بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای هنرآموز

جوشکاری برق و گاز

رشتهٔ مکانیک موتورهای دریایی

گروه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

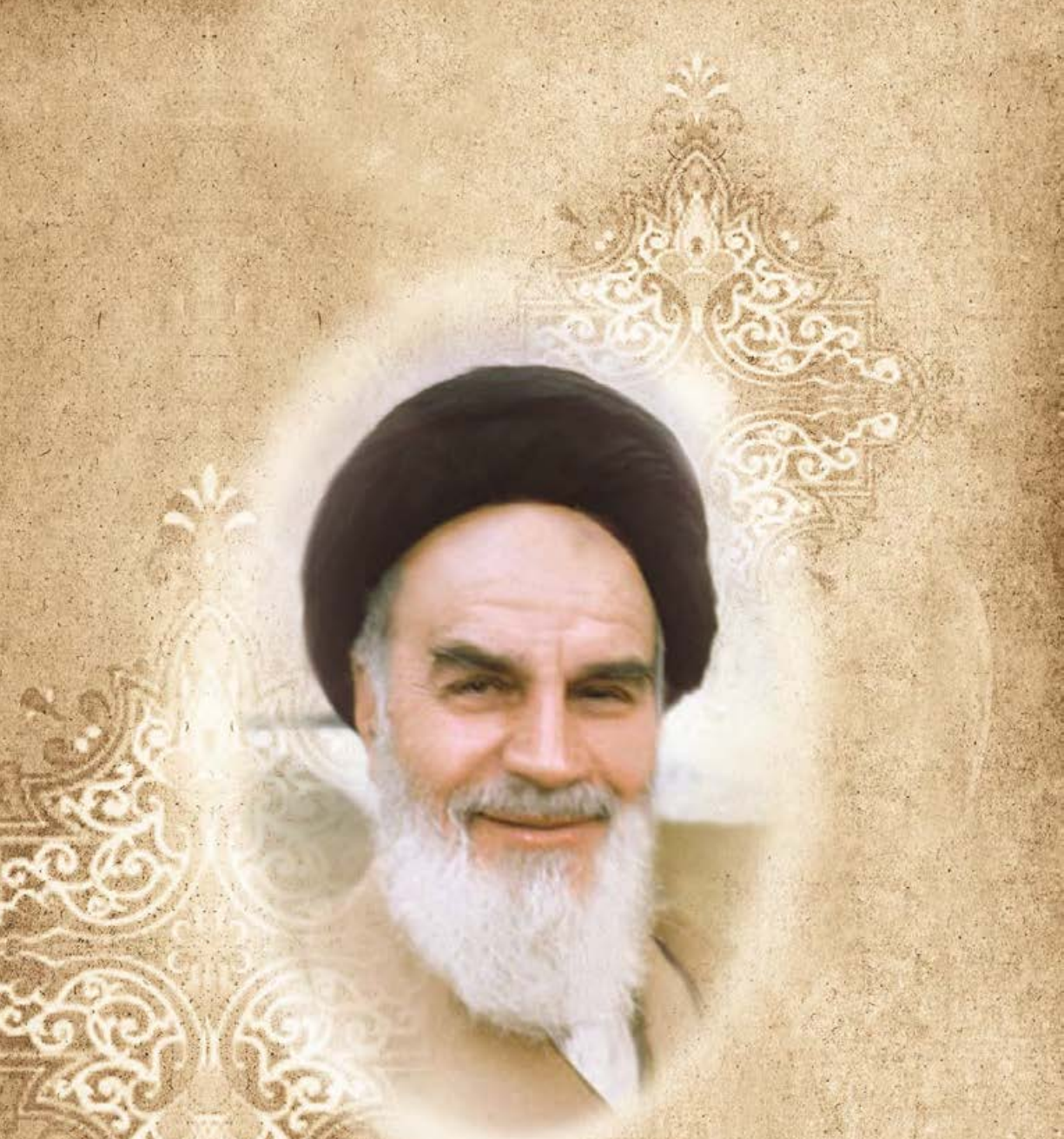
پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز جوشکاری برق و گاز - ۲۱۱۹۰۶
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل آبادی، عبدالرضا باباخانی، افشار بهمنی، محمد خاکپورفرد، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، نصیب الله فاضلی، حسن کارگر، جلیل محمولی، فرهاد میریانی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
ارسلان اقدامی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی زنگنه (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده سازی:
نشانی سازمان: تهران- خیابان ایرانشهر شمالی- ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹- ۸۸۸۳۱۱۶۱، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.irtextbook.ir و wwwchap.sch.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران: تهران- کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج- خیابان ۶۱ (داروپخش) **تلفن:** ۵- ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰، **صندوق پستی:** ۱۳۹-۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اوّل ۱۳۹۶

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هر گونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۵-۲۹۸۰-۰۵-۹۶۴-۹۷۸



دست توانای معلم است که چشم انداز آینده ما را ترسیم می‌کند.
امام خمینی (قدّس سرّه الشّریف)

فهرست

پودمان ۱: برش‌کاری ورق فلزی ۱
واحد یادگیری ۱: برش‌کاری ورق فلزی ۲
ارزشیابی شایستگی برش‌کاری ورق فلزی ۳۴
پودمان ۲: خم‌کاری ورق و مقاطع فلزی ۳۵
واحد یادگیری ۲: خم‌کاری ورق و مقاطع فلزی ۳۶
ارزشیابی شایستگی خم‌کاری ورق و مقاطع فلزی ۷۷
پودمان ۳: جوش‌کاری برق ۷۹
واحد یادگیری ۳: جوش‌کاری برق ۸۰
ارزشیابی شایستگی جوش‌کاری برق ۱۱۶
پودمان ۴: جوش‌کاری گاز ۱۱۷
واحد یادگیری ۴: جوش‌کاری گاز ۱۱۸
ارزشیابی شایستگی جوش‌کاری گاز ۱۵۲
پودمان ۵: بازرسی جوش ۱۵۳
واحد یادگیری ۵: بازرسی جوش ۱۵۴
ارزشیابی شایستگی بازرسی جوش ۲۰۷

سخنی با هنرآموزان گرامی

به نام خدا

کتاب درسی و کتاب همراه هنرجو به همراه کتاب راهنمای هنرآموز از جمله اجزای بسته آموزشی تلقی می شوند که این بسته را سایر اجزا مانند فیلم و نرم افزار و ... کامل می کند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی طراحی و تدوین شده است. این کتاب که بر اساس کتاب درسی جوشکاری برق و گاز پایه یازدهم رشته تحصیلی – حرفه‌ای مکانیک موتورهای دریایی تنظیم شده، دارای پودمان های: ۱- برشکاری ورق های فلزی ۲- خمکاری ورق و مقاطع فلزی ۳- جوشکاری برق ۴- جوشکاری گاز ۵- بازرسی جوش است.

هنرآموزان گرامی در هنگام مطالعه این کتاب به موارد ذیل توجه فرمایند:

۱- در کتاب راهنمای هنرآموز مواردی از قبیل نمونه طرح درس، راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین ها، ایمنی و بهداشت فردی و محیطی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیر فنی، اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان، منابع یادگیری، نکات مهم هنرآموزان در اجراء، فرآیند اجراء و آموزش در محیط یادگیری، بودجه بندی زمانی و صلاحیت های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر مواردآورده شده است.

۲- ارزشیابی درس جوشکاری برق وگاز بر اساس ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است، این درس شامل ۵ پودمان است و برای هر پودمان، ارزشیابی مستقل از هنرجو صورت می گیرد.همچنین یک نمره مستقل برای هر پودمان ثبت خواهدشد. این نمره شامل یک نمره مستمر ویک نمره شایستگی است.

۳- ارزشیابی از پودمان‌های این دروس مطابق با جداول استانداردهای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی تهیه شده توسط دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی صورت می گیرد.

۴- زمانی هنرجو در این دروس، قبول اعلام می گردد که در هر پنج پودمان درس، حداقل نمره ۱۲ را کسب نماید. در این صورت میانگین نمره‌های پنج پودمان به عنوان نمره پایانی درس در کارنامهٔ تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد.

۵- ارزشیابی مجدد در پودمان یا پودمان هایی که حداقل نمره مورد نظر در آن کسب نشده است با برنامه ریزی هر هنرستان، انجام می شود و چنانچه هنرجو به هر دلیلی تا پایان خرداد ماه شایستگی لازم را در یک یا چند پودمان کسب ننماید، می‌تواند تا پایان سال تحصیلی برای ارزشیابی مجدد در ارزشیابی مبتنی بر شایستگی شرکت نماید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

برشکاری ورق فلزی

در شکل بالا شخصی در حال برش ورق با رعایت تمام نکات ایمنی نشان داده شده است. هدف از گذاشتن عکس، لزوم رعایت نکات ایمنی برای تمامی افراد، چه با تجربه و چه تازه کار، است.

پودمان ۱

برشکاری ورق فلزی

نوع درس: نظری- عملی
زمان آموزش: ۵۰ساعت
بخش نظری: ۱۰ساعت
بخش عملی: ۴۰ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
۱- پیاده‌سازی نقشهٔ برشکاری بر روی ورق فولادی را انجام دهد.
۲- تمام نکات ایمنی مربوط به برشکاری ورق فولادی را فراگیرند.
۳- برشکاری ورق فولادی با قیچی دستی را انجام دهد.
۴- برشکاری ورق فولادی با قیچی اهرمی را انجام دهد.
۵- با برشکاری ورق فولادی به روش هوا –گاز آشنا شود.

روش تدریس پودمان

۱- عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول، به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲- سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی گردد و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کنند تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گیرند و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳- توصیه می‌شود برای تدریس بهتر این پودمان هنرآموز از روش تدریس کلاس معکوس استفاده کند، یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل به‌وسیله اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با برشکاری، مطالعه کنند و یاد بگیرند و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.
۴- پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، به موارد ذکرشده در بخش‌های دانش افزایی توجه کند و هنگام آموزش آنها را به‌کارگیرد.

۵- توصیه می‌شود با هدف تقویت مهارت‌های خواندنی و نوشتاری هنرجویان و نیز درک بهتر مطالب، از آنان خواسته شود تحقیق و گزارش‌های خود را به‌صورت دست‌نویس بر روی کاغذ بنویسند و ارائه دهند. و از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ‌شده، آماده و خام خودداری کنند.
۶- فعالیت‌هایی از قبیل: فکر کنید، بحث کنید و غیره، برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

سؤالات پیشنهادی

- جداول نقشه‌ها باید دارای چه اطلاعاتی باشند؟
- نقشه‌های برشکاری باید دارای چه خصوصیاتی باشند؟
- روش‌های پیاده‌سازی نقشه بر روی فلز چگونه انجام می‌شود؟ لوازم آن کدامند؟
- هنگام پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی چه نکاتی را باید رعایت کرد؟
- انواع ورق‌های فلزی ودسته‌بندی آنها را بگویید.
- هر نوع ورق فلزی برای ساخت چه وسیله‌ای کاربرد دارد؟
- ورق‌های فولاد دریایی چه خصوصیاتی دارند؟
- آلومینیوم چه کاربردی در ساخت کشتی دارد؟
- قیچی‌های دستی چه کاربردی دارند؟
- هر نوع قیچی دستی چه کاربردی دارد؟
- نکات ایمنی و اصول کار با قیچی‌های دستی را بگویید.
- روش کار با قیچی دستی را شرح دهید.
- انواع قیچی اهرمی و کاربرد هر یک را بگویید.
- مراحل برش با قیچی‌های اهرمی را بگویید.

واحد یادگیری۱: خواندن و پیاده‌سازی نقشه

زمان آموزش	جمع : ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

– شایستگی‌های فنی:

۱- روش خواندن نقشه برشکاری را فراگیرد.
۲- روش پیاده‌سازی نقشه برشکاری بر روی ورق فولادی را انجام دهد.
۳- با نکات ایمنی در پیاده‌سازی نقشهٔ برشکاری بر روی ورق فولادی آشنا شود و آن را رعایت کند.

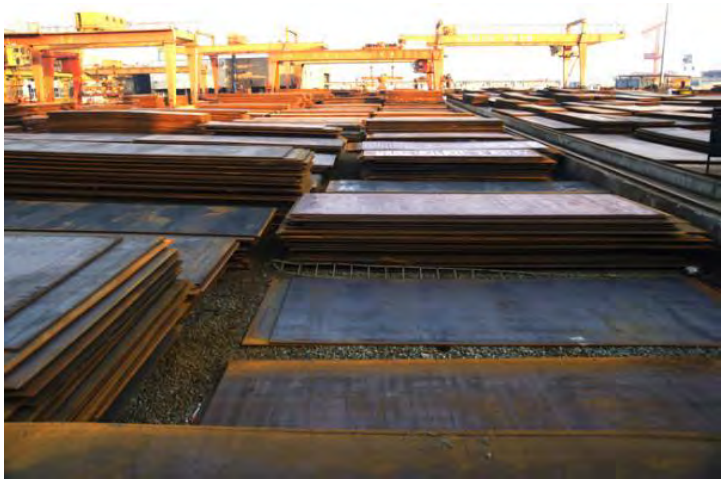
– شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

اهمیت برشکاری، خمکاری و جوشکاری فلز در ساخت کشتی

در یارد کشتی‌سازی برای ساخت یک کشتی ابتدا نیاز به داشتن نقشه‌های کارگاهی است. نقشه‌های کارگاهی در دفتر طراحی و یا در کارخانهٔ کشتی‌سازی توسط مهندسان و نقشه کش‌های حرفه‌ای تهیه می‌شود. پس از تهیهٔ نقشه‌های کارگاهی، ساخت کشتی شروع می‌شود.



شکل ۱- محل نگهداری ورق‌های فولادی در کارخانه کشتی‌سازی (STOCK YARD)

ابتدا ورق‌های آهنی که مورد تأیید مؤسسه رده بندی است به وسیلهٔ دستگاه شاپ پرایمر زنگ‌زدایی (سند بلاست) می‌شوند و سپس یک لایه رنگ آستری می‌خورند. پس از خشک شدن رنگ ورق‌ها به سمت دستگاه CNC یا پلاسما برده می‌شوند و قطعاتی که در ساخت کشتی استفاده می‌شوند توسط دستگاه‌های مذکور برش داده می‌شوند. دقت می‌شود که قطعات در روی ورق طوری کنار هم قرار گیرند که ورق کمترین هدررفت را داشته باشد. قطعات برش داده شده طبق نقشه کارگاهی اگر نیاز به خمکاری داشته باشند، توسط دستگاه‌های خمکاری موجود در یارد کشتی‌سازی خمکاری می‌شوند.

تحقیق کنید

ورق‌های فلزی چگونه باید نگهداری و جابه‌جا شوند؟

در صورتی که لازم باشد ورق‌ها را تا مدت زمانی روی زمین دپو کنید، باید چند نکته را مدنظر قراردهید:

ورق‌ها به هیچ وجه نباید با خاک در تماس باشند؛ به عبارت دیگر باید با قراردادن حداقل دو ردیف تختهٔ چوبی (چهارتراش) در نزدیکی دو انتهای ورق‌ها، از تماس آنها با خاک جلوگیری شود. همچنین باید یک روکش پلاستیکی برزنتی ضدآب روی آن کشید؛ به نحوی که ضمن ممانعت از نفوذ آب باران، دو طرف آن کمی باز باشد تا هوا در داخل روکش (جایی که ورق‌ها قرار دارند) در جریان باشد. ورق‌ها را در یک وضعیت مناسب و پایدار دپو کنید؛ برای مثال، آنها را در شیب زیاد و یا لبه پرتگاه دپو نکنید.

از بسته و محکم بودن تسمهٔ دور بندیل اطمینان حاصل کنید تا در صورت بروز طوفان، ورق‌ها در اثر نیروی باد از جای خود بلند نشوند. اگر مدت زمان دپوی ورق‌ها به درازا کشید، به صورت دوره‌ای وضعیت این تسمه‌ها را چک کنید. به هیچ عنوان از این تسمه‌ها برای بلند کردن ورق‌ها استفاده نکنید.

به وسیلهٔ اسپری رنگی جهت بالای بندیل را مشخص کنید. مهمترین موضوع در دپوی ورق‌ها شاید این نکته باشد که ورق‌ها را در چه مکانی دپو کنید تا مجبور نباشید آنها را هر چند وقت یکبار جابه‌جا کنید. این جابه‌جایی‌ها علاوه بر صرف وقت و هزینه، باعث صدمه دیدن ورق‌ها نیز می‌شود.

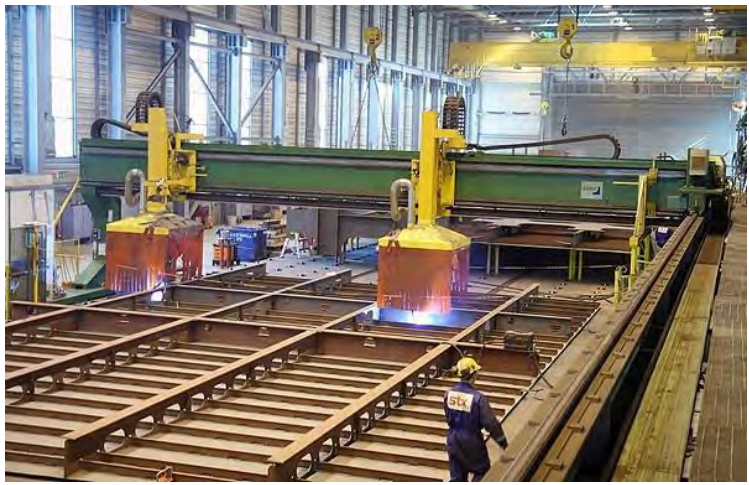
جواب تحقیق:

شکل۲- دستگاه شاپ پرایمر

شکل۳- دستگاه برش پلاسما

ساخت بلوک‌های کشتی:

در ساخت کشتی متداول است که ابتدا آن را به چندین قسمت تقسیم می‌کنند که به هر قسمت یک بلوک کشتی گفته می‌شود. بلوک‌های کشتی طبق نقشه‌های اسمبلی ساخته می‌شوند. ساخت هر بلوک کشتی توسط بازرس مؤسسه رده‌بندی باید تأیید می‌شود. پس از اسمبل کردن هر بلوک باید آن را جوشکاری کرد. پس از اتمام ساخت بلوک، باید توسط مؤسسه رده‌بندی باز هم تأیید شود. پس از تأیید کلی بلوک باید آن را زنگ‌زدایی(سند بلاست) و سریعاً رنگ کرد. هر مرحله از زنگ‌زدایی و رنگ نیز باید توسط مؤسسه رده‌بندی تأیید گردد.



شکل۴- اسمبل کردن بلوک کشتی

شکل۵- جوشکاری بلوک کشتی

شکل۶- اتمام جوشکاری بلوک کشتی

لوله‌کشی و برق‌کشی کشتی:

در کشتی سامانه‌های لوله‌کشی پیچیده و تجهیزات برقی و الکترونیک زیادی وجود دارد. برای لوله‌کشی سامانه‌های مختلف کشتی ابتدا نقشهٔ ایزومتریک و کارگاهی آن آماده می‌شود، سپس با توجه به نقشه‌های کارگاهی اسپول‌های یک سیستم لوله‌کشی تهیه می‌گردد. اسپول‌های هر سیستم لوله‌کشی همزمان با ساخت یک بلوک در آن قرار داده می‌شود. در بعضی مواقع اگر فضا برای اسمبل کردن اسپول‌ها وجود داشته باشد، پس از ساخت بدنهٔ کشتی، سامانهٔ لوله‌کشی تکمیل می‌گردد. برق‌کشی و کابل‌کشی کشتی نیز مشابه لوله‌کشی آن انجام می‌شود.

شکل ۷- در حال اجرای لوله‌کشی کشتی

کیلینگ کردن بلوک‌های کشتی و نصب تجهیزات:

بلوک‌های کشتی پس از ساخته شدن در حوضچهٔ ساخت کشتی یا در یارد کشتی‌سازی کنار هم قرار می‌گیرند و جوش داده می‌شوند و بدنه و اسکلت‌بندی کشتی شکل می‌گیرد. در هنگام کیلینگ کردن بلوک‌های کشتی، تجهیزات بزرگ کشتی در محل خود قرار می‌گیرند تا بعداً مجبور به برش عرشه‌ها و ساختمان کشتی نشوند. پس از اتمام ساختمان کشتی و جاگذاری تجهیزات در مکان خود، تجهیزات راه‌اندازی و آزمایش می‌شوند. در زمان آزمایش، کشتی در حوضچهٔ پر از آب قرار دارد. پس از اتمام ساخت کشتی، آزمایش اینکلینگ کشتی در حضور بازرس مؤسسه رده‌بندی که بر تمامی مراحل نظارت داشته و ناظری از ادارهٔ بنادر و دریانوردی(در ایران) انجام می‌گیرد.

شکل۸- کیلینگ کردن بلوک‌های کشتی

اینکلینگ تست و آزمایش دریا:

زمانی که کشتی درون حوضچه قراردارد، حوضچه را از آب پر می‌کنند و کشتی را مهار می‌نمایند. تانک‌های بالاست را که طبق برنامه از قبل تعیین شده است، پر و خالی می‌کنند و کشتی را از مهار خارج می‌نمایند. سپس اعداد مربوط به کجی کشتی را ثبت می‌کنند و بعد از آن دفترچهٔ پایداری کشتی را تهیه می‌کنند و به تأیید مؤسسه رده بندی می‌رسانند. این دفترچه باید توسط اداره بنادر و دریانوردی نیز تأیید گردد. پس از آزمایش اینکلینگ، کشتی برای مدتی به‌منظور آزمایش با خدمه مالک به دریانوردی می‌پردازد تا اگر عیبی وجود داشته باشد، برطرف گردد. پس از انجام آزمایش دریا، کشتی به مالک تحویل داده خواهد شد.

ساخت کشتی به روش پنلی:

در این روش، ورق‌های پهن به هم اتصال می‌یابند و نبشی‌ها به آن جوش داده می‌شوند. سپس این ورق‌ها به فریم‌های ساخته شده متصل می‌گردند. این روش متداول و ساده است و بارج‌های کوچک (زیر ۱۰۰۰ تن) بدین شیوه ساخته می‌شوند.

نقشه تأثیر زیادی در کیفیت تولید یک محصول دارد. اطلاعات مورد نیاز برای تولید محصول را باید از نقشه به‌دست آورد. با یک نقشه می‌توان دیدگاه دقیق طراح آن را درک کرد و حتی پس از تولید محصول می‌توان از لحاظ ابعاد و اندازه آن را کنترل کرد. نقشه‌ها دارای زبان فنی مشترکی هستند که توسط سازمان جهانی استاندارد (ISO) تدوین شده است.

خواندن نقشه نیازمند به مهارت و دانشی است که می‌توان با آن اطلاعاتی نظیر اندازه و ابعاد یک محصول و شکل نهایی آن را به‌دست آورد. این اطلاعات را می‌توان

برای برشکاری، خمکاری و اتصال فلزات (جوشکاری) استفاده کرد. هر نقشهٔ صنعتی جدول استاندارد مشخصات دارد که در پایین نقشه است و اجزای نقشه (نماها و تصویر سه‌بعدی) در داخل کادر آن قرار دارد. ترتیب قرارگیری مشخصات نقشه با توجه به سلیقه طراح است.

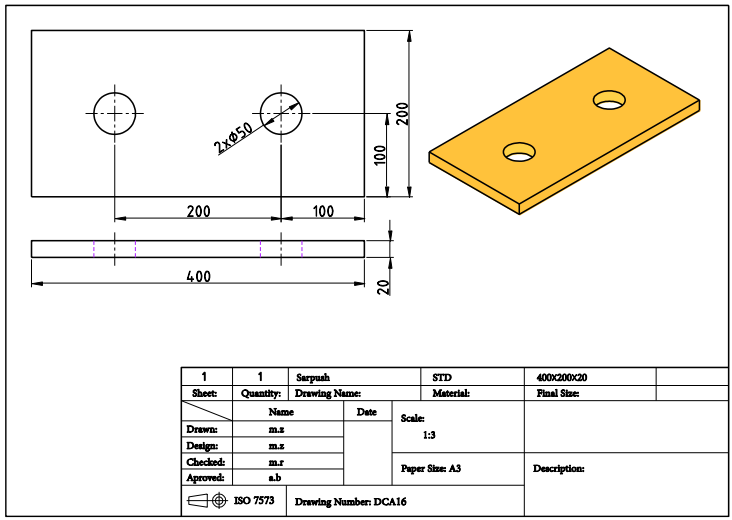
جدول مشخصات نقشه شامل اطلاعاتی نظیر شمارهٔ نقشه، نام قطعه، جنس قطعه، مقیاس، تلرانس، نام ترسیم‌کننده، نام طراح، نام چک‌کننده نقشه، نام تأییدکننده نقشه و غیره است.

در استاندارد (ISO) اعداد روی نقشه برحسب میلی‌متر(mm) می‌باشد.

کار در کلاس

با توجه به شکل ۹ جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	نام قطعه	جنس	مقیاس	شماره نقشه	استاندارد نقشه‌کشی	بزرگترین طول نقشه
۱	Sarpush	STD	1:3	DCA16	ISO7573	400



شکل ۹

پیاده‌سازی نقشه

برای برشکاری ورق‌فلزی با قیچی دستی نیاز به پیاده‌سازی نقشه بر روی فلز است. در واقع، پیاده‌سازی نقشه قسمتی از عملیات برشکاری فلز با قیچی دستی محسوب می‌شود. در پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی باید بسیار دقت کرد. کوچکترین اشتباه در پیاده‌سازی نقشه منجر به تولید محصول معیوب و ناقص می‌گردد. رفع این گونه عیب خود باعث اتلاف زمان و بالا رفتن هزینه تولید می‌شود. پس باید کوچکترین جزئیات را در نظر گرفت تا از به‌وجود آمدن اشتباه جلوگیری کرد.

مراحل پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فولادی به ترتیب زیر است:

۱- تمیزکاری سطح ورق
۲- کنترل صافی سطح ورق
۳- رسم خطوط مرکزی و محور تقارن
۴- رسم بزرگترین ابعاد افقی و عمودی
۵- رسم خطوط فرعی و خطوط خم و برش
۶- رسم قوس و دایره

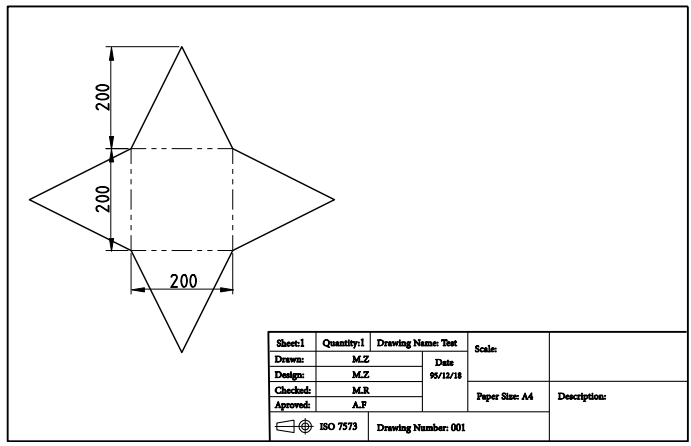
کار در منزل

نام انگلیسی هر یک از ابزارهای موجود در جدول بالا را بیابید.

۱- Metal ruler ، ۲- Meter ، ۳- set square ، ۴- Divider(Compass) ، ۵- Scribed
۶- punch ، counterpunch ۷- Digital angle protractor

فعالیت عملی

ورق فولادی با ابعاد ۰/۵ ×۶۰۰×۶۰۰ میلی‌متر را انتخاب و سپس نقشه ۱۶ را بر روی آن پیاده کنید.



شکل ۱۰

با استفاده از گونیا، خط‌کش، سوزن خط‌کش و سنبه مربع وسط نقشه را مشخص می‌کنیم. سپس با رسم ارتفاع مثلث‌ها در تمامی وجوه مربع مثلث‌ها را رسم می‌نماییم.

واحد یادگیری۲: برشکاری ورق فلزی با قیچی دستی

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- با انواع ورق‌های فولادی و غیرفولادی مورد استفاده در صنعت آشنا شود.
۲- روش برشکاری ورق با قیچی دستی را فرا گیرد.
۳- با نکات ایمنی در برشکاری ورق با قیچی دستی آشنا شود و آن را رعایت کند.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

انواع ورق فولادی

ورق‌های فلزی، شکلی از فلز هستند که برای استفاده راحت‌تر و کاربردی‌تر تحت فرایندهای صنعتی به ضخامت‌های نازکتر در ابعادی استاندارد تبدیل می‌شوند.
ورق‌های فلزی را بر اساس جنس و ضخامتشان می‌توان طبقه بندی کرد.

ورق‌روغنی

نام‌گذاری ورق‌های روغنی را اصطلاحی عامیانه و بر مبنای وضعیت ظاهری این نوع ورق شکل داده است.
ورق‌های فولادی (فلزی) به دو صورت کلی نورد (تولید) می‌شوند. نورد سرد (ورق روغنی) نورد گرم (ورق سیاه) نام دیگر ورق‌روغنی ورق با نورد سرد است. ورق روغنی در واقع اصطلاح عامیانه ورق‌هایی است که با تکنولوژی نورد سرد تولید می‌شوند. در این فرایند، ورق‌های با ضخامت بالا توسط نورد به ضخامت‌های پایین‌تر تبدیل می‌شوند. در این فرایند به دلیل استفاده از نورد سرد، کیفیت ظاهری ورق‌های نوردشده بسیار عالی است، از این رو، از این نوع ورق‌ها بیشتر در کاربردهایی که ورق ظاهر جسم را تشکیل می‌دهد، استفاده می‌شود. ورق‌های روغنی بسته به نوع آلیاژ و همچنین عملیات حرارتی صورت‌گرفته بر روی آنها به چند دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- ورق‌های معمولی مانند (ST12)
- ورق‌های نیمه کشش مانند(ST13)
- ورق‌های فوق کشش مانند(ST14)

ورق‌های‌روغنی به طور کلی و استاندارد در ضخامت ۳۰ صدم میلی‌متر الی ۳ میلی‌متر تولید می‌شوند و دارای دو عرض استاندارد ۱۰۰ و ۱۲۵ سانتی‌متر هستند. در ضمن ورق‌های رنگی از ورق گالوانیزه تولید می‌شود. پس صراحتا می‌توان نتیجه گرفت که پایه تولید ورق رنگی نیز همین ورق‌های نورد سرد (روغنی) هستند. ورق‌های روغنی یا نورد سرد دارای وزن استاندارد ویژه هستند که تقریباً با آهن معمولی یکسان است.

جدول۱- مشخصات فیزیکی ورق‌های نورد سرد (ورق روغنی)

ردیف	طول (میلی‌متر)	عرض(میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	وزن(کیلوگرم)
۱	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳۰ صدم	۵
۲	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۴۰ صدم	۶
۳	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰ صدم	۸
۴	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱	۱۶
۵	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲	۳۲
۶	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳	۴۸

ورق سیاه ورق سیاه در دو نوع صنعتی و معمولی و در استانداردهای مختلف تولید می‌شود. ورق سیاه (ST37) بیشتر برای مصارف ساختمانی(ساختمان‌ها، سوله‌ها و غیره) مصرف می‌شود، ولی ورق‌های صنعتی در مصارف و پروژه‌های صنعتی از قبیل سدسازی، پروژه‌های پتروشیمی، مخزن‌سازی وغیره کاربرد دارند. این اقلام در دو شکل مختلف وارد بازار می‌شود: رول و شیت (البته ورق تنها تا ضخامت ۱۵ میلی‌متر می‌تواند در دو شکل رول و یا شیت وارد بازار شود و از سایز ۱۵ میلی‌متر به بالا تنها به صورت شیت خام وارد بازار می‌شود) هر دو شکل ورق قابل برش به سایزهای مختلف است.

کاربردهای ورق سیاه

ورق‌های نورد گرم (ورق سیاه) در صنایع مختلفی از جمله صنعت ساختمان، تانکرسازی، خودروسازی، مخازن خاص، کشتی‌سازی، صنایع سنگین فلزی و غیره کاربرد دارند. ورق سیاه به دو شکل کلی رول فرم و فابریک تولید می‌شود

ضخامت ورق سیاه

ضخامت ورق سیاه از ۱/۵ میلی‌متر شروع می‌گردد و نهایتاً به ۱۰۰ میلی‌متر ختم می‌شود.

ابعاد فیزیکی ورق سیاه

در حالت رول فرم عرض ورق‌های سیاه بسته به ضخامت چهار عرض ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۲۰۰ سانتی‌متر را خواهند داشت. طبعاً در حالت رول فرم محدودیت طولی وجود نخواهد داشت. در حالت اصلی نیز بسته به مقدار سفارش می‌توان هر اندازه و ابعادی را تولید کرد، اما بعضی ابعاد مرسوم و پرکاربرد هستند. این ابعاد مرسوم و طبیعتاً موجود به شرح زیر هستند:

- ورق سیاه ابعاد ۲۰۰۰×۱۰۰۰ میلی‌متر
- ورق سیاه ابعاد ۲۵۰۰×۱۲۵۰ میلی‌متر
- ورق سیاه ابعاد ۶۰۰۰×۱۰۰۰ میلی‌متر
- ورق سیاه ابعاد ۶۰۰۰×۱۵۰۰ میلی‌متر
- ورق سیاه ابعاد ۶۰۰۰×۲۰۰۰ میلی‌متر
- ورق سیاه ابعاد ۱۲۰۰۰×۲۰۰۰ میلی‌متر

استانداردهای ورق سیاه

ورق سیاه را معمولاً با استاندارد (ST37) می‌شناسند.

جدول۲-وزنی ورق سیاه

ردیف	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
۱	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲	۳۲
۲	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳	۴۸
۳	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۴	۶۴
۴	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵	۸۰
۵	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۶	۹۶
۶	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۸	۵۷۶
۷	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰	۷۲۰
۸	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۱۲	۸۶۴
۹	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۱۵	۱۰۸۰
۱۰	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰	۱۴۴۰

نکته

برای محاسبهٔ وزن ورق از فرمول زیر استفاده کنید: وزن ورق سیاه= طول ورق(میلی‌متر) × عرض ورق (میلی‌متر) × ضخامت (میلی‌متر) × چگالی ورق‌چگالی آهن: در حالت استاندارد عدد ۷/۸۶ تعریف شده است، اما برای محاسبهٔ منطقی بهتر است از عدد ۸ استفاده کنید. ۸ عدد تجربی است که تولرانس ضخامت را پوشش می‌دهد.

ورق گالوانیزه:

ورق گالوانیزه، آهنی است که با روی پوشانده شده باشد. این آهن، حتی اگر پوشش آن هم شکستگی پیدا کند، از زنگ زدن محفوظ می‌ماند. ماهیت آهن گالوانیزه در آهن گالوانیزه، بین آهن و روی، پیلی الکتروشیمیایی تشکیل می‌شود که در آن روی به جای آهن به عنوان آند و آهن به عنوان کاتد به‌کار می‌رود. روی در آند اکسید می‌شود چون فلزی پست‌تر یا فعال‌تر از آهن است و دارای پتانسیل احیای کمتری از آهن است و پتانسیل اکسید بیشتری از آن دارد. در حلبی‌هایی که از آن، قوطی می‌سازند، عمل معکوسی انجام می‌شود. در حلبی، بر روی آهن، پوشش قلع به‌کار رفته است و عمل معکوس آهن گالوانیزه انجام می‌شود. چون آهن فلزی فعال‌تر از قلع است پتانسیل احیای قلع بیشتر از آهن است و به عنوان کاتد در حلبی به کار می‌رود و آهن آند می‌شود. البته در صورتی که پوشش قلع بشکند، خوردگی آهن در زیر این پوشش پیش می‌رود. علت استفاده از آهن‌گالوانیزه، آهنی است که با روی پوشانده شده باشد. این آهن، حتی اگر پوشش آن هم شکستگی پیدا کند، از زنگ زدن محفوظ می‌ماند. ماهیت آهن گالوانیزه در آهن گالوانیزه، بین آهن و روی، پیلی الکتروشیمیایی تشکیل می‌شود که در آن روی به جای آهن به عنوان آند بکار می‌رود و آهن به عنوان کاتد. روی در آند اکسید می‌شود چون فلزی پست‌تر یا فعالتر از آهن است و دارای پتانسیل احیاء کمتری از آهن است و پتانسیل اکسید بیشتری از آن دارد. خوردگی یا زنگ زدن آهن فقط در حضور اکسیژن و آب صورت می‌گیرد.

کاربرد:

از آهن گالوانیزه در ساختن لوازمی مثل لوله بخاری، کانال کولر، کابینت آشپزخانه، شیروانی منازل، لوله‌های آب و هر جا که احتمال خوردگی آهن و خسارت وجود دارد، استفاده می‌شود. اصطلاح فولاد (Steel) برای آلیاژهای آهن که تا حدود ۱،۵ درصد کربن دارند و غالبا با فلزهای دیگر همراه هستند، به‌کار می‌رود. خواص فولاد به درصد کربن موجود در آن، عملیات حرارتی انجام‌شده بر روی آن و فلزهای آلیاژدهنده موجود در آن بستگی دارد.

ورق رنگی

معمولاً ورق‌های گالوانیزه را در کوره‌های خاص رنگ‌پاشی می‌کنند تا ورق رنگی تولید شود. ورق‌های رنگی در سقف سالن‌ها و کانکس استفاده می‌شوند و در رنگ‌های متنوعی تولید می‌شوند که دارای استاندارد یکسانی در تمام دنیا است. این استاندارد به نام رال رنگ شناخته می‌شود. تقریبا بیش از ۱۶ رنگ متنوع ورق رنگی تولید می‌شود که عبارتند از: سفید یخچالی – رال ۹۰۱۶، کرم – رال ۹۰۱۰، قرمز – رال ۳۰۰۰، قرمز گوجه‌ای – رال۳۰۲۰، آبی‌نیسانی – رال ۵۰۱۵، آبی-کاربنی – رال ۵۰۱۸، نارنجی – رال ۲۰۰۴ و رال۲۰۰۳، زرد – رال ۱۰۲۳، زرد لیمویی – رال ۱۰۲۸، بنفش – رال ۴۰۰۵، سبز چمنی – رال۶۰۲۴، سبز تیره – رال ۶۰ ۱۸، صورتی – رال ۴۰۰۳، قهوه‌ای رنگ سفال – رال ۸۰۰۴ و قهوه‌ای سوخته ۸۰۱۸.

ورق اسیدشویی

ورق‌های اسیدشویی‌شده نیز از ورق‌های گرم تولید می‌شود که طی پروسه‌ای اسیدشویی می‌شوند و زغال‌های سطحی ورق و مقداری از ناخالصی‌ها گرفته می‌شود و قدری ظاهر ورق براق‌تر می‌شود؛ یعنی نزدیک به ورق روغنی است.
به فرایندی که طی آن چربی‌های روی ورقی که توسط نورد گرم به ضخامت دلخواه رسیده است، با استفاده از اسید کلریدریک از ورق زدوده می‌شود، اسیدشویی می‌گویند.
بخشی از محصول تولیدی در واحد نورد گرم برای شست‌وشوی سطح ورق به‌وسیله اسید، به واحد اسیدشویی انتقال می‌یابد. در خطوط اسیدشویی کلاف‌ها پس از باز شدن توسط قرقره‌های بازکننده به حوضچه‌های اسید کلریدریک وارد می‌شوند و در آنجا به‌منظور اکسیدزدایی شسته می‌شو ند. این کلاف‌ها پس از شسته شدن و خارج شدن از حوضچه‌های اسید توسط آب شسته می‌شوند و با عبور از تونل هوای‌گرم خشک می‌شوند. پس از عملیات اسیدشویی بخشی از محصول به صورت کلاف اسیدشویی‌شده به بازار عرضه می‌شود و بخش عمدهٔ آن برای تولید محصولات سرد به واحد نورد سرد انتقال می‌یابد.

کاربردهای ورق اسیدشویی:

- مصارف ساختمانی: تولید لوله و پروفیل و غیره
- اتومبیل‌سازی: قسمت‌های ساختمانی و چرخ اتومبیل قطعات خودرو و اجزای داخلی آن (رینگ و شاسی)
- صنایع لوله‌سازی، تولید انواع لوله‌های انتقال آب، نفت و گاز
- تولید مخازن گاز، مایع و مخازن تحت فشار
- فرم‌دهی مجدد جهت محصولات گالوانیزه
- فرم‌دهی سرد و کشش عمیق سیلندر گاز

ضخامت ورق اسیدشویی

از ضخامت ۱/۵ میلی‌متر تا ۶ میلی‌متر تولید می‌شود.

ابعاد فیزیکی ورق اسیدشویی

معمولاً به دو صورت رول و شیت (فابریک و برشی) تولید می‌شوند. رول‌ها معمولاً در دو عرض ۱۰۰ و ۱۲۵ سانتی‌متر تولید می‌شود. ورق‌های اسیدشور فابریک نیز دارای ابعاد زیر هستند:

- ورق اسیدشور شده ۱۰۰۰×۲۰۰۰ میلی‌متر
- ورق اسیدشور شده ۱۲۵۰×۲۵۰۰ میلی‌متر

وزن ورق اسیدشویی

وزن ورق‌های اسیدشویی مانند ورق‌های نورد گرم (سیاه) است.

جدول ۳- وزن ورق‌های اسیدشویی

ردیف	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی-متر)	وزن (کیلوگرم)
۱	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱,۵	۲۴
۲	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲	۳۲
۳	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳	۴۸
۴	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۴	۶۴
۵	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵	۸۰
۶	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۶	۹۶

ورق‌های دیگری که برای لوله‌های نفت و گاز مناسب هستند؛ کیفیتGRB ، X42، X46 و X2PS12 دارند. همچنین برای کشتی‌سازی ورق‌های با کیفیت GR.A و NVAlست.

ورق نازک

به ورق‌هایی با ضخامت ۰/۱۶ تا ۰/۴۵ میلی‌متر گفته می‌شود که بیشتر برای قوطی‌های چای، کنسرو، مواد غذایی و روغن‌های نباتی استفاده می‌شود و به‌منظور مصون‌سازی موادغذایی، یک لایه قلع روی ورق سرد (روغنی)st12 پوشیده شده است. گاهی اوقات دو طرف ورق قلع یکسان ندارد که طرف قلع بیشتر برای داخل

ظرف و طرف قلع کمتر برای بیرون ظرف استفاده قرار می‌شود. ورق‌های نازک از نظر سختی و نرمی به سه گروه شامل تمپر دو (نرم) و تمپر سه (معمولی) و تمپر چهار (سخت) تقسیم می‌شوند.

ورق کرکره طرح کرکره سینوسی

ابتدایی‌ترین طرح ورق‌های موجدار که از زمان‌های دور تولید و به بازار عرضه می‌شود. ورق‌های موجدار شیروانی برای پوشش سقف های شیروانی از مواد مختلفی ساخته می‌شود. این مواد را (با توجه به گسترش استفاده از ورق‌های فلزی) می‌توان به دو دسته پوشش‌های فلزی و غیرفلزی تقسیم کرد. در دستهٔ پوشش‌های غیرفلزی مواد گوناگونی نظیر ایرانیت، آردواز، سفال، دکرا، شینگن، آندولین، آندو ویلا و غیره قرار می‌گیرند. اما پوشش فلزی شامل ورق‌های فلزی فرم‌شده در طرح‌های متنوع است که به دلیل ماهیت پوشش شیروانی (که تماس دائمی با باران و برف است) باید ورق استفاده‌شده دارای پوشش گالوانیزه باشد تا از خوردگی و زنگ‌زدگی آن جلوگیری شود. ورق‌های موجدار شیروانی در ابتدا فقط ورق‌های گالوانیزه بودند. با پیشرفت ساخت تکنولوژی‌شان ورق‌های گالوانیزه رنگی نیز به بازار عرضه گردید. امروزه ورق‌های گالوانیزه رنگی در رنگ‌های متنوعی تولید می‌شوند. فرمینگ ورق‌های گالوانیزه و یا گالوانیزهٔرنگی در طرح‌های متنوعی انجام شده و به بازار عرضه می‌شود: طرح ذوزنقه: ورق موجدار با مقطع ذوزنقه؛ طرح شادولاین: طرحی شبیه به طرح ذوزنقه با تنوع بیشتر؛ طرح سفال: این نوع ورق موجدار از جدیدترین ورق‌های موجدار تولید شده است که برای بیننده سقف شیروانی نمای سفال ایجاد می‌نماید، اما مزایای بسیاری نسبت به سفال دارد.

مهم‌ترین مادهٔ اولیه صنایع دریایی، ورق‌های فولادی است؛ طوری که بین ۱۰ تا ۱۸درصد قیمت یک شناور را فولاد آن تشکیل می‌دهد. ورق‌ها و پروفیل‌های فولادی مورد استفاده در صنایع دریایی، از آلیاژ به‌خصوصی است که عرضی بالاتر از حد معمول (در حدود ۲ الی ۴/۵ متر) دارند. عرض‌های بالاتر نیاز به جوشکاری برای ساخت بدنهٔ کشتی را کاهش می‌دهد تا علاوه بر صرف زمان کمتر برای ساخت کشتی، میزان تمرکز تنش را درکل سازهٔ کشتی کم کند و در نتیجه استحکام سازه را در مقابل خستگی بالا ببرد.

در صنعت کشتی‌سازی از فولاد نرم (Milde Steel) استفاده می‌شود. این فولاد توسط مؤسسات رده‌بندی به چهار دستهٔ (A,B,D,E) تقسیم‌بندی می‌شوند. دستهٔ (A) دارای حداقل مقاومت شکست و دستهٔ (E) دارای حداکثر مقاومت شکست است. دستهٔ (D) دارای مقاومت کافی در برابر ترک‌ها است؛ به‌همین دلیل به‌صورت گسترده در مصالح سازه‌ای استفاده می‌شود. یکی از مکان‌های پرکاربرد دستهٔ (D) عرشهٔ اصلی است؛ در صورتی که ضخامت ورق بیشتر از ۳۰ میلی‌متر باشد.

در جدول زیر ضخامت نمونه برای پوستهٔ کف یک کشتی با نوع فولاد مصرفی آورده شده است.

جدول۴

دسته فولاد	ضخامت ورق(mm)
A	تا ۲۰/۵
B	۲۰/۵-۲۵/۵
D	۲۵/۵-۴۰
E	بالای ۴۰

با افزایش اندازهٔ کشتی‌ها نظیر تانکرها و فله‌برها ضخامت فولادها نیز باید افزایش پیدا کند. به‌منظور کاستن از ضخامت فولادها برای کم‌شدن از وزن جابه‌جایی کشتی، مؤسسات رده‌بندی استفاده از فولادهای با استحکام کششی بالا را پذیرفتند. این فولادها به دسته‌های (AH,BH,DH,EH) تقسیم شده‌اند. برای مثال، ورق کف کشتی با ضخامت ۳۰ میلی‌متر می‌تواند فولاد (DH) باشد.
اگر قسمتی از بدنهٔ کشتی در دماهای پایین قرار گیرد، از دسته‌های فولاد ذکرشده نمی‌توان استفاده کرد. برای این منظور از گونه‌ای خاص از فولاد مشهور به (Arctic D) استفاده می‌شود. مهم‌ترین خاصیت این فولاد جذب حداقل ۴۰ ژول در ۵۵- درجه سانتی‌گراد است. جدول زیر آزمایش چارپی دسته‌های فولاد را نشان داده است

جدول۵

نوع فولاد	دما برحسب درجهٔ سانتی‌گراد	مقاومت ضربه(ژول)
B	۰	۲۷
D	۰	۴۷
E	-۴۰	۲۷

تحقیق کنید

درباره آزمایش برخورد چارپی(Charpy Impact Test) تحقیق کنید.

در **آزمایش ضربهٔ چارپی** (Charpy Impact Test) نمونهٔ آزمایش به حالت یک تیر با تکیه‌گاه ساده مستقر می‌شود و ضربه در وسط دهانهٔ تیر درست پشت محل شیار وارد می‌شود. در یک ماشین **آزمایش چارپی** استاندارد، انرژی آونگ در پایین‌ترین نقطه حرکتش ۳۲۰ ژول است، البته ماشین‌های چارپی کوچکتر هم ساخته می‌شوند. سرعت آونگ ماشین چارپی استاندارد ۳۲۰ ژولی، در پایین‌ترین نقطهٔ حرکتش، به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از سرعت برخورد آونگ ماشین ایزود

استاندارد است و در حدود ۵/۳ متربر ثانیه است. نمونه‌های آزمایش چارپی را می‌توان با شیار V شکل یا U شکل تهیه کرد.

شکل۱۱- دستگاه آزمایش چارپی

برای دست‌یابی به نتیجه خاصی که نماینده خاصیت ماده باشد، حداقل ده نمونه باید آزمایش شود. البته در استاندارد مربوط به فلزات، تعداد نمونه‌هایی که با آزمایش آنها می‌توان به نتیجه نهایی رسید، مشخص نشده است.

شکل ۱-۱۲- نمونهٔ قبل از آزمایش

شکل ۲-۱۲- نمونهٔ بعد از آزمایش

آزمون چارپی برای تعیین خواص ضربه‌ای در دماهایی غیر از دمای محیط نیز مناسب است، زیرا لازم نیست نمونهٔ آزمایش در گیره بسته شود. در آزمون چارپی، نمونه فقط روی دوپایه تکیه دارد. نمونهٔ آزمایش را می‌توان در مدتی حدود چند ثانیه از کوره یا یخچالی که در نزدیکی ماشین آزمایش قرار دارد، بیرون آورد و در محل خود در ماشین قرار داد و آزمایش را به اتمام رساند. در این فاصله زمانی کوتاه فقط افزایش یا کاهش کمی در دمای قطعه صورت می‌گیرد.

معیار دیگری که از آزمایش چارپی به دست می‌آید، بررسی سطح شکست است. در این روش تعیین می‌شود که شکست رشته‌ای (شکست برشی)، دانه‌ای (شکست رخ‌برگی)، یا مخلوطی از هر دو است. این حالت‌های مختلف شکست به سادگی و حتی بدون بزرگ‌نمایی قابل تشخیص هستند. سطح صاف شکست رخ‌برگی بازتاب‌پذیری زیاد و ظاهر براقی دارد. در صورتی که سطح گودشده یک شکست رشته‌ای نرم، به صورت یک سطح جاذب نور و دارای ظاهری کدر است. معمولاً درصد شکست رخ‌برگی (یا رشته‌ای)، تخمین زده می‌شود. شکست رشته‌ای ابتدا در اطراف سطح بیرونی نمونه (لبهٔ برش) ظاهر می‌شود. سومین کمیتی که گاهی در آزمایش چارپی به دست می‌آید، شکل‌پذیری است که با درصد انقباض نمونه در محل شیار نشان داده می‌شود.

آزمایش ضربه با میلهٔ شیاردار هنگامی معنی پیدا می‌کند که در یک دامنهٔ دمایی انجام شود تا دمایی که در آن انتقال نرمی به تردی رخ می‌دهد، تعیین شود. انرژی جذب‌شده با کاهش دما کم می‌شود، ولی در بیشتر موارد کاهش در یک دمای مشخص رخ نمی‌دهد. این عامل باعث می‌شود که تعیین دقیق دمای انتقال مشکل شود. در انتخاب یک ماده از دیدگاه چقرمگی شیار یا تمایل به شکست ترد، دمای انتقالی عامل مهمی است.

آزمایش‌های ضربه با میله شیاردار در معرض پراکندگی زیادی، به ویژه در ناحیهٔ دمای انتقالی قرار دارند. بیشتر این پراکندگی به دلیل تغییر موضعی خواص فولاد و برخی به دلیل مشکلات تولید شیارهای مشابه است. شکل و عمق شیار همانند استقرار صحیح نمونه در دستگاه ضربه از متغیرهای بحرانی هستند.

