه تقاضا برای جو شکاری ورق های ضخیم فولادهای زنگ نزن رو به افزایش است که نیازمند انتخاب پارامترهای جو شکاری مناسب می باشد [۳-۵]. محدودیت اصلی جو شکاری فولاد زنگ نزن مقدار حرارت ورودی است [۴ و ۵] زیرا از یک طرف باعث تغییرات متالورژیکی در فلز جوش و HAZ شده و از طرف دیگر احتمال تشکیل عیوب را افزایش می دهد [۵]. این تحقیق نیز بر همین اساس انجام شده و هدف آن بررسی ارتباط بین حرارت ورودی جو شکاری زیر پودری فولاد زنگ نزن 316 با شاخص درصد عیب جوش (با استفاده از تکنیک رادیوگرافی) می باشد.

روش تحقیق

جهت انجام تحقیق از فولاد زنگ نزن آستنیتی 316 با ترکیب شیمیایی ارایه شده در جدول ۱ استفاده شد. عملیات جو شکاری زیر پودری بر روی طرح اتصال سر به سر جناغی یک طرفه با دو حرارت ورودی متفاوت (۲/۵ و ۳ کیلوژول بر میلی متر) بر روی سه ضخامت مختلف (۱۰-۱۸ و ۲۴ میلی متر) با سیم جوش ER 316L و پودر جو شکاری پایه فلورید قلیایی (EN 760) انجام شد. سپس کلیه نمونه ها تحت آزمون رادیوگرافی با پرتو X با شرایط ارایه شده در جدول ۲ قرار گرفتند و نوع عیوب آنها تعیین شد. در مرحله بعد بر اساس استاندارد EN 12517 و سطح پذیرش B از استاندارد EN 25817 عیوب جوش تمامی نمونه ها تحت ارزیابی قرار گرفتند. شاخص درصد عیب جوش با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد.

$$W(\%) = \frac{RN}{RC} \times 100 \quad (1)$$

که در آن $W(\%)$ شاخص درصد عیب جوش، RN تعداد تصاویر رادیوگرافی با نتایج منفی، و RC تعداد کل تصاویر رادیوگرافی می باشند. همچنین شاخص درصد کسر انواع عیوب جوش موجود در اتصالات (درصد کسر نتایج منفی) $WN(\%)$ و درصد کسر نتایج قابل قبول $WR(\%)$ از روابط ۲ و ۳ تعیین شدند:

$$WN(\%) = \frac{RW}{RN} \times 100 \quad (2)$$

$$WR(\%) = \frac{RW}{RC} \times 100 \quad (3)$$

که در آنها RW تعداد تصاویر رادیوگرافی با یک نوع عیب مشخص می باشد.

نتایج و بحث

جدول ۳ نوع و تعداد عیوب شناسایی شده در آزمون رادیوگرافی را برای کلیه نمونه ها ارائه می دهد. همان گونه که از جدول ۳ مشخص است بریدگی کناره جوش و عدم ذوب جزء متداول ترین عیب ترک گرم جزء کمترین عیوب ایجاد شده در نمونه های مختلف بوده است. جدول ۴ شاخص در صد عیب جوش ($W\%$) را براساس رابطه (۱) برای ورق هایی با ضخامت مختلف و برای حرارت ورودی $2/5$ و 3 کیلوژول بر میلی متر ارائه می دهد. جدول ۴ مشخص می نماید که مقدار شاخص در صد عیب جوش برای تمام ضخامت ها در یک حرارت ورودی مشخص افزایش می یابد. کمترین مقدار شاخص در صد عیب جوش مربوط به ضخامت های 10 میلی متر و بالاترین مقدار این شاخص مربوط به ضخامت 24 میلی متر می باشد. از طرفی بررسی جدول ۴ مشخص می نماید که شاخص عیب جوش ($W\%$) در شرایط جوشکاری با حرارت ورودی 3 کیلوژول بر میلی متر کمتر از شاخص عیب جوش ($W\%$) در شرایط جوشکاری با حرارت ورودی $2/5$ کیلوژول بر میلی متر می باشد. به عبارت دیگر حرارت ورودی مناسب جهت جوشکاری ورق ها برای تمام ضخامت ها 3 کیلوژول بر میلی متر می باشد. شکل ۱ تصاویر رادیوگرافی فلز جوش رادر شرایط جوشکاری با حرارت ورودی $2/5$ کیلوژول بر میلی متر برای تعدادی از عیوب نشان می دهد. شکل الف سرباره شکل ب حفره گازی و شکل ج عدم ذوب را نشان می دهند. لازم به ذکر است عیوب مذکور بعد از جوشکاری با 3 کیلوژول بر میلی متر مشاهده نگردیدند. این تصاویر ثابت می کنند که حرارت ورودی $2/5$ کیلوژول بر میلی متر برای جوشکاری این نوع فولاد نامناسب است و مناسبترین حرارت ورودی جوشکاری زیر پودری فولاد مذکور در تمام ضخامت های (10 تا 24 میلی متر) 3 کیلوژول بر میلی متر می باشد.

جدول ۵ و ۶ به ترتیب مقادیر شاخص در صد کسر انواع عیوب جوشکاری ($WN\%$ و $WR\%$) را براساس روابط های ۲ و ۳ برای انواع عیوب ذکر شده ارائه می دهند. با توجه به جدول ۵ در حرارت ورودی $2/5$ کیلوژول بر میلی متر مقدار $WN\%$ برای عیب حفره گازی نسبت به سایر عیوب در تمام محدوده ضخامت ها کمترین مقدار می باشد و بیشترین مقدار $WN\%$ در ضخامت 24 میلی متر به ترتیب برای سرباره خطی و ترک گرم می باشد. همچنین در حرارت ورودی 3 کیلوژول بر میلی متر و در تمام محدوده ضخامت ها عیب عدم ذوب مشاهده نمی شود اما عیب سرباره خطی در ضخامت 10 میلی متر و عیب ترک گرم در ضخامت 24 میلی متر همچنان متداول ترین عیوب می باشند. با توجه به جدول ۶ مقدار $WR\%$ برای عیب حفره گازی در حرارت ورودی $2/5$ کیلوژول بر میلی متر در تمام محدوده ضخامت ها کمترین مقدار را دارد و مقدار آن صفر می باشد و پس از آن عیب بریدگی کناره جوش کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. در همین حرارت ورودی عیب سرباره خطی و ترک گرم در محدوده ضخامت 24 میلی متر بیشترین مقدار $WR\%$ را دارا می باشند. در حرارت ورودی 3 کیلوژول بر میلی متر عیب عدم ذوب کمترین مقدار $WR\%$ را در تمام محدوده ضخامت ها دارا می باشد که مقدار آن صفر است و پس از آن عیوب حفره گازی و بریدگی کناره جوش به یک میزان قرار دارند. با مقایسه اعداد به دست آمده برای عیوب ذکر شده در جدول ۵ و ۶ نتیجه گیری می شود که حرارت ورودی 3 کیلوژول بر میلی متر مناسب ترین حرارت ورودی برای جوشکاری زیر پودری فولاد آستینیتی 316 در محدوده ضخامت 10 تا 24 میلی متر می باشد به نحوی که کمترین مقدار عیوب (قابل قبول) به دست می آیند.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر عیوب و کیفیت جوش فولادزنگ نزن آستینیتی 316 جوشکاری شده به روش زیرپودری با استفاده از تکنیک رادیوگرافی پرتو X مورد بررسی قرار گرفته شد و نتایج زیر حاصل شد:

۱- عیوب بریدگی کناره جوش و عدم ذوب جزء متداول ترین عیوب شناسایی شده و عیب ترک گرم جزء کمترین عیوب ایجاد شده در جوشکاری زیر پودری با حرارت های ورودی مختلف بوده اند.

۲- شاخص عیب جوش (W%) در شرایط جوشکاری با حرارت ورودی ۳ کیلو ژول بر میلی متر کمتر از شاخص عیب جوش در شرایط جوشکاری با حرارت ورودی ۲/۵ کیلو ژول بر میلی متر بدست آمد.

۳- جوشکاری با حرارت ورودی ۲/۵ کیلوژول بر میلی متر منجر به تشکیل عیوب جوشکاری غیر قابل قبول حفره گازی، سرباره، سرباره های خطی، عدم ذوب، ترک گرم و بریدگی کناره جوش می شود.

۴- حرارت ورودی ۳ کیلوژول بر میلی متر مناسب ترین حرارت ورودی برای جوشکاری زیر پودری فولاد زنگ نزن 316 در محدوده ضخامت ۱۰ تا ۲۴ میلی متر می باشد به نحوی که کمترین مقدار عیوب قابل قبول به دست می آیند.

مراجع

[1] Metals Handbook "Welding, Brazing and Soldering" Vol 6- 2004 –ASM

[۲] حامد ثابت "تکنولوژی و متالورژی جوشکاری" ۱۳۸۸، نشر فنی امیر.

[3] J.R.Davis "Stainless Steel" ASM Specialty Handbook, 2007, ASM

[4] A. Łukoj'c, J. Nowacki, "Influence of Thermal Cycle on Structure and Properties of a HAZ of Duplex Steels Welded Joint" Acta Metallurgy of Slovakia, 2004, 1, pp741–744.

[5] J. Nowacki "Steel Welding Problems in the Building of Chemical Cargo Ships" Welding International, 2004, 18, 7, pp 509–515.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی (درصد وزنی) فولاد آستینیتی.

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
۰/۰۸	۰/۹۱	۰/۸۴	۱۸/۴۴	۱۲/۱۱	۲/۵۶

جدول ۲- شرایط آزمون رادیوگرافی با پرتو X نمونه های مختلف.

حساسیت (درصد)	نوع فیلم	زمان (Sec)	Ug	SFD (cm)	ولتاژ (KV)
۲	آگفا	۴۰	۰/۰۲	۵۰	۳۰۰

جدول ۳- انواع عیوب جوش موجود در نمونه ها.

نوع عیب	تعداد عیب شناسایی شده
حفره گازی	۲۰
سرباره	۳۰
سرباره های خطی	۳۰
عدم ذوب	۴۰
ترک گرم	۱۰
بریدگی کناره جوش	۵۰

جدول ۴- کیفیت جوش های ایجاد شده با حرارت ورودی ۲/۵ کیلوژول بر میلی متر و ۳ کیلوژول بر میلی متر (براساس رابطه ۱).

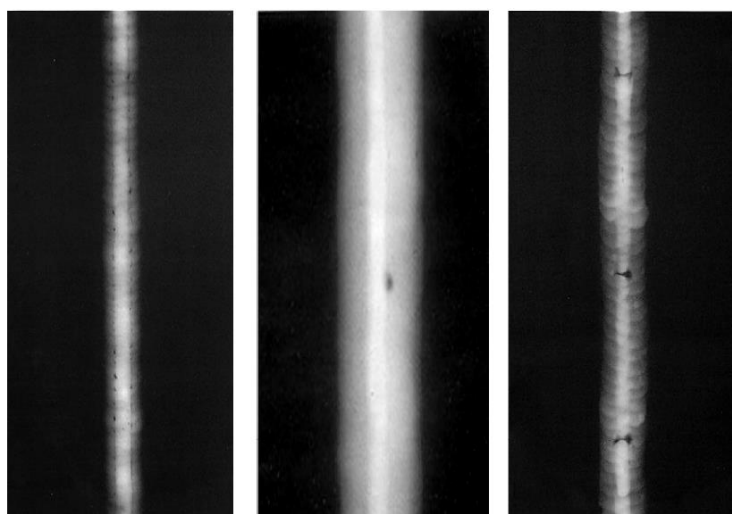
درصد شاخص عیب جوش (W%) با ۳ کیلوژول بر میلی متر	درصد شاخص عیب جوش (W%) با ۲/۵ کیلوژول بر میلی متر	ضخامت ورق (میلی متر)
۱/۰	۵/۱	۱۰
۲/۴	۱۳/۳	۱۸
۲/۷	۱۸/۸	۲۴

جدول ۵- درصد کسریوب جوش (WN%- براساس رابطه ۲) در آزمون رادیوگرافی.

بریدگی کناره جوش	ترک گرم	عدم ذوب	سرباره های خطی	سرباره	حفره گازی	محدوده ضخامت ورق (mm)	حرارت ورودی (KJ/mm)
۱/۰	۱۱/۵	۱/۶	۵/۲	۱۶/۸	۰/۵	۱۰	۲/۵
۰/۷	۵/۴	۰/۰	۷/۵	۱۰/۸	۰/۳	۱۸	
۱/۸	۱۰/۲	۳/۳	۱۸/۹	۱۰/۹	۰/۰	۲۴	
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۸۰/۰	۲۰/۰	۰/۰	۱۰	۳
۲۲/۲	۰/۰	۰/۰	۷۷/۸	۰/۰	۰/۰	۱۸	
۰/۰	۲۵/۰	۰/۰	۱۲/۵	۵۰/۰	۰/۰	۲۴	

جدول ۶- درصد کسریوب جوش (WR%- براساس رابطه ۳) در آزمون رادیوگرافی.

بریدگی کناره جوش	ترک گرم	عدم ذوب	سرباره های خطی	سرباره	حفره گازی	محدوده ضخامت ورق (mm)	حرارت ورودی (KJ/mm)
۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰/۹	۰/۰	۱۰	۲/۵
۰/۱	۰/۷	۰/۰	۱/۰	۱/۴	۰/۰	۱۸	
۰/۳	۱/۹	۰/۶	۳/۶	۲/۱	۰/۰	۲۴	
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۸	۰/۲	۰/۰	۱۰	۳
۰/۵	۰/۰	۰/۰	۱/۹	۰/۰	۰/۰	۱۸	
۰/۰	۰/۷	۰/۰	۰/۳	۱/۳	۰/۰	۲۴	



ج

ب

الف

شکل ۱- تصاویر رادیوگرافی از فلز جوش نمونه جوشکاری شده با حرارت ورودی ۲/۵ کیلوژول در ضخامت ۱۰ میلی متر.

الف) سرباره ب) حفره گازی ج) عدم ذوب.

اثر اصطکاک دینامیکی سرعت بستن پیچ های پرمقاومت بر نیروی پیش تنیدگی پیچ ها

علیرضا رضائیان^۱، محمد علی کافی^۲، فرزاد بحری^{۳*}

چکیده

یکی از عوامل اصلی در اتصالات پیچ و مهره ای با رفتار اصطکاکی، رسیدن یا تأمین پیش تنیدگی لازم در پیچ ها پرمقاومت می باشد. این پیش تنیدگی به عوامل متفاوتی از جمله شرایط رزوه پیچ، رفتار موضعی غیر خطی (رزوه، کله، مهره و اجزای اتصال)، نوع روغن و روغن کاری یا عدم روغن کاری و اثر اصطکاک دینامیکی سرعت بستن پیچ وابسته است. در این مقاله به یکی از این عوامل که اثر دینامیکی سرعت بستن پیچ به وسیله دستگاه های اتوماتیک پرداخته شده است. به این امر ۴ نمونه مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفت که نتایج حاصله عبارتند از ضریب اصطکاک بستن پیچ با حداقل سرعت دستگاه کمتر از ضریب اصطکاک با سرعت متوسط دستگاه بدست آمد. این ضرایب نشان می دهد در سرعت های پایین بستن پیچ با اعمال پیچش کمتر به پیش تنیدگی های بیشتر می توان رسید و با سرعت های بستن بالا امکان افزایش ضریب اصطکاک، ضریب مهره و در نهایت نرسیدن به پیش تنیدگی لازم وجود دارد.

کلمات کلیدی: اتصالات اصطکاکی، پیچ پرمقاومت، ضریب اصطکاک، پیش تنیدگی، اصطکاک دینامیکی، سرعت بستن

پیچ

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، alireza.rezaeian@kiauo.ac.ir

۲. استادیار دانشگاه سراسری سمنان، mkafi@semnan.ac.ir

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه سراسری سمنان، farzad.bahri@students.semnan.ac.ir

مقدمه

امروزه پیچ و مهره در طراحی و اجرای اتصالات کاربرد بسیاری دارد. اساساً این نوع اتصالات به دو صورت اتکایی و اصطکاکی در آیین نامه ها مورد استفاده قرار می گیرند [۱-۳]. اگر بار در اتصال کاملاً توسط اصطکاک منتقل شود این اتصال اصطکاکی نامیده می شود این نوع از اتصال مناسب موقعیت هایی است که امکان بارهای تناوبی وجود داشته باشد. مخصوصاً در طرح های مقاوم در برابر زلزله استفاده از اتصالات اصطکاکی الزامیست [۲]. آیین نامه ها و استانداردهای پیچ، مهره و واشر از جمله ASTM، ISO و DIN فقط استفاده از پیچ های پرمقاومت را در این نوع از اتصالات مجاز می دانند و ضوابط زیادی برای کنترل مشخصات هندسی، مکانیکی و پوشش آنها دارند. [۴-۶]

در سال ۱۹۹۳ کولاک و همکاران [۷] در دانشگاه آلبرتا با انجام آزمایش هایی نشان دادند عواملی همچون شرایط رزوه پیچ، رفتار موضعی غیر خطی اتصال، رابطه کرنش المان های در تماس اتصال، نوع روغن و روغن کاری در میزان اصطکاک و در نتیجه در مقدار پیش تنیدگی موثر است. اصطکاک باعث می شود حدود ۱۰ درصد انرژی پیچشی اعمالی به پیش تنیدگی تبدیل شود و ۴۰ درصد انرژی پیچشی توسط اصطکاک زیر کله پیچ با ورق اتصال و ۵۰ درصد توسط اصطکاک قسمت رزوه شده اتلاف شود.

موتوش در سال ۲۰۰۱ [۸] رابطه کلی برای برقراری ارتباط بین پیچش اعمالی و پیش تنیدگی بر اساس اصطکاک زیر کله و اصطکاک رزوه به صورت رابطه (۱) ارائه شد.

رابطه (۱)

$$T_{in} = F_p \cdot \left(\frac{P}{2\pi} + \frac{\mu_t \cdot r_t}{\cos \beta} + \mu_n \cdot r_n \right)$$

در این رابطه: T_{in} پیچش اعمالی به پیچ، F_p نیروی پیش تنیدگی، P گام رزوه پیچ، μ_t ضریب اصطکاک رزوه، μ_n ضریب اصطکاک زیر کله و واشر (مربوط به قسمتی از کله یا مهره که بر روی واشر می چرخد) و β زاویه گام رزوه پیچ می باشد.

از رابطه (۱) ضریبی به نام ضریب مهره (K) را استخراج می شود که مجموعی از ضرایب اصطکاک است.

رابطه (۲)

$$T = FDK$$

در این رابطه: T پیچش اعمالی، F نیروی پیش تنیدگی، D قطر اسمی پیچ و K ضریب مهره می باشد.

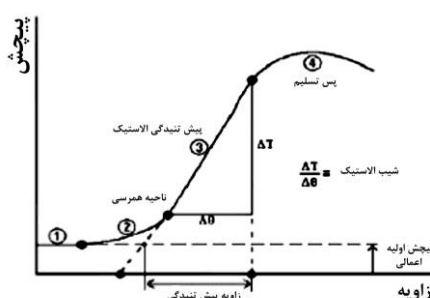
در تحقیقات ویان تان و همکاران در سال ۲۰۰۴ [۹] نشان داده شد به دلیل های فوق تا ۳۰ درصد پراکندگی میزان پیش تنیدگی از مقدار مورد انتظار وجود دارد که می تواند منجر به عدم دسترسی به پیش تنیدگی مطلوب شود.

هدف از انجام این تحقیق بررسی آزمایشگاهی اثر سرعت بستن پیچ به وسیله ابزارهای اتوماتیک بر میزان اصطکاک بستن پیچ و در نهایت تاثیر آن بر پیش تنیدگی است.

بررسی عوامل موثر در بسته شدن و پیش تنیدگی پیچ ها

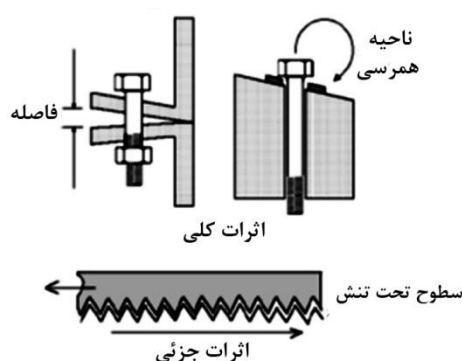
عملیات بستن وقتی که ارتباط بین پیچش و چرخش برای رسیدن به پیش تنیدگی توضیح داده شود، قابل درک است. قبل از مطالعه روش های بستن پیچ لازم است اتفاقاتی که در حین بستن پیچ می افتد بیشتر توضیح داده شود.

یکی از مرسوم ترین مدل هایی که در مورد بستن پیچ مطرح می شود، در شکل ۱- قابل مشاهده است که از ۴ قسمت تشکیل شده است. قسمت اول مربوط می شود به بخشی از بستن پیچ که سطح کله یا مهره با ورق تماسی ندارد. قسمت دوم مربوط به هم تراز شدن و فشرده شدن ورق و پیچ می باشد. در قسمت سوم نیروی پیش تنیدگی الاستیک با یک شیب ثابت شروع به افزایش می کند. در قسمت چهارم پیچ در ناحیه پس از تسلیم قرار می گیرد که این اتفاق می تواند در ورق، فیلر، رزوه های بدنه پیچ و یا مهره و ناحیه پیش تنیده شده باشد.



شکل ۱- چهار منطقه عملیات بستن پیچ [۱۰]

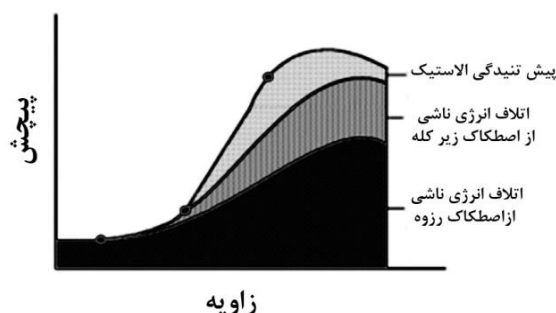
قسمت غیرخطی شدن اولیه، به علت یک عملیات پیچیده در پیچ برای کشیدن و به هم چسبیدن قطعات اتصال است، که نتیجه آن خمش در اجزای اتصال برای به هم رسیدن و یا خمش در پیچ به دلیل هم تراز نبودن کله پیچ می باشد. که به اثرات کلی معروف است. همچنین فرایند به هم رسیدن اجزا اتصال اثرات جزئی نیز دارد که شامل تماس قسمت های تحت تنش شامل: سطوح آبکاری شده، رنگ شده، پوشش شده و رزوه شده می باشد. شکل ۲-



شکل ۲- اثر رسیدن قطعات اتصال [۱۰]

سطح زیر نمودار پیچش-زاویه بیانگر انرژی پیچشی اعمالی به پیچ برای بستن آن است. همانطور که در شکل ۳- مشخص است حدود ۱۰ درصد از سطح زیر نمودار صرف پیش تنیدگی الاستیک پیچ و اجزای اتصال شده است. انرژی پیچشی اعمالی

در محدوده الاستیک همانطور که در نمودار پیچش-زاویه مشاهده شد مقدار مساوی با سطح زیر نمودار نیرو-تغییر مکان دارد.



شکل ۳- نمودار پیچش-زاویه و نحوه توزیع انرژی پیچشی [۱۰]

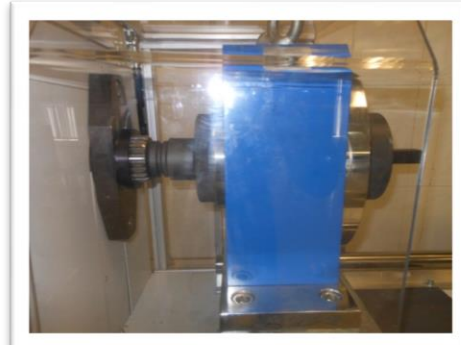
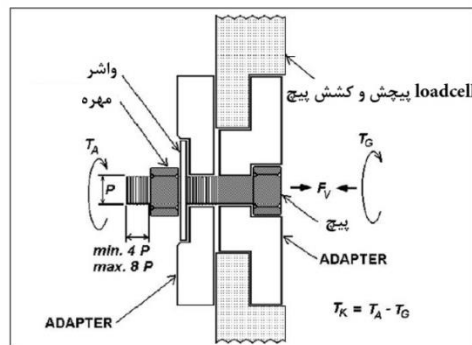
روش تحقیق

در این تحقیق مطالعه آزمایشگاهی اثر سرعت بسته شدن پیچها بر میزان اصطکاک و پیش تنیدگی انجام شد. در این آزمایشها ۲ پیچ با سرعت ۳۰ درجه بر ثانیه و ۲ پیچ با سرعت ۵ درجه بر ثانیه، توسط دستگاه و نیروسنج (loadcell) آزمایش پیش تنیدگی و اصطکاک بسته شدند که در ادامه به توضیح آن پرداخته می شود و نتایج هردو آزمایش با سرعت یکسان به صورت میانگین ارائه می شود.

