# پودمان ۴

## زرد جوش

## جلسه اول

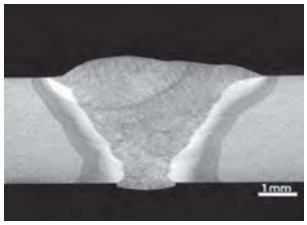
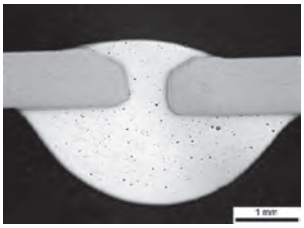
برای شروع فصل پیشنهاد می‌شود ابتدا هنرجویان با مفاهیم اولیه Brazing، Soldering و Braze Welding به‌طور کامل آشنا شوند و بتوانند در انتخاب هر کدام از این روش‌ها با توجه به‌نوع، جنس و ضخامت قطعه کار مهارت پیدا کنند.
عمده‌ترین تفاوت بین این فرایندها دمای فرایند می‌باشد که در جدول داخل کتاب آورده شده است.
پس از آشنایی با فرایندها پیشنهاد می‌شود دلایل و مزایای استفاده از Braze Weld شرح داده شود.
استاندارد AWS ده دلیل برای استفاده از Braze Weld ارائه داده که به‌طور خلاصه در زیر به آن اشاره شده است و هنرآموزان محترم برای توضیحات کامل می‌توانند به سایت AWS مراجعه فرمایند.

۱ مواد مذاب به طور کامل با فلز پایه پیوند داده می‌شود.
۲ زردجوش یک فرایند دما بالاست.
۳ اتصالات ایجاد شده می‌تواند استحکام کاری مشابه فلز پایه داشته باشد.
۴ این روش برای مونتاژ قطعات پیچیده مقرون به صرفه می‌باشد.
۵ سطح بزرگتری می‌تواند مورد اتصال قرار گیرد.
۶ توزیع تنش و حرارت مناسب می‌باشد.
۷ روش بسیار مناسبی برای اتصال فلزات غیر هم‌جنس می‌باشد.
۸ روش مناسبی برای اتصال فلزات به سرامیک می‌باشد.
۹ روش مناسبی برای اتصال فلزات نازک به ضخیم می‌باشد.
۱۰ نگه داشتن تلرانس ابعادی دقیق‌تر پس از فرایند.

در مورد منابع تولید گرما مطابق مطالب ارائه شده در کتاب توضیح داده شود، لازم به توضیح است منظور از CABW در کتاب، Carbon Arc Braze Welding می‌باشد.

بحث کلاسی

**در شکل زیر چه تفاوت هایی بین اتصال جوشکاری و زرد جوش مشاهده می‌کنید؟ (سه مورد بنویسید)**

| | اتصال جوشکاری | اتصال زرد جوش |
|---|---|---|
| شکل |  |  |
| تفاوت | ۱ـ ضخامت قطعه جوشکاری‌شده بیشتر است.<br>۲ـ در قطعه جوشکاری‌شده ذوب کامل انجام شده است.<br>۳ـ در اتصال زرد جوش، اتصال‌دهی در یک مرحله انجام شده است. | |

در مورد خاصیت ترشوندگی در سایر فصل‌ها به‌طور مفصل توضیح داده شده است و ذکر اهمیت آن در زرد جوش می‌تواند کافی باشد.

اصول فرایند زرد جوش

در این بخش پیشنهاد می‌شود به اصول فرایند زرد جوش ذکر شده در کتاب اشاره شود تا در ادامه بتوانیم به کار عملی بپردازیم.

## اصول فرایند زرد جوش

در این بخش پیشنهاد می‌شود به اصول فرایند زرد جوش ذکر شده در کتاب اشاره شود تا در ادامه بتوانیم به کار عملی بپردازیم.

فعالیت کارگاهی ۱

**به‌طور کلی می‌بایست ابتدا در مورد علم یک موضوع آموزش داده شود و سپس در مورد کار کارگاهی و عملی صحبت شود، ولی با توجه به اینکه هنرجویان در فصل‌های گذشته این کتاب با اصول فرایند جوشکاری گاز و مواد و تجهیزات این فرایند آشنا شده‌اند و همچنین در سال گذشته نیز فرایند لحیم‌کاری را آموخته‌اند، پیشنهاد می‌شود از اولین جلسه، کارهای کارگاهی نیز همزمان با تئوری‌ها آموزش داده شود. البته هنرآموزان محترم می‌توانند با توجه به شرایط و به صلاحدید ابتدا بحث‌های تئوری را تکمیل نموده سپس کارهای کارگاهی را آموزش دهند.**

## ایجاد خال‌جوش توسط زرد جوش

در اولین جلسه کارگاه زردجوش پیشنهاد می‌شود به‌طور ویژه به اهمیت تمیزکاری در این فرایند توجه شود و این نکته عنوان شود که علاوه بر اینکه در سایر فرایندها وجود آلودگی، چربی و اکسیدهای سطحی مضر می‌باشد و باعث بروز عیب در جوش می‌شود، در این روش ممکن است از ایجاد اتصال جلوگیری شود، در نتیجه باید اهمیت ویژه‌ای در این روش برای تمیزکاری قائل شد.

