

عملیات جوشکاری درزریل و تاثیر آن در فرآیند تعمیر و نگهداری خطوط ریلی

غلامعلی شفابخش^۱، احسان کاشی^۲، مهدی پورروح الامین^۳

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

E mail : eng_eki@yahoo.com

خلاصه

در هنگام عملیات ریل گذاری خطوط راه آهن، اتصال یک ریل به ریل بعدی به دو روش، استفاده از صفحه های اتصالی با پیچ و مهره و جوشکاری درز ریل انجام می گیرد که بسته به امکانات موجود و سرعت عمل در احداث خطوط از یکی از این دو روش استفاده می شود. تجربه نشان داده که جوشکاری درز ریل نسبت به استفاده از صفحات اتصالی، اصولی تر و در دراز مدت اقتصادی تر می باشد. بطور کلی جوشکاری درز ریل به دو روش دستی و ماشینی انجام می شود. در این راستا نیروی انسانی مجرب، ماشین آلات تخصصی، مصالح اختصاصی و علی الخصوص زمان انجام عملیات، مورد توجه خاص می باشد. در این مقاله ضمن معرفی عملیات جوشکاری درز ریل و روشهای انجام این عملیات، به بررسی مقایسه روشهای جوشکاری موجود در راه آهن ایران و تاثیر آن بر فرآیند تعمیر و نگهداری خطوط ریلی می پردازیم.

کلمات کلیدی: راه آهن، جوشکاری درز ریل، تعمیر و نگهداری، جوش ترمیم

مقدمه

این در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم میلادی، در آلمان پروفسور گلد اشمیت (Goldschmidt) تولید فلز های سنگین را از اکسیدهایشان تحت تاثیر آلومینیوم کشف نمود. با این کشف و روش بهره گیری از آن و با پیشرفتی که در این زمینه حاصل شد، این جوشکاری تحت عنوان "جوشکاری ترمیم" نامگذاری شد. روش مزبور برای اولین بار در سال ۱۹۱۰ در آلمان به اجرا در آمد [۱]. بعد از حصول نتیجه و موفقیت آن این نوع جوشکاری در دیگر کشورهای جهان نیز مورد استفاده قرار گرفت. راه آهن ایران برای اولین بار جوشکاری به روش ترمیم را از ناحیه لرستان آغاز نمود. با توجه به زمانبر بودن این روش و معایب دیگر آن، پس از گذشت چند سال و با پیشرفت تکنولوژی، ماشین آلات مخصوص جوشکاری تولید و مورد استفاده قرار گرفت. امروزه جوشکاری درز ریل با استفاده از تکنیک های مختلف صنعت حمل و نقل ریلی و با توجه به امتیازات خاصی که نسبت به صفحات اتصالی با پیچ و مهره دارد، در کلیه خطوط ریلی جهان پذیرفته شده است.

تعریف فرایند جوشکاری

مفهوم جوشکاری بیانگر جوش دادن یا یکی کردن دو تکه فلز هم نوع توسط گرما دادن می باشد. محل های اتصال دو تکه فلز در وضعیتی مایع یا خمیری شکل، به صورت یک اتصال محکم و ثابت در می آیند. جوش دادن دو سر ریل به صورت خمیری، تحت فشار صورت می پذیرد و از سری جوشهای پرسی محسوب می شود، در حالی که در جوشکاری مایعی (ذوب کردنی)، مایع مورد نظر در محل جوش ریخته می شود. در راه آهن جمهوری اسلامی ایران سه روش جوشکاری به شرح زیر مورد استفاده قرار می گیرد [۲]:

- جوشکاری به روش آلومینوترمیم (مواد اضافی)
- جوشکاری گازی
- جوشکاری بصورت قوس الکتریکی

^۱ استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

از این سه روش ، دو روش اول بصورت دستی و روش سوم بصورت ماشینی انجام می گردد .

جوشکاری ماشینی

ماشین جوش الکتریکی

جوشکاری به روش سنتی و در بعضی مواقع استفاده از ترمیت علی رغم مزایای زیاد ، دارای معایبی از قبیل : شکستگی محل جوش ، افتادگی جوش ، لهیدگی جوش و غیره می باشد. به همین دلیل راه آهن های پیشرفته دنیا به استفاده از روش جوشکاری از نوع مقاومت الکتریکی روی آورده اند ، چرا که در این روش مواد زائد خارجی وجود ندارد و صرفاً با استفاده از آلیاژ به کار رفته در ریل ها ، دو ریل مورد نظر به هم جوش می شوند که طبعاً در این روش تعداد شکستگی ها نیز کاهش خواهد یافت . این ماشین در کنار تکنیک های روان ، آسان و با کیفیت از فاکتور توجه اقتصادی نیز برخوردار می باشد ، بطوریکه امروزه تکنولوژی این دستگاه در راه آهن های پیشرفته دنیا ثبت و مورد استفاده قرار گرفته است .