مزیت اصلی آزمایش ضربهٔ چارپی با شیار v این است که آزمایش نسبتاً ساده‌ای است که در آن از یک نمونه آزمایش کوچک و ارزان استفاده می‌شود. آزمایش‌ها به سادگی در دامنه‌ای از دماهای زیر دمای محیط قابل اجرا هستند. همچنین، طراحی نمونهٔ آزمایش برای اندازه‌گیری اختلاف‌های چقرمگی شیار در مواد کم‌استحکام مانند فولادهای ساختمانی بسیار مناسب است. این آزمایش برای مقایسه اثر نوع آلیاژ و عملیات حرارتی بر چقرمگی شیار به‌کار می‌رود و غالباً از آن برای کنترل کیفیت و به منظور انتخاب مواد استفاده می‌کنند. مشکل عمده این است که استفاده از نتایج آزمایش چارپی در طراحی سخت است، چون هیچ کمیتی بر حسب میزان تنش وجود ندارد. همچنین هیچ رابطه‌ای بین **داده‌های چارپی** با اندازهٔ ترک ریز وجود ندارد. علاوه بر این، وجود پراکندگی زیاد که در این آزمایش ذاتی است، می‌تواند تعیین منحنی‌های مشخص دمای انتقالی را مشکل کند.

درجهٔ حرارت آزمایش چارپی

آزمایش چارپی باید در محدودهٔ دمایی ۱۸ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد انجام شود، مگر اینکه محدودهٔ دیگری مشخص گردد. برای آزمایش‌هایی که در درجهٔ حرارت‌هایی به غیر از درجه حرارت محیط انجام می‌شوند، به‌منظور اطمینان از رسیدن نمونه به درجه حرارت مورد نیاز، باید نمونه به مدت کافی در محیط گرم‌کننده یا

خنک‌کننده قرار داده شود (برای مثال حداقل ۱۰ دقیقه در یک محیط مایع یا ۳۰ دقیقه در یک محیط گازی). برای خارج ساختن نمونه از محیط گرم‌کننده یا خنک‌کننده و قرار دادن آن روی تکیه‌گاه به یک ابزار جابه‌جایی مناسب (نظیر یک انبر) نیاز است. اجزای ابزار جابه‌جایی در تماس با نمونهٔ آزمایش باید هم‌دما باشند تا نمونه را در محدودهٔ دمایی مجاز نگه‌دارند.

قیچی دستی

در این واحد یادگیری هنرجویان می‌توانند با قیچی‌های دستی ورق‌های فلزی نازک را با رعایت نکات ایمنی برش دهند. توسط این روش برشکاری می‌توانند اتصالات گالوانیزهٔ کانال‌های با قطر کم، دودکش‌های فلزی و زانویی آبگرمکن‌های گازی و پکیج را تولید کرد.

کار در کلاس

جدول ۶ را کامل کنید.

جدول ۶

نوع قیچی	کاربرد
مستقیم‌بُر	برای برشکاری مستقیم ورق و برش‌های کوتاه به سمت چپ و راست
چپ‌بُر	برای برشکاری مستقیم ورق و برش‌به سمت چپ
راست‌بُر	برای برشکاری مستقیم ورق و برش‌به سمت راست
طویل‌بُر	برای برشکاری مستقیم ورق‌های فلزی طویل
سوراخ‌بُر	برای برشکاری ورق فلزی شکل‌های منحنی و گردبری
منحنی‌بُر	برای برشکاری ورق فلزی شکل‌های منحنی و دایره‌ای

تحقیق کنید

با جست‌وجوی اینترنتی طبقه‌بندی قیچی‌های دستی را بررسی کنید. درصورت وجود مدل‌های متفاوت تصویر وکاربرد آن را در کلاس ارائه کنید.

برای انجام تحقیق هنرجویان از کلید واژهای قیچی(Snips) و قیچی دستی (Hand Snips) استفاده کنند.

شکل ۱۳

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

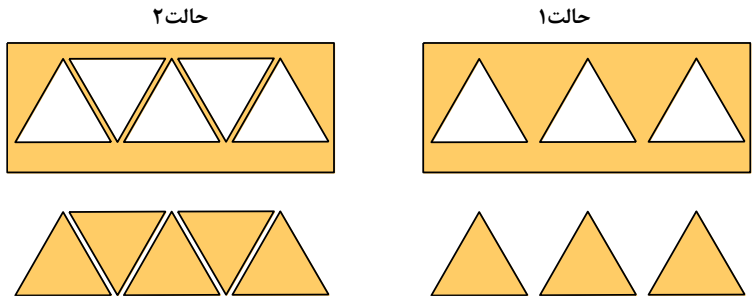
روش	روش انجام	کاربرد
فاق‌بُری	برش بخش کوچکی از ورق فلزی بدون دورریز	فاق‌بُری ورق فلزی در خمکاری
اضافه‌بُری	برش سرتاسری ورق فلزی با دورریز	برش قسمت اضافی
شکل‌بُری	برش دورتادور بخشی از ورق فلزی	برای برش طرح روی ورق فلزی
سوراخ‌کاری	برش و ایجاد سوراخ بر روی ورق فلزی	سوراخ‌کاری

محاسبهٔ مقدار دورریز در برشکاری:

فکر کنید

با دقت به شکل ۱۵ توجه کنید. کدام یک از حالت بین حالت ۱ و۲ دورریز کمتری دارد و کارفرما برای آن کمتر هزینه می‌کند؟

حالت ۲ دورریز کمتری دارد و این به‌دلیل چیدمان صحیح قطعات مورد نظر بر روی ورق فلزی است.



شکل ۱۴

دورریز به مقدار ورق باقی‌مانده از محصول اصلی گویند. برای محاسبهٔ دورریز ورق در برشکاری باید سطوح قطعات ساخته شده را از سطح اولیه ورق کم می‌کنیم. عدد به‌دست‌آمده سطح دورریز ورق است.

۱۰۰ × مساحت کل ورق/ مساحت دورریز = درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه

۱۰۰ × مساحت سطح برش/ مساحت دورریز ورق = درصد دوریز ورق بر مبنای سطح ساخته‌شده

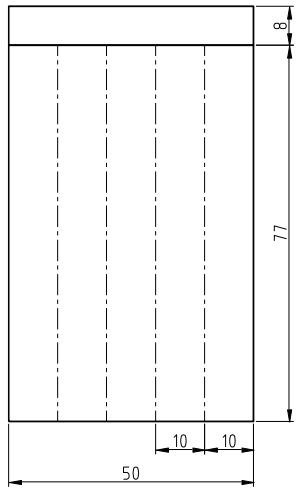
فعالیت عملی

با توجه به نقشه شکل ۱۵، ورق فولادی به ابعاد ۵/۰×۵۰×۸۵ میلی‌متر انتخاب کنید و نقشه را بر روی آن پیاده نمایید، سپس با قیچی مناسب برشکاری کنید. دورریز ورق محاسبه شود.

با توجه به شکل توسط گونیا، خط‌کش فلزی و سوزن خط‌کش نقشه را بر روی ورق فولادی پیاده می‌کنیم. سپس توسط قیچی طویل‌بُر یا مستقیم‌بُر قسمت اضافی را می‌بُریم. توجه کنید اگر می‌خواهید از قیچی مستقیم‌بُر استفاده کنید، ورق را کمی خم کنید.

با توجه به شکل، مقدار دورریز ورق به‌راحتی قابل محاسبه است:

مقدار دورریز ورق = ۵۰ × ۸ = ۴۰۰ mm^2

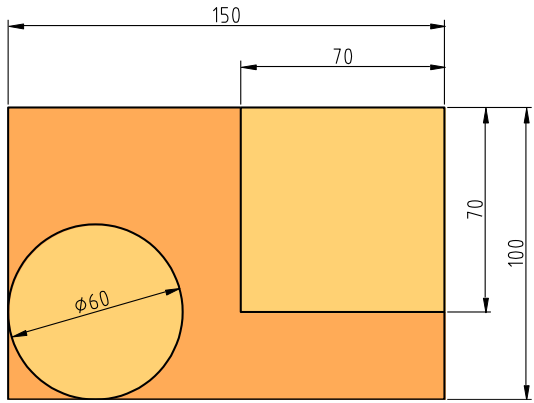


شکل ۱۵

فعالیت عملی

ورق گالوانیزه به ابعاد ۰/۵×۱۰۰×۱۵۰ میلی‌متر مطابق شکل ۱۶ انتخاب کنید. هر شکل را با قیچی مناسب برش دهید.

نقشهٔ زیر را با استفاده از سنبه، خط‌کش فلزی، گونیا، سوزن خط‌کش و پرگار بر روی ورق گالوانیزه پیاده می‌کنیم و توسط قیچی مستقیم‌بُر، شکل مربع و توسط قیچی گردبُر، شکل دایره را برش می‌زنیم.



شکل ۱۶

فعالیت عملی

با توجه به شکل ۱۷ و پیاده‌سازی قبلی با قیچی دستی مناسب برشکاری را انجام دهید و درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه و سطح ساخته‌شده را محاسبه کنید.

با استفاده از گونیا، خط‌کش، سوزن خط‌کش و سنبه مربع وسط نقشه را مشخص می‌کنیم و با رسم ارتفاع مثلث‌ها در تمامی وجوه مربع مثلث‌ها را رسم می‌نماییم. سپس توسط قیچی مستقیم‌بُر شکل مورد نظر را می‌بُریم.

درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه = مساحت دورریز / مساحت کل ورق × ۱۰۰

درصد دوریز ورق بر مبنای سطح ساخته‌شده = مساحت سطح برش / مساحت دورریز ورق × ۱۰۰

مساحت ورق = ۶۰ × ۶۰ = ۲۳۶۰۰ cm^2

مساحت سطح ساخته‌شده = ۲۰ × ۲۰ + ۴ × (۲۰×۲۰÷۲) =۱۲۰۰ cm^2

مساحت دورریز ورق =۳۶۰۰-۱۲۰۰+ ۲۴۰۰ cm^2

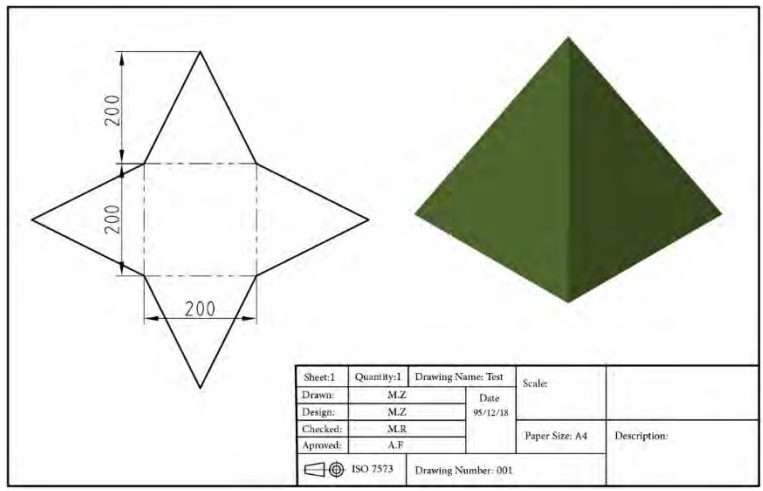
درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه = ۲۴۰۰/۳۶۰۰×۱۰۰=۶۶/۷ ٪

درصد دوریز ورق بر مبنای سطح ساخته‌شده = ۲۴۰۰/۱۲۰۰×۱۰۰=۲۰۰ ٪

مشاهده می‌شود که با توجه به شکل مورد نظر و اندازهٔ ورق، هدررفت ورق زیاد است. در این وضعیت ما دو راه پیش رو داریم:

۱- استفاده از ورق هدررفت برای مصارف دیگر؛

۲- انتخاب ورق بزرگتر و چیدمان چندین نمونه از این شکل طوری که کمترین هدررفت را داشته باشیم.

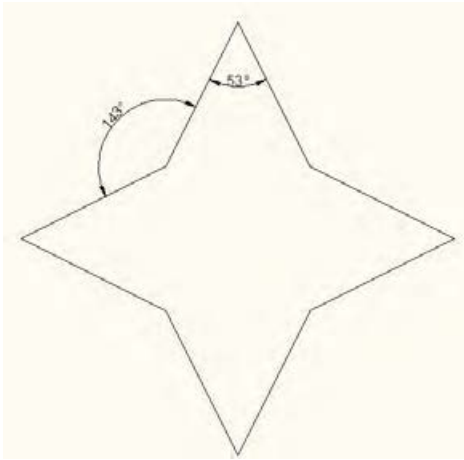


شکل ۱۷

فعالیت عملی

زوایای نقشهٔ ۱۸ را با استفاده از زاویه‌سنج به‌دست آورید.

پس از اندازه‌گیری زوایای مشخص‌شده در شکل توسط هنرجویان، اطلاعات به‌دست‌آمده را با زوایای داده‌شده در شکل زیر مقایسه کنید.



شکل ۱۸

واحد یادگیری۳: برشکاری ورق فلزی با قیچی اهرمی

زمان آموزش	جمع: ۲۰ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- روش برشکاری ورق با قیچی اهرمی را فراگیرد.
۲- با روش برشکاری ورق فولادی با دستگاه برش هوا-گاز، پلاسما و جت آب آشنا شود.
۳- با نکات ایمنی در برشکاری ورق با قیچی اهرمی آشنا شود و آن را رعایت کند.

- شایستگی‌های غیر فنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- بااستفاده از روش فناورانه و اینترنت این واحد را یاد گیرد.

قیچی اهرمی

در این واحد یادگیری هنرجویان می‌توانند با قیچی‌های اهرمی ورق‌های با ضخامت متوسط را با رعایت نکات ایمنی برش دهند.
با توجه به برش ورق‌های متوسط می‌توان از این روش برش برای ساخت وسایل صنعتی و ظروف استفاده کرد.
قیچی اهرمی برای برشکاری صاف و منحنی روی ورق‌های فلزی با ضخامت بیشتر از حد قیچی دستی به‌کارمی‌رود. علاوه بر این، از این نوع قیچی‌ها برای برشکاری مقاطع پروفیلی دیگر مانند تسمه، نبشی و میل‌گرد می‌توان استفاده کرد. این روش برشکاری بدون براده‌برداری انجام می‌شود ودورریز ناچیزی دارد.

کار در کلاس

جدول ۹ را کامل کنید.

انواع قیچی اهرمی:

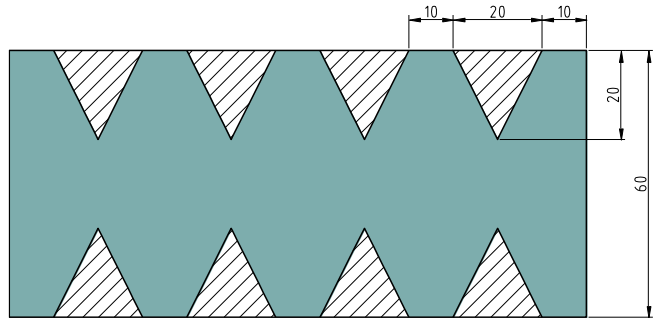
جدول۹

نوع قیچی	کاربرد
قیچی اهرمی ساده	برای برشکاری ورق‌های فلزی تا ۲ میلی‌متر
قیچی اهرمی منحنی‌بُر	برشکاری منحنی ورق تا ۳ میلی‌متر
قیچی اهرمی با میزکار	برشکاری مستقیم با طول برش زیاد
قیچی اهرمی مرکب	برشکاری مستقیم با طول کوتاه و برشکاری میل‌گرد، سه‌پری و نبشی

فعالیت عملی

پس از برش ورق در اندازهٔ مناسب آن را گونیا کنید و نقشه زیر شکل ۱۹ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید. سپس توسط قیچی اهرمی برشکاری نمایید. دورریز را محاسبه کنید.

پس از برش ورق در ابعاد ۶۰ × ۱۳۰ میلی‌متر توسط ابزار پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق، مانند خط‌کش فلزی، سوزن‌خط کش و گونیا، بر روی دو طول ورق مثلث‌های متساوی الساقینی را به قاعده و ارتفاع ۲۰ میلی‌متر به فاصلهٔ ۱۰ میلی‌متر از همدیگر و از گوشه‌های ورق رسم می‌کنید. پس از آن توسط قیچی اهرمی ساده یا مرکب مثلث‌ها را برش می‌دهید.
برای محاسبهٔ دوریز ورق می‌توان مساحت یک مثلث را به‌دست آورد و سپس در عدد۸ ضرب کرد.
محاسبهٔ دورریز ورق=۲۰×۲۰÷۲×۸= ۱۶۰۰ mm^2

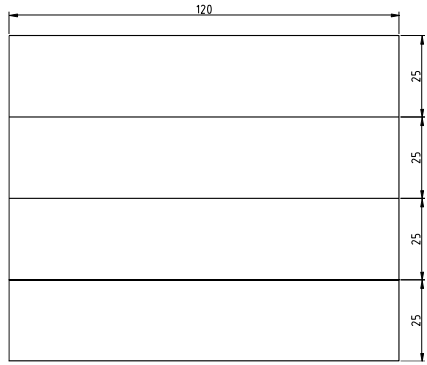


شکل ۱۹

فعالیت عملی

پس از برش ورق در اندازه مناسب آن را گونیا نمایید و نقشهٔ زیر شکل ۲۰ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید. سپس توسط قیچی اهرمی برشکاری نمایید.

پس از برش ورق در ابعاد ۱۰۰×۱۲۰ میلی‌متر توسط ابزار پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق مانند خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش و گونیا، نقشه را بر روی ورق فلزی پیاده می‌کنید. سپس توسط قیچی اهرمی با میز کار بر روی خطوط برش می‌دهید.



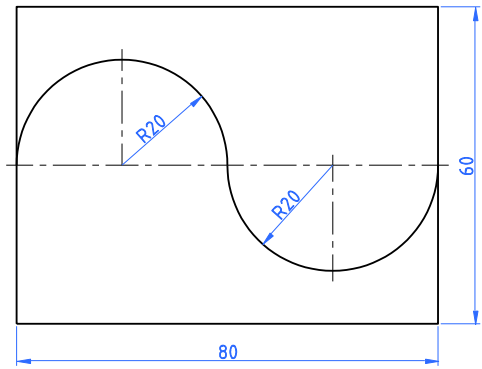
شکل ۲۰

فعالیت عملی

پس از برش ورق در اندازهٔ مناسب آن را گونیا نمایید و نقشهٔ زیر شکل ۲۱ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید سپس توسط قیچی اهرمی برشکاری و کنترل نمایید.

پس از برش ورق در ابعاد ۶۰×۸۰ میلی‌متر توسط ابزار پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق، مانند خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، گونیا و پرگار، نقشه را بر روی ورق فلزی پیاده می‌کنید. برای پیاده‌سازی نقشه ابتدا خط تقارن را بر وجه ۶۰

میلی‌متری توسط گونیا، خط‌کش و سوزن خط‌کش بر روی ورق رسم می‌کنید، سپس دو نیم‌دایره که هرکدام در یک طرف خط تقارن به شعاع ۲۰ میلی‌متر و مراکز آنها بر خط تقارن است، رسم می‌کنید؛ به‌طوری که اگر دایره کامل باشند، بر هم مماس گردند. سپس توسط قیچی اهرمی منحنی‌بُر برش را انجام می‌دهید.



شکل ۲۱

نمایش فیلم

فیلم برش فلز توسط دستگاه هوا گاز را نمایش دهید.

نمایش فیلم

فیلم برش فلز توسط دستگاه پلاسما را را به نمایش بگذارید.

فکر کنید

مزایای برش پلاسما نسبت به دیگر روش‌های دیگر برش چیست؟

پاسخ:
۱- تراشه فلزی ایجاد نمی‌گردد. ۲- دقیق برش می‌دهد. ۳- لبهٔ برش آن نسبت به برش هواگاز صاف‌تر می‌باشد.

نمایش فیلم

فیلم برش فلز توسط جت آب را به نمایش بگذارید.

ارزشیابی برشکاری ورق فلزی

شرح کار:
خواندن نقشه و پیاده‌سازی آن بر ورق فلزی
برشکاری با قیچی دستی
برشکاری با قیچی اهرمی.

استاندارد عملکرد:
داده‌های مورد نیاز را از نقشهٔ برشکاری به‌دست آورند و بر روی ورق فلزی پیاده‌سازی کنند. سپس توسط قیچی‌های دستی و اهرمی ورق فلزی را برش بزنید.

شاخص‌ها:
- سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار و زنگ‌زدگی باشد
- انتقال دقیق ابعاد و اندازهٔ نقشه، اندازه‌گیری و خط‌کشی روی ورق
- برشکاری مطابق نقشه
- انطباق دقیق ابعاد و اندازه نقشه با محصول برش‌خورده

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه ورق‌کاری با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: خط‌کش فلزی، متر، سوزن خط‌کش، پرگار، گونیا، سنبه، زاویه‌سنج، قیچی دستی و قیچی اهرمی.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	خواندن و پیاده‌سازی نقشه	۲	
۲	برشکاری ورق فلزی با قیچی دستی	۲	
۳	برشکاری ورق فلزی با قیچی اهرمی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و غیره ۱-رعایت نکات ایمنی درحین برشکاری، ۲- تمیزکاری محل جوشکاری، ۳-رعایت نکات زیست‌محیطی و جمع‌آوری دورریزها، ۴- رعایت اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

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

پودمان ۲

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

یکی از مهم‌ترین مراحل ساخت شناور، خمکاری ورق آن است. در تصویر بالا مشاهده می‌شود که در یک کارخانهٔ کشتی‌سازی، ابتدا ورق‌هایی با ابعاد ۲ در ۶ متر (۶ عدد) با دستگاه‌های خمکاری ورق خم شده‌اند و سپس به یکدیگر جوش خورده‌اند تا با جرثقیل‌های سقفی به محل مونتاژ قطعات شناور منتقل گردند. دقت بالا در خمکاری، از جمله ضروریات این مرحله است تا ورق‌ها به‌شکل دقیق بر هم منطبق شوند و عملیات جوشکاری، بدون فشار بر بدنه انجام شود.

پودمان ۲
خمکاری ورق و پروفیل فلزی

نوع درس:نظری-عملی
زمان آموزش: ۴۰ساعت
بخش نظری: ۱۵ساعت
بخش عملی: ۲۵ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
۱- استانداردهای خمکاری را بداند و بتواند از آنها استفاده کند.
۲- خمکاری دستی(سرد و حرارتی) را فراگیرد و بتواند انجام دهد.
۳- خمکاری پرفیل و لوله را فراگیرد و بتواند انجام دهد.
۴- نکات ایمنی را در خمکاری ورق و پرفیل‌های فلزی رعایت کند.

روش تدریس پودمان

۱- اغلب در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲- سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شود و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کنند تا بتوانند این نکات را به‌خوبی فراگیرند و برای همیشه به‌خاطر بسپارند.
۳- توصیه می‌شود برای تدریس بهتر این پودمان، هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند؛ یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با خمکاری، مطالعه کنند و یاد بگیرند و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهند.
۴- پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، به موارد ذکرشده در بخش‌های **دانش‌افزایی** توجه کند و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.
۵- توصیه می‌شود با هدف **تقویت مهارت‌های خواندنی و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، از آنان خواسته شود تحقیق و گزارش‌های خود را

به‌صورت دستی برروی کاغذ بنویسند و ارائه دهند. و از کپی کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری کنند.
۶- فعالیت‌هایی ازقبیل ((فکر کنید))، ((بحث کنید))، و غیره برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.
۷- از هنرجویان بخواهید تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهند.

سؤال‌های پیشنهادی

۱- انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را بگویید.
۲- مزایا و معایب روش‌های خمکاری سرد، گرم و داغ را بگویید.
۳- در خمکاری با فشار قالب شعاع خمکاری درونی ورق باید چقدر باشد؟
۴- انواع ماشین‌های خمکاری را نام ببرید و بگویید هر یک چه کاربردی دارد؟
۵- انواع روش‌های خمکاری سرد را نام ببرید و هر یک را به‌صورت مختصر شرح دهید.
۶- ابزارها و وسایل خمکاری دستی کدامند؟
۷- انواع روش‌های خمکاری حرارتی را نام ببرید و هر یک را به‌صورت مختصر شرح دهید.
۸- ابزارهای خمکاری حرارتی را نام ببرید.
۹- انواع روش‌های خمکاری پروفیل‌ها را نام ببرید و هر یک را به‌صورت مختصر شرح دهید.
۱۰- به ازای هر ۹۰درجه خمکاری لوله، چند درجه برگشت فنری داریم؟
۱۱- در خمکاری دستی لوله با قطر کم حداقل شعاع خمش چقدر است؟
۱۲- حداقل فاصله دوخم در لوله باید چقدر باشد؟

واحد یادگیری ۱: کاربرد استانداردهای خمکاری ورق

زمان آموزش	جمع : ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- استانداردهای خمکاری را بداند و بتواند از آنها استفاده کند.
۲- روش به‌دست آوردن حداقل شعاع مجاز خمکاری را بداند.
۳- با ابزارها و ماشین‌های خم کاری آشنا شود.

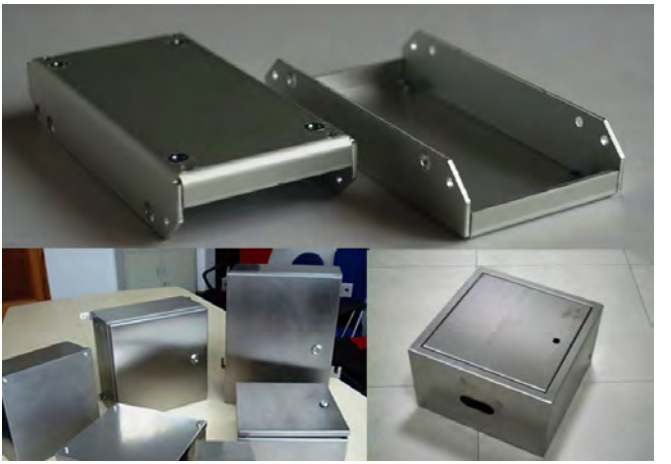
- شایستگی‌های غیر فنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

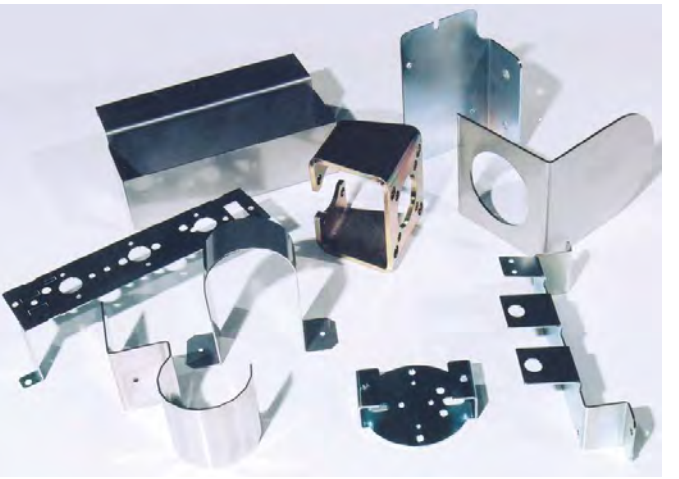
دانش‌افزایی

خمکاری فلزات یکی از فرایندهای حیاتی در صنعت تولید است. از این فرایند برای تولید مصنوعات فلزی در صنایع الکترونیکی، الکتریکی، ساختمان، دامداری، کشاورزی، غذایی و غیره استفاده می‌شود. این روش اساسی‌ترین و سریع‌ترین شیوه در تولید مصنوعات فلزی است. نمونه‌ای از این تولیدات فلزی را در زیر مشاهده می‌کنید.

شکل ۱- خمکاری فلز برای صنعت برق- خمکاری استیل- خمکاری آهن- خمکاری آلومینیوم



شکل۲- خمکاری فلز برای صنایع دامداری و کشاورزی و صنایع غذایی- خمکاری ورق فولاد



شکل۳- خمکاری برای صنایع ساختمان

خمکاری ورق فلزات باعث می‌شود که فلز در جهت اعمال نیرو باشد، دچار تغییر شکل پلاستیکی شود و هندسه ورق تغییر کند. همانند بقیهٔ فرایندهای شکل‌دهی فلزات، در خمکاری ورق نیز شکل ورق تغییر می‌کند، ولی حجم فلز بدون تغییر باقی می‌ماند. در برخی از موارد خمکاری ممکن است ضخامت ورق را کمی تغییر دهد. اما در بیشتر موارد این اتفاق رخ نمی‌دهد و ضخامت ورق فلزی ثابت می‌ماند.

خمکاری فلز باعث ایجاد کشش و فشار در فلز می‌شود. نکتهٔ مهمی که در خمکاری باید توجه داشت، آن است که خواص ماده در خمکاری بسیار حائز اهمیت است. در برخی از موارد، خمکاری سرد و در برخی از موارد، خمکاری در دمای کاری گرم انجام می‌گردد.

بیشتر اوقات عملیات خمکاری با دستگاهی به نام پرس برک انجام م شود. بنابراین فرایند خمکاری در صنعت به‌نام عملیات شکل‌دهی پرس برک نیز معروف است. پرس برک‌ها در ابعاد و اندازه‌های متنوعی (بین ۲۰ تا ۲۰۰تن) در بازار وجود دارند. هر دستگاه خمکاری شامل یک ابزار بالا (پانچ) و یک ابزار پایین (سنبه) است که ورق فلزی بین این دو ابزار قرار می‌گیرد. ورق فلزی بر روی سنبه قرار می‌گیرد و توسط فک‌هایی نگاه داشته می‌شود، سپس پانچ پایین می‌آید و ورق را خم می‌کند. در دستگاه‌های خم CNC این نیرو توسط جک‌های هیدرولیک ایجاد می‌شوند.

زاویهٔ خم نیز با توجه به عمق نیروی اعمالی بر روی ورق تعیین می‌گردد. این عمق به‌طور دقیق برای رسیدن به زاویهٔ مورد نظر کنترل می‌شود. ابزار مناسب برای خمکاری با توجه به کیفیت محصول، نوع ورق، کیفیت ورق و درجهٔ خمکاری انتخاب می‌گردد. این ابزار اغلب از فولادهای کربنی ساخته می‌شوند.

خمکاری فلزات به‌روش کنترل عددی با رایانه یا CNC، یک فرایند ساخت است که با استفاده از دستگاه‌های پرس برک CNC انجام می‌گیرد. این دستگاه‌ها می‌توانند عملیات خمکاری را روی ورق‌های فلزی به ضخامت تنها چند میلی‌متر تا قطعاتی به طول ده‌ها متر بر روی بزرگ‌ترین ماشین‌آلات صنعتی انجام دهند. دستگاه پرس برک CNC به دو صورت است.

دستگاه برس برک با استفاده از ابزار پیمایش خودکارCNC، خدمات فرم‌دهی و خم دقیقی را عرضه می‌کند. دستگاه‌های پرس برک CNC برای شکل‌دهی دقیق طیف وسیعی از ورقه‌های فلزی در جنس، ابعاد و ضخامت‌های گوناگون استفاده می‌شوند. فرایندهای فرم‌دهی پرس برک قابلیت تولید بالا با کمترین نیاز به پرداخت‌کاری ثانویه را دارند.

به‌طور کلی فریند خمکاری فلزات به نوع قطعه کار، ابعاد و ضخامت بستگی دارد. به‌علاوه مؤلفه‌های همچون اندازه خم، شعاع خم، زاویهٔ خم، انحنای خم و مکان خم بر روی قطعه کار در خمکاری بستگی دارد.

تحقیق کنید

انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را بیابید.

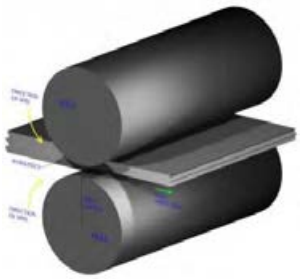
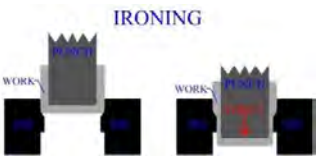
پاسخ:
شکل‌دهی فلزات به نوعی عمل فیزیکی بر روی فلز گفته می‌شود که فلز بخواهد تغییر شکل دائمی از خود نشان دهد، بدون اینکه در مقاومت و سختی آن خلل قابل توجهی به‌وجود آید. در صنعت کشتی‌سازی به‌دلیل اینکه فرم بدنهٔ شناور خمیده است، لازم است که در بسیاری از جاهای ورق‌ها و پروفیل‌ها، قبل از اینکه اتصال داده شوند، شکل‌دهی شوند. این کار لازم است با ابزار و وسایل استاندارد و با دقت کافی صورت پذیرد تا فرایند ساخت یا تعمیر شناور به شکل مطلوب صورت پذیرد. اما لازم است که انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات در ادامه بیاید و مزایا و معایب هر یک و نیز روش کار آن توضیح داده شود.
جدول ۱ انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را نمایش می‌دهد:

جدول ۱- انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات

ردیف	عنوان شکل‌دهی	انواع
۱	پرسکاری	نورد، آهنگری، حدیده‌کاری
۲	شکل‌دهی کششی/ فشاری	کش‌دهی، شکل‌دهی چرخشی، اتوکشی، بادکردن، تغییر شکل کششی
۳	نیروهای کششی	
۴	خمکاری	
۵	قیچی‌کاری/ برش ظریف	

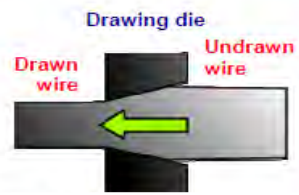
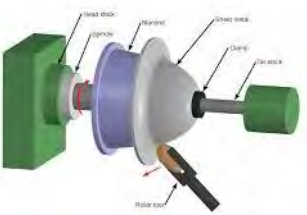
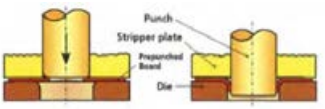
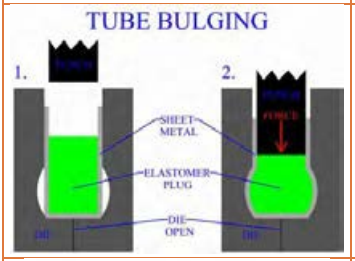
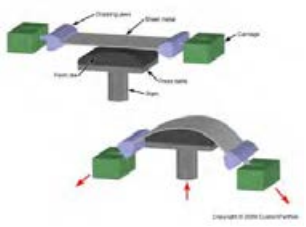
حال پس از توضیح هر یک از این روش‌ها، به‌طور مپودمان به خمکاری می‌پردازیم.
پرسکاری: به روش شکل‌دهی فلزات در حالتی گفته می‌شود که با اعمال فشار از یک سری جوانب و با مقادیری متفاوت بر روی فلز حاصل می‌شود.
جدول ۲، انواع روش‌های پرسکاری را نشان می‌دهد.

جدول ۲- انواع روش‌های پرسکاری

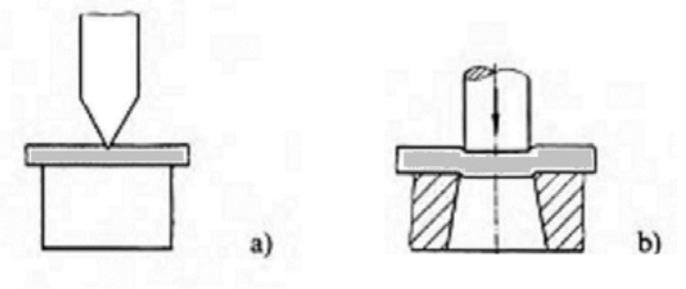
ردیف	نام فارسی	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شکل
۱	نورد	rolling	معمولاً فلز را با عبور از بین دو یا چند غلتک، تغییر شکل یا تغییر ضخامت می‌دهند. برای ساخت ورق‌هایی با ضخامت‌های مختلف و نیز پروفیل‌ها کاربرد دارد.	
۲	آهنگری	ironing	در این روش، معمولاً فلز را بر روی یک تکیه‌گاه یا در یک قالب قرار می‌دهند و با پتک دستی و یا ماشینی، فلز را تغییر شکل می‌دهند. برای ساخت هندسی فلزات. در برخی اوقات، فلز را مذاب می‌کنند و درون قالب می‌ریزند تا شکل پیدا کند.	
۳	حدیده کاری	forging	نوعی شکل‌دهی فلز است که فلز در دمای محیط و با فشار زیاد در یک قالب جریان می‌یابد و تغییر شکل می‌دهد. برای تولید قوطی و ...	

شکل‌دهی کششی/ فشاری: همان‌گونه که از نامش پیداست، فلز تحت تأثیر فشار یا کشش تغییر شکل می‌دهد. حال به معرفی انواع آنان می‌پردازیم. جدول ۳ انواع این روش‌ها را توضیح می‌دهد.

جدول ۳- انواع روش‌های شکل‌دهی کششی/ فشاری

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	توصیف	شماتیک عملکرد
۱	کش‌دهی	Drawing	در این حالت، فلز با نیرویی، درون یک قالب که ابعاد آن تنگتر از سطح مقطع فلز است، کشیده می‌شود. بیشتر برای ساخت آرماتور و یا سیم از آن استفاده می‌شود.	
۲	شکل‌دهی چرخشی	spinning	در این حالت، ابزار شکل‌دهی، به‌صورت چرخشی بر فلز اعمال می‌شود و باعث تغییر شکل و حالت آن می‌شود. برای ساخت مصنوعات گرد مانند قوطی‌ها و ظروف و غیره استفاده می‌شود.	
۳	اتوکشی	Collar forming	تغییر شکل دادن فلز با قراردادن آن درون یک قالب و تغییر حالت دادن آن به‌گونه‌ای که به‌شکل توخالی درآید. در ابتدا یک حفره در سطح فلز ایجاد شده است. برای ایجاد لبه به‌کار می‌رود.	
۴	باد کردن	bulging	شکل‌دهی فلز با تزریق هوا در زیر آن صورت می‌پذیرد. این کار باعث می‌شود شکل فلز بیشتر متأثر از فشار هوا نیز تغییر کند تا فرم قالب. برای تولید مخازن خاص مانند آکومولاتور و غیره به‌کار می‌رود.	
۵	تغییر شکل کششی	Stretch forming	ورق به‌طور همزمان کشیده و خم می‌شود. برای ایجاد مرزهای خمیده فلزی مانند دیوارهٔ مخازن نفتی و غیره به‌کار می‌رود.	

شکل‌دهی با برش ظریف: در این روش، برش صورت نمی‌گیرد، بلکه با استفاده از یک سنبهٔ پهن، یک فرم تورفتگی کوچک ایجاد می‌شود.



شکل۴- شکل‌دهی با برش ظریف

علاوه بر این روش‌ها، شیوه‌های مدرنی همچون شکل‌دهی الکترومغناطیس، انفجاری و غیره نیز وجود دارند که از حوصلهٔ بحث در اینجا خارج است.

جدول ۴- انواع روش‌های خمکاری ورق از نظر دمایی

نوع خمکاری	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	مزایا	معایب
سرد	Cold Bending	در دمای محیط و با فشار و نیروی زیاد ماشین‌آلات، فلز شکل‌دهی می‌شود. پس از خمکاری، معمولاً نیاز به ماشین‌کاری یا صافکاری ندارند.	- دقت بیشتر و تلرانس کمتر - پرداخت بهتر سطح - ایجاد استحکام بیشتر در فلزات در برخی مواقع - بی نیاز به صرف انرژی حرارتی و آلودگی محیط زیست	- نیاز به نیروی فراوان جهت خمکاری - سطح فلزات باید در ابتدا تمیز شود - خصوصیات فلز در دمای محیط باعث محدودیت در خمکاری می‌شود.
گرم	Warm Bending	در دمای بالاتر از دمای محیط صورت می‌پذیرد. این دما حدود ۰/۳ دمای ذوب فلز است.	- نیاز به نیروی کمتر از خمکاری سرد - امکان فشکل‌دهی با هندسهٔ پیچیده‌تر	قطعه ابتدا باید گرم شود
داغ	Hot Bending	در دمایی بالاتر از دمای خمکاری گرم صورت می‌پذیرد. حدود ۰/۵ دمای ذوب.	- تغییر شکل‌پذیری فلز زیاد می‌شود - نیاز به نیروی فیزیکی به‌مراتب کمتر(برخی اوقات فقط با حرارت شکل‌دهی می‌شود)	- دقت ابعادی کمتر - امکان اکسیداسیون سطح فلز - آلودگی محیط زیست - عمر کمتر ابزارآلات شکل‌دهی(قالب و گیره و غیره)

خمکاری سرد

کار در کلاس

کار در کلاس: اصطلاح لاتین روش‌های خمکاری را در جدول زیر با کمک هنرآموز بنویسید.

جدول ۵- روش‌های خمکاری سرد

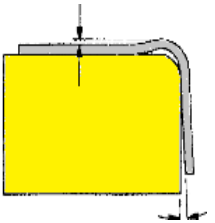
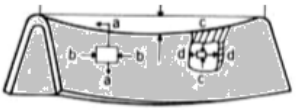
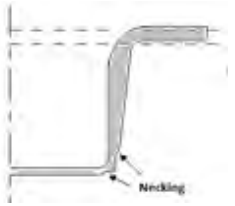
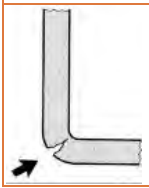
نوع خمکاری	اصطلاح انگلیسی	توضیحات
خمکاری هوایی	Air Bending	در این روش، سنبه و قالب فقط برای انتقال نیرو استفاده می‌شوند. قطعه ورق روی دو نقطه تکیه داده می‌شود و سنبه بر روی فلز فشار می‌آورده و فلز را خم می‌کند. در این خمکاری، قالبی برای کنترل میزان خمکاری وجود ندارد.
خمکاری V شکل	V-Bending	سنبه و قالب، هردو V شکل هستند. قبل از شکل‌دهی بدین صورت، ابتدا خمش هوایی صورت می‌پذیرد تا ورق کمی خم شود.
خمکاری U شکل	U-Bending	در این حالت، شکل‌دهی ورق به‌صورت U خواهد بود. برای رسیدن به شکل U مطلوب، اغلب یک تکیه‌گاه زیرین در قالب خمکاری قرار می‌گیرد تا نتیجه بهتری حاصل گردد.
خمکاری با غلتک (نورد)	Roll-Bending	در این روش، معمولاً فلز با استفاده از سه غلتک خم می‌شود. این روش بیشتر برای خم کردن ورق‌های بزرگ، به‌خصوص ورق بدنهٔ کشتی استفاده می‌شود. در این حالت، غلتک بزرگتر در یک محدودهٔ زاویه می‌چرخد و در این بین، ارتفاع دو غلتک پایینی تطبیق داده می‌شود. بدین شکل می‌توان ورق را تا میزان دلخواه خم کرد.

تحقیق کنید

عیوب به‌وجودآمده در خمکاری ماشینی سرد چیست؟ دلایل آن را توضیح دهید.

پاسخ: جدول ۶، مهم‌ترین عیوب را با ذکر اصطلاح انگلیسی و نیز دلایل آن را بیان می‌کند.

جدول ۶- عیوب خمکاری سرد و دلایل وقوع آنها

ردیف	نام عیب	اصطلاح انگلیسی	توضیحات
۱	اعوجاج	Recoil	در زمان خمکاری لبه‌سازی به‌وجود می‌آید. به‌دلیل استفاده‌نکردن از ابزار مناسب (قالب و نگهدارنده) در حین فرایند خمکاری 
۲	شکم کردن	Warping, Cambering	در نتیجه خمکاری یک ورق طولانی به‌وجود می‌آید که اغلب با فرایندهای دستی این شکم گرفته می‌شود. 
۳	باریک شدن در ناحیهٔ خمکاری	Necking	رعایت نکردن شعاع خمکاری 
۴	شکاف در لبه	Ent Crack in part	به‌دلیل رعایت‌نکردن شعاع خمکاری، جنس نامرغوب، بریدگی اولیهٔ ریز در هنگام برشکاری 

تحقیق کنید

چه عواملی بر میزان برگشت فنری تأثیر می‌گذارند و برای جبران یا جلوگیری از برگشت فنری، چه راهکارهایی وجود دارد؟

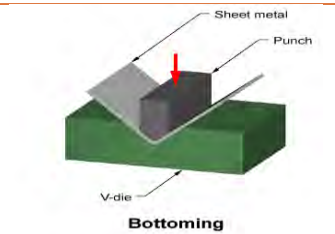
پاسخ: جدول۷، عوامل تأثیرگذار را نشان می‌دهد.

جدول ۷- عوامل برگشت فنری و نوع تأثیر

ردیف	عامل تأثیرگذار	نوع تأثیر
۱	شعاع خمکاری	افزایش آن باعث افزایش برگشت به عقب می‌گردد
۲	زاویهٔ خمکاری	افزایش آن باعث افزایش برگشت فنری می‌شود.
۳	ضخامت ورق	افزایش آن باعث کاهش برگشت فنری می‌شود.
۴	جنس ورق	مقاومت کمتر در برابر خمش پلاستیک، باعث کاهش برگشت فنری آن می‌گردد.

راهکارهای جبران و یا پیشگیری از برگشت فنری نیز در جدول ۸ ذکر شده است.

جدول ۸- راهکارهای پیشگیری و جبران برگشت فنری

ردیف	نام راهکار	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شماتیک
۱	شکل‌دهی کششی	Stretch bending	خمکاری همراه با ایجاد کشش	
۲	ایجاد فشار موضعی	bottoming	ایجاد فشار دقیقاً در محل لبهٔ خمکاری	
۳	خمش مضاعف	overbending	از ابتدا، زاویهٔ خمکاری را بیش از حد مطلوب خم می‌کنیم.	
۴	ایجاد حرارت	heating	باعث کاهش خاصیت ارتجاعی فلز حین خمکاری می‌گردد.	

تحقیق کنید

درحین کار با دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خمکاری، چه نکات ایمنی، زیست‌محیطی و بهداشتی باید رعایت گردد؟

پاسخ:

در دستگاه غلتک:

۱- به علائم هشدار و خطر نصب‌شده بر روی دستگاه توجه کنید.

۲- از هرگونه دست‌کاری و کنجکاوی در سیستم برق، گیربکس، اینورتور و غیره خودداری کنید.

۳- ضروری است در حین کار با دستگاه، غیر از شما حداقل یک نفر دیگر نیز در آزمایشگاه حضور داشته باشد. لذا در مواقعی که در آزمایشگاه تنها هستید، هرگز با دستگاه کار نکنید.

۴- در حین کار با دستگاه از افراد دیگر بخواهید در اطراف آن تجمع نکنند. مخصوصاً در سمت خروجی غلتک‌ها و در اطراف اجزای متحرک کسی حضور نداشته باشد.

۵- حتی‌المقدور نورد نمونه‌ها را در محدودهٔ سرعت دوران پایین دستگاه انجام دهید.

۶- در حین جذب نمونه توسط دستگاه، مراقب هرگونه تماس مستقیم دست و پوشش خود با غلتک‌ها باشید و از نزدیک کردن سر و صورت خود به دهانهٔ غلتک‌ها جداً پرهیز کنید.

۷- ابعاد اولیهٔ نمونه‌های نورد باید متناسب با قابلیت غلتک‌ها باشد؛ لذا از نورد کردن نمونه‌های با ابعاد خیلی بزرگ و ضخیم اجتناب شود. ضروری است در مورد ابعاد مناسب نمونه‌ها، با کارشناس و یا هنرآموز مربوط مشورت کنید.

۸- شکل هندسی نمونه‌ها باید به صورت صفحه/ ورق/ مکعب مستطیل و تمام سطوح آن کاملاً تخت و عاری از ناهمواری باشد. لذا از نورد نمونه‌های با مقطع غیرمستطیلی‌شکل (گرد، سه گوش، شش گوش، چهار گوش مربع و غیره) خودداری کنید.

۹- نمونه را به روش صحیح و با انبر مناسب بگیرید و به سمت غلتک‌ها هدایت کنید. از گرفتن نمونه با دست و بدون انبر خودداری کنید.

در دستگاه پرس:

۱- در ابتدا هنرجویان باید طرز استفاده از این پرس را با کمک مسئول آزمایشگاه شکل دادن فلزات آموزش ببینند.

۲- در هنگام کار با پرس باید حفاظ مخصوص پرس، مقابل پرس و در کمترین فاصله ممکن آن قرار داده شود تا در صورت شکست سنبه یا قالب، قطعات

شکسته‌شده به بیرون پرتاب نشود و به اپراتور یا سایر هنرجویانی که در داخل آزمایشگاه در حال کار هستند آسیب نرساند.
۳– لازم است هنگام استفاده از پرس، هنرجو تمامی نکات ایمنی استفاده از تجهیزات صنعتی را رعایت کنید و بالاخص از وسایلی همچون کلاه محافظ و دارای حفاظ صورت و غیره استفاده نمایید.
۴- در طول پرسکاری اپراتور به هیچ وجه نباید از پرس دور شوید و مشغول انجام کار دیگری در آزمایشگاه باشید.
۵- حتی‌الامکان سعی شود از تناژ پایین پرس استفاده شود. تأکید می‌شود به منظور حفظ ایمنی و عمر دستگاه، هرگز از تناژهای بالا استفاده نشود. در غیر این صورت احتمال وقوع خطر به شدت بالا خواهد رفت.
۶- نکات ایمنی را جدی بگیرید و همواره به‌علائم و هشدارهای ایمنی نصب‌شده در محیط آزمایشگاه توجه کنید و در حین انجام کار رعایت نمایید.
۷- به منظور پیشگیری از بروز حادثه هیچگاه در هنگام روشن بودن دستگاه ها و تجهیزات، اقدام به تعمیر و تعویض قطعات نکنید.
۸- کارکردن در محیط پر سر و صدا باعث کاهش شنوایی و تأثیر نامطلوب بر روی اعصاب می‌شود؛ لذا برای پیشگیری باید از گوشی حفاظتی استاندارد استفاده کنید.
۹- در هنگام کار با اشیای تیز و برنده، از دستکش حفاظتی مناسب استفاده کنید.
۱۰- برای هر وسیله، ابزار یا قطعه، محل مخصوصی در نظر بگیرید تا علاوه بر دسترسی آسان به وسایل، نظم و انضباط در کارگاه ایجاد شود. قبل از شروع به‌کار از سالم بودن ابزار دستی خود مطمئن شوید.
۱۱- البسهٔ گشاد و موی بلند می‌تواند به دور اشیا و محورهای در حال چرخش و دیگر قسمت‌های متحرک گیر کند. بنابراین از لباسی کاملاً مناسب و مرتب استفاده کنید.
۱۲- در کارگاه برای جمع‌آوری ضایعات و زباله، از سطل زباله استفاده کنید.

کار در کلاس

با کمک هنرآموز، اصطلاحات انگلیسی ابزار خمکاری موجود در جدول ۹ را بیابید.

جدول ۹- انواع ماشین‌آلات و ابزار خمکاری

ردیف	نام ماشین	نام انگلیسی	کاربرد
۱	خمکن فشاری	Bending Brake	تولید پروفیل‌های خمیده با استفاده از قالب‌ها و ماشین
۲	پرس خمکن ورق دستی	Folder	ایجاد فشار در یک سمت ورق توسط یک سنبه تاشونده و خم کردن آن
۳	ماشین خمکاری سه غلتکی	Three roll Bending Machine	برای تولید لوله‌های با قطر بالا و نیز خم‌های کم از صفحه ورق استفاده می‌گردد.
۴	ماشین شیارسازی	Beading Machine	برای ایجاد شیار و لبه در ورق‌های فولادی به‌کار می‌رود.