پس از تمیزکاری به این نکته توجه شود که گرما به‌صورتی به قطعه وارد شود که قطعه و فیلر همزمان به‌دمای ذوب برسد.

برای اینکه فرایند زردجوش انجام بگیرد، باید عملیات موبینگی رخ دهد. موبینگی هنگامی عملی می‌شود که قطعات مورد اتصال تمیز شده باشند.

تمیزکاری فلزات قبل از زردجوش ممکن است به‌وسیله مواد شیمیایی و یا روش مکانیکی انجام شود. با استفاده از یک حلال صحیح آلودگی‌های روغنی و چربی باید پاک شوند، چنانچه در تمیز کردن سطوح روغنی از روش مکانیکی استفاده شود، موجب انتقال روغن به‌عمق قطعه می‌شود.

برای تمیز کردن چربی و روغن از یک حلال شیمیایی استفاده می‌شود. مواد شیمیایی مورد استفاده برای تمیزکاری فلزات مختلف اغلب یکسان می‌باشد.

تمیزکاری به‌روش مکانیکی توسط سنگ سمباده، شن پاشی، سمباده یا برس سیمی انجام می‌شود. عملیات مکانیکی باید با آبکشی و خشک کردن همراه باشد تا ذرات حاصل از تمیز کردن مکانیکی را از بین ببرد.

# جلسه دوم

در این جلسه پیشنهاد می‌شود در مورد مواد و تجهیزات فرایند زرد جوش توضیح داده شود.
به‌طور معمول تجهیزات مورد استفاده در زرد جوش و جوشکاری اکسی گاز مشابه هم می‌باشد که در بخش جوشکاری اکسی گاز به طور کامل توضیح داده شده است.

## مواد مصرفی

اکثر مواد مصرفی مورد استفاده در زرد جوش مانند گاز های سوختنی و اکسیژن، مشابه جوشکاری اکسی گاز می‌باشد.
در این بخش ذکر این نکته لازم می‌باشد که فیلرها و فلاکس‌های مورد استفاده در فرایند زرد جوش مخصوص این فرایند می‌باشد و باید در انتخاب آن به نکات توضیح داده شده در کتاب توجه شود.

بحث کلاسی

**وظایف روان‌سازها را در جدول زیر کامل کنید:**

| ردیف | فلاکس‌های مورد استفاده در فرایند زرد جوش چه وظایفی دارند؟ |
|---|---|
| ۱ | فلاکس‌ها باعث بهبود روان‌سازی و سیلان فلز پرکننده در حین جوشکاری می‌شوند. |
| ۲ | ؟ |
| ۳ | ؟ |
| ۴ | ؟ |

## اهمیت تمیزکاری پس از زرد جوش

درصورت عدم تمیزکاری امکان مشاهده عیوب به‌دلیل وجود فلاکس نمی باشد.
فلاکس می‌تواند مانند یک باند عمل کرده و درز اتصال را پرکند و باعث عدم ایجاد اتصال شود.
وجود فلاکس روی سطح می‌تواند در دمای سرویس باعث خوردگی حفره‌دار شدن شود.
وجود فلاکس می‌تواند باعث جذب رطوبت و در نهایت خوردگی شود.
وجود فلاکس می‌تواند باعث عدم چسبندگی مناسب رنگ شود.

فعالیت
کارگاهی ۲

**ایجاد زردجوش بر روی پلیت به‌صورت لب روی هم**

**همان‌طور که در کار کارگاهی جلسه اول توضیح داده شد می‌توان با کمک گرفتن از آموخته‌های درس اکسی گاز، تمرین لب روی هم را انجام داد.**

**در این مرحله با توجه به نوع، جنس و ضخامت قطعه کار هنرجو باید بتواند فیلر متال مناسب را انتخاب کند.**

## جلسه سوم

## مراحل کاری زرد جوش

### انتخاب فلز پرکننده

برخی از پارامترهایی که در هنگام انتخاب سیم جوش باید موردنظر قرار گیرند به قرار زیر است:

۱ درجه حرارت زردجوش و سرویس مورد انتظار

۲ مطابقت با فلز پایه

۳ روش حرارت دادن آن

**فهرست تعدادی از فلزات قابل زرد جوش و ترکیبات فلزات پیشنهادی**

| | آلومینیوم و آلیاژهای آن | منگنز و آلیاژهای آن | مس و آلیاژهای آن | فولاد کم‌کربن فولاد کم‌آلیاژ | چدن | فولاد زنگ‌نزن | نیکل و آلیاژهای آن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آلومینیوم و آلیاژهای آن | BAISI | | | | | | |
| منگنز و آلیاژهای آن | X | BMg | | | | | |
| مس و آلیاژهای آن | X | X | BAg. BAu BCUP RBCuZn | | | | |
| فولاد کم کربن فولاد کم‌آلیاژ | BAISI | X | BAg.BAu RBCuZn | BAg.BAu BCu RBCuZn BNi | | | |
| چدن | X | X | BAg.BAu RBCuZn | BAg RBCuZn | BAg RBCuZn BNi | | |
| فولاد زنگ نزن | BAISI | X | BAg.BAu | BAg.BAu BCu.BNi | BAg.BAu BCu.BNi | BAg.BAu BCu.BNi | |
| نیکل و آلیاژهای آن | X | X | BAg.BAu RBCu.Zn | BAgBAu BCu ABCuZn BNi | BAg.BCu ABCuZn | BAg.BAu BCu.BNi | BAg.BAu BCu.BNi |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیتانیم و آلیاژهای آن | BAISI | X | BAg | BAg | BAg | BAg | |
| برلیم و زیرکوئیم و آلیاژهای آن | X BAISIBe | X | BAg | BAg.BNi | BAg.BNi | BAg.BNi | BAg.BNi |
| تنگستن، مولیبدن، نیتریم و آلیاژهای آن | X | X | BAg | BAg.BCu BNi | BAg.BCu BNi | BAg.BCu BNi | BAg.BCu BNi |
| فولاد ابزار | X | X | BAgBAu RBCuZn BNi | BAg.BCu BNi | BAg.BAu BCuBNi | BAg.BAu BCuBNi | BAg.BNi BCu RBCuZn |

مس و فسفر BCuP  پایه مس BCu
مس و روی BCuZn  پایه طلا BAu
پایه منیزیم BMg  پایه نقره BAg
پایه نیکل BNi  آلومینیم سیلیکون BAISi

**جدول چگونگی تاثیر قطر سیم جوش در استحکام درز اتصال در بریز نقره**

| استحکام اتصال لب‌به لب لحیم سخت نقره | | | |
|---|---|---|---|
| مقاومت کششی | | قطر سیم جوش‌ها | |
| Megapascals | (Psi) | Millimeters | inches |
| ۹۱۷ | ۱۳۳/۰۰۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۰۲ |
| ۷۹۳ | ۱۱۵/۰۰۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰۳ |
| ۶۲۱ | ۹۰/۰۰۰ | ۰/۱۵ | ۰/۰۰۶ |
| ۵۷۲ | ۸۳/۰۰۰ | ۰/۲۳ | ۰/۰۰۹ |
| ۵۲۴ | ۷۶/۰۰۰ | ۰/۳۰ | ۰/۰۱۲ |
| ۴۸۳ | ۷۰/۰۰۰ | ۰/۳۸ | ۰/۰۱۵ app ۱/۶۴ |

## فیلرهای مورد استفاده در زرد جوش

سیم جوش های پایه مس و مس و روی بر اساس استاندارد AWS-A۵,۸-۸۱

| طبقه‌بندی براساس انجمن جوشکاری آمریکا | ۳۰/درصد اسمی ترکیبات شیمیایی | | | | | | | | | | | درجه حرارت | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu | Zn | Sn | Fe | Mn | Ni | P | Pb | Al | Si | others (max) | ذوب | | جاری شدن | |
| BCu۱ | ۹۹/۹ min | | | | | | ۰/۰۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | | ۰/۱۰ | ۱۹۸۰ | ۱۰۸۲ | ۱۹۸۰ | ۱۰۸۲ |
| Bo۱۲ | ۹۹/۰ min | | | | | | | | | | ۰/۳۰ | ۱۹۸۰ | ۱۰۸۲ | ۱۹۸۰ | ۱۰۸۲ |
| BCu۲ | ۸۶/۵ min | | | | | | | | | | ۰/۵۰ | ۱۹۸۰ | ۱۰۸۲ | ۱۹۸۰ | ۱۰۸۲ |
| RBCuZnA | ۵۹/۰ | ۳۸/۸ | ۰/۶۳ | | | | | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | | ۰/۵۰ | ۱۶۳۰ | ۸۸۸ | ۱۶۵۰ | ۸۹۹ |
| RBCuZnC | ۵۸/۰ | ۳۹/۴ | ۰/۹۵ | ۰/۷۲ | ۰/۲۶ | | | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۱۰ | ۰/۵۰ | ۱۵۹۰ | ۸۶۶ | ۱۶۳۰ | ۸۸۸ |
| RBCuZnD | ۴۸/۰ | ۴۱/۰ | | | | ۱۰/۰ | ۰/۲۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۱۵ | ۰/۵۰ | ۱۶۹۰ | ۹۲۱ | ۱۷۱۵ | ۹۳۵ |
| B - brazing AB -welding or brazing rod | | | | | | | | | | | | | | | |

بر اساس AWS شش گروه سیم‌جوش برنج برای مس و یا مس و روی طبقه‌بندی شده است.

مقاومت کششی سیم جوش برنج (مس+روی) بین ۴۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ psi (۴۱۴-۲۷۶ Mpa) است.

باید به خاطر داشت که معمولاً قطعات غیر همجنس توسط زردجوش مورد اتصال قرار می‌گیرد.

هر جا که دو فلز غیر همجنس در تماس باشند، در شرایط خاص، جریان الکتریکی کمی ایجاد می‌شود که این عمل موجب ایجاد خوردگی گالوانیک می‌شود. سیم جوش برنج ممکن است مقاومت کمتری به حلال‌های شیمیایی نسبت به فلز مبنا داشته باشد. این عمل مقاومت خوردگی را کم می‌کند بنابراین مقاومت گالوانیکی می‌بایستی در طراحی مورد توجه قرار گیرد.