شکل (۱) - نحوه کار ماشین جوش الکتریکی

ترتیب عملیات جوشکاری با ماشین

فرآیند جوشکاری با گرفتن در دو جفت فک های تماس گیرنده با ریل شروع می شود . تماس فک ها با ریل ، قطبهای تماس ، کاهش زیاد مقاومت در برابر جریان عبوری و همچنین ضریب هدایت بالا ، از عوامل عبور جریان و تولید گرمای مورد نیاز می باشد .

مراحل کار در مدت عملیات جوشکاری

- ۱- گرفتن ریلها توسط فک های دستگاه و هم مرکز کردن آنها
 - ۲- دستور شروع برای مراحل اتوماتیک
 - ۳- گرم کردن سر دو ریل
 - ۴- قوس الکتریکی و انجام آن در پنج مرحله (سرعت قوس الکتریکی روی ریل از ۰,۲۵ میلیمتر بر ثانیه شروع می شود تا نزدیک انتهای عملیات که به ۱۰ میلیمتر بر ثانیه می رسد)
 - ۵- عمل پرس (فاصله ی عمل پرس تا ۱۵ میلیمتر قابل تنظیم است)
 - ۶- عمل برش مواد زائد جوش (که تمام جوانب محل جوش را شامل می شود)
 - ۷- آزاد کردن ریلها و اتمام مراحل جوشکاری
- مدت زمان جوشکاری با ماشین بسته به نوع ماشین آلات مورد استفاده از ۱۳۰ تا ۱۸۰ ثانیه می باشد .

موارد ثبت شده توسط ماشین جوشکاری

ماشین جوشکاری به سه کانال ثبات مجهز شده است و عملیات انجام شده ی زیر را ثبت می کند :

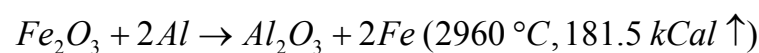
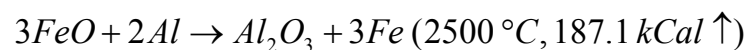
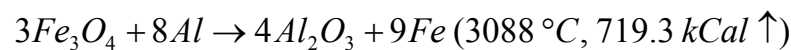
- جریان (آمپراژ) جوشکاری
- نیروی اعمال شده به دو ریل تحت عملیات جوشکاری
- میزان جابجایی دو ریل در زمان جوشکاری

جوشکاری دستی

همانطور که در بخش تعریف فرایند جوشکاری بیان شد جوشکاری دستی به دو روش آلومینوترمیت (مود اضافی) و روش جوشکاری گازی انجام می گیرد که در این بخش ، روش اول یعنی آلومینوترمیت مفصلاً مورد بررسی قرار گرفته و تصاویر مربوط به مراحل انجام آن آورده شده است .

جوشکاری به روش آلومینوترمیت (مواد اضافی)

جوشکاری ترمیت به مجموعه فرآیندهایی گفته می شود که در آن جوش از فلز مذابی که توسط یک کنش شیمیایی بشدت گرمازا بوجود آمده است ، تشکیل می شود. این نوع جوشکاری بیشتر شبیه به ریخته گری بوده و دور دو قطعه ای که باید به هم جوش داده شوند یک قالب قرار دارد که فلز مذاب ناشی از این واکنش شیمیایی به این قالب هدایت شده و پس از سرد شدن فلز مذاب داخل قالب جوش شکل می گیرد. واکنش شیمیایی یا ترمیت معمولاً بین اکسید یک فلز (معمولاً آهن یا مس) و فلز احیا کننده مانند آلومینیوم انجام می شود . برای انجام واکنش از یک پودر که به سرعت محترق شده به عنوان چاشنی استفاده می شود که گرمای لازم برای شروع واکنش را فراهم می آورد . چند نمونه از واکنش های مورد استفاده در این نوع جوشکاری [۲] :