تحقیق کنید

با بازدید از یکی از کارخانجات ساخت کشتی در محل، یا با تحقیق اینترنتی، چند نمونه دستگاه و ماشین خمکن را در صنایع ساخت و تعمیر شناور پیداکنید.

پاسخ: برای ایجادتنوع، از هنرآموز محترم تقاضا می‌گردد با مراجعه گروهی به یکی از کارخانجات بزرگ کشتی‌سازی در مجاورت هنرستان، و با هماهنگی، از کاربران این دستگاه‌ها بخواهید تا ویژگی‌های دستگاه و قابلیت‌های آنان را توضیح دهند و نیز نحوهٔ کار با آنان، توسط آنان شرح داده شود. در صورت عملی نبودن بازدید، از هنرجویان بخواهید با تحقیق اینترنتی، چند نمونه از این دستگاه‌ها را پیدا کنند و نحوهٔ کار آنان را شرح دهند.

کار در کلاس

اصطلاحات انگلیسی رایج در خمکاری در جدول ۱۰ آمده است. با کمک هنرآموز، معنی فارسی آن را در سمت راست بنویسید.

جدول ۱۰- اصطلاحات رایج خمکاری

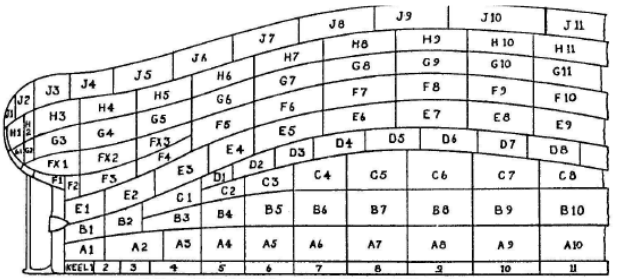
ردیف	اصطلاح فارسی	اصطلاح انگلیسی
۱	زاویه	Angle
۲	قوس خمکاری	Bending Curve
۳	حفره‌سازی	Punch
۴	قالب	Die
۵	قطعه کار	Workpiece
۶	تکیه‌گاه	Backing Pad
۷	شعاع خمکاری	Bending Radius
۸	برگشت فنری	Spring Back
۹	طول موثر	Effective Length
۱۰	نیروی خمکاری	Bending Force

تحقیق کنید

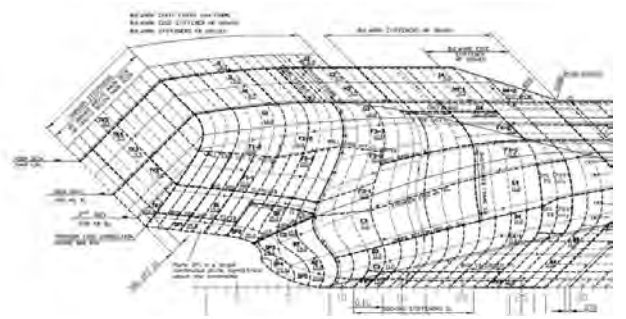
ورق چینی بدنهٔ کشتی (shell Expansion) چیست؟

پاسخ:

ورق چینی بدنه (shell Expansion) فرایندی از انتخاب و برش ورق‌های استاندارد برای بدن شناور است. به‌دلیل اینکه هنگام استفاده، ورق‌ها به‌صورت سه بعدی خم می‌شوند، با توجه به مساحت سطح بدنهٔ کشتی و نیز به‌شکل بهینه، برش و استخراج می‌شوند. در این مرحله، بدلیل انجام دو فرایند مهم، یعنی برشکاری بهینه و خمکاری، ابتدا ورق‌های با ابعاد استاندارد انتخاب می‌گردند و طی محاسبات فنی و با استفاده از نرم‌افزار، برش داده می‌شوند. در این مرحله، هدف برشکاری به‌شکل مطلوب است تا هم دورریز ورق به کمترین حد برسد و هم پس از خمکاری، سهم درستی در پوستهٔ کشتی داشته باشند. همان‌گونه که در پودمان یک اشاره شد، به این عمل اصطلاحاً (Nesting) می‌گویند. محاسبات برش ورق برمبنای ریاضیات و مهندسی صورت می‌گردد و ذکر آن در اینجا لازم نیست. همان‌گونه که در شکل۵ می‌بینند، شکل کلی ورق‌ها برای نیم بدنهٔ کشتی نشان داده شده است که چگونه برش داده می‌شوند. ورق‌ها پس از خمکاری (با استفاده از ماشین‌های خمکاری) به‌شکل ۶ تبدیل می‌شوند.



شکل۵- نقشه پوسته شناور و ورق‌های استخراج شده پس از برش



شکل۶- فرم نهایی بدنهٔ کشتی پس از خمکاری

فعالیت عملی

یک ورق فولادی با ضخامت ۴ میلی‌متر، طول ۲۰ سانتی‌متر و عرض ۴ سانتی‌متر، قرار است به میزان ۹۰ درجه با شعاع ۸ میلی‌متر خم شود. حد مجاز خمکاری آن را محاسبه کنید و پس از خم کردن ورق در کارگاه، مقدار واقعی را با مقدار محاسبه شده مقایسه نمایید.

شکل ۷- قطعه کار

از هنرآموز محترم تقاضا می‌شود هنگام انجام خمکاری توسط هنرجویان، بر عملکرد آنها نظارت صورت پذیرد. استفاده از جداول و فرمول‌های این پودمان برای محاسبه حد مجاز پیشنهاد می‌شود.

واحد یادگیری۲: خمکاری سرد و حرارتی

زمان آموزش	جمع : ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- با انواع روش‌های خمکاری سرد آشنا شود.
۲- خمکاری دستی را فراگیرد و بتواند انجام دهد.
۳- خمکاری حرارتی را فراگیرد و بتواند انجام دهد.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

خمکاری سرد و حرارتی

این قسمت به معرفی و توضیح روش‌های خمکاری سرد که خمکاری با دست و خمکاری حرارتی است، می‌پردازد. در این قسمت سعی می‌شود که هنرجو با روش‌های خمکاری دستی و استانداردهای خمکاری با حرارت آشنا گردد.

خمکاری با دست:

در مواقعی‌که به دقت بالا نیاز نیست و همچنین ورق ضخامت زیادی ندارد، خمکاری با دست یک روش سریع و مفید به‌حساب می‌آید. ابزارهای متفاوت و زیادی برای خمکاری ورق به‌کار می‌روند. این ابزارها به‌عنوان سندان شناخته می‌شوند. بسته به اینکه نحوهٔ خمکاری به چه شکلی باشد، می‌توان هر کدام از ابزار شکل را استفاده نمود. این ابزار، به‌عنوان تکیه‌گاه قرار می‌گیرند و با قرار دادن ورق روی آن و چکش‌کاری، ورق را به فرم دلخواه درمی‌آوریم. آنچه مهم است، در این روش، شخص فلزکار باید مهارت و تجربه لازم را داشته باشد. علاوه بر سندان، انبردست‌های خمکاری نیز موجودند که بیشتر جهت لبه‌سازی و یا صافکاری ورق به‌کار می‌روند.

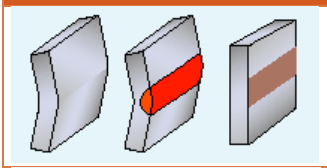
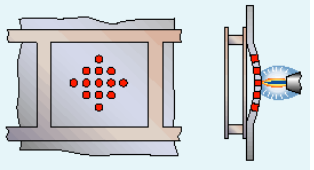
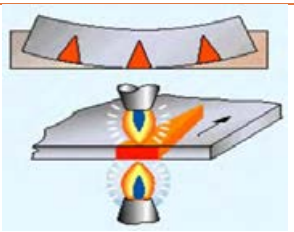
نکات ایمنی در هنگام ورق‌کاری با دست:

۱- هنگام کار باید از دستکش، کفش ایمنی، لباس کار و عینک استفاده کنید.
۲- دقت کنید اشیای نوک‌تیز و سنگین مانند سندان، سنبه، چکش، سوزن و غیره در جای مناسب قرار گیرند. از قرار دادن آنها بر روی زمین و یا در لبهٔ میزکار جداً خودداری کنید.
۳- در هنگام استفاده از چکش یا خمکن دستی، مراقب دست خود باشید.

خمکاری با حرارت:

در این روش، با حرارت دادن به یک قسمت، یا تمام ورق، تنش حرارتی و خمش در آن ایجاد می‌شود. از این روش، در خمکاری ورق‌های بزرگ، به‌خصوص بدنهٔ کشتی استفاده می‌شود. معمولاً سه روش اصلی در خمکاری حرارتی موجود است که در جدول ۱۱ آمده است. این روش‌ها برای صافکاری اعوجاج ناشی از جوشکاری نیز به‌کار می‌روند.

جدول ۱۱- انواع روش‌های حرارت‌دهی فلزات برای خمکاری و صافکاری

روش حرارت‌دهی	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شکل
حرارت خطی	Line heating	حرارت دادن و سرد کردن پیاپی فلز در یک خط مستقیم که باعث ایجاد انحنا در آن محل می‌گردد.	
حرارت نقطه‌ای	Spot heating	حرارت دادن و سرد کردن پیاپی ورق در یک نقطه	
حرارت مثلثی	Wedge shaped heating	حرارت‌دهی قسمتی از یک ورق به‌صورت مثلث باریک و بلند. برای ایجاد قوس ورق و خمکاری پروفیل به‌کار می‌رود.	

وسایل و تجهیزات:

در این نوع خمکاری، از قالب‌های خمکاری به‌عنوان میزکار استفاده می‌شود. معمولاً این قالب‌ها از یک ورق ضخیم‌تر یا چدن ساخته می‌شوند. همچنین مشعل حرارتی، نازل آب برای سردسازی بلافاصله، فندک، شلنگ، گوه فولادی، چکش بزرگ، استامپ و غیره، سایر ابزار مورد استفاده هستند.

کار در کلاس

اصطلاح انگلیسی ابزار دستی خمکاری موجود در جدول ۱۲ را بیابید.

جدول ۱۲- ابزار و وسایل خمکاری دستی

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	گوه‌های شکل‌دهی چوبی یا فلزی	Wooden or Metal Form Blocks
۲	جعبهٔ نگهداری چکش و گوه (اختیاری)	Block of Hardwood and Heavy Duty Hammer
۳	ماشین حساب	Calculator
۴	سوزن خط‌کش	Marking Needle
۵	نقاله	Protractor
۶	چکش پلاستیکی یا چرمی	Rubber or Plastic Hammer
۷	خط‌کش یا متر فلزی	Ruler or Tape Measure
۸	ورق فلزی	Sheet Metal
۹	گیرهٔ کارگاهی	Vise

تحقیق کنید

دستور کار خمکاری یک ورق آلومینیوم را توضیح دهید.

پاسخ:

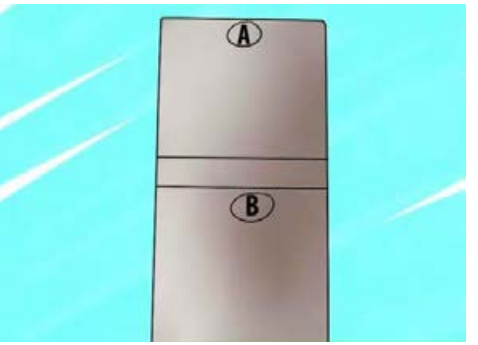
۱- یک قطعهٔ آلومینیومی به ابعاد ۴x۲ اینچ و ضخامت ۰/۰۴ اینچ ببرید (هر اینچ برابر با ۲/۵۴ سانتی‌متر است). قرار است شعاع خمکاری این قطعهٔ آلومینیومی ۰/۳۷۵اینچ گردد. دقتک نید عمل برشکاری با قیچی طبق استاندارد پودمان اول صورت پذیرد.

۲- نواحی و خطوط خمکاری را به‌دقت علامت بزنید. برای این کار، لازم است عقب‌روی را اندازه بگیرید. عقب‌روی به فاصله بین خط خمش تا لبهٔ بالایی گیره قالب تعیین می‌گردد (شکل صفحه بعد). برای این مدل قطعه، عقب روی برابر است با:

ضخامت فلز+ شعاع خمیدگی= ۰/۰۴+۰/۳۷۵=۰/۴۱۵

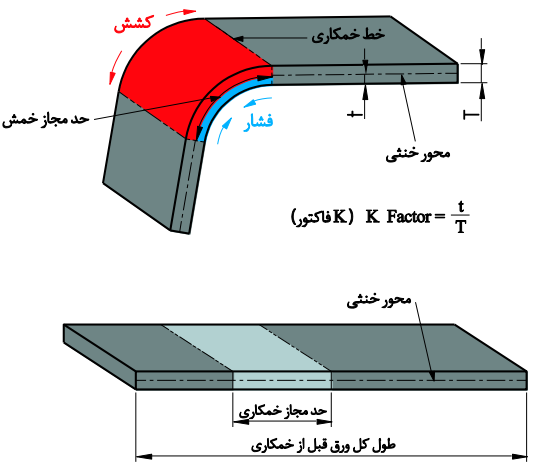
این میزان را از وسط ورق کم نمایید. مقدار آن می‌شود: ۰/۴۱۵-۲=۱/۵۸۵

این فاصله تا لبهٔ ورق را اندازه بگیرید و علامت بزنید. این خط، نخستین خط خمش است.



شکل ۸- محدوده‌های خمکاری

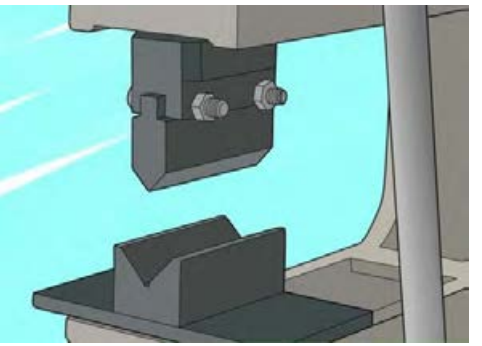
۳- محاسبهٔ حد مجاز خمش:
با استفاده از فرمول تجربی زیر، حد مجاز خمش را بیابید:
(t)۰/۰۰۷۸ R+۰/۱۷۳BA=
با استفاده از جداول کتاب نیز می‌توان این مقدار را محاسبه کرد. برای این قطعه، این مقدار برابر است با: ۰/۶۱۷. اکنون، از خط اول خمش که در مرحلهٔ قبل تعیین کرده بودید، به فاصله ۰/۶۱۷، یک خط دیگر بکشید که نمایانگر خط دوم خمش است.



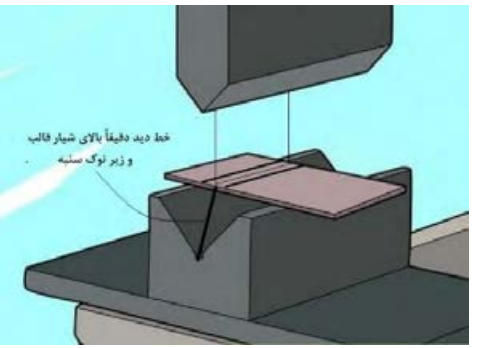
شکل ۹- حد مجاز خمش

۴- قطعه کار را که علامت زده شده است، رو به بالا بر روی قالب خمکاری قرار دهید(شکل ۱۰). سنبه را به آرامی پایین بیاورید، به‌گونه‌ای که با ورق (قطعه کار) تماس یابد و قطعه لیز نخورد. اکنون قطعه را با دست به‌گونه‌ای جابه‌جا کنیدکه

خط وسط ناحیه خمیدگی، دقیقاً زیر نوک سنبه قرار گیرد. به خط وسطی که ناحیهٔ خمیدگی را به دو نیم می‌کند، خط دید گفته می‌شود. خط دید باید دقیقاً بالای شکاف قالب خمکاری قرار گیرد. پس از آن، با اهرم خمکاری، دستگاه را به‌گونه‌ای سفت کنید که ورق هیچ تکانی نخورد(شکل ۱۱).
نکتهٔ ایمنی: دقت کنید که قالب خمکاری و تکیه‌گاه آن هیچ حرکتی نکند.
اکنون نوبت به فرایند خمکاری می‌رسد.

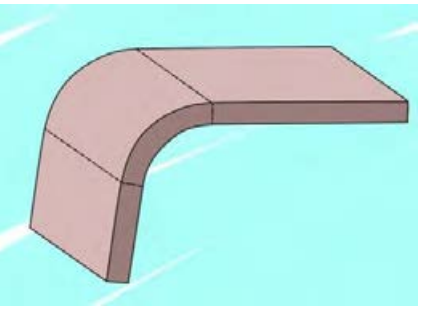


شکل ۱۰- قالب خمکاری



شکل ۱۱- طریقهٔ قرارگیری ورق آلومینیومی در دستگاه

۵- حال با استفاده از اهرم‌ها و پیچ‌های دستگاه، سنبه را به‌سمت پایین و قالب خمکاری را به‌سمت بالا، جابه‌جا کنید. دقت نمایید این کار به‌طور کامل انجام شود و لبهٔ خمکاری قطعه دقیقاً در شیار قالب قرار گیرد. در غیر این‌صورت، پدیده برگشت فنری خواهیم داشت.
۶- پس از اتمام کار، با استفاده از خط‌کش و گونیا، مجدداً زاویهٔ خمیدگی را بررسی کنید. در صورتی‌که زاویهٔ خمیدگی بیش از ۹۰ درجه بود، با کمی چکش‌کاری می‌توان آن را برطرف کرد.

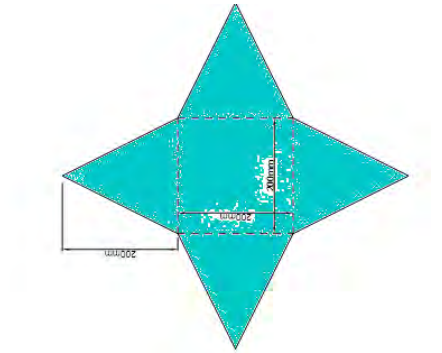


شکل ۱۲- قطعه کار نهایی

فعالیت عملی

خمکاری

قطعهٔ بریده‌شده در پودمان یک را با رعایت استاندارد خم کنید و به هرم تبدیل نمایید. ابزار لازم برای خمکاری، در جدول ۱۲ آمده است.



شکل ۱۳- ورق بریده‌شده

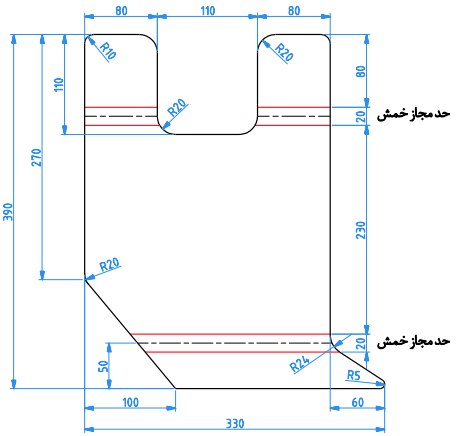
شکل ۱۴- قطعه کار پس از خمکاری

از هنرجویان بخواهید حد مجاز خمکاری را نیز محاسبه کنند و تأثیر آن را در خمکاری و ساخت هرم تعیین نمایند؛ آیا این میزان حد مجاز، تأثیری در ساخت هرم می‌گذارد یا خیر؟

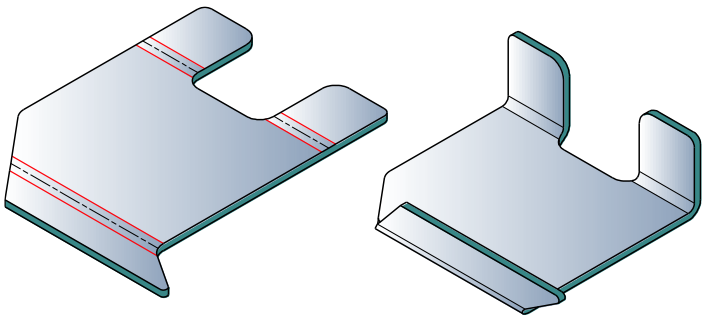
فعالیت عملی

خمکاری

نقش سه‌بعدی زیر، یک قطعه را نشان می‌دهد که برای استفاده در صنعت به‌کار می‌رود. با کمک ابزار برشکاری و خمکاری در کارگاه، قطعه شکل ۱۵ را ببرید و آن را خم نمایید تا به‌شکل ۱۶ درآید. با توجه به ضخامت فلز و میزان حد مجاز، شعاع خمکاری مجاز چند است؟ طول ناحیهٔ خم‌شده را بیابید.



شکل ۱۵- قطعه کار برش داده‌شده



شکل ۱۶- قطعه کار پس از خمکاری

در قطعهٔ اصلی برش‌داده‌شده، همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، حد مجاز خمکاری ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. از هنرجویان بخواهید حداقل مجاز خمکاری را نیز با استفاده از فرمول‌های کتاب محاسبه کنند. آنگاه مقدار به‌دست‌آمده را با این مقدار (۲ سانتی‌متر) مقایسه کنند. همچنین از هنرجویان بخواهید با توجه به این مقدار، شعاع داخلی خمش را محاسبه کنند. این کار هم با فرمول و هم با اندازه‌گیری آن پس از خمش قطعه کار تعیین می‌گردد. مقایسهٔ این دو مقدار می‌تواند دید هنرجو را افزایش دهد.

تحقیق کنید

در فرایند خمکاری با دست، چه عیوبی به‌وجودمی‌آید؟ راهکارهای رفع عیب آن چیست؟

پاسخ: جدول ۱۳- عیوب به‌وجودآمده و راهکارهای رفع آن را بیان می‌کند:

جدول ۱۳- عیوب به‌وجودآمده در خمکاری با دست

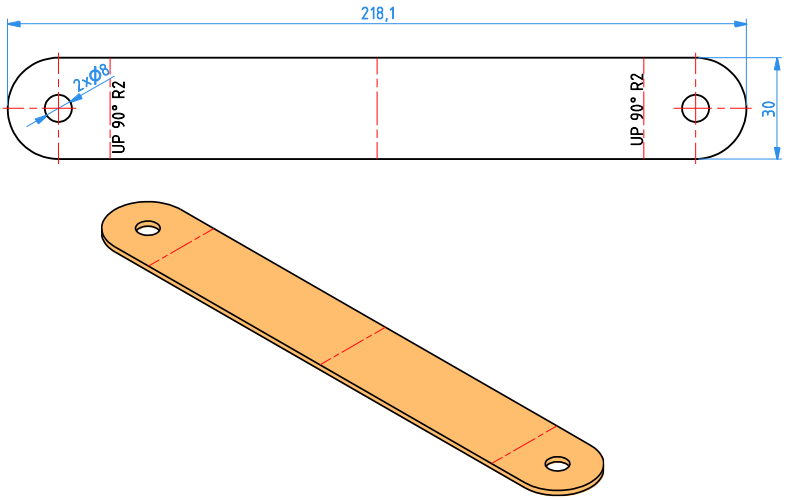
ردیف	معرفی عیب	دلیل	راهکار
۱	ورق حین خمکاری ترک خورده است.	شعاع خمکاری از حد مجاز کمتر شده است.	رعایت شعاع خمیدگی
۲	اندازهٔ قطعه پس از خمیدگی کوچکتر است.	حد مجاز در محاسبات لحاظ نشده است.	رعایت و محاسبهٔ طول گستردگی
۳	ورق خراب خم شده است.	- چکش‌کاری درست صورت نگرفته است. - برگشت فنری انجام شده است و رعایت این میزان صورت نگرفته است. - گیره و گوه هنگام ضربه با چکش حرکت کرده‌اند.	در ابتدا باید گیره را محکم به پایه میز کار سفت کرده همچنین پیچ بستن گیره (سفت نمودن گوه و ورق) سفت نشده است.
۴	ورق به‌طور کافی خم نمی‌شود.	چکش انتخابی کوچک است یا ورق ضخیم است.	حرارت دادن به ورق در حین چکش‌کاری تا جایی که ورق قرمز و یا زرد شود (گداخته شود).

فعالیت عملی

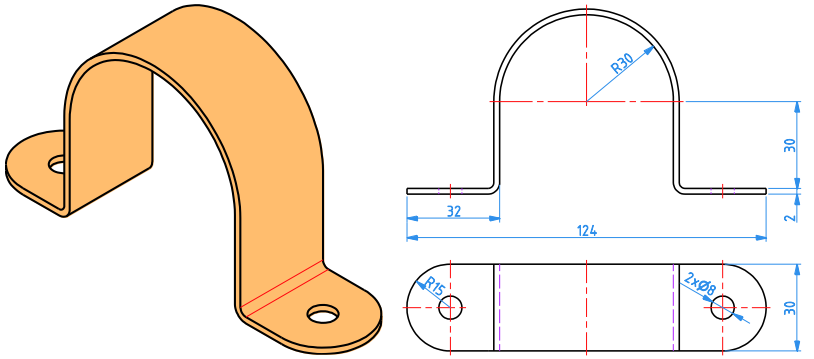
خمکاری

عنوان: ساخت یک عدد بست U شکل

نقشهٔ شکل: یک ورق به ضخامت ۲ میلی‌متر را در نظر بگیرید و در ابتدا طبق نقشه عمل برش را انجام دهید. ابعاد نقشه برحسب سانتی‌متر است.



شکل ۱۷- قطعهٔ بریده‌شده



شکل ۱۸- محصول نهایی پس از خمکاری

ابزار مورد استفاده:
قیچی برش، گوه خمکاری یا سندان، چکش لاستیکی، سنبهٔ ماتریس، خط‌کش، ماژیک علامت‌زن، دستکش، لباس و عینک.
مراحل انجام کار:
نقشه‌خوانی، محاسبهٔ طول گستردگی و حد مجاز، بررسی رعایت استانداردها (خمکاری و موقعیت حفره‌ها) برش ورق، ایجاد حفره در محل‌های مورد نظر با رعایت استاندارد،خمکاری و شکل‌دهی ورق با رعایت حداقل شعاع خمیدگی، جمع کردن ابزار و تمیزکاری محل کارگاه

تحقیق کنید

در هنگام خمکاری با دست، چه نکات ایمنی را باید رعایت کرد؟

پاسخ:
۱- مطمئن باشید قطعه کار با گیره‌ها و نگهدارنده‌ها به‌خوبی مهار شده است.
۲- مکانیزم برقی و مکانیکی ماشین‌آلات خمکاری را به‌خوبی بشناسید و کنترل کنید.
۳- از صفحات و قالب‌های مناسب با کار استفاده کنید.
۴- در حین کار از دستکش استفاده کنید.
هنگام استفاده از ماشین‌های خم‌کن، اصول ایمنی آنها را که به‌صورت برچسب بر روی آنها نصب شده است، به‌دقت بخوانید و رعایت کنید

تحقیق کنید

درجهٔ حرارت لازم برای خمکاری ورق‌های آلومینیوم چند است؟

پاسخ: بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه، بسته به نوع آلومینیوم

کار در کلاس

کار در کلاس: با کمک هنرآموز، ملاحظات ایمنی خمکاری با حرارت را بیان کنید.

پاسخ:
۱- کلیه مواد و ابزار آتش‌زا و قابل اشتعال را از محل خمکاری دور کنید.
۲- اتاق کارگاه به سامانهٔ تهویهٔ مطبوع مناسب مجهز باشد.
۳- کپسول‌ها و مخازن گاز، باید عمودی قرار داده شوند و در جایی مناسب قرار گیرند.

۴- رگولاتورها در هنگام خمکاری با حرارت، صحیح تنظیم شوند و فشار کاری گاز اکسیژن و استیلن یا پروپان، از حداکثر مجاز فراتر نرود.
۵- در حین خمکاری با حرارت، دستگاه مجهز به خنثی‌کننده برگشت شعله باشد تا از برگشت شعله به کپسول گاز جلوگیری شود.
۶- هنرجویان از تعویض قطعات سامانهٔ اکسیژن و گاز جداً پرهیز کنید و در صورت بروز مشکل، با مسئول آزمایشگاه مشورت نمایند.
۷- پایه‌های نگهدارندهٔ قطعه کار به‌گونه‌ای ورق را نگه‌دارند که هنگام تغییر شکل، ورق نیفتد و یا موقعیتش تغییر نیابد.

تحقیق کنید

در روش خمکاری گرم و خمکاری داغ چه عیوبی پدید می‌آید؟

پاسخ:
غالب عیوبی که در جوشکاری با مشعل حاصل می‌شود، اینجا نیز پدید می‌آید. جدول ۱۴، خلاصه عیوب و علل آن را نشان می‌دهد:

جدول ۱۴- عیوب ناشی از جوشکاری با مشعل

ردیف	نام عیب	شرح عیب
۱	اعوجاج ورق	به‌دلیل ایجاد شعله بیش از حد مجاز، سرعت کمتر از حد مجاز مشعل روی ورق و رعایت نکردن زاویه و فاصله مشعل با محل مورد نظر برای خمش
۲	ذوب شدن ورق	رعایت نکردن شعله مشعل متناسب با نوع و ضخامت فلز
۳	خمش بیشتر یا کمتر از حد	رعایت نکردن درجهٔ حرارت مشعل، نبود اکسیژن کافی برای سوختن گاز مشعل، افزایش یا کاهش سرعت حرکت مشعل، لرزش دست هنگام حرکت مشعل در مسیر مورد نظر، کثیف بودن سطح فلز

فعالیت عملی

خمکاری با حرارت

یک ورق ۴ میلی‌متری با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انتخاب کنید و قسمت وسط ورق را با علامت‌زنی و رعایت حد مجاز خمکاری، با استفاده از مشعل خم نمایید. مشعل حرارتی را تا زمانی روی ورق بگیرید که ورق تغییر رنگ دهد و قرمز شود. سپس با چکش‌کاری، ورق را خم کنید.

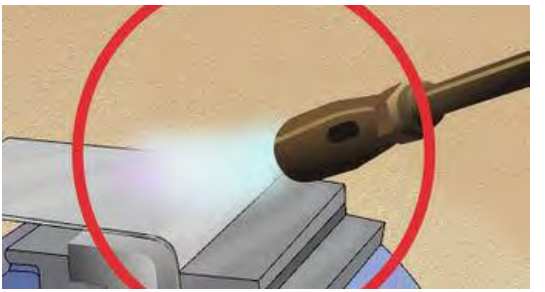
سلسله مراتب خمکاری به‌شکل زیر است:

۱- برش ورق

۲- علامت‌زنی ورق برای تعیین حد مجاز خمکاری

۳- قرار دادن ورق در گیره

۴- حرارت دادن ورق در حین خمکاری با چکش. یک مرحله حرارت‌دهی و یک مرحله چکش‌کاری.



شکل ۱۹- حرارت‌دهی ورق با مشعل برای تسهیل در خمکاری

واحد یادگیری۳: خمکاری پروفیل و لوله

زمان آموزش	جمع : ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- استانداردهای خمکاری پروفیل‌ها را بداند و بتواند از آنها استفاده کند.
۲- روش‌های خمکاری پروفیل را بداند و بتواند پروفیل را به روش دستی خمکاری کند.
۳- روش‌های خمکاری لوله را بداند و بتواند به روش دستی آن را خمکاری کند.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

خمکاری پروفیل و لوله:

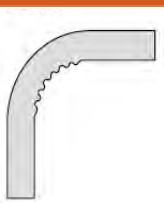
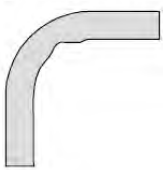
به‌دلیل اینکه ورق‌ها در مقاومت در برابر بارها و نیروها ضعیف هستند، هنگام ساخت شناور یا ساختمان یا هواپیما، از پروفیل‌ها برای تقویت و افزایش استحکام آنان استفاده می‌گردد. همچنین، به‌دلیل نیاز به خمکاری لوله با توجه به مقتضیات، به‌خصوص در سامانه‌های لوله‌کشی، لازم است با اصول اولیه و استانداردهای خمکاری لوله با دست و به‌صورت ماشینی آشنا شد.

خمکاری لوله:

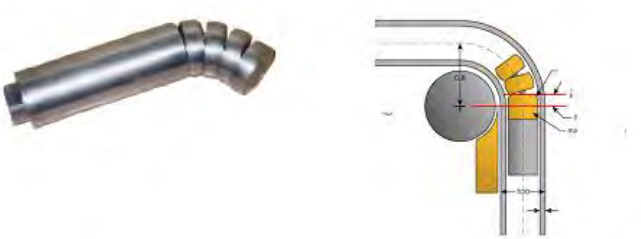
با توجه به اهمیت فراوان سامانه لوله‌کشی در ساختمان کشتی، ابزار و وسایل زیادی برای خمکاری لوله به‌کار می‌روند. این ابزارها هم دستی و هم ماشینی هستند. لوله را می‌توان هم به‌صورت سرد و هم به‌صورت گرم خم نمود.

از جمله دلایل خمکاری لوله به‌جای استفاده از بست، پیچ و مهره و زانویی می‌توان به محدودیت جا برای استفاده از زانویی، هزینه و وزن بیشتر در ساختمان شناور، احتمال نشت در اتصالات و زانویی‌ها و نیز نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتر اشاره کرد که خمکاری لوله کلیه محدودیت‌های مذکور را پوشش می‌دهد.

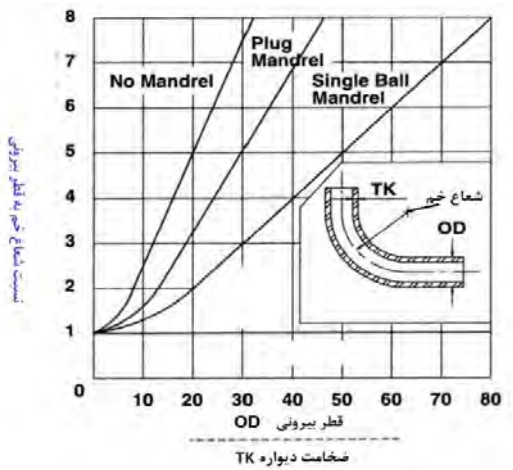
جدول ۱۵- عیوب اصلی به‌وجودآمده درخمکاری لوله‌ها، دلایل و راهکارهای رفع آنان

ردیف	نام عیب	توضیح عیب	راهکارهای پیشگیری و رفع عیب	شماتیک عیب
۱	چروک در حاشیهٔ درونی خمکاری Wrinkled Bend	رعایت‌نکردن حداقل شعاع خمکاری ضخامت کمتر از حد لوله	رعایت حاقل شعاع خمکاری و حداقل ضخامت لوله	
۲	صاف شدن و کاهش زیاد قطر لوله در ناحیه خمکاری Flattened Bend	از لوله‌هایی استفاده شده است که بزرگتر از ظرفیت دستگاه خمکاری دستی است. لوله در حین خمکاری خراب شده است. قالب فشار خمکاری صحیح انتخاب نشده است.	استفاده از قالب خمکاری مناسب افزایش ضخامت لوله استفاده از قالب غلتکی به‌جای سنبه	
۳	ایجاد شکستگی در ناحیه خمکاری Kinked Bend	از لوله‌هایی استفاده شده است که از ظرفیت دستگاه خمکاری دستی بزرگ‌تر است. قبل از خمکاری، لوله به‌شکلی غیراستاندارد و بنا به‌دلایلی مانند جایگیری نامناسب لوله در قالب، ضربه و غیره کمی خم شده است.	استفاده از قالب خمکاری مناسب از قرارگیری صحیح لوله در دستگاه اطمینان حاصل شود.	
۴	ایجاد خط و چروک طولی روی بدنه لوله Scored Tubing	- استفاده از قالبی بزرگتر از قطر لوله در ابزار خمکاری - قالب خمکاری خراب شده است. - وجود اشیای ریز در بدنهٔ قالب خمکاری - دستگاه خمکن جام کرده است.	- استفاده از قالب خمکاری مناسب - تعویض قالب خمکاری - پاک کردن قالب خمکاری - تعویض قالب یا در صورت لزوم تعویض کل ابزار خمکاری	

عیوب شماره ۱، ۲ و ۳ را می‌توان با قرار دادن یخ، نوع خاصی از گل و همچنین یک سری سیستم ساچمه حلقوی به‌نام مندرل (MANDREL) که در درون لوله و در ناحیه خمکاری قرار می‌گیرد، می‌توان برطرف کرد. شکل ۲۰، استفاده از مندرل برای خمکاری لوله را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مندرل‌ها نمونه‌های مختلفی دارند. شکل ۲۱ نیز تأثیر این ابزار را با توجه به نوع مندرل در کاهش حداقل شعاع خمیدگی لوله نشان می‌دهد.



شکل ۲۰- مندرل(سمت چپ) و نحوهٔ به‌کارگیری آن در لوله حین فرایند خمکاری (سمت راست)

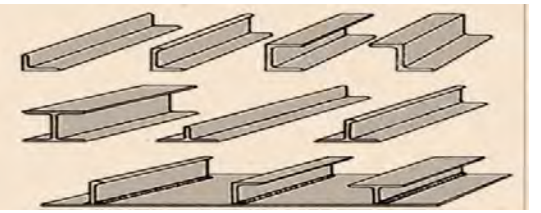


شکل ۲۱- تأثیر به‌کارگیری مندرل در حداقل شعاع خمیدگی مجاز

تحقیق کنید

در مورد پروفیل‌های فولادی و آلومینیومی دریایی تحقیق کنید.

پاسخ: به‌دلیل اینکه پوستهٔ شناور که متشکل از ورق‌های خم شده است، توانایی تحمل فشارهای زیاد در دریا و تحت اثر بار خود را ندارد، از پروفیل‌ها برای تقویت بدنهٔ آن استفاده می‌شود. بسته به اینکه شناور چه اندازه و چه نوعی باشد و نیز با توجه به موقعیت‌های مختلف ساختمان کشتی، نوع و اندازهٔ پروفیل‌ها متفاوت است. شکل۲۲ چند نمونه از این پروفیل‌های فولادی را نشان می‌دهد.

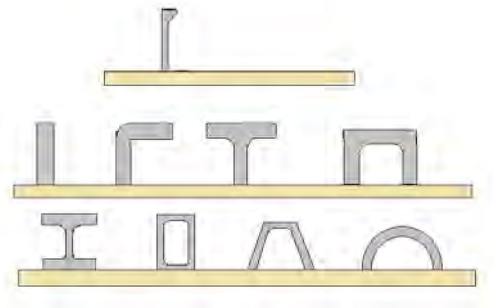


شکل ۲۲- پروفیل‌های فولادی مورد استفاده در صنایع دریایی

شکل۲۳ نیز موقعیت چند نوع پروفیل فولادی را در ساختمان یک شناور کوچک نشان می‌دهد. ابعاد پروفیل‌های فولادی، استاندارد است و امروزه با توسعهٔ ساخت شناور در دنیا، تنوع زیادی در پروفیل‌ها مشاهده می‌گردد. جداول۱۷ تا ۲۱ نیز تعدادی از پروفیل‌های فولادی استاندارد و نیز ابعاد آنها را نشان می‌دهد. این جداول در کتاب کار هنرجو نیز موجود است. از هنرآموز محترم تقاضا می‌شود هنرجویان را به کتاب کار ارجاع دهند.

شکل ۲۳- محل قرارگیری پروفیل‌های فولادی در ساختمان یک شناور

پروفیل‌های آلومینیومی مورد استفاده در ساخت شناورها نیز از نوع (T، HP) (که مخصوص دریایی است)، نبشی(L) و غیره است.
شکل ۲۴ این پروفیل‌ها را به‌صورت کیفی نشان می‌دهد. پروفیل‌های آلومینیومی نیز همانند ورق، با ابعاد و سطح مقطع بزرگتری نسبت به پروفیل‌های فولادی انتخاب می‌گردند، چرا که مقاومت آنان نسبت به فولاد کمتر است.



شکل ۲۴- پروفیل‌های آلومینیومی مورد استفاده در ساخت شناور

از جمله مزایای استفاده از آلومینیوم، وزن کم و درصد پایین خوردگی و زنگ‌زدگی آن است. و از جمله معایب آن نیز مقاومت کمتر آن نسبت به فولاد و قیمت بالاتر نسبت به فلز فولاد است که استفاده زیاد از آن در صنایع دریایی را محدود می‌سازد.
شکل ۲۵ اسکلت آلومینیومی یک شناور را که متشکل از پروفیل‌های مختلف است، نشان می‌دهد.

شکل ۲۵- اسکلت آلومینیومی یک نوع شناور متشکل از پروفیل و تقویتی

در کتاب همراه هنرجو، چند نوع از مهم‌ترین پروفیل‌های دریایی با مشخصات آنها در جدول آمده است.

تحقیق کنید

عیوب بوجود آمده در خمکاری پروفیل چیست؟

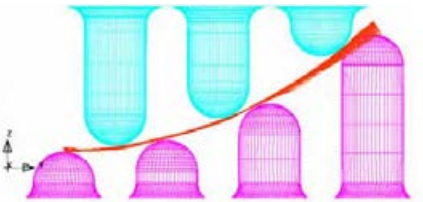
پاسخ:
معمولاً زمانی‌که قسمت عمود بر صفحه خمیدگی، به‌سمت داخل خم می‌شود، چون فشرده می‌گردد، باعث ایجاد برجستگی و پیچ تاب می‌شود که می‌توان با چکش‌کاری یا فاق‌بری آن را برطرف کرد. شکل ۲۶ این نوع عیب را نشان می‌دهد.

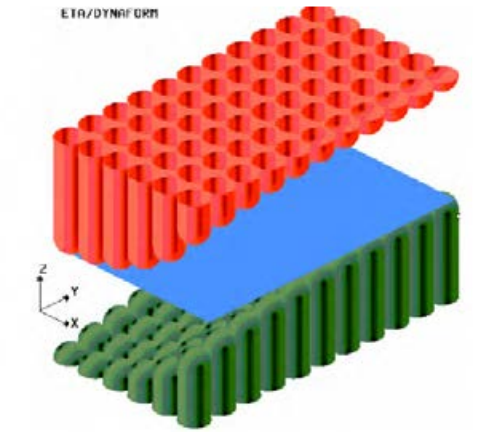
شکل ۲۶- خمیدگی باله‌های پروفیل حین خمکاری

یکی از روش‌های مهم خمکاری سرد، روش چندنقطه‌ای (Multi Point Bending) است. تعیین کنید روش آن چیست و چه نمونه‌هایی از آن موجود است؟
پاسخ:
امروزه ورقه‌های کشتی را به شکل سرد و با استفاده از ماشین‌آلات شکل‌دهی پیشرفته و مبتنی بر کامپیوتر خم می‌کنند. خمکاری ورق‌های کشتی، لازم است با تلرانس بسیار کم صورت بپذیرد و یکی از مهمترین مراحل ساخت و تعمیر کشتی به‌حساب می‌آید. یکی از مهم‌ترین این ماشین‌آلات، ماشین خمکاری چند-نقطه‌ای است. مکانیزم عملکرد آن بدین شکل است که سیستم از تعدادی گوه با قابلیت حرکت در راستای عمود تشکیل شده است که به آن پین می‌گویند. این گوه‌ها به‌صورت عمودی حرکت می‌کند و بر روی بستر ورق فشار می‌آورد تا اینکه ورق خم شود و به‌شکل دلخواه درآید. همچنین افزایش دقت و کاهش زمان نسبت به دو حالت دیگر خمکاری سرد و گرم (یعنی استفاده از غلتک یا مشعل)، از جمله مزایای آن است. در دو روش قبلی، تجربهٔ افراد کارگاه بسیار مهم است، حال آنکه در این روش، این امر لزومی ندارد. مزیت اصلی این روش این است که پدیدهٔ برگشت فنری به بهترین شکل کنترل می‌گردد. گوه‌ها به شکل نیم‌کره هستند تا بتوانند بهترین فرم خمکاری بدون آسیب به ورق را وارد کنند. در طی چهار دهه اخیر، این نوع سامانه، رشد زیادی داشته و به گونه‌های مختلفی توسعه

پیدا نموده است. شکل ۲۷ یک سمت این سامانه را نشان می‌دهد. شکل ۲۸ نیز طریقهٔ خمکاری ورق توسط این دستگاه را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷- سامانهٔ خمش چندنقطه‌ای (یک سمت سامانه)

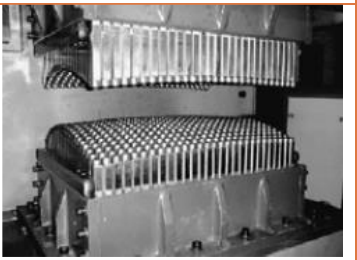
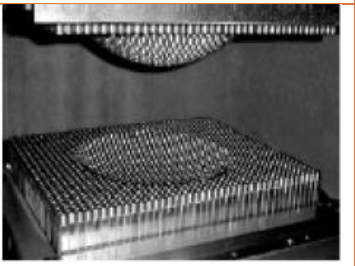




شکل ۲۸- مکانیزم خمکاری ورق در روش چندنقطه‌ای

روش‌های مختلفی در سامانه خمکاری چندنقطه‌ای موجود است.جدول ۱۶، انواع روش‌های خمکاری چندنقطه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶- انواع روش‌های خمکاری چندنقطه‌ای

ردیف	نوع فرایند	نوع پیکربندی	نمونه‌های ظاهری	خصوصیات
۱	برای شکل‌دهی کششی	ثابت		هندسه و شکل قالب در طی فرایند ثابت است.
		متحرک		هندسه و شکل قالب در طی فرایند و با توجه به مسیر و نوع خمکاری تغییر می‌کند.
۲	برای ایجاد خمش	ثابت		هندسه و شکل قالب در طی فرایند ثابت است.
		متحرک		هندسه و شکل قالب در طی فرایند و با توجه به مسیر و نوع خمکاری تغییر می‌کند.
۳	برای کش‌دهی عمیق	ثابت		هندسه و شکل قالب در طی فرایند ثابت است.
		متحرک		هندسه و شکل قالب در طی فرایند و با توجه به مسیر و نوع خمکاری تغییر می‌کند.

کار در کلاس

تعیین کنید هر کدام از اجزای ساختمانی جدول ۲۲ با استفاده از چه ابزاری و به چه شکل خم شده‌اند.

جدول ۲۲- برخی از اجزای ساختمانی شناور و روش خمکاری به‌کاررفته در آنان

ردیف	نام جزء	روش خمکاری(پاسخ)
۱	پایه‌های نگهدارندهٔ محور پروانهٔ شناور	خمکاری با پرس (قالب V) به‌صورت حرارتی نیز می‌توان خم نمود.
۲	گیره‌های نگهداری حلقهٔ نجات در پل فرماندهی و عرشه	خمکاری با پرس (قالب U)
۳	تقویتی‌های متصل به پوستهٔ شناور در کف	استفاده از دستگاه خمکاری پروفیل

ارزشیابی شایستگی خمکاری ورق و پروفیل فلزی

شرح کار:
شناسایی استانداردهای خمکاری و به‌کارگیری آنها
مهارت خمکاری دستی و حرارتی در کارگاه
مهارت خمکاری پروفیل و لوله در کارگاه

استاندارد عملکرد:
روش‌ها و تجهیزات خمکاری ورق، پروفیل و لوله را بشناسد، استانداردهای آن را بداند و مهارت خمکاری ورق و پروفیل با دست را بیاموزد.

شاخص‌ها:
- حداقل شعاع مجاز خمکاری با توجه به ضخامت ورق و پروفیل رعایت گردد.
- ورق قبل از خمکاری، صحیح برش خورده باشد.
- فاصلهٔ حفره‌ها از نواحی خمکاری بیش از حداقل مجاز باشد.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه ورق‌کاری با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: خط‌کش فلزی، متر، گیره، چکش مخصوص خمکاری، ورق برش‌خورده طبق نقشه، ابزار اندازه‌گیری و علامت‌زنی، گوه.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی استانداردهای خمکاری و به‌کارگیری آنها	۲	
۲	مهارت خمکاری دستی و حرارتی در کارگاه	۲	
۳	مهارت خمکاری پروفیل و لوله در کارگاه	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و غیره ۱- رعایت نکات زیست‌محیطی ۲- رعایت نکات ایمنی ۳- رعایت اخلاق حرفه ای	۲	
	میانگین نمرات		*

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

پودمان ۳
جوشکاری برق

این تصویر جوشکار را در حال جوشکاری پایهٔ نگهدارندهٔ شفت پروانهٔ شناور نشان می‌دهد.

پودمان ۳
جوشکاری برق

نوع درس: نظری-عملی
زمان آموزش: ۹۰ ساعت
بخش نظری: ۲۵ ساعت
بخش عملی: ۶۵ ساعت

اهداف کلی

۱- هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
۲- تجهیزات و لوازم جوشکاری برق را بشناسد.
۳- تمامی روش‌های جوشکاری برق و انواع اتصالات آن را بشناسد.
۴- جوشکاری برق را فرا گیرد و بتواند انواع اتصالات را جوشکاری کند.
۵- نکات ایمنی قبل و در حین جوشکاری برق را رعایت کند.

روش تدریس پودمان

۱- عموماً در ابتدای درس و در جلسهٔ اول، به مقدماتی که در محتوای درس ارائه‌شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲- سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی گردد و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کنند تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گیرد و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳- توصیه می‌شود هنرآموز برای تدریس بهتر این پودمان از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با جوشکاری برق دستی، مطالعه کنند و یاد بگیرند و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهند.

۴- پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، موارد ذکرشده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار دهد و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.
۵- توصیه می‌شود با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، از آنان خواسته شود تحقیق وگزارش‌های خود را به‌صورت دست‌نویس ارائه دهند. واز کپی‌کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ‌شده، آماده و خام خودداری کنند.
۶- فعالیت‌هایی از قبیل ((فکر کنید))، ((بحث کنید))، و غیره برای فعال‌کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.
۷- از هنرجویان بخواهید تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهند.

سؤال‌های پیشنهادی

۱- انواع جوشکاری برق را نام ببرید.
۲- مزایا و معایب استفاده از جریان AC و DC در جوشکاری را بگویید.
۳- تجهیزات جوشکاری کدامند؟ کاربرد هر یک را بگویید.
۴- خطرات احتمالی در جوشکاری برق را بگویید.
۵- نکات ایمنی در قبل و در حین جوشکاری برق را بگویید.
۶- مشخصات درج‌شده بر روی الکترودها چه اطلاعاتی را به ما می‌دهند؟
۷- عوامل مؤثر در سرعت حرکت الکترود را بگویید.
۸- حالت‌های حرکت الکترود را نام ببرید.
۹- روش‌های جلوگیری از وزش قوس را بگویید.
۱۰- انواع اتصالات جوشکاری را نام ببرید.
۱۱- مزایا و معایب جوشکاری تیگ و میگ را بگویید.

واحد یادگیری ۱: جوشکاری برق دستی

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

– شایستگی‌های فنی:

۱- انواع جوشکاری برق دستی را بشناسد.
۲- لوازم و تجهیزات جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار (**SMAW**) را بشناسد و روش کار و راه‌اندازی آنها را فراگیرد.
۳- نکات ایمنی قبل از شروع جوشکاری را رعایت کند.

– شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

میز کار جوشکاری

میز کار و کابین جوشکاری برای انجام جوشکاری‌های تعمیراتی و قطعات کوچک و مکان‌های آموزشی به‌کار گرفته می‌شود و دارای سطوح مشبک است که از زیر یا کنار توسط مکنده‌های مخصوص دودهای حاصل از جوشکاری به خارج هدایت می‌شود، این روش تهویه به طور عموم پس از عبور از فیلتر و جذب دود و گازهای مختلف، هوای تصفیه‌شده را دوباره به فضای آزاد برمی‌گرداند. برای کار در محیط‌های عمومی کارگاه از پاراون (دیوارهای جداکننده) متحرک برای محصور کردن فضای جوشکاری استفاده می‌شود.