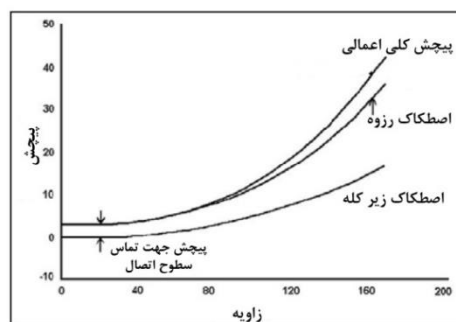
در این مقاله به تعداد ۴ عدد پیچ یکسان از نظر مشخصات مکانیکی و هندسی با ۲ سرعت پیچش اعمال شد و میزان پیچش، زاویه، ضرایب اصطکاک، ضریب مهره و پیش تنیدگی بدست آمد که در آنها اشاره می شود.

پیکربندی آزمایش

این آزمایشها توسط یک نیروسنج (loadcell) ویژه تحقیقاتی و یک دستگاه اعمال انرژی پیچشی با توانایی ثبت پیچش-کشش که مقطع آن در شکل-۴ آمده انجام شد که برای اندازه گیری همزمان پیچش رزوه، T_g ، و نیروی پیش تنیدگی F_v ، استفاده می شود. این دستگاه برای اندازه گیری پیچش کلی، T_A ، اعمالی جهت تشخیص مقدار پیچش اصطکاک قسمت رزوه شده و رزوه نشده نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در نتیجه تست نشان داده شده در شکل ۵- مهره ابتدا به پیچ بسته شده است و پیچش اصطکاک رزوه برابر است با پیچش اعمالی تا تماس قسمت کله پیچ با سطح اتکا ایجاد شود. با تماس سطح زیر کله پیچش مربوط به اصطکاک زیر کله اندازه گیری می شود که برابر با تفاضل بین پیچش کلی اعمالی و اصطکاک قسمت رزوه شده است. اصطکاک زیر کله مربوط به قسمتی از کله یا مهره می باشد که بر روی واشر می چرخد که در این آزمایشها کله ثابت بوده و مهره توسط دستگاه بسته می شود.



شکل ۴- وسیله اندازه گیری پیچش-کشش

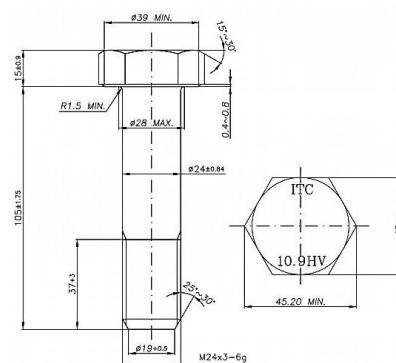


شکل ۵- تشخیص نیروهای اصطکاکی [۱۰]

با توجه به ابزارهای اتوماتیک بستن پیچ که با نیروهای باد یا برق کار می کنند. سرعت های متفاوت و در خیلی از موارد کنترل نشده آن ها می تواند در میزان پیش تنیدگی موثر بوده و حتی این امکان وجود دارد که در شرایط خاص پیش تنیدگی به حداقل مقدار مطلوب آیین نامه ها نیز نرسد.

نمونه های آزمایش

در این مقاله مطالعه آزمایشگاهی بر روی ۴ نمونه پیچ M24 رده 10.9 HV با پوشش زینک فلیک و مشخصات مکانیکی جدول ۱- انجام شد. که این مشخصات با ضوابط استانداردهای DIN , ASTM-A490. [۴-۶] مطابق جدول های ۲ و ۳ مطابقت داشت.



شکل ۶- مشخصات هندسی نمونه ها

جدول ۱- مشخصات هندسی و مکانیکی نمونه ها

Hardness(Rockwell C)	length(mm)	d(mm)	stress area(mm ²)	Tensile load(KN)	Proof load(KN)
37	105	24	353	422.6	376.114

جدول ۲- حدود سختی پیچ های رده ۱۰.۹، ASTM-A490 [۴]

Nominal Bolt Diameter, mm	Length ^A	Brinell		Rockwell C	
		min	max	min	max
M12 to M24, inclusive	Less than 2D	311	352	33	39
	2D and longer	...	352	...	39
Over M24 to M36, inclusive	Less than 3D	311	352	33	39
	3D and longer	...	352	...	39

جدول ۳- مشخصات مکانیکی، ASTM-A490 [۴]

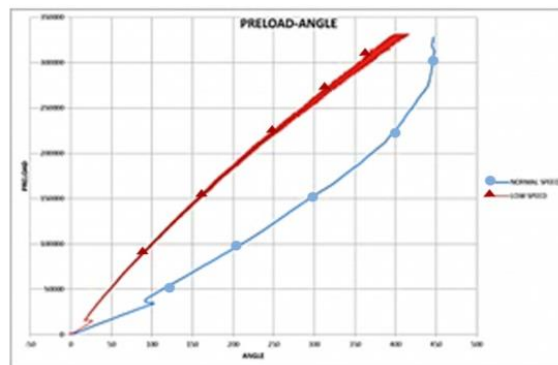
Nominal Bolt Diameter and Thread Pitch, mm	Stress Area, ^A mm ²	Tensile Load, ^B kN		Proof Load, ^B kN	Alternative Proof Load, ^B kN
		min	max	Length Measurement Method	Yield Strength Method
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
M12 × 1.75	84.3	87.7	103	70	79.2
M16 × 2	157	163	190	130	148
M20 × 2.5	245	255	296	203	230
M22 × 2.5	303	315	366	251	285
M24 × 3	353	367	427	293	332
M27 × 3	459	477	555	381	431
M30 × 3.5	561	583	679	466	527
M36 × 4	817	850	989	678	768

نتایج آزمایش ها

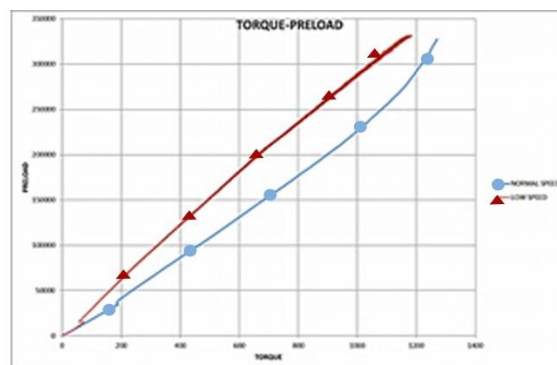
نتایج آزمایش ها به صورت جدول ۴- ارائه شده است که این نتایج در هر ردیف میانگین دو آزمایش انجام شده در هر سرعت می باشد. منحنی شکل ۷- مقدار پیش تنیدگی (KN) در مقابل زاویه (Degree)، منحنی شکل ۸- مقدار پیش تنیدگی (KN) در مقابل پیچش اعمالی (N.m) و منحنی شکل ۹- مقدار پیچش اعمالی (N.m) در مقابل زاویه (Degree) می باشد.

جدول ۴- نتایج آزمایش های اصطکاک بر روی نمونه ها

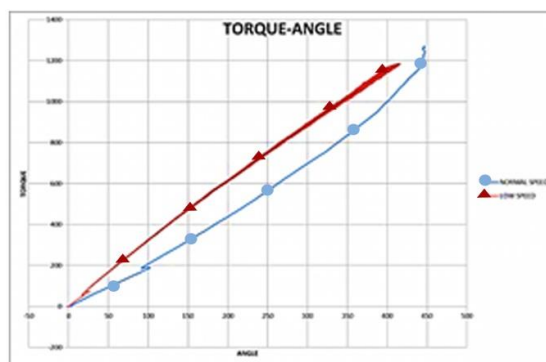
Speed(Degree per sec)	K(nut factor)	Desired preload(KN)	Required Torque(N.m)	Max preload(KN)	Max Torque(N.m)
5	0.098	325	1139.12	331.3	1185.918
30	0.136	325	1265	327.8	1270.626



شکل ۷- نمودار پیش تنیدگی -زاویه



شکل ۸- نمودار پیش تنیدگی -پیچش



شکل ۹- نمودار پیچش -زاویه

نتایج

- ۱- اعمال سرعت پیچش بیشتر در هنگام بستن پیچ و سریع تر بستن آن موجب افزایش اصطکاک اثر دینامیکی به میزان ۳۸ درصد و کاهش پیش تنیدگی مورد انتظار می شود.
- ۲- با اعمال سرعت یکنواخت تر بوسیله دستگاه های اتوماتیک بستن پیچ با اعمال پیچش کمتر به پیش تنیدگی مناسب می توان رسید و انرژی کمتری توسط اصطکاک تلف می شود.
- ۳- با توجه به اینکه اشاره شد شیب الاستیک نمودار پیچش-پیش تنیدگی نشان دهنده ضریب مهره می باشد، شکل ۸-، که اعمال سرعت کمتر در هنگام بستن ضریب مهره بالاتر و در نتیجه با اعمال پیچش کمتر به پیش تنیدگی بیشتر می توان رسید.

۴- همانطور که در نمودار شکل ۷- مشخص است با اعمال سرعت های کمتر و یکنواخت تر پیچ با زاویه پیچش کمتری به نقطه تسلیم می رسد.

۵- در مقایسه ضرایب مهره بدست آمده با مقدارهای ارائه شده در نشریه ۲۶۴ طراحی اتصالات [۱۱]، مقدار بدست آمده در سرعت پایین اعمال پیچش کمتر از پیچ گریس کاری شده و مقدار بدست آمده در سرعت اعمال پیچش بیشتر، نزدیک به خمیر مولبیدین سولفات می باشد.

سپاس و قدردانی

در این تحقیق آزمایش ها در آزمایشگاه شرکت ایران توحید انجام شد. سپاس و قدردانی ویژه از پرسنل محترم دفتر مرکزی و کارخانه این شرکت به جهت همکاری های بیدریغ شان و به خصوص مدیریت عامل محترم این شرکت جناب آقای مهندس مرعشی به جهت فراهم نمودن بستر مناسب برای انجام این تحقیقات.

منابع:

- 1- AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Construction.
- ۲- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ۱۳۸۷
- 3- RCSC, 2004. *Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts*. Research Council on Structural Connections. Available online at www.boltcouncil.org
- 4- ASTM A490M-04, 2004. Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints, American Society for Testing and Materials.
- 5- ISO 898-1, 2009. Standard Specification for Mechanical properties of fastener. International Standard Organization.
- 6- DIN 6916. Standard Specification for High-strength head bolts. Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardization)m
- 7- Kulak, G. L., and Birkemoe, P. C., 1993. *Field Studies of Bolt Pretension*. J. Construct. Steel Research 25 (1993) 95-106.
- 8- Shigley, J.E., and Mischke, C. R., 2001. *Mechanical Engineering Design. Seventh Edition*, McGraw-Hill.
- 9- Tan, W., 2004. *Installation Behavior of ASTM F1852 Twist-Off Type Tension Control Bolts*. Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- 10- Ralph S. Shoberg, *Engineering Fundamentals of Threaded Fastener Design and Analysis*.

۱۱- نشریه ۲۶۴ سازمان برنامه و بودجه طراحی اتصالات ساختمان های فولادی ۱۳۸۲



دبیرخانه همایش
کیفیت در ساخت و بازرسی
سازه های فولادی
www.QCST.ir



پایگاه اطلاع رسانی
استاندارد ISO 3834
www.ISO3834.ir



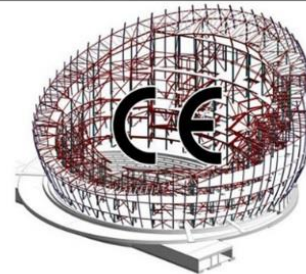
نشریه
جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب
www.JWN.ir



پایگاه اطلاع رسانی
جوشکاری صنایع ریلی
استاندارد EN 15085
www.EN15085.ir



شرکت سنجش کیفیت پارس
www.PQR.ir

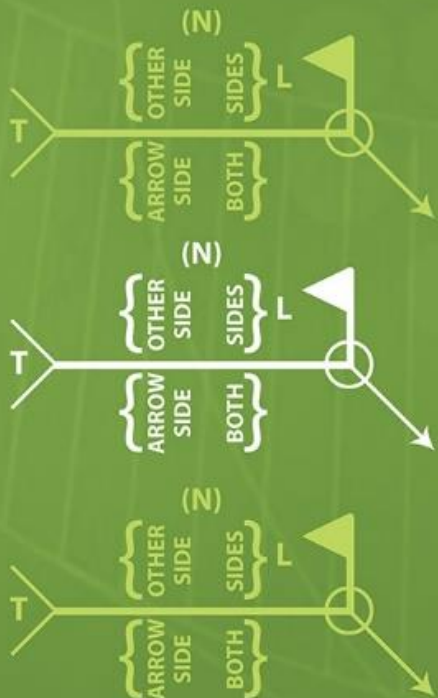


پایگاه اطلاع رسانی
ساخت و برپائی سازه های فولادی
استاندارد EN 1090
www.EN1090.ir



راهنمای جیبی بازرسی چشمی و ناپوسنگی های جوش

مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی
مهندس نرگس خاتون احمدی





شرکت فنی مهندسی صنعت مشاور اسپادان

« معرفی واحد آزمون های غیر مخرب شرکت صنعت مشاور اسپادان »

– بازرسی فنی و اجرای آزمایش های غیر مخرب:

واحد بازرسی فنی و تست های غیر مخرب شرکت صنعت مشاور آماده ارائه خدمات زیر به مجموعه های مختلف صنعتی می باشد:

- ۱- تهیه و تدوین WPS, PQR و دستورالعمل های اجرای آزمون های غیر مخرب (NDT Procedures)
- ۲- انجام انواع آزمون های غیر مخرب مایع نافذ، ذرات مغناطیسی و آلتراسونیک (UT, MT, PT) در قطعات جوش، ریخته گی و فورج
- ۳- دریافت سفارش جهت تامین تجهیزات و دستگاههای مورد استفاده در انواع روشهای تست غیر مخرب
- ۴- ساخت انواع بلوک های مرجع مورد استفاده در کالیبراسیون و بازرسی اولتراسونیک (UT) مطابق با استانداردهای API, ASME و ...



– آموزش تخصصی و عملی آزمون های غیر مخرب:



دپارتمان آموزش شرکت صنعت مشاور اسپادان به عنوان تنها عضو حقوقی انجمن ASNT در شهر اصفهان با در اختیار داشتن جمعی مجرب از مدرسین سطح ۳ ASNT و تجهیزات آموزشی مورد نیاز مبادرت به آموزش تخصصی و کاربردی متد های مختلف تست غیر مخرب نظیر بازرسی چشمی (Visual & Optical Testing)، بازرسی مایعات نافذ (Liquid Penetrant Testing)، بازرسی با ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle Testing)، بازرسی رادیوگرافی (Radiographic Testing)، بازرسی فراصوتی (Ultrasonic Testing)، بازرسی جریان گردابی (Eddy Current Testing) و روش های نوین تست فراصوتی (نظیر Phased Array و TOFD) مطابق با استانداردهای (2011) SNT-TC-1A و ISO 9712:2012 نموده است. همچنین این دپارتمان در محدوده استان های اصفهان، کرمان و لرستان جزو معدود مجموعه های تخصصی می باشد که در خصوص آموزش الزامات استاندارد ایران ایزو ۳۸۳۴ (ISIRI/ISO 3834) و تربیت متخصصین در حوزه مدیریت کیفیت جوشکاری فعالیت می نماید. جهت کسب اطلاعات بیشتر به وبسایت مجموعه مراجعه نمایید.

تلفن های تماس: ۰۳۱-۳۶۷۳۶۷۱۶ و ۰۳۱-۳۶۷۳۶۴۶۱

نشانی: اصفهان، خیابان هزارجریب، نبش کوی امام صادق (ع)، مجتمع پردیس، ورودی ۷، واحد ۱ www.sanatomoshaver.com



شرکت فنی مهندسی صنعت مشاور اسپادان

« معرفی واحد فروش و بازرگانی شرکت صنعت مشاور اسپادان »

شرکت صنعت مشاور اسپادان در جهت تامین تجهیزات و مواد مصرفی مجموعه های فعال در حوزه بازرسی فنی و اجرای آزمون های غیرمخرب مبادرت به اخذ نمایندگی از چندین برند معتبر اروپایی نموده و هم اکنون خود را به عنوان مرکز تخصصی تامین تجهیزات و مشاوره خرید در این حوزه معرفی نموده است. در زیر تجهیزات قابل تامین بصورت اجمالی آورده شده است:



• تجهیزات بازرسی چشمی (VT):

- انواع گیج های مخصوص بازرسی جوش (Cambrige- Hi-Lo - AWS - Fillet - VWac)
- انواع کولیس ، میکرومتر (معمولی و دیجیتالی)
- آینه ها و چراغ قوه های بازرسی چشمی LED
- گج های حرارتی

• تجهیزات و مواد مصرفی بازرسی مایع نافذ و ذرات مغناطیسی (PT-MT):

شرکت صنعت مشاور اسپادان دارنده نمایندگی رسمی و انحصاری محصولات برند Elite در ایران

- اسپری های PT & MT با برند انحصاری Elite محصول کشور ایتالیا
- انواع یوک های AC, DC ، کویل و دستگاه Head shot جهت تست کارخانه ای قطعات به روش MT
- انواع چراغ های ماوراء بنفش (UV) جهت بازرسی به روش فلورسنتی
- مایع تغلیظ برند Elite جهت استفاده در بازرسی به روش ذرات مغناطیسی در دو مدل Fluorescent & Dual



• تجهیزات بازرسی آلتراسونیک (UT):

شرکت صنعت مشاور اسپادان دارنده نمایندگی رسمی محصولات شرکت STARMANS در ایران

STARMANS



- انواع دستگاه های آلتراسونیک قابل حمل جهت تست قطعات جوشکاری، ریخته گری و فورج
- انواع دستگاه های آلتراسونیک اتوماتیک ویژه خطوط لوله، پروفیل و مخازن CNG
- دستگاه آلتراسونیک قابل حمل جهت تست بتن ، سرامیک، کامپوزیت ، پلاستیک و قطعات ریخته گری دانه درشت
- دستگاه های TOFD و Phased Array و پروب های Phased Array
- انواع پروب های نرمال (Normal)، زاویه ایی (Angle)، EMAT-Air Coupling، غوطه وری (Immersion)، سطحی (Surface) و...
- ساخت انواع Probe بصورت سفارشی جهت مصارف خاص نظیر تست لوله، تست مخازن CNG و ... در ابعاد و فرکانسهای مورد نظر بسته به نیاز مشتری
- انواع کوپلنت (Couplant) به صورت ژل و پودر مورد استفاده در تست اولتراسونیک جهت تست بر روی انواع قطعات پایه آهنی معمولی، حساس به خوردگی، قطعات فورج و ریخته گری، تست اولتراسونیک در دمای بالا تا مرز ۶۰۰ درجه سانتی گراد
- انواع بلوک های ASME Block (DAC)، V2 (Pocket)، V1 (IIW)، و سایر بلوک های استاندارد
- انواع کابل اتصال با کانکتورهای Lemo و BNC

تلفن های تماس: ۰۳۱-۳۶۷۳۶۷۱۶ و ۰۳۱-۳۶۷۳۶۴۶۱

نشانی: اصفهان، خیابان هزارجریب، نبش کوی امام صادق (ع)، مجتمع پردیس، ورودی ۷، واحد ۱ www.sanatmoshaver.com

پایش سیستم حفاظت کاتدی فولاد در بتن

بر اساس استاندارد ISO 12696:2012

مهندس مژگان بهرامی

دانشجوی دوره دکتری خوردگی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده

یکی از عوامل اصلی تخریب سازه های بتنی تقویت شده با فولاد، خوردگی آرماتورهای تقویت کننده آن می باشد. با توجه به اینکه یکی از پرکاربردترین روش های محافظت فولاد تعبیه شده در بتن در برابر خوردگی روش حفاظت کاتدی است، استفاده از استانداردهای ملی و بین المللی برای نصب، راه اندازی، پایش و تعمیر و نگهداری این سیستم ها ضروری می باشد. استاندارد ISO 12696:2012 الزامات انجام حفاظت کاتدی فولاد در بتن پایه سیمانی برای سازه های موجود و سازه های جدید را در شرایط مدفون، غوطه ور و در معرض اتمسفر و نیز شرایط جزر و مدی مشخص می کند. در این مقاله الزامات پایش سیستم حفاظت کاتدی بر اساس این استاندارد آمده است.

مقدمه

مسأله خوردگی فولاد در بتن از معضلات عمده کشورهای مختلف جهان است. بتن تازه دارای محیطی مرطوب و قلیایی با pH بین ۱۲ تا ۱۳ است. این محیط قلیایی باعث ایجاد یک لایه اکسید آهن محافظ پیرامون فولاد گردیده که مانع از پیشرفت خوردگی در بتن مسلح می شود. تا زمانی که لایه اکسید آهن پا برجا باشد، میلگرد به لحاظ شیمیایی تقریباً غیرفعال می ماند. مشکل خوردگی زمانی آغاز می شود که این لایه به دلیل افزایش تمرکز کلریدها در بتن یا کاهش خاصیت قلیایی بتن از بین می رود. راهکارهای مقابله با پدیده خوردگی در سازه های بتن آرمه به محافظت تقویت کننده آن در برابر عوامل خورنده منتهی می شوند. برای محافظت فولاد در برابر خوردگی روش های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته اند که از این میان روش های حفاظت فیزیکی و حفاظت الکتروشیمیایی یا حفاظت کاتدی جنبه عملی پیدا کرده اند. حفاظت کاتدی فولاد در بتن تکنیکی است که موفقیت آن در کاربردهای مناسب به منظور کنترل مقرون به صرفه خوردگی در بلند مدت برای فولاد در بتن ثابت شده است. این تکنیک نیاز به محاسبات طراحی ویژه و تعریف روش های نصب دارد تا به طور موفقیت آمیزی اجرا شود. در هر مرحله از نصب، اعمال انرژی، راه اندازی و عملیات سیستم حفاظت کاتدی باید تحت آزمایش های بازرسی چشمی، مکانیکی و / یا الکتریکی مناسب قرار گیرد.

الکترودهای مرجع، الکترودها و حسگرهای دیگر از اجزای مهم سیستم های حفاظت کاتدی می باشند و سیستم پایش در سیستم های حفاظت کاتدی محسوب می شوند. داده های به دست آمده از الکترودها و حسگرها ممکن است بررسی شده و توسط تجهیزات قابل حمل یا تجهیزات نصب شده دائمی از نوع دستی یا خودکار نمایش داده شود. کل سیستم حفاظت کاتدی باید طراحی، نصب و آزمایش شود تا طول عمر تعیین شده را در محیط مورد نظر داشته باشد. سیستم

حفاظت کاتدی آندهای جریان اعمالی و آندهای گالوانیک نیازمند پایش هستند تا کارایی و مطابقت آن ها با استاندارد ISO 12696:2012 تعیین شود. ممکن است سیستم های آند گالوانیک بدون سیستم های پایش یا روش های سنجش کارایی آن ها استفاده شوند. چنین سیستم هایی مطابق با این استاندارد نیستند.

