

## پودمان ۴

# جوشکاری ترمیت



جوشکاری ترمیت به مجموعه فرایندهایی گفته می‌شود که در آن اتصال توسط مذاب حاصل از انجام یک واکنش شیمیایی به شدت گرمازا تأمین شده و به ناحیه اتصال هدایت می‌شود. این نوع جوشکاری بیشتر شبیه ریخته‌گری بوده و در آن دو قطعه‌ای که قرار است جوش داده شوند در یک قالب قرار می‌گیرند و فلز مذاب ناشی از واکنش شیمیایی به این قالب هدایت شده و پس از سرد شدن آن داخل قالب فلز جوش شکل می‌گیرد. این فرایند بسیار ساده است و تجهیزات آن به راحتی قابل حمل و انتقال به محل انجام جوشکاری است که همین امر باعث سهولت در به کارگیری آن شده است.

## واحد یادگیری ۵

### جوشکاری ترمیت و احتراقی

#### آیا تابه حال پی برده اید؟

- خطوط ریلی راه آهن را چگونه می سازند؟
- آیا می توان نواحی وسیع آسیب دیده بر روی قطعات بزرگ را به راحتی تعمیر کرد؟
- برای تعمیر قطعات آسیب دیده با ضخامت بسیار بالا مثل قطعات ریختگی یا شفت های جرثقیل چه راهکاری وجود دارد؟
- میله های صاعقه گیر چگونه برق را به زمین منتقل می کنند؟

جوشکاری ترمیت یک روش جوشکاری بسیار ساده است که انجام آن به تخصص زیادی نیاز ندارد. برای ساخت و تعمیر ریل های یکپارچه راه آهن از گذشته کاربرد داشته و به علت سهولت انجام فرایند و قابلیت حمل و نقل بالا تا به امروز نیز جایگاه خود را حفظ کرده است. در این پودمان با فرایند، ابزار آلات و تجهیزات جوشکاری ترمیت و احتراقی آشنا می شوید همچنین نحوه انجام جوشکاری ترمیت در احداث خطوط راه آهن و جوشکاری احتراقی در اتصالات الکتریکی را فرا می گیرید.

#### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوشکاری ترمیت، هنرجویان قادر به آماده سازی اتصال و تجهیزات، انجام فرایند جوشکاری ترمیت و بازرسی اتصال پس از انجام فرایند خواهند بود.

## گرماگیر یا گرمازا



سوختن کبریت حاصل واکنش شیمیایی اکسیژن با گوگرد موجود در سر کبریت می‌باشد. آیا تا به حال به سوختن کبریت دقت کرده‌اید؟ برخی از واکنش‌های شیمیایی مانند سوختن کبریت با آزاد کردن گرما انجام می‌شوند. آیا با حرارت ناشی از این واکنش‌ها می‌توان موادی نظیر فلزات را ذوب کرد؟

با دقت در تصاویر زیر تعیین کنید کدام یک از واکنش‌های شیمیایی و تغییر حالت‌های فیزیکی نشان داده شده با آزاد کردن گرما و کدام یک گرماگیر همراه هستند؟



(پ)



(ب)



(الف)



(ج)



(ث)



(ت)



(خ)



(ح)



(چ)

شکل ۱- واکنش‌های شیمیایی مختلف

تولید گرما	جذب گرما	واکنش	تصویر
			الف
			ب
			پ
			ت
			ث
✓	—	پودر لباسشویی با آب	ج
			چ
			ح
			خ

واکنش‌های شیمیایی مطابق آنچه ذکر شد از نظر تولید و مصرف انرژی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱ گرماگیر: واکنش‌هایی که در آنها در اثر انجام واکنش شیمیایی گرما جذب می‌شود.
- ۲ ..... : واکنش‌هایی که در آنها در اثر انجام واکنش شیمیایی گرما تولید می‌شود.

در واکنش‌های تصاویر صفحه قبل، میزان گرمای آزاد شده در واکنش‌های گرمازا را با یکدیگر مقایسه کنید. گرمای آزاد شده در برخی از واکنش‌ها به اندازه‌ای است که از آن برای ذوب و جوشکاری فلزات استفاده می‌شود. در میان فرایندهای جوشکاری که تاکنون آموخته‌اید در کدام یک از واکنش گرمازا برای ذوب استفاده می‌شود. .

تمرین



## واکنش‌های ترمیت و ذوب فلزات

واکنش‌های ترمیت دسته‌ای از واکنش‌های گرمازا هستند، که در آنها در اثر واکنش بین اکسید فلزی و پودر یک فلز (معمولاً آلومینیم) مقدار بسیار زیادی انرژی به صورت گرما، آزاد می‌شود. این گرما به قدری زیاد است که برای ذوب فلزات و اتصال آنها به یکدیگر استفاده می‌شود و به آن جوشکاری ترمیت (TW)<sup>۱</sup> گفته می‌شود.