وضعیت دهنده‌ها(Positioner)

بهترین حالت جوشکاری، اجرای عملیات جوشکاری سطحی است. در این وضعیت مذاب با کمک نیروی جاذبهٔ زمین راحت به کار منتقل می‌شود و انجام جوشکاری ساده است و با اشکال کمتر اجرا می‌شود. از طرف دیگر الکترودهای متنوّعی می‌توان به کار برد و به طور عموم سعی بر این است که جوشکاری در این وضعیت انجام شود. به همین دلیل برای جوشکاری تمام قسمت‌های یک مصنوع از وسیله‌ای به نام (وضعیت‌دهنده) استفاده می‌شود که با توجه به نوع مصنوع دارای شکل‌های متفاوت است.

کار روی این وضعیت‌دهنده قرار می‌گیرد و با بست‌های ساده محکم می‌شود و تحت هر زاویه‌ای به گردش درمی‌آید تا اجرای جوشکاری زیر دست و با دقت و راحتی کافی انجام پذیرد. وضعیت‌دهنده‌های خیلی بزرگ هم وجود دارد که حتی یک واگن راه آهن روی دو محور آن بسته می‌شود و با چرخش واگن همه جهات را در حالت زیر دستی یا سطحی جوشکاری می‌کنند.

ایمنی در جوشکاری

خطرات بهداشتی محیط کار:

به منظور ایجاد، حفظ و ارتقای بهداشت در عملیات جوشکاری، ابتدا ضروریست تمامی خطرات این عملیات شناسایی شود و سپس کنترل‌های ضروری برای کاهش خطرات مربوط مورد بحث قرار گیرد.

خطرات شیمیایی:

در هنگام جوشکاری فیوم‌های فراوانی تولید می‌شود که مخلوطی از ترکیبات فیوم‌های فلزی، سیلیکات‌ها، فلوروئیدها، کربن مونواکساید، ازن و غیره است. فیوم‌های جوشکاری معمولاً حاوی اکسیدهای فلزات جوشکاری شد و الکترودهای مورد استفاده است. اگر فلز در حال جوش دارای پوشش یا رنگ باشد، این مواد در اثر گرما تجزیه می‌شود و فیوم‌های مضاعفی تشکیل می‌گردد و هنگام کار در نزدیکی این فیوم‌ها، باید ملاحظات خاصی در نظرگرفته شود.

فیوم، دمه یا دود فلزی:

فیوم‌ها ذرات جامدی هستند که در اثر تراک بخارات فلزی پس از تصعید از مواد مذاب تولید می‌شوند. تولید آنها معمولاً با یک واکنش شیمیایی مانند اکسیداسیوان همراه است. این ذرات بسیار کوچک است (اندازهٔ قطر آنها در حدود ۲ میکرون است) و از این رو به سهولت استنشاق می‌شوند و خود را به قسمت‌های انتهایی دستگاه تنفس می‌رسانند.

تمامی روش‌های جوشکاری فیوم تولید می‌کنند، اما میزان آنها با توجه به نوع عملیات جوشکاری متفاوت است. خطرات فیوم‌ها برای سلامتی افراد به مواردی از جمله میزان فیوم تولید شده و حضور فلزات یا گازهای خاص در ناحیه قوس (نزدیک نوک الکترود) بستگی دارد.

مکانیسم اصلی تولید فیوم، تبخیر عناصر یا اکسیدهای ناشی از ناحیه قوس (نزدیک نوک الکترود) و کندانسه شدن سریع بخارات است.

فلز الکترود، مواد فلاکس و روکش‌ها، باقی‌مانده‌ها، روغن‌ها، زنگ زدگی‌ها، رنگ‌های با پایهٔ حلال، بتونه‌های(آسترهای) روی فلز اصلی از منابع اصلی فیوم به شمار می‌روند.

میزان تولید فیوم در روش‌های مختلف جوشکاری متفاوت است به نحوی که در عملیات جوشکاری با الکترود مصرفی، فیوم تولید شده ناشی از الکترود، روکش الکترود یا فلاکس است. فلز اصلی در حال جوش سهم اندکی در تولید این فیوم دارد، اما در عملیات جوشکاری با الکترود مصرف‌نشدنی نسبت به عملیات الکترود مصرف‌شدنی فیوم کمتری تولید می‌شود. فیوم تولید شده ناشی از فلز در حال جوش و میله پرکننده است.

اثر مواجهه با فیوم‌ها بر سلامت افراد:

تأثیرات اصلی فیوم‌ها بر سلامتی افراد را می‌توان به دو گروه تأثیرات کوتاه مدت و تأثیرات بلندمدت تقسیم کرده. تأثیرات کوتاه‌مدت، بلافاصله پس از مواجهه یا چند ساعت یا چند روز پس از مواجهه ظاهر می‌شوند.

الف) تأثیرات کوتاه‌مدت:

یکی ازتأثیرات کوتاه مدت بر سلامتی افراد تولید فیوم فلزی است.

ب) تأثیرات بلندمدت:

این تأثیرات ناشی از ویژگی‌های شیمیایی برخی از فیو مها است و شامل ایجاد بیماری‌هایی با انواع و شدت مختلف می‌باشد که بستگی به نوع فلز آلاینده در فیوم دارد.

عوامل مؤثر بر میزان تولید فیوم:

عوامل متعددی بر میزان تولید فیوم در حین عملیات جوشکاری مؤثرند که عبارتند از:

- ولتاژ برق مصرفی: با افزایش ولتاژ، فیوم بیشتری تولید می‌شود.
- طول قوس الکتریکی: با افزایش طول قوس، فیوم بیشتری تولید می‌شود.
- شدت جریان الکتریکی: با افزایش شدت جریان الکتریکی، فیوم بیشتری تولید می‌شود.
- قطر الکترود: استفاده از الکترودهای با قطر کمتر باعث افزایش فیوم تولیدی می‌گردد.
- نوع قطبیت الکترود: در جریان جوشکاری با قطب مثبت یا (DC)، فیوم تولید شده ۳۸ درصد بیشتر از جوشکاری با قطب منفی یا (AC) است.
- گاز محافظ: ترکیب گاز محافظ به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند بر میزان تولید فیوم اثرگذار باشد. مخلوط گاز آرگون و دی‌اکسیدکربن، فیوم کمتری (تا ۲۲ درصد) نسبت به گاز کربن دی اکسید به تنهایی، تولید می‌کند.
- تجربه و عملیات کاری جوشکار: هرچه فاصلهٔ بین قطعه کار و نوک الکترود افزایش یابد، فیوم بیشتری تولید می‌گردد.
- سرعت تغذیهٔ مفتول: هرچه سرعت تغذیه مفتول افزایش یابد، فلز بیشتری استفاده می‌شود و فیوم بیشتری نیز تولید می‌گردد.
- رطوبت: در محیط‌های مرطوب، به دلیل جذب آن توسط فلاکس، میزان تولید فیوم افزایش می‌یابد.
- موقعیت(وضعیت) جوش: موقعیت افقی تخت، فیوم کمتری را نسبت به موقعیت بالای سر یا عمودی تولید می‌کند.
- نوع عملیات جوشکاری، جنس قطعه کار، جنس روکش قطعه کار، دمای هوای محیط، دمای شعلهٔ جوشکاری در جوشکاری با گاز، مدت زمان و فرکانس جوشکاری و سایر عوامل با توجه به عوامل فوق مشاهده می‌گردد که تغییر در هر یک از آنها می‌تواند موجب افزایش یا کاهش میزان فیوم‌های تولیدی گردد؛ لذا ضروری است در طراحی پست کار، تدوین دستورالعمل‌های بهداشتی و آموزش کارکنان، اقدامات لازم جهت کنترل و کاهش میزان تولید فیوم‌ها مد نظر قرار گیرد.

ضمناً باید توجه داشت که غلظت کمتر فیوم‌ها می‌تواند نتیجه زیادتر بودن گازهای ازن یا دی اکسید نیتروژن باشد. همچنین برشکاری با قوس پلاسما فیوم‌های کمتری تولید می‌کند که این امر می‌تواند ناشی از برشکاری باریکی باشد که طی آن مواد کمتری از فلز اصلی خارج می‌سازد.

تحقیق کنید

چه روش‌های دیگری از جوشکاری برق وجود دارد؟

پاسخ:

انواع دیگر جوشکاری برق:

- جوشکاری اشعهٔ لیزر

- جوشکاری زیر آب
- جوشکاری لیزر
- جوشکاری اولتراسونیک
- جوشکاری مقاومتی

} نقطهٔ جوش / جرقه‌ای / شیاری

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	مزایای جریان‌ها	
	AC	DC
۱	دستگاه‌های مولد جریان (AC) ساده‌تر و ارزان‌تر هستند.	قوس راحت‌تر تشکیل می‌شود و پایدارتر است.
۲	هزینهٔ نگهداری دستگاه‌ها کمتر است.	خطر شوک الکتریکی کمتر است.
۳	گرما در کار و الکترود به طور مساوی تقسیم می‌شود.	قوس آرام‌تر، و پاشش جرقه کمتر است.
۵	راندمان اقتصادی بالاتری دارد.	استفاده از همه نوع الکترودها امکان‌پذیر است.
۶	وزش قوس یا انحراف قوس ندارد.	امکان استفاده از هر دو قطب جریان وجود دارد.
۷		دو سوم گرمای قوس الکتریکی در قطب مثبت متمرکز است.
۸		جوشکاری در وضعیت‌های مختلف راحت‌تر است.

تحقیق کنید

معایب جریان‌های(AC) و (DC) در فرایند جوشکاری را بیابید.

پاسخ:

معایب جریان متناوب

- امکان تغییر قطب وجود ندارد.
- برای جوشکاری بعضی از فلزات مناسب نیست.
- استفاده از همه نوع الکترود روپوش‌دار میسر نیست.
- پایداری قوس کمتر است.
- در جوشکاری با آمپرهای کمتر، قوس دچار قطع وصل می‌شود.

معایب جریان مستقیم

در جوشکاری با جریان (DC) گاهی پدیده‌ای به نام وزش قوس یا دمش قوس (Arc Blow) وجود دارد که در جریان (AC) وجود ندارد.
وزش قوس یا انحراف قوس یعنی این که قوس الکتریکی به طرفی کشیده شود. این انحراف قوس به دلیل وجود حوزهٔ مغناطیسی است که در اطراف مسیر عبور جریان و عمود بر آن شکل می‌گیرد(شکل ۱). حوزهٔ مغناطیسی عمود بر الکترود جوشکاری و مسیر عبور جریان از محل اتصال به کابل اتصال تا محل تشکیل قوس شکل می‌گیرد و باعث انحراف قوس می‌شود. انحراف قوس باعث عیوب زیر می‌شود:

- حفره‌های گازی شکل
- نا موزون شدن گرده جوش
- پاشش زیادتر جرقه در انتهای جوش
- زیر برش یا سوختگی جوش
- ظاهر نامناسب جوش
- هزینهٔ خرید، تعمیر و نگهداری نسبت به دستگاه‌های (AC) بالاتر است.

کار در کلاس

جدول زیر را به کمک هنرآموز کامل کنید.

ردیف	مؤلفه جریان		شرح
	فارسی	انگلیسی	
۱	شدت جریان	Amper	به میزان جریان عبوری از الکترود گفته می‌شود.
۲	ولتاژ	Volt	میزان اختلاف سطح الکتریکی در مسیر جریان است که تعیین‌کنندهٔ میزان عبور الکترون‌ها است و هرچه این اختلاف بیشتر باشد، تخلیهٔ الکتریکی از فاصله دورتری صورت می‌گیرد.
۳	توان	Watt	حاصل ضرب آمپر در ولتاژ که میزان توان قوس جوشکاری است و عمق و پهنای جوشکاری را تعیین می‌کند.

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	نوع تجهیز		شرح و کاربرد
	فارسی	انگلیسی	
۱	ترانسفورماتور کاهنده	Step-Down Transformer	دستگاهی است که برای کاهش ولتاژ و افزایش آمپر جریان، در فرایند جوشکاری، استفاده می‌شود.
۲	دستگاه تولید جریان (DC)	Inverter	این دستگاه که نوعی ترانسفورماتور است، برای تولید جریان مستقیم در فرایند جوشکاری کاربرد دارد.
۳	انبر الکترود	Electrod Holders	این ابزار برای نگه‌داشتن الکترود در هنگام جوشکاری استفاده می‌شود.
۴	انبر اتصال	Earth Clamp	از این ابزار برای متصل کردن یکی از قطب‌های جریان به قطعه کار استفاده می‌شود.
۵	ماسک جوشکاری	Welding mask	برای حفاظت چشم‌ها و صورت در حین جوشکاری استفاده می‌شود.
۶	دستکش جوشکاری	Welding Glove	برای حفاظت دست‌ها از سوختگی و برق‌گرفتگی احتمالی استفاده می‌شود.
۷	الکترود	Electrod	این قطعه در هنگام جوشکاری ذوب می‌گردد و باعث اتصال قطعات به همدیگر می‌شود.

تحقیق کنید

خطراتی که گازهای ذکر شده دارند، بیابید.

پاسخ:

گازها و بخارها:

کلمات گاز و بخار در برخی از اوقات به اشتباه به صورت مترادف به کار می‌روند.

اما گاز به ماده‌ای گفته می‌شود که در حرارت ۲۵ C° و فشار ۷۶۰ mmHg به صورت گاز باشد و بخار به ماده‌ای اطلاق می‌شود که در شرایط مذکور به صورت جامد یا مایع باشد. تمام پروسه‌های جوشکاری گازهای خطرناکی را تولید می‌کنند. بعضی از این گازها مرئی و بعضی از آنها نامرئی هستند. دمای حاصل از شعله و قوس، اشعهٔ فرابنفش حاصل از قوس، گازهایی از قبیل منو اکسیدکربن، دی اکسیدکربن، اکسید نیتروژن و ازن را تولید می کنند. سایرگازها و بخارها در اثر استفاده از مواد اولیه نامناسب و یا وجود مواد محلول روی فلزات، تولید می‌شوند. برخی از گازها نیز به عنوان محافظ قوس و سوخت استفاد می‌شوند.

مهم‌ترین ویژگی این گازها عوارض سمی و یا خفه‌کنندگی آنها است. این گازها یا در طول جوشکاری تشکیل می‌شوند و یا عناصر گاز محافظ هستند.

گازها در عملیات جوشکاری به دلایل زیر به وجود می‌آیند:

- تجزیهٔ گازهای محافظ یا فلاکس
- فعل و انفعال پرتو فرابنفش با گازهای هوا در دمای بالا
- گاز محافظ

گازهایی که در جریان عملیات جوشکاری تولید می‌شوند، شامل گازهای ازن مونوکسید کربن، دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، کلرید هیدروژن، فسژن و برخی دیگر از گازها هستند که در ادامه برخی از آنها معرفی می‌گردند.

الف) ازن:

ازن در نتیجه یونیزاسیون اکسیژن توسط پرتوی فرابنفش حاصل از قوس جوشکاری، طبق فرمول زیر به وجود می‌آید.

$$UV + 3O_2 \rightarrow 2O_3$$

ازن گازی است ناپایدار، که رنگ آن متمایل به آبی و بوی آن شبیه بوی یونجه و یا بویی است که در هنگام جرقه الکتریکی در هوای آزاد استشمام می‌شود. ازن به عنوان گاز محرک ریه طبقه‌بندی می‌شود. به دلیل اینکه حلالیت ازن در آب کم است، معمولاً مجاری تنفسی تحتانی را درگیر می‌کند. در افراد سالمی که در معرض تماس با مقادیر نسبتاً کم ازن قرار دارند، تغییرات ناگهانی در آزمون‌های عملکرد ریه آنها ایجاد می‌شود. افراد در معرض تماس حاد با ازن از درد زیر جناغ سینه، سرفه و تنگی نفس شکایت می‌کنند. این گاز حتی در مقادیر کم (کمتر از یک پی پی ام) سرفه، درد پیشانی، تهوع، استفراغ، برونشیت، خستگی و خواب‌آلودگی ایجاد می‌کند. در غلظت‌های بالا این گاز می‌تواند قابلیت تحریک، ادم حاد و حتی مرگ را در پی داشته باشد.

ب) کربن مونوکسید:

کربن مونوکسید در طی عملیات جوشکاری به دلیل تاثیر پرتو فرابنفش بر کربن دی اکسید موجود در گاز محافظ، مطابق فرمول زیر به وجود می‌آید.

$$UV + 3CO_2 \rightarrow 3CO + O_3$$

کربن مونوکسید یکی از گازهای خفقان‌آور شیمیایی محسوب می‌شود. این گازها به دلیل داشتن اثر شیمیایی در فرایند تحویل اکسیژن و فرایند متابولیک، تداخل ایجاد می‌کنند و مانع جذب طبیعی اکسیژن توسط بافت‌ها می‌شوند. کربن مونوکسید گازی است بی‌رنگ و بی‌بو، بی‌مزه و بسیار سمی که از هوا سبکتر است. در افراد در معرض مواجهه علائم هشداردهنده‌ای وجود ندارد. نکته دیگر در مورد این گاز این است که علائم مسمومیت آن شبیه سایر بیماری‌هاست؛ یعنی فرد مصدوم از سردرد، تهوع و سرگیجه شکایت دارد. این علائم همانند علائم رایج سرماخوردگی، ناراحتی گوارشی و سایر بیماری‌های شایع است.

میل ترکیب کربن مونوکسید با هموگلوبین ۲۲۰ مرتبه بیشتر از اکسیژن است. ترکیب کربن مونوکسید با هموگلوبین در خون، کمپلکسی به نام کربوکسی هموگلوبین را تشکیل می‌دهد. یکی از تأثیرات مهم تشکیل این کمپلکس، کاهش ظرفیت هموگلوبین در حمل اکسیژن است. در این گونه موارد اندام‌هایی که به اکسیژن بیشتری نیاز دارند (نظیر مغز و قلب) بیشتر صدمه می‌بینند. علائم زودرس، غیراختصاصی است و مربوط به کاهش اکسیژن‌رسانی مغز است. این علائم شامل سردرد، تهوع، بی‌حالی، ضعف، گیجی و اختلال بینایی است. کاهش تیزبینی و تیزهوشی، سردرد، احساس فشار در پیشانی، ضعف و تهوع، تیرگی دید و ضربان شدید قلب از علائم مسمومیت با این گاز است که در صورت معالجه نکردن و غلظت زیاد گاز می‌تواند منجر به مرگ گردد. به دلیل خواص این گاز سمی، فردی که در معرض مسمومیت با آن قرارمی‌گیرد، به هیچ عنوان متوجه مسمومیت خود نمی‌شود و به همین دلیل مرگ ناشی از آن را مرگ خاموش می‌نامند.

پ) کربن دی‌اکسید:

کربن دی‌اکسید در اثر تجزیه فلاکس تولید می‌شود. و در گروه گازهای خفقان‌آور ساده طبقه‌بندی می‌شود. گازهای خفقان‌آور ساده، گازهایی هستند که از نظر فیزیولوژیک بی‌اثر هستند و باعث توقف برون‌ده قلبی و یا تغییر عملکرد هموگلوبین نمی‌شوند. اما در غلظت‌های زیاد باعث کاهش غلظت اکسیژن هوای تنفسی می‌شوند و فشار نسبی مورد نیاز برای برقراری اشباع خون از اکسیژن برای تنفس بافت‌ها را کاهش می‌دهند.

کربن دی‌اکسید گازی بی‌رنگ و بی‌بو با مزهٔ نسبتاً ترش است. در صورتی که غلظت تنفسی آن به۷ تا۱۰ درصد برسد، در عرض چند دقیقه و در غلظت تنفسی بیش از ۱۰ درصد در کمتر از یک دقیقه، ممکن است سبب از دست رفتن هوشیاری فرد در معرض تماس شود. استنشاق کربن دی‌اکسید، مرکز تنفس را تحریک می‌کند.

ت) اکسیدهای نیتروژن:

اکسیدهای نیتروژن در عملیات جوشکاری در اثر گرم شدن نیتروژن جو (در حضور پرتو فرابنفش) ایجاد می‌گردد. اکسیدهای نیتروژن معمولاً شامل نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) و نیتروژن اکسید (NO) هستند. نیتروژن دی‌اکسید، گاز غالب در فیوم

است. که در هوای سرد به رنگ زرد، در درجه حرارت معمولی اتاق، سرخ قهوه‌ای و در موقع گرم شدن، به رنگ شکلاتی است. در غلظت‌های کم (۱۰ تا ۲۰ پی پی ام) باعث سردرد، وزوز کردن گوش‌ها، سرفه، تپش قلب، تنگی نفس، سیانوز، سوزش چشم‌ها، بی‌قراری و بی‌خوابی می‌شود. افرادی که به مدت کوتاه با ۵۰ پی پی ام اکسید نیتروژن مواجهه دارند، در معرض ایجاد مشکلات حاد تنفسی هستند. به دلیل حلالیت نسبتاً کم اکسیدهای نیتروژن در آب، برای دهان و حلق، زیان‌آور نیستند، از این رو افراد ممکن است ندانسته این مواد را به مدت طولانی استنشاق کنند و مجاری تنفسی تحتانی آنها بدون آنکه هیچ‌گونه نشانه‌ای داشته باشد، دچار آسیب شود. اکسیدهای نیتروژن با آب موجود در مجاری تنفسی تحتانی ترکیب می‌شوند و نیتریک اسید تولید می‌کنند. نیترات‌ها و نیتریت‌هایی که از تجزیهٔ اسید نیتریک حاصل می‌شوند، می‌توانند مستقیماً باعث التهاب و تخریب بافت موضعی شوند. افراد در معرض تماس با اکسیدهای نیتروژن ممکن است ظرف ساعت‌ها تا روزها به درجات مختلفی از تنگی نفس، سرفه مداوم همراه با خلط خونی، احساس خفگی و ضعف مفرط دچار شوند، نیتروژن دی‌اکسید در غلظت‌های بالا منجر به ادم ریوی می‌شود.

ث) هیدروژن کلرید و فسژن:

این گازها در اثر واکنش بین پرتو فرابنفش و بخارهای ناشی از هیدروکربن‌های کلرینه حلال‌ها به وجود می‌آیند.

هیدروژن کلرید، اسیدی است بسیار محلول در آب که می‌تواند باعث آسیب مخاط ملتحمه و راه‌های هوایی فوقانی شود. تماس حاد با کلریدهای هیدروژن ممکن است منجر به تحریک غشاهای خاری چشم و راه‌های هوایی فوقانی گردد. در تماس با مقادیر بیش از حد مجاز و تماس‌های شدید با کلرید هیدروژن، علائم تنفسی به صورت سرفه و تنگی نفس ظاهر می‌شود. به طور خلاصه، کلرید هیدروژن محرک را ه هوایی فوقانی و مخاط ملتحمه است مواجهه با این مواد ممکن است سبب علائم تحریکی حاد و عملکرد ریوی انسدادی قابل برگشت شود.

فسژن یا کربونیل کلراید گازی است بی‌رنگ، سنگین‌تر از هوا، با محلولیت کم در آب و بوی خاصی که به بوی یونجه و علف تازه چیده‌شده تشبیه شده است. فسژن به دلیل حلالیت کم در آب، فقط به طور خفیف باعث تحریک چشم‌ها و راه‌های هوای فوقانی می‌شود. زمانی‌که فسژن در ریه‌ها رسوب کند، به طور آهسته به اسید هیدروکلریک و دی اکسیدکربن هیدرولیز می‌شود. افراد در معرض تماس، ممکن است تحریک فوری چشم‌ها و گلو را که معمولاً خفیف و خود محدود شونده است، تجربه کنند. به دلیل ایجاد علائم خفیف، تماس با این گاز غالباً ادامه می‌یابد. چندین ساعت بعد از تماس (۸ساعت) ممکن است تنگی نفس، احساس کوفتگی قفسهٔ سینه و سرفهٔ خشک، ایجاد شود.

بحث کلاسی

تجهیزات ایمنی در برابر گاز و دود موجود در کارگاه را ذکر کنید.

دستگاه تهویهٔ هوا و تخلیهٔ گازهای سمی- در برخی فضاهای بسته نیاز به ماسک متصل به لوله اکسیژن – ماسک‌های مخصوص جوشکاری برای جلوگیری از برخورد دود و گاز به صورت جوشکار

تحقیق کنید

خطرات دیگر ناشی از جوشکاری برق را بررسی کنید.

پاسخ:

خطرات فیزیکی:

گروه دیگر از انواع خطرات فعالیت جوشکاری، خ رات ناشی از عوامل فیزیکی محیط کار است. جوشکاران بعضاً در مواجهه با عوامل زیان‌آور فیزیکی زیرهستند.

- صدا
- پرتوها
- میدان‌های الکترومغناطیسی
- سرما یا گرمای شدید

صدا:

در برخی از عملیات جوشکاری، نظیر جوشکاری و برشکاری با پلاسما، صدای زیادی تولید می‌شود (بیش از ۸۵dBA) که از این لحاظ، باید اقدامات لازم به منظور جلوگیری از آسیب به افراد صورت پذیرد. در سایر انواع جوشکاری، صدا معمولاً ناشی از عملیات جانبی نظیر چکش‌کاری فلز قطعه کار است.

صدای زیاد در محیط کار ممکن است در درازمدت، موجب آسیب به سیستم شنوایی گردد، همچنین مواجهه با صدا عامل ایجاد استرس، فشار خون و بیماری‌های قلبی، ایجاد خستگی، حالت‌های عصبی و بی‌حوصلگی فرد است.

اگر افرادی در یک محیط دارای تراز فشار صدای بالا کار می‌کنند، کارفرما باید از روش‌ها و حدود تماس شغلی(تعیین شده توسط کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای کشور) برای ارزشیابی میزان مواجهه با صدا و تعیین میزان زمان مواجهه مجاز استفاد کند.

اگر تراز فشار صدا به طور متوسط در هشت ساعت به ۸۵ دسی بل می‌رسد، کارفرما باید ضمن تلاش برای حذف یا کاهش تراز فشار صدا در محیط کار، روشی مناسبی را برای فرد جوشکار تهیه و به وی ارائه کند و سالانه او را تحت معاینات دوره‌ای پزشکی قرار دهد.

به منظور اندازه‌گیری میزان مواجهۀ فرد با صدا، می‌توان از صداسنج‌هایی که تراز فشار صوت را در شبکه (A) اندازه‌گیری می‌نمایند، استفاده کرد. علاوه بر اندازه‌گیری تراز فشار صوت، باید اطلاعاتی را در مورد نحوۀ مواجهه و مدت زمان مواجهۀ فرد به‌دست آورد و سپس نسبت به ارزشیابی و تعیین مجاز یا غیرمجاز بودن مواجهۀ فرد اقدام کرد.

ضمناً از دزیمترها نیز می‌توان برای اندازه‌گیری میزان مواجهۀ فرد با صدا استفاده کرد. دزیمتری قابل اعتمادترین روش برای اندازه‌گیری مواجهۀ کارگر با صدا است، زیرا در تمام طول شیفت کاری دزیمتر متصل‌شده به کارگر، مقدار مواجهۀ واقعی را اندازه‌گیری می‌کند و در پایان شیفت، دز دریافتی واقعی صدا را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که قبل از اندازه‌گیری صدا باید از کالیبر بودن صداسنج، اطمینان حاصل نمود. استاندارد کشور ایران که تمامی کارفرمایان ملزم به رعایت آن هستند، توسط کمیتۀ فنی بهداشت حرفه‌ای کشور مقدار ۸۵ دسی بل برای ۸ ساعت کار تعیین شده است.

برای کنترل صدا در محیط کار، امروزه روش‌های پیچیده‌ای ابداع شده و استفاد می‌شود. برخی از این روش‌ها عبارتند از:

- بهره‌گیری از کنترل‌های مدیریتی نظیر دور کردن جوشکاران از نواحی دارای صدای غیرمجاز به منظور کاهش تراز فشار صدای دریافتی
- بهره‌گیری از کنترل‌های مهندسی مثل جایگزینی عملیات دارای صدای بالا، با تجهیزات و عملیات کم‌صدا
- کاهش ارتعاش سطوح مرتعش
- استفاده از مواد جاذب صدا در محیط کار
- استفاد از حصارهای صوتی
- استفاده از سپرها یا موانع صوتی
- استفاده از وسایل حفاظت فردی مانند روش‌های ایمنی روگوشی و توگوشی.

پرتوها:

پرتوهایی که در عملیات جوشکاری وجود دارند، شامل دو نوع ماوراء بنفش و مادون قرمز هستند. پرتو ماوراء بنفش بیشتر در جوشکاری قوس الکتریکی به وجود می‌آید. در حالی‌که پرتوهای مادون قرمز بیشتر در جوشکاری با اکسی سوخت به وجود می‌آید. پرتوهای ماوراء بنفش و مادون قرمز بیشتر از پرتوهای الکترومغناطیسی هستند. که انرژی آنها برای یونیزاسیون ماده کافی نیست، لذا به این پرتوها، پرتوهای غیریونساز می‌گویند.

الف) پرتو ماوراء بنفش (UV):

پرتو ماوراء بنفش شامل پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج ۱۰۰ تا۴۰۰ نانومتر می‌شو و دارای طول موج کوتاه‌تری (فرکانس بیشتر) نسبت به نور مرئی، و طول موج بلندتر(فرکانس کمتر) نسبت به پرتوهای (X) است. پرتو ماوراء بنفش

بر حسب طول موج، به سه بخش (UV-A)، (UV-B) و (UV-C) تقسیم می‌شود.
پرتوی فرابنفش دارای تأثیرات حاد و مزمن به شرح زیر است:
تأثیرات حاد:
الف) آفتاب‌سوختگی:
اصطلاح پزشکی آفتاب‌سوختگی، اریتما است. در این عارضه، پوست قرمز می‌شود و در موارد شدید تاول می‌زند و پوسته‌پوسته می‌شود. از سه باند موجود در پرتو ماوراء بنفش، باند (UV-B) مؤثرترین بخش ایجادکنندهٔ آفتاب‌سوختگی است.
پوست برای حفاظت خود در برابر پرتوهای ماوراء بنفش، حالت برنزه پیدا می‌کند؛ بدین صورت که تولید رنگ‌دانه‌های پوست، افزایش می‌یابد و پوست تیره‌تر می‌شود. مواجهه رولانیتر با پرتوهای ماوراء بنفش منجر به رخی شدا لایه خارجی پوست می‌شود. به دلیل کمتر بودن میزان رنگ‌دانه‌ها در افراد دارای پوست، مو و چشم‌های روشن، این افراد به پرتو ماوراء بنفش حساس‌تر هستند.
ب) برق‌زدگی چشم:
به این عارضه برف‌کوری نیز می‌گویند و اصطلاح پزشکی آن فتوکراتوکنژونکتیوت (التهاب ملتحمه چشم) است. این عارضه سوزس دردناک قرنیه و ملتحمه (غشاء وصل‌کنندهٔ کرهٔ چشم به پلک داخلی) را به همراه دارد. در این عارضه فرد احساس می‌کند در چشمش چیزی مانند شن وجود دارد و چشم وی به نور حساس می‌شود.
میزان
حساسیت چشم به پرتو ماوراء بنفش از پوست بیش‌تر است، زیرا چشم فاقد لایه خارجی شاخی و رنگ‌دانه‌های حفاظتی است.
علائم معمول حدود ۶-۴ ساعت پس از مواجهه بروز می‌کند و ۲۴ ساعت پس از مواجهه فروکش می‌کند و در صورتی که مواجهه شدیدی رخ نداده باشد، آسیب دائمی به چشم وارد نمی‌شود.
تأثیرات مزمن:
از تأثیرات مزمن پرتو ماوراء بنفش می‌توان به پیری زودرس و سرطان پوست اشار کرد. بیشترین میزان پرتوهای ماوراء بنفش در جوشکاری با قوس پلاسما، جوشکاری با قوس فلزی گازی و جوشکاری با قوس فلزی با گاز محافظ است و کمترین میزان پرتوهای ماوراء بنفش در جوشکاری با قوس تنگستن ایجاد می‌شود.
در مکانی که جوشکاری قوس الکتریکی به‌طور منظم در نزدیکی دیوارهای رنگ‌شده انجام می‌شود، دیوارها باید با یک پرداخت و صیقل‌کاری نهایی که انعکاس کمی برای تابش ماوراء بنفش دارند، رنگ‌آمیزی شوند. مادهٔ پرداخت‌کنندهٔ باید حاوی رنگ‌دانه‌های معینی مثل دی اکسید تیتانی یا اکسید روی باشد. این رنگ‌دانه‌ها انعکاس کمی برای تابش ماورای بنفش دارند. رنگ‌دانه‌های رنگی اگر انعکاس را افزایش ندهند، می‌توانند به کار بروند. رنگ‌دانه‌های پودری یا رنگ‌دانه‌های با پایه ذرات فلزی توصیه نمی‌شوند، زیرا این نوع رنگ‌دانه‌ها تابش ماوراء بنفش را منعکس می‌کنند.

ب) پرتو مادون قرمز: (IR)
پرتو مادون قرمز بیشتر در جوشکاری با گاز ایجاد می‌شود. پرتوهای مادون قرمز دارای تأثیرات ملایم‌تری نسبت به پرتوهای ماوراء بنفش است و عوارض آنها نیز کمتر است.
اثرات پرتو مادون قرمز:
مهم‌ترین اثر پرتو مادون قرمز، افزایش دمای بافت‌های بدن، پس از جذب پرتو است. پرتو مادون قرمز به‌طور عمده توسط پوست و چشم جذب می‌شود. اثر این پرتو روی عدسی چشم، باعث ایجاد بیماری آب مروارید (کاتاراکت) می‌گردد که آب مروارید شیشه‌سازان نیز نامیده می‌شود، ولی در حال حاضر این عارضه در کارگران ذوب فلزات و کارگران کوره‌ها نیز مشاهده می‌شود. علت ایجاد آب مروارید، تأثیرات گرمایی حاصل از این پرتو است و چون عدسی چشم فاقد عروق خونی است، به همین دلیل نمی‌تواند گرمای جذب‌شده را دفع کند؛ در نتیجه به تدریج آسیب می‌بیند. دورهٔ نهفته این عارضه در حدود ۲۰ -۱۵ سال تعیین شده است. تابش پرتو به میزان زیاد روی چشم، سبب سوختگی شبکیه می‌شود.
- حفاظت در برابر پرتو ماوراء بنفش:
اقدامات کنترلی زیر در صورت اثربخشی می‌تواند برای جلوگیری از مواجهه بیش از حد کارگران با پرتو ماوراء بنفش مفید باشد:
- آموزش: جوشکاران را باید در مورد ماهیت پرتو ماوراء بنفش، خطرها و نحوهٔ حفاظت از خود در برابر آن آموزش داد.
- محصورسازی: پرتو ماوراء بنفش باید تا آنجایی که امکان دارد در منطقه محصور-شده‌ای محدود یا حفظ شود. پرتو ماوراء بنفش را به آسانی می‌توان توسط مواد مات نظیر مقوا یا چوب محصور نمود و از انتشار آن جلوگیری کرد. مواد شفاف نظیر شیشه، پی وی سی، فلکسی گلاس‌ها و پلاستیک‌های شفاف با درجات مختلفی جلوی عبور پرتو ماوراء بنفش را می‌گیرند. معمولاً پلاستیک‌های کربناته، حفاظت کافی در برابر پرتو ماوراء بنفش را فراهم می‌سازند. برخی از انوع شیشه‌های شفاف (شامل برخی از انواع شیشه‌های پنجره و شیشه‌های عینک) مقادیر قابل توجهی از پرتو ماوراء بنفش (باند A) را عبور می‌دهند؛ بنابراین با ایجاد مانع مناسب، به خصوص در محل جوشکاری باید افراد دیگر را از پرتوها محافظت کرد. برای این کار می‌توان از پرده‌ای از جنس پلی وینیل کلراید (که به پاراون معروف است) استفاده کرد. به دلیل اینکه رنگ پرده اهمیت ویژه‌ای دارد، بنابراین رنگ پرده نباید بازتاب‌دهندهٔ پرتو باشد و مناسب‌ترین رنگ، رنگی است که در آن از اکسید روی و اکسید تیتانیوم استفاده شده باشد. ماده حفاظتی دیگر برای محصورسازی، شیشه‌هایی است که طول موج خطرناک پرتو را جذب می‌کند.
- محدودیت مواجهه کارگر: مواجهه کارگر با پرتو ماوراء بنفش باید محدود گردد و سایر کارگران نیز در فاصلهٔ دورتری نسبت به محل جوشکاری قرار گیرند.

قانون عکس مجذور فاصله در مورد پرتو ماوراء بنفش نیز صادق است؛ به نحوی که شدت پرتو با عکس مجذور فاصله از منبع کاهش می‌یابد.
- استفاد از وسایل حفاظت فردی: کارگر باید از وسایل حفاظت فردی مناسب، مانند نقاب صورت (ماسک جوشکاری)، عینک مخصوص، دستکش جوشکاری و پی‌بند چرمی در هنگا م جوشکاری استفاده کند. معمولاً استفاده از لباس فلانل بر نوع چرمی آن برتری دارد.

گرما:
گرمای شدید و جرقه‌های ناشی از جوشکاری ممکن است باعث سوختگی بخش-هایی از بدن کارگر در حین جوشکاری شود. جراحات چشمی نیز از تماس با خاکستر داغ، تراشهٔ فلزات، جرقه‌ها و الکترودهای داغ حاصل می‌شود. به‌علاوه، تماس طولانی‌مدت با گرما منجر به استرس حرارتی در فرد خواهد گردید.
جوشکاران باید از علائم گرمازدگی همچون خستگی، سرگیجه، کم‌اشتهایی، تهوع، درد ناحیهٔ شکمی و بی‌حوصلگی آگاهی داشته باشند. تهویه، جداسازی و ایجاد فاصله مناسب با منبع حرارتی، رعایت فواصل استراحت و نوشیدن مایعات مناسب می‌تواند افراد را در برابر خطرات مرتبط با گرما محافظت کند.
خطرات ارگونومیکی:
بسیاری از آسیب‌ها و جراحات جوشکاران در نتیجه کشیدگی، دررفتگی، و یا تغییر شکل عضلات آنها است. جوشکاران اغلب مجبورند که:

- وسایل و تجهیزات سنگین را بردارند یا حرکت دهند.
- به مدت طولانی در موقعیت نامناسب کار کنند.
- ابزار سنگین جوشکاری را به مدت طولانی در دست نگهدارند.

جوشکاری شغلی است که می‌تواند باعث کار در وضعیت‌های بدنی نامطلوب و حمل تجهیزات سنگین گردد. در حین جوشکاری معمولاً فشار زیادی روی بازو و شانه فرد وارد می‌گردد.
از جمله عوامل مستعدکنندهٔ عوارض اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) در عملیات جوشکاری وضعیت‌های بدنی نامطلوب به‌خصوص در قسمت مچ دست و کمر، بلند کردن تجهیزات سنگین، انجام فعالیت استاتیک، یکنواختی کار و غیره است.
مهم‌ترین پیامدهای ناشی از نامناسب بودب وضعیت کاری را می‌توان به شرح ذیل بیان کرد:

- کاهش بهره‌وری و کیفیت
- غیبت از کار به دلیل صدمه یا بیماری
- هزینه‌های مربوط به درمان و جایگزینی جوشکاران

خطرات اسکلتی- عضلانی رایج در عملیات جوشکاری:
در بین جوشکاران شکایت از بیماری های اسکلتی- عضلانی نظیر صدمات در ناحیه فوقانی پشت، درد شانه، کاهش قدرت ماهیچه‌ها، درد مچ، سفید شدن انگشتان و بیماری ناحیه زانو بیشتر دیده شده است. وضعیت فرد هنگام کار کردن (مخصوصاً هنگام قرار گرفتن قطعه در بالای سر، وجود ارتعاش در حین کار و حمل بارهای سنگین) در بروز اختلالات و بیماری‌های فوق مؤثر است.
روش‌های مناسب برای ارتقای ارگونومی در جوشکاری:
برای حذف و یا کاهش عوارض ارگونومیک ناشی از حمل اشیای سنگین در حین عملیات جوشکاری می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- استفاده از تجهیزات جوشکاری سبک‌تر و راحت‌تر برای حمل؛
- استفاده از کابل‌های سبک‌تر با قابلیت انعطاف بیشتر (سختی کمتر)؛
- استفاده از وسایل نگهدارنده کابل (بالانسرها)؛
- استفاده از جرثقیل‌های سقفی؛
- استفاده از میزهای بالابر و دارای قابلیت چرخش (میز با قابلیت تنظیم ارتفاع)

برای حذف و یا کاهش عوارض ارگونومیک ناشی از وضعیت‌های بدنی نامناسب درحین عملیات جوشکاری می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- قرار دادن قطعه کار در ارتفاع کمر در صورت امکان؛
- استفاده از میزهای بالابر (میز با قابلیت تنظیم ارتفاع)؛
- استفاده از تفنگ‌های جوشکاری دارای قابلیت حرکت و طراحی شده به صورتی که با هر دو دست بتوان با آن کار کرد؛
- استفاده از میزکاری و حفظ وضعیت بدنی ایمن‌تر به منظور کاهش خم شدن کمر در حین انجام جوشکاری روی زمین:
- به منظور طراحی مناسب صندلی و میزکار جوشکاری می‌توان از راهنمای ارائه شده در شکل زیر استفاده کرد.

واحد یادگیری۲: ایجاد قوس الکتریکی و گرده جوش

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

– شایستگی‌های فنی:

۱- انواع الکترودها را بشناسد و کاربرد آنها را بداند.
۲- روش‌های ایجاد قوس الکتریکی را فرا گیرد و انجام دهد.
۳- بتواند یک خال جوش را ایجاد کند.
۴- نکات ایمنی را در قبل و حین جوشکاری رعایت کند.

– شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری،توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

شناسایی الکترودها

هنگام انتخاب الکترود، اولین اصل گزینش، مطلع شدن از مشخصات فلز جوش است؛ به نحوی که اطمینان حاصل شود که کیفیت فلز جوش الکترود انتخابی مشابه و یا بهتر از فلز پایهاست. حالت جوش ونیز نوع اتصال آن از سایر عوامل مؤثر در انتخاب الکترود است.
اطلاعات کلی دربارهٔ تأثیر نوع روکش الکترود بر خواص، سرعت و کیفیت فلز جوش

الکترودهای روتیلی:

تقریباً دارای صددرصد جایگزینی است. به سهولت قابل استفاده است و برای جوش‌هایی با اتصالات کوتاه، فولادهای نرم، جوش‌های نوار مانند، ورق‌های فولادی و هم چنین اتصال شکاف‌های عمیق مناسب است. جوش حاصل از این الکترودها کامل میزان آنها بسیار کم و سرعت جوشکاری نیز مناسب است.
برای جوشکاری فولادهایی با میزان استحکام کششی بیش از ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع معمولاً الکترودهای روتیلی بدون آلیاژ توصیه نمی‌شود. الکترودهای روتیلی در مقابل رطوبت غالباً بدون واکنش هستند.

الکترودهای روتیلی با درصد روتیل زیاد:

این نوع الکترودها معمولاً دارای سرعت جوشکاری زیاد هستند و نرخ رسوب‌گذاری را تا حدود ۱۴۰ گرم در دقیقه افزایش می‌دهند. این الکترود به سهولت قابل استفاده است و سربارهٔ آن به راحتی جدا می‌گردد. شکل و حالت جوش شکیل و مناسب برای جوش‌های عمودی و افقی است. فلز جوش این الکترود چنان استحکام کششی بالایی دارد که حتی می‌توان گفت بیش از فلز جوش الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ است، اما در برابر ترک و کشیدگی استحکام کمتری نسبت به آنها دارد. صافی و مسطح بودن جوش و جذب پیوسته آن به فلز پایه باعث یکپارچگی کامل اتصالات می‌شود. کیفیت جوش این نوع الکترودها حداقل معادل کیفیت الکترودهای قلیایی است که به ماشین‌کاری نیاز ندارد. الکترودهای روتیلی بدون آلیاژ از لحاظ میزان دوام و گذشته از کارایی‌های آن برای جوشکاری فولادهای نرمی که استحکام کششی آنها تا حدود ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است، توصیه می‌گردد. این الکترودها از نظر استحکام کششی می‌توانند برای جوشکاری فولادهایی که استحکام کمی بیشتر از ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را نیز دارند، به‌کار روند، اما به عنوان یک قانون کلی، فقط الکترودهایی که حاوی هیدروژن پایین از قبیل الکترودهای قلیایی یا سیلکون قلیایی هستند، باید برای جوشکاری فولادهایی با استحکام بالاتر از ۴۴۰ نیوتن به میلی‌متر مربع استفاده شوند.

الکترود اسیدی:

الکترودهای اسیدی بدون پودر آهن در پوشاندن سطح جوش راحت‌تر از الکترودهای قلیایی عمل می‌کنند ولی نسبت به الکترودهای روتیلی دشوارتر هستند. سرعت جوشکاری در این الکترودها متوسط و سطح خارجی جوش حالت صاف و براق دارد. سربارهٔ آن درشت است و به سهولت زدوده می‌شود. این الکترودها در مقایسه با الکترودهای روتیلی مقاومت کمتر و کشش‌پذیری بیشتری دارند، ولی دارای کشیدگی و استحکام تماس بیشتری هستند. الکترودهای اسیدی که قبلاً بازار را قبضه کرده بودند، به تدریج جای خود را به الکترودهای روتیلی و قلیایی دادند که اولی برای جوشکاری سطوح مسطح و دومی برای سایر حالات جوشکاری به‌کار می‌روند. الکترودهای اسیدی بدون آلیاژ برای جوشکاری فولادهایی مناسب است که استحکام کشش تا حدود ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را دارند.

الکترودهای اسیدی با کارایی بالا:

این نوع الکترودها سرعت جوشکاری فوق‌العاده زیادی نسبت به الکترودهای معمولی دارد. به نحوی که با این الکترودها می‌توان حداکثر تا ۱۲۰ گرم در دقیقه فلز جوش ایجاد کرد. سطح جوش این الکترودها هموار و براق و سربار آن درشت است و به سهولت قابل زدودن است. این نوع الکترود برای اتصالات کنگره‌ای و جوش‌های فیلت مانند در حالت افقی بسیار مناسب است. استقامت فلز جوش این نوع الکترودها مانند استحکام الکترودهای اسیدی معمولی است؛ و لذا کاربرد آنها نیز مشابه است.

الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ:

این الکترودها در سطوح مسطح سرعت جوشکاری متوسطی دارند، ولی در حالت عمودی رو به بالا نسبت به سایر الکترودها دارای سرعت بیشتری هستند. از این جهت الکترودهای قلیایی می‌توانند در حالت عمودی نسبت به دیگر الکترودها از شدت جریان بیشتری استفاده کنند. علاوه بر این، میزان جایگزینی فلز جوش این الکترودها به ازای هر الکترود نیز بیشتر از سایر انواع الکترودهاست. علی‌رغم این که معمولاً سربارهٔ الکترودهای قلیایی همانند الکترودهای اسیدی و روتیلی به راحتی قابل زدودن نیست، ولی باز هم می‌توان آن را در دستهٔ الکترودهایی با سربارهٔ آسان‌زدا قرار داد. سربارهٔ الکترودهای قلیایی در مقایسه با الکترودهای روتیلی یا اسیدی نقطهٔ ذوب پایین‌تری دارند؛ لذا هنگام استفاده از الکترودهای قلیایی احتمال نفوذ سرباره در فلز جوش کمتر است؛ حتی اگر ذرات بین دو جوش در یک جوشکاری طولانی کاملاً زدوده نشده باشد. فلز جوش الکترودهای قلیایی حاوی هیدروژن ناچیزی است و در درجهٔ حرارت پایین هم معمولاً از استحکام بالایی برخوردار است. احتمال ترک سرد یا گرم در فلز جوش الکترودهای قلیایی در مقایسه با سایر الکترودها بسیار کمتر است. از این لحاظ، برتری این نوع الکترود هنگام جوشکاری فولادهایی با آلیاژ منگنزدار از قبیل دیگ‌های بخار فولادی و

ورقه‌های بدنهٔ کشتی که استحکام کشش ۴۹۰ تا ۵۳۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و فشار تسلیم ۲۹۰ تا ۳۹۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را دارند، نمایان می‌شود. هرچه فولاد سخت‌تر باشد، استفاده از الکترودهای قلیایی ضرورت بیشتری پیدا می‌کند و البته نباید فراموش کرد که کاهش رطوبت روکش در این الکترودها الزامی است.

شکل۱

الکترودهای سیلکون- قلیایی با قابلیت بالا:

این نوع الکترودها بیش‌ترین سرعت جوشکاری را دارند و ترجیحاً در سطوح مسطح جوشکاری می‌شوند. این نوع الکترودها همانند الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ به‌کار می‌روند.

الکترودهای روتیلی- قلیایی با قابلیت بالا:

این نوع الکترودها تلفیقی از مزیت‌های الکترودهای روتیلی و قلیایی را فراهم می‌کنند؛ لذا بهترین نوع الکترود برای جوش‌های فیلت‌مانند افقی و عمودی در فولادهای با استحکام بالا هستند که معمولاً این امکان با جوشکاری الکترودهای روتیلی فراهن نمی‌گردد.

الکترودهای سلولزی:

این نوع از الکترودها برای تمام حالات جوشکاری مخصوصاً جوشکاری عمودی و بالای سر که خواص مکانیکی فلز جوش از بیشترین درجهٔ اهمیت برخوردار است و شرایط رادیوگرافی باید کاملاً بر فلز جوش حاکم باشد، مناسب و به راحتی قابل استفاده است. ضخامت الکترود انتخابی در جوشکاری عمودی و بالای سر در مقایسه با الکترودهایی با سایر پوشش‌ها مستلزم استفاده از یک سایز بالاتر است. فولاد نرم را بدون گرمایش و حرارت‌دهی اولیه جوش می‌دهند، ولی پیشنهاد می‌شود فولادهای با استحکام بالا با حرارت‌دهی اولیه همچنین ایجاد گرمایش در طول جوشکاری انجام گردد؛ همچنان که برای جوشکاری با الکترودهای با هیدروژن کم عمل می‌شود.

طبقه‌بندی الکترودها بر حسب استاندارد (AWS.A 5.1)

انجمن جوشکاری آمریکا (AWS) با طبقه‌بندی انواع الکترودهای جوشکاری، تسهیلات خاصی را به منظور کاربرد و نحوهٔ استفاده بهینه از آنها در اختیار جوشکاران قرار می‌دهد. با این پیش‌زمینه، به این سیستم و طریقهٔ استفاده مطلوب از آن می‌پردازیم. پیشوند E نمایانگر الکترود جوشکاری است. دو رقم اول از چهار رقم و سه رقم اول از پنج رقم نشانگر استحکام کششی است. به عنوان مثال E- 6010 یعنی استحکام کششی شصت هزار پوند بر اینچ مربع و E- 10018 هم یعنی استحکام کششی فلز جوش صد هزار پوند بر اینچ مربع است. از رقم بعدی تا آخرین رقم هم نمایانگر حالت جوشکاری است. رقم ۱ نشانگر انجام جوشکاری در تمامی حالات است. رقم ۲ صرفاً برای سطوح مسطح افقی، و رقم ۳ نشان‌دهندهٔ کاربرد در سطوح مسطح افقی و عمودی و رو به پایین است. دو رقم آخر، با هم یعنی نوع پوشش و قطبیت یا جریانی که باید با آن جوشکاری کرد.