## فیلر متال‌های مورد استفاده در بریزینگ فولادهای زنگ نزن

### stainless steels

| DENOMINATION | classification | | | chemical composition | | | | | | | | | | form | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EN 14343 | AWS AMS | WERKSTOFF N° | C | Mn | Si | Cr | Ni | Mo | Nb | Cu | N2 | V | MIG | TIG | MICRO LASER |
| 307 Si | 18 8 Mn | ER 307 | 1.4370 | 0.09 | 7 | ≤1.0 | 19 | 9 | | | | | | ● | ● | ● |
| 308 L* | 19 9 L | ER 308 L | 1.4316 | ≤0.03 | 1.75 | ≤0.6 | 20 | 10 | | | | | | ● | ● | ● |
| 309 L* | 23 12 L | ER 309 L | 1.4332 | ≤0.03 | 1.75 | ≤0.6 | 24 | 13 | | | | | | ● | ● | ● |
| 310 | 25 20 | ER 310 | 1.4842 | 0.095 | 1.75 | ≤0.6 | 26 | 20 | | | | | | ● | ● | ● |
| 312 | 29 9 | ER 312 | 1.4337 | 0.12 | 1.75 | ≤0.6 | 30 | 9.5 | | | | | | ● | ● | ● |
| 316 L* | 19 12 3 L | ER 316 L | 1.4430 | ≤0.03 | 1.75 | ≤0.6 | 19 | 13.5 | 2.5 | | | | | ● | ● | ● |
| 318* | 19 12 3 Nb | ER 318 | 1.4576 | ≤0.08 | 1.75 | ≤0.6 | 18 | 12 | 2.5 | 8xC/1 | | | | ● | ● | ● |
| 321 | Z 19 9 Ti | ER 321 | | <0.08 | 1.75 | 0.48 | 19.5 | 9.75 | 0.75 | | 0.75 | <0.04 | Ti 9xC/1.0 | ● | ● | ● |
| 347* | 19 9 Nb | ER 347 AMS 5680 | 1.4551 | ≤0.06 | 1.75 | ≤0.6 | 20 | 10 | | 10xC/1 | | | | ● | ● | ● |
| 385 | 20 25 5 Cu L | ER 385 | 1.4539 | ≤0.015 | 1.25 | ≤1.0 | 20 | 25 | 4.5 | | 1.5 | 0.15 | | ● | ● | ● |
| 2209 | 22 9 3 NL | ER 2209 | 1.4462 | ≤0.02 | 1.3 | 0.5 | 24 | 8 | 3 | | | 0.13 | | ● | ● | ● |
| 410 | 13 | ER 410 AMS 5776 | 1.4009 | ≤0.10 | 0.55 | ≤0.6 | 13 | | | | | | | ● | ● | ● |
| 410 NiMo | | ER 410 NiMo | | 0.02 | 0.5 | 0.45 | 12.3 | 4.2 | 0.5 | | 0.08 | | | ● | ● | ● |
| 430 | 17 | ER 430 | 1.4015 | ≤0.10 | ≤1.00 | ≤0.75 | 17 | | | | | | | ● | ● | ● |
| 52 N | | | | ≤0.030 | 1 | 0.5 | 25 | 9 | 3 | | 1.7 | 0.20 | | ● | ● | ● |
| 17-4 Mo | Z 16 5 1 | | | 0.04 | 0.7 | 0.25 | 16 | 5 | 1 | | | | | ● | ● | ● |
| 17-4 CU | Z 17 4 Cu | ER 630 AMS 5825 | | ≤0.05 | 0.5 | 0.5 | 16 | 5 | | 0.2 | 3.5 | | | ● | ● | ● |
| Z 12 CNDV 12 | | | | 0.12 | 0.7 | 0.5 | 12 | 3 | 1.5 | | | | 0.3 | ● | ● | ● |
| 16.8.2 | 16 8 2 | ER 16.8.2 | | ≤0.10 | 1.75 | 0.5 | 16 | 8 | 2 | | | | | ● | ● | ● |
| FINOX N 155 | | AMS 5794 | | 0.10 | 1.5 | ≤1 | 21 | 20 | 3 | 1 | Co 19.5 | 0.15 | w 2.5 | ● | ● | ● |
| Z 6 NTC 25 | | AMS 5804 | | 0.03 | 0.15 | 0.25 | 14 | 25 | 1.2 | | | Ti 2.25 | 0.28 | ● | ● | ● |

* Higher Si content for MIG welding.
**AUBERT & DUVAL steels.

## فیلر متال‌های مورد استفاده در بریزینگ نقره و کاربرد آنها

### aluminium brazing

| denomination | fusion temperature according to NF A 81-362 | chemical composition | | form | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Zn | Al | TBW | Preforms |
| TBW HARASIL 7.5 | 600° - 620°C | balance | 7,5 | ● | ● |
| TBW HARASIL 10 | 590° - 610°C | balance | 10 | ● | ● |
| TBW HARASIL 12 | 580°C | balance | 12 | ● | ● |

TBW : Tubular brazing wire.