1- Thermite Welding

واکنش‌های ترمیت مورد استفاده در صنایع فلزی را در جدول ۱ مشاهده می‌کنید.  
جدول ۱- واکنش‌های ترمیت مورد استفاده در صنایع فلزی

انرژی گرمایی (KJ)	واکنش
۳۳۵۰	$\text{Fe}_2\text{O}_4 + 8\text{Al} \rightarrow 9\text{Fe} + 4\text{Al}_2\text{O}_3 \dots\dots$
۸۸۰	$3\text{FeO} + 2\text{Al} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
۸۵۰	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
۱۰۶۰	$3\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{Al} \rightarrow 6\text{Cu} + \text{Al}_2\text{O}_3$
۱۲۱۰	$3\text{CuO} + 2\text{Al} \rightarrow 3\text{Cu} + \text{Al}_2\text{O}_3$

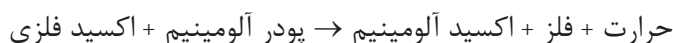
در واکنش‌های فوق به جز آلومینیم از عناصر دیگری مثل منیزیم، سیلیسیم و کلسیم نیز استفاده می‌شود. منیزیم و کلسیم به‌طور محدود در جوشکاری و ریخته‌گری ترمیت استفاده می‌شوند و سیلیسیم در عملیات حرارتی کاربرد دارد.

نکته



## واکنش‌های آلومینوترمیک در جوشکاری

دسته‌ای از واکنش‌های ترمیت هستند که ساختار کلی زیر را دارند:



در این واکنش مخلوط مذاب و اکسید آلومینیم در اثر اختلاف چگالی از هم جدا و اکسید آلومینیوم به شکل سرباره در روی مذاب فلز قرار می‌گیرد.

اولین واکنش جدول قبل معمول‌ترین واکنش آلومینوترمیک مورد استفاده در جوشکاری است که دمای آن به  $3100^\circ\text{C}$  می‌رسد.

به مخلوط پودر آلومینیم و اکسید فلزی مخلوط ترمیت گفته می‌شود. این مخلوط معمولاً به نسبت ۳ به ۱ از اکسید فلزی و پودر آلومینیم مخلوط می‌شود.



در مورد سایر موادی که به مخلوط ترمیت رایج (جدول تمرین ۳) در جوشکاری اضافه می‌شوند جدول ۲ را کامل کنید.

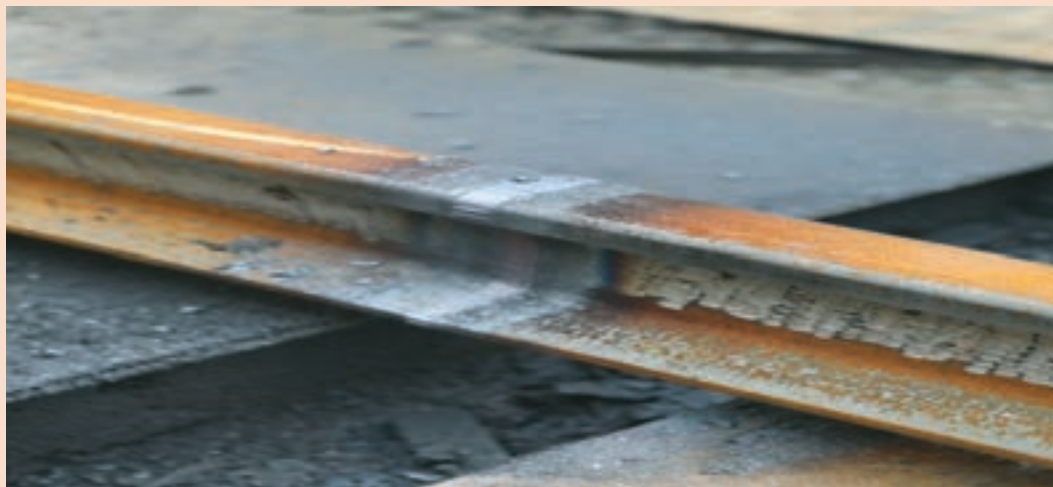
### جدول ۲- سایر افزودنی‌های مخلوط ترمیت

هدف از افزودن	مواد افزوده
همانطور که گفته شد دمای این واکنش $3100^{\circ}\text{C}$ است. از طرفی آلومینیم در دمایی حدود $2480^{\circ}\text{C}$ بخار می‌شود. بنابراین لازم است مواد دیرگداز مثل اکسید آلومینیم برای کاهش دمای واکنش و جلوگیری از تبخیر آن به مخلوط اضافه شود. البته سرباره آلومینیم نیز در دمای $2040^{\circ}\text{C}$ منجمد می‌شود بنابراین دما به هیچ وجه نباید به کمتر از این میزان برسد.	مواد دیرگداز مثل اکسید آلومینیم
	عناصر آلیاژی
	مواد افزایش دهنده سیالیت مذاب
	مواد سرباره