ترمیت مورد استفاده در صنعت

- ترمیت ساده : شامل مخلوط پودر های اکسید آهن و آلومینیوم
 - ترمیت فولاد کم کربن : شامل ترمیت ساده به اضافه پودر فولاد کم کربن یا حتی مقداری پودر منگنز
 - ترمیت چدن : شامل ترمیت ساده به اضافه مقداری پودر فولاد سیلیسیوم دار و فولاد کم کربن
 - ترمیت برای جوشکاری ریل ها : شامل ترکیبات ترمیت ساده به اضافه مقداری پودر کربن ، منگنز و عناصر آلیاژی دیگر به منظور افزایش سختی فلز جوش در ریل
 - ترمیت برای اتصال کابل های برق : شامل پودر های اکسید مس و آلومینیوم
- جوشکاری ترمیت معمولاً به دو صورت در صنعت وجود دارد ؛ در نوع اول از فلز ذوب شده مستقیماً برای اتصال دو قطعه استفاده می شود. در نوع دوم از فلز ذوب شده به منظور گرم کردن و به درجه حرارت آهنگری رساندن قطعات استفاده می شود و سپس با اعمال فشار به قطعات اتصال شکل خواهد گرفت
- مزیت جوشکاری ترمیت نیاز نداشتن به سیستم های تامین انرژی (مانند مولد برق و ...) برای جوشکاری است و پودر و قالب ها را در هر مکانی (برای مثال در طول ریل راه آهن برای تعمیر ریل شکسته) بکار برد. از محدودیت های این روش می توان به ناتوان بودن در جوش دادن مقاطع نازک اشاره کرد. زیرا انرژی جوش زیاد بوده و فقط برای مقاطع کلفت مثل ریلها و میل لنگ های شکسته و کابلهای برق کاربرد دارد.

مراحل جوشکاری درز ریل به روش جوش ترمیت

۱- برش قسمت معیوب ریل و آماده سازی محل جوش

پس از مشاهده خرابی در محل جوش درز ریل توسط بازرسین خط ، اکیپ های جوشکاری به محل اعزام می گردند و عملیات تعویض ریل معیوب و جوشکاری ریل جدید را انجام می دهند . ابتدا بالاست زیر نقطه خرابی ریل مورد نظر را خالی کرده و همانند شکل (۱) اتصالات ریل به تراورس را از هم باز می کنند. سپس ریل ها به صورت عمود بر محور ریل بریده می شوند. اگر ریل ها به صورت مورب بریده شوند، فاصله مورد نظر بین آنها غیر یکنواخت خواهد شد و اتصال دو ریل به صورت غیر متقارن و نامتناسب صورت خواهد گرفت (شکل ۲ و ۳) . سطوح بریده شده به وسیله مخلوطی از نفت سفید و گازوئیل و به کمک یک برس سیمی از انواع آلودگی ها و گرد و خاک و مواد روغنی پاک می شوند . (این مواد ممکن است با مواد جوش ترکیب شده و باعث ایجاد ناخالصی در جوش شوند).



شکل (۱) - باز کردن پیچها



شکل (۲) - برش قسمت معیوب



شکل (۳) - دو سر ریل بریده شده

۲- تنظیم دو سر ریل و قالب بندی آن

در این مرحله مطابق شکل (۴) به کمک یک خط کش فلزی یک متری که دارای یک سطح صاف و مستقیم می باشد، دو طرف ریلی را که قرار است به یکدیگر جوش دهیم، تراز می کنیم. انتهای ریل ها برای اصلاح انقباض ناشی از سرد شدن و انجماد فلز ترمیت، اندکی بالاتر قرار می گیرد. اگر بالا نگهداشتن ریل ها انجام نشود، اتصال به علت اختلاف زمانی در سرد شدن سر ریل (جایی که مواد بیشتری موجود است و در نتیجه سرد شدن کندتر انجام می شود) و پایه ریل، خم خواهد شد. نقطه اتصال خمیده خود باعث بوجود آمدن مشکلاتی دیگر خواهد بود، چنین نقاط اتصالی به علت تشدید نیروهای دینامیکی ناشی از ضربه چرخ ها، تحت تنش های بزرگتری قرار خواهند گرفت. برای تراز عمودی و جانبی ریل نیز از گوه استفاده می شود. سپس پایه های بوته آهنگری در دو سمت ریل در محل های مناسب نصب شده و ثابت می شوند و موقعیت و ارتفاع این پایه ها تنظیم می شود. شکل (۵)