## فیلرهای مورد استفاده در بریزینگ نقره و کاربرد آنها

| Brazing & Braze Welding Filler Metals | | | AWS/SFA A5.8 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grade | Ag | Cu | Zn | Cd | P | Sn | Ni | Other | Solids/Liquids |
| BAg-24 | 50 | 20 | 28 | - | - | - | 2 | .15 max | 1220/1305° F |
| BAg-7 | 56 | 22 | 17 | - | - | 5 | - | .15 max | 1145/1205° F |
| BAg-3 | 50 | 16 | 16 | 16 | - | - | 3 | .15 max | 1170/1270° F |
| BAg-1 | 45 | 15 | 16 | 24 | - | - | - | .15 max | 1125/1145°F |
| BCuP-5 | 15 | 80 | - | - | 5 | - | - | .15 max | 1190/1475° F |
| BCuP-3 | 5 | 89 | - | - | 6 | - | - | .15 max | 1190/1495° F |

| % IACS: | | Applications | |
|---|---|---|---|
| BAg-24 | 15 | BAg-24 | 300 Series Stainless, Nickel & Steel |
| BAg-7 | 83 | BAg-7 | Food Handling, Equipment & Steel |
| BAg-3 | 18 | BAg-3 | Non-Food Service 300 Series Stainless Steel, Bronze & Tungsten Carbide Inserts |
| BAg-1 | 27.6 | BAg-1 | Tight Joints, Nickel, Steel & Copper Base |
| BCuP-5 | 9.9 | BCuP-5 | Copper without Flux & Brass with Flux |
| BCuP-3 | 9.6 | BCuP-3 | Ability to fill gaps and form fillets without affecting joint strength |

## راهنمای انتخاب فیلرمتال مناسب بر اساس جنس قطعه در استاندارد AWS

**Stainless Steel Wires/ Electrodes**
AWS A5.4, A5.9

**Stainless Steel Flux Cored Electrodes**
AWS A5.22

**Aluminum Wires/ Electrodes**
AWS A5.3, A5.10

**Mild & Low Alloy Steel Flux Cored Wire**
AWS A5.13

**Carbon, Mild & Low Alloy Steel Wires/ Electrodes**
AWS A5.17, A5.18, A5.23, A5.1, A5.5

**Copper & Copper Alloy Wire/ Electrodes**
AWS A5.6, A5.7, A5.27

**Titanium & Titanium Alloy Filler Metals**
AWS A5.16

**Nickel Alloy Wires/ Electrodes**
AWS A5.11, A5.14, A5.15

**Silver Brazing Filler Metals**
AWS A5.8

**Cobalt Alloys**
AWS A5.13

## اطلاعات فنی مورد نیاز در مورد قطر و وزن فیلر های مصرفی براساس نوع آلیاژ

### technical information

| ALLOYS | ALUMINIUM d : 2,7 g/cm³ | | TITANIUM d : 4,5 g/cm³ | | STAINLESS STEEL d : 7,85 g/cm³ | | COPPER d : 8,9 g/cm³ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ø | g/m | m/kg | g/m | m/kg | g/m | m/kg | g/m | m/kg |
| 0.5 | | | | | 1.54 | 649 | | |
| 0.6 | | | | | 2.22 | 450 | | |
| 0.8 | 1.36 | 735 | 2.26 | 442 | 3.94 | 254 | 4.47 | 224 |
| 1.0 | 2.12 | 472 | 3.53 | 283 | 6.16 | 162 | 6.98 | 143 |
| 1.2 | 3.05 | 328 | 5.08 | 197 | 8.87 | 113 | 10.06 | 100 |
| 1.6 | 5.42 | 184 | 9.04 | 111 | 15.77 | 63 | 17.88 | 56 |
| 2.0 | 8.48 | 118 | 14.13 | 71 | 24.65 | 41 | 27.95 | 36 |
| 2.4 | 12.21 | 82 | 20.34 | 49 | 35.48 | 28 | 40.23 | 25 |
| 3.0 | 19.07 | 52 | 31.79 | 31 | 55.46 | 18 | 62.88 | 16 |
| 3.2 | 21.70 | 46 | 36.17 | 28 | 63.10 | 16 | 71.54 | 14 |
| 4.0 | 33.91 | 29 | 56.52 | 18 | 98.59 | 10 | 111.78 | 9 |
| 5.0 | 52.99 | 19 | 88.31 | 11 | 154.06 | 7 | 174.66 | 6 |
| 6.0 | 76.30 | 13 | | | | | | |
| 7.0 | 103.85 | 10 | | | | | | |
| 8.0 | 135.65 | 7 | | | | | | |

d : density g/m : gram/meter m/kg : meter/kilogram

## انتخاب روان‌ساز

معیارهایی که باید در انتخاب فلاکس مورد توجه قرار گیرد

۱ فلز و یا فلزات مورد زرد جوش
۲ فلز پرکننده مورد استفاده در زردجوش
۳ منبع حرارتی
۴ چگونگی تمیز شدن روان‌سازهای باقی‌مانده (آسانتر تمیز شدن)
۵ امکان اثرات خورندگی روان‌ساز استفاده شده
۶ فلاکس مورد استفاده در زردجوش با استفاده از منبع القایی باید هادی خوب الکتریکی باشد.