۱- حسگرهای پایش

۱-۱- الکترودهای مرجع

به منظور بررسی عملکرد حفاظت کاتدی، یک سیستم پایش خوردگی باید با سیستم حفاظت کاتدی همراه باشد. در سیستم پایش باید حسگرها در نقاط نماینده روی کل سازه/ منطقه آندی که تحت حفاظت است، قرارگیرد. عملکرد سیستم حفاظت کاتدی باید با اندازه گیری پتانسیل فولاد / بتن، با استفاده از الکترودهای مرجع تعیین شود. الکترودهای مرجع مناسب برای قرار گرفتن دائمی در بتن شامل الکترودهای دو اتصاله Ag/AgCl/KCl و $\text{Mn/MnO}_2/0.5 \text{ M}$ NaOH می باشد. حسگرهای دیگر، نظیر الکترودهای واپاشی پتانسیل^۱، کوپن های دانسیته جریان، پروب های ماکرو-سل و غیره ممکن است در اتصال با الکترودهای مرجع استفاده شوند. در برخی از محیط ها، مثلاً در حضور برمیدها، یدیدها یا تشعشع یونیزه، الکترودهای Ag/AgCl/KCl ممکن است پایدار نباشند. در مورد تغییرات دمایی قابل ملاحظه، پتانسیل الکترودها تغییر می کند. در چنین شرایط محیطی، ممکن است فقط نیاز به استفاده از پروب های واپاشی پتانسیل باشد. برای اندازه گیری مقدار پتانسیل مطلق از الکترودهای مرجع استفاده می شود. پتانسیل الکترودهای مرجع باید در محدوده ± 10 میلی ولت از مقدار تئوریک و پتانسیل هر دسته از الکترودهای مرجع باید در محدوده ± 5 میلی ولت از تأییدیه های کالیبراسیون باشد. نصب الکترودها ممکن است با از قبل قرار دادن الکترودها در ملات سیمانی با انقباض جبران شده، اصلاح شود و از اتصال بین ملات و سر متخلخل الکترودها اطمینان حاصل شود. همه حسگرها باید برای نصب و برای قرار گرفتن دائمی در شرایط بسیار قلیایی مقاومت کافی داشته باشند. کابل ها و اتصالات کابل ها به حسگرها نیز باید به طور مشابه مقاوم به شرایط قلیایی باشد و اگر در تماس با، یا نزدیک به، سیستم آندی باشد مقاوم به اسید باشد. الکترودهای مرجع قابل حمل باید الکترودهای مرجعی باشند که برای استفاده مستقیم بر سطح بتن یا در اتصال با پروب های لاگین^۲ طراحی شده اند. این الکترودها که به طور مستقیم بر سطح بتن استفاده می شوند باید یک اسفنج یکپارچه، اما قابل جایگزینی، برای تماس با بتن داشته باشند. همچنین باید تأییدیه کالیبراسیون داشته باشند و باید با توجه به دستورالعمل سازندگان ذخیره، نگهداری و استفاده شوند. الکترودهای مناسب شامل الکترودهای پر شده با ژل^۳، الکترودهای دو اتصاله Ag/AgCl/0.5 M KCl و الکترودها کالومل اشباع (در یک محفظه غیرشیشه ای) می باشد. الکترودهای کالومل ممکن است در محل هایی که از نظر سلامتی و امنیت اهمیت دارند به دلیل وجود جیوه مناسب نباشند. الکترودهای مس/ سولفات مس اشباع^۴ (CSE) برای استفاده بر سطح بتن پیشنهاد نمی شود زیرا خطر بالایی به دلیل خطای قابل ملاحظه نشت سولفات مس به سطح بتن دارد.

¹ - Potential Decay Electrodes

² - Luggin Probes

³ - Gel-Filled

⁴ - Cu/Saturated CuSO_4 Electrodes

۱-۲-۱- حسگرهای دیگر

۱-۲-۱- پروب های واپاشی پتانسیل

پروب های واپاشی پتانسیل نباید برای اندازه گیری پتانسیل مطلق بتن/ فولاد یا برای واپاشی پتانسیل طولانی مدت حدود ۲۴ ساعت استفاده شوند. پروب های واپاشی پتانسیل حسگرهایی هستند که می توانند پتانسیل بتن/ فولاد را اندازه گیری کنند. اما به عنوان الکتروود مرجع محسوب نمی شوند زیرا پایداری برگشت پذیر پتانسیل نیم سلول ندارند. این پروب ها می توانند برای تعیین تغییر پتانسیل (طی تغییر وضعیت روشن- خاموش) در یک محدوده زمانی، حداکثر ۲۴ ساعت، استفاده شوند. پروب های واپاشی پتانسیل مناسب برای تعبیه دائمی در بتن شامل گرافیت و تیتانیوم فعال شده می باشد.

۱-۲-۲- کوپن ها و پروب های ماکرو-سل

کوپن ها و پروب های ماکرو-سل حسگرهای پایش دیگری هستند که می توانند مورد استفاده قرار گیرند. در جایی که کوپن ها و پروب های ماکرو-سل استفاده می شوند، پروب ها باید از جنس فولاد با ترکیب مشابه با ترکیب فولاد تقویت کننده سازه ساخته شوند و باید مناسب برای تعبیه دائمی در بتن باشند یا ساختمان عایق بندی شده و مجهز شده به تقویت کننده موجود در مکان داشته باشند. پروب های ماکرو-سل باید در استوانه هایی از ملات غنی از کلرید قرار داده شود. مقدار کلرید استوانه ها (با توجه به جرم سیمان) باید حداقل ۵ برابر مقدار متوسط کلرید سازه بتنی باشد و در عمق تقویت کننده از حداکثر مقدار کلرید تجاوز کند. کوپن های دانسیته جریان یا پروب های ماکرو-سل ممکن است برای تخمین دانسیته جریان موضعی جمع شده روی کاتد فولادی استفاده شود. پروب های ماکرو-سل می توانند برای تأیید محل های خوردگی فعال موضعی (نقاط داغ) استفاده شود که جریان کافی از سیستم حفاظت کاتدی برای کنترل خوردگی دریافت می شود و این موضوع با برعکس شدن شار جریان خالص بین ماکرو-سل ها و تقویت کننده اصلی پس از اعمال انرژی به سیستم حفاظت کاتدی نشان داده می شود.

۱-۲-۳- پروب های لاگین

پروب های لاگین باید شامل یک واسطه رسانای یونی در یک ماده عایق صلب یا شبه صلب باشند. همه مواد باید برای تعبیه دائمی در بتن مناسب باشند و باید از خشک شدن کامل محافظت شوند. پروب های لاگین یا وسایل مشابه آن می توانند برای تأمین پتانسیل فولاد تعبیه شده در عمق سازه استفاده شوند که با استفاده از یک الکتروود مرجع قابل حمل تعیین می شود.

۲- ابزار پایش

ابزار پایش باید برای بررسی حسگرهای پایش نصب شده استفاده شود تا عملکرد سیستم حفاظت کاتدی و شرایط عمل منبع تغذیه d.c تعیین شود. ابزار پایش ممکن است شامل ابزار دستی، داده نگارهای^۱ قابل حمل یا داده نگارهای نصب شده به صورت دائمی باشد. اساساً ابزار برای اندازه گیری ولتاژ d.c مورد نیاز می باشند. اگر کوپن ها یا پروب های

¹ - Data Loggers

ماکرو-سل اضافه شوند یا اندازه گیری های دیگری لازم باشد به ابزار ویژه دیگری نیاز است. همه ابزارها باید مطابق با استانداردهای ملی یا اروپایی مرتبط با الکترونیک و تجهیزات اندازه گیری ساخته شوند و باید تأییدیه کالیبراسیون معتبر داشته باشند. همه تجهیزات باید با توجه به دستورالعمل سازندگان به کار رفته، نصب و راه اندازی شوند.

۲-۱- مترهای دیجیتالی

ولت مترها برای ارزیابی حسگرها و منابع تغذیه d.c باید تفکیک پذیری حداقل ۱ میلی ولت، با دقت ± 1 میلی ولت یا بهتر داشته باشند و امپدانس ورودی بزرگتر یا مساوی ۱۰ مگا اهم داشته باشند. نباید از مترهای آنالوگ استفاده شود. شار جریان بین کوپن ها یا پروب های ماکرو-سل و تقویت کننده باید با استفاده از یک آمپرسنج با مقاومت صفر و یا دیگر وسایل مناسب با چنین تفکیک پذیری و دقتی اندازه گیری شود و دقت جریان اندازه گیری شده بیشتر از $\pm 1\%$ مقدار اندازه گیری شده باشد. بسته به اندازه کوپن یا پروب ماکرو-سل و محیط آن ها، جریان ها می توانند در محدوده چند ده میکروآمپر تا چند صد میلی آمپر باشند.

۲-۲- داده نگارها

داده نگارها باید تحت یک ساعت با زمان-تاریخ واقعی عمل کنند و باید شامل همه واحدهای اندازه گیری باشند. امپدانس ورودی داده نگارها در محدوده حداقل ۲۰۰۰ میلی ولت و با دقت ± 5 میلی ولت یا بیشتر باید حداقل ۱۰ مگا اهم و حداقل تفکیک پذیری ۱ میلی ولت باشد. داده نگارها باید مجهز به نرم افزارهایی که اجازه آزمایش تعیین مکان ها، حسگرها، سیستم های تغذیه d.c، مناطق آندی و غیره را می دهد، باشند. داده نگارها می توانند برای جمع آوری داده ها از حسگرها و منابع تغذیه استفاده شوند. داده نگارها ممکن است قابل حمل بوده یا به صورت دائمی نصب شوند. داده نگارهای قابل حمل باید برای کاربرد در شرایط ناهنجار و برای تماس موقت در محیط سایت مناسب باشند. اتصال داده نگارهای قابل حمل به جعبه آزمایش، منبع تغذیه d.c و غیره باید با اتصال دهنده ها و کابل های مناسب به گونه ای مقتضی باشد. داده نگارهای نصب شده به صورت دائمی باید در یک محوطه مناسب محیط و شرایط آب و هوایی مناسب در محل قرار گیرند. داده نگارهای نصب شده به صورت دائمی باید به حسگرهای مربوطه، منبع تغذیه d.c و غیره سخت سیم پیچی شود. ممکن است به منظور فراهم کردن پایش پارامترهای منبع تغذیه d.c و کارایی سیستم حفاظت کاتدی دور از آن ها، منابع تغذیه با تجهیزات پایش و امکانات ارتباطی یکی شوند. چنین سیستمی ممکن است برای کنترل از راه دور خروجی منبع تغذیه d.c فراهم شود.

۳- عملکرد سیستم پایش

هر منطقه از سیستم حفاظت کاتدی با آندهای جریان اعمالی یا در نواحی نماینده سیستم آندهای گالوانیک باید با وسایل مورد نیاز تجهیز شود تا پایش ولتاژ خروجی منبع تغذیه و جریان خروجی و پتانسیل فولاد/ بتن با استفاده از حداقل دو الکتروود مرجع که به طور دائمی در مکان های نماینده تعبیه شده اند، انجام شود. هر منطقه ممکن است با پروب های واپاشی پتانسیل برای پایش پتانسیل واپاشی، با کوپن های خوردگی برای اندازه گیری دانسیته جریان آندی یا کاتدی بر قسمت هایی از تقویت کننده / فولاد یا با روش های دیگر برای اندازه گیری یا ارزیابی سرعت خوردگی یا محدوده حفاظت کاتدی، تجهیز و آماده شود. سیستم های پایش که به طور دائمی نصب می شوند باید قرار داده شوند و سپس داده های ارائه شده می تواند در دوره های زمانی ارزیابی شود. این ارزیابی ممکن است شامل سیستم های جمع آوری دستی

داده ها، ثبت داده های جمع آوری شده با تجهیزات قابل حمل یا قرار گرفته در محل، اتصال شبکه / مودم، داده نگارهای نصب شده دائمی باشد. محدوده و مکان های استقرار سیستم ارزیابی عملکرد که به صورت دائمی نصب شده است باید مطابق با طراحی باشد. ناحیه های مورد ارزیابی باید شامل موارد زیر باشد:

الف- ناحیه هایی که احتمال خوردگی بالا یا تحت حفاظت می باشند.

ب- ناحیه هایی که احتمال بالای حفاظت بیش از اندازه وجود دارد.

ج- ناحیه هایی که خطر بالای خوردگی یا فعالیت بالای خوردگی وجود دارد.

احتمالاً داده ها یا عملکرد الکترودهای مرجع نصب شده دائمی، کوپن ها یا دیگر حسگرها با قرار گرفتن در بتنی که تعمیر می شود و حاوی تقویت کننده یا هر فولاد دیگر تعبیه شده در آن می باشد یا در مجاورت این بتن، شدیداً تحت تأثیر قرار می گیرد و یا این داده ها نماینده عملکرد کل سیستم نیستند. بر اساس این استاندارد الکترودهای مرجع و حسگرهای دیگر نباید در بتن تعمیر شده یا نزدیک آن قرار گیرند مگر اینکه مکان های جایگزین وجود نداشته باشد. در اطراف حسگر، بتن اطراف فولاد باید مختل نشده باقی بماند. الکترودهای مرجع نباید، اگر ممکن است، در فاصله ۵۰۰ میلی متر از تعمیرات بتنی که فولاد در آن تعبیه شده است، قرار گیرند. الکترودهای مرجع نصب شده به صورت دائمی و دیگر حسگرها باید کالیبراسیون شوند.

۴- ارزیابی عملکرد اولیه

پس از دوره پلاریزاسیون اولیه ارزیابی عملکرد اولیه باید مطابق با نقشه کیفیت انجام شود. این ارزیابی باید شامل موارد ذیل باشد:

الف- اندازه گیری ولتاژ و جریان خروجی تأمین شده برای هر منطقه سیستم حفاظت کاتدی و محاسبه مقاومت مدار از آن.

ب- اندازه گیری پتانسیل در حالت " خاموش آنی " (بدون IR) اندازه گیری بین ۰٫۱ ثانیه و ۱ ثانیه پس از تغییر وضعیت مدار باز (d.c) در همه الکترودهای مرجع نصب شده دائمی و هر مکان دیگر نشان داده شده در نقشه کیفیت در یک دوره زمانی کوتاه پس از تغییر وضعیت مدار باز منبع تغذیه d.c به سیستم حفاظت کاتدی

پس از تغییر وضعیت "خاموش" برای " خاموش آنی " (بدون IR) برای اندازه گیری های پتانسیل باید قبل از اندازه گیری، زمان کافی داده شود تا از هر گونه افزایش ولتاژ ناپایدار ناشی از تغییر امواج، ظرفیت خازنی یا اثر مقاومت که بر مقادیر اندازه گیری شده تأثیر گذار است، جلوگیری شود. این زمان انتظار باید به اندازه کافی کوتاه باشد تا از دپلاریزاسیون قابل ملاحظه جلوگیری شود. اندازه گیری هایی که در حالت «خاموش آنی» بین ۰٫۱ ثانیه و ۰٫۵ ثانیه پس از تغییر حالت «خاموش» انجام می شود اما مقادیر مناسب از یک سیستم تا یک سیستم دیگر و با بسط / دوره زمانی پلاریزاسیون تغییر می کند. دوره زمانی اندازه گیری (برای شمارشگر دیجیتالی) باید به اندازه کافی کوتاه باشد تا از دپلاریزاسیون قابل ملاحظه طی دوره زمانی اندازه گیری جلوگیری شود اما دقت یا قابلیت رد نویز سیستم اندازه گیری تنزل پیدا نکند. در حالی که دوره های زمانی اندازه گیری بین ۰٫۱ و ۰٫۵ ثانیه است مراحل کالیبراسیون و دیگر مراحل محاسبه تجهیزات ممکن است زمان طولانی تری را تحمیل کند که طولانی تر از زمان بین اندازه گیری های متوالی است.

ج- اندازه گیری واپاشی پتانسیل پس از تغییر منبع d.c حفاظت کاتدی به مدار باز ثابت. زمان واپاشی پتانسیل و وقفه های اندازه گیری پتانسیل های فولاد/ بتن/ الکتروود باید به گونه ای باشد که در نقشه کیفیت نشان داده شده است.

زمان های واپاشی پتانسیل ۴ یا ۲۵ ساعت است و اندازه گیری ها در همه یا برخی از ۵، ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۲۳، ۲۴ و ۲۵ ساعت پس از تغییر در حالت «خاموش»، چنانچه مناسب باشد، برای تعیین گستره واپاشی پتانسیل و سرعت هر واپاشی در حال پیشرفت (مداوم) در پایان دوره انتخابی انجام می شود. برای سازه های مدفون و غوطه ور (به ویژه آن هایی که در شرایط مرطوب یا خاک های رس نفوذ ناپذیر مدفون شده اند) و برای سازه های دارای پوشش بر سطح که در معرض اتمسفر قرار گرفته اند و پوشش دسترسی اکسیژن در بتن را محدود می کند، واپاشی پتانسیل ممکن است خیلی کند باشد و ممکن است هفته ها به طول انجامد.

در نهایت، دسترسی اکسیژن در فولاد ممکن است برای حفظ پاسیویته فصل مشترک فولاد/ بتن مناسب نباشد و پتانسیل ممکن است در مقدار نسبتاً منفی باقی بماند. در این شرایط واپاشی پتانسیل ممکن است یک معیار عملی حفاظت نباشد.

اگر پتانسیل اولیه (معمولی یا به دست آمده از شیفت پتانسیل که اندازه گیری شده) فوراً قبل از انرژی دادن به سیستم حفاظت کاتدی اندازه گیری شود و اگر این مقدار تحت تأثیر جریان سرگردان نباشد ممکن است شیفت پتانسیل معادل با واپاشی پتانسیل باشد. اگر اندازه گیری های شیفت پتانسیل به عنوان یک معیار حفاظت بر سازه های مدفون، غوطه ور، اشباع از آب یا به عنوان پتانسیل معمولی یا به دست آمده برای سازه های پوشش داده شده استفاده شود نظر به اینکه درون بتن از اکسیژن تهی می شود ممکن است در معرض تغییرات پتانسیل منفی بسیار قابل ملاحظه قرار گیرد. شیفت پتانسیل منفی از ۲۰۰ میلی ولت به ۳۰۰ میلی ولت ممکن است ناشی از تخلیه اکسیژن بدون اعمال حفاظت کاتدی باشد.

د- اندازه گیری پارامترهای همه حسگرهای دیگر نصب شده به عنوان بخشی از عملکرد سیستم پایش.

ه- اندازه گیری های پتانسیل های فولاد/ بتن در حالت «روشن» (شامل افت IR) اگر در نقشه کیفیت نیاز باشد.

طی اندازه گیری پتانسیل در حالت «خاموش آنی» ممکن است نیاز به تغییر مدار نیروی d.c خاموش و روشن باشد تا اندازه گیری های متناوب تعدادی از فولاد / بتن/ الکتروودها تسهیل شود. نسبت زمان خاموش به روشن هریک از رژیم های تغییردهنده برای اندازه گیری های پتانسیل در حالت «خاموش آنی» باید حداقل ۱ به ۴ باشد. جمع آوری داده ها به صورت دستی ۳ ثانیه در حالت خاموش و ۱۲ ثانیه در حالت روشن می باشند. برای جمع آوری داده ها به صورت الکترونیکی بهتر است که سیستم داده نگارها به سیستم تغییر وضعیت وصل شود تا اندازه گیری دوره های زمانی انتظار و اندازه گیری دوره های زمانی دقیقاً مربوط به لحظه خاموش باشد. در دوره های طولانی تر تغییر وضعیت، جمع آوری داده های آهسته تر است و خطر دپلاریزاسیون در طول دوره خاموشی وجود دارد.

۵- معیار حفاظت: تفسیر داده های ارزیابی عملکرد

داده هایی که جمع آوری شده است باید بازنگری شود و با توجه به معیارهای ذیل یا برخی از معیارهای اصلاح شده با الزامات خاص سازه با توجه به معیار حفاظت فولاد در بتن تفسیر شود. پتانسیل حالت خاموش آنی فولاد/ بتن که منفی تر از ۱۱۰- میلی ولت با توجه به الکتروود Ag/AgCl/0.5 M KCl نیست برای فولاد تقویت کننده مسطح مجاز است

یا ۹۰۰- میلی ولت برای فولاد پیش تنیده شده باشد. ممکن است فولاد پیش تنیده شده به تدری هیدروژنی حساس باشد و به علت بارگذاری کششی بالا، شکست می تواند فاجعه بار باشد. ضروری است که کاربرد حفاظت کاتدی برای اجزای پیش تنیده شده با احتیاط انجام شود. برای سیستم های گالوانیک از آندهای روی استفاده می شود، درجه پلاریزاسیون اضافی به طور طبیعی محدود می شود و معمولاً باید برای نگه داشتن پتانسیل فولاد/ بتن در کمتر از محدوده پتانسیل ۹۰۰- میلی ولت بر حسب Ag/AgCl/0.5 M KCl مناسب باشد. برای هر فولاد تعبیه شده در بتن باید هر یک از معیارهای داده شده در الف تا ج برآورده شود.

الف- یک پتانسیل « خاموش آنی » منفی تر از ۷۲۰- میلی ولت بر حسب Ag/AgCl/0.5 M KCl

ب- یک واپاشی پتانسیل بالای بیشینه ۲۴ ساعت از حداقل ۱۰۰ میلی ولت از حالت « خاموش آنی »، یا

ج- واپاشی پتانسیل بالای یک دوره زمانی وسیع (۲۴ ساعت یا بیشتر) از حداقل ۱۰۰ میلی ولت از حالت «خاموش آنی» که در معرض واپاشی پیوسته است و استفاده از الکترودهای مرجع (نه پروب های واپاشی پتانسیل) برای اندازه گیری بسط داده شده تا ۲۴ ساعت.

در سیستم هایی که آندهای تیتانیوم فعال شده استفاده می شود، محدوده پتانسیل فولاد/ بتن (۱۰۰- ۱- میلی ولت یا ۹۰۰- میلی ولت)، همان طور که در بالا گفته شد، ممکن است با اندازه گیری پتانسیل آند/ بتن و ولتاژ خروجی مبدل یکسوکننده بررسی شود تا مقادیر افت ولتاژ کابل محاسبه گردد. ممکن است منفی تر شدن پتانسیل به کمتر از ۱۵۰- میلی ولت بر حسب Ag/AgCl/0.5 M KCl برای پتانسیل فولاد/ بتن در سازه کاملاً دیپلاریزه شده پس از اینکه سیستم حفاظت کاتدی به حالت خاموش برای یک دوره طولانی (۷ روز یا بیشتر) تغییر کرد، به عنوان یک معیار بررسی مناسب در نظر گرفته شود. معیارهایی که در قسمت الف، ب و ج در بالا آمده است، ممکن است با تعمیر بتن حاوی تقویت کننده یا دیگر فولادها در ۰.۵ متری نقطه اندازه گیری پتانسیل مختل شود. باید با قرار گرفتن الکترودهای مرجع و دیگر حسگرها دور از تعمیرات بتن در جایی که امکان دارد، اجتناب شود. این معیارها ممکن است با تغییر دما و رطوبت غیر معتبر باشند. چنین تغییراتی، به خودی خود، می تواند باعث تغییرات قابل ملاحظه پتانسیل های فولاد/ بتن گردد. برای سازه ها، نظیر سازه های مدفون، غوطه ور یا سازه های پوشش داده شده، جایی که دسترسی به اکسیژن در بتن محدود شده است، معیارهای داده شده در قسمت ب و ج در بالا ممکن است عملی نباشد زیرا سرعت دیپلاریزه شدن بسیار کند است. به طور مشابه، شیفت پتانسیل ممکن است برابر با واپاشی پتانسیل در خارج از دوره زمانی محدود شده نباشد و پتانسیل "طبیعی" یا "به دست آمده" به علت تخلیه اکسیژن تغییر کند که می تواند منجر به خطاهای شدید در ارزیابی شیفت پتانسیل شود. اگر تفسیر داده های ارزیابی عملکرد که معیار حفاظت به دست آمده است، اقدامات بیشتری نیاز نیست. اگر این معیارها با سیستم های آندی گالوانیک که امکان افزایش جریان به فولاد وجود ندارد، به دست نیامد بنابراین باید ارزیابی های بیشتری در مورد خطر خوردگی انجام شود. اگر خطر خوردگی تشخیص داده شد برای افزایش جریان حفاظت، با سیستم آندی گالوانیک مکمل، جهت حداقل کردن خطر باید اقداماتی انجام شود. در بتن در معرض اتمسفر (وقتی رسیدن اکسیژن هوا به فولاد محدودکننده سرعت فرایند خوردگی نیست)، سرعت خوردگی فولاد ممکن است با قرار دادن شیفت پتانسیل فولاد و دانسیته جریان به کار رفته در معادله باتلر- ولمر تخمین زده شود. دانسیته جریان به کار رفته ممکن است از جریان رسیده از بخش کوچکی از آند حاصل شود و شیفت پتانسیل فولاد با اندازه گیری واپاشی پتانسیل فولاد در همان بخش آند تخمین زده می شود. فولاد پاسیو سرعت خوردگی کمتر از ۲ میلی آمپر

بر متر مربع دارد و ترجیحاً کمتر از ۱ میلی آمپر بر متر مربع دارد. تمایل به کاهش سرعت خوردگی با تمایل به افزایش پتانسیل خوردگی همراه است که نشانی از حفاظت به دست آمده می باشد. اگر خطر خوردگی تشخیص داده شود اقداماتی که باید انجام شود شامل تبدیل سیستم گالوانیک به سیستم جریان اعمالی (در صورت امکان)، نصب آندهای گالوانیک بیشتر یا به کار گیری عملیات الکتروشیمیایی آنی و استفاده از آندهای گالوانیک (در صورت امکان) و استفاده از منبع تغذیه موقت می باشد. انتخاب های موجود وابسته به سیستم آندی گالوانیک مورد استفاده است.