شکل (۴) - تنظیم کردن دو سر ریل



شکل (۵) - بستن فک های نگهدارنده



شکل (۶) - نصب قالب در محل

در مرحله بعد یک مجموعه از قالب های پیش ساخته که از جنس آجر نسوز هستند و برای مقطع ریل مناسب می باشند، انتخاب شده و بر روی پایه نصب می شوند. این قالب ها با گل جوشکاری (مخلوط مایه سیلیسی و بنتونیت که در قدیم از گل مراغه ساخته می شد) عایق بندی می شوند تا مواد مذاب از درون قالب به بیرون نریزد. شکل (۶)

۳- حرارت دادن و ریختن مواد ذوب شده به درون قالب

در این مرحله مواد جوشکاری آماده می شود. ابتدا در زیر محفظه احتراق، قطعه فلزی به نام اتومات می گذارند. قسمت بالایی این قطعه با ۵ گرم آزیست (پنیه نسوز) پوشانده شده است. این ماده در برخورد با فلز مذاب ذوب نمی شود تا هنگامی که دمای آن به ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد برسد. در این هنگام ماده ذوب شده و فلز مذاب به آرامی خارج می شود. دلیل قرار دادن این قطعه، خروج تدریجی و یکنواخت مواد مذاب از درون محفظه می باشد. روی اتومات ترمیت را خالی می کنند. سپس نوبت به آماده سازی و گرم کردن ریل می رسد. شکل (۷) دو مرحله گرم کردن برای ریل داریم. در مرحله اول کل ریل مورد نظر را تا دمای تعادل منطقه گرم می کنند. این دما برای آن منطقه از سمنان در حدود ۳۷ درجه سانتیگراد است. و دمایی است که تغییرات انبساط و انقباض در آن بر روی ریل تا حد زیادی خنثی می شود. اگر ریل بدون گرم کردن جوش داده شود، تغییرات دمایی در فصول سرد و گرم سال می تواند باعث اعوجاج ریل و یا از هم گسیختگی آن شود.

مرحله دیگر مربوط به گرم کردن نقاط اتصال دو ریل می باشد. برای اینکار یک مشعل (شعله بنزین و هوای فشرده که با وجود قدیمی بودن، هنوز مورد استفاده است و یا منابع انرژی دیگر) که در بالای فاصله بین دو ریل قرار دارد بر روی پایه های خود ثابت شده و شعله آن به سمت مرکز این فاصله هدایت می شود. عمل گرم کردن تا زمانی انجام می شود که رنگ نقاط اتصال دو ریل به رنگ آلبالویی در آمده و سرخ گردد. پیش گرمایش ریل (در حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد) برای کمک به اینکه فلز مذاب، اکسیداسیون سطح ریل را پاک کند، لازم است. شکل (۷). در غیر این صورت، فلز مذاب در لحظه برخورد با سطح مقطع سرد ریل، بدون پاک کردن اکسیداسیون سطح ریل، شروع به سرد شدن می کند.



شکل (۷) - پیش گرمایش ریل



شکل (۸) - مشتعل شدن مواد جوش



شکل (۹) - مواد مذاب اضافی

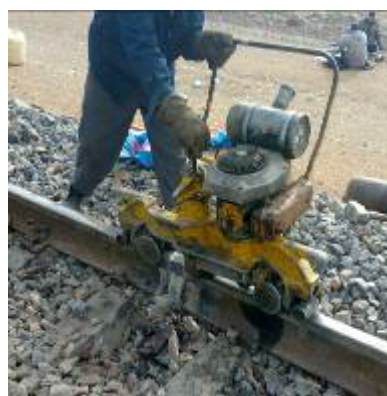
مخروط (محفظه) احتراق که کاملاً آماده می باشد را بر روی پایه ها سوار می کنند و در جایش محکم می کنند. در پوش را نیز بر روی آن قرار می دهند. برای ایجاد احتراق اولیه از یک فشفسه استفاده می گردد. شروع کار با روشن کردن فشفسه و انداختن آن در درون محفظه احتراق است. شکل (۸) بعد از لحظاتی مواد موجود در محفظه شروع به احتراق می کند. با شروع عمل احتراق، فلز موجود در محفظه ذوب می شود. پس از رسیدن دمای مخلوط به ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد، اتومات نیز ذوب شده و فلز مذاب به درون قالب هدایت می شود و دور محل اتصال و محل فاصله ما بین ریل ها را می پوشاند. مقداری مواد مذاب همانند شکل (۹) از قالب به بیرون ریخته می شود که برای جلوگیری از سوختگی تراورس های چوبی، باید قبلاً آنها را خیس کرده و پس از انجماد مواد مذاب مجاور تراورس های چوبی، آنها را به سرعت از کنار تراورس ها خارج کرد.