### تاریخچه جوشکاری ترمیت

واکنش‌های ترمیت در سال ۱۹۸۸ در آلمان توسط دکتر هانس گلد اشمیت کشف و توسعه داده شد. سپس در اواخر قرن ۱۹ در آمریکا برای جوشکاری واگن‌های قطار به کار گرفته شد. سپس در سال ۱۹۳۳ از آن برای جوشکاری ریل‌های راه آهن به منظور ایجاد خطوط راه آهن استفاده شد. در این روش مذاب تولید شده در اثر واکنش ترمیت به محل اتصال ریل‌ها منتقل می‌شود و حرارت بسیار زیاد مذاب آهن (بیشتر از  $1900^{\circ}\text{C}$ ) باعث ذوب شدن لبه ریل‌ها و آمیخته شدن آنها می‌شود، از این رو پس از پایان انجماد بین

دو لبه یک اتصال یکنواخت ایجاد می‌شود. شکل ۳ امروزه نیز این فرایند به طور گسترده برای جوشکاری ریل‌های راه آهن به یکدیگر استفاده می‌شود. آیا می‌دانید چرا؟



شکل ۳- ریل راه آهن که توسط جوشکاری ترمیت تعمیر شده است.

### واکنش ترمیت چگونه آغاز می‌شود؟

همان گونه که برای آغاز واکنش گرمای سوختن کبریت نیاز به یک جرقه اولیه است، مخلوط پودر ترمیت نیز برای انجام واکنش نیاز به یک انرژی اولیه دارد. این انرژی می‌تواند توسط پودر یا نوار منیزیم، جرقه الکتریکی یا آتش زدن فتیله فراهم شود شکل ۴ فندک جرقه زن فعال کننده مخلوط پودر ترمیت را نشان می‌دهد.



شکل ۴- فندک جرقه زن فعال کننده مخلوط ترمیت

## انواع مخلوط ترمیت رایج در صنعت

جدول ۳ انواع مخلوط ترمیت مورد استفاده در صنعت را نشان می‌دهد.

جدول ۳- انواع مخلوط ترمیت رایج در صنعت

شامل مخلوط پودرهای اکسید آهن و آلومینیم	ترمیت ساده
شامل ترمیت ساده به علاوه پودر فولاد کم کربن با مقداری منگنز	ترمیت فولاد کم کربن
شامل ترمیت ساده به علاوه مقداری پودر فولاد سیلیسیم‌دار و فولاد کم کربن	ترمیت چدن
شامل ترمیت ساده به علاوه مقداری پودر فولاد کم کربن، منگنز و عناصر آلیاژی دیگر به منظور افزایش سختی فلز جوش	ترمیت برای جوشکاری ریل‌ها



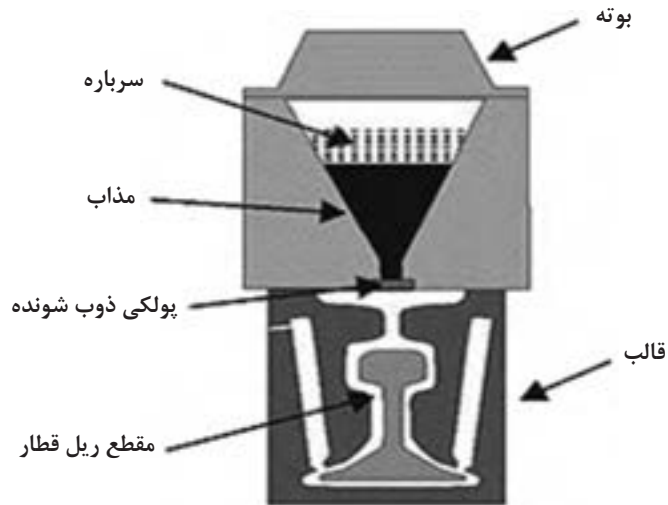
### جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن

همانطور که گفته شد جوشکاری ترمیت به‌طور گسترده در ایجاد خطوط راه آهن پیوسته و تعمیر آن استفاده می‌شود. در اثر عبور قطارهایی با وزن زیاد فشارهای شدیدی به ریل‌های راه آهن وارد شده که می‌تواند باعث ایجاد ترک در ریل‌های راه آهن شود. تعمیر این ترک‌ها از نظر حفظ امنیت مسافران بسیار حائز اهمیت است.