۶- فواصل زمانی و روش ها

بازرسی عملکرد و تعمیرات و نگهداری و فواصل زمانی و روش های آزمایش باید همان گونه که در دفترچه راهنمای عملکرد و تعمیرات و نگهداری پیشنهاد شده است باشد. فواصل زمانی و روش های بازرسی و آزمایش های معمول برای هر سیستم متفاوت است و بستگی به نوع سازه، نوع سیستم حفاظت کاتدی، قابلیت منابع تغذیه (سیستم های جریان اعمالی)، قابلیت آند گالوانیک در آن محیط و میزان آسیب پذیری به آسیب های الکتریکی یا مکانیکی که به صورت عمدی ایجاد شده است، دارد. در سیستم هایی که وارد کردن و انتقال داده ها به صورت الکترونیکی انجام می شود سیستم های پایش عملیات ممکن است به تکرار بازرسی های فیزیکی کمتری نیاز داشته باشند، همان طور که آزمایش های معمول می تواند به صورت خودکار انجام شود. اگر خطا، آسیب یا اختلاف قابل ملاحظه ای در عملکرد سیستم که با آزمایش ها/ بازرسی های موفقیت آمیز نشان داده شده است، وجود نداشته باشد، می توان فواصل زمانی بین بازرسی ها و آزمایش های معمول را گسترش داد. دوره های طولانی عملیات منجر به پلاریزاسیون قابل ملاحظه و پاسیواسیون مجدد فولاد در بتن می شود.

روش های بازرسی معمول باید به صورت ذیل باشد:

الف- چک کردن عملکرد شامل موارد زیر:

- ۱- تأیید این که همه سیستم ها در حال کار هستند.
- ۲- اندازه گیری ولتاژ خروجی و جریان خروجی به هر منطقه سیستم حفاظت کاتدی جریان اعمالی
- ۳- ارزیابی داده ها

ب- ارزیابی عملکرد شامل موارد زیر:

- ۱- اندازه گیری پتانسیل های پلاریزه شده در حالت «خاموش آنی»
- ۲- اندازه گیری افت پتانسیل
- ۳- اندازه گیری پارامترهای حسگرهای نصب شده به عنوان بخشی از سیستم پایش عملیات
- ۴- بازرسی چشمی کامل سیستم حفاظت کاتدی
- ۵- ارزیابی داده ها
- ۶- تنظیم جریان یا ولتاژ خروجی سیستم جریان اعمالی

چک کردن عملکرد باید ماهانه در سال اول عملیات انجام شود، منوط به عملکرد مطلوب، و پس از آن در فاصله های زمانی سه ماهه انجام شود. به طور معمول، ارزیابی عملکرد باید در فاصله های زمانی سه ماهه در سال اول عملیات انجام شود، منوط به عملکرد مطلوب، و پس از آن در فاصله های زمانی ۶ ماهه و ۱۲ ماهه بازدید شود.

در دمای زیر صفر درجه سلیسیوس بتن، پایش پتانسیل می تواند غیرممکن باشد. تاریخ های انجام پایش باید برای اجتناب از اندازه گیری ها در چنین هواهای سردی انتخاب شود.

۷- بازنگری سیستم

کارهای مربوط به آزمایش و بازرسی باید شامل موارد ذیل در حداکثر دوره های ۱۲ ماهه باشد.

الف- بازنگری همه داده های آزمایش و سوابق بازرسی از زمان بازنگری قبلی

ب- ارزیابی عملکرد

ج- بازرسی چشمی سیستم حفاظت کاتدی

د- بازنگری و تفسیر داده ها مطابق با این استاندارد

ه- تنظیم جریان خروجی اگر نیاز است مطابق با این استاندارد

و- آماده کردن و تهیه گزارش بازنگری سیستم مطابق با این استاندارد

۸- گزارش بازنگری سیستم

گزارش باید شامل کارهای انجام شده، داده های جمع آوری شده و تفسیر داده ها و پیشنهادهایی برای هر تغییری در عملیات و تعمیر و نگهداری یا فواصل زمانی و روش های بازنگری سیستم باشد. همچنین پیشنهادهایی برای هر تغییری در سیستم حفاظت کاتدی باید در گزارش وارد شود.

مراجع

- [1] EN 12696:2012, Cathodic protection of steel in concrete
- [2] Arup, H. and Klinghoffer, O. *Junction Potentials at a Concrete/Electrolyte Interface. Corrosion of Reinforcement in Concrete - Monitoring, Prevention and Rehabilitation - Papers From Eurocorr'97*.1998; European Federation of Corrosion Publication (No. 25):31 to 39. ISSN: ISBN 1-86125-083-5.
- [3] Hassanein, A.M., Glass, G.K. and Buenfeld, N.R. Protection current distribution in reinforced concrete cathodic protection systems. *Cement & Concrete Composites* 24 . 2002, pp. 159-167
- [4] EN 13509, *Cathodic protection measurement techniques*

خوردگی اتصالات جوشکاری شده غیر مشابه

مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی

مقدمه :

انواع گوناگونی از یک سیستم فرایندی در شرایط بهره برداری مختلف اجراء می شود، لذا آلیاژهای سازه ای گوناگونی در طراحی استفاده می شود و بنابراین اتصالات جوشکاری غیر متشابه ممکن است، لازم شوند. فاکتورهای زیادی بایستی هنگام جوشکاری فلزات غیرمتشابه در نظر گرفته شوند، و تهیه و تأیید کیفیت دستورالعمل های مناسب برای فلزات و اندازه های مورد نیاز گوناگون، برای یک کاربری مشخص، باید مد نظر قرار گیرد.

اکثر ترکیبات فلزات غیر متشابه را می توان با جوشکاری حالت جامد (جوشکاری نفوذی^۱)، جوشکاری انفجاری، جوشکاری اغتشاشی، یا جوشکاری فراصوتی، جایی که آلیاژسازی بین فلزات معمولاً جزئی است، متصل نمود. در این حالت، تنها تفاوت ها در خواص فیزیکی و مکانیکی فلزات پایه و اثر آنها بر قابلیت بهره برداری اتصال، بایستی مد نظر قرار گیرد. هنگامی که فلزات غیر متشابه با فرایندهای جوشکاری قوسی (ذوبی) متصل می شوند، آلیاژ سازی فلزات پایه و فلز پرکننده، مهمترین موضوع خواهد بود.

فلز جوش حاصله می تواند بسیار متفاوت از یک یا هر دو فلز پایه، در حین فرایندهای بعدی یا در بهره برداری، رفتار کند. معروفترین فرایندهای جوشکاری قوسی برای اتصال فلزات غیرمتشابه SMAW، GMAW و GTAW هستند.

فاکتورهای موثر بر سلامت اتصال (مرجع ۱)

اتصالات جوشکاری شده فلزات غیرمتشابه با شیب های ترکیبی و تغییرات ریز ساختار که دگرگونی های عمده ای در خواص شیمیائی، فیزیکی و مکانیکی ایجاد می کنند، مشخص می شوند. مشکلات پیش رو هنگام اتصال فلزات غیرمتشابه شامل مشکلات تجربه شده هنگام جوشکاری هر فلز پایه تکی و مشکلات منحصر به گستره ترکیب شیمیائی هنگام مخلوط کردن آلیاژها در نسبت های گوناگون می باشد. پیچیدگی کار با افزودن فلز پرکننده به معادله، بیشتر می شود، که تمرینی معمول در جوشکاری فلزات غیر متشابه است.

فاکتور های اولیه عامل شکست (ترک خوردن) جوش های قوسی فلزات غیر متشابه شامل موارد زیر است:

- مشکلات عمومی آلیاژسازی دو فلز (تشکیل فاز ترد و حد حلالیت محدود)،
- نقطه ذوب های بسیار متفاوت،

¹ Diffusion welding

- تفاوت ها در ضرایب انبساط حرارتی،
- تفاوت ها در ضرایب هدایت حرارتی،
- مشکلات خوردگی شامل خوردگی گالوانیک، اکسیداسیون، ترک هیدروژنی، و حساس شدن.

فلز جوش

در جو شکاری ذوبی اتصالات فلزی غیر متشابه، مهمترین تمهید، ترکیب فلز جوش و خواص آن می باشد. ترکیب آن بستگی به ترکیب فلزات پایه، فلز پر کننده (در صورت استفاده) و رقت مربوط به هر یک دارد. ترکیب شیمیائی فلز جوش معمولاً یکنواخت نیست، بالاخص در مورد جوش های چند پاسه، و معمولاً یک شیب ترکیب شیمیائی در فلز جوش مجاور هر فلز پایه به وجود می آید. این مشخصات انجمادی فلز جوش معمولاً از نسبت رقت و شیب ترکیب شیمیائی نزدیک هر فلز پایه تاثیر پذیر است. این مشخصات با توجه به ترک گرم فلز جوش حین انجماد مهم هستند.

مفاهیم پایه آلیاژ سازی، مشخصات متالورژیکی آلیاژ حاصل، و خواص مکانیکی و فیزیکی بایستی هنگام طراحی یک اتصال فلزی غیر متشابه در نظر گرفته شوند.

برای فرایند های جو شکاری ذوبی مهم است که دیاگرام فازی هر دو فلز درگیر بررسی گردد. اگر حلالیت کامل بین دو فلز وجود داشته باشد، اتصال معمولاً به صورت موفقیت آمیزی اجراء می گردد. اگر حلالیت کم یا عدم حلالیت بین دو فلزی که باید متصل شوند وجود داشته باشد، اتصال جوشی موفقیت آمیز نخواهد بود. ترکیبات بین فلزی که بین فلزات غیرمتشابه تشکیل می شوند بایستی از دیدگاه حساسیت به ترک، داکتیلته و احتمال خوردگی و موارد مشابه بررسی گردند.

ریزساختار این ترکیبات بین فلزی بسیار مهم است. در برخی موارد لازم است که از یک فلز سوم که با هر یک از دو فلز دیگر حلالیت دارد به منظور تولید یک اتصال موفق استفاده شود.

لایه مصرفی دوفلزی^۱

ترکیبات بین فلزی بسیار ترد هنگامی که فلزاتی مانند فولاد، مس، منیزیوم یا تیتانیوم به صورت ذوبی به آلومینیوم جوش می شوند، تشکیل می گردد. لایه های مصرفی دوفلزی در شکل های ورق، ورق نازک و لوله ای به صورت تجاری در زوج هائی از آلومینیوم به فلزات دیگر از قبیل فولاد زنگ نزن و مس، موجود است.

این لایه های مصرفی با نورد، جو شکاری انفجاری، جو شکاری اغتشاشی، جو شکاری جرقه ای یا جو شکاری فشار داغ تولید شده و راحتترین روش برای جو شکاری ذوبی آلومینیوم به سایر فلزات را ارائه می دهد. روش های GTAW و GMAW رایج، همانند جو شکاری مقاومته نقطه ای، برای اتصال سمت آلومینیوم قطعه انتقالی به قطعه ی مورد نظر استفاده می شوند. فلز غیر متشابه به سمت دیگر قطعه ی انتقالی دو فلزی متصل می گردد.

¹ Bimetallic insert

رقت

رقت تغییر در ترکیب شیمیائی یک فلز پرکننده جوشکاری به علت مخلوط شدن فلز پایه یا جوش های رسوب یافته قبلی در پاس جوش رسوب یافته است. رقت معمولاً با درصد فلز پایه یا فلز جوش رسوب داده شده قبلی در خط جوش اندازه گیری می شود.

کنترل رقت که از اولین اولویت ها هنگام اتصال ترکیبات غیر متشابه فلزی است، به صورت کامل در مقاله "سخت کاری سطحی، روکش دهی با جوش و اتصال فلزی غیر متشابه" در فصل ۶ هندیوک ASM تشریح شده است. در جوشکاری فلزی غیر متشابه، فلز پرکننده بایستی با فلزات پایه آلیاژی شده باشد تا فلز جوشی با فاز شبکه ای داکتیل پیوسته تولید نماید. به صورت خاص، فلز پرکننده بایستی قابلیت قبول رقت (آلیاژی شدن) با فلزات پایه بدون تولید ریزساختار حساس به ترک را داشته باشد.

ریز ساختار فلز جوش بایستی همچنین پایداری در شرایط بهره برداری مورد انتظار را داشته باشد. یک جوش موفقیت آمیز بین فلزات غیر متشابه، جوشی است که به اندازه ضعیفترین فلزات مورد اتصال قوی باشد، به این معنی که استحکام کششی و داکتیلیته کافی برای اینکه محل اتصال تخریب نشود را داشته باشد.

دماهای ذوب

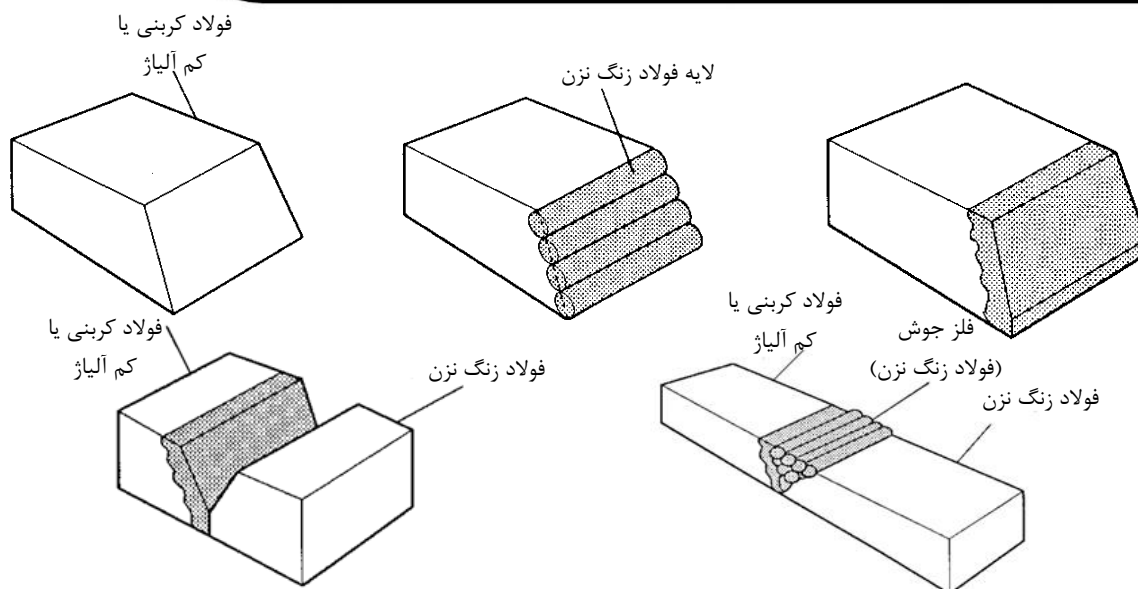
تفاوت در دماهای ذوب دو فلز که بایستی متصل شوند نیز باید مد نظر قرار گیرد. این موضوع از موارد اولیه در یک فرایند جوشکاری ذوبی است که تامین حرارت مورد نظر را بر عهده دارد. زیرا یکی از دو فلز در هنگام قرارگیری در معرض منبع حرارتی یکسان، بسیار قبل از دیگری ذوب می شود. تفاوت اساسی بین دماهای ذوب دو فلز پایه یا بین فلزات جوش و فلز پایه می تواند منتج به گسیختگی فلزی که دمای ذوب پائین تری دارد، گردد. انجماد و درهم کنش فلز با دمای ذوب بالاتر در فلز دیگر، در حالی که در شرایط ضعیف انجماد جزئی قرار دارد، تنش القاء می کند.

روکش دهی^۱

مشکل تفاوت در دمای ذوب دو فلز غیر متشابه ممکن است با رسوب دهی یک یا چند لایه از یک فلز پرکننده با دمای ذوب متوسط بر روی سطح فلز پایه با دمای ذوب بالاتر حل شود. این فرایند روکش دهی نام دارد. سپس جوش بین سطح روکش شده و فلز پایه دیگر انجام می شود. لایه روکش دهی بایستی در راستای کاهش تفاوت دمای ذوب به کار رود. روکش دهی همچنین ممکن است برای ایجاد یک ناحیه انتقال بین مواد با ضرایب انبساط حرارتی متفاوت، که بایستی دماهای چرخه ای را در بهره برداری تحمل کنند، استفاده شود.

به صورت مشابه روکش دهی ممکن است برای ایجاد یک لایه مانع، که مهاجرت عناصر ناخواسته از فلز پایه به فلز جوش حین عملیات حرارتی بعد از جوشکاری یا در حین بهره برداری در دماهای مرتفعه را آهسته می کند، استفاده شود. فن روکش دهی در شکل ۱ نشان داده شده است.

¹ Buttering



شکل ۱- لایه گذاری با جوش

هدایت حرارتی

بیشتر فلزات و آلیاژها عموماً هادی های خوبی برای حرارت هستند، اما برخی بسیار بهتر از برخی دیگر هستند. هدایت سریع حرارت از یک حوضچه جوش مذاب توسط فلز پایه مجاور ممکن است انرژی وارده مورد نیاز برای ذوب موضعی فلز پایه را تحت تاثیر قرار دهد. هنگامی که دو فلز غیر متشابه با هدایت حرارتی بسیار متفاوت به یکدیگر جوش می شوند (برای مثال فولادهای ساده کربنی و آلیاژهای پایه مس)، دستورالعمل جوشکاری بایستی با توجه به تفاوت ها تهیه شده باشد.

معمولاً منبع حرارت جوشکاری بایستی به سمت فلز با هدایت حرارتی بالاتر جهت دهی شود تا بالانس حرارتی مناسب به دست آید. هنگام جوشکاری فلزات غیر متشابه، هدر رفت حرارتی از طریق فلزات پایه می تواند تا اندازه ای توسط پیش گرمایش انتخابی فلزی که هدایت حرارتی بالاتری دارد بالانس شود. رقت با حرارت بالانس شده بسیار یکنواخت تر است.

همچنین پیش گرمایش فلز پایه با هدایت حرارتی زیادتر، نرخ سرمایش فلز جوش و منطقه متاثر از حرارت را کاهش می دهد. اثر اصلی پیش گرمایش کاهش حرارت مورد نیاز برای ذوب آن فلز پایه است.

ضریب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی دو فلز پایه غیر متشابه فاکتور مهم دیگر است. تفاوت بسیار در ضرایب انبساط حرارتی فلزات مجاور حین سرمایش ممکن است تنش کششی در یک فلز و تنش فشاری در دیگری القاء نماید. فلز در معرض تنش کششی ممکن است در حین جوشکاری ترک گرم بخورد یا ممکن است در حین بهره برداری ترک سرد بخورد، مگر اینکه تنش ها به طریق مکانیکی یا حرارتی برطرف گردند.

این فاکتور بالاخص برای اتصال هایی که در دماهای مرتفعه و در یک حالت چرخه دمائی کار می کنند، مهم است. یک مثال رایج برای این مورد، اتصال سربه سر لوله فولاد زنگ نزن آستینیتی به فولاد فریتی، مورد استفاده در مجتمع های تبدیل انرژی است.

به صورت ایده آل، ضریب انبساط حرارتی فلز جوش بایستی بین دو فلز پایه باشد، بالاخص اگر اختلاف بین این دو فلز پایه زیاد باشد. اگر اختلاف کم باشد، فلز جوش ممکن است ضریب انبساطی معادل یکی از فلزات پایه داشته باشد.

انتخاب یک فلز پرکننده مناسب

انتخاب یک فلز پرکننده مناسب یک فاکتور مهم در تولید یک اتصال فلزی غیر متشابه، که بایستی به خوبی در بهره برداری عمل کند، می باشد. یک هدف از جوشکاری فلزی غیر متشابه به حداقل رساندن درهمکنش های متالورژیکی ناخواسته بین فلزات است. فلز پرکننده بایستی با هر دو فلز پایه سازگار بوده و قابلیت رسوب گذاری با یک رقت حداقلی را داشته باشد.

دو معیار مهم در انتخاب یک فلز پرکننده مناسب برای جوشکاری دو فلز غیر متشابه، به شرح زیر است:

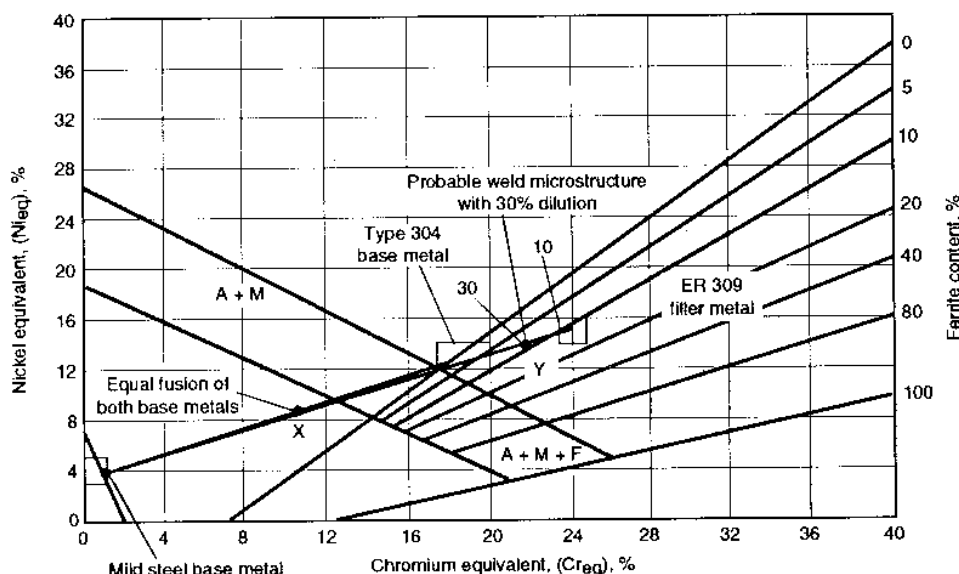
- فلز پرکننده انتخاب شده بایستی الزامات طراحی اتصال را، از قبیل خواص مکانیکی یا مقاومت به خوردگی، برآورده نماید.
- فلز پرکننده انتخاب شده بایستی معیارهای جوشپذیری را با توجه به رقت، دمای ذوب و سایر الزامات خواص فیزیکی اتصال جوشکاری شده، برآورده نماید.

دیآگرام شیفلر^۱ معمولاً برای پیش بینی ریز ساختار فلز جوش و انتخاب فلز پرکننده متناسب هنگام اتصال یک فولاد زنگ نزن به یک فولاد کربنی یا کم آلیاژ، مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۲، یک روند، با مثال یک جوش تک پاس به اتصال فولاد ساده به فولاد زنگ نزن 304 با فلز پرکننده فولاد زنگ نزن ER 309، را نشان می دهد.

ابتدا یک خط وصل بین دو نقطه نمایانگر ترکیب شیمیائی فلزات پایه، بر پایه معادل کرم و نیکل آنها، رسم می شود. نقطه X نمایانگر رقت مربوط به امتزاج فلزات پایه بر روی این خط است. اگر رقت مربوط به هر دو برابر باشد، نقطه X در وسط خط قرار خواهد گرفت. خط دومی بین نقطه X و نقطه نمایانگر ترکیب شیمیائی فلز پرکننده ER 309 رسم می شود. ترکیب پاس جوش جایی بر روی این خط خواهد بود و محل دقیق آن بستگی به رقت کلی دارد.

با ۳۰٪ رقت، ترکیب در نقطه Y بوده و قابل قبول خواهد بود. اگر یک پاس بعدی، پاس اول را به فولاد ساده متصل کند، رقت فولاد ساده بایستی در یک حداقلی نگه داشته شود تا از تشکیل مارتنزیت در فلز جوش اجتناب گردد.

¹ Schaeffler diagram



شکل ۲- پیش بینی ترکیب فلز جوش از دیاگرام شیفلر. A آستنیت، F فریت، M مارتنزیت. مرجع منبع ۱.

فلزات پرکننده پی شنهادی برای اتصال فلزات غیر متشابه نیز در جدول های گوناگون جلد ۶ هندبوک ASM بالاخص مقالات زیر وجود دارد:

- جوش های غیر متشابه با فولاد های زنگ زن،
- جوشکاری آلیاژهای نیکل،
- جوشکاری آلیاژهای مس،
- پوشش دهی سخت، روکش دهی با جوش، اتصال فلزات غیر متشابه.

ملاحظات خواص

یک اتصال فلزی غیر متشابه معمولاً شامل فلز جوش با ترکیب متفاوت از یک یا هر دو فلز پایه است. خواص فلز جوش بستگی به ترکیب فلز پرکننده، دستورالعمل جوشکاری، و رقت مربوط به هر فلز پایه دارد. همچنین دو منطقه متاثر از حرارت متفاوت وجود دارد (یکی در هر یک از فلزات پایه مجاور جوش). خواص مکانیکی و فیزیکی فلز جوش، مانند دو منطقه متاثر از حرارت، بایستی در ارتباط با بهره برداری مورد نظر، مورد توجه قرار گیرد.

تمهیدات ویژه معمولاً برای اتصالات فلزی غیر متشابه برای بهره برداری در دماهای مرتفعه در نظر گرفته می شود. یک شرایط دلخواه هنگامی حاصل می شود که اتصال در یک دمای ثابت مورد استفاده قرار بگیرد. حین بهره برداری در دماهای مرتفعه تنش های داخلی می توانند کاهش یافته و به یک حد تعادلی برسند.

در هر صورت بهتر است که اثر تفاوت های زیاد در ضریب انبساط حرارتی، هنگامی که نوسانات حرارتی زیاد در بهره برداری قابل اجتناب نیستند، کاهش یابد. مشکل می تواند با انتخاب فلزات پایه با مشخصات ضرایب انبساط حرارتی مشابه اجتناب گردد.