**فهرست طبقه بندی فلاکس‌ها براساس AWS**

| عناصر روان‌ساز | محدوده درجه حرارت مفید توصیه‌شده | | سیم‌جوش توصیه شده | فلزات مبنا | شماره روان‌سازهای مورد استفاده در لحیم‌کاری سخت |
|---|---|---|---|---|---|
| | °C | °F | | | |
| کلرایدها، فلورایدها | ۳۷۱_۶۴۳ | ۷۰۰_۱۱۹۰ | BAISI | برای کلیه آلیاژهای آلومینیوم قابل لحیم‌کاری | ۱ |
| کلرایدها، فلورایدها | ۴۸۲_۸۴۹ | ۹۰۰_۱۲۰۰ | BMg | برای کلیه آلیاژهای منیزیم قابل لحیم کاری | ۲ |
| اسیدبوریک بورات‌ها فلوبورات‌ها و عناصر مرطوب‌ساز | ۵۶۶_۸۷۱ | ۱۰۵۰_۱۶۰۰ | BcuP,BAg | برای کلیه فلزات به‌جز آنهایی که در ردیف ۱و۲،۴ قرار دارد | ۳A |
| اسیدبوریک بورات‌ها، عناصر مرطوب‌ساز | ۷۳۲_۱۱۴۹ | ۱۳۵۰_۲۱۰۰ | BCu,BCuP,BAg BAu,RBCu,ZnBNi | برای کلیه فلزات به‌جز آنهایی که در ردیف ۱و۲،۴ قرار دارد | ۳۸ |
| کلرایدها فلورایدها، بورات‌ها، عناصر مرطوب‌ساز | ۵۶۶_۸۷۱ | ۱۰۵۰_۱۶۰۰ | BAg (all) BCuP (Copper) | برای آلومینیم برنز، برنز و آلومینیوم پایه آهن نیکل و یا مقدار کمی Al و Ti و یا هردو | ۴ |
| بوراکس، اسید بوریک، بورات‌ها، عناصر مرطوب‌ساز | ۷۸۰_۱۲۰۴ | ۱۴۰۰_۲۲۰۰ | Same as 3B (excluding BAg-۱ Through-7) | برای کلیه فلزات به جز آنهایی که در ردیف ۱و۲و۴ قرار دارد | ۶ |

### فلاکس‌های مورد استفاده در زردجوش

| SCOURING FLUX FOR BRAZE-WELDING | | | |
|---|---|---|---|
| FLUX ODAL | AlSiS, AlSi10, AlSi12 520° - 550°C | NF EN 1045 FL 10 | Flux for aluminium alloys except aluminium-magnesium alloys (for which, use MALG HARA). Exceptional wetting with energetic deoxidising action. |
| ALUNOX 13 LC | AlSi10, AlSi12 520° - 540°C | NF EN 1045 | Neutral & non-corrosive flux for manual braze-welding and automatic brazing of aluminium to aluminium or to stainless steel and copper. Prevents in-depth attack of parts in the event of overheating. |
| MALG ODAL | AlSi10, AlSi12 520° - 540°C | FD/4.F.1, NF EN 1045 | Scouring flux for braze-welding of aluminium-magnesium alloys. Wets perfectly. Often used in food & dairy industries. |

## فلاکس‌های مورد استفاده در بریزینگ نقره

**SCOURING FLUX FOR SILVER BRAZING & BRAZE-WELDING ALLOYS**

| | | | |
|---|---|---|---|
| FLUX-BORE | Brazing of Cadmium-free Silver alloys, with active temperature above 730°C : brass & nickel silver<br>- BRASOL 71<br>- BRASOL 10 | FD/7.S.1, NF EN 1045 | Flux for strong brazing (above 730°C) and braze-welding of all copper and ferrous metals. Ensures excellent wetting capability and prefect bonding. Excellent results with tempered steels. Deformations reduced to a minimum. Can be employed as powder or in water-diluted form. Perfect adhesion to preheated strips. |
| NEO-FLUX | | FD/7.A.4, NF EN 1045 | Washing product for braze-welding of all copper and ferrous metals. Assures better wetting and penetration than FLUX-BORE. |
| SOUDO-BRAZINE | | FD/7.G.1, NF EN 1045 | Flux for braze-welding of iron castings, as well as mixed constructions, i.e. steel, copper, brass, bronze. Suitability for machining, regardless of assembly type. |

فعالیت کارگاهی ۳

### ایجاد اتصال لب به لب توسط زرد جوش

ذکر این نکته در این کار کارگاهی حائز اهمیت می‌باشد که این تمرین برای آشنا شدن هنرجویان با تکنیک‌های جوشکاری می‌باشد و کمتر در ضخامت‌های بالا از پخ‌سازی و زردجوش استفاده می‌شود.

در این کار کارگاهی به این نکته نیز توجه شود که حین فرایند، ذوب کامل صورت نگیرد و صرفاً ذوب سطحی و جریان پیدا کردن مذاب فلز پرکننده در درز اتصال مورد نظر باشد.

هنرجویان باید در پایان این کار کارگاهی بتوانند هم با فاصله گذاشتن بین قطعات و استفاده از پشت‌بند مناسب و هم با کنترل زاویه مشعل و حرکت دست در مواقعی که امکان استفاده از پشت‌بند نمی‌باشد، به نفوذ مناسب در این روش دست یابند.