جدول ۲

نوع پوشش و شدت جریان	حالات	استحکام کشش	الکترود
10	1	60	E

جدول ۳

رقم	نوع پوشش	جریان جوشکاری
10	سلولز و سدیم بالا	مستقیم
11	پتاسیم و سلولز بالا	مستقیم یا متناوب
12	تیتانیوم و سدیم بالا	مستقیم یا متناوب
13	تیتانیوم و پتاسیم بالا	مستقیم یا متناوب
14	تیتانیوم و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
15	سدیم و هیدروژن پایین	مستقیم
16	پتاسیم و هیدروژن پایین	مستقیم یا متناوب
27	پودر آهن و اکسید آهن	مستقیم یا متناوب
18	هیدروژن پایین و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
20	اکسید آهن بالا	مستقیم یا متناوب
22	اکسید آهن بالا	مستقیم یا متناوب
24	تیتانیوم و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
28	پودر آهن و پتاسیم هیدروژن پایین	مستقیم یا متناوب

یک جوشکار برای هر کار جوشکاری الکترود خاص استفاده می‌کند و دستگاه جوش مستقیم (DC) قوس صاف و جوش مناسب‌تری ایجاد می‌کند. برخی از الکترودها فقط با دستگاه برق مستقیم کار می‌کند، ولی الکترودهای جوشکاری با برق متناوب قابلیت کاربرد با دستگاه جوش مستقیم را هم دارند. در این جا متداول‌ترین الکترودها و نحوهٔ کاربرد آنها ارائه می‌شود.

متداول‌ترین الکترودها:

الف) E- 6010

فقط با جریان جوش مستقیم کار می‌کند و مختص جوشکاری لوله است. نفوذ قوس جوش در این نوع الکترود بیشتر از همه الکترودهاست. بهترین الکترود برای نفوذ در زنگ‌زدگی، چربی، رنگ و کثیفی است. در تمام حالات قابل جوشکاری است، به طوری که جوشکاران مبتدی معمولاً کار با آن را دشوار می‌دانند، ولی بسیار مورد علاقه جوشکاران خطوط لوله در سراسر دنیاست.

ب) E- 6011

این الکترود برای تمام حالات جوشکاری به‌کار می‌رود. جوش آن با برق متناوب است و ویژه زنگ‌زدگی، چربی و فلزات کهنه است. هنگام دسترسی نداشتن به برق مستقیم، اولین انتخاب برای امور تعمیر و نگهداری است و دارای قوس جوش عمیق و نافذ است.

پ) E- 6013

در تمام حالات قابل جوشکاری است. برق آن متناوب است و در جوش‌های تمیز و کم‌پاشش و ورق‌های فلزی نو و تازه کاربرد دارد. قوس مسطح آن، پاشش‌کم و نفوذی متوسط دارد و سربار آسان‌زدا است.

ت) E- 7018

الکترودی است با قابلیت جوشکاری در تمام حالات. با برق مستقیم کار می‌کند و هیدروژن آن کم است؛ به ویژه وقتی کیفیت جوش مطرح باشد و فلز مورد جوشکاری، سخت جوش باشد، استفاده می‌شود. دارای قابلیت جوش منظم و نیز مقاومت به ضربه مناسب در دمای زیر صفر درجه است.

ث) E- 7024

این الکترود معمولاً مختص درز جوش‌های بزرگ است و با برق متناوب کار می‌کند در ورقه‌هایی با ضخامت بیشتر از ۶ میلی‌متر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی بیشتر برای ورقه‌هایی با ضخامت ۱۲ میلی‌متر به بالا است.

تحقیق کنید

روش‌های ایجاد قوس الکتریکی چیست؟

پاسخ:
برای ایجاد قوس از روش‌های زیر استفاده می‌شود:
- تماس دو قطب جریان به هم
- با استفاده از ولتاژ و فرکانس بالا
- با استفاده از واسطهٔ بین الکترود و کار
- در روش تماسی مانند جوشکاری با الکترود روپوش‌دار، ابتدا الکترود را به کار تماس می‌دهیم و به آرامی تا فاصلهٔ چند میلی‌متری کار دور می‌کنیم یا مانند نوک زدن پرندگان با الکترود به کار ضربه می‌زنیم و جدا می‌کنیم تا قوس شکل بگیرد. در این روش ولتاژ مدار حدود ۸۰ تا ۹۰ ولت است و در اثر شروع قوس و یونیزه شدن گازهای بین دو قطب به نصف یا کمتر هم خواهد رسید.

بحث کلاسی

عیوبی که در اثر انحراف قوس الکتریکی در جوشکاری ایجاد می‌شود، چیست؟

پاسخ:
انحراف قوس باعث عیوب زیر می‌شود:
- حفره‌های گازی‌شکل
- ناموزون شدن گرده جوش
- پاشش زیادتر جرقه در انتهای جوش
- زیر برش یا سوختگی جوش

تحقیق کنید

روش‌های دیگر جلوگیری از ایجاد وزش قوس چیست؟

پاسخ:
راه‌های جلوگیری از وزش قوس
- انجام جوشکاری به طرف قسمتی که قبلاً جوشکاری‌شده (تغییر جهت جوشکاری)
- قرار دادن قطعه کار در وسط حلقه‌ای که توسط کابل انبر یا کابل اتصال درست کرده‌ایم؛ یعنی این که در صورت امکان کابل اتصال به دور قطعه کار پیچیده شود (به منظور ایجاد حوزهٔ مغناطیسی جدید و خنثی کردن اثر وزش قوس).
- تغییر جریان از (DC) به (AC)

واحد یادگیری۳: جوشکاری انواع اتصالات

زمان آموزش	جمع: ۵۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- انواع اتصالات جوشکاری را بشناسد.
۲- علائم و نشانه‌های انواع اتصالات جوشکاری را بشناسد.
۳- بتواند گرده جوش ایجاد کند.
۴- جوشکاری به‌صورت سپری و شیاری را انجام دهد.
۵- نکات ایمنی را در حین جوشکاری رعایت کند.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

جوشکاری انواع اتصالات

نقش اتصالات جوش انتقال تنش و تقسیم آن بین اعضای سازهٔ جوش داده‌شده (weldment) است و نیروها و بارهای وارد شده به سازه را به قسمت‌های مختلف جوش منتقل می‌کند. تنش‌ها به سطح مقطع جوش وارد می‌گردد، لذا باید مقادیر آن با استفاده از محاسبات و تجربهٔ کاری برآورده گردد. نوع بار و سرویس‌دهی سازه‌ها از عواملی است که در طراحی اتصالات جوش باید در نظر گرفته شود.

فرایندهای متداول جوشکاری

به دلیل استفادهٔ گسترده از روش (SMAW)در ایران بحث ما دربارهٔ این روش است.

انواع جوش:

الف) جوش شیاری (Groove)

ب) جوش گوشه (Fillet)

پ) جوش کام (Slot)

ت) جوش انگشتانه (Pluge)

جوش گوشه متداول‌ترین نوع جوش در سازهٔ فولادی است. بعد از آن جوش شیاری قرار دارد و جوش انگشتانه و کام به موارد مخصوصی که در آن مقاومت جوش انجام‌شده در لبه‌ها به حد کافی نباشد، محدود می‌شود.

جوش شیاری: جوشی است که در درز بین دو قطعه رسوب می‌کند و در دو نوع با نفوذ کامل و با نفوذ نسبی اجرا می‌شود.

جوش گوشه: جوشی است که بر وجوه جانبی دو قطعه مجاور هم رسوب می‌کند.

جوش کام: جوشی است که درون یک شکاف به صورت توپر داده می‌شود.

جوش انگشتانه: جوشی است که درون یک سوراخ به صورت توپر داده می‌شود.

انواع اتصال جوشی:

الف) اتصال لب به لب

ب) اتصال پوششی (روی‌هم)

پ) اتصال سپری

ت) اتصال گونیا

ث) اتصال پیشانی

جزئیات جوش شیاری با نفوذ کامل:

این جوش عمدتاً برای متصل ساختن قطعات ورقی است که در یک سطح و یک امتداد قرار گرفته‌اند. این جوش باید از مقاومتی هم‌اندازه با مقاومت قطعات

متصل‌شونده برخوردار باشد. در این خصوص باید به امتزاج کامل ریشهٔ جوش توجه خاص داشت. برای رسیدن به این هدف دو روش زیر را در پیش داریم:

الف) استفاده از پشت‌بند و انجام عبور ریشه به نحوی که پشت‌بند در عبور ریشه با فلز جوش و فلز پایه ممزوج شود. مشخصات تسمه پشت‌بند باید در حد فلز پایه باشد. این تسمه‌ها پس از جوشکاری در جای خود می‌مانند و جزئی از اتصال می‌شوند. برای تثبیت این تسمه‌ها قبل از جوشکاری از خال جوش‌های متناوب استفاده می‌شود که در هر دو طرف تسمه به صورت چپ و راست داده می‌شوند تا تنش‌های اضافی ایجاد نکند. در ضمن این خال جوش‌ها نباید درست در مقابل یکدیگر قرار گیرند. تسمه‌های پشت‌بند باید کاملاً به زیر ورق بچسبند؛ وگرنه باعث به وجود آمدن تفاله جوشکاری در ناحیهٔ ریشهٔ جوش می‌شوند. ضمناً وقتی از تسمه پشت‌بند استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامت ریشه را در نظر گرفت.

ب) انجام جوش پشت. بدین نحو که پس از پر شدن شیار با جوش از یک طرف، ریشه از سمت پشت کار سنگ می‌خورد و یک عبور جوش انجام می‌شود.

نکته

۱- وقتی که جوشکاری از یک طرف باشد و فاصلهٔ لبه‌ها نیز زیاد باشد، از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود. این تسمه‌ها پس از عملیات جوشکاری در جای خود باقی می‌مانند و جزئی از اتصال می شوند.

۲- تسمه‌های فاصله‌دهنده اغلب در درزهای جناغی دورو (X) استفاده می‌شوند؛ در این حالت قبل از جوشکاری طرف دوم، سنگ زدن ریشه نیاز است.

۳- وقتی لبه درز در محل ریشه تیز باشد، برای سوختن و ریزش خیلی مستعد است؛ مخصوصاً اگر فاصلهٔ لبه زیاد باشد، برای همین برای ریشه ضخامت در نظر می‌گیرند.

واحد یادگیری۴: جوشکاری با گازهای محافظ (Gas Metal Arc Welding) GMAW

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- با جوشکاری تیگ آشنا شود.

۲- با جوشکاری میگ آشنا شود.

۳- ابزار و تجهیزات جوش تیگ و میگ را بشناسد.

- شایستگی‌های غی فنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

جوشکاری با گازهای محافظ (GMAW)

وسایلی که در فرایند جوشکاری (GMAW) استفاده می‌شوند، عبارتند از:
منبع نیرو (تأمین‌کنندهٔ انرژی برای ذوب الکترود)
دستگاه تغذیهٔ سیم جوش
کابل جوشکاری
مشعل جوشکاری (انبر جوشکاری)
قسمت تأمین‌کننده گاز محافظ

جوشکاری تیگ

انواع الکترودها در (TIG):

۱- الکترود تنگستن خالص (سبزرنگ) برای جوش آلومینیوم استفاده می‌شود و حین جوشکاری پِت‌پِت می‌کند
۲- الکترود تنگستن توریم‌دار که دو نوع است: الف) ۱٪ توریم‌دار که قرمزرنگ است؛ ب) ٪ ۲ توریم‌دار که زردرنگ است.
۳- الکترود تنگستن زیرکونیم‌دار که علامت مشخصه آن رنگ سفید است.
۴- الکترود تنگستن لانتان‌دار که مشکی‌رنگ است
۵- الکترود تنگستن سزیم‌دار که طلایی‌رنگ است
این دو نوع آخر به تازگی در بازار عرضه می‌شود.
چند نکته در مورد مزایای تنگستن:
۱- افزایش عمر الکترود
۲- سهولت در خروج الکترون‌ها در جریان(DC)
۳- ثبات و پایداری قوس را بیشتر می‌کند.
۴- شروع قوس راحت‌تر است.

نوع قطبیت مناسب در جوشکاری(TIG):

جریان(DCEN) برای جوشکاری چدن- مس- برنج- تیتانیوم- انواع فولادها
جریان(AC) برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیوم و ترکیبات آن

تحقیق کنید

معایب جوشکاری تیگ چیست؟

پاسخ:
۱- وسایل و تجهیزات این فرایند جوشکاری پیچیده‌تر است، و در نتیجه حمل و نقل مشکل خواهد بود.

۲- تجهیزات این فرایند گران است و هزینهٔ تعمیر و نگهداری دستگاه‌های آن بالا است.
۳- دستگاه گان (gun) کوتاه دارد.
۴- تنوع در انواع الکترود یا سیم جوش وجود ندارد.
۵- قوس به حفاظت در مقابل باد نیاز دارد، زیرا باد باعث منحرف کردن گاز پوششی یا محافظت‌کننده از قوس می‌گردد.
۶- گان جوشکاری باید نزدیک به قطعه کار باشد؛ در نتیجه کاربرد این فرایند در بعضی موارد نسبت به انواع جوشکاری‌های دیگر مشکل است.
۷- سرعت سرد شدن جوش به دلیل نبود لایهٔ سرباره، سریع‌تر از روش‌های قوسی با محافظت سرباره است؛ در نتیجه ممکن است خواص متالورژیک و مکانیک فلز جوش را تغییر دهد.

جوشکاری میگ

بحث کلاسی

سیستم جوشکاری میگ را تشریح کنید.

پاسخ:
در فرایند (MIG) برای محافظت از فلز جوش و مذاب معمولاً از گازهای آرگون و هلیوم و یا مخلوطی از این گازها و گازهای بی‌اثر (Inert) و غیره استفاده می‌شود. فرایند جوشکاری (MIG) برای جوشکاری فلزاتی مانند فولاد زنگ‌نزن، آلومینیوم، نیکل و مس استفاده می‌شود. چگونگی انتقال فلز پرکن مذاب به حوضچهٔ جوش از ویژگی‌های مهم فرایند جوشکاری (MIG) است. فیزیک انتقال فلز به درستی مشخص نیست اما متخصصین می‌گویند که دو نیروی اصلی جاذبه زمین (ثقل) و نیروی ناشی از اثر پینچ (Pinch Effect) عامل انتقال فلز به حوضچه هستند.
نیروی جاذبه: حین جوشکاری نیروی جاذبه از جمله عواملی است که باعث حرکت قطرات مذاب به سمت حوضچه می‌گردد. چنانچه جرم قطره مذاب افزایش بیابد، این نیرو نیز افزایش پیدا می‌کند. هنگامی که نیروی جاذبه یا همان ثقل بیشتر از نیرویی باشد که قطرهٔ مذاب را روی الکترود نگه داشته است (نیروی کشش سطحی و نیروی اینرسی)، انتقال قطرات مذاب به راحتی انجام می‌گیرد.
اثر پینچ: هنگامی که جریان الکتریسیته از یک هادی فلزی عبور نماید، میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می‌شود که شدت این میدان مغناطیسی به دانسیته جریان عبوری از قطعه بستگی دارد. در جوشکاری (MIG) الکترود نقش این هادی فلزی را ایفا می‌کند. این میدان مغناطیسی القایی باعث ایجاد نیروی مغناطیسی می‌گردد که نیروی پینچ نامیده می‌شود. نیروی پینچ با توان دوم جریان الکتریسیتهٔ

عبوری از قطعه (در اینجا الکترود) نسبت مستقیم دارد؛ لذا با دو برابر شدن جریان الکتریسیته، نیروی پینچ چهار برابر می‌شود.
وقتی که قطر انتهایی الکترود به اندازهٔ کافی کوچک شود، نیروی پینچ مستقل از نیروی ثقل عامل سقوط قطرات مذاب به حوضچهٔ جوش است.

تحقیق کنید

معایب جوشکاری میگ چیست؟

پاسخ:
همانند جوشکاری تیگ

تحقیق کنید

در مورد انواع دیگر جوشکاری‌های برق تحقیق کنید؟

پاسخ:
جوشکاری با لیزر:
به طور عمده از دو نوع لیزر در جوشکاری و برشکاری استفاده می‌شود: لیزرهای جامد مثل (Ruby) و (ND: YAG) و لیزرهای گاز مثل لیزر(CO_2). در زیر اصول کار لیزر (Ruby) (یک نوع اکسید آلومینیوم است که ذرات کرم در آن پخش شده‌اند) که در جوشکاری کاربرد دارد، توضیح داده می‌شود. این سیستم لیزر از یک کریستال استوانه‌ای‌شکل تشکیل شده است. دو سر آن کاملاً صیقلی و آینه‌ای شده و در یک سر آن یک سوراخ ریز برای خروج اشعهٔ لیزر وجود دارد. در اطراف این کریستال لامپ گزنون قرار دارد که برای کار در سرعت حدود ۱۰۰۰ فلاش در ثانیه طراحی شده است.
لامپ گزنون با استفاده از یک خازن که حدود ۱۰۰۰ بار در ثانیه شارژ و تخلیه می‌شود، فلاش می‌زند و هنگامی که کریستال(Ruby) تحت تأثیر این فلاش‌ها قرار بگیرد، اتم‌های کرم داخل شبکه کریستالی تحریک می‌شوند و در اثر این تحریک امواج نور از خود سطح می‌کنند. با بازتابش این اشعه‌ها در سطوح صیقلی و تقویت آنها اشعهٔ لیزر شکل می‌گیرد. اشعهٔ لیزر شکل‌گرفته از سوراخ ریز خارج می‌شود و سپس به وسیله یک عدسی بر روی قطعه کار متمرکز می‌گردد که بر اثر برخورد انرژی بسیار زیادی در سطح کوچکی آزاد می‌کند که باعث ذوب و بخار شدن قطعه و انجام عمل ذوب می‌شود.
محدودیت لیزر (Ruby) پیوسته نبودن اشعهٔ آن است، در حالی‌که انرژی خروجی آن بیشتر از لیزرهای گاز مانند لیزر (CO_2) است که در آنها اشعهٔ حاصل پیوسته

است. از لیزر (CO_2) بیشتر به منظور برش استفاده می‌شود و از لیزر (ND: YAG) بیشتر برای جوشکاری آلومینیوم استفاده می‌شود.
از آنجا که در این روش مقدار اعظمی از انرژی مصرف‌شده به گرما تبدیل می‌شود، باید به یک سیستم خنک‌کننده مجهز باشد.
در جوشکاری لیزر دو روش عمده برای جوشکاری وجود دارد: یکی حرکت دادن سریع قطعه زیر اشعه است تا که یک جوش پیوسته شکل بگیرد و دیگری که مرسوم‌تر است، جوش دادن با چند سری پرتاب اشعه است.در جوشکاری لیزر تمامی عملیات ذوب و انجماد در چند میکروثانیه انجام می‌گیرد و به خاطر کوتاه بودن این زمان هیچ واکنشی بین فلز مذاب و اتمسفر انجام نخواهد شد و از این رو گاز محافظ لازم ندارد.
طراحی اتصال در جوشکاری لیزر: بهترین طرح اتصال برای این نوع جوشکاری طرح اتصال لب به لب است و با توجه به محدودیت ضخامت در آن می‌توان از طرح اتصال‌های (T) یا اتصال گوشه نیز استفاده کرد.
جوشکاری با پرتو الکترونی:
فرایند جوشکاری با پرتو الکترونی یک فرایند اتصال ذوبی است که در طی آن قطعه کار توسط جریانی متراکم از الکترون‌های دارای سرعت بالا بمباران می‌شود و کل انرژی جنبشی الکترون‌ها، در اثر برخورد با قطعه کار به حرارت تبدیل می‌شود. این حرارت موجب ذوب لبه‌های قطعات و اتصال دو قطعه پس از انجماد می‌شود. این جوشکاری معمولاً در یک محفظهٔ خلأ با استفاده از یک سیستم تولید و تمرکز پرتو الکترونی انجام می‌شود.
مهم‌ترین صنایعی که از این فرایند استفاده می‌کنند، صنایع هوا فضا، صنایع هسته-ای ، صنایع الکترونیک و پزشکی، صنایع خودروسازی و جوشکاری پلاسما هستند که به تناسب کاربرد دستی و خودکار، پلاسما پیشنهادهای سودمند زیادی در تولید در مقیاس کوچک و دقت جوش، حجم زیاد فلز و در مجموع تجهیزات دارد. از سال ۱۹۶۴ که مقدمه‌ای برای صنعت جوشکاری بود، جوشکاری پلاسما بر اساس مزایای اصلی، کنترل و دقت با تولید جوش‌هایی با کیفیت بالا و با استفاده از الکترودهای بادوام در کارهایی با حجم زیاد توسعه یافت. اکنون از پلاسما برای جوشکاری هر چیزی استفاده می‌شود:
از وسایل جراحی و آشپزخانه از طریق صنایع غذایی گرفته تا تعمیر پره‌های موتور جت. در واقع پلاسما گازی است که در دمای خیلی زیاد، گرم و یونیزه می‌شود، به‌طوری‌که هادی جریان الکتریکی می‌شود. فرایند جوشکاری قوسی پلاسما شبیه GTAW (جوشکاری با الکترود تنگستنی به همراه گازمحافظ) است که از پلاسما برای انتقال جریان الکتریکی لازم برای ایجاد قوس به قطعه کار استفاده می‌شود. قطعه کار بر اثر گرمای شدید قوس، گداخته و ذوب می‌شود. انواع فلزاتی که می-توانند توسط پلاسما جوش داده شوند، عبارتند از: فولاد ضدزنگ، فلزات دیرگداز و و دیگر فولادها: تیتانیم، تانتالیم، مس، برنج، طلا، نقره، آلیاژی از آهن و نیکل و

کبالت (kovar، Inconel و zircall) قوس جوشکاری (TIG / GTAW چپ) و پلاسما(راست) در مشعل جوشکاری پلاسما الکترود تنگستنی در یک نازل مسی که در نوک آن دریچهٔ کوچکی وجود دارد، قرار می‌گیرد. شعلهٔ قوس ابتدا میان مشعل الکترود و نوک نازل به‌وجود می‌آید و سپس قوس ایجادشده به قطعه کار منتقل می‌شود. گاز پلاسما و قوس در یک مسیر با یک منفذ محدودشده با هم برخورد می‌کنند و مشعل یک گرمای فشرده و متمرکز با دمای بالا به قسمت کوچکی اعمال می‌کند. با این فرایند تجهیزات جوش پلاسما کارایی بالایی دارد که قادر است جوش‌هایی با کیفیت خیلی خوب تولید کند. در جوشکاری موادی که در زمانی که گرم می‌شوند تمایل به خروج گاز دارند، الکترودهایی که محافظت می‌شوند، کمتر در معرض آلودگی و فساد قرار می‌گیرند. این امر باعث طولانی‌تر شدن عمر الکترود و افزایش زمان نگهداری آن می‌گردد.

گاز پلاسما معمولاً از گاز آرگون است و مشعل نیز از گاز دومی(آرگون، آرگون/ هیدروژن و یا هلیوم) برای کمک در محافظت حوضچهٔ جوش استفاده می‌کند تا اکسیداسیون را کاهش دهد. سوراخ نازل با در نظر گرفتن اندازهٔ مهره جوش انتخاب می‌شود تا قطر و ضخامت قوس بر اساس آن کنترل شود. تجهیزات اضافی لازم برای جوشکاری پلاسما شامل موارد زیر است:

۱- منبع قدرت

۲- Consol پلاسما(درونی یا بیرونی)

۳- دستگاه گردش آب(درونی یا بیرونی)

۴- مجموعه مشعل فرعی جوش پلاسما

نوک‌ها، سرامیک‌ها، گیره و دستگاه اندازه‌گیری نصب الکترود شروع و انتقال قوس پلاسما آرام و پیوسته و یکنواخت است که این امر در جوش صفحات نازک و سیم‌های باریک و اجزای کوچک مناسب است. شکل و طول قوس و توزیع حرارت پلاسما، فاصله بحرانی گریز جوش را نسبت به حالت (GTAW) کمتر می‌کند. تقریباً در تمام کاربردها به کنترل خودکار ولتاژ (AVC) نیازی نیست. پایداری بالای قوس در طی جوشکاری از وزش و انحراف قوس می‌کاهد و اپراتور را قادر می‌سازد از وسایل شروع‌کننده قوس در نزدیکی و مجاورت محل اتصال جوش برای نفوذ بهتر حرارت استفاده کند. چگالی انرژی قوس در پلاسما در حدود ۳ برابر انرژی قوس (GTAW) است که از شکستگی و تغییر شکل جوش و از (Z.H.A) می‌کاهد که این امر باعث ریزدانه شدن جوش و افزایش سرعت جوشکاری می‌شود (این جوش در کمتر از ۰۰۵/. ثانیه کامل می‌شود). جریان اولیهٔ کمتر از۱ آمپر می‌تواند دقت جوشکاری اجزای کوچک و کنترل بهتر جوش را در جوشکاری لبه‌ای شیب‌دار را به‌همراه داشته باشد. در هنگام شروع قوس منبع قدرت پلاسما، کمترین صدا را تولید می‌کند و پلاسما می‌تواند از تجهیزات کنترل عددی(NC) بدون دخالت الکتریکی استفاده کند.این امر همچنین در درزگیری با جوش اجزای

الکترونیک برخلاف فرایند (GTAW) که با دخالت الکتریکی ممکن است آسیب-هایی به اجزای حساس الکترونیک درونی وارد کند، استفاده می‌شود. منبع پلاسما دامنهٔ وسیعی از فرکانس برای کاربردهای پالسی در اختیار ما قرار می‌دهد که گاهی اوقات این فرکانس‌ها به بالاتر از 10 Khz می‌رسد. جوشکاری پلاسما کاربردهای فراوان و گوناگونی دارد. به‌طور کلی برش و تعمیر قالب‌ها در صنعت با استفاده از پلاسما در حال رشد است.

منبع قدرت میکروقوس این توانایی را دارد که قوسی با جریان پایین ایجاد کند و راهی مؤثر برای تعمیر و شکاف‌های کم و جزئی و گودی‌های ناشی از استفاده نادرست و فرسودگی و تعمیر اصولی و عملیات حرارتی داشته باشد. برای جوش لبه‌های بیرونی فرایند پلاسما به استفاده از طول قوسی بلندتر و پایدار که به مهارت زیادی در کنترل حوضچه نیاز ندارد، توصیه می‌کند. در مواجهه با گوشه‌های درونی شکاف‌ها، الکترود تنگستنی (GTAW/TIG) می‌تواند انجام فرایند جوش را بهتر کند. در جوشکاری تسمه‌ها توسط پلاسما انتقال قوس به قطعه کار با کار کردن بر روی لبه‌های اتصال به‌طور پیوسته صورت می‌گیرد. در کاربردهای خودکار در جوش‌های طویل و بلند نیازی به کنترل فاصله نیست و این فرایند نیاز کمتری به تعمیر اجزای مشعل دارد. تیوب و لوله از نورد تیوب و به‌وسیله رول‌های شکل‌دهندهٔ مواد و جوشکاری لبه‌ای در محل جوش تولید می‌شوند. کارایی و بازده نورد تیوب به سرعت جوشکاری و مجموع زمان‌های صرف‌شده در آن بستگی دارد. جوشکاری پلاسما ویژگی‌های مهم و سودمندی دارد، برای مثال، افزایش سرعت جوشکاری تیوب، جوش‌هایی با کیفیت مناسب به‌خاطر پایداری و ثبات قوس و افزایش عمر نوک الکترود را می‌توان نام برد.

جوشکاری فراصوتی:

جوشکاری فراصوت یا التراسونیک (Ultrasonic Welding) علاوه بر اتصال قطعات پلاستیکی، به منظور اتصال فلزات به پلاستیک‌ها و مغزی دادن فلز در داخل پلاستیک پس از قالب‌گیری و اتصال مواد غیرهم‌جنس به یکدیگر، استفاده می‌شود. در جوشکاری التراسونیک، با قرار دادن قطعات در معرض حرکت ارتعاشی با فرکانس ثابت در حدود ۴۰-۱۰ کیلوهرتز حرارت تولید می‌شود. دامنهٔ این حرکت ارتعاشی عموماً بین ۴۰-۲۰ میکرومتر تغییر می‌کند.

ولتاژ و فرکانس توسط یک منبع نیرو افزایش داده می‌شود. خروجی آن به یک مبدل را ترانسدیوسر (Transducer) متصل می‌گردد. ترانسدیوسر شامل یک یا چند لایه از صفحات پیزوالکتریک است که در بین چند قطعه فلزی قرار گرفته‌اند. با برقراری ولتاژ در دیسک پیزوالکتریک، ارتعاشاتی به صفحات فلزی منتقل می‌گردد. در واقع خاصیت این صفحات پیزوالکتریک آن است که انرژی الکتریکی را به ارتعاش تبدیل می‌کنند. بعد از ایجاد ارتعاشات در مبدل، امواج تولیدی به یک تقویت‌کننده (Booster) منتقل می‌شوند تا دامنهٔ ارتعاش آنها افزایش یابد. در نهایت امواج تقویت‌شده از طریق یک دماغه یا سونوترود (Sonotrode) به قطعه

هدایت می‌شود. مطابق شکل سه جزء مبدل، تقویت‌کننده و دماغه، ستون التراسونیک نامیده می‌شوند که حین جوشکاری به صورت عمودی نگه داشته شده‌است و نوک دماغه با یکی از قطعاتی که قرار است جوش داده شود، تماس دارد. حرارت در جوشکاری فراصوت از ارتعاشات تقویت‌شده ناشی می‌شود. این انرژی ارتعاشی در سطح مشترک قطعاتی که قرار است به‌هم جوش داده شوند، متمرکز می‌شود. در نتیجهٔ این کار، حرارت لازم برای ذوب پلاستیک از طریق اصطکاک ناشی از ارتعاش یک سطح روی سطح دیگر در محل اتصال ایجاد می‌شود؛ لذا حرارت تنها در موضع اتصال ایجاد می‌شود و بقیهٔ قسمت‌های قطعه سرد باقی می‌ماند.

ارزشیابی شایستگی جوشکاری برق

شرح کار:
شناسایی تجهیزات جوشکاری برق
ایجاد قوس الکتریکی
جوشکاری انواع اتصالات
جوشکاری با گاز محافظ

استاندارد عملکرد:
هنرجویان با جریان مورد استفاده در جوشکاری، ایجاد قوس الکتریکی، و روش‌های مختلف جوشکاری برق آشنا می‌شوند و نحوهٔ جوشکاری پلیت‌ها با شیوه‌های مختلف را می‌آموزند.

شاخص‌ها:
- تنظیم و استفادهٔ صحیح از دستگاه جوشکاری
- جوشکاری پلیت‌ها به روش‌های مختلف و با رعایت کامل نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه جوشکاری با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی
ابزار و تجهیزات: پلیت، دستگاه جوشکاری، الکترود و تجهیزات ایمنی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی تجهیزات جوش کاری برق	۲	
۲	ایجاد قوس الکتریکی	۲	
۳	جوشکاری انواع اتصالات	۱	
۴	جوشکاری با گاز محافظ	۱	
شایستگی‌های غیرفنی: ۱- ایمنی قبل و در حین جوشکاری ۲- رعایت نکات زیست محیطی ۳- اخلاق حرفه ای		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.

پودمان ۴

جوشکاری گاز

در شکل بالا شخصی در حال جوشکاری گاز اکسی استیلن با رعایت تمام نکات ایمنی نشان داده شده است. هدف از گذاشتن عکس، لزوم رعایت نکات ایمنی برای تمامی افراد، چه باتجربه و چه تازه‌کار، است.

پودمان ۴
جوشکاری گاز

نوع درس: نظری-عملی
زمان آموزش: ۸۰ساعت
بخش نظری: ۲۰ساعت
بخش عملی: ۶۰ساعت

اهداف کلی

- هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
- تجهیزات جوش گاز را بشناسند و روش آماده‌سازی آن را بدانند.
- تمام نکات ایمنی مربوط به کار با تجهیزات جوش گاز را فراگیرند.
- جوش گاز به روش ذوبی را بتوانند انجام دهند.
- جوشکاری گاز با مفتول مسوار و برنجی را بتوانند انجام دهند.

روش تدریس پودمان

۱- عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲- سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شود و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گیرند و برای همیشه به خاطربسپارند.
۳- توصیه می‌شود هنرآموز برای تدریس بهتر این پودمان، ازروش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند؛ یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با جوش گاز، مطالعه کنند و یاد بگیرند و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهند.
۴- پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار دهد و هنگام آموزش آنها را به کار گیرد.

۵- توصیه می‌شود باهدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، ازآنان خواسته شود تحقیق وگزارش‌های خود را به‌صورت دست‌نویس ارائه دهند. و از کپی‌کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری کنند.
۶- فعالیت‌هایی از قبیل «فکر کنید»، «بحث کنید»، و غیره برای فعال کردن هنرجویان و به کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

سؤال‌های پیشنهادی

۱- روش تهیه استیلن در صنعت چگونه است؟
۲- نکات ایمنی در نگهداری از کاربید را بگویید.
۳- مراحل تولید اکسیژن از هوای مایع را بنویسید.
۴- نکات ایمنی در رابطه با کار با مولد استیلن را بگویید.
۵- محتوای درون کپسول استیلن چیست؟ توضیح دهید.
۶- نکات ایمنی در رابطه با نگهداری کپسول استیلن و اکسیژن را بگویید.
۷- وظیفه دستگاه تقلیل فشار در جوشکاری گاز چیست؟
۸- تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری گاز کدامند؟
۹- چه نکات ایمنی را در کار با گازهای فشرده و قابل احتراق باید رعایت کرد؟
۱۰- روش آماده‌سازی یک واحد جوشکاری گاز را توضیح دهید.
۱۱- شعله‌های تولیدشده توسط مشعل جوش گاز را نام ببرید و بگویید هر کدام برای چه کاری مناسب است؟
۱۲- در جوش گاز خال جوش را به چه دلیل و در چه فاصله‌هایی می‌زنند؟
۱۳- راه‌های رساندن فلاکس به موضع اتصال را بگویید.

واحد یادگیری۱: شناسایی و راه اندازی دستگاه جوش گاز (اکسی استیلن)

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- با روش تولید استیلن واکسیژن در صنعت آشنا شود.
۲- دستگاه جوش گاز را بشناسد و روش آماده سازی آن را فرا گیرد.
۳- نکات ایمنی در رابطه با جوش گاز را رعایت کند.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

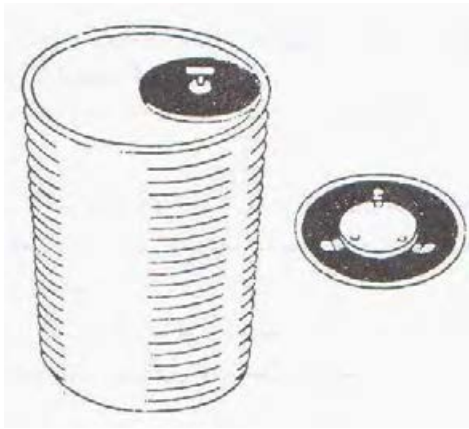
در این روش جوشکاری از احتراق یکی از گازهایی که به همراه اکسیژن درجه حرارتی بالا تولید می‌کند، استفاده می‌گردد. گاز مورد استفاده معمولاً استیلن و در بعضی موارد گاز پروپان یا هیدروژن است. گاز استیلن یک ترکیب شیمیایی است که از دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن تشکیل می‌شود و لذا تأثیر آب بر کاربید کلسیم به‌دست می‌آید.

از احتراق کامل استیلن یا اکسیژن یکی از پرحرارت‌ترین شعله‌ها ایجاد می‌گردد. درجه حرارت این شعله تا ۳۲۰۰ سانتی‌گراد که به‌وسیله آن می‌توان اکثر فلزات را به درجه حرارت لازم در جوشکاری رساند.

ارزش حرارتی گاز استیلن Kg/c ۵۶۹۰۰ است. استیلن موردنیاز جوشکاری را می‌توان با استفاده از مولدهای تهیه استیلن از افزودن آب به کاربید کلسیم به‌دست آورد و یا آن را در کپسول‌های مخصوصی که از طرف کارخانجات تهیه استیلن به بازار عرضه می‌گردد، خرید.

هنگام سوختن استیلن با اکسیژن خالص حرارتی معادل ۳۲۰۰-۳۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید می‌شود و با این درجه حرارت اکثر فلزات و آلیاژهای صنعتی را می‌توان ذوب کرد.

کاربید حاصل را در آسیاب خرد و دانه‌بندی می‌کنند و با ابعاد مشخص در بشکه‌ها یا ظرف‌های سربسته به وزن ۷۵ کیلوگرم، که دارای ۷۰ کیلوگرم کاربید خالص است، به بازار عرضه می‌کنند (شکل ۱).



شکل۱

تحقیق کنید

تحقق کنید علت استفاده از ظرف‌های سربسته و بدون منفذ برای نگهداری کاربید چیست؟

دلیل استفاده از ظرف‌های فلزی سربسته و بدون منفذ آن است که کاربید میل ترکیبی شدیدی با آب دارد؛ زیرا بخار آب هوا با کاربید واکنش می‌دهد و گاز استیلن تولید می‌کند و آهک مرده $Ca(OH)_2$ بر جای می‌ماند.

بحث کلاسی

در شکل ۴ چه اشکالاتی در نحوه چیدمان و نگهداری بشکه‌ها می‌توان یافت؟

۱- باید بر روی پالت قرار گیرند تا جابه‌جایی آنها راحت‌تر باشد.
۲- باید از هم فاصله داشته باشند تا آسیب‌های مکانیکی به هم نزنند، همدیگر را سوراخ نکنند و موقع جابه‌جایی باعث خرابی یکدیگر نگردند.
۳- با توجه به چیدمان شکل دسترسی سریع به تمام بشکه‌ها امکان‌پذیر نیست. این موضوع در هنگام خطر و آتش‌سوزی از اهمیت بالایی برخوردار است.

شکل ۲- شیوه صحیح نگهداری بشکه های کاربید و مواد خطرناک

تحقیق کنید

در مورد واحد های کالری (Cal) و BTU تحقیق کنید.

یک بی‌تی‌یو مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک پوند آب از ۳۹ تا ۴۰ درجه فارنهایت است.

یک کالری مقدار گرمای لازم برای رساندن درجه حرارت یک گرم آب از ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد است.

بحث کلاسی

یک BTU چند کالری است؟

۱ BTU=۲۵۲Cal

کار در کلاس

فرمول تبدیل درجه سانتی‌گراد به درجه فارنهایت و بالعکس را بیابید و محاسبه کنید ۴۰ درجه فارنهایت چند درجه سانتی‌گراد است؟

$$\text{فارنهایت} = \text{سلسیوس} \times \frac{۹}{۵} + ۳۲$$

$$\text{سلسیوس} = (\text{فارنهایت} - ۳۲) \times \frac{۵}{۹}$$

$$(۴۰ - ۳۲) \times \frac{۵}{۹} = ۴/۴^{\circ}\text{سلسیوس}$$

کار در کلاس

با دانستن این موضوع که هنگام ایجاد شعله مناسب جوشکاری توسط گازهای سوختنی دو مخروط درون شعله تشکیل می‌شود، که به مخروط بیرونی، مخروط اولیه و به مخروط داخلی، مخروط ثانویه می‌گویند، جدول ۱ را تکمیل کنید.

جدول۱

گاز سوختنی	درجه حرارت شعله °C	ارزش حرارتی مخروط اولیه شعله Kcal/m³	ارزش حرارتی مخروط ثانویه شعله Kcal/m³	ارزش حرارتی کل شعله Kcal/m³
استیلن	۳۰۸۷	۴۵۱۰	۸۵۷۰	۱۳۰۹۰
مپ	۲۹۲۷	۴۶۰۰	۱۶۸۲۰	۲۱۴۲۰
گاز طبیعی	۲۵۳۸	۹۸	۸۸۱۰	۸۹۰۰
پروپان	۲۵۲۶	۲۲۷۰	۱۹۹۷۰	۲۲۲۴۰

تحقیق کنید

استفاده از هوای فشرده به عنوان عامل احتراق چه تأثیری در جوشکاری گاز دارد؟

استفاده از هوای فشرده به عنوان عامل سوخت در جوشکاری موجب کند شدن درجه حرارت و کاهش مقدار حرارت در شعله می‌شود. علاوه بر آن، هیدروژن و ازت موجود در هوا در جوشکاری بعضی از فلزات مشکلاتی هم به بار می‌آورند؛ از جمله با مذاب فلزی ترکیب یا در آن حل می‌شوند و پس از انجماد فلز، فضای خالی در منطقه جوشکاری ایجاد می‌کنند و باعث کاهش خواص مطلوب در فلز جوش می‌شوند.

کار در کلاس

جاهای خالی را پر کنید.
هر لیتر اکسیژن مایع به ۸۵۰ لیتر گاز اکسیژن ۱۵ درجه سانتی‌گراد تبدیل می‌شود.

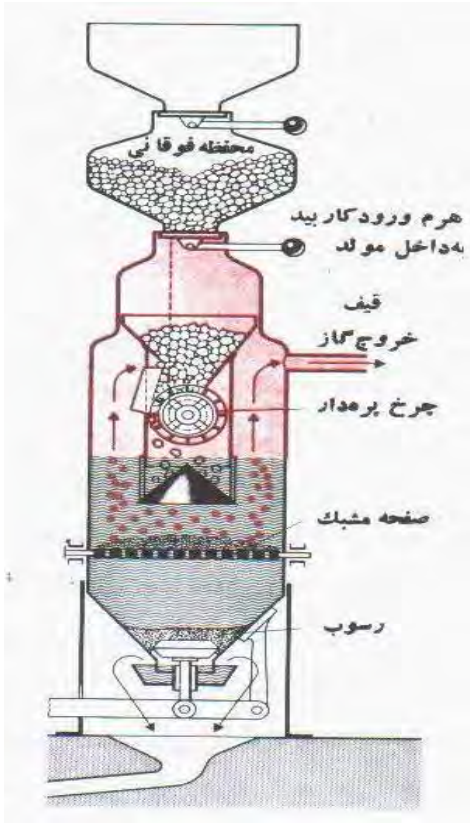
دانش‌افزایی

مولد استیلن(دیگ استیلن):

برای ترکیب سنگ کاربید با آب به منظور تولید گاز استیلن و ذخیره آن به‌منظور مصرف، از دستگاهی به نام مولد استیلن استفاده می‌کنیم.
مولدها از نظر نحوه رسیدن آب به کاربید به سه دسته تقسیم می‌شوند:
۱- سقوطی
۲- ریزشی
۳- تماسی
مولدها از لحاظ تولید فشار در داخل آنها نیز به سه دسته تقسیم می‌شوند:
۱- فشار ضعیف تا ۰/۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۲- فشار متوسط تا ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۳- فشار قوی از ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به بالا

مولدهای سقوطی:

در این نوع مولدها کاربید در آب سقوط می‌کند و با آب ترکیب می‌شود. گاز استیلن در بالای آب جمع می‌شود و هیدرات کلسیم حاصل از فعل و انفعالات در ته ظرف رسوب می‌کند. این رسوبات از مجرای مخصوص خارج و به چاه یا حوضچه‌هایی هدایت می‌شود. در این مولدها چون کاربید همیشه با مقدار زیادی آب برای ترکیب روبه‌رو می‌شود، حرارت حاصل از ترکیب آب با کاربید به آب داخل مولد انتقال می‌یابد و از بروز خطر جلوگیری می‌شود. این نوع مولدها ممکن است دستی یا اتوماتیک باشند و هر بار به مقدار مشخصی کاربید در آب سقوط کند. در دستگاه‌های خودکار کاربیدهای دانه‌بندی شده استفاده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳- مولد استیلن سقوطی

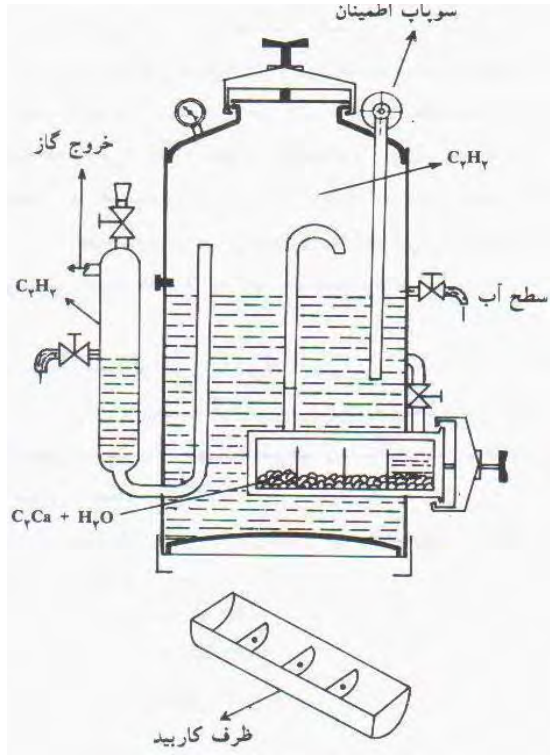
مولدهای ریزشی:

در این نوع مولدها آب روی کاربید می‌ریزد و با آن ترکیب می‌شود و یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین مولدها در ایران است که در اغلب کارگاه‌ها استفاده می‌شود. با باز کردن شیر آب به طور خودکار و مداوم هر بار مقدار آب به درون مخزن کشومانند محتوی سنگ کاربید می‌ریزد و گاز استلین تولیدشده از طریق لوله به قسمت بالای مخزن اصلی آب می‌رسد و آنجا ذخیره می‌شود.

فشار گاز ذخیره‌شده به‌وسیله فشارسنج دستگاه مشخص می‌شود. این فشار نباید هیچ وقت از ۱/۵ اتمسفر ($1/5\ kg/cm^2$) تجاوز کند.

گاز ذخیره‌شده در مخزن اصلی در موقع مصرف از طریق کپسول حفاظتی به مشعل‌ها هدایت می‌شود.

مصرف آب در این مولدها کم است ولی حرارت حاصل از فعل و انفعال در منطقه کاربید (ظرف کشومانند) متمرکز است؛ لذا دستگاه طوری طراحی شده می‌شود که محفظه کاربید به وسیله آب احاطه گردد و همواره خنک شود و خطر انفجار به حداقل ممکن برسد (شکل ۴).



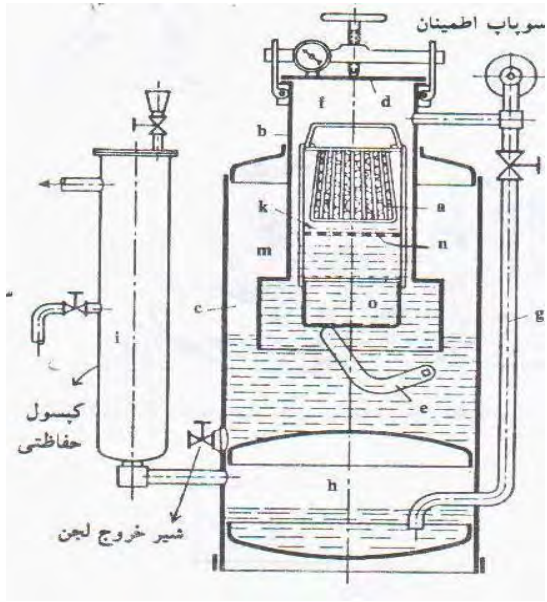
شکل ۴- مولد استیلن ریزشی

مولدهای تماسی:

در این مولدها کاربید در سبدی توری بالای مخزن آب قرار دارد که به‌وسیله دست یا به‌طور خودکار با آب تماس پیدا می‌کند و دوباره این تماس قطع می‌شود و زمانی که فشار گاز داخل مولد کم شد مجدداً با پایین آمدن سطح آب در جداره و بالا رفتن سطح آب در قسمت وسط سطح آب به کاربید موجود در سبد می‌رسد و مقداری گاز تولید می‌شود.

گاز تولیدشده به سطح آب فشار می‌آورد و آب را به جداره می‌فرستد و مجدداً تماس آب با کاربید قطع می‌شود. دستگاه‌های مولد تماسی باید با نهایت دقت راه‌اندازی شوند؛ یعنی موقعی که سبد کاربید به‌وسیله پدال در بالا قرار دارد، سطح آب درست زیر کاربیدها باشد تا اشکالی در کار مولد به‌وجود نیاید. این دستگاه‌ها از نوع کوچک و بزرگ ساخته و استفاده می‌شوند. هیدرات کلسیم حاصل از فعل و انفعال در آب حل می‌شود و از طریق دریچه مخصوص تمام آب مولد همراه با آب آهک‌های حل‌شده در آن به طرف چاه تخلیه هدایت می‌شود.

در این مولدها هم مانند مولدهای ریزشی حرارت در منطقه کاربید متمرکز است. بر روی همین اصل، دستگاه‌های مولد تماسی باید با دقت کامل طراحی شوند تا جمع شدن حرارت در یک نقطه از سبد کاربید موجب انفجار دستگاه نشود (شکل ۵).



شکل ۵- مولد استیلن تماسی

تحقیق کنید

درباره نحوه راه‌اندازی مولد ریزشی که یکی از متداول‌ترین مولدها در ایران است، تحقیق کنید.

راه اندازی مولد ریزشی:

در مولد ریزشی هیدرات کلسیم ($Ca(OH)^{2}$) حاصل از فعل و انفعال کاربید با آب در محفظه کشو مانند می‌ماند. موقع شارژ مولد این ظرف با ابعاد تعیین‌شده پرشود و درست در محل خود قرار گیرد و کمبود آب در مولد جبران شود (آب به سطح تعیین شده برسد). همچنین سطح آب درون کپسول حفاظتی کنترل شود. آنگاه تمام درهای مولد با دقت و محکم بسته شود تا گاز به خارج نشت نکند. اکنون دستگاه آماده است و چنانچه شیر آب باز شود و آب روی کاربید بریزد، گاز تولید می‌شود و فشارسنج مولد فشار گاز را نشان می‌دهد. چنانچه فشار از حد مجاز بیشتر باشد، لازم است مقداری گاز در هوای آزاد دور از هر گونه آتش و حرارت و جرقه رها شود. با خروج گاز اضافی فشار درون مخزن کاهش می‌یابد.

شکل ۶

نمایش فیلم

فیلم آموزشی درباره نحوه عملکرد شیر یک‌طرفه شعله‌گیر را نمایش دهید.

کار در کلاس

جاهای خالی را پرکنید.

کپسول‌های معمولی محتوی ۴ متر مکعب استیلن است که با فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع در استن حل شده است در این فشار هر لیتر استون قادر است ۳۷۵ لیتر گاز استیلن را در خود حل کند.

بحث کلاسی

لوله‌های فولادی حاوی استیلن در پست مرکزی استیلن چه رنگی است؟
لوله‌های فولادی حمل استیلن معمولاً به رنگ قهوه‌ای تیره (بلوطی) رنگ‌آمیزی می‌شود.

شکل ۷- کپسول اکسیژن

کار در کلاس

جاهای خالی را پر کنید.
کپسول‌های اکسیژن استوانه‌های فولادی هستند که مقاومت آنها ۸۰ کیلوگرم در میلی‌مترمربع با فشار ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع معادل ۱۵۰ بار یا در حدود ۲۲۰ پوند در اینچ مربع در حرارت ۲۱ °c معادل ۷۰°F متراکم کپسول‌ها بدون درز ساخته می‌شوند. قطر داخلی آنها ۲۰۴ میلی‌متر و ضخامت جداره آنها ۸/۷۵ میلی‌متر است.

بحث کلاسی

لوله‌های حاوی اکسیژن در پست مرکزی اکسیژن چه رنگی است؟
لوله‌هایی که گاز اکسیژن را هدایت می‌کنند، بر اساس استاندارد، به رنگ سفید رنگ‌آمیزی می‌شوند و باید کاملاً آب‌بندی شوند و نشتی نداشته باشند.

فعالیت کارگاهی

هنرجویان دستگاه جوشکاری گاز را برای جوشکاری آماده کنند.