رفتار خوردگی

خوردگی گالوانیک و مقاومت به اکسیداسیون

فلز جوش و هر دو فلز پایه رفتار خوردگی خاص دارند که باید توسط طراح در انتخاب اولیه مواد در نظر گرفته شود. برای مثال با جوش های فلزی غیر متشابه، تشکیل پیل گالوانیک می تواند باعث خوردگی اکثر فلزات یا فازهای آندی در اتصال شود. همچنین فلز جوش معمولاً از چندین فاز ریزساختاری و پیل های بسیار موضعی بین فازها تشکیل شده است که می تواند موجب خوردگی گالوانیک در سطح ریز ساختار گردد.

به منظور به حداقل رساندن خوردگی گالوانیک، ترکیب شیمیایی فلز جوش می تواند جهت تدارک حفاظت کاتدیک فلز پایه ای که محتمل تر به حمله گالوانیک است، تنظیم گردد. به هر حال سایر الزامات طراحی بایستی به این منظور نادیده گرفته شوند و در عوض برخی انواع دیگر محافظت بایستی استفاده گردد.

یک پیل گالوانیک تشکیل شده از یک فولاد استحکام بالا ممکن است، اگر این فولاد کاتد پیل باشد، تردی هیدروژنی در منطقه متأثر از حرارت آن فولاد را ترویج دهد. تردی هیدروژنی بایستی اگر دمای بهره برداری اتصال جوش در گستره ۴۰- تا ۹۵ درجه سانتیگراد و جوش در قسمت پر تنش سازه قرار داشته باشد، مد نظر قرار گیرد.

تنش های پسماند تو سعه یافته در منطقه جوش معمولاً برای ترویج تردی هیدروژنی و ترک ناشی از خوردگی تنشی کافی است. تفاوت های ترکیب شیمیایی در یک جوش فلزی غیر متشابه نیز می تواند عامل مشکلات خوردگی دما بالا شود. انحرافات ترکیبی در فصل مشترک بین فلزات گوناگون می تواند موجب اکسیداسیون انتخابی در هنگام بهره برداری در دماهای بالا در هوا و تشکیل شیارها در این نقاط گردد.

ترک هیدروژنی القائی^۱

جوش های فلزی غیر متشابه به صورت گسترده ای در صنایع ژنراتورهای مولد، نفت و گاز، شیمیایی و پتروشیمی و صنایع سنگین استفاده می شوند. موارد گوناگون ترک خوردن در راستای مرز ذوب فلزی غیر متشابه گزارش شده است، به خصوص در کاربری های روکش دهی، جایی که یک آلیاژ آستنیتی مقاوم به خوردگی بر روی یک فولاد سازه ای فریتی اعمال می گردد. معمولاً این ترک خوردن یا جدایش در حین دوره بهره برداری به وقوع می پیوندد و در نتیجه مکانیزم آن توسط محققین گوناگون به عنوان ترک هیدروژنی القائی یاد شده است.

این نوع از ترک خوردن همچنین در حین ساخت نیز، قبل از قرار گیری در معرض محیط هیدروژنی، اتفاق می افتد. حقیقت اینکه جدایش فولادهای روکش می تواند بدون قرارگیری بلند مدت در معرض هیدروژن ناشی از بهره برداری به وقوع بپیوندد، بیان می کند که یا هیدروژن برای وقوع جدایش لازم نیست یا هیدروژن جذب شده حین فرایند جوشکاری می تواند عامل ترک خوردن نزدیک مرز ذوب فلزی غیر متشابه باشد.

¹ Hydrogen induced cracking

به منظور تعیین اثر هیدروژن حین جوشکاری، یک سری از آزمایش ها که در آنها جوش های فلزی غیر متشابه با استفاده از فرایند GTAW با گاز محافظ آرگون خالص یا گاز محافظ $Ar-6\%H_2$ تولید می گردند، اجراء می گردد.

پس از جوشکاری، اتصالات جوش داده شده برای یافتن ترک توسط آزمایش های خمش پهلوی، مقطع زنی و متالوگرافی بازرسی می شوند. هدف تعیین این موضوع است که آیا ترک نزدیک مرز ذوب جوش های فلزی غیر متشابه می توانند بواسطه هیدروژن جذب شده حین جوشکاری باشد و اینکه مشخصات ریز ساختارهایی که در آنها ترک به وقوع پیوسته را شناسایی کنند.

فلز پرکننده مورد استفاده برای این تحقیق، که معمولاً در صنایع برای جوشکاری فلزی غیر متشابه استفاده می شود، ER 308 و فولاد زنگ نزن آستنیتی ER 309 و یک فلز پرکننده پایه نیکلی ER NiCr-3، می باشد.

فولاد سازه ای A36 به عنوان فلز پایه انتخاب می گردد. ترکیب شیمیایی این مواد در جدول ۱ ارائه شده است. ترک خوردن در جوش های تک پاسه تولید شده با گاز محافظ $Ar-6\%H_2$ با استفاده از هر سه فلز پرکننده، مشاهده شد. ترک خوردن در جوش های تولید شده با گاز محافظ آرگون خالص مشاهده نشد، لذا می توان نتیجه گرفت که ترک خوردن ناشی از القاء هیدروژن بوده است.

ترک خوردن همواره با نواحی مارتنزیت نزدیک مرز ذوب وابسته است. تکنیک متالوگرافی رنگی ferrofluid معلوم کرد که ترک های به وقوع پیوسته، در نواحی شامل یک جزء اصلی فرو مغناطیس، با وجود مارتنزیت نا متناقص است.

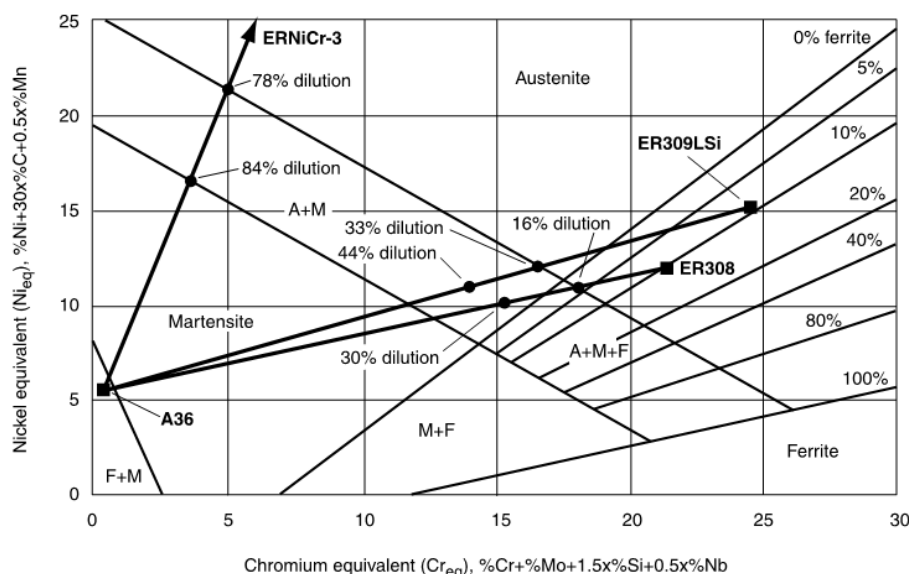
جدول ۱- ترکیب شیمیایی فلز پایه و فلز پرکننده، درصد وزنی

Element	A36 Steel	ER308	Er309LSi	ERNiCr-3
Fe	bal	bal	bal	1.33
Cr	0.09	20.51	23.16	19.32
Ni	0.13	9.69	13.77	73.23
Mn	0.71	1.86	1.75	2.90
Si	0.18	0.50	0.79	0.10
Mo	0.05	0.11	0.16	...
Cu	0.29	0.24	0.20	0.09
Ti	...	...	0.005	0.35
Nb+Ta	...	...	0.005	2.62
C	0.17	0.045	0.020	0.05
N	...	0.033	0.110	...
P	0.009	0.019	0.019	...
S	0.027	0.022	0.014	0.001
Cr _{eq} (a)	0.42	21.37	24.51	20.78
Ni _{eq} (a)	5.59	11.97	15.25	76.18

(a) Schaeffler equivalents See Fig. 3. Source: Ref 2

آثار ریز سختی سنجی بیانگر این است که نواحی ترک خورده سختی بسیار بیشتر از فلز جوش آستنیتی دارند، که این مورد هم با وجود مارتنزیت نا متناقص است. جوش های تولید شده با فلزات پر کننده ER NiCr-3 و ER 309 LSi ترک های کمتری از جوش های تولید شده با فلز پر کننده ER 308 ارائه دادند. مطابق دیاگرام شیفلر (شکل ۳)، حداقل رقت مورد نیاز فلز پایه برای تشکیل مارتنزیت در این فلزات پر کننده ۱۶٪ برای ER 308، ۳۳٪ برای ER 309 LSi و ۷۸٪ برای ER NiCr-3 می باشد.

برای یک رقت مشخص، جوش های تولید شده با فلز پرکننده ER 308 بیشترین مارتنزیت را داشته و جدی ترین ترک ها را تجربه کرده است. جوش های با رقت کم تولید شده با ER 309 LSi و ERNiCr-3 تنها می توانند مارتنزیت مستعد به ترک در نواحی منتخب نزدیک مرز ذوب، جایی که رقت موضعی بیشتر از کل فلز جوش است، تولید نمایند. نتیجه این تحقیق نشان داد که هیدروژن القاء شده حین جوشکاری می تواند منجر به ترک هیدروژنی القائی در جوش های غیر متشابه بین فلزات پر کننده آستنیتی و فلزات پایه فریتی شود.



شکل ۳- دیاگرام شیفلر ریزساختارهای پیش بینی شده و حداقل رقت مورد نیاز برای تشکیل مارتنزیت در فلز پایه A36 و سه فلز پر کننده آستنیتی نشان می دهد. مرجع منبع ۲.

هیدروژن در قوس جوشکاری به دو روش زیر زیان آور است:

- رقت را در فلزات پایه فولاد کربنی افزایش داده و مقدار مارتنزیت تشکیل شده را افزایش می دهد.
- با مارتنزیت تحت شرایط تنش دار در همکنش داده و موجب ترک خوردن می شود.

انتشار ترک بیشتر در جوش های تک پاس به وقوع می پیوندد. استفاده از فنون چند پاس یا عملیات حرارتی مجاز، برای نفوذ هیدروژن، که احتمال ترک خوردن را به حداقل می رساند، و همچنین استفاده از روش های کم هیدروژن در جوش های فلزی غیر متشابه پیشنهاد می گردد.

حساس شدن

انتخاب یک پیش گرمایش یا عملیات حرارتی بعد از جوشکاری، مناسب برای یک اتصال جوشکاری شده می تواند برای ترکیبات فلزی غیر متشابه مشکل به وجود آورد. عملیات حرارتی مناسب برای یک تجهیز جوشکاری شده ممکن است برای تجهیز دیگر در شرایط بهره برداری مورد نظر زیان آور باشد.

برای مثال، اگر یک آلیاژ کرم نیکل پیر سختی شده به یک فولاد زنگ نزن پایدار نشده جوش داده شود، قراردعی اتصال جوشکاری شده در معرض عملیات پیرسازی برای آلیاژ نیکل کرم ممکن است فولاد زنگ نزن را حساس کرده و مقاومت به خوردگی بین دانه ای آن را کاهش دهد (پوسیدگی جوش^۱).

یک راه حل، اگر قابل اجراء باشد، استفاده از یک فولاد زنگ نزن آستنیتی پایدار شده است. راه حل دیگر می تواند روکش دهی سطح تجهیز آلیاژ کرم نیکل پیر سخت شده با یک آلیاژ مشابه است که پیر سخت نشود. این تجهیز سپس عملیات حرارتی می شود تا خواص مطلوب را به دست آورد.

در نهایت سطح روکش شده به تجهیز فولاد زنگ نزن جوش می شود. فلزات روکش فولاد زنگ نزن نیز محتمل به حساس شدن هستند. حساس شدن می تواند هنگامی که فولادهای زنگ نزن پایدار نشده در گستره دمائی ۴۳۰ تا ۸۲۰ درجه سانتیگراد قرار بگیرند و یا حین تنش زدائی یا در بهره برداری، به وقوع بپیوندد.

بهترین راه برای اجتناب از این مشکلات استفاده از گروه های کم کربن (مانند نوع 308L یا 309L) یا گروه های پایدار شده از فولاد زنگ نزن آستنیتی (مانند 347) که حساس نشده باشند، می باشد.

همچنین ریز ساختارهای ریزتر تولید شده با فرایندهای با حرارت ورودی پائین تر مقاومت به خوردگی را برای همه گروه ها بهبود می بخشد.

REFERENCES

1. Dissimilar Metals, Welding Handbook: Metals and Their Weldability, Vol 4, 7th ed., American Welding Society, 1982, p 514-547
2. M. D. Rowe, T. W. Nelson, and J. C. Lipold, Hydrogen-Induced Cracking Along the Fusion Boundary of Dissimilar Metal Welds, Welding Research Supplement to the Weld. J., Feb 1999, p 31-s-37-s

¹ Weld decay

بانک اطلاع رسانی بازرس

جوش، رنگ، عایق و خوردگی

در راستای ارتقاء سطح علمی علاقمندان صنعت بازرسه فنی ایران تاسیس گردیده و امروزه به عنوان پربازدیدترین سایت خبری این حوزه از صنعت کشور شناخته می شود و میزبان تعداد بیشماری از شما متخصصین میباشد. افزایش روزافزون اعضاء و حامیان این پایگاه خبری نشان از تاثیرگذاری آن دارد. شما نیز می توانید با عضویت رایگان در این سایت از مزایای پیوستن به جامعه بازرسان فنی ایران بهره مند گردید.



www.migmag.ir

جدیدترین اخبار حوزه بازرسه

جوش و برش، رنگ و پوشش، عایق و خوردگی

هر روز در پست الکترونیک خود دریافت کنید

✓ عضویت رایگان (در پویاترین و پربازدیدترین سایت خبری بازرسه صنعتی)

✓ تازه های نشر

✓ مشاوره رایگان از کمیته مشاوران متخصص

Informative Bank of Welding, Paint, Insulation
& Corrosion Inspectionجهت تبلیغات موثر
با ما تماس بگیرید

:: بانک اطلاع رسانی بازرسه جوش، رنگ، عایق و خوردگی ::



فروش آنلاین کتب

نرم افزار، استاندارد های تخصصی و تجهیزات بازرسه صنعتی

www.markazimarket.ir

WWW.MIGMAG.IR



info@migmag.ir همه در

تلفکس: ۰۸۶۱۲۲۱۸۶۷۹ بانک اطلاع رسانی بازرسه

همراه: ۰۹۳۸۸۶۴۷۰۰۳ جوش، رنگ، عایق و خوردگی

مهندسه ارزش در صنعت جوشکاری و لحیم کاری

اصول محاسبه جوش در ارزیابی کیفی به منظور تخمین و کاهش هزینه ها

مجموعه ای بدیع و بی نظیر از تکنیک های
مدیریت اقتصادی در صنعت جوشکاری
لحیم کاری و آزمایشهای غیر مخرب

تالیف و ترجمه :

مهندس عادل حیدری

دکتر ایمان پولادوند



نشر جهان جام جم

فروش در کتاب فروشی های معتبر

سراسر کشور

فروش آنلاین، سریع و آسان
درwww.Markazimarket.irwww.Migmag.ir

بانک اطلاع رسانی بازرسی جوش

رنگ،علیق و خوردگی

تلفن تماس :

۰۹۳۸۸۶۴۷۰۰۳

۰۹۱۹۰۴۷۶۰۰۷

نشر جهان جام جم

۶۶۹۳۶۶۳۴-۶۶۵۹۶۶۱۸

نشر سیما دانش

۶۶۹۶۶۱۱۴-۱۵

نشر کتایران

۶۶۴۰۰۲۲۹

ارائه گواهینامه از مراجع زیر:

سازمان گواهی کننده انطباق کیفیت آسیا
ارائه گواهینامه بین المللی ISO 3834 براساس استاندارد ISO 17021



سازمان ملی استاندارد ایران
ارائه گواهینامه استاندارد ملی ایران ISO 3834 با اعتبار مرکز ملی
تأیید صلاحیت ایران



انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران
ارائه گواهینامه اعتباری ISO 3834 (تجسری)
(انجمن علمی جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران)



انجمن سازه های فولادی ایران
ارائه گواهینامه اعتباری ISO 3834 (تجسری)
(انجمن علمی مرجع در زمینه سازه های فولادی در ایران)



آموزش

- برنامه ریزی آموزشی تعالی سازمان
- برگزاری سمینارهای مجزا برای مدیران و کارکنان
- برگزاری دوره های آموزشی تخصصی کارگاهی
- صدور گواهینامه های آموزشی بین المللی
- برگزاری دوره های آموزشی مبتنی بر مهارت
- Skill Base Training Course
- برگزاری دوره های آموزشی مبتنی بر ایفای نقش
- Role Playing Training Courses

ISO 3834:2005

مدیریت کیفیت در صنعت جوش



شرکت AQCC اولین مرجع صدور گواهینامه ISO 3834 مورد

تأیید سازمان ملی استاندارد ایران

برای کسب اطلاعات بیشتر ومشاهده گواهینامه های اعتباری
به پایگاه اینترنتی www.aqcc.ir مراجعه فرمائید



موسسه AQCC با مأموریت افزایش توانمندی سازمانی از طریق ممیزی و انطباق با استانداردهای بین المللی و صدور گواهینامه های معتبر تاسیس یافته است. افزایش توانایی سازمانها از طریق ممیزی خطوط تولیدی با استانداردهای ملی و بین المللی فرآیندی است که به سهولت سازمانها را در جهت تولید با کیفیت و کاهش هزینه های ناشی از ضایعات هدایت می کند. استفاده از استانداردهای ایزو، کنترل فرآیندها به راحتی صورت گرفته و سازمان از طریق پایش و مدیریت صحیح آن قادر به بهبود مستمر سازمان خواهد بود. در این راستا شرکت انطباق کیفیت آسیا دارای تأیید صلاحیت استاندارد ایزو ۲۸۳۴ از مرکز ملی تأیید صلاحیت ایران، می باشد و با همکاری انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران و انجمن سازه های فولادی ایران به کلیه متقاضیان استاندارد ۲۸۳۴ چهار گواهینامه معتبر ارائه می نماید.

AQCC

۶ گام

برای دریافت گواهینامه

تماس با ما	فرم شناخت اولیه را دریافت نمایید
تکمیل فرم و فکس به شماره ۰۲۱-۸۸۳۲۲۹۳۷	
ارسال قرارداد ممیزی	بررسی قرارداد توسط سازمان شما
ارسال و تأیید قرارداد توسط شما	برنامه ریزی ممیزی اولیه انجام می شود
اجرای ممیزی اولیه	برنامه ریزی ممیزی نهایی
اجرای ممیزی ثبت و صدور	صدور و تحویل گواهینامه به سازمان

WWW.AQCC.IR



Asian Quality Conformity Co.



WWW.AQCC.IR
INFO@AQCC.IR

تلفن های تماس

(۰۲۱) ۸۸۳۲۲۳۸۱ - ۸۸۳۲۱۰۳۷ - ۸۸۳۲۰۹۹۶

۸۸۳۴۸۶۰۲-۳

فکس: (۰۲۱) ۸۸۳۲۲۹۷۳

ایران، تهران، میدان هفت تیر، خیابان ایرانشهر خیابان یگانه، پلاک ۵ واحد ۲

کدپستی: ۱۵۸۴۷۶۶۷۱۱

الزامات کیفیتی جوشکاری
ذوبی مواد فلزی

WWW.AQCC.IR

نقشه های مورد نیاز برای ساخت سازه های فلزی

مهندس حسن ایزدپناه

مدیر پایگاه اینترنتی www.shopdrawings.ir

مقدمه:

پس از انجام تحلیل های لازم توسط طراح (محاسب) سازه توسط نرم افزارهای آنالیزی چون SAP, ETABS, ... و با در نظر گرفتن این نامه های مورد تایید، حاصل فرآیند محاسبات سازه در قالب نقشه های سازه ترسیم می گردد. این نقشه ها در بین جامعه مهندسی ایران، به نقشه های مادر، آلبوم سازه و ... نامیده می شوند. در این نقشه ها اطلاعات کلی سازه از قبیل مقاطع تیرها، ستونها، تیپ اتصالات و ... درج می شوند و پس از تایید شهرداری ملاک ساخت اسکلت فلزی می باشند.

با توجه به کلی بودن اطلاعات این نقشه ها، بایستی قبل از شروع فرآیند ساخت، نقشه های سازه توسط مهندس مجرب مورد بازبینی قرارگیرد و نقشه تک تک المانهای ساختمانی بصورت مجزا ترسیم گردد. به نقشه های تولید شده در این مرحله، نقشه کارگاهی گفته می شود و شرط اول این نقشه ها، قابل فهم بودن آنها برای مونتاژکار می باشد.

در این مقاله، سعی خواهد شد توضیحات مختصری درباره نقشه های مورد نیاز جهت ساخت سازه های فلزی ارائه گردد. امید است در مقالات بعدی این نویسنده، اطلاعات جامع تری در مورد نقشه ها و الزامات آن ارائه گردد.

دسته بندی نقشه های کارگاهی:

نقشه های کارگاهی به سه تیپ نقشه زیر تقسیم می گردد:

۱- نقشه های قطعه زنی: این نقشه شامل اطلاعات دقیق در مورد برشکاری، سوراخکاری و پخ زنی ورقها و پروفیلها می باشد. بعنوان مثال نقشه ای که بر اساس آن فقط یک استیفرنر پای ستون برشکاری و پخ زنی می شود، نقشه قطعه زنی نامیده می شود. در این نقشه ها بایستی ابعاد هر قطعه، موقعیت برشکاریها و پخ ها، موقعیت قرارگیری سوراخکاری، سائز سوراخها، نام و تعداد قطعه، و محل استفاده قطعه درج شده باشد.

۲- نقشه های مونتاژی: این نقشه ها شامل اطلاعات دقیق درباره چگونگی قرارگیری قطعات بریده شده در کنار هم بمنظور ایجاد یک المان اصلی سازه ای مثل ستون یا تیر می باشد. بعنوان مثال نقشه ای که بر اساس آن قطعات برشکاری شده تشکیل دهنده یک ستون اعم از ورقهای بدنه ستون، صفحه ستون، استیفرنرهای صفحه ستون، استیفرنرها و ورقهای پیوستگی ستون، دستکها و ... بهمديگر جوشکاری می شوند، نقشه مونتاژی نامیده می شود. بعضا لازم است که برخی از قطعات بصورت مجزا به همدیگر جوشکاری شوند و نهایتا در مرحله تکمیلی به المان اصلی متصل شوند. بطور مثال دستکهای ستون در اتصال درختی بصورت مجزا ساخته شده و در مرحله تکمیل کاری به بدنه ستون جوش می شود. نقشه ای که بر اساس آن دستک ساخته می شود، نقشه نیمه مونتاژی نامیده می شود. نقشه های مونتاژی

بایستی شامل مشخصات تک تک قطعات یک اسمبلی، محل قرار گیری آنها، نحوه جوشکاری، تعداد اسمبلی های مشابهی که بایستی ساخته شوند، وزن و در برخی موارد نیز مشخصات محل نصب باشند.

۳- نقشه نصب: این نقشه ها شامل اطلاعات دقیق در مورد نحوه قرار گیری المانهای اصلی سازه (اسمبلی ها) در محل نصب می باشد. این نقشه ها بایستی شامل موقعیت دقیق قرار گیری اعضا، نحوه اتصالات و مشخصات اتصال باشد.

لازم به ذکر است که دستورهای کارگاهی ابلاغ شده توسط مشاور یا دفتر فنی کارخانه در حین تولید، هر چند که ممکن است نقشه نباشند، اما جز لاینفک نقشه های کارگاهی محسوب می شود.

هدف از تهیه نقشه های کارگاهی چیست؟

هدف از تهیه نقشه های کارگاهی، کاهش خطا و افزایش سرعت مونتاژ و ساخت می باشد. پس از خرید متریال، بر اساس نقشه های قطعه زنی برشکاری بصورت انجام می شود و قطعات برای مونتاژ آماده می شوند. قطعات بر اساس نقشه های مونتاژی ساخته می شوند و در انتها پس از رنگ آمیزی به محل نصب حمل می شوند. در محل نصب نیز با توجه به نقشه های نصب، اسمبلی ها در موقعیت صحیح خود قرار می گیرند و در نهایت سازه بنا می گردد.