### پشت بند

در بعضی از کاربردها، در طراحی، کنترل مقدار نفوذ ریشه بایستی درنظر گرفته شود. معمولاً برای این مورد، پشت بند استفاده می‌شود. پشت‌بند می‌تواند از جنس سرامیک، بستری از فلاکس یا تسمه مسی شیاردار ساخته شود.

پشت بند ماده‌ای است که به‌عنوان پشتیبان به منظور جلوگیری از ریزش جوش و بهتر انجام شدن عمل نفوذ، در ریشه جوش قرار داده می‌شود.

### انواع پشت‌بندها

پشت‌بندهای سرامیکی
پشت‌بندهای مسی
پشت‌بندهای دائمی
پشت‌بندهای موقت
پشت‌بندهای مصرفی
استفاده از گازهای بی اثر
فیبرهای شیشه‌ای تقویت شده

# جلسه چهارم

## انتخاب فیکسچر

در این قسمت لازم به توضیح است که هنرجو به این درک برسد که انتخاب فیکسچر الزاماً جزء مراحل زردجوش نمی‌باشد و در برخی موارد و طرح‌های اتصال می‌توان از فیکسچر استفاده نکرد.
استفاده از فیکسچرها می‌تواند با توجه به‌نوع و طرح اتصال برای بهبود کیفیت، افزایش سرعت و همچنین سهولت اجرا، کمک کند.

## انتخاب منبع گرما و پیش گرما

برای انتخاب منبع گرما، همان‌طورکه در جلسه اول توضیح داده شد، می‌توان از اکثر منابع تأمین‌کننده گرما مانند قوس الکتریکی، منابع شیمیایی، منابع تشعشعی و سایر منابع استفاده نمود.
برخی از منابع گرمایی مورد استفاده در زردجوش

۱ حمام مذابی از آلیاژ فلز پرکننده شبیه روش غوطه وری
۲ استفاده کردن از شعله گاز
۳ استفاده از کوره‌های با اتمسفر کنترل شده
۴ استفاده از مقاومت الکتریکی
۵ استفاده از قوس الکتریکی کربنی
۶ استفاده از حرارت القایی

نکته مهم این بخش این است که هنرجویان به این درک برسند که با توجه به‌منبع حرارتی انتخاب شده چگونه قطعه کار و فیلرمتال هم‌زمان به‌دمای مناسب برسند و اینکه برای شروع فرایند زردجوش در فلزات غیر همجنس یا با ضخامت های مختلف چگونه باید عملیات پیش‌گرما و توزیع حرارت انجام شود تا ذوب سطحی به صورت هم‌زمان در هر دو قطعه اتفاق بیافتد.
سایر پارامترهای مهم مانند انتخاب سرمشعل، نوع گاز، نوع منبع جریان و دیگر متغیرات در فصول دیگر کتاب به‌طور مفصل توضیح داده شده است که همان روابط در این بخش نیز مورد استفاده دارد.

## تمیزکاری بعد از جوشکاری

مانند سایر روش‌های جوشکاری و لحیم کاری، تمیز کاری پس از فرایند الزامی می‌باشد. در این بخش عملیات تمیزکاری علاوه بر کمک کردن در بهتر دیده شدن عیوب و کنترل کیفیت اتصال ایجاد شده، برای جلوگیری از اثرات مضری که ممکن است فلاکس‌های باقی‌مانده روی سطح داشته باشند، الزامی می‌باشد.

## کنترل نهایی

هنرآموزان محترم توجه داشته باشند که هنرجویان باید به این درک برسند که معمولاً از زرد جوش برای قطعات ضخیم و یا اتصالاتی که نیاز به تحمل بارهای زیاد دارند استفاده نمی‌شود، به همین دلیل مهم‌ترین بخش کنترلی ما، بررسی ظاهر جوش می‌باشد.

فعالیت کارگاهی ۴

### ایجاد اتصال سه پری توسط زردجوش

**برای نشان دادن کاربردهای زردجوش می‌توانید پس از اینکه هنرجویان در انجام کار کارگاهی ارائه شده مهارت لازم را کسب نمودند، از دو قطعه غیر هم ضخامت نیز به‌عنوان قطعه کار استفاده نمایید تا هنرجویان مهارت مورد نیاز برای نحوه کنترل گرما را یاد بگیرند.**

### ایجاد اتصال نبشی با زردجوش

**در مورد این کار کارگاهی ذکر این نکته لازم است که هنرجویان بدانند، معمولاً برای اتصال دو قطعه با ضخامت کم، به روش زاویه خارجی، ساده‌ترین روش، روش ذوبی بدون فیلر می‌باشد و در اینجا صرفاً بحث آموزش تکنیک موردنظر بوده است.**