۴- پاکسازی مواد ترمیت اضافی و سنگزنی ریل

پس از عملیات ریخته گری قالب دور ریل را باز کرده و شروع به تمیز کردن سطح ریل می کنند. این عملیات در چند مرحله انجام می گردد. نخست توسط فک هیدرولیکی برش همانند شکل (۱۰)، حجم زیادی از فلز اضافی دور ریل را بر می دارند. در مرحله بعد به کمک دستگاه سنگ زنی، به دو روش رو زنی و بغل زنی، کلاهی ریل را تا حد زیادی صاف می کنند شکل (۱۱). صاف شدن کامل ریل نیز با عبور ناوگان ریلی از روی آن و به مرور زمان تکمیل می شود. قسمت های اضافی روی بدنه و جان ریل نیز پس از سرد شدن کامل، به کمک ضربه، به راحتی خارج می شود. در خاتمه لازم است عملیات زیرکوبی بالاست زیر ریل مجدداً انجام شود.



شکل (۱۰) - کنار زدن مواد اضافی با فک



شکل (۱۱) - سنگزنی محل جوش



شکل (۱۲) - قسمت جوشکاری شده ریل

نتیجه گیری

با توجه به نتایج مقایسه های انجام شده بین روش دستی و ماشینی برای جوشکاری درز ریل ، استفاده از ماشین آلات جهت جوشکاری در دراز مدت صرفه جویی های اقتصادی و دخالت کمتری برای انسانی را به دنبال خواهد داشت . مضاف بر اینکه کیفیت جوش حاصله در روش ماشینی بسیار بالاتر از روش دستی می باشد . همواره یک جوش کامل و بدون نقص ، امنیت ناوگان عبوری را تضمین نموده و خطرات احتمالی را کاهش می دهد . عملیات جوشکاری درز ریل به روش دستی (ترمیت) ، توسط ۸ نفر کارگر و جوشکار بطور متوسط حدود ۲ ساعت به طول می انجامد [۳]. با مقایسه این زمان با زمان مورد نیاز در روش جوشکاری ماشینی (۱۸۰ ثانیه) ، اختلاف قابل ملاحظه این دو روش در صرف زمان و نیروی انسانی به چشم می آید ،

همچنین احتمال بروز خطا در روش دستی با توجه به دخالت نیروی انسانی بیشتر از روش ماشینی می باشد. ضمن اینکه به دلیل وجود گرد و غبار و ناخالصی در هنگام عملیات جوشکاری دستی، کیفیت جوش بدست آمده نسبت به روش ماشینی در سطح پایین تری می باشد. امید است با افزایش ماشین آلات جوشکاری در کشور و حتی تولید آنها در داخل کشور، کلیه خطوط ریلی به این تجهیزات مکانیزه مجهز شوند و با استفاده از تکنولوژی های پیشرفته شاهد کاهش سوانح ریلی باشیم.

مراجع

- [۱]- C, Esveld, "Modern Railway Track", Published by MRT Productions, Second Edition, ۲۰۰۱.
- [۲]- Hay, w,w, "Railroad Engineering", Second Edition, Wiley & Sons, USA, CH- ۱۳۶, pp۹۱, ۱۹۸۲
- [۳]- "مقررات عمومی سیر و حرکت"، جلد ۱ و ۲، مرکز تحقیقات راه آهن، ۱۳۷۵
- [۴]- ذاکری، ج. ع و هماوندی، ش و محمدوند، ح، "مقدمه ای بر نگهداری و تعمیر خطوط راه آهن"، جلد اول، مرکز آموزش عالی علمی - کاربردی راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۴
- [۵]- پایگاه اطلاع رسانی راه آهن جمهوری اسلامی ایران <http://www.rai.ir/site.aspx>
- [۶]- <http://www.railway-technology.com/contractors/engineering/stahlberg>
- [۷]- نگهداری و تعمیرات زیرسازی و روسازی خطوط ریلی - ولفگانگ آلپس، راینر رینگ هازن - مترجم ناصر مجیدی فرد
- [۸]- ماشین آلات مکانیزه در نگهداری، بهسازی و نوسازی خطوط راه آهن - مرکز آموزش راه آهن