## ابزار آلات و تجهیزات

شکل ۵ تصویر تجهیزات اصلی به کار رفته در جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تجهیزات و ابزار آلات به کار رفته در جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن

**بوته:** نگهدارنده مواد اولیه و فراورده‌های واکنش است و باید از ماده‌ای ساخته شده باشد که در برابر حرارت شدید واکنش و وزن آنها مقاومت داشته باشد (شکل ۶). بوته شامل در پوش، قاب محفظه اصلی و نگهدارنده است.

در مورد مواد مورد استفاده در ساخت محفظه اصلی بوته‌ها و جنس آنها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق



شکل ۶- بوته نگهدارنده مذاب

**قالب:** مجموعه‌ای است شامل سیستم راهگاهی و تغذیه که در اطراف ناحیه اتصال قرار می‌گیرد و فلز مذاب به داخل آن هدایت می‌شود تا وارد ناحیه اتصال شده و ضمن انجماد در آن ناحیه، اتصال را برقرار کند (شکل ۷). قالب شامل یک بخش دو تکه، گیره که آنرا در محل قرارگیری محکم می‌کند شکل ۷، یک بریکت که در مرکز آن قرار می‌گیرد و سینی سرباره شکل ۸ می‌باشد.



شکل ۷- قالب جوشکاری ترمیت و قرارگیری آن در اطراف ناحیه اتصال



شکل ۸- سینی و آجر نسوز قالب جوشکاری

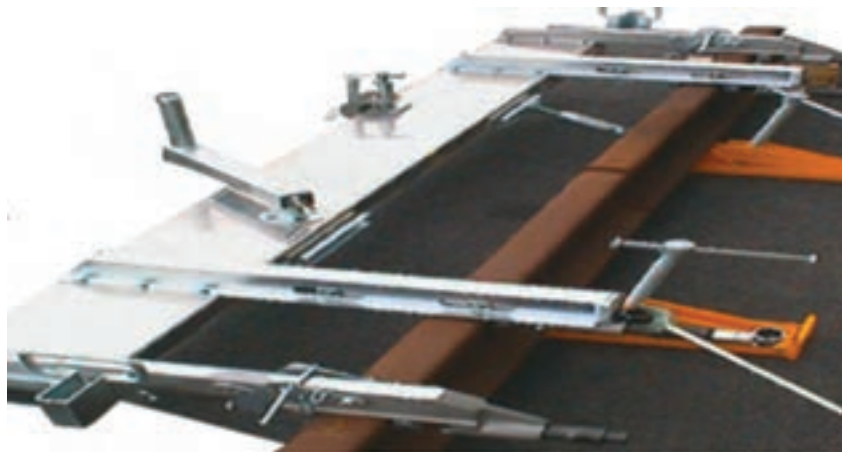
**پولکی ذوب شونده:** به منظور نگهداری مخلوط پودرها در داخل بوتله قبل از انجام واکنش در انتهای آن قرار می‌گیرد و در طول واکنش ذوب می‌شود.  
**مخلوط پودر ترمیت:** مخلوط پودر اکسید آهن و آلومینیوم و سایر افزودنی‌ها که داخل بوتله ریخته می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۹- مخلوط پودر ترمیت جوشکاری راه آهن

**فعال کننده ترمیت:** پودر، نوار یا استوانه‌ای است که به منظور فراهم کردن انرژی فعال‌سازی مخلوط ترمیت استفاده می‌شود. این پودر به راحتی مشتعل می‌شود و تا دمای ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

**ابزار تراز ریل:** برای تراز کردن ریل‌ها در محل مناسب جهت انجام جوشکاری ابزار مختلفی بر اساس نوع ریل و امکانات وجود دارد که شامل صفحه تراز، تراز A شکل و تراز می‌شود (شکل ۱۰).



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱۰- ابزار تراز ریل (الف) صفحه تراز، (ب) تراز A شکل و (ج) تراز

**تجهیزات پیش گرما:** از این تجهیزات برای پیش گرمایش ریل‌ها قبل از انجام جوشکاری استفاده می‌شود. که بر روی ریل در فاصله مناسب قرار می‌گیرد. این تجهیزات در واقع تورچ اکسی گاز است (شکل ۱۱).



(ب)



(الف)

شکل ۱۱- تجهیزات پیش گرمایی در جوشکاری ریل راه آهن، (الف) باسوخت پروپان و (ب) با گازوئیل

**ماشین برش ریل:** ماشین هیدرولیک برش به منظور برش اضافه فلز جوش باقیمانده بر روی ریل بعد از جوشکاری ترمیت استفاده می‌شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- ماشین هیدرولیک برش گرده اضافه جوش

**ماشین سنگ زنی پروفیل:** از این وسیله برای سنگ زنی ریل بعد از عملیات جوشکاری ترمیت استفاده می‌شود که بر روی ریل سوار شده و عملیات را با تنظیمات اپراتور انجام می‌دهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- ماشین اتوماتیک سنگ زنی گرده اضافی جوش

### مراحل جوشکاری ترمیت:

تصاویر شکل ۱۴ نشان‌دهنده مراحل جوشکاری ترمیت در خطوط راه آهن است.