واحد یادگیری ۲: جوشکاری گاز بدون مفتول

زمان آموزش	جمع: ۳۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- توانایی ایجاد انواع شعله جوشکاری توسط یک واحد جوشکاری گاز اکسی استیلن را به‌دست آورد.
۲- توانایی انجام جوشکاری ذوبی به وسیله جوشکاری اکسی استیلن را به‌دست آورد.
۳- با انجام تمام فعالیت‌های کارگاهی جوش لب به لب، لبه‌ای و جوش گوشه را با روش ذوب سطحی بتواند انجام دهد.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱-در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲-رعایت تمام نکات ایمنی، قبل و حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرارگیرد.

دانش‌افزایی

روشن کردن مشعل جوشکاری

برای روشن کردن مشعل، نخست شیر استیلن روی مشعل را باز کنید و گاز استیلن را که از نوک مشعل بیرون می‌آید، روشن کنید. شعله اکسیژن لازم و کافی را برای سوزاندن بخشی از استیلن از هوای اطراف مشعل دریافت می‌کند و نهایتاً مشعل روشن می‌شود.

شیر سوزنی را باید تا زمانی باز کنید که انتهای شعله از مشعل قطع شود و سپس با بستن شیر شعله را به نوک مشعل متصل کنید. این روشی برای تشخیص و تخمین مقدار جریان استیلن صحیح از نوک مشعل است. از مشخصات اصلی این شعله فراوانی کربن آزادشده در هواست.

در مواقعی از این شعله برای اندود کردن (کربنی کردن) روی قالب‌های ریخته‌گری استفاده می‌شود.

زیرا کربن نقش عایق بین فلز قالب و فلز ریخته‌شده را بازی می‌کند.

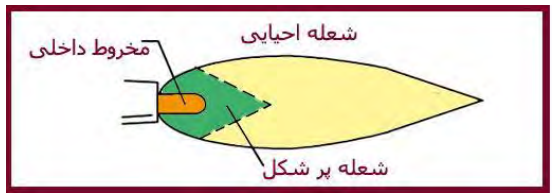
انواع شعله:

عموماً سه نوع شعله وجود دارد:

الف) شعله احیا ب) شعله خنثی ج) شعله اکسید کننده

شعله احیاکننده:

شعله‌ای است که دارای استیلن اضافی باشد. در این شعله، قسمت احتراق شعله به جای دو قسمت با سه بخش مشخص شده است. بخش دوم را که احتراق اضافی نامیده می‌شود، با تنظیم مقدار استیلن توسط شیر سوزنی بر هسته سفیدرنگ مخروطی می‌توان منطبق کرد. بلندی شعله وسط معمولاً با مقایسه هسته مخروطی توسط چشم اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۸

شعله احیا وسط تقریباً دو برابر طول هسته مخروطی

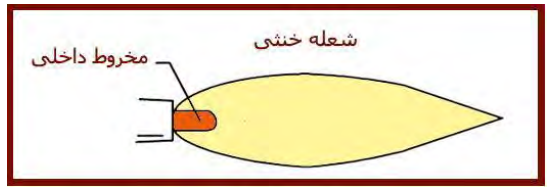
شعله احیا همه کربن موجود را به‌طور کامل مصرف نمی‌کند. بنابراین حرارت سوخت آن پایین است و کربن‌های اضافی را به فلز وارد می‌کند. این عمل (وارد شدن کربن در فلز) با جوششی که در حوضچه مذاب ظاهر می‌گردد، مشخص می‌شود. بعد از آن گرده جوش که دارای کربن اضافی است، منجمد می‌شود و سطح جوش محدبی حاصل می‌گردد. به دلیل تزریق کربن اضافی به حوضچه مذاب،

گرده جوش بسیار سخت و شکننده می‌شود. شعله احیا به دلیل دارا بودن کربن اضافی برای جوشکاری فولادهای پرکربن ایده‌آل است. به هر حال در هنگام جوشکاری این‌گونه فولادها، کربن اضافی شرایط ایده‌آلی را به‌وجود می‌آورد.

شعله خنثی:

با تنظیم دقیق‌تر توسط شیر سوزنی مشعل می‌توان شعله وسطی را بر روی هسته مخروطی منطبق کرد با این عمل بهتر است اکسیژن افزایش داده شود تا گاز استیلن به اندازه حداقل جریان داشته باشد. افزایش اکسیژن موجب می‌شود که شعله وسطی خود را به عقب بکشد و بر هسته مخروطی منطبق شود. منطبق شدن شعله وسطی با هسته مخروطی، بیانگر مساوی بودن نسبت اکسیژن با استیلن است؛ در نتیجه شعله خنثی حاصل می‌گردد. این شعله خنثی که دارای دو قسمت است، باید هسته مخروطی متقارنی داشته باشد و معمولاً صدای «هیس» می‌دهد. این نوع شعله بیشترین کاربرد را در جوشکاری و برشکاری دارد.

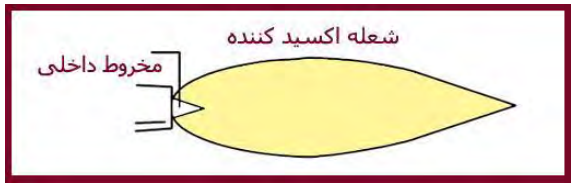
شعله خنثی تأثیرات کمتری روی فلز مبنا و خط جوش می‌گذارد و معمولاً گرده جوش ظریفی حاصل می‌شود؛ در نتیجه خواص جوش حاصل شده با فلزمبنا تقریباً یکسان خواهد بود. حرارت هسته مخروطی شعله خنثی برای جوشکاری اغلب فلزات کافی است و قسمت دوم احتراق حفاظ بسیار مناسبی برای فلزات آهنی است.



شکل ۹

شعله اکسیدکننده:

با افزایش اکسیژن توسط شیر سوزنی روی مشعل، طول هسته مخروطی تقریباً به اندازه ۰/۲ هسته مخروطی اصلی کاهش پیدا می‌کند. هسته مخروطی شکل تقارنی خود را از دست می‌دهد و شعله با غرش بلندی ایجاد می‌شود؛ بدین طریق شعله اکسیدکننده به‌وجود می‌آید. این شعله پرحرارت‌ترین شعله است که می‌توان توسط اکسیژن و گاز سوختنی تولید کرد. شعله اکسیدکننده اکسیژن اضافی را داخل حوضچه مذاب تزریق می‌کند و موجب اکسیده شدن و یا سریع سوختن قطعه کار می‌گردد. از علائم مشخص این شعله، پرتاب شدن جرقه‌های براق و روشن از حوضچه مذاب است. اکسیژن اضافی گرده جوش کف‌آلود و کثیفی نیز به‌وجود می‌آورد. به هر حال در جوشکاری برخی از فلزات از قبیل مس و روی و بعضی از فلزات‌آهنی مانند فولاد منگنزدار و چدن، استفاده از شعله اکسیدکننده مفید است.



شکل ۱۰

ذوب سطحی

تهیه حوضچه

قبل از تعلیم هر نوع جوشکاری، توصیه می‌شود تهیه حوضچه تمرین داده شود. حوضچه قسمت مهم و اساسی جوشکاری است، زیرا در بیشتر عملیات جوشکاری حوضچه فلز مذاب در امتداد خطی که دو فلز را باید به‌هم جوش داد، تشکیل می‌شود. در اکثر موارد جوشکاری، چه جوشکاری با گاز و چه جوشکاری با برق، مطلب بالا صادق است.

مشخصات حوضچه فلز مذاب، نفوذ، تنظیم مشعل، گرفتن مشعل در دست و حرکت مشعل را تعیین می‌کند. مشخصات حوضچه که از مشاهده شرایط آن حاصل می‌گردد، باعث می‌شود که یک جوشکار با تجربه بتواند کار خود را خوب انجام دهد.

قطر حوضچه متناسب با عمق آن است؛ بنابراین جوشکار می‌تواند عمق یا نفوذ جوش را حدس بزند.

این مطلب را می‌توان از مشاهده و مهار حوضچه فلز مذاب تعیین نمود. اگر جوشکاری روی ورقه فلز نازک باشد، ممکن است نفوذ یا عمق حوضچه نسبت به قطر آن از فلز ضخیم‌تر بیشتر باشد.

وضع ظاهری سطح حوضچه شرایط تنظیم مشعل را مشخص می‌کند. در موقع کار با شعله خنثی، وقتی شعله فلز را به خوبی ذوب می‌کند، سطح حوضچه صاف و براق است. کنار حوضچه که دورتر از مشعل است، یک لکه کوچک درخشان وجود دارد که با سرعت به کناره‌های حوضچه حرکت می‌کند. اگر لکه بزرگ باشد، شعله خنثی نیست و نیز اگر در حوضچه، حباب و جرقه زیاد دیده شود، یا تنظیم شعله خوب نیست، یا فلزی که می‌خواهیم جوش دهیم، کثیف است و جنس خوبی ندارد. اگر شعله زیاد احیا کننده باشد، سطح حوضچه آلوده به دود است و براق نیست.

نوک مخروط داخلی شعله باید همیشه داخل حدود حوضچه قرار بگیرد. اگر شعله‌ای را که خوب تنظیم، شده است، به‌طور صحیح بالای حوضچه نگاه داریم، از ترکیب اکسیژن هوا با سطح حوضچه و همچنین اکسید شدن آن جلوگیری می‌کند. بنابراین مشعل را به‌اندازه کافی از سطح حوضچه بالا نگاه دارید تا نوک مخروط

داخلی با حوضچه تماس پیدا نکند. نوک مخروط باید در فاصله $\frac{۱}{۱۶}$ تا $\frac{۱}{۸}$ اینچ از سطح حوضچه قرار گیرد. اگر حوضچه فرورود یا خیلی خم شود، معلوم می‌شود نفوذ شعله زیاد بوده است. برای رفع این عیب باید زاویه مشعل کم شود و مشعل را نباید از سطح حوضچه دور کرد. همچنین عرض حوضچه در اثر حرکت مشعل تغییر می‌کند.

قبل از شروع تمرین با مفتول جوشکاری، هنرجو باید یاد گرفته باشد که چهار گروه جوش متوالی را با درست کردن حوضچه ایجاد کند. فلز قطعه کار نباید سوراخ شود و در عین حال نفوذ به‌خوبی انجام گیرد. همه گرده‌ها باید در خط مستقیم باشد و عرض آنها نیز یکنواخت باشد. اگر هنرجو بتواند آن را به‌خوبی انجام دهد، به کار با مشعل آشنائی پیدا کرده است.

نوع جالب جوشکاری ورقه فلزی که در آن به سیم فلزی جوشکاری احتیاج نیست و با انواع دیگر مقداری اختلاف دارد، جوشکاری اتصال گوشه نام دارد. هنرجو با این تمرین یاد می‌گیرد که چگونه می‌توان از خود فلز برای پر کردن محل جوش کمک گرفت.

در این جوشکاری نفوذ خیلی خوب است، ولی قسمت داخلی گوشه نباید مشاهده شود. هنرجو یاد می‌گیرد که در این تمرین احتیاجی به‌حرکت خیلی زیاد مشعل نیست و نیز سرمشعل را باید کمی مایل نگاه دارد و نوک شعله باید به‌طرف داخل صفحه افقی قرار گیرد. جوشکاری باید تماماً روی صفحه افقی قرار گیرد. رعایت این عمل اهمیت زیادی دارد. پس از بررسی ظاهر جوشکاری، نفوذ آن را با باز کردن دو قطعه فلز مثل باز کردن ورقه‌های کتاب بررسی کنید. اگر فلزها در محل اتصال شکسته شوند، معلوم می‌شود نفوذ کامل نیست و محل اتصال خوب جوش نخورده است.

با تمرین دیگری که جوش لبه‌ای نام دارد، بدون به‌کار بردن سیم جوشکاری می‌توانید استفاده از مشعل جوشکاری را یاد بگیرید.

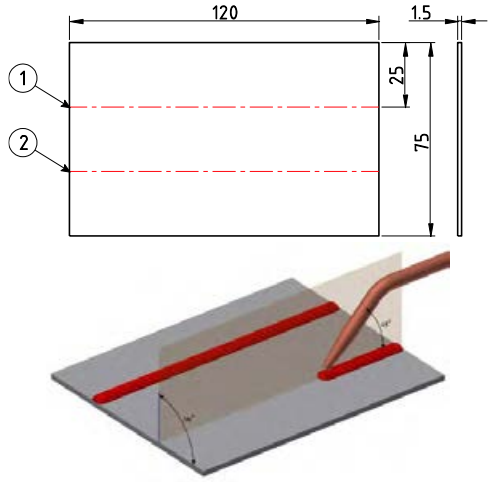
برای تهیه فلز به منظور این نوع جوشکاری دو قطعه ورق را انتخاب نمایید و لبه‌های آن را با زاویه ۹۰ درجه خم کنید. مطمئن شوید که طول دو لبه مساوی است. لبه‌ها در امتداد طولشان روی یکدیگر قرار می‌گیرند و دو لبه با مشعل جوشکاری ذوب می‌شود. همان‌طورکه اتصال گوشه خارجی جوشکاری شد، اینجا هم همان‌گونه عمل می‌شود و از خود لبه برای پر کردن محل جوش استفاده می‌شود.

فعالیت کارگاهی

سه ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۷۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و شکل ۱۱ را بر آن پیاده نمایید و جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:

۱- از ورق فولادی مناسب سه قطعه به ابعاد۱/۵×۷۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرند.
۲- قطعات را طبق شکل ۲۳، با استفاده از وسایل خط‌کشی کنند.
۳- روی خطوط را با سنبه‌نشان علامت‌گذاری کنند.
۴- کار را در وضعیت مناسب روی میز کار قرار دهند.
۵- وسایل جوشکاری را مرتب نمایند و فشار گاز اکسیژن و استیلن را تنظیم کنند.
۶- سرمشعل مناسب را انتخاب نمایند و شعله خنثی را تنظیم کنند.
۷- به‌وسیله شعله با زاویه ۷۰-۶۰ درجه نسبت به کار در ابتدای خط ذوب شماره ۱ حوضچه مذاب ایجاد کنند.
۸- زاویه مشعل نسبت به کار را حدود ۴۵ درجه تعلیق دهند و با حرکت نوسانی مطابق شکل مشعل را در مسیر خط ذوب به جلو هدایت کنند.
۹- روی خط ۲ تمرین کنند و پس از انجام ذوب سطحی اشکالات را بررسی نمایند و نسبت به رفع آن اقدام کنند.
۱۰- از قسمت‌های ذوب‌نشده ورق جهت تمرین بیشتر استفاده کنند.
۱۱- سپس از قطعه دیگر برای تمرین ذوب سطحی استفاده کنند تا به اندازه کافی مهارت به‌دست آورند.
۱۲- روی قطعه سوم مطابق نقشه ذوب سطحی انجام دهند و پس از برس زدن و شماره زدن به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱۱

فعالیت کارگاهی

شش ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۱۲ خال جوش بزنید و سپس دو طرف را جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:

۱- از ورق فولادی مناسب شش قطعه به ابعاد۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرند.

۲- وسایل جوشکاری را مرتب نمایند و فشار گازها را تنظیم و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.

۳- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند.

۴- هر سه قطعه را مطابق نقشه به هم خال جوش بزنند.

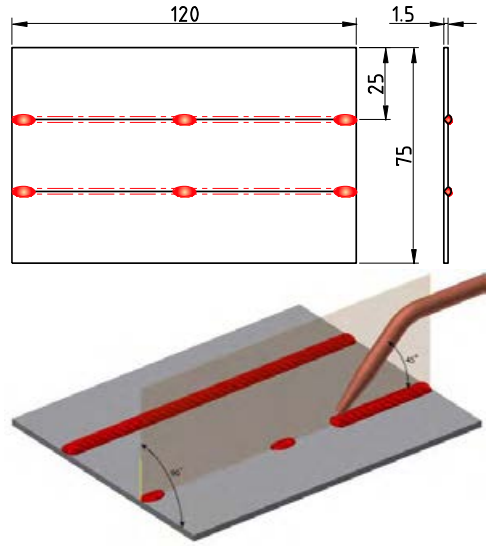
۵- لبه‌های خط ردیف ۱ را با استفاده از حرارت و مشعل مطابق نقشه ذوب کنند تا به هم متصل شود.

۶- طرف دیگر ذوب سطحی انجام‌شده را بازدید کنند، باید ذوب در پشت کار نفوذ داشته باشد.

۷- ردیف دوم را را با استفاده از ذوب سطحی به‌هم جوش دهند و اشکالات کار را رفع کنند.

۸- با استفاده از قیچی اهرمی ورق‌بر، وسط خط جوش‌ها را ببرند و به هم خال جوش‌بزنند و با ذوب سطحی به هم جوش دهند تا به مهارت کافی برسند.

۹- لبه قطعات کار دومی را با دقت ذوب کنند و جوش دهند. پس از تمیز کردن سطح جوش با برس سیمی و شماره‌گذاری به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱۲

فعالیت کارگاهی

چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد ۱×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۱۳ ببرید و لبه‌های آنها را به اندازه ۱/۵ میلی‌متر با زاویه ۹۰درجه خم بزنید سپس لبه‌های را جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:

۱- چهار قطعه با ابعاد ۱×۲۵×۱۲۰میلی‌متر از ورق فولادی مناسب ببرند.

۲- لبه‌های هر چهار قطعه را حداقل با اندازه ۱/۵ میلی‌متر تحت زاویه ۹۰درجه خم کنند.

۳- وسایل جوشکاری را مرتب نمایند و فشار اکسیژن و استیلن را تنظیم و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.

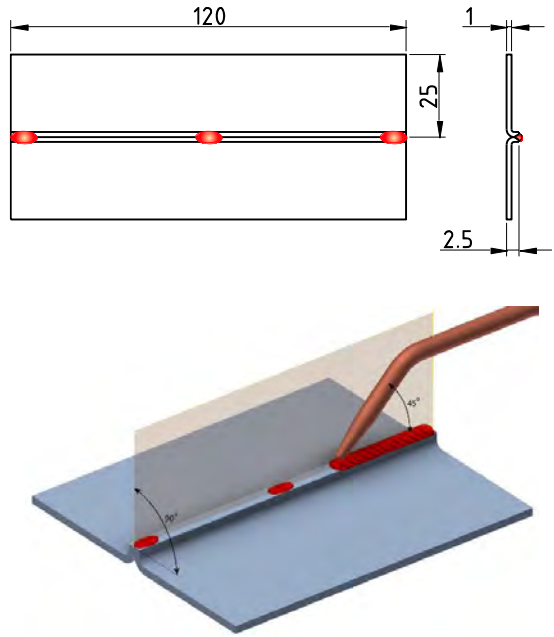
۴- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند.

۵- لبه‌های خم شده هر دو قطعه را با انبردست یا انبر قفلی بگیرند و با ذوب لبه‌ها مطابق نقشه کار در سه نقطه خال‌جوش بزنند.

۶- لبه‌های برگشته کار را با توجه به نقشه کار ذوب کنند و به هم جوش دهند.

۷- اشکالات کار را برسی کنند و در رفع آن بکوشند.

۸- نقطه کار دوم را پس از جوشکاری برس بزنند و شماره‌گذاری کنند و به هنرآموز ارائه دهند.



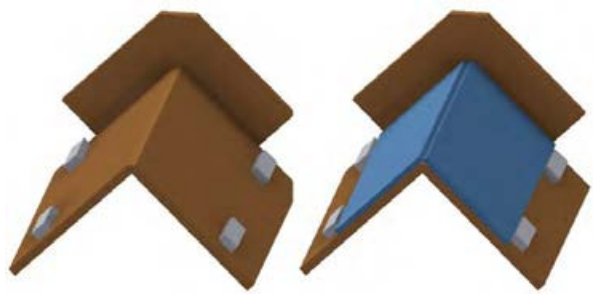
شکل ۱۳

فعالیت کارگاهی

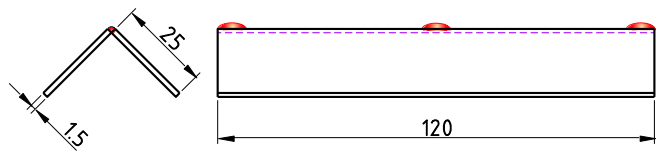
چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۱-۱۴ به کمک نگه‌دارنده شکل ۲-۱۴ خال‌جوش بزنید و سپس جوشکاری کنید.

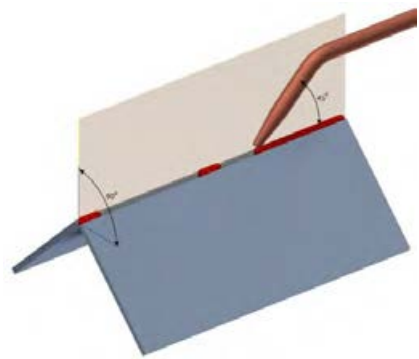
مراحل انجام کار:

۱- چهار قطعه به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰میلی‌متر از فولاد کم‌کربن را ببرند.
۲- با استفاده از نگه‌دارنده به صورت زاویه خارجی خال‌جوش کنند (شکل۲۶).
۳- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند.
۴- با ذوب لبه‌های زاویه خارجی دو قطعه را مطابق نقشه کار جوشکاری کنند.
۵- اشکالات کار را بررسی کنند و در رفع آنها بکوشند.
۶- قطعه کار دوم را با دقت جوش دهند، برس بزنند و سپس شماره‌گذاری کنند و به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱-۱۴





شکل ۲-۱۴

واحد یادگیری۳: جوشکاری گاز با مفتول مسوار

زمان آموزش	جمع: ۲۵ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- توانایی انجام جوشکاری گاز با مفتول مسوار را به‌دست آورد.
۲- با انجام تمام فعالیت‌های کارگاهی، جوش لب‌به‌لب، جوش گوشه و جوش روی هم را با روش جوشکاری گاز با مفتول مسوار بتواند انجام دهد.

- شایستگی‌های غیر فنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- رعایت تمام نکات ایمنی، قبل و حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرار گیرد.

دانش‌افزایی

برای مهارت در جوشکاری با گاز استیلن، لازم است تمرین‌های اساسی مخصوصی طرح شود تا نتایج حاصل کاملاً رضایت‌بخش باشند. در اقسام مختلف جوشکاری با گاز استیلن می‌توان آنها را بسته به‌نوع اتصال و محل جوشکاری به‌روش‌های مختلفی تقسیم کرد.

اتصال‌های مختلف از این قرارند:

۱- اتصال لب به لب

۲- اتصال روی هم (جوش گوشه‌ای)

۳- گوشه خارجی

۴- گوشه داخلی(سپری)

تمرین جوشکاری در هر کدام از اتصال‌های بالا باید انجام شود. پس از کسب مهارت لازم روی ورقه فولادی، جوشکار می‌تواند تمرین‌های مخصوص، مثل جوشکاری لوله، جوشکاری آلومینیوم، چدن و غیره را انجام دهد.

استفاده از مفتول جوشکاری و انتخاب قطر سیم

در اتصال لبه برگشته یا گوشه خارجی از مفتول جوشکاری استفاده نمی‌شود و حوضچه مذاب توسط خود فلزات تأمین می‌گردد. اگر فلز بیشتر لازم باشد تا شکل و استحکام صحیح در جوش به‌دست آید، از مفتول جوش برای پرکردن استفاده می‌شود. جوشکاری این فلزات با روش حوضچه باعث نازک شدن فلز در محوطه جوش‌داده‌شده می‌شود. برای اینکه جوشکاری محکم باشد از مفتول جوشکاری استفاده می‌شود. گرده‌ای که در جوشکاری درست می‌شود باید کمی به‌طرف بالا محدب باشد تا ضخامت جوش و استحکام آن زیاد شود. با کمک مفتول جوشکاری فلز به محل جوش اضافه شده تا گرده جوش که کمی برآمدگی دارد ایجاد شود.

برای جوشکاری با مفتول، مشعل را به نقطه‌ای از اتصال که می‌خواهند جوشکاری را از آن جا شروع کنند، نزدیک می‌کنند. یک حوضچه کوچک روی سطوح دو قطعه درست می‌شود. باید اجازه داد تا فلز دو قطعه مخلوط شود و در همان زمان با دست دیگر مفتول جوشکاری را در فاصله $\frac{۳}{۸}$ اینچ از شعله مشعل و $\frac{۱}{۸}$ اینچ از سطح حوضچه در آن محل نگه می‌دارند.

در این حال مفتول جوشکاری گرم شده، وقتی داخل حوضچه شود، ذوب می‌گردد. اگر تشخیص داده شود که حوضچه به فلز بیشتری احتیاج دارد، انتهای مفتول جوشکاری را در حوضچه فرو می‌برند، مقداری از سیم جوشکاری ذوب می‌گردد و با فلز مذاب قطعه کار مخلوط می‌شود. به اندازهٔ کافی از فلز سیم جوشکاری به حوضچه اضافه می‌شود تا سطح آن بالا بیاید. در همین حال حرکت مشعل بدون انقطاع ادامه داده می‌شود. در این موقع کنترل مشعل اهمیت زیادی دارد. با تغییر

مختصر محل مشعل، ذوب مفتول جوشکاری و وضع حوضچه را می‌توان کنترل کرد. همین که مقداری مفتول جوشکاری به فلز اضافه شد، کمی مفتول جوشکاری عقب کشیده می‌شود و آن را به محلی که قبلاً توضیح داده شد، می‌برند تا انتهای مفتول جوشکاری در وضع حرارت قبلی قرار بگیرد.
اگر مفتول جوشکاری خیلی از مشعل دور شود، سرد می‌شود؛ در نتیجه وقتی آن را دوباره وارد حوضچه کنند، آن را سرد می‌کند. اگر مفتول جوشکاری خیلی نزدیک به شعله مشعل باشد، خیلی گرم خواهد شد و درصورتی که ذوب شود، شعله مشعل قطرات مذاب آن را به قسمت‌های سرد قطعه مورد جوشکاری خواهد پاشید. در این شرایط گرده جوش خیلی نامنظم و جوش ضعیف خواهد شد و حتی شاید نفوذ آن نیز بسیار کم شود. گاهی از مبتدیان می‌خواهند که یک جوشکاری واحد را با چند مفتول جوشکاری با قطرهای مختلف تکرار کنند. توصیه می‌کنیم که به دلایل زیر از انجام این کار خودداری کنید:
۱- برای جوش مناسب خیلی مشکل است که بتوان با چند مفتول به قطرهای متفاوت، مفتول جوشکاری را به اندازه کافی اضافه کرد؛
۲- خیلی مشکل است با مفتول جوشکاری با قطر کمتر، حوضچه را کنترل کرد؛
۳- امکان اینکه مفتول جوشکاری با قطر کم بسوزد (اکسید گردد)، بسیار زیاد است؛
۴- مفتول جوشکاری با قطر بزرگ وقتی وارد حوضچه شود، آن را خیلی سرد می‌کند و جوشکاری ضعیف خواهد شد؛
۵- اگر بخواهیم مفتول جوش بیشتری اضافه کنیم، نفوذ خیلی بیشتر می‌شود و سطح بالای جوش بیش از حد لازم بالا می‌آید.
در جوشکاری یک فلز با ضخامت مشخص اگر با سرمشعل معین عادت شود، فقط از یک سیم جوش با قطر مشخص استفاده باید کرد.
لازم به ذکر است که جوشکاری خوب یعنی ذوب خوب، گرده جوش خوب و نفوذ خوب؛ و همه اینها فقط وقتی حاصل می‌شود که در استفاده از مشعل و مفتول جوش و هماهنگ کردن آنها مهارت پیدا شود. پس باید حرکت طولی و عرضی مشعل یکنواخت شود و نوک مخروط شعله در فاصله مناسبی از سطح کار قرار گیرد. شیب مشعل نسبت به سطح کار همیشه باید یکنواخت باشد و به‌طور مناسب و در فواصل زمانی مساوی سیم‌جوش اضافه شود.

جوشکاری اتصال لب به لب

یکی از معمول‌ترین اقسام جوشکاری جوش لب‌به‌لب است که می‌توان با مشعل اکسی استیلن انجام داد. هنرجویان با استفاده از آموزش‌های که داده خواهد شد، می‌توانند روی ورقه‌های نازک فولادی جوش لب‌به‌لب را انجام دهند. دو قطعه کار همان گونه که در فعالیت داده شده فراهم شود. این قطعات باید تمیز و کناره آنها مستقیم و صاف باشند. دو قطعه فلز را بر روی دو آجر نسوز طوری قرار می‌دهیم

که آجرها در زیر و در دو طرف فلزات قرار گیرند. در یک طرف، لبه‌های دو قطعه کار کنار هم قرار می‌گیرد و جوشکاری شروع می‌شود. ضمن ادامه جوشکاری، وقتی فلز مذاب سرد می‌شود، منقبض می‌گردد و دو قطعه فلز به طرف هم کشیده می‌شوند. در اثر انقباض ممکن است لبه یکی روی دیگری بیفتد یا قطعه کار دچار پیچیدگی شود. جوشکار می‌تواند فلز را طبق روش‌های زیر طوری آماده نماید تا اشکالات ناشی از انقباض و انبساط پیش نیاید:

۱- انتهای دو قطعه را خال جوش داد یا با پیچ محکم کرد و بعد جوشکاری نمود؛

۲- بین دو قطعه کار یک فاصله یا شکاف اریب گذاشته می‌شود؛

۳- فلز را با گیره محکم می‌کنیم تا نتواند حرکت کند.

مشعل روشن و تنظیم شود تا شعله خنثی به‌دست آید و به ترتیب زیر عمل شود:

ابتدا مشعل را باید به نقطه‌ای که می‌خواهد جوشکاری از آن جا شروع شود، نزدیک کرد. سرمشعل را طوری باید گرفت که زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه با امتداد اتصال درست کند. سپس مشعل را باید طوری نگاه داشت که مخروط داخلی تقریباً در فاصله $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ از فلز قرار گیرد. با دست دیگر انتهای مفتول جوشکاری تقریباً در فاصله $\frac{۳}{۸}$ اینچ از مشعل جوشکاری و درست بالای فلز حدود $\frac{۱}{۸}$ اینچ نگاه داشته شود. شعله مشعل در هر طرف از دو قطعه فلز یک حوضچه درست می‌کند که باید به‌طور مساوی روی دو قطعه پخش شده باشد.

مشعل باید کمی جلو برود تا حوضچه جدید به اندازه حوضچه قبلی برسد. مفتول جوش دوباره وارد حوضچه شود. همان‌طور که قبلاً هم گفته شد، حوضچه‌ها محدب می‌شوند. این روش را در طول تمام اتصال جوش باید ادامه داد.

سرمشعل در فاصله معین از محل جوشکاری نگه داشته شود. زاویه مشعل با فلز نباید تغییر کند. سیم جوش را باید در فواصل زمانی معین و هر بار به مقدار مساوی وارد کرد. پس از اینکه جوشکاری تمام شد، مدتی باید صبر کرد تا قطعه سرد شود و بعد بررسی شود.

جوشکاری روی هم

این روش خیلی معمول است و بیشتر در صنعت استفاده می‌شود و آن را جوشکاری اتصال روی هم می‌نامند. اتصال از یک ورقه فلزی درست شده است که روی ورقه دیگر قرار می‌گیرد و باید به آن جوش داده شود.

این تمرین جوشکاری در وضع افقی انجام گیرد. با وجود اینکه این نوع جوشکاری خیلی معمول است، ولی چند نکته را باید در نظر گرفت تا نتیجه رضایت‌بخش باشد.

۱- مشکل است بتوان قطعه فلز پایین را حرارت داد و ذوب کرد. برای جلوگیری از این عمل شعله را روی فلز پایین متمرکز می‌کنند به‌طوری که فلز پایین حرارت کل را دریافت کند؛
۲- ضخامت جوش در قسمت جوشکاری شده باید حداقل به اندازه فلز اصلی باشد. برای این منظور باید مفتول جوشکاری را باندازه کافی اضافه کرد تا سطح جوش کمی برآمده شود.

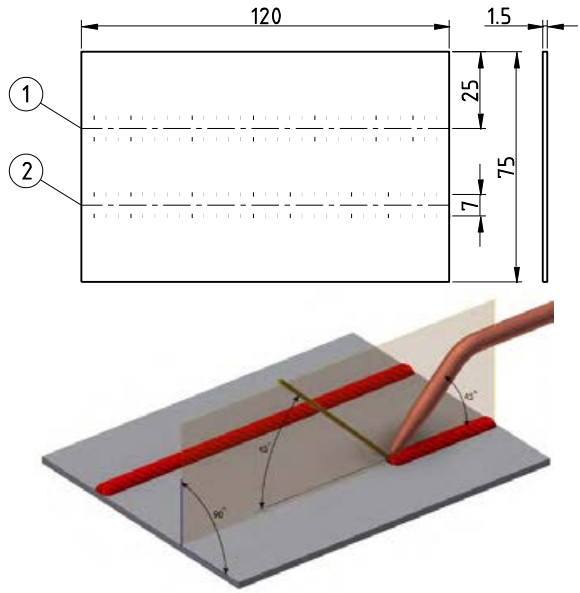
جوشکاری اتصال خارج گوشه‌ای

بدون استفاده از سیم‌جوش می‌توان اتصال خارج گوشه‌ای را جوشکاری کرد. روش دیگر جوشکاری گوشه خارج را در این روش دو قطعه فلز روی هم قرار نگرفته است. در عمل جوشکاری، کنار دو قطعه فلز ذوب‌شده و جوش را با اضافه کردن فلز سیم جوش کامل می‌کنیم.

فعالیت کارگاهی

سه ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۷۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و شکل ۱۵ را بر آن پیاده نمایید و جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:
۱- از ورق فولادی مناسب سه قطعه به ابعاد ۵/۱×۷۵×۱۲۰میلی‌متر ببرند.
۲- قطعات را طبق شکل۵۳ با استفاده از وسایل خط‌کشی کنند.
۳- روی خطوط را با سنبه‌نشان علامت‌گذاری کنند.
۴- قطعه کار را در وضعیت مناسب روی میز کار قرار دهند.
۵- وسایل جوشکاری را مرتب نمایند و فشار اکسیژن و استیلن را به اندازه احتیاج تنظیم کنند و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.
۶- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند.
۷- به وسیله شعله با زاویه ۷۰- ۶۰ درجه نسبت به کار در ابتدای خط شماره ۱ حوضچه مذاب ایجاد کنند.
۸- زاویه مشعل نسبت به کار را حدود ۴۵ درجه به‌تدریج تقلیل دهند و با توجه به نقشه، مفتول را حوضچه مذاب کنند و در مسیر خط شماره ۱گرده جوش به پهنای ۷ میلی‌متر ایجاد کنند.
۹- سپس روی خط شماره ۲ مانند خط شماره یک گرده جوش به‌وجود آورند.
۱۰- فاصله خطوط و قسمت‌های خالی قطعه کار برای تمرین مناسب است.
۱۱- تمرین دوم را روی قطعه ۵/۱×۷۵×۱۲۰طبق مراحل فوق اجرا کنند.
۱۲- قطعه سوم را با دقت جوشکاری کنند و روی گرده جوش‌ها را برس بزنند و پس از شماره‌گذاری، کار را برای ارزشیابی به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱۵

فعالیت کارگاهی

برای جوشکاری ورق با ضخامت۲/۵ میلی‌متر باید قطر مفتول چقدر باشد؟

۲+۱ ÷ضامت ورق= قطر مفتول

۲/۲۵=۱+۲÷۲/۵= قطر مفتول

چون قطر ۲/۲۵ میلی‌متر نداریم، از سایز بالاتر یعنی قطر ۳ میلی‌متر استفاده می‌کنیم.

فعالیت کارگاهی

شش ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۱۶ خال‌جوش بزنید و سپس دو طرف را جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:

۱- از ورق فولادی مناسب شش قطعه به ابعاد ۵/۱×۷۵×۱۲۰میلی‌متر ببُرند.

۲- وسایل جوشکاری را مرتب کنند فشار اکسیژن و استیلن را به اندازه احتیاج میزان نمایند و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.

۳- مطابق شکل۵۶ با استفاده ازنگه‌دارنده مناسب هر سه قطعه را با هم خال‌جوش بزنند.

۴- کار را از نگه‌دارنده باز کنند و روی میز در محل مناسب قرار دهند.

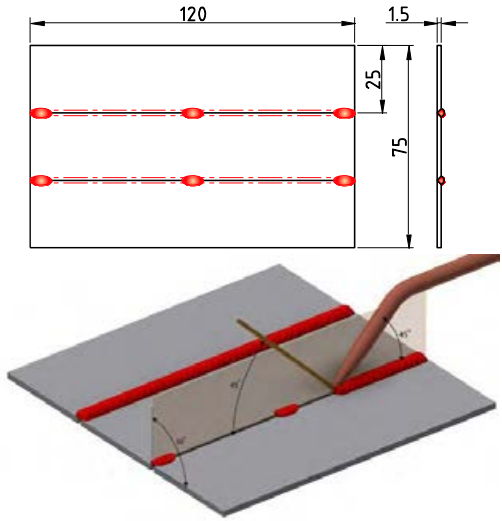
۵- با توجه به نقشه ابتدای خط شماره ۱حوضچه مذاب ایجاد کنند و سپس با ذوب مفتول در حوضچه گرده جوش۷ میلی‌متری ایجاد کنند.

۶- طرف دوم کار را بازرسی کنند که مذاب نفوذ خوبی داشته باشد.

۷- خط دوم را مانند خط اول جوش دهند.

۸- با استفاده از قیچی اهرمی ورق‌بر، از وسط فاصله دو نقطه جوش ببرند، آنگاه لبه‌های کناره کار را به هم خال‌جوش بزنند و باز هم تمرین کنند.

۹- قطعه کار دوم را نیز مانند مراحل فوق جوشکاری کنند. پس از برس زدن و شماره‌گذاری، به‌منظور ارزشیابی به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱۶

فعالیت کارگاهی

چهار قطعه ورق فولادی به ابعاد۲×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۱۷ خال‌جوش بزنید، سپس جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:

۱- چهار قطعه ورق با ابعاد ۱۲۰ × ۲۵ × ۲میلی‌متر از فولاد مناسب ببُرند.

۲- وسایل جوشکاری را مرتب نمایند، و فشار گازها را تنظیم کنند و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.

۳ - با استفاده از نگه‌دارنده، هر در قطعه را با فاصله یک میلی‌متر با حالت قائمه به صورت زاویه خارجی کنار هم قرار دهند.

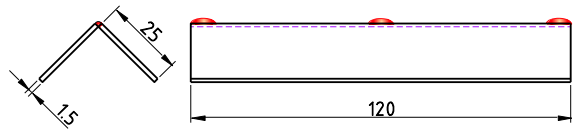
۴- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند و خال‌جوش بزنند.

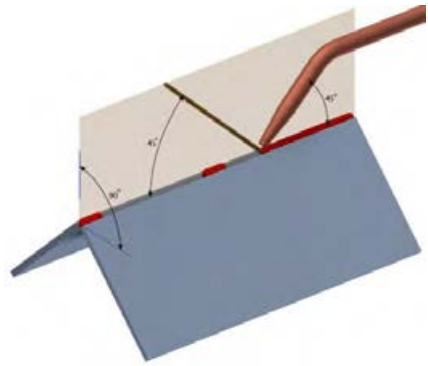
۵- در ابتدای گوشه حوضچه مذاب ایجاد کنند و با استفاده از مفتول مسوار مطابق نقشه کار جوشکاری کنند.

۶- بعد از اتمام جوش، طرف دوم درز جوش را بازرسی نمایند و مقدار نفوذ جوش را بررسی کنند.

۷- کار را به‌وسیله چکش یا پرس صاف کنند و از کناره‌های جوش با قیچی اهرمی ورق‌بری ببُرند. از قطعات حاصل برای تمرین استفاده کنند.

۸- دو قطعه دیگر را طبق مراحل فوق با دقت جوشکاری کنند و پس از برس زدن و شماره‌گذاری، به هنرآموز تحویل دهند.





شکل ۱۷

فعالیت کارگاهی

شش قطعه ورق فولادی به ابعاد۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۱۸ خال‌جوش بزنید، سپس جوشکاری کنید

مراحل انجام کار:

۱- شش قطعه ورق فولادی به ابعاد۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببُرند.

۲- وسایل جوشکاری را مرتب کنند و سرمشعل مناسبی را طبق جدول انتخاب کنند.

۳- هر سه قطعه را مطابق نقشه به صورت لب‌روی‌لب قرار دهند.

۴- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند و درمحل‌های تعیین شده خال‌جوش بزنند.

۵- به وسیله شعله در ابتدای درز حوضچه مذاب ایجاد کنند.

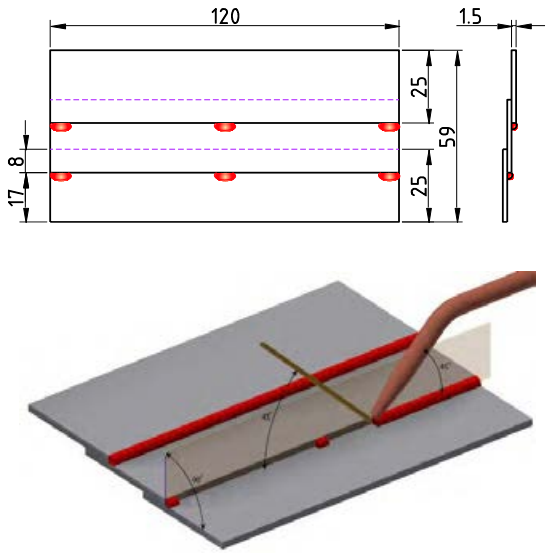
۶- با مذاب مفتول و با توجه به زوایایی مشعل و مفتول در نقشه کار خط شماره یک جوشکاری کنند.

۷- خط دوم را مانند خط اول جوشکاری کنند.

۸- کار را به وسیله چکش رویی سندان صاف کنند.

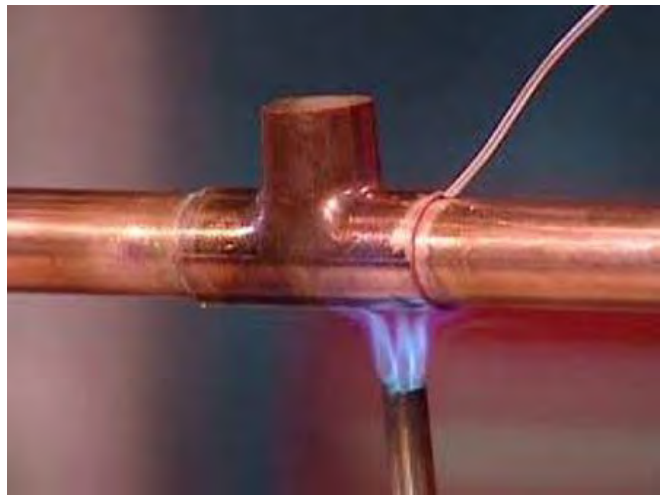
۹- طرف دوم کار را مانند طرف اول جوش دهند تا به مهارت کافی برسند.

۱۰- قطعه کار دوم را مانند قطعه کار اول جوش دهند و پس از برس زدن و شماره‌گذاری، برایی ارزیابی به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱۸

واحد یادگیری ۴: جوشکاری گاز با مفتول برنجی



زمان آموزش	جمع: ۱۵ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

– شایستگی‌های فنی:

۱- توانایی انجام جوشکاری گاز با مفتول برنجی را به‌دست آورد.

۲- با انجام تمام فعالیت‌های کارگاهی، جوش سپری و جوش لوله به سطح روش جوشکاری گاز با مفتول برنجی را بتواند انجام دهد.

– شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

۲- رعایت تمام نکات ایمنی، قبل و حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرار گیرد.

دانش‌افزایی

زردجوش برای اتصال فلزات مشابه و یا غیرهم‌جنس به‌کار می‌رود و روشی است بین جوشکاری و لحیم‌کاری سخت، مقاومت این جوش از لحیم سخت بیشتر است و با شعله گاز و در حرارتی حدود ۸۸۰ الی ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد اجرا می‌شود؛ بدین طریق که سطح لبه‌های مورد اتصال حرارت دادهمی‌شود (تا درجه حرارت ذوب مفتول و پایین‌تر از نقطه ذوب قطعه کار)، سپس با حضور فلاکس مفتول که غالباً آلیاژهای مس (برنج و برنز) هستند، ذوب در محل درز رسوب داده می‌شود.
برای این‌کار از مفتول‌های مخصوص جوشکاری برنج که مقدار مس آن ۴۲ تا ۸۲ درصد است، استفاده می‌شود و برای جلوگیری از اکسیداسیون از پودر جوشکاری استفاده می‌گردد.
برای جوشکاری با مفتول جوش برنجی به تنه‌کار مناسب برای تمیز کردن سطح و ایجاد اتصال بهتر نیازمندیم. این پودر تحت عناوین پودر تنه‌کار برنج، تنه‌کار برنج، تنه‌کار، پودر تنه‌کار، پودر جوش برنج و پودر فلاکس نام‌گذاری می‌شود.

بحث کلاسی

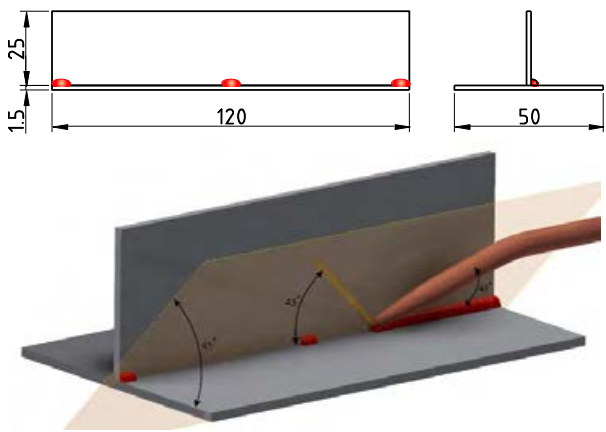
تفاوت جوش زرد با روش‌های دیگر جوشکاری در چیست؟
تفاوت این روش با دیگر روش‌های جوشکاری در این است که فلز قطعه کار ذوب نمی‌شود و با مفتول پرکننده مخلوط نمی‌گردد، بلکه نوعی خیس شدن و نفوذ اتمی بین فلز پرکننده و فلز قطعه کار باعث استحکام می‌شود.

فعالیت کارگاهی

دو قطعه از ورق فولاد کم‌کربن با ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ و ۱/۵×۵۰×۱۲۰ ببرید و مطابق شکل ۱۹ خال‌جوش بزنید، سپس جوشکاری کنید.

مراحل انجام کار:
۱- از ورق فولاد کم‌کربن با ابعاد ۱/۵ × ۵۰ × ۱۲۰ و ۱/۵ × ۲۵ × ۱۲۰ هر کدام دو قطعه ببُرند.
۲- وسایل جوشکاری را مرتب کنند، فشار گازها را تنظیم و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.
۳- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنند.
۴- قطعات را به صورت عمود بر هم با استفاده از مفتول برنجی و فلاکس مطابق نقشه خال‌جوش بزنند.
۵- کار را کمی با شعله گرم کنند و نوک مفتول برنجی را به فلاکس آغشته کنند.
۶- ابتدای درز جوش را حرارت دهند تا به درجه حرارت سرخ شدن برسد و با ذوب مفتول در درج دو قطعه به هم جوش بخورد.
۷- با پیشروی جوشکاری، هر موقع که لازم است فلاکس را به وسیله مفتول به محل جوش اضافه کنند و جوشکاری را تا آخر گوشه ادامه دهند.

قطعه کار دوم را نیز مانند قطعه کار اول زردجوش کنند و برای اظهارنظر و ارزشیابی به هنرآموز تحویل دهند.



شکل ۱۹

فعالیت کارگاهی

دو قطعه ورق فولاد با ابعاد۱/۵×۲۵×۱۲۰ و ۱/۵×۵۰× ۲۱۵ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۲۰ به وسیله لبه گرد سندان به صورت استوانه درآورید و لبه‌های آن را با جوش ذوبی متصل کنید. سپس دو قطعه ورق به ابعاد ۱/۵×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر ببُرید و مطابق شکل ۳۴ به استوانه با مفتول برنجی جوش دهید.

مراحل انجام کار:

۱- از ورق فولاد مناسب دو قطعه به ابعاد ۱/۵×۲۵×۲۱۵ میلی‌متر ببرند و مطابق شکل ۲۰ به وسیله لبه گرد سندان به صورت استوانه درآورند و لبه‌ها را ذوب کنند تا به‌هم جوش بخورند. پس از آن صافکاری کنند و به عنوان یک قطعه از کار فعالیت استفاده کنند.

۲-از ورق فولاد مناسب به ابعاد ۱/۵×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر دو قطعه ببرند.

۳-وسایل جوشکاری را مرتب کنند، و فشار گازها را تنظیم نمایند و سرمشعل مناسب را انتخاب کنند.

۴-شعله مناسب خنثی یا کمی اکسیدی را تنظیم کنند.

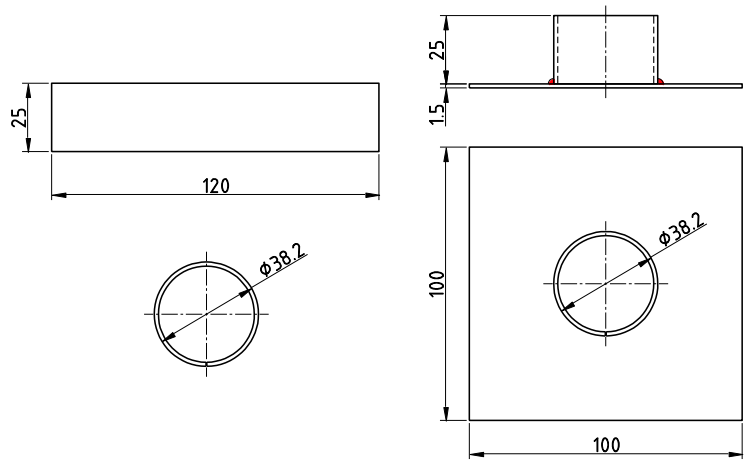
۵-قطعات را مطابق نقشه با استفاده از فلاکس و مفتول برنجی خال‌جوش کنند.

۶-نوک مفتول را گرم و به فلاکس آغشته کنند.

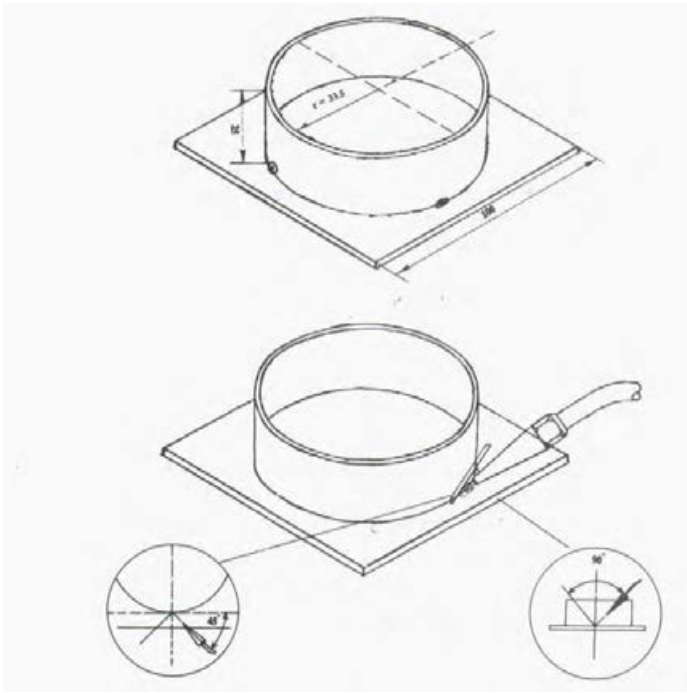
۷-کار را کمی حرارت دهند، سپس با توجه به نقشه جوشکاری کنند.