در روشهای سنتی که بعضا حتی بدون نقشه کارگاهی مناسب، کار ساخت صورت می گرفت، عملیات ساخت بصورت بیر بدوز بود و برشکاری بر اساس نیاز صورت می گرفت. در این روشهای سنتی، با توجه به عدم برنامه ریزی مناسب توسط تیم مهندسی و بدون تفکر پیشین، قطعه زنی به حالت بهینه نخواهد بود و با پرت بالای متریال خام همراه است. از طرفی به دلیل عدم توجه به الزامات آیین نامه ای و در برخی موارد اجبارات وارد شده به واحد تولید، کاهش کیفیت محصول خروجی را در پی خواهد داشت.

با رشد و تولید نرم افزارهای مربوط به مدلسازی سازه های فلزی و تهیه نقشه های کارگاهی خصوصا نرم افزار قدرتمند تکلا استراکچرز، قابلیت مدلسازی سه بعدی سازه و امکان بررسی تداخلهای سازه ایجاد شده است. با استفاده از این نرم افزارها، مباحث آیین نامه ای در حین مدلسازی سازه توسط مهندس مجرب در مدل اعمال می گردد و نهایتا حتی با تولید کارت برش بهینه توسط نرم افزارهای نستینگ توسط تیم فنی پروژه، هزینه های نهایی پروژه کنترل می گردد. نرم افزاری مثل تکلا استراکچرز، به هر قطعه و هر اسمبلی نام واحد اختصاص می دهد و این قابلیت باعث می شود که تیر یا ستونی دوبار ساخته نشود. از طرفی با اختصاص نام واحد به قطعات در مرحله قطعه زنی، رد گیری آنها و تولید گروهی آنها بسیار ساده گشته و درصد خطا و هزینه های ساخت و نصب تا جایی کاهش یافته که امروزه هیچ کارگاه و سازنده ای، حاضر به فعالیت ساخت سازه های فلزی بدون در دست داشتن نقشه کارگاهی مناسب، نمی باشد.

نتیجه گیری:

در پایان می توان گفت که نقشه ها و مدارک مورد نیاز برای ساخت سازه های فلزی، نقشه های اصلی سازه بعنوان مرجع، نقشه های قطعه زنی، نقشه های مونتاژی، نقشه های نیمه مونتاژی، نقشه نصب، دستور کارهای کارگاهی از جمله کارت برش، تغییرات جزئی، دستورالعملهای رنگ آمیزی و ... می باشند.

بررسی و مقایسه پوشش داکرومت با سایر پوشش های رایج صنعتی

مهندس کامیار مرادی مقدم

مدیر واحد عملیات حرارتی شرکت سهند پولاد

معرفی اجمالی از سه نوع پوشش متداول صنعتی

۱. پوشش گالوانیزه سرد :

بطور خلاصه فرآیند به این شکل است که قطعات ابتدا توسط یک محلول قلیایی چربگیری می گردند و سپس آبکشی و در مرحله بعدی جهت اکسید زدایی به وسیله اسید شسته می شود و دوباره آبکشی می گردد سپس در داخل الکترولیت، لایه روی، روی قطعات می نشیند، غالباً بعد از انجام عملیات آبکاری روی (گالوانیزه) می بایست قطعات پوشش داده شده کروماته گردند که این عمل به انتخاب رنگ کروماته بستگی دارد، به عنوان نمونه کروماته آبی دارای کمترین مقاومت در برابر خوردگی (حدود ۳۰ ساعت تست سالت اسپری) و کروماته زرد یا هفت رنگ ۷۰ ساعت سبز زیتونی ۲۰۰ ساعت در تست سالت اسپری از خود مقاومت نشان می دهد.

از لحاظ الکتروشیمیایی سیکل معمولی پوشش دهی به شرح زیر می باشد:

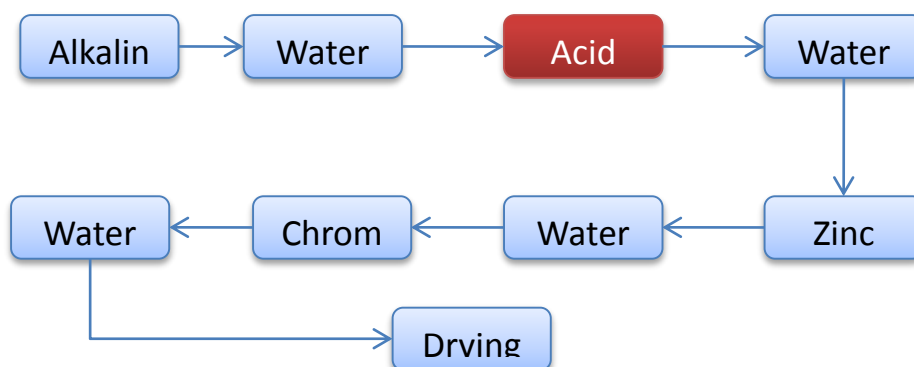
۱. یک اتم در آند، یک یا چند الکترون از دست می دهد و در محلول پوشش دهی به صورت یون مثبت در می آید

۲. یون مثبت به طرف کاتد یعنی محل تجمع الکترون ها جذب شده و در جهت آن حرکت می کند.

۳. این یون الکترون های از دست داده را در کاتد بدست آورده و پس از تبدیل به اتم به صورت جزیی از فلز رسوب می کند.

ضخامت پوشش در این نوع پوشش حداقل ۲۰ میکرون می باشد.

قطعات کوچک با حساسیت کمتر معمولاً در داخل برل (Barrel) ریخته می شوند و این برل ها با چرخیدن به دور یک محور خواص یکنواختی را در تمام نقاط قطعه و کلیه قطعات موجود در برل مهیا می کنند. قطعات بزرگتر و حساس تر به صورت آویزان مراحل ذکر شده را طی می کنند.



۲. گالوانیزه گرم :

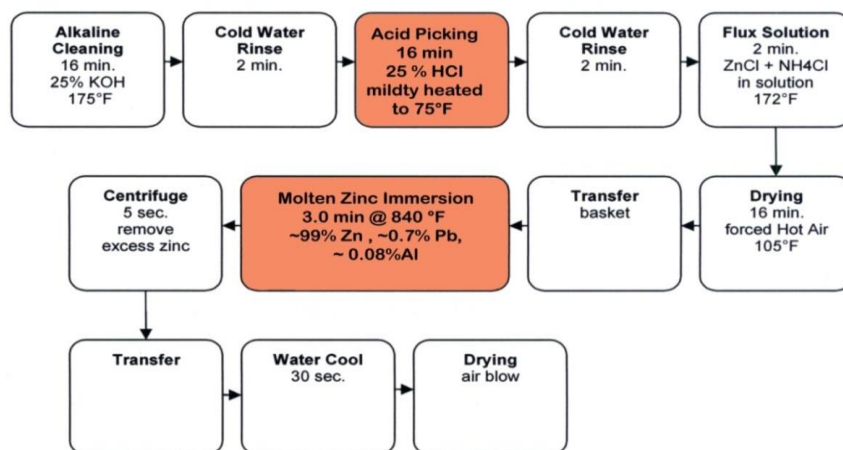
در این روش قطعات پس از چربیگیری و اسید شویی وارد حمام حاوی فلاکس که معمولاً محلولی از کلرید آمونیم روی است ، شده و سپس وارد حمام اصلی که متشکل از مذاب روی است ، می شوند.

معمولاً سختی لایه های آلیاژی از فلز پایه بیشتر است و این می تواند سبب تردی پوشش شده و باعث پوسته شدن آن ، هنگام قرار گرفتن تحت تنش گردد . خاصیت فدا شوندگی پوشش تنها توسط لایه بالایی که روی خالص است ، تامین می گردد.

ایجاد ضخامت های پائین به این روش مشکل بوده و معمولاً پوشش دارای ضخامت ۵۰ میکرون به بالا می باشد . این ضخامت در گوشه ها ، نقاط تیز و دنده ها بیشتر است . گرچه این امر سبب می گردد حفاظت در این نقاط به خوبی انجام شود ، اما در قطعاتی نظیر پیچ و مهره مونتاژ را دچار اشکال می نماید .

محدوده قطعاتی که می توانند به این روش پوشش داده شوند وسیع بوده و از قطعات کوچک مانند پیچ و مهره تا قطعات بزرگ سازه های فلزی نظیر دکل ها را در بر می گیرد .

به علت استفاده از مذاب ، فرورفتگی ها و نقاط غیر قابل دسترس و حتی درون لوله ها به این روش قابل پوشش دادن هستند.

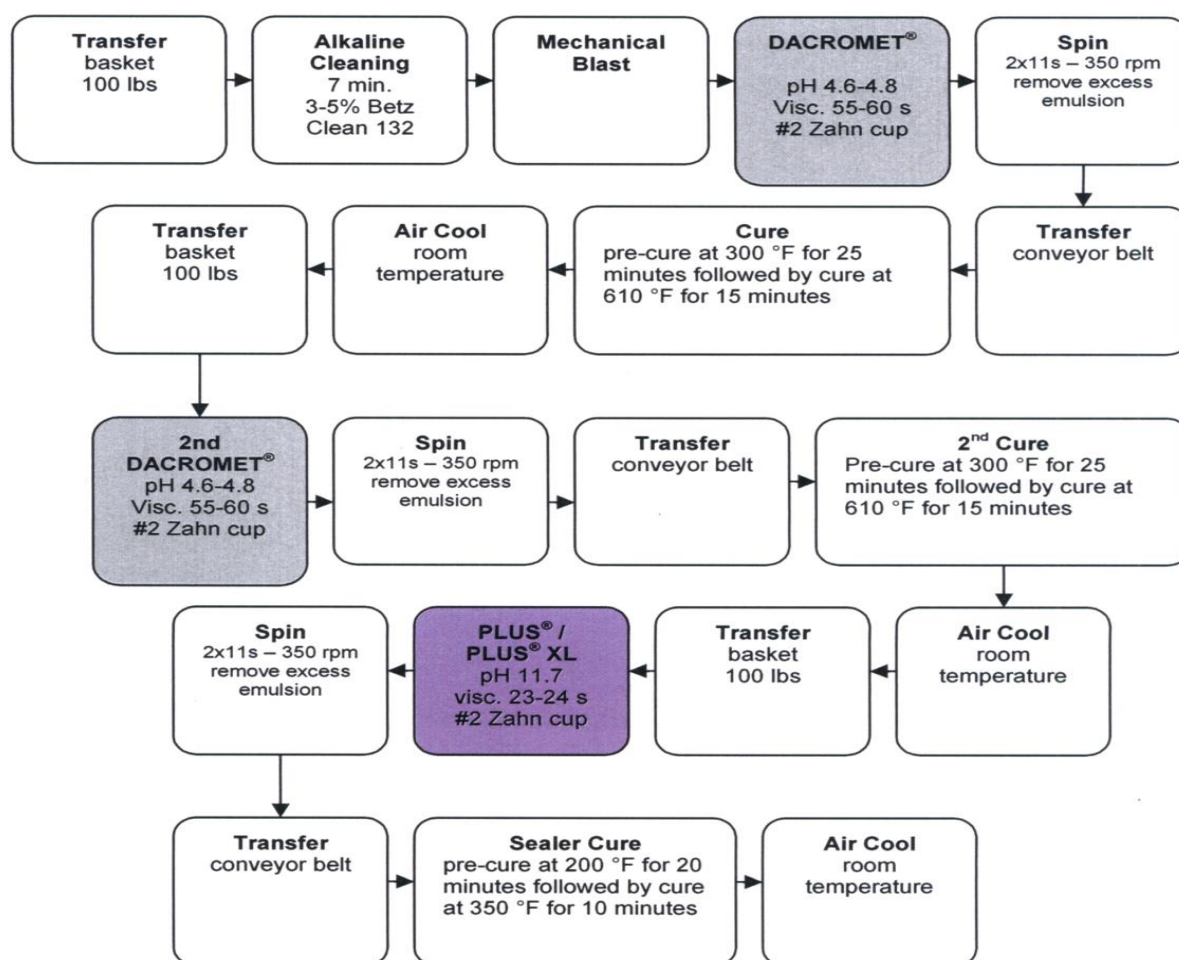


Hot Dip Galvanizing Processing Steps

۳. عملیات داکرومت:

پوشش داکرومت یکی از جدیدترین عملیات پوششکاری قطعات می باشد که مزایای بسیاری دارد در این نوشته سعی می گردد ویژگیهای این عملیات و بعضی از مزایای آن به اختصار توضیح داده شود.

شمایی از عملیات DACROTIZING



DACROMET® Processing Steps. Note - DACROMET® applied by dip-spin requires two coats of basecoat

ویژگیهای عملیات داکرومت

۱. عدم نیاز به کنترل مشکلات مربوط به آلودگی: این پروسه هیچ گونه شستشو با اسید نیاز ندارد در پروسه گالوانیزه به علت وجود پروسه شستشو با اسید مسائل و مشکلات زیادی در رابطه با کنترل آلودگی های پساب وجود دارد که در پروسه داکرومت هیچ کدام از این مشکلات وجود ندارد.

۲. مشکل تردی هیدروژنی به هیچ عنوان وجود ندارد:

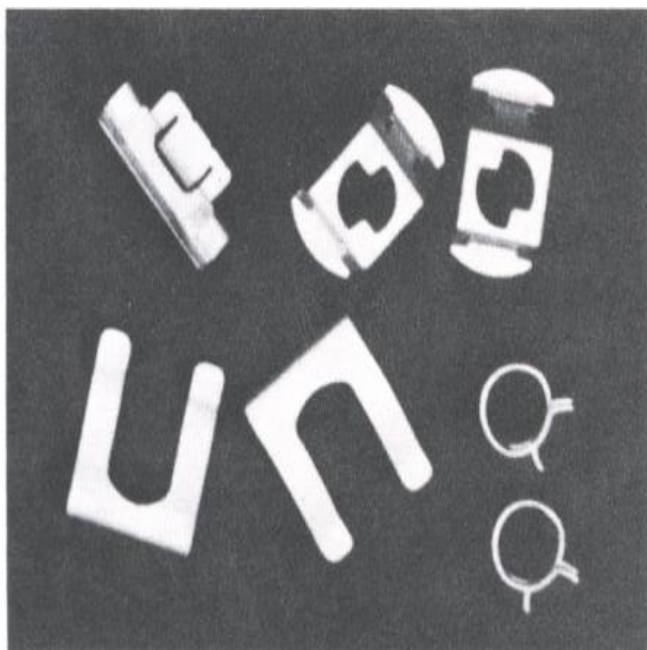
تردی هیدروژنی چیست؟

در اسید شویی یک سری واکنش های شیمیایی به طور همزمان یا به دنبال هم انجام می گیرد. پوسته های روی قطعات آهنی اکسید و یا هیدروکسید آهن است. اگر برای اسید شویی از اسید کلریدریک رقیق استفاده شود ابتدا با آهن فلزی ترکیب شده و در اثر واکنش آنها کلرید و هیدروژن تولید می شود. اگر حجم هیدروژن تولیدی زیاد باشد ممکن است با فلز پایه وارد واکنش شده و هیدرید فلزی تولید شود. هیدرید فلزی شکننده بوده و در مقادیر کم نیز موجب تردی فلز پایه می گردد. به علت این که اسید شویی در پروسه داکرومت وجود ندارد مشکل تردی هیدروژنی به هیچ عنوان بروز نمی کند.

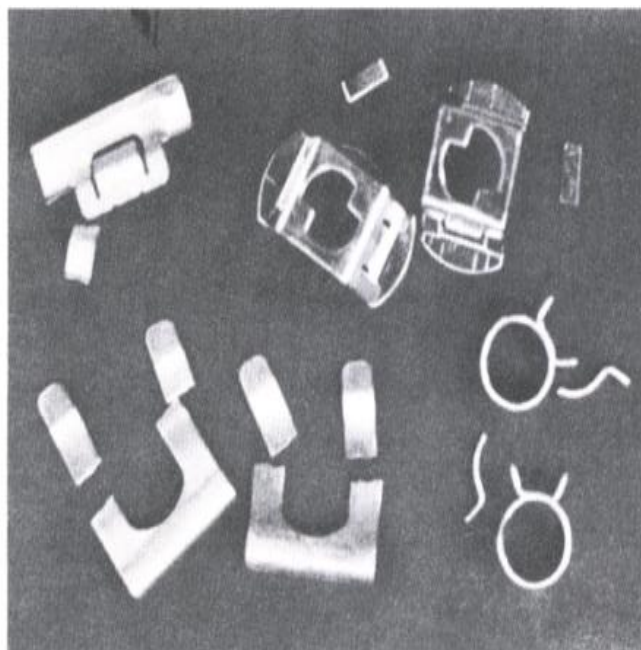
حذف تردی هیدروژنی HYDROGEN IMBRITLEMENT RELIEF:

همانگونه که گفته شد هیدروژن می تواند در اثر اسید شویی، تمیزکاری الکتریکی، فعال سازی اسیدی، آبکاری الکتریکی و غیر الکتریکی وارد فلز شود. این هیدروژن جذب شده می تواند در HIGH STRENGHT BOLT ترک ایجاد کند. برای حل این مشکل و آزاد کردن هیدروژن بعد از آبکاری قطعات را در دمای ۱۹۰ تا ۲۱۰ درجه تحت باز پخت قرار می دهند. مدت زمان پخت یا زمان لازم برای خارج شدن هیدروژن به استحکام فولاد بستگی دارد یعنی هر چه استحکام نهایی بالاتر باشد درجه حرارت را پایین تر و زمان را طولانی تر باید در نظر گرفت. زمان این فرایند برای HIGH STRENGHT BOLT ها از ۱۸ تا ۲۴ ساعت می باشد. این عملیات حتماً باید بعد از عملیات گالوانیزه گرم یا سرد انجام پذیرد که مستلزم هزینه زیادی برای پوشش کارها می باشد به این دلیل متأسفانه در ایران این پروسه بسیار مهم انجام نمی پذیرد و باعث بروز مشکلات بسیار زیادی برای قطعات می گردد.

▼ DACROTIZED Substrates



▼ Parts broken as a result of an embrittlement test conducted on zinc electroplated pieces.



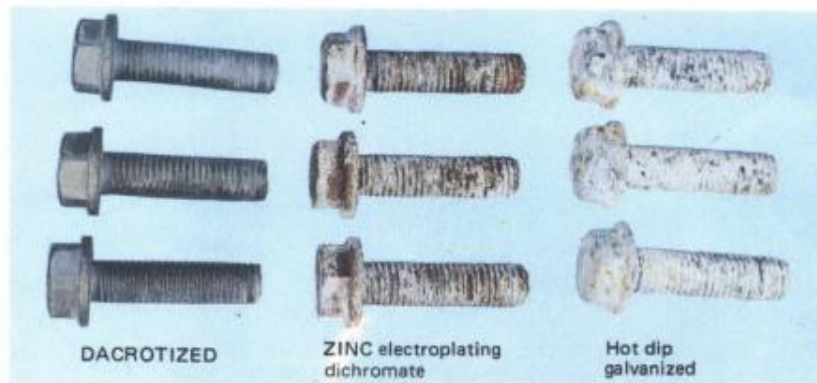
Material : 1065 carbon steel
 Dia. of wire : 2.32 mm
 Inside dia. : 1/2 inch. (12.7 mm)
 Heat treatment : Conversion point 893° C Oil hardening temp. 315–427° C
 Hardness : Rc53

Test conditon: Three different types of treatment applied to clamps which were put in a steel bar of a 15 mm dia. size and checked for breakage.

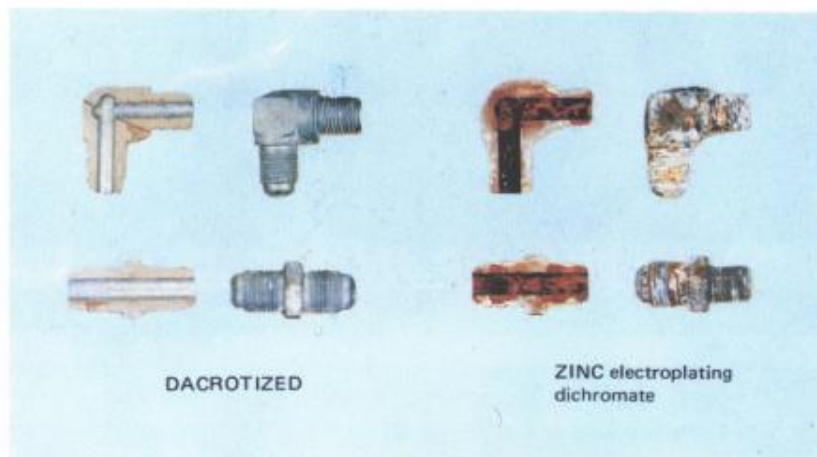
	Holding hour	Good	Broken	
"DACROTIZED"	100Hr less	90	0	Standard "DACROTIZED" Treatment
	100Hr over	90	0	
ZINC ELECTROPLATING (Not hydrogen embtittlement treated)	100Hr less	0	90	ZINC ELECTROPLATING over 4 micron and dichromate
	100Hr over	0	90	
ZINC ELECTROPLATING (Hydrogen embrittlement treated)	100Hr less	30	0	Same plating condition Heated at 200 degrees C. 4 hours.
	100Hr over	12	18	

۳. مقاومت به خوردگی این پوشش در تست سالت اسپری عالی است: یک پوشش $4-8\mu$ مقاومت به خوردگی نزدیک به ده برابر بالاتر در مقایسه با پوششهای عمومی گالوانیزه از خود نشان می دهد.

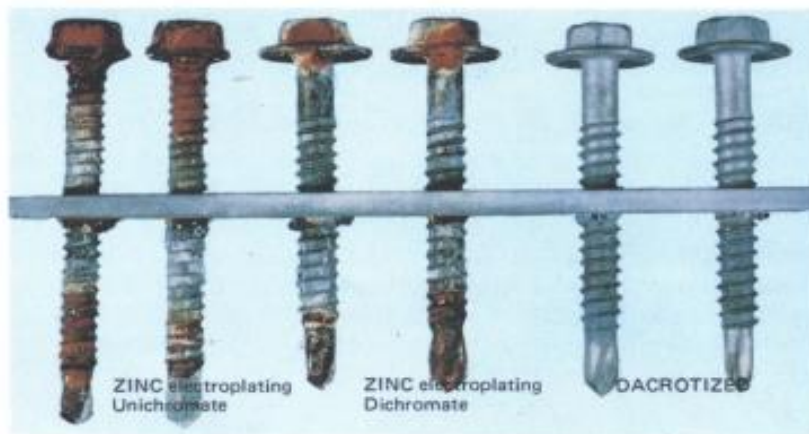
360 hours of salt spray test ►



360 hours of salt spray test ►



360 hours of salt spray test ▶



۴. مقاومت به خوردگی بسیار بالا در دماهای بالا: قطعات داکرومت مقاومت به خوردگی بسیار بهتری در مقایسه با قطعات گالوانیزه شده در دماهای بالا از خود نشان می دهند.

▼ Surface condition after being heated by 300°C for 12 hours

ZINC electroplating



"DACROTIZED"



▼ After being heated by 300°C for 12 hours, then salt spray test for 240 hours

ZINC electroplating



"DACROTIZED"



After being heated 300°C for 8 hours, then salt spray test for 600 hours. ▶

DACROTIZED



ZINC electroplating Dichromate



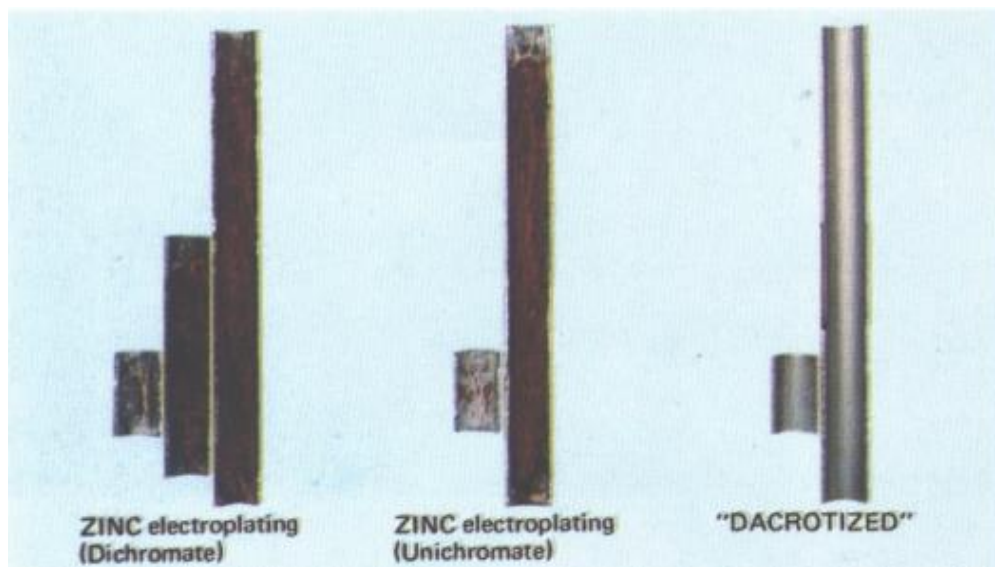
DACROTIZED



ZINC electroplating Dichromate



۵. قدرت نفوذ عالی: قدرت نفوذ در پروسه داکرومت بسیار بالاتر از نفوذ در پروسه گالوانیزه می باشد.