(پ)



(ب)



(الف)



(ج)



(ث)



(ت)



(خ)



(ح)



(چ)

شکل ۱۴- مراحل جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن

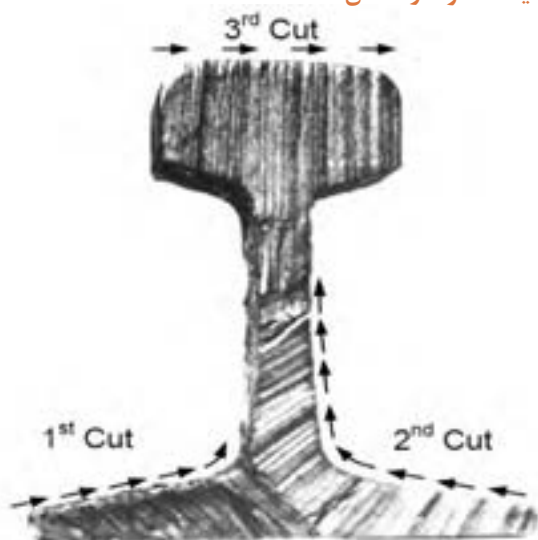
### ۱ آماده‌سازی اتصال

**برشکاری:** سطح اتصال باید از هرگونه روغن، گریس، زنگ‌زدگی، آلودگی و ... پاک شود و قبل از انجام برشکاری ریل را تا دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد پیش‌گرم می‌کنند.

به‌منظور مشخص کردن نواحی معیوب روی ریل‌ها، با توجه به مقاطع ریل‌ها از گیج‌های مختلف استفاده می‌شود.

برشکاری ریل توسط شعله اکسی‌گاز و در سه مرحله مطابق شکل ۱۵ انجام می‌شود.

سطح ایده‌آل برشکاری سطحی صاف بدون وجود فرورفتگی و برآمدگی با لبه‌های صاف می‌باشد.



شکل ۱۵- نمایی از مقطع ریل به همراه ترتیب اجرای برش

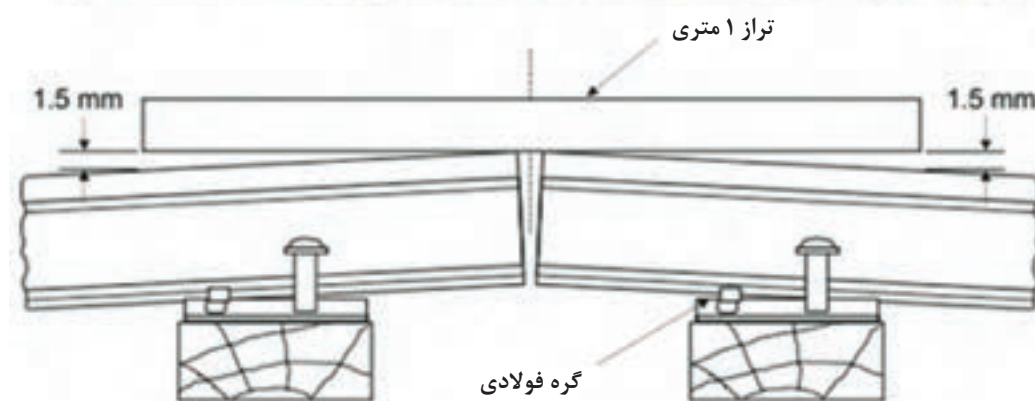
این مرحله در صورتی که هدف تعمیر ریل باشد اجرا می‌شود.



پس از انجام برشکاری باید از زدوده شدن کامل عیب یقین حاصل شود و اگر چنانچه عیب همچنان وجود داشته باشد باید عملیات تکرار شود.