۸-اشکالات کار را بررسی و رفع کنند.

۹-کار دوم را مطابق مراحل فوق جوش دهند و بقایای فلاکس را از محل جوش شسته و پاک کنند.



شکل ۲۰



شکل ۲۱

ارزشیابی شایستگی جوشکاری برق

شرح کار:
شناسایی و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز
جوشکاری گاز بدون مفتول
جوشکاری گاز با مفتول مسوار
جوشکاری گاز با مفتول برنجی

استاندارد عملکرد:
هنرجویان روش تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را فرامی‌گیرند و می‌توانند جوشکاری گاز اکسی استیلن را با دو روش بدون مفتول و با مفتول با رعایت تمامی نکات ایمنی انجام دهند.

شاخص‌ها:
- سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار و زنگ‌زدگی باشد.
- برش قطعه کار طبق نقشه و نشانه‌گذاری لازم
- جوشکاری قطعه کار با رعایت نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه جوشکاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: وسایل انتقال نقشه به روی ورق، واحد جوشکاری گاز، وسایل ایمنی فردی، مفتول مسوار و مفتول برنج

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز	۲	
۲	جوشکاری گاز بدون مفتول	۲	
۳	جوشکاری گاز با مفتول مسوار	۲	
۴	جوشکاری گاز با مفتول برنجی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و غیره ۱- رعایت نکات ایمنی قبل و حین جوشکاری، ۲- تمیزکاری محل جوشکاری، ۳- رعایت نکات زیست محیطی و جمع‌آوری دورریزها، ۴- رعایت اخلاق حرفه‌ای		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ می‌باشد.

پودمان ۵

بازرسی جوش

در شکل بالا شخصی را در حال بازرسی خط جوش لوله با دستگاه تست التراسونیک نمایش می دهد.

.

پودمان ۵
بازرسی جوش

نوع درس: نظری- عملی
کل ساعت: ۴۰ ساعت
ساعت نظری: ۱۵ ساعت
ساعت عملی: ۲۵ ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
- عیوب ظاهری و داخلی جوش را بشناسند.
- پیچیدگی در اتصالات جوشکاری را تشخیص دهد و روش‌های پیش‌گیری آن را فرا گیرد.
- تست چشمی و مایع نافذ را فرا گیرد و بتواند انجام دهد.
- تست ذرات مغناطیسی، التراسونیک و رادیوگرافی را بشناسد.

روش تدریس پودمان

۱-عموما در ابتدای درس ودرجلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می شودتا دانش آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲-سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود درمباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانندا ین نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳-توصیه می گردد برای تدریس بهتر این پودمان هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با عیوب جوش و تست‌های جوشکاری، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴- پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به کار گیرد.
۵-توصیه می‌گردد با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، ازآنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را بصورت دست نویس درروی کاغذ نوشته و ارائه دهند. و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت بصورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.
۶-فعالیت های از قبیل "فکر کنید"، "بحث کنید"، و ... برای فعال کردن هنرجویان و به کار گیری اطلاعات، دانسته ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.
۷-از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت های کارگاهی را انجام دهد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱- ساختار منطقه جوش را شرح دهید؟
۲- عیوب ابعادی جوش کدامند؟
۳- عیوب ظاهری جوش کدامند؟
۴- عیوب داخلی جوش کدامند؟
۵- انواع پیچیدگی در جوشکاری را نام ببرید و شرح دهید چگونه بوجود می آیند.
۶- پیش گرمایش و پس گرمایش در جوشکاری را شرح دهید؟
۷- برای جلوگیری از پیچیدگی فلزات در اثر جوشکاری چه اقداماتی را باید انجام داد؟
۸- رفع پیچیدگی فلزات در اثر جوشکاری چگونه انجام می گیرد؟
۹- آزمایش کشش و خمش را توضیح دهید؟
۱۰- آزمایش چشمی چه نکات و عیوب جوشی را مد نظر قرار می دهد؟
۱۱-روش انجام آزمایش مایع نافذ را توضیح دهید دهید؟
۱۲-آزمایش ذرات مغناطیسی و التراسنیک را شرح دهید ؟
۱۳- مزایا و معایب آزمایش رادیوگرافی نسبت به بقیه آزمایش‌های غیر مخرب را برشمرید.

واحد یادگیری۱: شناسایی عیوب جوش

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

شایستگی های غیر فنی:

۱- با ساختار منطقه جوش آشنا شوند.
۲- با عیوب ابعادی جوش آشنا شوند و آنها را تشخیص دهند.
۳- با عیوب ظاهری و داخلی جوش آشنا شوند و آنهارا تشخیص دهند.

شایستگی های غیر فنی:

۱- در محیط کارگاه وکلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه وتوسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش افزایی

عیوب نقطه‌ای(Point Defects)

به دسته‌ای از ناکاملی‌های بلوری گفته می‌شود که بسته به ماهیتشان منجر به وجود آمدن نقص در تعداد متناهی و کوچک اتم در شبکه بلوری می‌شوند. این تعداد مستقل از اندازه بلور و ریزساختار ماده است.

عیب جای خالی یا تهی جایی(Vacancy)

تهی جایی زمانی اتفاق می‌افتد که اتمی در جای خود در شبکه بلوری وجود نداشته باشد. به طور مثال فقط در ۷ گوشه از ۸ گوشه یک مکعب، اتم وجود داشته باشد و جای یکی از آنها در گوشه مکعب خالی باشد به این ترتیب این مکعب یک جای خالی دارد. این عیب ساده‌ترین و در عین حال رایج‌ترین عیوب سطحی است. چنین عیوبی می تواند در موقع انجماد تغییر شکل دادن، اشعه دادن با انرژی زیاد ویا در درجه حرارت های بالا بوجود بیاید، وجود نقص جای خالی منجر به نزدیک شدن اتم های اطراف جای خالی می شود که این امر تنش کششی را میان اتم‌های مجاور جای خالی بوجود می‌آورد و لذا نظم اتمی به هم می ریزد.

در یک جسم در حالت تعادل همیشه تعدادی جای خالی وجود دارد که تعداد آنها رابطه مستقیمی با درجه حرارت دارد. بنا براین با افزایش یا کاهش دما می‌توان تعداد جاهای خالی را در ساختار کریستال تغییر داد. لزوم حضور جاهای خالی را نیز با استفاده از اصول ترمودینامیک می توان اثبات نمود و تنها این عیوب هستند که در حالت حرارتی به وجود می آیند و بقیه عیوب کریستالی از نظر ترمودینامیکی در تعادل نیست و در اثر عوامل خارجی به وجود می آیند.

عیب بین نشینی (interstitial)

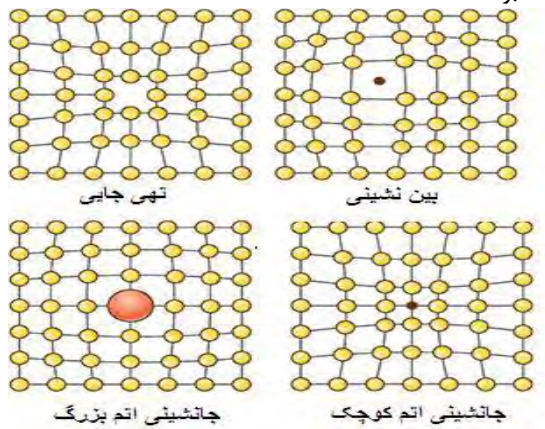
بین نشینی قرار گرفتن اتمی اضافی در فضای خالی بین اتم های دیگر از ساختار کریستالی است که معمولا باعث اعوجاج و بی نظمی در ساختار کریستالی می‌شود. این اتم‌ها می‌توانند از جنس اتم‌های ساختار کریستالی باشند که به‌صورت اتمی اضافی در ساختار نمود پیدا کرده است و یا به صورت ناخالصی حل شده باشند. اتم ها بین نشین معمولا در حفراتی که در ساختار کریستالی وجود دارند قرار می‌گیرند و برای این منظور اغلب شعاع اتمی کمتری از اتم‌های اصلی موجود در ساختار دارند.

این اتم اضافی موجب ایجاد تنش فشاری در ساختار اتم می‌گردد و در نتیجه موجب افزایش انرژی در آن نقطه می‌شود.

عیب جانشینی (Substitutional)

عیب جا نشینی زمانی رخ می دهد که اتم حل شونده جایگزین یکی از اتم‌های شبکه بلور گردد. چون اندازه شعاع اتمی اتم حل شونده با اتم شبکه بلور متفاوت است، جانشینی موجب بی نظمی و خمیدگی در ساختار شبکه بلور می شود. اگر اندازه شعاع اتمی اتم جانشین شده کوچکتر از اتم های موجود در ساختار بلور باشد

تنش کششی و در صورت بزرگتر بودن اندازه شعاع اتمی اتم جانشین شده، تنش فشاری خواهد بود.

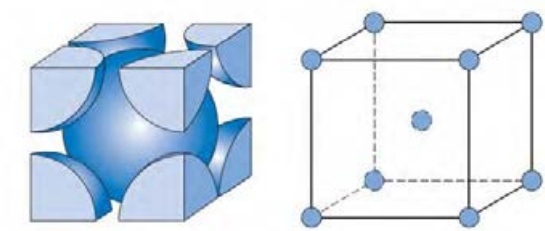


شکل ۱

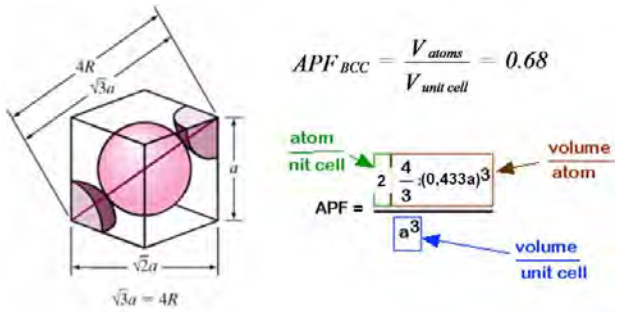
دانش افزایی

ساختار مکعبی مرکزپر(Body Centered Cubic یا BCC)

در این ساختار اتم‌ها در گوشه‌ها و مرکز مکعب قرار دارند بنابراین عدد همسایگی این ساختار هشت است. به همین دلیل نیز در هر واحد شبکه دو اتم؛ یک اتم در مرکز مکعب و یک اتم در گوشه‌ها؛ موجود است. این موضوع در شکل ۲ به خوبی به نمایش در آمده است. فاکتور فشردگی اتم‌ها در این ساختار ۰. ۶۸ است. محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتم‌ها نیز در شکل ۳ آمده است. تماس هر اتم با همسایه‌هایش از مسیر قطر مکعب واحد شبکه است، و بر این اساس محاسبات صورت می‌پذیرد. بسیاری از فلزات شامل فلزات قلیایی، مانند سدیم، و بسیاری از عناصر واسطه، مانند آهن در دمای محیط، ساختار . . . را انتخاب می کنند.



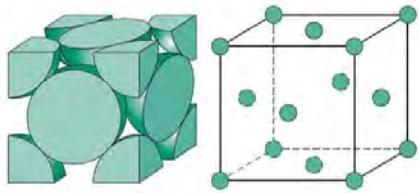
شکل ۲- ساختار شبکه‌ای مکعبی مرکزپر



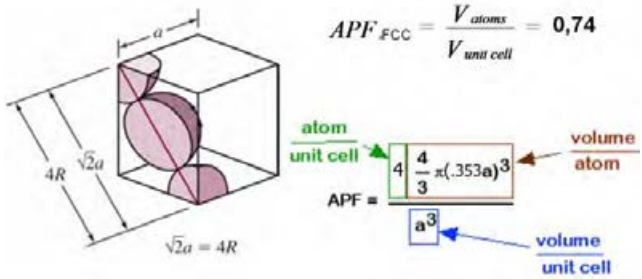
شکل ۳- محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی مرکزپر

ساختار مکعبی با وجوه پر(Face Centered Cubic یا FCC)

در این ساختار اتم‌ها در گوشه‌ها و مرکز وجوه قرار دارند بنابراین عدد همسایگی این ساختار دوازده است. به همین دلیل نیز در هر واحد شبکه چهار اتم؛ سه اتم در مرکز وجوه و یک اتم در گوشه‌ها؛ موجود است. این موضوع در شکل ۴ به خوبی به نمایش در آمده است. فاکتور فشردگی اتمها در این ساختار ۰٫۷۴ است. محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها نیز در شکل ۵ آمده است. تماس هر اتم با همسایه هایش از مسیر قطر وجوه واحد شبکه است، و بر این اساس محاسبات صورت می‌پذیرد. بسیاری از فلزات معمول مانند مس، نیکل، سرب در ساختار . .. شکل می گیرند.



شکل ۴- ساختار شبکه‌ای مکعبی با وجوه پر



شکل ۵- محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی با وجوه پر

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	منطقه ذوب شده	. . ..
۲	منطقه تحت تاثیر حرارت	. . . .
۳	فلز مبنا	. .. .

تحقیق کنید

درباره جانشینی مستقیم و بین نشینی در فلزات تحقیق کنید.

دانش افزایی

عیوب جوشکاری

یک ناپیوستگی در حقیقت یک انقطاع در ساختار فلز جوش می باشد مثل وجود ناهمگنی در خواص مکانیکی و متالوژیکی ماده یا فلز جوش اما باید بدانیم که یک ناپیوستگی لزوماً عیب محسوس نمی شود. در حقیقت عیب یک ناپیوستگی است که به واسطه ویژگی خاصش و یا در اثر تجمع آن در قطعه یا محصول نمی تواند حداقل استانداردهای کاری مورد نیاز را برآورده کند عیوب جوش را می توان به طور کلی به عیوب ظاهری و داخلی تقسیم بندی کرد.

* ترکها (. . ... .): در میان عیوب جوش، ترکها به عنوان خطرناکترین نوع عیب تقسیم بندی می شوند و دارای پتانسیل زیادی برای رشد در فشار سرویس هستند. ترک‌ها را می توان به عنوان پارگی خطی زیر فشار کاری تعریف کرد. برای پیش بینی و به حداقل رسانیدن میزان ترک و برطرف کردن آنها نیاز به دقت ویژه ای است. ترک‌ها در یک رنج دمایی وسیع در خیلی از مناطق جوش و به انواع مختلف به وجود می آیند. از نظر اندازه ترک‌ها از سایزهای خیلی بزرگ تا سایزهای خیلی کوچک که برای پیدا کردن آنها نیاز به میکروسکوپ است طبقه‌بندی می شوند. اولین خصوصیتی که در مورد ترکها باید مورد توجه قرار گیرد محل ترک در جوش می باشد. عامل ایجاد ترک بر حسب محل ترک و با توجه به شکل اتصال جوش مورد بررسی قرار می گیرد.

انواع ترک که در مناطق مختلف قطعه جوش داده شده به وجود می‌آید.

۱- ترک در حوضچه جوش یا دهانه انتهای . . . .

۲- ترک عرضی در جوش . . . .

۳- ترک عرضی در منطقهٔ مجاور جوش . . . .

۴- ترک طولی در فلز جوش . . . .

۵- ترک زبانه یا گوشه‌ای . .. .
۶- ترک زیر فلز جوش . . ..
۷- ترک در خط ذوب . .. .
۸- ترک ریشه فلز جوش . . ..
- ترک‌های گرم (. . .. .): ترکهایی هستند که در هنگام انجماد جوش و یا قبل از اینکه حرارت جوش به طور کامل برطرف شود، به وجود می آیند.
عوامل به وجود آورنده ترک گرم
۱- بیش‌از حد بودن مقدار گوگرد، فسفر و قلع در فلز مبنا .
۲- علت به وجود آمدن ترک در فلزات غیر آهنی می‌تواند وجود عناصر گوگرد یا روی باشد .
۳- روش نامناسب قطع قوس .
۴- کوچک بودن سطح مقطع گرده جوش در مقایسه با سطح فلز مبنا در پاس ریشه .
۵- ترک گرم معمولاً در جوش‌های با نفوذ و عمیق زیاد رخ دهد و در صورت عدم اصلاح می‌تواند از لایه‌های بعدی هم گذر کند.
- ترک‌های سرد (. . .. .): ترکهایی که بعد از انجماد کامل جوش به وجود می آیند ترکهای سرد نامیده می شوند. اینگونه ترکها در دماهای زیر (. . ... .) بعد از انجماد به وجود می آیند. در واقع بعد از گذشت ساعت‌ها و روزها از اتمام جوشکاری، این‌گونه ترک‌ها به وجود می آیند. ترکهای سرد در طبیعت به صورت ترکهای درون دانه ای می باشند.
عوامل به وجود آورنده ترک سرد .
۱- ترد و سخت شدن منطقه مجاور جوش مثلاً با سریع سرد کردن .
۲- ایجاد و پیشرفت تنش‌های واکنشی و پسماند .
۳- وجود هیدروژن در جوش .
۴- مهار اضافی اتصال .
- ترک ستاره ای (. .. ..): اینگونه ترک‌ها در اثر انقباضات حجمی فلز مذاب در هنگام انجماد به وجود می آیند و معولاً در اثر قطع ناگهانی قوس الکتریکی ظاهر می‌گردند. به علت اینکه در انتهای جوش(منطقه آتشفشانی شکل) (. . . . . .) سرعت سرد شدن بیشتر از سایر نقاط جوش می باشد و در اثر انجماد در تمام جهات تنشهای انقباضی باعث تولید ترک ستاره ای می شود. در صورت وجود عناصر مستعد به تجزیه در فلز پایه مثل کربن، سولفور و نیوبیوم، حساسیت به ترک ستاره ای افزایش می یابد.
علل اصلی بروز ترک‌ها در جوش
۱- عدم مهارت جوشکار .
۲- ناخالصی‌هایی نظیر گوگرد و فسفر، روی، مس و قلع در فلز پایه و فلز جوش .
۳- نامناسب بودن فلز پرکننده از لحاظ ساختار متالورژیکی .

۴- ترک ناشی از شکل گرده جوش (هنگامی‌که پهنای جوش زیاد و عمق نفوذ آن کم باشد). .
۵- تنش‌های انقباضی ناشی از اجرای جوش با سطح مقعر .
۶- کمتر بودن چقرمگی جوش در مقایسه با چقرمگی فلز پایه که باعث بروز ترک‌های عرضی می‌شود. قابل ذکر است که اگر چقرمگی شکست یک ماده کم باشد، آن ماده به‌صورت ترد می‌شکند و هر چه چقرمگی شکست بالاتر رود احتمال شکست نرم افزایش می‌یابد.
۷- عدم انجام پیش‌گرمایش و نفوذ هیدروژن زیاد در منطقه جوش .
۸- افزایش تنش‌های پسماند .
۹- وجود کربن زیاد در فلز پایه و ترد شدن منطقه جوش .
۱۰- سرد شدن سریع جوش.

تخلخل (..... .): تخلخل در حقیقت مقداری گاز می باشند (معمولاً به صورت کروی) که در هنگام منجمد شدن در فلز باقی می ماند.
- انواع تخلخل شامل: تخلخل خطی، یکنواخت، پراکنده ولوله ای می باشند.
به طور کلی علت اصلی انواع تخلخل
۱- کثیفی درز اتصال و یا سطح فلز پایه، مثلاً آلودگی‌های روغن، غبار، لکه یا زنگ .
۲- شدت جریان کم .
۳- عدم مهارت جوشکار .
۴- حبس سرباره .
۵- وجود مقادیر بالای گوگرد و فسفر در فلز پایه .
۶- استفاده از الکترود نامناسب برای فلز پایه، مثلاً استفاده از الکترود با روکش شکسته یا ترک خورده و یا استفاده از الکترود مرطوب .
۷- عدم محافظت گازی مناسب از جوش .
۸- زمان ناکافی برای فعل و انفعالات متالورژیکی در حوضچه جوش.
۹- کثیفی درز اتصال و یا سطح فلز پایه، مثلاً آلودگی‌های روغن، غبار، لکه یا زنگ .
۱۰- شدت جریان کم .
۱۱-عدم مهارت جوشکار .
۱۲-حبس سرباره .
۱۳-وجود مقادیر بالای گوگرد و فسفر در فلز پایه .
۱۴-استفاده از الکترود نامناسب برای فلز پایه، مثلاً استفاده از الکترود با روکش شکسته یا ترک خورده و یا استفاده از الکترود مرطوب .
۱۵-عدم محافظت گازی مناسب از جوش .
۱۶-زمان ناکافی برای فعل و انفعالات متالورژیکی در حوضچه جوش.

ناخالصی‌های سرباره (. ...): به اکسیدها و سایر جامدهای غیرفلزی که در داخل مذاب گیر افتاده اند و یا بین فلز جوش و فلز پایه هستند ناخالصی‌های سرباره گفته می شود. این ناخالصی ها می توانند در بیشتر روشهای جوشکاری مشاهده شوند.
عوامل ایجاد سرباره در جوش .
۱. روش نامناسب جوشکاری
۲. طراحی نامناسب اتصالات.
۳. تمیزکاری نامناسب جوش بین پاس‌ها .

عدم نفوذ در ریشه (. ....)(... ... .): به عدم نفوذ کامل جوش در تمام ضخامت اتصال وعدم نفوذ در ریشه گفته می شود. این عیب باعث کاهش مقدار سطح مقطعی می شود که نیرو را تحمل می کند. . نفوذ ناقص می تواند براثر حرارت ناکافی جوش، طراحی نامناسب اتصال (مثلا ضخامت زیاد و عدم توانایی نفوذ قوس جوشکاری)، یا کنترل نامناسب قوس جوش بوجود آید. جوش‌هایی که نیازمند نفوذ کامل هستند، معمولا توسط روشهای غیرمخرب مورد بازرسی قرار می گیرند.
عوامل ایجاد نفوذ ناقص در پاس ریشه .
۱- پائین بودن شدت جریان .
۲- زاویه نامناسب دست .
۳- کثیفی درز .
۴- کم بودن زاویه پخ.

عدم نفوذ(. ... ...) (... ... .): عدم پیوستگی در سطح تماس فلز جوش و فلز پایه برای نفوذ در یکدیگر را عدم نفوذ می نامند.
عوامل ایجاد ذوب ناقص
۱- کافی نبودن انرژی ورودی(حرارت ناکافی جوشکاری)
۲- عدم انتخاب صحیح اندازه و نوع الکترود .
۳- مناسب نبودن طرح اتصال(عدم دسترسی کافی به تمام وجوه همجوش) .
۴- کافی نبودن گاز محافظ در فرایندها با پوشش گاز .
عدم تمیزکاری در بین پاس‌ها.
* سوختگی لبه جوش(. .. ..): دو حالت زیر به عنوان سوختگی لبه جوش شناخته می شود:
۱-پس رفت مذاب در فلز پایه و نزدیک به گوشه جوش که توسط فلز جوش(مذاب) پر نشده است
۲- ذوب دیواره کناری شیار جوش در گوشه بستر جوش.
سوختگی لبه جوش از لحاظ اندازه به بزرگ، قابل رؤیت، شیار پیوسته و ناپیوستگی‌های خیلی کوچک که بیشتر از چند میکرون عمق ندارند طبقه بندی

می شوند. سوختگی لبه جوش با تولید شیار در لبه جوش بیشترین آمار را برای تولید شکست‌های مکانیکی در جوش دارد و به عنوان یکی از عیوب جوشکاری محسوب می شود.

عوامل ایجاد بریدگی لبه جوش .. ..

۱- بالا بودن شدت جریان .

۲- زاویه نامناسب و سرعت زیاد .

۳- کالیبره نبودن دستگاه جوشکاری .

۴- زیاد بودن طول قوس

تقعر (... . .. .): در اثر نیروهای جاذبه بر فلز مذاب یا در اثر کشش سطحی لبه جوش برای نگه داشتن مذاب در دیواره پخ، این عیب به وجود می آید نام دیگر این عیب را می توان « . .. . » یا مکش فلز مذاب به طرف داخل گذاشت.

عدم همترازی (. ... .): عدم تطابق نشاندهنده غیر هم تراز بودن دو سطح جوشکاری در سطح مقطع اتصال است.

سوختگی در ریشه جوش (. . . . .): این عیب مربوط به مذاب جوش در قسمت زیر ریشه است.

روی هم رفتگی(.... .. ..): مقدار اضافی مذاب که از مرز جوش در سطح بیرونی فلز پایه هم گذشته باشد به نام روی هم افتادگی شناخته می شود. روی هم افتادگی فلز جوش(مذاب) بیشتر در جوش‌های . شکل اتفاق می‌افتد. این عیب در اثر جریان نادرست یا روش غلط جوشکاری به وجود می آید.

عوامل ایجاد روی هم رفتگی فلز جوش . ...

۱. تکنیک نامناسب جوشکاری .
۲. اضافه کردن سیم جوش بدون رعایت زاویه مناسب دست.

عوامل ایجاد انقباض ریشه جوش .. . .

۱. مهارت ناکافی جوشکار در اضافه نمودن سیم جوش .
۲. حرکت نامناسب دست.

عوامل ایجاد فلز جوش اضافی ....

۱. حرکت آرام دست جوشکار یا اضافه شدن بیش از اندازه سیم جوش .
۲. استفاده از تکنیک نامناسب جوشکاری .

عامل ایجاد نفوذ اضافی . . ..

۱. آماده سازی نامناسب لبه (ناشی از فاصله زیاد بین دو قطعه و همچنین زاویه زیاد پخ) .
۲. عدم مهارت جوشکار در حرکت دست .
۳. تنظیم نبودن شدت جریان جوشکاری .
۴. تمرکز حرارت بیش از حد.

عامل ایجاد ساق‌های نامساوی در جوش گوشه . ...

. ...

۱. رعایت نکردن زاویه مناسب الکترود نسبت به قطعه کار.
عوامل ایجاد تقعر ریشه جوش . ...
۱. استفاده از الکترود با قطر بالا .
۲. شدت جریان بیش از اندازه .
۳. زاویه پخ زیاد در آماده سازی قطعات.
عوامل مل ایجاد گلویی جوش ناکافی . ...
۱. استفاده از الکترود با قطر نامناسب .
۲. سرعت زیاد جوشکاری .
۳. شدت جریان پائین .
۴. عدم مهارت جوشکار.
عوامل ایجاد لکه قوس . . ..
۱. عدم مهارت جوشکار .
۲. عادت نادرست برخی جوشکارها هنگام شروع کار با الکترود جدید .
۳. تشکیل لکه قوس اتفاقی در فاصله‌ای دورتر از محل جوشکاری به دلیل اتصال کابل‌ها با قطعات فلزی.
عوامل پاشش جوش . ...
۱. تنظیم نبودن متغیرهای مهم جوشکاری نظیر آمپراژ، ولتاژ و فاصله نوک الکترود از سطح کار .
۲. بالا بودن بیش از حد شدت‌جریان جوشکاری به عنوان یکی از عوامل اصلی .
۳. زاویه بیش از حد الکترود نسبت به سطح کار (معمولاً زوایای بیش از ۱۵ درجه نسبت به قائم در پاشش جوش موثر است) .
۴. تنظیم نبودن جریان گاز محافظ.
عدم تقارن زوایه‌ای .. . .
۱. عدم مونتاژ صحیح قطعات مورد نظر .
۲. اعوجاج بیش از حد صفحات یا پروفیل نورد شده.

عامل بازشدگی ناصحیح ریشه (Incorrect root gap of Fillet Weld)

۱. عدم مونتاژ صحیح قطعات مورد نظر.
* تغییر شکل (. ....): سطوح نزدیک حوضچه مذاب در هنگام جوشکاری ذوب می شوند و به حالت مایع در می‌آیند و در هنگام سرد شدن مناطق مذاب، منقبض شده و به سمت منبع اصلی مصرف حرارت حرکت می‌کنند. این پدیده سبب تغییر در موقعیت نسبی اجزاء جوش می‌گردد که پدیده تغییر شکل نامیده می شود.
در میان عیوب خطی ترک‌ها مخصوصاً وقتی که در روی سطح قرار می‌گیرند خطرناک‌ترین نوع عیب محسوب می‌شوند بنابراین هیچ استانداردی در زمینه کیفیت جوش وجود ترک را در جوش مورد قبول نمی داند.

گزارش کیفیت روش جوشکاری PQR (Procedure Qualification Record)

ساخت و نصب سازه‌های جوشکاری مستلزم این است که نشان دهیم کیفیت مواد اولیه، روش جوشکاری و فلز حاصل از جوش، مطابق با خواسته‌های استاندارد می‌باشد.
این کار به کمک یکسری آزمایشات مخرب و غیرمخرب تحت عنوان گزارش کیفیت روش جوشکاری .. . انجام می شود.
هدف از انجام آزمایشات تعیین کیفیت روش جوشکاری آن است که نشان دهیم، روش جوشکاری تدوین شده (. . .) با اتصالی سالم و با خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه، بوجود می‌آورد. نتیجه آزمایشات در فرم خاصی ثبت شده که به آن گزارش کیفیت روش جوشکاری .. . می‌گویند.

مراحل تهیه PQR

برای تهیه یک .. . چهار مرحله زیر طی می شود:
مرحله اول - آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب
مرحله دوم - آزمایش نمونه های تهیه شده
مرحله سوم - ارزیابی نتایج و نتیجه‌گیری راجع به آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایشات
مرحله چهارم - ثبت و تأئید نتایج (در صورت قابل قبول بودن آنها)

مرحله اول: آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب

معمولا" نمونه‌ها به نحوی مونتاژ و ساخته می‌شوند که درز اتصال در وسط نمونه قرار بگیرد. اندازه، نوع و ضخامت نمونه باید متناسب با نوع و ضخامت موادی که در تولید جوشکاری می‌شوند و نیز تعداد، نوع و اندازه نمونه‌های آزمایشی لازم برای آزمایشات باشد. مواد، نحوه و جزئیات جوشکاری نمونه‌ها باید مطابق با . . . مربوطه باشد، به عبارت دیگر متغیرهای ضروری باید یکسان باشد.
ابعاد و اندازه نمونه ها باید حداقل با مقادیر ذکر شده در استاندارد مطابقت داشته باشد. مطابق با همین استاندارد اندازه و محل نمونه‌های آزمایش که از نمونه‌های جوشکاری شده بدست می‌آیند، مشخص شده است.

مرحله دوم: آزمایش نمونه های تهیه شده

آزمایشات مشخصی بر روی نمونه‌های جوشکاری شده باید انجام شود. نوع و تعداد نمونه‌هائی که برای تست‌های مخرب لازم است، بستگی به استاندارد مورد استفاده و مشخصات کاربردی ویژه سازه دارد. اغلب تست‌های غیرمخرب نیز انجام می شوند.
آزمایش‌های مورد نیاز برای جوش‌های شیاری عبارتند از:
۱) بازرسی چشمی (. ... .)

۲) آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک (.... .... ،.. ..)
۳) آزمایش خمش – ریشه برای سلامت جوش (..... . .. .)
۴) آزمایش خمش – گرده برای سلامت جوش (..... . .. .)
۵) آزمایش کشش از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی فرآیندهای (.–... . .. . ،. .. .
۶) آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی و انرژی ضربه (. ....)
۷) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ موثر ساق جوش (..... ....)
۸) آزمایش کشش با مقطع کاهش یافته برای اندازه گیری استحکام کششی (..... ... .. .)

همچنین برای جوشهای گلوئی (... ...) آزمایشهای زیر مورد نیاز است:
۱) بازرسی چشمی (. ... .)
۲) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و ذوب کافی جوش (..... ....)
۳) آزمایش خمش- جانبی برای سلامت جوش (..... . .. .)
۴) آزمایش کششی از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی (. ... ...)

آزمایش کششی با مقاطع کاهش یافته

قبل از انجام آزمایش تمام اندازه های نمونه کنترل می شوند. سپس نمونه در فک‌های دستگاه قرار گرفته و بار اعمال می شود. آزمایش تاحد پارگی نمونه ادامه می‌یابد. اگر حداکثر بار وارده را بر مساحت مسطح مقطع نمونه تقسیم کنیم. استحکام کششی بدست خواهد آمد. همچنین از روی تفاوت طول نمونه، قبل و بعد از آزمایش (اندازه ثانویه با کنار هم قراردادن نمونه های شکسته اندازه‌گیری می‌شود) امکان محاسبه درصد ازدیاد طول وجود دارد.
قبل از انجام آزمایش تمام اندازه‌های نمونه کنترل می شوند. سپس نمونه در فک‌های دستگاه قرار گرفته و بار اعمال می شود. آزمایش تا حد پارگی نمونه ادامه می‌یابد.

آزمایش ماکرواچ

ابتدا مقطعی از نمونه بریده شده و توسط سنگ صاف می‌شود. سپس با سنباده‌زنی متوای با کاغذ سنباده های مختلف – از زبر به نرم – سطح نمونه صیقلی می‌شود. برای اچ کردن محلول‌های مختلفی وجود دارد که در استانداردها ذکر شده است.

آزمایش خمش

نمونه‌ها در سه شکل ریشه، سطحی و جانبی تهیه می‌شوند. نمونه‌ها مطابق استاندارد در نگهدارنده قرار گرفته و بوسیله یک سنبه سرگرد، خمیده می‌شوند. نمونه باید بر روی قالب قرار گرفته و سپس سنبه سرگرد پائین آمده و موجب خمیدگی نمونه شود. به هنگام قرار دادن نمونه‌ها باید به نکات زیر توجه کرد:

الف) نمونه‌های خمشی جانبی از پهلوی جوش بر روی قسمت خالی قالب قرار می‌گیرند.
ب) نمونه‌های خمشی ریشه و نمونه های تعیین سلامت جوش گلوئی از قسمت زیر جوش روی قالب قرار می‌گیرند.
ج) نمونه‌های خمشی سطحی از قسمت روی جوش بر روی قسمت خالی قالب قرار می‌گیرند.
نمونه‌ها پس از اعمال فشار باید کاملا" به شکل . در آمده باشند. ضمن اینکه فلز جوش و ناحیه متأثر از حرارت باید کاملا" در مرکز قالب قرار گرفته و پس از انجام آزمایش خمش میان قسمت خمیده قرار بگیرند.

آزمایش کشش نمونه فلز جوش

آزمایش کشش بر اساس . . . . انجام می شود.

آزمایشات غیرمخرب

۱- بازرسی چشمی
۲- آزمایش ذرات مغناطیسی برای تشخیص ترک
۳- آزمایش مایعات نافذ برای تشخیص ترک‌های سطحی
۴- آزمایش رادیوگرافی
۵- اولتراسونیک

مرحله سوم: ارزیابی نتایج

نتایج قابل قبول آزمایشات

نتایج حاصل از آزمایشات با معیار پذیرش مربوطه در استاندارد مقایسه شده و در صورت تأئید و قابل قبول بودن، نتایج قابل درج در .. . می باشند.

مرحله چهارم: ثبت و تأئید نتایج

پس از تعیین نتایج آزمایشات، مشخصات فرآیند تهیه نمونه و نتایج آزمایش‌های تعیین کیفیت باید در فرم خاصی با عنوان گزارش کیفیت روش جوشکاری .. . ثبت شده و پس از مطالعه نتایج آزمایشات، مورد تأئید قرار گیرد.
فرم .. . عموماً دو صفحه ای است. در صفحه اول .. .، اطلاعات و پارامترهای لازم برای انجام فرآیند جوشکاری ذکر می شود که نحوه تنظیم آن همانند نحوه تنظیم فرم . . . است. به عبارت دیگر در صفحه اول اطلاعاتی نظیر: روش جوشکاری، طرح اتصال، فلز پایه پرکننده، وضعیت جوشکاری، پیشگرم و ... ذکر می گردد.
در صفحه دوم فرم .. . نتایج آزمایشات کشش، خمش، ضربه و در صورت نیاز دیگر آزمایشات نظیر سختی سنجی، آنالیز شیمیائی و ... درج و تأئید می گردد.
ذکر نام جوشکار نمونه آزمایش در این قسمت الزامیست. مواردی چون شماره پرسنلی و درجه کیفیت کار جوشکار نیز در .. . نوشته می شود. نام تنظیم کننده

آزمایش و شماره گزاش آزمایشات نیز در .. . درج می گردد. تنظیم کننده .. . نهایتا" با ذکر تاریخ گزارش کیفیت روش جوشکاری را امضاء می‌کند.

نکات لازم در نوشتن PQR (در محدودیت متغیرها)

جهت کاهش هزینه و زمان ناشی از آزمایشات تعیین کیفیت لازمست تا محدوده‌ای برای متغیرهای .. . در نظر گرفته شود. بدیهی است تغییر هر یک از متغیرها در خارج از محدوده تعریف شده، منجر به نوشتن .. ،. . . جدید می شود.
بر اساس استاندارد هر تولید کننده موظف به ارائه . . . جهت مشخص کردن روش جوشکاری (. . .) است و هر . . . باید به کمک آزمایش‌های کنترل کیفی (.. .)، تأئیدیه کیفیت دریافت کند. پس هر . . . به یک .. . نیاز دارد. اما با توجه به نکات کد امکان تنظیم یک .. . برای تضمین کیفیت چندین . . . وجود دارد.
در صفحه بعد یک نمونه .. . را مشاهده می نمایید.

Sample of **PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)**

1. Procedure Qualification ☐ or 2. Procedure Verification ☐

COMPANY NAME _____ BY _____

PQR No. _____ DATE _____

PQR REV. No. _____ REV. DATE _____

SUPPORTING WPS Nos. _____

WELDING PROCESS(ES) _____ TYPE _____

Manual, Semi-Automatic, Automatic, Robotic

JOINTS

JOINT TYPE _____

BACKING _____

BACKING MATERIAL (TYPE) _____

GROOVE ANGLE _____

ROOT OPENING RADIUS (U or J) _____

ROOT FACE _____

BACKGOUGING (YES or NO) _____

BACKGOUGING METHOD _____

Sketches, production drawings, welding symbols, or written description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing details of the weld groove may be specified.

Joint Details

BASE METAL(S)

M-No. _____ GROUP No. _____ OR TO M-No. _____ GROUP No. _____

SPECIFICATION TYPE AND GRADE _____

TO SPECIFICATION TYPE AND GRADE _____

THICKNESS RANGE

OF BASE METAL GROOVE _____ FILLET _____

PIPE DIA. RANGE GROOVE _____ FILLET _____

OTHER _____

FILLER METALS

FILLER METAL F-No. _____ OTHER _____

AWS CLASSIFICATION _____ AWS SPECIFICATION _____

WELD METAL ANALYSIS A-No. _____ OTHER _____

FILLER METAL SIZE _____

ELECTRODE-FLUX (CLASS) _____

FLUX TRADE NAME _____

CONSUMABLE INSERT _____

OTHER _____

POSITIONS

POSITION(S) OF GROOVE _____ WELD PROGRESSION _____

POSITION(S) OF FILLET _____

PREHEAT

PREHEAT TEMPERATURE _____ INTERPASS TEMPERATURE _____

POSTWELD HEAT TREATMENT

TEMPERATURE _____ TIME _____

شکل۶-صفحه اول PQR

Sample PQR Form (continued) PQR NUMBER (Page 2) _____

SHIELDING

	SHIELDING	BACKING	TRAILING
GAS(ES)			
COMPOSITION			
FLOW RATE			

FLUX Yes ☐ No ☐ FLUX TYPE / TRADE NAME _____

ELECTRICAL CHARACTERISTICS & WELDING PARAMETERS

CURRENT TYPE AND POLARITY _____ PULSING (YES OR NO) _____
CURRENT (RANGE) _____ VOLTAGE (RANGE) _____
WIRE FEED SPEED (RANGE) _____ TRAVEL SPEED (RANGE) _____
TUNGSTEN ELECTRODE SIZE AND TYPE _____
PULSING PARAMETERS _____
OTHER _____

OTHER VARIABLES

CUP OR NOZZLE SIZE _____ COLLET BODY ☐ or GAS LENS ☐
CLEANING METHOD _____ TECHNIQUE Stringer ☐ or Weave ☐
NUMBER OF ELECTRODES _____ NUMBER OF PASSES PER SIDE _____
OTHER _____

TEST RESULTS

VISUAL TEST RESULTS _____

TENSILE TESTS

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Results				Failure Type and Location
				Yield Load	Yield Strength	Tensile Load	Tensile Strength	

GUIDED BEND TESTS

Type and Figure Number	Results

WELDER'S NAME: _____ ID or SS No. _____

TESTS CONDUCTED BY: _____ LAB TEST No. _____

We the undersigned certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of AWS D18.3.

MANUFACTURER OR CONTRACTOR _____

DATE _____ BY _____ _____
Please Print Signature

شکل۷-صفحه دوم PQR

روش جوشکاری تایید شده(WPS)(Welding Procedure Specification)

بر اساس تعریف استاندارد انجمن جوش آمریکا . . . مستند نگارش شده ای است که روش انجام جوشکاری را به جوشکار یا اپراتور دستگاه‌های جوشکاری، براساس ملزومات استاندارد معرفی می کند. تمامی رویه های جوشکاری باید با استفاده از انجام آزمایشات مکانیکی مطابق با استاندارد، مورد تایید قرار گرفته باشند. در برخی استانداردها مانند ... . تعدادی از رویه های جوشکاری بنام . . ..

(. . ..) معرفی گردیده است که در صورت استفاده از این رویه ها نیازی به انجام آزمایشات خواص مکانیکی نبوده و استاندارد، خود تطابق مکانیکی خواص جوش را با فلزات پایه ذکر شده را تضمین کرده است. در خصوص آزمایشات خواص مکانیکی در قسمت بعد توضیحاتی را ارائه خواهم کرد.

در خصوص تهیه . . .، باید توجه داشت که تنها مهندسان جوش صلاحیت تهیه این مدرک را دارا می باشند. جدای از تصریحاتی که در استانداردهای مرجع در این خصوص ذکر شده، توجه به مواردی چند مشخص می کند که شخصی که اقدام به نگارش این مستند می نماید باید اطلاعات لازم را در خصوص موارد زیر داشته باشد تا توانمندی ارائه دستورالعملی مناسب، جهت جوشکاری را داشته باشد.

۱- اولین مطلبی که نگارنده . . . باید با آن آشنایی کامل داشته باشد مواد و خواص آنها می باشد. در صورتی که شخص نگارنده با متریال مورد نظر، شرایط کاربری و خطرات محتمل در هنگام استفاده آن آشنایی نداشته باشد، امکان تجویز دستورالعمل مناسب جهت جوشکاری را نخواهد داشت.

۲- آشنایی با روش‌های مختلف جوشکاری از دیگر مواردی است که دانستن آن جهت تهیه . . . الزامی است. ممکن است دوستانی در خصوص یک روش جوشکاری اطلاعات مناسبی را دارا باشند ولی عملا تهیه این مستند توسط این نفرات مشکلات خاص خود را خواهد داشت. مشکل بسیار ابتدایی و قابل لمس برای همه ما این است که این فرد عملا بخاطر عدم آشنایی با روشهای مختلف جوشکاری قادر به مکانیزه نمودن عملیات تولید نخواهد بود. در بسیاری از موارد می توان بجای استفاده از روشهای قدیمی، با استفاده از روشهای جدید و مکانیزه سرعت و کیفیت بالاتری را در عمل بدست آورد. در برخی موارد نیز بخاطر حساسیت بالای قطعه و عدم امکان آزمایشات غیر مخرب، باید از روشی استفاده کرد که در خصوص جوش حاصل، درصد اطمینان بالایی را حاصل نماییم.

۳- مطلب بسار حساس و مهم در خصوص طراحی جوش سازه، محاسبه تنش وارد بر جوش و تحمل خستگی می باشد که باید توسط نگارنده این مستند مد نظر قرار گرفته شود و طرح اتصال طوری محاسبه گردد تا کمترین تنش به جوش وارد گردد.

هدف از تنظیم یک . . . مشخص کردن جزئیات فرآیند جوشکاری یک قطعه یا ماده مورد نظر است.

مشخصات سربرگ فرم WPS:

بسته به شرایط کاری هر شرکت این فورمت قابل تغییر است. مطابق با کد . ...، در فرآیندهای مختلف جوشکاری، متغیرهای جوشکاری به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

الف) متغیرهای اساسی (.... ... .)

پارامترهائی هستند که در صورت تغییر آنها در یک . . .، یک .. . جدید باید تدوین و تهیه شود.

ب) متغیرهای غیراساسی (.... .. ..)

پارامترهائی هستند که صرفاً برای اطلاع در . . . قرار می گیرند و در صورت تغییر آنها، احتیاج به انجام آزمایش مجدد و تهیه .. . جدید نمی باشد.

ج) متغیرهای مشروط (....)

پارامترهائی هستند که در صورتی باعث تغییر .. . مربوط به یک .. . می شوند که در مشخصات فنی نسبت به انجام تست ضربه جهت تعیین کیفیت، . .، اشاره شده باشند.

بعنوان مثال می توان به جدول .... .. در استاندارد . . . . اشاره کرد. در این جدول متغییر های اساسی. غیر اساسی و مشروط برای روش جوشکاری دستی ذکر شده است.

مشخصات اولیه یک . . . عبارتست از:

۱- شماره سری مشخصات روش جوشکاری . . . .)

۲- تاریخ تنظیم

۳- شماره بازبینی ها (. . . ..)

۴- تاریخ بازبینی

۵- شماره سری گزارش کیفیت روش جوشکاری (... .. ..)

۶- روش یا روشهای مورد استفاده جهت جوشکاری

نحوه انجام فرآیند جوشکاری (Type)

بعنوان مثال: دستی (. .. . ..)، اتوماتیک، نیمه اتوماتیک، ماشینی می توانند طرق مختلف اعمال یک فرآیند باشند. جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار در صورت استفاده از الکترودهائی با طول محدود و به صورت دستی . .. . .. تلقی می‌شود. روش‌هائی مانند . . .. در صورت جوشکـــاری دستی، نیمه خودکار به حساب می‌آیند و اگر پیک آنها بر روی ماشین قرار گیرد و بطور خودکار حرکت کند، از آنجائیکه انتقال مفتول نیز خودکار بوده فرآیندی ماشینی (. .. .. ..) یا تمام اتوماتیک به حساب می آید.

لازم به تذکر است که ذکر مطالبی چون: نام شرکت یا کارخانه تولیدی، نام مشاور یا ناظر بر جوشکاری، نام قطعه یا عنوان پروژه و نظائر آن نیز باید در همین قسمت از فرم . .. بیایند.

طرح اتصال (Joints)

مشخصات طرح اتصالی که روش جوشکاری برای آن نوشته می شود بر اساس کد (.... ..) می بایست در قسمتی از فرم . . . درج شود. در صورت تمایل و نیاز، فرآیند پخ سازی مورد نظر نیز قابل ذکر است. معمولاً آماده‌سازی شیار یا پخ جوشکاری به یکی از روش‌های برش اکسیژن، استفاده از الکترودهای کربنی، برش قوس پلاسما یا روش‌های مختلف ماشین کاری انجام می شود. بهتر است ماشین‌کاری و سنگ زنی پس از آماده سازی به روشهای دیگر نیز اعمال شوند. در نهایت تمیزکاری شیار یا پخ جوش باعث بهبود کیفیت کار می شود و اشاره بدان در این قسمت از . . . امکان پذیر است.

بهتر است که مشخصات شیار چه بصورت کامل و چه اختصاری نشانگر پارامترهای ذیل باشد:

الف – نوع اتصال جوشکاری

ب – نفوذ جوش و ضخامت قطعه مورد جوشکاری

پ – شکل شیار جوشکاری

پشت بند (Backing)

بنا به صلاحدید طراحی و به منظور مواردی چون جلوگیری از اکسید شدن مذاب شیار جوش، عدم ریزش مذاب از پشت شیار، افزایش یا کاهش سرعت انجماد در پشت جوش، اطمینان از خالی نماندن یا ایجاد زیر برش در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه ای فلزی، جریان گاز یا فلاکس به عنوان پشت بند استفاده می شود. در این قسمت از . . . با تأئید یا عدم تأئید در مورد استفاده از پشت بند اشاره می شود.

فلزات پایه (Base Metals)

ذکر نوع و ترکیب شیمیائی فلز مورد جوشکاری از جمله مهمترین مطالب قابل ذکر در . . . است. عنوان نمودن شماره استاندارد تقسیم بندی، ترکیب شیمیائی یا عملیات حرارتی خاص که قبل از جوشکاری باید روی ورق انجام شود در انتخاب سایر مشخصات فرآیند جوشکاری منجمله پیشگرم، پس گرم، انتخاب الکترود و تکنیک کار دخیل است.

مشخصات فلز پایه معمولا" بر اساس کد .... انتخاب می شود.

عدد مشخصه. Pno

جهت کاهش تعداد فرم‌های .. . و .. . فلزات پایه تحت عددی بنام . تقسیم‌بندی می‌شوند. در صورتی که برای آزمایش کیفیت فولاد تست ضربه لازم باشد تقسیم‌بندی جزئی‌تر شده و .. . . نیز مطرح می‌شود اساس تقسیم‌بندی‌های فوق الذکر ترکیب آلیاژ، جوش‌پذیری و خصوصیات مکانیکی است. لیکن با استناد به عدد . یا ... مشابه نمی توان ادعا کرد که دو آلیاژ از نظر خواص متالورژیکی، عملیات حرارتی پس از جوشکاری، طراحی و برخی خواص مکانیکی

قابل جایگزینی می‌باشند. در صورت نیاز به آزمایش ضربه فلز پایه می‌بایست خصوصیات ویژه‌ای داشته باشد.
در کدهای فوق الذکر ... ... نیز آمده است. در .... .. ذکر شده، در صورتیکه آلیاژ در جداول .... .. موجود نباشد بجای ... .. می توان مشخصات (. ....)، نوع و درجه (. . . . & . .. ..) ترکیب شیمیائی (. ....) یا خصوصیات مکانیکی (.... .. . .) آلیاژ مورد جوشکاری را در . . . قید کرد.

محدودیت ضخامت (Thickness Range)

ضخامـــت مقطـــع مورد جوشکاری در این قسمت ذکر می شود.

سیم جوشها (Filler Metals)

الکترودها می بایست قبل از مصرف خشک شوند. الکترودهای کلاس . . .. نیز به منظور عدم جذب هیدروژن توسط روکش باید کاملا" عایق بسته بندی شوند. درصورت باز شدن روکش عایق این الکترودها لازمست تا قبل از مصرف ۲ ساعت در دمای ۲۳۰-۲۶۰ درجه سلسیوس پیشگرم و خشک شوند.
تمامی الکترودها بهتر است به محض باز شدن بسته بندی و قبل از مصرف در خشک کنی با حداقل ۱۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شوند.
پس از باز شدن درب بسته بندی یا خروج الکترودها از خشک کن الکترودها نباید بیش از زمان مندرج در ستون . از جدول زیر در معرض اتمسفر قرارگیرند.
در صورتیکه الکترودی در محدوده زمانی ستون . در اتمسفر قرار گرفت لازمست تا از نظر جوشکاری، بازبینی ظاهری و خواص دیگری که در .... آمده آزمایش شود.

جدول۱- زمان مجاز در اتمسفر قرار گرفتن الکترودهای کم هیدروژن

. .. .	. .. .	. .. .
. .. ...	. . .. . .	. ...
. .. . ..		
. .. ...	.	.
. .. . ..	. . .. . .	. .. .
. .. . ..	. . .. . .	. .. .
. .. . ..	. . .. . .	. .. .
. .. .	. . ....	. .. .
. .. .	. . ....	. .. .

عدد Fno

. . .. در حقیقت یک تقسیم بندی برای الکترودهاست در کد .... .. از .... طی جداولی بدان اشاره شده که البته در ضمیمه این جزوه آمده است. اساس این تقسیم بندی موارد استفاده، کاهش تعداد . . ، .. . های یک پروژه و مشابهت خصوصیات جوشکاری سیم جوش بوده است.
در جدول زیر چگونگی تقسیم بندی ... .. آلیاژهای مختلف آمده است.