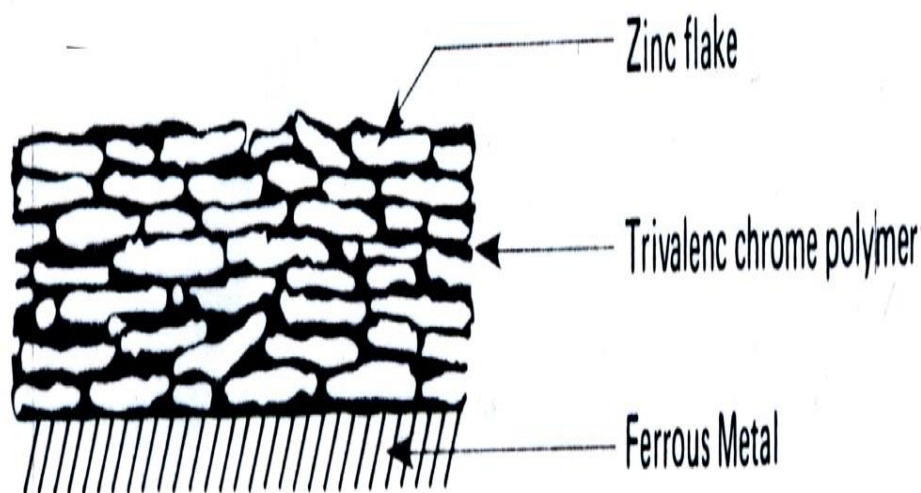


۶. چسبندگی عالی: قطعات داکرومت شده قابلیت بسیار بالایی جهت انجام عملیات پوشش دهی بعدی مانند رنگ ایجاد می کنند. به علت وجود قابلیت چسبندگی بالا انواع رنگ ها بر روی قطعات داکرومت شده قابلیت کاربرد دارند.

ساختار و مکانیزم ضد خوردگی لایه داکرومت شده

ساختار لایه داکرومت شده از سه قسمت لایه روی، ترکیبات آلومینیوم و ترکیبات پلیمری کروم سه ظرفیتی که در نتیجه حرارت دادن در دمای تقریبی 350°C از کروم شش ظرفیتی منتج می گردد تشکیل شده است.

▼ Structure of the "DACROTIZED" film

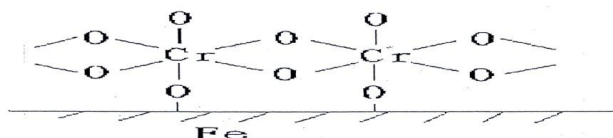


Dacromet Theorem

➤ Make up a new tank:



➤ Forming coating:

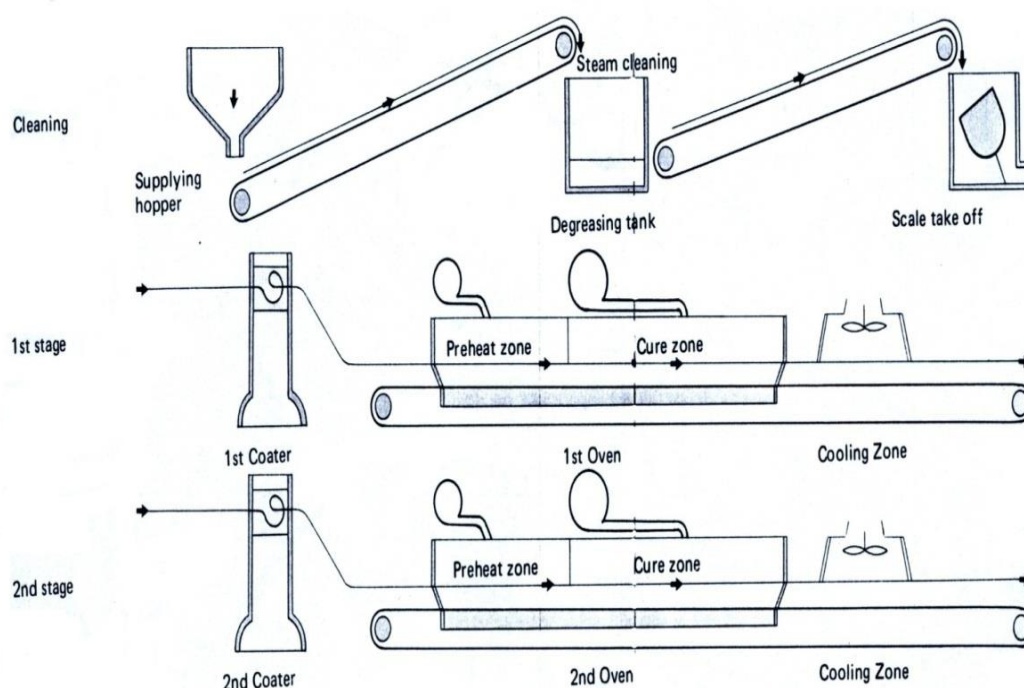


نحوه عملیات داکرومت

مبنای عملیات داکرومت بر اساس پوشش دادن غوطه وری می باشد . نحوه تکنیک های انجام عملیات بشکل قطعه ، اندازه ، کیفیت و خواص خواسته شده بستگی دارد . البته سه تکنیک اصلی برای انجام این عملیات استفاده می گردد که به شرح ذیل می باشد .

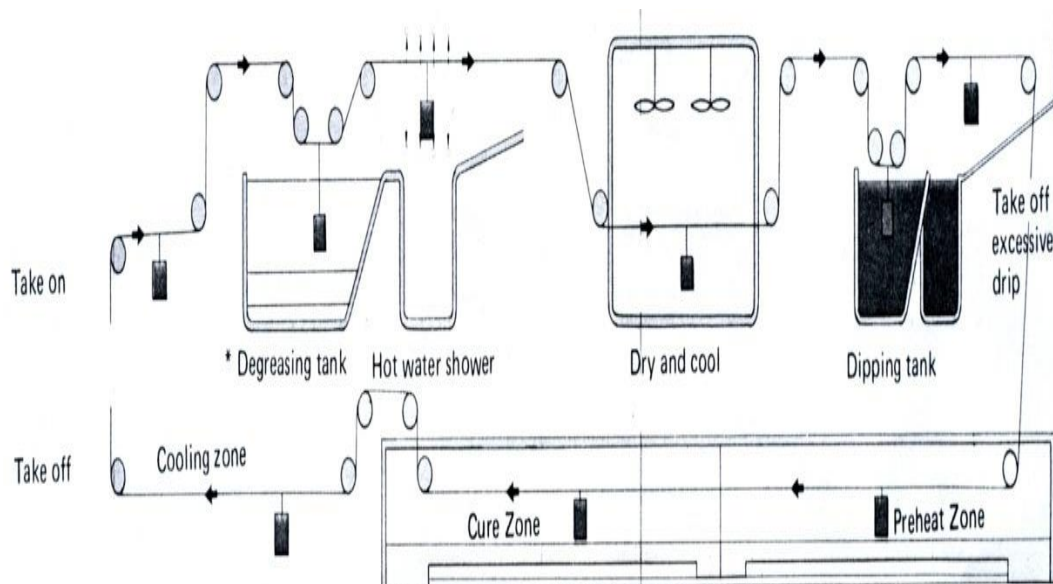
1. (Basket System) The Dip Spin System : این روش مناسب ترین روش برای پوششکاری قطعاتی

همچون پیچ ، مهره ، واشر ، فنر و انواع قطعات پر سی است . ابتدا قطعات در داخل سبد قرار داده می شوند و سیله شات بلاست پوسته های اکسیدی روی قطعات تمیز می شوند سپس داخل مایع DACRO DIP می گردند و آنگاه به وسیله سانتر یفیوژ چرخانده می شوند تا مایعات اضافی حذف گردند . سپس داخل کوره می گردند و پخت می شوند. دوبار انجام دادن این کار تکنیک (روش) استاندارد می باشد.



2. The Dip Drain System (Hanger System): این روش مناسب ترین روش برای قطعات بزرگی است که

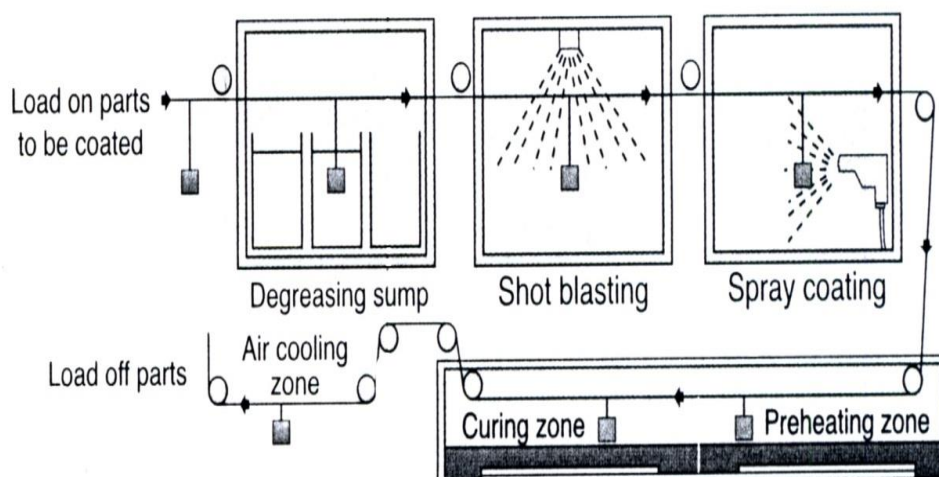
داخل سبد نمی توان جای داد. ابتدا قطعات بوسیله پاشش ساچمه شات بلاست می گردند و اکسیدزدائی می گردند. آنگاه قطعات به وسیله یک کانوایر که از بالا حرکت می کند گرفته می شوند و داخل محلول قرار داده می شوند. سپس از محلول بیرون آورده می شوند تا مایعات اضافی چکانیده شوند در نهایت پخت می گردند یک پوشش و یک پخت روش استاندارد این کار می باشد.



* This illustration shows alkali cleaning

3. Spraying method: این روش برای قطعات بسیار بزرگ و یا قطعاتی که ظاهر آنها بسیار مهم و یا حساس

است استفاده می گردد. روش کار این گونه است که ابتدا قطعات چربی گیری می گردند، سپس به وسیله ساچمه های فولادی بسیار ریز شات بلاست می گردند. آنگاه به وسیله دستگاه خاصی مایع داکرومت بر قطعه پاشیده می شود و در نهایت در کوره پخت می شوند. یکبار پوشش و یکبار پخت تکنیک استاندارد این روش می باشد.



مقایسه رفتار خوردگی داکرومت با سایر روشهای پوشش

رفتار پوشش های مختلف در تست سالت اسپری مطابق با ASTM-B117 مطابق جدول ذیل می باشد.

گالوانیزه گرم Hot Dip	فسفات و روغن سیاهکاری Phosphating + Anti-rust oil	کروم Cr	گالوانیزه Zinc electroplating	داکرومت Dacromet	
8μ ضخامت امکانپذیر نیست	24	168	<<48	>>500	ساعت مقاومت به خوردگی با ضخامت پوشش 8μ
کمتر از ۵۰ ساعت است		190	<72	>>1000	ساعت مقاومت به خوردگی با ضخامت پوشش 10μ

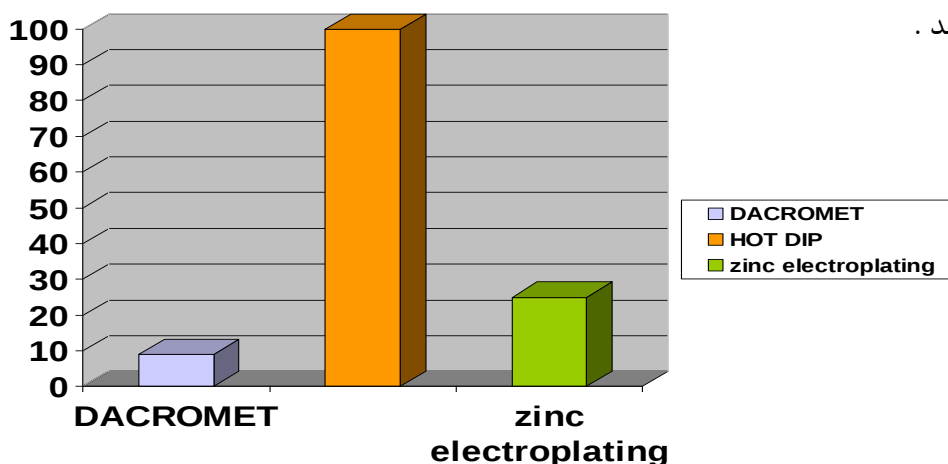
همانگونه که مشاهده می گردد مقاومت به خوردگی پوشش های داکرومت در ضخامت های مساوی با پوشش های گالوانیزه بیشتر از ده برابر بالاتر می باشد.

مقایسه سه روش پوشش کاری گالوانیزه سرد، گالوانیزه گرم و داکرومت

نتایج کلی این تحقیق در جهت تأیید استفاده از پوشش داکرومت برای پیچهای A490 می باشد و مقایسه ای اجمالی با دو نوع دیگر پوشش گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد انجام می پذیرد.

۱. مشخصات پوشش:

۱. ضخامت پوشش و یکنواختی: ضخامت پوشش در پوشش داکرومت طبق استاندارد ASTM D1186، 9μ می باشد که تقریباً یک دهم ضخامت گالوانیزه گرم و یک دوم ضخامت گالوانیزه سرد می باشد. این ضخامت کم پوشش از Oversize کردن مهره ها Under Size کردن پیچ ها که به عنوان یک کار اضافی برای تولید کننده ها می باشد جلوگیری می کند. ضمن اینکه اصل انجام این کار صحیح نیست و باید از انجام این کار بعد از پوششکاری خودداری گردد چون ممکن است باعث ایجاد پاره ای از عیوب در پیچ و یا مهره گردد. پوشش داکرومت سطحی با یکنواختی پوشش بسیار بهتری نسبت به دو روش دیگر پوشش ارائه می دهد.



II. قابلیت رنگ : قابلیت رنگ مشخصه بسیار مهمی می باشد از این جهت که معمولاً در Structural Bolt اتصالات باید به همراه بقیه اجزاء رنگ بخورند . قابلیت رنگ پوشش داکرومت طبق استاندارد ASTM D3359 با ضریب اطمینان بسیار بالا مورد تائید می باشد.

	"DACROTIZED"		Zinc Electroplating Dichromate	
	Same day	After 24 hrs.	Same day	After 24 hrs.
Melamine Alkyd Paint	98/100	98/100	0/100	0/100
Acryl Lacquer	100/100	100/100	0/100	0/100
Thermosetting Acryl Paint	100/100	100/100	100/100	100/100

Photo of Cross-cut tape test. (ex. melamine-Alkyd Paint)

III. چسبندگی پوشش: طبق استاندارد ASTM B571 ، چسبندگی پوشش با شرایط بسیار خوب مورد تائید می باشد .



IV. روانی پوشش (Lubricity): ضریب K برای پوشش داکرومت ، 0.12-0.18 می باشد که عدد بسیار خوبی می باشد و نشانگر تامین کردن خواسته های (Rotational Capacity test) می باشد .

۲. عملکرد خوردگی:

I. مقایسه مقاومت به خوردگی در تست سالت اسپری :

نمونه هایی از پیچ ، مهره و واشر تحت سه نوع پروسه پوششکاری داکرومت ، گالوانیزه سرد و گالوانیزه گرم قرار گرفت نتایج به شرح زیر بدست آمده است . گالوانیزه سرد به علت مقاومت بسیار پایین نسبت به خوردگی اصلا قابلیت بررسی پیدا نمی کند.

بعد از 1000hr هیچ نشانه ای از زنگ زدگی در پیچ ، مهره و واشرهای داکرومت شده مشاهده نگردید در صورتیکه 84.5% سطح پیچ، 21% سطح مهره و 25.5% سطح واشر گالوانیزه مکانیکی شده زنگ زده شده و 8.5% پیچ ، 10% مهره و 24.5% واشرهای گالوانیزه گرم شده زنگ زدند.

همچنین یک سری پیچ و مهره و واشر تحت تست 5000hr قرار گرفتند که در نتیجه تقریباً 100% پیچ ، مهره و واشر گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد شده زنگ زدند در صورتی که تنها 5.9% پیچ ، 0.05% مهره و 28.4% واشر داکرومت شده زنگ زدند.

Table 11: Summary Salt Spray Exposure Results

Avg	DACROMET® P			Mechanical Galvanized			Hot Dip Galvanized		
	Bolt	Nut	Washer	Bolt	Nut	Washer	Bolt	Nut	Washer
1000 hrs	0	0	0	84.5	21	25.5	8.5	10	24.5
5000 hrs	5.9	0.05	28.42	100	99	100	71	100	100

Note: values represent percentage of red rust. All HDG bolts exhibited 75-90% red rust with 50% of the red rust obscured by white corrosion product.

Figure 12: SL_{std} (DACROMET® + 5000 hrs per ASTM B117)Figure 13: SL_{std} (HDG + 5000 hrs per ASTM B117)Figure 14: SL_{std} (Z + 5000 hrs per ASTM B117)

۱۱. مقایسه مقاومت به خوردگی در تست CYCLIC EXPOSURE:

طبق استاندارد GM9540P قطعات باید 80 بار به مدت 24hr تحت تست سالت اسپری قرار گیرند و در سطوح حساسشان زنگ زیاد مشاهده نشوند. قطعاتی که داکرومت شده بودند بعد از 80 سیکل هیچ گونه آثاری از زنگ نداشتند و بعد از 120 سیکل نیز همان گونه که در عکس ها و جداول مشخص است خواسته های استاندارد GM9540P برآورده می سازند.

Table 12: Summary Salt Spray Exposure Results

Load (Turn-of-Nut Tightened) Corrosion after n Cycles			
	40	80	120
DACROMET® P	<1%	<1%	3%
	0%	0%	<1%
	0%	<1%	<1%
	<1%	<1%	<1%
	<1%	<1%	<1%
Control (Bare)	95%	100%	100%

No Load (Hand Tightened) Corrosion after n Cycles			
	40	80	120
DACROMET® P	<1%	<1%	<1%
	<1%	1%	5%
	0%	0%	0%
	0%	0%	0%
	<1%	<1%	<1%
Control (Bare)	90%	100%	100%

Values indicate % red rust

Table 13: Summary Salt Spray Exposure Results

Load (Turn-of-Nut Tightened)						
	Bolt	Nut	W1	W2	Fixture	Assmby
Avg DACROMET® P Weight Change (g)	0.06	0.01	0.02	0.02	0.22	0.32
Bare Weight Change (g)	(10.41)	(8.73)	(2.86)	(2.32)	1.00	(23.32)

No Load (Hand Tightened)						
	Bolt	Nut	W1	W2	Fixture	Assmby
Avg DACROMET® P Weight Change (g)	0.09	0.05	0.04	0.02	1.00	1.19
Bare Weight Change (g)	(7.18)	(7.49)	0.64	(0.45)	0.70	(13.78)

Corrosion coupons: 80 cycle mass loss: 8,175 mg
120 Cycle Mass Loss: 10,645 mg



Figure 17:
 LE_{spe} (Bare + 120 cycles)

Figure 18:
 LE_{spe} (Bare + Turn-of-Nut + 120 cycles)



Figure 19: LE_{spe} (DACROMET® + 120 cycles)



Figure 20: LE_{spe} (DACROMET® + Turn-of-Nut + 120 cycles)

۳. تردی هیدروژنی

انواع تردی هیدروژنی :

۱. **تردی هیدروژنی داخلی (Internal Hydrogen Embrittlement) :** این نوع تردی هیدروژنی در طی اعمال فشار یا کشش به طور آهسته به وجود می آید. رسوب هیدروژن در این نوع تردی هیدروژنی می تواند در طی پروسه ذوب یا اسید شویی و یا پوشکاری الکترولیزی ایجاد گردد. این نوع تردی به وسیله پروسه های خاصی برگشت پذیر است و می توان با اعمال اقداماتی تردی هیدروژنی داخلی را کمتر نمود.
۲. **تردی هیدروژنی محیطی (Environmental Hydrogen Embrittlement) :** این نوع تردی از جذب هیدروژن محیط مانند هیدروژن موجود در محیط های گازی هیدروژنی و گازهای سولفید هیدروژن بوجود می آید. در محیط **Stress Corrosion Cracking (SCC)** هیدروژن در طی پروسه خوردگی فلز پایه ایجاد و جذب می گردد. تردی هیدروژنی محیطی برگشت پذیر نیست و با پروسه خاصی نمی توان آنرا جبران نمود. بطور مثال در پوشش هایی که بر اساس روی می باشد بعد از اینکه به هر دلیلی پوشش صدمه ببیند و یا تحت فشار یا سایش میزانی از قطعه پایه در معرض خوردگی قرار گیرد فلز روی بصورت فدا شونده ظاهر می گردد و ابتدا روی شروع به خورده شدن می کند و در طی فشار و ایجاد کاتد و آند میزان هیدروژن روی سطح فلز افزایش پیدا می کند این افزایش هیدروژن خود منجر به تردی هیدروژنی می گردد که اصطلاحاً **Cathodic Hydrogen Absorption (CHA)** گفته می شود.
- از لحاظ تردی هیدروژنی محیطی و جذب هیدروژنی کاتدی تمایل کرم و آلومینیوم در ترکیب داکرومت به فداشوندگی کمتر از روی به کار رفته در ترکیب گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد دارد لذا آنچه که مسلم است خطر جذب هیدروژنی کاتدی **CHA (Cathodic hydrogen absorption)** قطعات در پروسه داکرومت کمتر از گالوانیزه گرم و گالوانیزه سرد است.

۱. **HYDROGEN EMBRITTLEMENT TEST (PRODUCTION TESTING) :**

هدف از این تست آن است که آیا خواص مکانیکی قطعاتی که در معرض تست های سالت اسپری قرار گرفته اند کاهش یافته است یا خیر. طبق استاندارد **ASTM F1624** تست **Slow Strain rate (SSR)** انجام پذیرفت. این تست اینگونه می باشد که پیچی که تحت ۱۲۰ بار تحت تست سالت اسپری قرار گرفته است **(Cyclic exposure)** طی زمان ۲۲-۲۴ ساعت با نیرو **5000 lbf/hour** کشیده می شود. نتیجه در صد **FS** معیاری برای پذیرش و یا عدم پذیرش تست تردی هیدروژنی می باشد.

عدد مجاز باید بالاتر از ۸۵٪ باشد که نتایج قطعات داکرومت شده ۹۸٪ و ۹۷٪ می باشد که ایده آل هستند.

$$\%FS = \frac{FS}{FSS} \times 100$$

Fs : Percent Fracture Strength

Fs: SSR Fracture Load of coated bolt following cycles of
expanses

FSS : Last Fracture Load of coated of Bare unexposed bolt

.II : HYDROGEN EMBRITTLEMENT TEST(Process qualification)

هدف از این تست آن است که تائید پروسه های مختلف پوششکاری از لحاظ تردی هیدروژنی محیطی مشخص گردد .
لذا عدد به دست آمده از فرمول زیر ملاک برای پذیرش ایمن بودن یا نبودن پروسه می باشد :

$$NFs\% = \frac{NFs(W)}{NFs(B)} \times 100$$

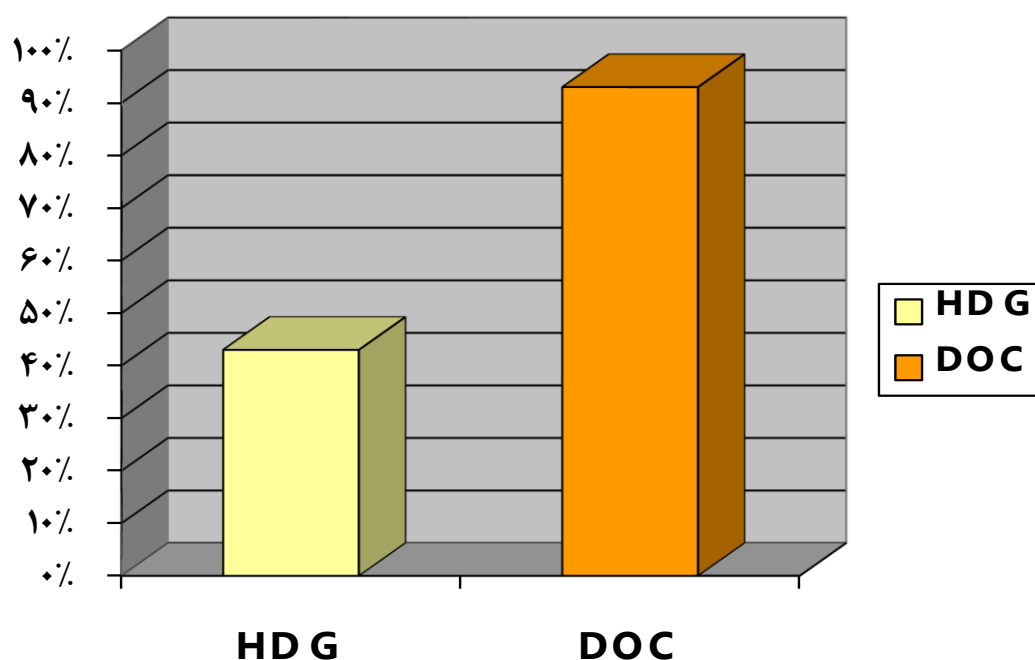
NFs (B) 1940

NFs% = Percent Notch Fracture Strength

NFs (W) 1940= Notch Fracture Load of coated SQB Witness Specimen

NFs (B) 1940= Notch Fracture Load of bare SQB Specimen

معیار پذیرش طبق استاندارد ASTM f1940 بالاتر از 85% می باشد . عدد پوشش داکرومت 93% و عدد گالوانیزه گرم 43% می باشد . لذا مشاهده می گردد که پوشش گالوانیزه گرم به هیچ عنوان خواسته های استاندارد ASTM F1940 را تامین نمی نماید .