### هم‌راستا کردن سطوح اتصال:

**۱- هم‌راستا کردن سطح فوقانی ریل‌ها:** با باز کردن پیچ‌های محکم‌کننده (در صورت تعمیر) ریل و قرار دادن تکیه‌گاه مناسب در زیر ریل سطح ریل‌ها را با هم طوری هم‌راستا می‌کنند که با قرار دادن تراز به طول یک متر در مرکز اتصال در قسمت فوقانی ریل‌ها در هر سمت به فاصله  $1/5$  میلی‌متر بالاتر از ریل قرار گیرد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- کنترل هم‌راستایی سطح فوقانی ریل با استفاده از تراز بلند

**۲- هم‌راستا کردن سطوح جانبی اتصال:** با قرار دادن تراز به طول یک متر در کنار ریل از مماس بودن کامل آن در تمام طول اتصال یقین حاصل می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- کنترل هم‌راستایی سطح جانبی ریل با استفاده از تراز بلند

**۳- هم‌راستا کردن در قسمت تحتانی اتصال:** بیشترین میزان عدم هم‌راستایی که در قسمت تحتانی قابل پذیرش است ۵ میلی‌متر در امتداد عمودی می‌باشد و در امتداد جانبی نباید عدم هم‌راستایی داشته باشیم. با باز کردن پیچ‌های ریل و قرار دادن تکیه‌گاه و ضربات چکش هم‌راستایی قابل قبول را در پایه ریل ایجاد می‌کنیم.

پس از تنظیم اتصال از عدم حرکت آن در اثر راه رفتن روی ریل یا کارکرد سایر جوشکاران یقین حاصل کنید.

نکته



## ۲ جوشکاری

پس از آماده‌سازی سطح اتصال فرایند جوشکاری به شرح زیر انجام می‌شود:  
**قرار دادن قالب در اطراف اتصال:** پس از کسب اطمینان از انتخاب قالب مناسب با طرح اتصال و بررسی سالم بودن آن از نظر وجود ترک و آسیب، قالب را به آرامی با حرکت متناوب به طرفین در مرکز ناحیه اتصال قرار داده و سپس هرگونه گرد و غبار را از قالب و ناحیه اتصال زدوده و توسط گیره قالب در محل اتصال محکم می‌شود (شکل ۱۸).





شکل ۱۸- نصب قالب اطراف ناحیه اتصال

قالب توسط اعمال گل مخصوص در محل آن درز بندی می شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- آب بندی قالب با استفاده از گل مخصوص

سینی‌های سرباره گیر را به قالب اضافه می‌کنیم و ماسه خشک در آن می‌ریزیم. (شکل ۲۰)



شکل ۲۰- نصب سینی‌های سرباره گیر

**پیش گرمایش:** مجموعه قالب و ریل توسط تجهیزات پیش گرمایشی در فاصله مناسب از سطح ریل قرار گرفته و به مدت ۳ الی ۵ دقیقه پیش گرم می‌شوند. پس از اتمام پیش گرم، آجر نسوز در محل مناسب قرار می‌گیرد (شکل ۲۱).

به نظر شما دلیل پیش گرم قالب و ناحیه اتصال چیست؟

تمرین



**قرار دادن بوته بالای ناحیه اتصال:** سپس بوته جوشکاری را پس از بررسی سالم بودن در بالای قالب قرار داده و دیسک ذوب شونده را در انتهای آن قرار می‌دهیم (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- استقرار دیسک ذوب شونده در انتهای بوته

مخلوط پودر و فعال کننده را درون آن قرار می‌دهیم و درب بوته را می‌گذاریم (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- شارژ بوته و استقرار فعال کننده بر روی آن

واکنش را با کمک آتش، جرقه و نظایر آن فعال کرده و صبر می‌کنیم تا انتها پیش برود شکل ۲۴. هنگامی که مذاب شروع به جاری شدن درون قالب کرد، زمان سنج را فعال کرده تا بتوانیم زمان باز کردن قالب و بریدن مقادیر اضافی فلز را به دست بیاریم. زمان مناسب برای باز کردن قالب و بریدن مقادیر اضافی بسته به فرایند و نوع ریل بین ۴ تا ۶ دقیقه است.



شکل ۲۴- نمایی از انجام واکنش ترمیت

مذاب از طریق قالب وارد ناحیه اتصال می‌شود و درز اتصال را به طور کامل پر می‌کند و سرباره آن از قالب سرریز شده و درسینی سرباره می‌ریزد.

### ۳ عملیات تکمیلی و بازرسی نهایی

۳ دقیقه بعد از ریختن مذاب سینی سرباره را جدا می‌کنیم (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- جداسازی سینی سرباره گیر

پس از ۳۰ ثانیه، گیره و حفاظ قالب را باز می‌کنیم (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- باز کردن گیره و حفاظ قالب

سپس قسمت بالایی قالب را می‌شکنیم (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- شکستن قسمت فوقانی قالب

پس از انجماد مذاب سایر قسمت‌های قالب و گل مخصوص را جدا می‌کنیم، سپس با استفاده از ماشین برش ریل، فلز اضافی را از جوش جدا می‌کنیم (شکل ۲۸).