# جلسه پنجم

## نحوه آماده‌سازی طرح اتصال

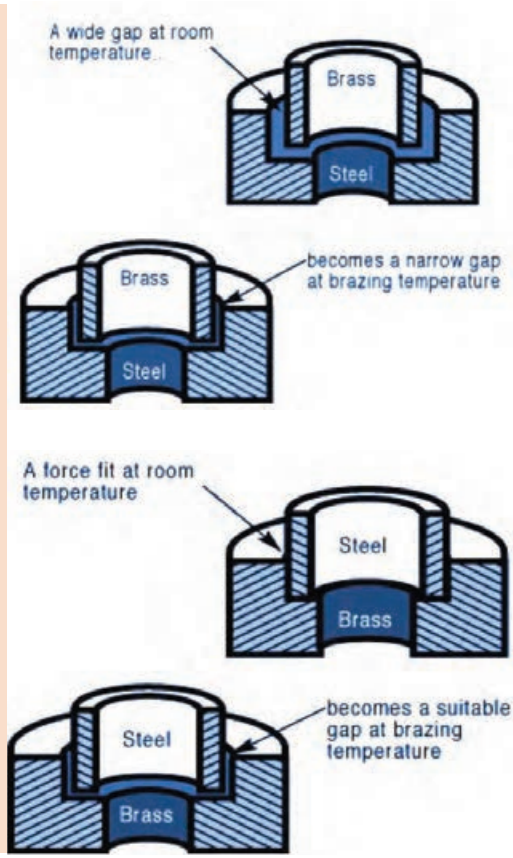
در زرد جوش، انتخاب اتصال و روش اجرای آن مهم است. گزینش یک روش اتصال نامناسب باعث هدر رفتن انرژی، مواد اولیه و نیز زمان می‌گردد. از این‌رو برای اتصال مناسب لبه‌های قطعات، باید از فرم مناسب پخ استفاده کرد.

انواع مختلف پخ‌ها به منظور اجرای اتصال مناسب در تمام سطح تماس دو قطعه با یکدیگر ایجاد می‌شوند. هدف اصلی در اجرای پخ در لبه قطعات، دسترسی به‌ریشه قطعه است. از پخ‌ها بیشتر برای اتصال قطعات ضخیم که باید به‌صورت لب به لب جوشکاری شوند استفاده می‌شود.

به‌طور معمول از زرد جوش برای اتصال قطعات ضخیم کمتر استفاده می‌شود ولی در مواقعی که نیاز باشد برای دسترسی به ریشه، می‌توان از طرح اتصال‌های نشان داده شده در کتاب استفاده نمود.

**اتصالات طراحی شده اصولی در انتخاب قطر سیم دقت داشته باشید**

مهم‌ترین نکته‌ای که می‌توان در مورد طراحی اتصال در فرایند زردجوش به آن اشاره نمود میزان ضریب حرارتی قطعات مورد استفاده می‌باشد زیرا می‌تواند لقی و فاصله درنظر گرفته شده برای درز اتصال را پس از اعمال حرارت تغییر دهد.
به شکل‌های زیر دقت کنید:



## تلرانس مجاز اتصالات با توجه به نوع فیلر مصرفی بر اساس AWS

| طبقه‌بندی سیم‌جوش براساس **AWS** | تلرانس اتصالات | | **Notes** |
|---|---|---|---|
| | in | mm | |
| BALSi group | ۰/۰۰۶–۰/۰۱۰ | ۰/۱۵–۰/۲۵ | |
| | ۰/۰۱۰–۰/۰۲۵ | ۰/۲۵–۰/۶۱ | |
| BCuP group | ۰/۰۰۱–۰/۰۰۵ | ۰/۰۳–۰/۱۲ | |
| BAg group | ۰/۰۰۲–۰/۰۰۵ | ۰/۰۵–۰/۱۲ | |
| | ۰/۰۰۱–۰/۰۰۲ | ۰/۰۳–۰/۰۵ | |
| BAu group | ۰/۰۰۲–۰/۰۰۵ | ۰/۰۵–۰/۱۲ | |
| | ۰/۰۰۰–۰/۰۰۲ | ۰/۰۰–۰/۰۵ | |
| BCu group | ۰/۰۰۰–۰/۰۰۲ | ۰/۰۰–۰/۰۵ | |
| | ۰/۰۰۲–۰/۰۰۵ | ۰/۰۵–۰/۱۲ | |
| BCuZn group | ۰/۰۰۴–۰/۰۱۰ | ۰/۱۰–۰/۲۶ | |
| BMg group | ۰/۰۰۲–۰/۰۰۵ | ۰/۰۵–۰/۱۲ | |
| BNi group | ۰/۰۰۰–۰/۰۰۲ | ۰/۰۰–۰/۰۵ | |
| Chemical Abbreviations | | | |
| BALSi = گروه آلیاژهای آلومینیم سیلیکون<br>BCuP = گروه آلیاژهای مس و فسفر<br>BAg = آلیاژهای پایه نقره<br>BAu = آلیاژهای پایه طلا<br>BCu = آلیاژهای پایه (Base) مس<br>BCuZn = آلیاژهای مس و روی<br>BMg = آلیاژهای پایه منگنز<br>BNi = آلیاژهای پایه نیکل | | | |

فعالیت کارگاهی ۵

**اتصال لوله به ورق با فرایند زردجوش**

**اتصال لوله به لوله هم قطر**

**برای مونتاژ اولیه و خال جوش زدن می‌توانید از یک نبشی به‌عنوان ابزار کمکی استفاده کنید.**

## جلسه ششم

پیشنهاد می‌شود کل این جلسه به‌کار کارگاهی اختصاص داده شود.
ساخت تبدیل و زرد جوش