: TENSILE STRENGTH TEST.III

بعد از انجام CYCLIC EXPOSURE تفاوت از Tensile اندازه گیری شده در مورد قطعات داکرومت شده مشاهده نگردید . در صورتیکه به علت دمای بالای مذاب روی در روش گالوانیزه گرم Tensile و سختی قطعات افت زیادی نشان می دهند. برای نمونه پیچ هایی با سختی 50 ± 1 HRC مورد تست قرار گرفته اند. همان گونه که نمودارها نشان می دهند تغییرات سختی در روش داکرومت بسیار کم است از بالاترین رنج برای پیچ ها یعنی گرید 12.9 که 39-44 HRC می باشد بالاتر است در صورتی که Tensile در گالوانیزه گرم نزدیک به 25% کاهش می یابد و سختی نیز نزدیک به 6 HRC کاهش نشان می دهد.

همچنین به علت دمای بالا غوطه وری در روی مذاب در گالوانیزه گرم و زمان کم این کار سختی یکنواخت قطعه از بین می رود و در سطح قطعه استحاله فازی صورت می پذیرد و سختی پایین می آید در صورتی که در مغز قطعه تغییرات چندانی اتفاق نمی افتد چون همان گونه که ذکر گردید زمان برای انجام تغییرات در مغز قطعه کافی نمی باشد.

نتیجه گیری نهایی

از کل مطالب ارائه شده می توان نتیجه گیری نمود علیرغم سرمایه گذاری مالی بیشتر جهت خرید و راه اندازی خط داکرومت از لحاظ علمی و فنی این پوشش با فاصله بسیار زیاد نسبت به سایر روشهای پوششکاری از جمله گالوانیزه گرم و سرد خواسته های استاندارد را از لحاظ مقاومت در مقابل خوردگی ، ثابت بودن سختی و خواص مکانیکی ، ویژگیهای متالوگرافی و عدم ایجاد تردی هیدروژنی تامین می نماید.

علاوه بر این به طور اخص در مورد قطعات با tensile بالا از جمله High strength Structural Fastener مانند پیچهای استاندارد A490 با آزمایشهایی که مطابق با IFI 144 انجام گرفته است تنها پوشش داکرومت با نام علمی ASTM F1136 مورد تایید می باشد و از انجام عملیات پوششکاری گالوانیزه گرم ، سرد و یا سایر روشهای پوششکاری مبتنی بر شستشو با اسید جدا باید خودداری نمود.

منابع و مراجع

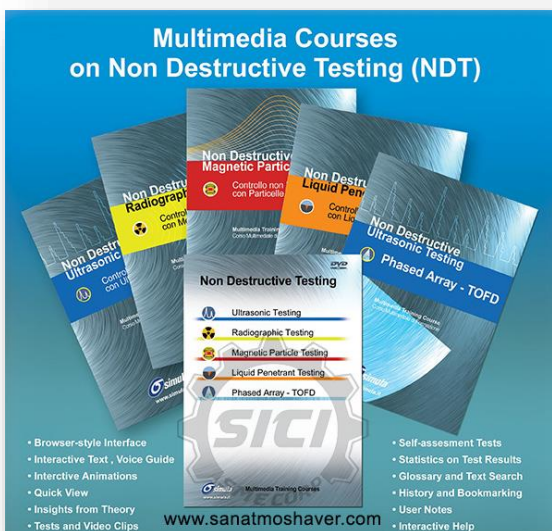
- Brahim , s Qualification of DACROMET for use with ASTM A490 high Strength Structural bolts.
- IFI-144 Test Evaluation Procedures for Coating Qualification Intended for Use on High-Strength Structural Bolts.
- ASTM A 153 Zinc Coating (Hoot-Dip) on Iron and Steel Hardware .
- ASTM A325 Standard Specification for Structural Bolts , Steel , Heat Treated , 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
- ASTM B117 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus .
- ASTM B571 Standard Practice for Qualitative Adhesion Testing of Metallic Coatings .
- ASTM B695 Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel

- ASTM A490 Standard Specification for Structural Bolts , Alloy Steel , Heat Treated , 150 ksi Minimum Tensile Strength
- ASTM A 751 Test Methods , Practices , and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products
- ASTM D1186 Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base
-
- ASTM D1654 Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments
-
- ASTM D3359 Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test
-
- ASTM E3 Practice of Metallographic Specimens
-
- ASTM E8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.
- ASTM E92 Standard Test Method for Vickers Hardness of Materials
- ASTM F606 Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners , Washers , and Rivets
-
- ASTM F1624 Chromium /Zinc Corrosion Protective Coatings for Fasteners
-
- ASTM F1624 Standard Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement in Steel by the incremental Loading Technique .
-

ASTM F1940 Standard Test Method for Process Control Verification to Prevent Hydrogen Embrittlement in Plated Coatings

« عرضه نرم افزار های آموزشی موسسه SIMULA در حوزه تست های غیر مخرب »

شرکت فنی مهندسی صنعت مشاور اسپادان نمایندگی انحصاری موسسه SIMULA در ایران در راستای ارتقای سطح کیفی دوره های آموزشی تست های غیر مخرب (PT-MT-RT-UT-Phased Array-TOFD) در مراکز آموزشی، موسسات و دانشگاه ها اقدام به فروش محصولات آموزشی چند رسانه ایی بر مبنای استاندارد (EN ISO 9712/ASNT SNT-TC-1A) با تخفیف ۲۰٪ تا پایان شهریور ماه سال جاری نموده است.



نرم افزار های مولتی مدیا تست های غیر مخرب :

- ۱- بازرسی آلتراسونیک (Ultrasonic Testing)
- ۲- بازرسی رادیوگرافی (Radiographic Testing)
- ۳- بازرسی ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle Testing)
- ۴- بازرسی مایع نافذ (Liquid Penetrant Testing)
- ۵- بازرسی آلتراسونیک پیشرفته (Phased Array and TOFD)

از نرم افزار های فوق می توان بعنوان دوره های آموزشی مجازی چند رسانه ای در زمینه تست های غیر مخرب استفاده نمود.



MAGNETIC PARTICLE TESTING



PHASED ARRAY



ویژگی های نرم افزار های فوق:

- حاوی متون Hyperlink آموزشی و متون گویا
- حاوی انیمیشن های بدیع تعاملی (Interactive Animations)
- دارای لغت نامه متنی و تصویری
- حاوی کلیپ ها و Voice های آموزشی
- قابلیت ثبت یادداشتهای شخصی
- حاوی آزمون های چند گزینه ای جهت ارزیابی آموزش
- دارای راهنمای تعاملی جهت استفاده از نرم افزار
- و ...

علاقه مندان می توانند نسخه دمو رایگان این نرم افزار های چند رسانه ایی را از طریق وب سایت شرکت به نشانی www.sanatmoshaver.com دانلود نمایند.

همچنین جهت کسب اطلاعات بیشتر و سفارش خرید می توانید با شماره های زیر تماس حاصل فرمایید.

۰۳۱-۳۶۷۳۶۷۱۶ و ۰۳۱-۳۶۷۳۶۴۶۱



جهان جام جم ناشی از خوردگی

بهزودی منتشر می کند:

Corrosion of Weldments

Edited by:

J.R. Davis

Davis & Associates

22

کتابخانه تخصصی جوشکاری و آزمایش های غیرمخرب
www.jwni.ir

استاندارد انجمنی اس ۲۰-۱: ۱۳۹۲ چاپ اول

IWNT S20.1:2014 1st Editionجوشکاری - طراحی و آزمایش
غیر مخرب جوش هاWelding-Design and
Non-Destructive testing
of welds

انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران

موسسه مرجع ملی در زمینه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب

Iranian Institute of Welding and
Nondestructive tests

National welding & NDT authority in IRAN



معرفی وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت



شاید این روزها کمتر کسی در صنعت باشد که با مقوله بازرسی فنی آشنایی نداشته باشد اما دورانی بود که این تخصص بویژه وجود رشته تحصیلی مهندسی بازرسی فنی در دانشگاه صنعت نفت تعجب اصحاب صنعت را برمی انگیزد.

هم اینک با جستجویی در فضای مجازی (اینترنت) از طریق موتورهای جستجوگر، وقتی کلمات کلیدی مربوط همچون "بازرسی جوش"، "بازرسی فنی" یا "آزمایش های غیرمخرب" را وارد می نمایید؛ با گروهی از وب سایت ها و وب لاگ ها (شخصی یا شرکتی) روبرو می شوید که هر کدام در کنار تبلیغات محصولات و خدمات بازرسی شرکت ها، مطالب متنوع علمی و آموزشی در این رابطه را شامل می شوند که مطمئناً سهم بسزایی در آشنایی همگان با این تخصص دارند.

بعلاوه در این چند سال اخیر نشریات بسیاری بصورت مجله، کتاب و جزوه بصورت چاپی یا الکترونیکی تهیه و توزیع شده است که بایستی در اینجا از تمامی نویسندگان و دست اندرکاران چنین مجموعه هایی تشکر و قدردانی نمود که بالواقع مشقات زیادی را در راه اعتلای تخصص بازرسی فنی بدوش کشیده اند.

در این اثنا سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت فعالیت خود را از سال ۱۳۸۳ با نام وبلاگ مجله بازرسی فنی (inspection.blogfa.com) به قلم مهندس محمد رضا زاده (فارغ التحصیل مهندسی بازرسی فنی دانشگاه صنعت نفت سال ۱۳۷۸) با ارائه متن ترجمه کامل راهنمای بازرسی چشمی جوش (AWS B1.11) آغاز نمود.

بعد ها با توجه به محدودیت های موجود در وبلاگ، وب سایت بازرسان فنی با دامنه اختصاصی (www.inspector.ir) ایجاد گردید تا محلی برای تبادل اطلاعات و آموزش بازرسان فنی در قالب سفارشی باشد.

هم اکنون وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت با آدرس www.QCPage.com، با امکان مشاهده در تلفن های همراه در دسترس علاقمندان قرار گرفته است. این وب سایت با یکی از نرم افزارهای معتبر CMS توسط مدیریت وب سایت طراحی و بروزرسانی می شود. مطالب این وب سایت که حاصل زحمات مدیر آن و تعدادی از کارشناسان محترم بازرسی فنی است، کاملاً بطور اختصاصی برای این وب سایت تهیه می شود. اگرچه بعضی از وب سایت ها بدون ذکر نام وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت، اقدام به کپی غیرمنصفانه، بدون در نظر گرفتن زحمات تهیه مطالب می نمایند که در صورت مشاهده چنین مواردی پیگیری های لازم صورت می گیرد.

مطالب سایت را می توان در موارد زیر دسته بندی نمود:

- آخرین اخبار و اطلاعاتی های مربوط به بازرسی فنی شامل تقویم های آموزشی موسسه های آموزشی بازرسی فنی معتبر، کارگاه های آموزشی، همایش ها و کنفرانس های مرتبط و اخبار استخدامی

- مقاله های آموزشی شامل مباحث عمومی بازرسی فنی، بازرسی ساخت تجهیزات، بازرسی حین بهره برداری، بازرسی کالا، بازرسی جوش و آزمایش های غیرمخرب
 - استانداردهای ملی و بین المللی، آشنایی با مفاهیم و واژگان استانداردها، دانلود استانداردهای رایج و متداول در صنعت
 - معرفی نشریات مرتبط با بازرسی فنی، معرفی کتابهای جدید و دانلود مجله های تخصصی بازرسی فنی
 - معرفی وب سایت ها و وبلاگ های بازرسی فنی (شخصی و شرکتی)
 - آموزش آنلاین بازرسی فنی و صدور گواهینامه آموزشی توسط موسسات معتبر آموزشی
 - فروشگاه سایت بازرسی فنی شامل مجموعه های آموزشی و منابع کاربردی بازرسان
- ثبت نام در سایت و خبرنامه آن رایگان می باشد.**

برای استفاده از همه امکانات سایت همچون **دانلود** در وبسایت **ثبت نام** نمایید.

برای دریافت آخرین اخبار بازرسی فنی در **گروه خبری سایت ثبت نام** نمایید.

The screenshot displays the 'Inspector' section of the JWN International website. The main content area features several articles, including one titled 'انتشار جلد چهارم کتاب کلید جوشکاری' (Publication of the 4th volume of the Welding Key book). The sidebar on the left contains a user login section with fields for 'نام کاربری' (Username) and 'رمز ورود' (Password), and a 'ورود کاربران' (User Login) button. Below the login section, there are links to 'فروشگاه' (Store), 'نظرات گفتگوی بازرسی' (Welding Discussion Reviews), 'دوره های آموزشی آنلاین' (Online Training Courses), 'وب لینک ها' (Web Links), 'نشریات' (Publications), 'دانلود استانداردها' (Download Standards), and 'مقاله های آموزشی' (Educational Articles). The main article text discusses the publication of the 4th volume of the 'Welding Key' book, mentioning its focus on WPS/PQR and its relevance to welding inspection.

این وب سایت با توجه به سابقه طولانی حضور در فضای مجازی اینترنت و ارائه مطالب مفید و پربازدید در جستجوگر گوگل بعنوان بالاترین سایت در بین وب سایتهای مشابه شناخته می شود و همین موضوع باعث شده است که

شرکتهای معتبر بازرسی در زمینه آموزش و ارائه خدمات بازرسی فنی از این وب سایت برای درج تبلیغات و معرفی خود به جامعه مهندسی استفاده نمایند.

در کنار این وب سایت، برای پویایی بیشتر و ارتباط بهتر با خوانندگان آن، تالار گفتگوی بازرسی و کنترل کیفیت (forum.qcpage.com) ایجاد شده است تا پرسش های علاقمندان در زمینه های عمومی و تخصصی بازرسی فنی پاسخ داده شود بطوری که دیگران نیز در مباحثات شرکت می نمایند. مدیریت وب سایت نیز همواره در پاسخگویی به مباحث، شرکت داشته و تا حد امکان بهترین پاسخ ها را در اختیار خوانندگان قرار می دهد.

به تازگی نیز برای اولین بار در سطح کشور، آموزش غیرحضوری بازرسی فنی با هدف ارائه آموزش های آنلاین بدون محدودیت زمانی و مکانی و هزینه فوق العاده پایین و در نهایت ارائه گواهینامه های معتبر پس از شرکت و قبولی در آزمون در وب سایت ایجاد شده است.

اولین دوره ارائه شده با عنوان آموزش بازرسی فنی مکانیزم های تخریب (API 571) توسط مدرس و مولف کتاب مرجع مکانیزم های تخریب (آقای مهندس ابراهیم خیر) با ارائه گواهینامه معتبر داخلی و بین المللی (آکادمی طوبی تاک و توف رایلند) بعد از ثبت نام برای شرکت کنندگان قابل دسترس خواهد بود.

با توجه به دستورالعمل های جدید در کسب و کارهای اینترنتی، این سایت اقدام به دریافت نماد اعتماد الکترونیکی از وزارت صنعت، معدن و تجارت نموده است و همچنین برای راحتی واریز هزینه های ثبت نام در دوره های آموزشی آنلاین و خرید محصولات سایت، درگاه الکترونیکی پرداخت از بانک ملت راه اندازی شده است.

تهیه مطالب و طراحی وب سایت به تنهایی توسط مدیریت آن انجام می شود و بدیهی است که این کار نیازمند زمان و هزینه های زیادی است و بالطبع در صورت همکاری دیگران نتایج بهتری حاصل خواهد شد.

مطمئننا برای رسیدن به نقطه مطلوب راه درازی را در پیش روی داریم که حضور یک تیم علاقمند با پشتکار و همت بالا را می طلبد. ما دست شما عزیزان را برای یک همکاری سودمند می فشاریم.

آدرس پست الکترونیک وب سایت info@qcpage.com آماده دریافت پیشنهادات و انتقادات شما عزیزان می باشد.

راهنمای پدیدآورندگان

نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب از مقالات علمی و آثار تحقیقی یا ترجمه شده محققان، نویسندگان و کارشناسان و مقالات اجتماعی و انتقادی در دامنه موضوعات جوشکاری و آزمایش های غیرمخرب و فرایندهای وابسته به این موضوعات استقبال می نماید. نوشته ها و مقالات دریافتی پس از بررسی و تأیید هیات تحریریه، سردبیر و مدیر مسئول نشریه به چاپ خواهد رسید.

توصیه می شود قالب نگارش و تنظیم مقالات به ترتیب زیر باشد:

- ✓ صفحه مشخصات در بر دارنده عنوان مقاله یا مطلب، نام پدید آورنده (نویسنده-مؤلف-مترجم-گردآورنده) به فارسی و انگلیسی و فهرست عناوین فرعی مقاله و تعداد و عناوین پیوست ها یا ضمائم.
- ✓ چکیده مقاله، حاوی شرحی درباره کلیات موضوع مقاله، و کلید واژه ها
- ✓ مقدمه مقاله
- ✓ متن مقاله، شامل بخش ها و زیر بخش ها
- ✓ جمع بندی و نتیجه گیری
- ✓ پی نوشت، شامل توضیحات ارجاع شده و افزوده های خارج از متن
- ✓ فهرست کامل و دقیق منابع و مراجع
- ✓ تصاویر، جدول ها و نمودارها به صورت فایل تصویری JPG همراه با متن زیر نویس و جای دقیق هر یک از آنها در مقاله علاوه در متن اصلی به صورت مجزا نیز ارسال شود.
- ✓ متن اصلی که مقالات از آن ترجمه شده است.

یادآوری ها:

- ❖ مطالب و مقالات دریافتی بازگردانده نخواهد شد.
- ❖ نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب از پیشنهادهای و انتقادهای سازنده استقبال می کند.
- ❖ نقل و اقتباس از مطالب این نشریه با ذکر ماخذ آن و رعایت امانت بلامانع است.
- ❖ این نشریه از مقالات، نوشته ها، اظهار نظرها و دیدگاه های کارشناسان و صاحب نظران در مورد مسائل مربوط به جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب استقبال می کند و البته چاپ آنها منوط به موافقت مدیر مسئول و سردبیر خواهد بود.
- ❖ نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب در ویرایش، رد یا قبول و حک اصلاح مطالب آزاد است.
- ❖ چاپ هرگونه نوشتار به منزله تایید محتوای آن و دیدگاه پدیدآورندگان آن توسط نشریه نمی باشد و مسئولیت محتوی و کلیه حقوق مادی و معنوی مقالات بر عهده نویسندگان و مترجمان است و هیچگونه مسئولیتی متوجه نشریه نیست.
- ❖ مسوولیت متن آگهی ها به عهده ارائه دهندگان آگهی ها می باشد.

تصویر
پدید
آورنده
اول

لطفا فرم زیر را تکمیل و به همراه مقاله ارسال فرمایید.

عنوان (فارسی):

Title(English):

چکیده مقاله

نام پدید آورنده (گان):

Name (English):

تحصیلات:

سازمان / سمت:

نشانی دقیق پستی:

کد پستی:

نمابر:

تلفن تماس:

تلفن همراه:

پست الکترونیک:

نحوه ارسال مطالب

روش اول: ارسال به پست الکترونیک: info@jwn.ir – jwniran@yahoo.com

روش دوم: ارسال مطالب بر روی لوح فشرده (DVD-CD) با پست پیشتاز به آدرس

اصفهان - نجف آباد - کد پستی ۸۵۱۳۸۷۶۵۸۸

WSTDWelding Science & Technology Development
مؤسسه آموزشی علم و فن جوش**مؤسسه گسترش علم و فن جوش (ثبت: ۹۱۳)****مشاوره مهندسی ، بازرسی فنی ، پژوهش و آموزش های تخصصی**

مؤسسه گسترش علم و فن جوش در سال ۱۳۹۱ به همت تنی چند از متخصصین شناخته شده صنعت جوش در کشور و با هدف ارتقاء سطح دانش و مهارت افراد شاغل در زمینه های جوشکاری ، بازرسی و مهندسی جوش تأسیس گردید . این مؤسسه اگر چه از نظر تاریخ ثبت بعنوان یک مؤسسه جدیدالتأسیس شناخته می شود اما در واقع کلیه سوابق و تجربیات مؤسسين و کارکنان خود را در بر می گیرد .

آموزش دوره های مهندسی و بازرسی جوش

✓ نیاز سنجی آموزشی

✓ طراحی و اجرای دوره های آموزشی

✓ اعطای گواهینامه های معتبر داخلی و بین المللی

مشاوره و خدمات فنی مهندسی در زمینه

✓ استقرار سیستم های ISO 17020 , ISO 3834

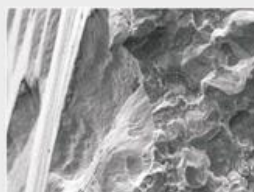
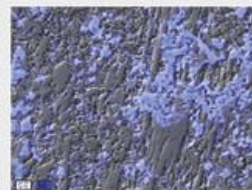
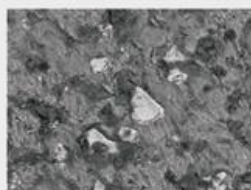
✓ تهیه مستندات فنی پروژه PQR , WPS , ITP

✓ بازرسی حین ساخت و تعمیر قطعات و تجهیزات

✓ تعریف و اجرای پروژه های تحقیقاتی

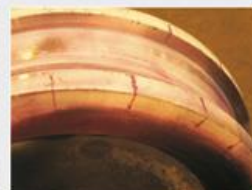


✓ تعریف و اجرای پروژه های تحقیقاتی



✓ آنالیز شکست قطعات

✓ بازرسی جوش ، ارزیابی و تایید صلاحیت جوشکاران



WSTD
Welding Science & Technology Development
مؤسسه استاندارد علم و فن جوش

مؤسسه گسترش علم و فن جوش (ثبت: ۹۱۳)

✓ انتخاب مواد، مهندسی
سطح، خوردگی

✓ ترمیم و بازسازی قطعات

✓ ارائه خدمات و مشاوره
در زمینه ایمنی و بهداشت

HEALTH	★	2
FLAMMABILITY		3
REACTIVITY		0
PERSONAL PROTECTION		H



مشخصات اعضای مؤسسه

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت	خلاصه سوابق
۱	رضا کلاتریان	مدیر عامل	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - جوشکاری از دانشگاه صنعتی امیر کبیر مهندس و بازرسی بین المللی جوش از SLV آلمان مشاور صنایع و مدرس دوره های مهندسی بین المللی جوش
۲	امیر حسینی کلورزی	رئیس هیأت مدیره و مدیر آموزش	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - شناسایی مواد از دانشگاه شیراز مهندس بین المللی جوش از SLV آلمان مشاور صنایع و مدرس دوره های مهندسی و بازرسی جوش
۳	محمد رضا سلطان محمدی	عضو هیأت مدیره و مدیر تکنولوژی جوش	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - جوشکاری از دانشگاه تهران مهندس و بازرسی بین المللی جوش مشاور صنایع، مدرس و ممتحن دوره های مهندسی بین المللی جوش
۴	محسن مستاجران	عضو هیأت مدیره و مدیر بازرسی	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - خوردگی از دانشگاه صنعتی اصفهان سطح سه آزمونه های غیر مخرب از ASNT آمریکا مشاور صنایع و مدرس دوره های مهندسی و بازرسی جوش

تلفن: ۵۵۲۵۸۸۲ - ۰۶۱۱

فکس: ۵۵۲۴۸۵۰ - ۰۶۱۱

اهواز، پادادشهر، خیابان ۱۰،

مجتمع تجاری هیراد، طبقه ۳،

واحد ۱۵

www.wstd.ir info@std.ir