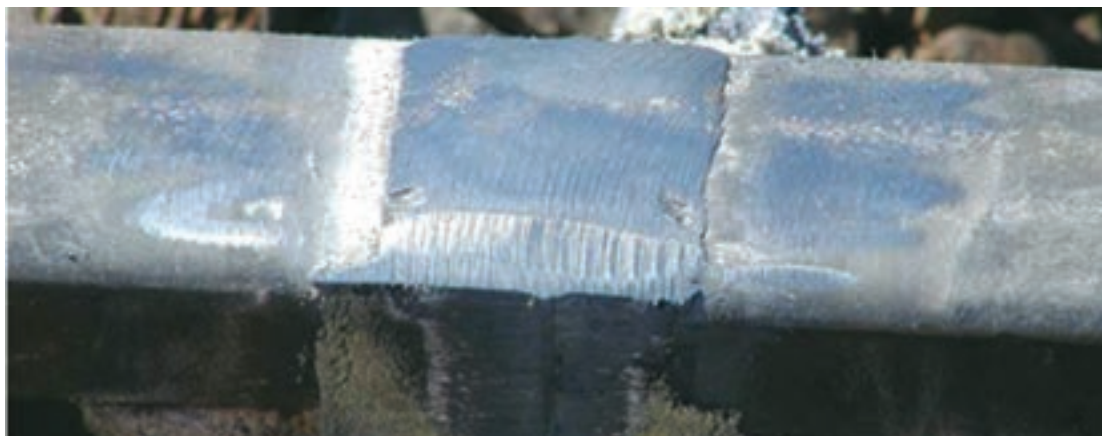


شکل ۲۸- برش گرده اضافی جوش

۳۰۰ میلی‌متر اطراف ناحیه اتصال را با دستگاه سنگ زن ریل سنگ می‌زنیم (شکل ۲۸) تا به شکل پروفیل ریل در بیاید (شکل ۲۹) و با استفاده از تراز بلند هم‌راستایی آن را چک می‌کنیم به نحوی که تمام ناحیه اتصال مماس بر تراز باشد.



شکل ۲۹- سنگ زنی و پرداخت کاری سطح گرده



شکل ۳۰- نمایی از سطح جوش

در نهایت بازرسی چشمی انجام می‌شود تا هیچ گونه تخلخل، جریان نامناسب مذاب سرباره و ترک وجود نداشته باشد.

شباهت‌های جوشکاری ترمیت با ریخته‌گری را بیان کنید؟

تمرین



جدول ۴ عیوب رایج جوشکاری ترمیت را نشان می‌دهد.

جدول ۴

	<p>انقباض حین انجماد</p>
	<p>مک و تخلخل</p>
	<p>کمبود مذاب (سرد جوش)</p>





تلاطم مذاب حین ریختن آن در قالب

بگویند این عیوب در چه شرایطی ایجاد می‌شوند و برای جلوگیری از ایجاد آنها چه راهکارهایی وجود دارد؟

تمرین



### جوشکاری احتراقی

کاربرد دیگر این روش ایجاد اتصالات الکتریکی مثل سیم‌های اتصال به زمین در ساختمان‌ها است.

جوشکاری سیم‌های مسی به این روش با نام Cadweld نیز متداول می‌باشد.

نکته



شکل ۳۰ تجهیزات مورد استفاده در کدولد را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰- تجهیزات جوشکاری احتراقی

با توجه به بخش جوشکاری ریل‌های راه آهن جدول ۵ را برای کدولد پر کنید.

تمرین



تصویر	کاربرد و توضیحات	نام تجهیزات
		

شکل ۳۱ مراحل انجام کدولد را نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)



(ت)



(پ)



(ج)



(ث)



(ح)



(چ)

شکل ۳۱- مراحل کدولد



با توجه به تصاویر فوق مراحل انجام جوشکاری کدولد را در جدول زیر تشریح کنید.

مرحله	توضیحات	تصاویر مربوطه
آماده سازی		
جوشکاری		
عملیات تکمیلی		

### سایر کاربردهای جوشکاری ترمیت

- ۱ جوشکاری سر به سر لوله ها
- ۲ جوشکاری شفت جرثقیل های آسیب دیده بزرگ
- ۳ تعمیر قاب شکسته ماشین آلات
- ۴ متصل کردن محصولات ریخته گری بزرگ که امکان تولید یکپارچه آنها وجود ندارد.
- ۵ تعمیر چرخ دنده های بزرگ
- ۶ تعمیر ناخن شکسته بیل های مکانیکی



با مقایسه این روش با جوشکاری قوسی، دستی مزایا و محدودیت های آن را بیان کنید؟

### ایمنی در جوشکاری ترمیت

از آنجایی که این واکنش با تولید حرارت بسیار زیادی همراه است توجه به نکات ایمنی ذیل بسیار ضروری می باشد:

الف) مواد و ابزار باید در جای خشک به دور از رطوبت نگهداری شوند و قبل از انجام فرایند خشک شوند.

در مورد دلیل خشک بودن مواد و ابزار در این فرایند بحث کنید.

کار در کلاس



ب) محل انجام جوشکاری باید عاری از مواد قابل اشتعال باشد.  
پ) استفاده از تجهیزات ایمنی فردی شامل کفش، دستکش، عینک یا ماسک جوشکاری و لباس کار ضروری است.

### جوشکاری کدولد اتصال سه راه سیم

کار  
کارگاهی



نکته ایمنی



- ۱ از دستکش و لوازم ایمنی فردی استفاده کنید.
- ۲ از ماسک ساده تنفسی استفاده کنید.
- ۳ هرگز از تجهیزات خورده شده و آسیب دیده استفاده نکنید.
- ۴ از مخلوط پودرهایی که بسته بندی آنها باز است یا آسیب دیده اند استفاده نکنید.
- ۵ محیط اطراف محل انجام فعالیت را از مواد قابل اشتعال تخلیه کنید.
- ۶ از مخلوط پودرهای جوشکاری و سایر تجهیزات به هیچ وجه استفاده دیگری نکنید.
- ۷ از عدم وجود رطوبت و آلودگی در مواد و تجهیزات اطمینان حاصل کنید.

#### نقشه کار



#### ابزار و تجهیزات



## دستور کار

اتصال سه‌راهی را مطابق نقشه انجام دهید.

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	قالب گرافیتی، گیره کلمپی، فندک، برس تمیز کننده
مواد اولیه	سه عدد سیم مسی ارت به ضخامت ۳۵mm و طول ۱۰۰ mm
مواد مصرفی	بسته پودر جوشکاری، دیسک

## شرح فعالیت

- ۱ دستگیره قالب را در محل آن مونتاژ کنید و از محکم شدن آن با باز و بسته کردن قالب اطمینان حاصل کنید. در صورت بروز خطا دستگیره را مجدد ببندید.
- ۲ قالب را به وسیله شعله با دمای  $120^{\circ}C$  خشک کنید.
- ۳ سیم‌های ارت را نیز با همین شعله خشک کنید و با برس سیمی تمیز کنید.
- ۴ سیم‌ها را در محل مناسب در داخل قالب قرار دهید و قالب را ببندید. از صحیح قرار گرفتن سیم‌ها در قالب اطمینان حاصل کنید.
- ۵ دیسک نگهدارنده را روی روزنه قالب در کف آن قرار دهید.
- ۶ بسته مخلوط پودرها را در محفظه قالب بریزید و درب آن را ببندید.
- ۷ چاشنی را طوری که نیمی از آن داخل قالب و نیمی بیرون قالب باشد در قالب قرار دهید.
- ۸ چاشنی را روشن کنید و از قالب فاصله بگیرید.
- ۹ پس از ۱ دقیقه با تمام شدن فرایند قالب را باز کنید و با احتیاط مجموعه را خارج کنید.
- ۱۰ قالب را با برس نرم تمیز کنید.
- ۱۱ اتصال ایجاد شده را بازرسی چشمی کنید و بگویید آیا عیوب ذکر شده در آن وجود دارد؟
- ۱۲ در پایان کار محیط اطراف را نظافت کرده، مواد دور ریز را جمع‌آوری کنید و ابزارها را تحویل انبار دهید.

## ارزشیابی نهایی واحد یادگیری جوشکاری ترمیت (Thermite)

<p><b>شرح کار:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- آماده‌سازی قطعه کار</li> <li>- اجرای جوشکاری</li> <li>- کنترل نهایی</li> </ul>
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> با استفاده از دستورالعمل‌ها (اتصال بین دو قطعه فلزی با روش جوشکاری ترمیت) و تجهیزات مربوطه اتصالی سالم بین دو سطح مقطع ضخیم ایجاد نماید.</p> <p><b>شاخص‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تمیزی محل اتصال برابر دستورالعمل</li> <li>- آب‌بندی ظاهری قالب برابر دستورالعمل</li> <li>- کنترل دمای پیش گرم با ترمومتر برابر دستورالعمل</li> <li>- کنترل ریزش مناسب و سیالیت مذاب به صورت چشمی با ماسک</li> <li>- کنترل تمیزی محل اتصال</li> </ul>
<p><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p><b>شرایط:</b> اندازه‌گیری نسبت قالب، فندک، تورچ و کپسول پیش گرم، سنگ زمان: ۱ ساعت مکان: فضای آزاد</p> <p><b>ابزار و تجهیزات:</b> بوت، قالب، ماسه سوز، تورچ و کپسول پیش گرم، گیره بستن قالب، پودر آلومینیوم و اکسید آهن، سنگ</p>

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی	۱	
۲	جوشکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
<p><b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b></p>			
میانگین نمرات			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.