جدول۲- F-No. آلیاژهای مختلف

نوع آلیاژ سیم جوش	.F-No	QW
آلیاژهای فولادی .	۱-۶ .	۱ .۴۳۲ .
آلومینیوم و آلیاژهای پایه .. .	۲۱-۲۴ .	۲ .۴۳۲ .
مس و آلیاژهای پایه .. .	۳۱-۳۷ .	۳ .۴۳۲ .
نیکل و آلیاژهای پایه .. .	۴۱-۴۵ .	۴ .۴۳۲ .
تیتانیوم و آلیاژهای پایه .. .	۵۱ .	۵ .۴۳۲ .
زیرکونیم و آلیاژهای پایه .. .	۶۱ .	۶ .۴۳۲ .
آلیاژهای روکش کاری و سخت کاری سطحی .	۷۱-۷۲ .	۷ .۴۳۲ .

آنالیز فلز جوش یا عدد Ano.

. . .. تنها در مورد آلیاژهای آهنی کاربرد دارد. بر اساس کد .. .. .ابتدا آنالیز جوش در هر فرآیند به روش زیر باید محاسبه شده و سپس بر اساس ... . تشخیص داده شده و در قسمت مربوطه . . . درج گردد.
الف – برای . . ، . . .. ، . . .. یا آزمایشی برای تشخیص آنالیز جوش انجام می شود و یا بر اساس مدرک کیفیت جوش سازنده آنالیز ارائه شده مورد قبول قرار می گیرد. در صورت انجام آزمایش، نمونه باید مشابه آزمایش آنالیز استاندارد سیم جوش صورت پذیرد.
ب – برای .. ، . . .. یا از مشخصات ارائه شده توسط سازنده استفاده می شود. یا اینکه با شرایطی مشابه استاندارد نمونه آنالیز تهیه می شود. در هر دو صورت گاز محافظ باید گاز مورد استفاده در فرآیند باشد.
پ – بـرای . .. نیـز یا از مشخصات سـازنده تحت شرایط استفاده از فلاکس مشابه فرآیند اجرائی استفاده می شود و یا تحت شرایط کاری نمونه آنالیز تهیه می شود.

شماره مشخصات (SFA)

بیش از بیست شماره مشخصات سیم جوش توسط .... تعیین شده است. این تقسیم‌بندی در ... . با یک پیشوند .. همراه است. در جدول زیرشماره مشخصات اقسام سیم جوش‌ها بر اساس کد بندی . . . آمده است:

جدول۳- شماره مشخصات خانواده‌های مختلف سیم جوش

شماره مشخصات	نوع سیم جوش
... .. .	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس فولاد معمولی .
... .. .	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیومی
... .. .	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد زنگ نزن کرومدار و کروم نیکل .
... .. .	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد کم آلیاژ ویژه جوشکاری قوس .
... .. .	مشخصات الکترودهای روپوشدار مس و آلیاژهای آن .
... .. .	مشخصات سیم جوش و الکترودهای سخت مس و آلیاژهای آن .
... .. .	مشخصات سیم جوش لحیم کاری (. ... ...) .
... .. .	مشخصات سیم جوش لخت فولاد زنگ نزن کرومدار و کرومی نیکلی همچنین سیم جوش‌ها و الکترودهای لایه لایه، کامپوزیت و توپر .
....	مشخصات سیم جوش و الکترود لخت برای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن .
....	مشخصات الکترودهای روکش دار نیکل و آلیاژهای آن .
....	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری .. . .
....	مشخصات الکترودهای روکش دادن سطحی .
....	مشخصات سیم جوش و الکترودهای لخت نیکل و آلیاژهای آن .
....	مشخصات سیم جوشها و الکترودهای روکش دار جوشکاری چدن .
....	مشخصات سیم جوش و الکترودهای تیتانیوم و آلیاژهای آن .
....	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کربنی و فلاکس برای .. . .
....	مشخصات الکترودهای فولاد معمولی ویژه . . . . .
....	مشخصات سیم جوش و الکترودهای لخت آلیاژهای منیزیم .
....	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد معمولی ویژه جوشکاری قوس .
....	مشخصات الکترودها و سیم جوش‌های روکش کردن کامپوزیت .
....	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد زنگ نزن کرومدار و کروم نیکل .
....	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کم آلیاژی و فلاکس برای .. . .
....	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری زیرکونیم و آلیاژهای آن .

معمولا" سازندگان الکترودهای جوشکاری شماره مشخصات (.... . ...) ارائه می‌کنند در غیر اینصورت با استفاده از جدول ۳ این قسمت تکمیل می شود. در صورت عدم وجود ... می توان نام تجاری الکترود را در این قسمت ذکر کرد.

شماره کلاس و استاندارد ASM الکترود ([AWS No. Class]):

استانداردهای گوناگونی برای نام گذاری الکترودها وجود دارد مانند: . .،. .،. ...، . . .، ...، ... برای الکترودهای روکش دار کلاس ... .. جوشکاری با قوس الکتریکی نامگذاری به روش . . . ابتدا باحرف . به معنای الکترود آغاز می شود، دو عدد اول پس از . نشان دهنده استحکام کششی فلزجوش الکترود بر حسب ... می باشد. .. . . .، .. . . .، .. . . .، .. . . .، .. . . . .، .. . . . .، اولین عددی که پس از دو رقم استحکام می آید نشان دهنده وضعیت جوشکاری قابل اجرا با این نوع الکترود است:

الف – . ... :. جوشکاری در چهار وضعیت (..، .، .، .) امکان پذیر است.

ب – . ... :. جوشکاری در وضعیتهای تخت واقعی (.، .) امکان پذیر است.

پ – . ... :. جوشکاری فقط در حالت تخت (.) امکان پذیر است.

آخرین عددی که در نامگذاری الکترود به روش . . . می آید از ۸ -۰ متغیر است و نشان دهنده کلاس روپوش الکترود، نوع برق و سایر خصوصیات گروه جوش می‌باشد.

در مورد الکترود یا سیم جوش کلاس ... .. فولادهای زنگ نزن نام استاندارد آمریکائی (. .. .) فولاد زنگ نزنی که آنالیز مشابه با ترکیب سیم جوش یا الکترود دارد. پس از حرف (.) (در مورد جوشکاری قوس) آورده می شود. به عنوان مثال ... . یا . . . . یا . . . . سیم جوش‌های ویژه جوشکاری با فرآیندهای ... بجای حرف . با . آغاز می‌شوند مانند . . .. که سیم جوش فولاد زنگ‌نزن باترکیب آلیاژ فولاد . . .. است.

به منظور فراگیری نحوه نامگذاری سایر کلاس‌های الکترودهای فرآیند . . ..، . . ..، . . .، ... لازمست تا به استاندارد ... . مراجعه شود.

سایز الکترود (Size of Electrode):

برای انجام با صرفه‌ترین جوش انتخاب اندازه الکترود قطر میله مغزی) باندازه انتخاب نوع الکترود اهمیت دارد. در انتخاب اندازه الکترود موارد زیر مورد توجه قرار می گیرند: طرح اتصال، ضخامت لایه های جوش، حالت جوشکاری، حرارت قابل تحمل توسط قطعه و مهارت جوشکار.

تعداد لایه ها یا پاس‌هائی که جوش احتیاج دارد بطور عمده بستگی به طرح اتصال، اندازه الکترود، ضخامت فلز پایه، حالت جوشکاری دارد. اندازه مناسب الکترود برای مصرف در جوش‌های مختلف برای اتصالات و حالات جوشکاری مختلف ذیلا" بیان شده است:

الف – برای جوش لوله یا سایر اتصالاتی که احتیاج به ذوب خوب در ریشه دارد و امکان جوشکاری از پشت جوش نیست، حداکثر الکترود به قطر ۳. ۲۵ تا ۴ میلی‌متر برای پاس اول پیشنهاد می‌شود. برای جوشکاری پاس‌های دیگر در تمام حالات الکترودهای قطر ۴ تا ۵ میلی‌متر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بـــرای جوشکاری در حالت تخت از الکترودهای با قطر بالای ۵ میلی‌متر نیز استفاده

می‌شود. در لوله های قطر کم پاس اول با الکترود قطر ۲. ۵ و سایر پاس‌ها با الکترودهای قطر ۴، ۳. ۲۵ قابل جوشکاری است.
ب – در جوشکاری اتصالات . شکل یا جناغی یک طرفه که دارای تسمه های در پشت اتصال می باشند در حالت تخت برای پاس اول می توان از الکترود قطر ۵ و برای پاس‌های دیگر از الکترود بزرگتر استفاده کرد.
پ – برای جوشکاری گوشه‌ای در حالت تخت و سربه سر غیر تخت الکترود ۵ میلی‌متری حداکثر قطری است که عملا" مصـــرف مـــی شود و در این حالت نیز اغلب پاس اول با الکترود قطر ۴ میلی‌متر جوشکاری می شود.
ت – در مورد الکترودهائی که با روکش کم هیدروژن اندازه معمول برای جوشکاری عمودی و بالا سر قطرهای ۴، ۳. ۲۵ میلی‌متر و برای جوشکاری تخت و افقی قطر ۵ یا بزرگتر می باشد.

وضعیت جوشکاری (Position)

بر اساس کد .... قطعات مورد جوشکاری در یکی از چهار وضعیت زیر قرار دارند.
الف: تخت (....)
ب: افقی (... . ...)
پ: عمودی (..... ...)
ت: بالای سر (. .. ..)

جدول۴- کد اختصاری وضعیت‌های جوشکاری

جوشکاری شیاری ورق .		جوشکاری شیاری لوله		جوشکاری گوشه‌ای ورق .		جوشکاری گوشه ای لوله	
وضعیت .	علامت	وضعیت .	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت .	علامت
تخت .	۱ . .	چرخش افقی لوله .	۱ . .	تخت .	۱ . .	لوله مورب با چرخش .	۱ . .
افقی .	۲ . .	لوله در حالت عمودی .	۲ . .	افقی .	۲ . .	لوله ثابت عمودی .	۲ . .
عمودی .	۳ . .	لوله افقی ثابت .	۵ . .	عمودی	۳ . .	لوله افقی با چرخش .	۲ .. .
بالای سر	۴ . .	لوله مورب ثابت .	۶ . .	بالای سر .	۴ . .	لوله عمودی جوش بالای سر	۴ . .
.	.	.	.	.	.	لوله افقی ثابت (تمامی حالات) .	۵ . .

وضعیت شیار (Position of Groove)

با استفاده از علامت های اختصاری دو ستون سمت راست جدولبالاوضعیت شیار مشخص می شود. در مورد جوشکاری ورق و لوله علامت‌ها متفاوتند.

پیشگرم (Preheat):

معمولا" برای جلوگیری از ترکیدگی، پیچیدگی و پیدایش فازهای ناخواسته و ... قبل از جوشکاری، قطعه پیشگرم می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری، کنترل دمای بین پاسی از نظر بالاتر نرفتن از یک حد مجاز و عدم تنزل به کمتر از دمای پیشگرم باید انجام پذیرد. این عمل معمولا" بوسیله گچ های حرارتی صورت می پذیرد. بنا به تغییر رنگ یا ذوب شدن گچ های حرارتی در درجه حرارت خاص دمای قطعه قابل کنترل خواهد بود.

بجز فرآیندهای جوشکاری، (. .. ..) .. ، .. . حداقل دمای پیشگرم و حداکثر درجه حرارت بین پاسی می بایست بر اساس .... .. و با توجه به ضخامت ورق مربوطه تعیین شوند.

عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدائی) (Postweld Heat Treatment):

از آنجائیکه رایج ترین حالت عملیات حرارتی تنش زدائی پس از جوشکاری است معمولا" درجه حرارت مربوط به تنش زدائی جوش نوشته می شود.

زمان نگهداری (Time Renge)

زمان لازم جهت تنش زدائی بسته به هر اینچ ضخامت قطعه تغییر می کند. معمولا" در مورد فولادهای کونچ تمپر، درجه حرارت کمتر از دیگر فولادها اختیار می شود لذا باید زمان تنش زدائی افزایش یابد.

نوع گاز محافظ (Shielding Gases)

به عنوان مثال گازهای .... ، .. . یا مخلوط این دو (.. .. ..)، نیتروژن و در صورتیکه برای محافظت حوضچه مذاب از اتمسفر استفاده شوند در این قسمت قید می شود. ممکن است در فرآیندهای جوشکاری با الکترود توپودری یا حتی الکترود روپوش دار نیز از گازی خنثی استفاده شود. مانند دمیدن گاز در پشت شیار جوش، در چنین مواردی نیز قید نام گاز مورد نظر در این قسمت لازمست.

در فرآیندهای جوشکاری با سوخت گازی (...) یا ... ... در این قسمت سوخت مورد مصرف قید می شودف بعنوان مثال: اکسیژن، اکسی استیلن، بوتان یا مخلوط اکسیژن و اکسی استیلن.

(* مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristic)

تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شـــده بر واحد طول جوش باعث تغییر کیفیت جوش می شوند و میزان گرمای وارده از رابطه محاسبه می شود:

... ...

همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکترود، متناسب است. در قسمت‌های ۴۴ تا ۴۸ از . . نمونه (۱) مشخصات الکتریکی بر اساس کد (. ... ..) آمده است.

نوع جریان مستقیم یا متناوب (Current AC or DC)

برخی الکترودها با جریان ..، .. بهتر کار می کنند. در صورت استفاده از جریان .. نشان دادن قطبیت جریان نیز لازمست.

برای انتخاب جریان .. یا .. در برگه مشخصات سازنده الکترود توصیه هائی آمده است. شروع قوس با .. مشکل تر است و معمولا" در فرآیندهائی که شروع قوس مشکلی ندارد (مانند . .) استفاده می شود.

قطبیت (Polarity)

در صورت انتخاب جریان .. اتصال الکترود به قطب مثبت یا منفی می تواند بر درجه حرارت ایجاد شده در قوس و عمق نفوذ جوش تأثیر بگذارد. معمولا" با اتصال الکترود به قطب مثبت عمق نفوذ افزایش می یابد. قطبیت با علامتهای اختصاری زیر نشان داده می شود.

الف – اتصال الکترود به قطب مثبت در جریان مستقیم .. ..

ب - اتصال الکترود به قطب منفی در جریان مستقیم . . ..=.. ....

بر اساس قرارداد . . .. پلاریته مستقیم و . . .. پلارتیه معکوس قلمداد می‌شوند.

تکنیک و روش کار: (Technique)

نکات تکنیکی روش جوشکاری باتوجه به کد .... بیان می شوند.

گرده زنجیری یا موجی (String or Weave Bead)

در این قسمت شکل گرده موردنظر ذکر می شود. در مواردی که گرده های نازک کافی بوده و یا کمترین حرارت وارد به قطعه لازمست، از گرده های زنجیر استفاده می شود زیرا سرعت حرکت دست در این تکنیک بیشتر است. گرده های موجی به اشکال گردشی و هلالی اجرا می شوند.

سایر کلاهک، نازل یا سوراخ عبور گاز (Orifice or Gas Cup Size)

در فرآیندهای جوشکاری با گاز محافظ اشاره به موارد فوق لازم است.

تمیزکاری اولیه و بین پاسی (برس زدن، سنگ زدن و غیره)

((..... & . . ..، . . ..، ...)

تمیز کردن سطح قبل از انجام جوشکاری مانند زدودن زنگارها، چربی‌ها و کثیفی‌های قطعه باعث افزایش کاهش کیفیت جوش می شود. همچنین در حین

عملیات جوشکاری چند پاسی و در اتمام کار. تمیزکردن سطح اعم از پاک کردن سرباره حاصله و غیره باعث کاهش و حذف عیوب جوش نظیر سرباره محفوظ در مذاب و آخال و غیره خواهد شد.
روش‌های اعمالی معمولا" برس زدن، استفاده از اسکنه و چکش، سنگ زدن، استفاده از فرز انگشتی و ... است.

روش برداشتن پشت جوش (Method of Back Gouging)

در صورت نیاز به جوشکاری از پشت جوش لازمست تا ابتدا پشت اولین پاس توسط یکی از روش‌های زیر برداشته شود:
الف – قوس حاصل از الکترود کربنی (. .. . .)
ب - برداشتن بوسیله شعله اکسی استیلن (. .. . .)
پ - سنگ زدن یا تراشکاری . .. .

جوش تک پاسی یا چند پاسی در هر طرف (Multiple or Single Pass (Per Side

در صورتیکه هر طرف از طرح پخ نیاز به یک یا چند پاس جوش داشته باشد در این قسمت مطرح می شود. عنوان تک یا پند پاس در این قسمت کافیست.

سرعت حرکت (Travel Speed)

این فاکتور مخصوصا" درجوشکاریهای اتوماتیک اهمیت فراوان دارد و عامل تعیین کننده میزان حرارت وارد به قطعه است. در فرآیندهای دستی ذکر سرعت کم، متوسط یا زیاد کافیست. اما در مورد دستگاه ههای خودکار سرعت حرکت با دیمانسیون (.. .) بیان می شود.

مسائل دیگر (Other)

در این قسمت بسته به فرآیند جوشکاری به مسائل مختلفی از این قرار می توان اشاره کرد که ممکن است بعضا" در مورد یک فرآیند ذکر آن الزامی و در مورد فرآیند دیگر نادیدنی باشد.
الف – ماهیت شعله از نظر خنثی یا اکسید یا قلیائی بودن در فرآیندهای ...
ب - روش حرکت شعله در فرآیندهای ... به صورت ....
پ - تغییر در زاویه گان در فرآیند . . .
ت - فاصله مابین الکترودها در فرآیند . . . .
ث - نیاز به تناوب عملیات جوشکاری از یک سمت به پخ سمت دیگر برای جلوگیری از پیچیدگی
ج - لزوم استفاده از روش‌های دستی و خودکار به طور متناوب و نحوه تغییرات در استفاده
چ - لزوم استفاده از کوبش یا چکش کاری جوش به منظور تنش زدائی
در صفحه بعد یک نونه . . .را مشاهده می کنید.

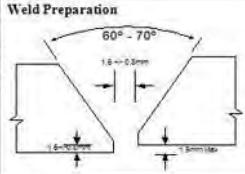
Welding Procedure Specification

Client:	Mobil	Project:	221010Goatee	REF No.	WPS 6 R1
Procedure Description:	12" Heavy Wall Offshore Tie-in				0290/1/WPS5
Material:	AS3679.1 Grade 250API 5L X65	Diameter:	168.3	Thickness:	18.3
Position:	6G	Clamp Type:	Internal		
Preheat °C (Min):	100	Interpass °C (Max):	300		

	ROOT	HOT PASS	FILL & CAP
Welding Process	SMAW	SMAW	SMAW
Welding Direction	Vertical Down	Vertical Down	Vertical Down
Filler	Lincoln SA70+	Lincoln SA70+	Bohler BVD90M
Polarity	DC +ve	DC +ve	DC +ve
Shielding Gas	N/A	N/A	N/A
Purge Gas	N/A	N/A	N/A

Pass No	Filler Size (mm)	Amps	Volts	Speed (mm/sec)	Heat Input (kJ/mm)
1	3.2mm	70-130	18-33	3.3-6.6	0.4-0.8
2	4.0mm	110-210	18-35	2.9-6.8	0.6-1.3
FILL	4.0mm	145-260	16-27	1.6-7.0	0.6-2.2
CAP	4.0mm	130-230	16-26	1.8-5.3	0.6-1.7

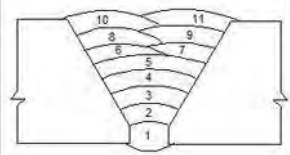
Weld Preparation



NOTES

1. API Std 1104BP3094-SP-PL-3010R1
2. Clamp removal stage : **100% completion of root (external clamp may be used in the event of a breakdown – removed after 50% minimum completion of the root.)**
3. Time lapse between root and second pass : **16 Minutes**
4. Time lapse between second pass and 1st fill : **12 Minutes**
5. Minimum number of passes before pipe movement : **2 passes**
6. Minimum number of passes before break in welding : **3 passes**
7. Minimum Number of welders- **Root & second pass: 2 , Fill & Cap : 1**
8. Method of cleaning : **Grinder / Wire brush**
9. Method of Preheat : **Gas Torch**
10. Qualification reference number : **48280/PP/WP6 R1**

Pass Location



Company Welding Engineer Approved ..... **Approved for Client** .....

شکل ۸-**WPS**

تحقیق کنید

WPSچیست و چه کاربردی در جوشکاری دارد؟

کار عملی

قطعه کار که جوش شیاری (سر به سر)داده اید را بررسی کنید چه عیوبی ابعادی در آن قابل مشاهده است

پس از بررسی جوش عیوبی چون تحدب گرده جوش، تقعر گرده جوش تحدب ریشه جوش، تقعر ریشه جوش و عدم همترازی را در صورت وجود می توان مشاهده نمود.

بحث کلاسی

جهت رفع عیب کناره چه کاری باید انجام داد. ؟
جواب: می توان یکخط نازک جوش بروی عیب کناره ایجاد کرد تا آن را بپوشاند.

کار در کلاس

قطعه کار هایی که جوش شیاری (سر به سر) و سپری داده شده است را بررسی کنید چه عیوب ناپیوستگی ظاهری در آنها قابل مشاهده است.

قطعه کاری را ازقبل آماده کنید و در اختیار هنرجویان قرار دهید پس از بررسی جوش، عیوبی چون سر رفتگی جوش، نفوذ ناقص، عدم ذوب، لکه قوس، چاله جوش و پاشش و جرقه را در صورت وجود می توان مشاهده نمود.

فکر کنید

به نظر شما برای جلوگیری ار ایجاد تخلخل در جوش چه کاری باید انجام داد؟
جواب: تمیز کردن سطح جوش کاری از چربی و رطوبت و انجام جوشکاری بطوری که کمترین قطع جریان جوشکاری را داشته باشیم.

فکر کنید

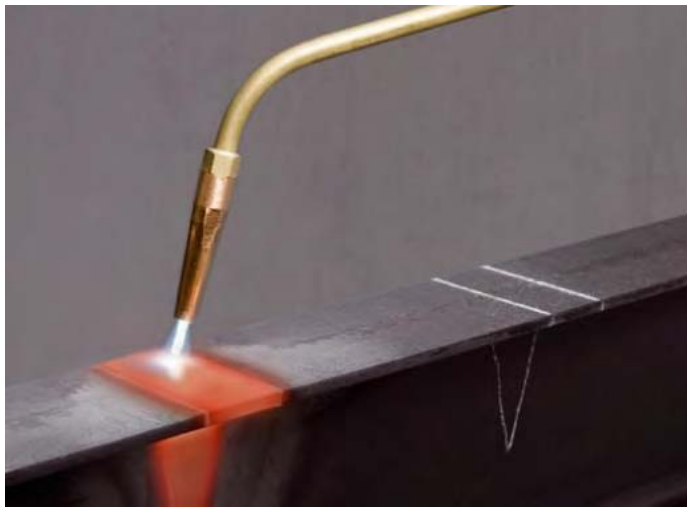
به نظر شما برای جلوگیری ار ایجاد آخل سرباره در جوش چه کاری باید انجام داد؟
جواب: تمیز کردن سطح جوشکاری از هر جسم خارجی و زدودن تمامی سرباره ها قبل از شروع هر پاس جوش.

تحقیق کنید

درباره دلیل ایجاد ترک در جوش تحقیق کنید.

هرگاه تنش های انقباضی ناشی از سرد شدن جوش بیشتر از تنش تحمل قطعه در آن درجه حرارت باشد، شکست اتفاق می افتد. این موضوع در تمام دماها (از لحظه انجماد تا پایان سرد شدن و حتی مدتی پس از سرد شدن) در هنگام بارگذاری امکان پذیر است.

واحد یادگیری ۲: روش‌های پیش‌گیری از عیوب جوش



زمان آموزش	جمع: ۳۰ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

-شایستگی های فنی:

۱- روش های پیش گیری از ترک گرم و سرد را بیاموزند.
۲- روش های عملیات حرارتی پیش گرمایش پس گرمایش را بیاموزد.
۳-روش های جلوگیری از پیچیدگی در جوش کاری را بیاموزد.
۴-روش های رفع پیچیدگی پس از جوش کاری را بیاموزد.

-شایستگی های غیر فنی:

۱-در محیط کارگاه وکلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲-رعایت تمام نکات ایمنی قبل و در حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرار گیرد.

دانش افزایی

روش‌های پیشگیری از عیوب جوش:

روش‌های پیشگیری از ترک گرم

۱. پیش گرم کردن به منظور کاهش تنش‌های انقباضی جوش .
۲. به کار بردن گاز محافظ پاکیزه و غیر آلوده در جوشکاری با گاز .
۳. افزایش مساحت سطح مقطع گرده جوش .
۴. تغییر طرح و شکل گرده جوش .
۵. استفاده از فلز مبنایی که دارای حداقل عناصر ایجاد ترک گرم هستند .
۶. در جوشکاری فولادها، استفاده از فلزات پرکربن که دارای مقدار منگنز بالا نیز هستند.

روش‌های پیشگیری از به وجود آمدن ترک سرد .

۱. استفاده از پیش گرم کردن که باعث کاهش نرخ سرد شدن می‌شود.
۲. استفاده از پس گرم که این مورد هم باعث کاهش نرخ سرد شدن می‌شود و هم فرصت لازم را برای خروج گاز هیدروژن فراهم می‌آورد.
۳. انتخاب فولاد مناسب که قابلیت سختی‌پذیری کمتری داشته باشد.
۴. برطرف کردن موارد و عناصری که باعث تولید هیدروژن می‌شوند مثلاً رطوبت و روغن.
۵. استفاده کردن از الکترودهای کم هیدروژن.

عملیات حرارتی

عملیات حرارتی در جوش به دو گروه عمده تقسیم میشود:

۱- عملیات حرارتی پیشگرم .. ..

۲- عملیات حرارتی پسگرم . . . . . .

عملیات پیشگرم

عملیات پیشگرم عبارتست از حرارت دادن قطعه به منظور بالا بردن دمای قطعه قبل از عملیات جوشکاری. به معنای دیگر قطعات را قبل از جوشکاری تا درجه حرارت معینی حرارت می‌دهند و بلا فاصله بعد از رسیدن قطعه کار به آن درجه حرارت، جوشکاری را آغاز می‌کنیم. به طور کلی به هر عملیاتی که قبل از جوشکاری به منظور بهبود خواص جوش صورت پذیرد پیش گرمایش گویند. این عامل ممکن است به دو صورت حرارت به کل فلز پایه و یا قسمتی از آن انجام گیرد تا آنکه منطقه مورد نظر به دمای مناسب جهت شروع عملیات حرارتی برسد به این دما دمای پیش گرمایش گفته می شود.

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

پیش گرمایش به منظور جلوگیری از اختلاف دما وسرد شدن فلز جوش قبل از جوشکاری است و در فلز پایه ایجاد یک فاز متعادل را به همراه دارد این امر یکی از مهمترین عامل ها در پیشگرم کردن فلز پایه است، پیش گرمایش برای رسیدن به اهداف زیر صورت می گیرد:

۱. کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه
۲. جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش درمنطقه جوش .
۳. جلوگیری از تمرکز و ترک های ناشی از وجود هیدروژن
۴. امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه .
۵. پاکسازی رطوبت موجود در فلز پایه .
۶. کنترل ساختار ... .

کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه

خیلی اوقات ما عملیات پیش گرمایش را انجام می دهیم و پس از اینکه یک پاس جوشکاری کردیم ممکن است که قطعه دمایش بیافتد، باید برای جلوگیری از این موضوع همواره درجه حرارت بین پاسی را کنترل کنیم. برای جوش‌های چند پاسه جهت یکسان بودن خواص مکانیکی و شرایط برای کلیه پاس‌ها درجه حرارت بین پاسی باید کنترل شود.

درجه حرارت بین پاسی و درجه حرارت پیش گرم معمولا یکسان بوده و به جنس و ضخامت قطعه و حرارت داده شده بوسیله پروسه جوشکاری بستگی دارد. افزایش درصد کربن و عناصر آلیاژی و ضخامت قطعه باعث افزایش درجه حرارت بین پاسی می شود.

جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش درمنطقه جوش

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

جلوگیری از تمرکز و ترک های ناشی از وجود هیدروژن

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

امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه

با فرصتی که در ابتدای پیش گرم به هیدروژن داده میشود کم کم به سطح قطعه نزدیک شده و ازآن خارج می شود.

.

پاکسازی رطوبت موجود در فلز پایه

این فاکتور هم همانند عوامل قبل با ایجاد فضا برای هیدروژن موجود به دست می‌آید.

.

کنترل ساختار منطقه متاثر از جوش (HAZ)

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

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

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

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

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

.

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

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

.

عملیات پس گرمایش

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

عملیات حرارتی پس گرم نیز به نوبه خود نقش موثری در جریان جوشکاری و بعد از آن ایفا می کنند که با در نظر گرفتنش می توان به اهمیت آن در چرخه عملیات حرارتی پی برد چرا که کاستی در انجام آن ممکن است خطر آفرین باشد. .

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

۱-کنترل سرد شدن قطعه .
۲- کنترل میزان نفوذ هیدروژن در قطعه جوشکاری شده .
۳- کاهش تنش های حرارتی .
۴- تقلیل حرارت فروکش برای قطعات ضخیم و فلزات با هدایت حرارتی بالا .
۵- جلوگیری از تشکیل ترک سرد .
۶- افزایش تافنس فلز جوش .
۷-کاهش تنش پسماند .
۸- تولید ساختار میکروسکپی خاص .
۹- بهبود مقاومت در مقابل خوردگی .
۱۰-امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در جوش .
۱۱- کاهش حرارت ورودی به قطعه .
۱۲-کاهش نرخ سرد شدن .
۱۴-پاکسازی رطوبت موجود در سطح قطعه کار .

پس گرمایش و حذف ترک ناشی از هیدروژن

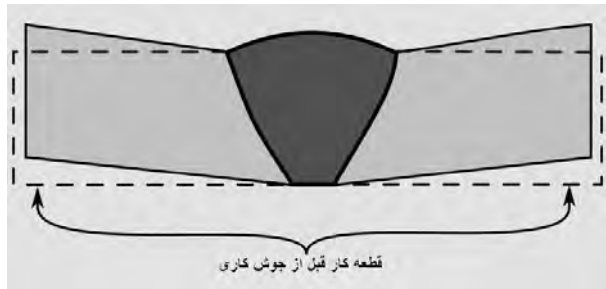
یکی از اهداف مهم پس گرمایش به حداقل رساندن پتانسیل ترک ناشی از هیدروژن می باشد.

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

.

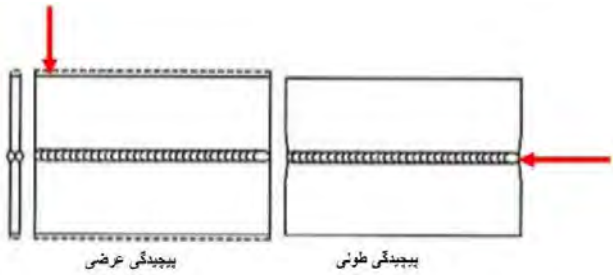
پیچیدگی(Distortion)

پیچیدگی و تغییر ابعاد یکی ازمشکلاتی است که بوسیله طراحی اشتباه و تکنیک نامناسب عملیات جوشکاری ایجاد میشود. در حین عملیات جوشکاری به دلیل عدم فرصت کافی برای توزیع یکنواخت بار حرارتی داده شده به موضع جوش و سرد شدن سریع محل جوش انقباضی که میبایست در تمام قطعه پخش میشد به ناچار در همان محدوده خلاصه میشود و این انقباض اگر در محلی باشد که از نظر هندسی قطعه زاویه دار باشد منجر به اعوجاج زاویه‌ای .. .. میشود. در نظر بگیرید تغییر زاویه ای هرچند کوچک در قطعات بزرگ و طویل چه ایراد اساسی در قطعه نهایی ایجاد می کند.



شکل۹-پیچیدگی زاویه ای

حال اگر خط جوش در راستای طولی و یا عرضی قطعه باشد اعوجاج طولی و عرضی .. . . نمایان می‌شود. اعوجاج طولی و عرضی همان کاهش طول قطعه نهایی قطعه می‌باشد. این موارد هم بسیار حساس و مهم هستند.



شکل ۱۰-پیچیدگی طولی وعرضی

نوع دیگری از اعوجاج تاول زدن یا طبله کردن و یا قپه . . . .) میباشد. ذکر یکی از تجربیات در این زمینه شاید مفید باشد. قطعه‌ای به طول ۲۰ متر آماده ارسال برای نصب بود که بنا به خواسته ناظر می‌بایست چند پاس دیگر در تمام طول قطعه جوش داده می‌شد. تا ساق جوش ۲-۳میلی‌متر بیشتر شود. بعد از انجام اینکارکاهش ۲۷میلی‌متری در قطعه بوجود آمد. واین یعنی فاجعه. چون اصلاح کاهش طول معمولا امکان پذیر نیست و اگر هم با روش‌های کارگاهی کلکی سوار کنیم تنها هندسه شکل رااصلاح کرده ایم و چه بسا حین استفاده از قطعه آن وصله‌کاری توان تحمل بارهای وارده را نداشته باشد و ایرادات بعدی نمایان شود. بهترین راه برای رفع این ایراد جلوگیری ازبروز . ... است. و (طراح یا سرپرست جوشکاری خوب) کسی که بتواند پیچیدگی قطعه را قبل از جوش حدس بزند و راه جلوگیری از آن راهم پیشنهاد بدهد.

بعضی راهکارهای مقابله با اعوجاج:

۱- اندازه ابعاد را کمی بزرگتر انتخاب کرده و بگذاریم هر چقدر که می‌خواهد در ضمن عملیات تغییر ابعاد و پیچیدگی در آن ایجاد شود. پس از خاتمه جوشکاری عملیات خاص نظیر ماشین‌کاری ... حرارت دادن موضعی و یا پرسکاری برای برطرف کردن تاب برداشتن و تصحیح ابعاد انجام می‌گیرد.
۲- حین طراحی و ساخت قطعه با تدابیر خاصی اعوجاج را خنثی کنیم.
۳- از تعداد جوش کمتر با اندازه کوچکتر برای بدست آوردن استحکام مورد نیاز استفاده شود.
۴- تشدید حرارت و تمرکز آن بر حوزه جوش در این‌صورت نفوذ بهتری داریم و نیازی به جوش اضافه نیست.
۵- ازدیاد سرعت جوشکاری که باعث کمتر حرارت دیدن قطعه می‌شود.
۶- در صورت امکان بالا بردن ضخامت چرا که در قطعات با ضخامت کم اعوجاج بیشتری ایجاد می شود.

۷- تا حد امکان انجام جوش در دو طرف کار حول محور خنثی انجام گیرد.
۸- طرح مناسب لبه مورد اتصال که اگر صحیح طراحی شده باشد می‌تواند مصالح جوش را در اطراف محور خنثی پخش کند و تاحد زیادی از میزان اعوجاج بکاهد.
۹- بکار بردن گیره و بست و نگهدارنده باری مهار کردن انبساط و انقباض ناخواسته در قطعه .

.

عوامل مهم بوجود آمدن اعوجاج:

۱- حرارت داده شده موضعی و شدت منبع حرارتی و روشی که این حرارت به کار رفته و همچنین نحوه سرد شدن
۲- درجه آزادی یا ممانعت بکار رفته برای جلوگیری از تغییرات انبساطی و انقباظی. این ممانعت ممکن است در طرح قطعه وجود داشته باشد و یا از طریق مکانیکی (گیره یا بست یا نگهدارنده و خال‌جوش)اعمال شود.
۳- تنش های پسماند قبلی در قطعات و اجزا مورد جوش گاهی اوقات موجب تشدید تنش‌های ناشی از جوشکاری شود.
۴- خواص فلز قطعه کار: واضح است که در شرایط مساوی طرح اتصال(هندسه جوش) و جوشکاری مواردی مانندمیزان حرارت جذب شده در منطقه جوش و چگونگی نرخ انتقال حرارت و ضریب انبساط حرارتی و قابلیت تغییر فرم پذیری و استحکام و بعضی خواص دیگر فلز مورد جوش تاثیر قابل توجهی در میزان تاب برداشتن دارد. مثلا در قطعات فولاد آستنیتی زنگ نزن مشکل پیچیدگی به مراتب بیشتر از فولاد کم کربن معمولی میباشد .

تحقیق کنید

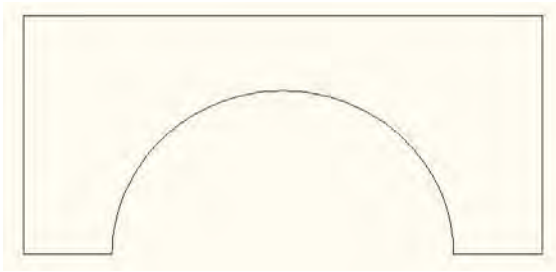
در صنعت کشتی سازی پیش گرما و پس گرما در چه زمانی انجام و به چه دلیلی انجام می شود؟

برای جوشکاری ورق‌های ضخیم (بالای ۲۵ میلی‌متر) در دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیاز به پیش گرما یش ورق های فلزی است و پس از اتمام جوشکاری قبل از سرد شدن ناگهانی پس گرمایش انجام می دهند.

تحقیق کنید

معمولا مهار در جوش شیاری به چه شکل است و ضخامت آنها چقدر در نظر گرفته می شود؟

مهارها معمولا به شکل زیر است و ضخامت آنها به اندازه ضخامت ورق در نظر می‌گیرند و در فواصل ۱ متری از هم قرار می گیرند.



شکل ۱۱

تحقیق کنید

در جوشکاری شیاری ورق های فلزی بزرگ در صنعت در صورت ایجاد پیچیدگی زاویه‌ای برای رفع آن چه کار باید انجام داد؟

اگر در جوشکاری ورق‌های بزرگ پیچیدگی زاویه ای ایجاد شود برای رفع آن فلز جوش را از ریشه به اندازه کافی توسط دستگاه سنگ زنی یا الکترود گوج برداشته و دوباره جوشکاری می‌کنند.

واحد یادگیری۳: آزمایش های جوش

زمان آموزش	جمع: ۲۵ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

-شایستگی های فنی:

۱- روش‌های آزمایش مخرب جوش را فرا گیرد.
۲- آزمایش چشمی جوش را انجام دهد و کار با دستگاه‌های آزمایش چشمی را فرا گیرد.
۳-آزمایش مایع نافذ را انجام دهد.
۴- آزمایش‌های ذرات مغناطیسی، التراسونیک و رادیوگرافی فرا گیرد.

-شایستگی های غیر فنی:

۱-در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲-رعایت تمام نکات ایمنی قبل و در حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرار گیرد.

دانش افزایی

تست چشمی(VT)

در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت جوش ازتست چشمی(..) نیز گفته می شود به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی فنی جوش، استفاده می شود. اگر آزمون چشمی در جوشکاری و اتصالات جوشی بطور مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد. بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی جوش، بازرسی چشمی می‌تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات ما بعد از ساخت بکار گرفته شود. آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی جوش در سازه می باشد. نتیجه حاصل شده، هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد، باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری جوش در ساخت سازه باشد.

بدین‌گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب جوشکاری شده که در مراحل ساخت اتفاق می افتد، میسر می شود.

کشف و تعمیر این عیوب در زمان فوق، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعدها با روش های تست های پیشرفته تری کشف می شوند، با برنامه بازرسی چشمی قبل، حین و بعد از عملیات جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند. سازندگان فواید یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند. میزان تاثیر بازرسی چشمی جوش هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی تمام مراحل پروسه جوشکاری (قبل، حین و بعد از جوشکاری) را بپوشاند و نهادینه شود.

.

قبل از عملیات جوشکاری .

مواردی که قبل از جوشکاری نیاز به توجه بازرسی فنی به روش چشمی دارد بصورت زیر است:

- مرور طراحی ها و مشخصات . . .
- چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده .. .
- بنانهادن نقاط تست .
- نصب نقشه ای برای ثبت نتایج .
- مرور مواد مورد استفاده .
- چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه .
- چک کردن لبه سازی و تراز بندی اتصالات جوش .
- چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز .

.

اگر بازرس جوش توجه بسیار دقیقی به این موارد مقدماتی داشته باشد، به طور یقین می‌تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری

نماید. مساله بسیار مهم این است که بازرس فنی باید بداند چه چیزهایی کاملا مورد نیاز می باشد. این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد. پس بازرس علاوه بر دانش بازرسی فنی نیز می‌بایست در مورد هدف جوش و محل‌های استفاده دانش لازم و کافی نیز داشته باشد.

.

نقاط نگهداری .

باید بنا نهادن نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی که آزمون باید قبل از تکمیل هر گونه مراحل بعدی ساخت انجام شود، در نظر گرفته شود. این موضوع در صنعتی سازی، پروژه‌های بزرگ ساخت یا تولیدات جوشکاری انبوه، بیشترین اهمیت را دارد.

.

روش‌های جوشکاری .

مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیا روش‌های قابل اعمال جوشکاری، ملزومات کار را برآورده می سازند یا نه؟ مستندات مربوط به تایید یا صلاحیت‌های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود. طراحی‌ها و مشخصات معین می کند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند و چه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد.

برای جوشکاری سازه و دیگر کاربردهای بحرانی، جوشکاری بطور معمول بر طبق روش‌های تایید شده ای که متغیرهای اساسی پروسه را ثبت می‌کنند و بوسیله جوشکارانی که برای پروسه، ماده و موقعیتی که قرار است جوشکاری شود، تایید شده اند، انجام می گیرد. در بعضی موارد مراحل اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد. بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم هیدروژن مورد نیاز باشد، وسایل و ابزار ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

.

موادپایه .

قبل از جوشکاری، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد. اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایگی صفحه‌ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش تاثیر دارد. در بسیاری از اوقات جدالایگی در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است.

.

مونتاژ اتصالات .

برای یک جوش، بحرانی ترین قسمت ماده پایه، ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال، آماده سازی می شود. اهمیت مونتاژ اتصالات قبل از جوشکاری را نمی توان به اندازه کافی تاکید کرد. بنابراین آزمون چشمی مونتاژ

.

اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:

- زاویه شیار ... .
- دهانه ریشه . . ..
- ترازبندی اتصال .. ..
- پشت بند . . ..
- الکترودهای مصرفی .. ..
- تمیز بودن اتصال . . . .
- خال جوش ها . . ..
- پیش گرم کردن .. ..

.

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده، دارند. اگر مونتاژ ضعیف باشد، کیفیت جوش احتمالا زیر حد استاندارد خواهد بود. دقت زیاد در طول اسمبل کردن یا سوار کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد. اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد، البته این اشکالات، محل هایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد.

.

حین عملیات جوشکاری .

در حین جوشکاری، چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجتا جوش رضایت بخشی حاصل شود. آزمون چشمی جوش اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت سازه می باشد. این می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد. بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر می باشد:

۱- کیفیت پاس ریشه جوش . .. .
۲- آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم .
۳- پیش گرمی و دماهای میان پاسی .
۴- توالی پاس های جوش .
۵- لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم .
۶- تمیز نمودن بین پاس ها .
۷- پیروی از برنامه کاری همچون ولتاژ، آمپر، ورود حرارت، سرعت.

هر کدام از این موارد اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی‌هایی می‌شود که می‌تواند کاهش جدی کیفیت را در برداشته باشد.

پاس ریشه جوش .
شاید بتوان گفت بحرانی‌ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد. مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد.
در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشد، بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد.
وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دو طرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید. این مساله معمولا شامل جداسازی سرباره . ..... و دیگر بی نظمی‌ها توسط تراشه برداری . . . .، رویه برداری حرارتی. . . . . یا سنگ زنی. . . . . می باشد. وقتی که عملیات جداسازی کاملا انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است. این کار به خاطر این است که از جداشدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود. اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

پیش گرمایش و دماهای بین پاس های جوش .
پیش گرمایش و دماهای بین هر پاس جوش می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند. محدودیت ها اغلب بعنوان حداقل . ....، حداکثر . . ... و یا هر دو بیان می شوند. همچنین برای مساعدت در کنترل مقدار گرما در منطقه جوش، توالی و جای تک تک پاس ها اهمیت دارد. بازرس باید از اندازه و محل هر تغییر شکل یا چروکیدگی . . . . . سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد. بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه‌گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید.

آزمایش بین لایه ای (بین مرحله ای) .
برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات جوشکاری، بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود. همچنین با این کار می‌توان دریافت که آیا بین پاس‌ها بخوبی تمیز شده‌اند یا نه؟ با این عمل می‌توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد. بسیاری از این گونه موارد احتمالا در دستورالعمل جوشکاری اعمالی، آورده شده‌اند.
در این گونه موارد، بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساسا برای کنترل این است که ملزومات روش جوشکاری رعایت شده باشد.

بعد از جوشکاری .
بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود. به هر حال اگر همه مراحلی که شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد. از طریق این مرحله از بازرسی جوش نسبت به مراحلی که قبلا طی

شده و نتیجتا جوش رضایت بخشی را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد.
بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از:

- ظاهر جوش بوجود آمده .
- اندازه جوش بوجود آمده .
- طول جوش .
- صحت ابعادی .
- میزان تغییر شکل .
- عملیات حرارتی بعد از جوشکاری .

هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود. بنابراین آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز می باشد. بسیاری از کدها و استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند.

.

عملیات حرارتی بعد از جوشکاری .

به لحاظ اندازه، شکل، یا نوع فلز پایه ممکن است عملیات حرارتی بعد از جوش در روش جوشکاری اعمال شود. این کار فقط از طریق اعمال حرارت (گرما) در محدوده دمایی بین پاس یا نزدیک به دمای آن، صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نمود.

.

آزمایش ابعاد پایانی .

اندازه‌گیری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد صحت ابعادی آن می باشد. اگر یک قسمت جوشکاری شده بخوبی جفت و جور نشود، ممکن است غیر قابل استفاده شود اگرچه جوش دارای کیفیت کافی باشد.
حرارت جوشکاری، فلز پایه را تغییر شکل داده و می تواند ابعاد کلی اجزاء را تغییر دهد. بنابراین، آزمایش ابعادی بعد از جوشکاری ممکن است برای تعیین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده برای استفاده موردنظر مورد نیاز واقع شود.

آشنایی با انواع گیج‌های جوشکاری و نحوه کار با آنها در بازرسی ابعادی جوش‌ها

وظیفه گیج‌های جوشکاری عبارتند از:

۱- کنترل ابعادی قطعات و اتصالات مورد جوشکاری آماده شده
۲- کنترل سطوح شیب دار پخ خورده ار نظر زاویه سطح شیب دار پخ خورده
۳- کنترل فواصل لازم بین قطعات جهت مونتاژکاری آنها
۴- کنترل هم سطح بودن یا نبودن قطعات قبل از مونتاژ وجوشکاری
۵- کنترل و.اندازه گیری عیوب احتمالی برروی سطح جوش‌ها از نظر طول، عرض و عمق آنها

البته گیج‌های مورد استفاده بسیار متنوع می باشد. گاهی گیجی را برای یک منظور بکار می‌برند و گاهی نیز گیج‌هایی که چندین کار می توانند انجام دهند استفاده می شود. آنچه که مهم است دسترسی به اهداف فوق می باشد و باید در این راستا ابزار مناسب مربوطه را تهیه نمود.

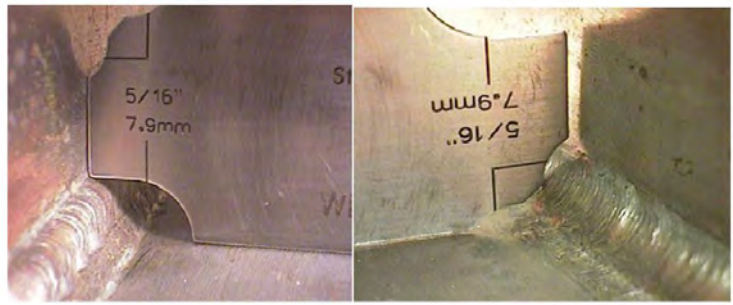
انواع گیج‌های جوشکاری

گیج Fillet

این گیج بیشتر برای اندازه‌گیری گرده‌های جوش با اندازه ۸/۱ تا ۱ اینچ (۳، ۲-۲۵ میلی‌متر) به کار می رود. این گیج‌ها همچنین تحدب و تقعر گرده‌های جوش را نیز اندازه‌گیری می کند.

شکل۱۲- گیج Fillet

در شکل ۱۲ روش اندازه‌گیری مشخصات جوش با گیج . . . ... را نمایش می‌دهد.



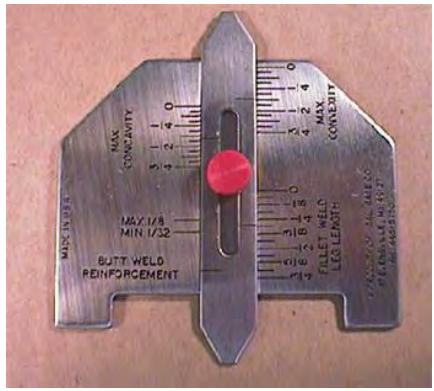
شکل ۱۳

گیج‌های چند منظوره .

یک گیج چند منظوره قادر به انجام چندین اندازه‌گیری مانند اندازه‌گیری تحدب و تقعر جوش، گرده جوش واندازه ریشه می باشد. از انواع آن می توان به گیج‌های . . . و . . . . . اشاره نمود.

گیج AWS

این گیج برای تعیین مشخصات جوش‌های گوشه ای ولبه ای کاربرد دارد. این گیج قادر به اندازه‌گیری تولرانس تحدب وتقعر جوش‌ها که از قبل برای آن تعیین شده است، می‌باشد. این گیج همچنین قادر به اندازه‌گیری گرده های جوش نیز می‌باشد.



شکل ۱۴

در شکل ۱۴ روش‌های مختلف انجام کار با گیج . . . نشان داده شده است.

شکل۱۵

گیج کمبریج (Cambridge)

شکل ۱۶-گیج کمبریج

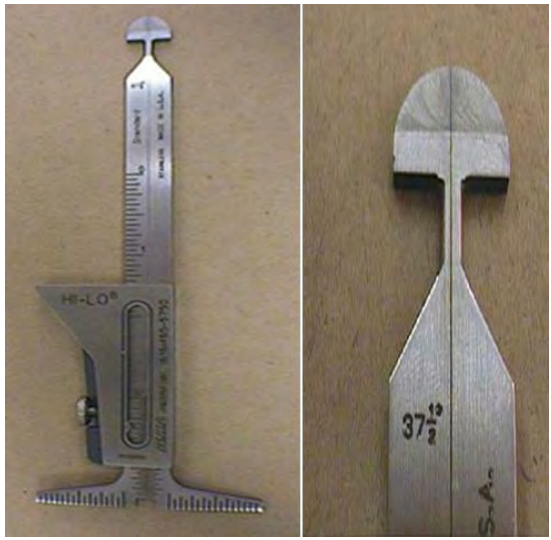
گیج . . .. چند منظوره قادر به اندازه گیری موارد زیر در واحدهای اینچ و میلی‌متر می باشد:

- زاویه آماده سازی ۰ تا ۶۰ درجه
- اضافه فلز جوش
- عمق بریدگی لبه ها(. .. ..)
- عمق(. . ...)
- اندازه ریشه
- ارتفاع گرده جوش
- عدم همطرازی
- اندازه گلویی جوش گوشه ای
- طول گرده جوش

شکل ۱۷-گیج کمبریج

گیج HI-LO

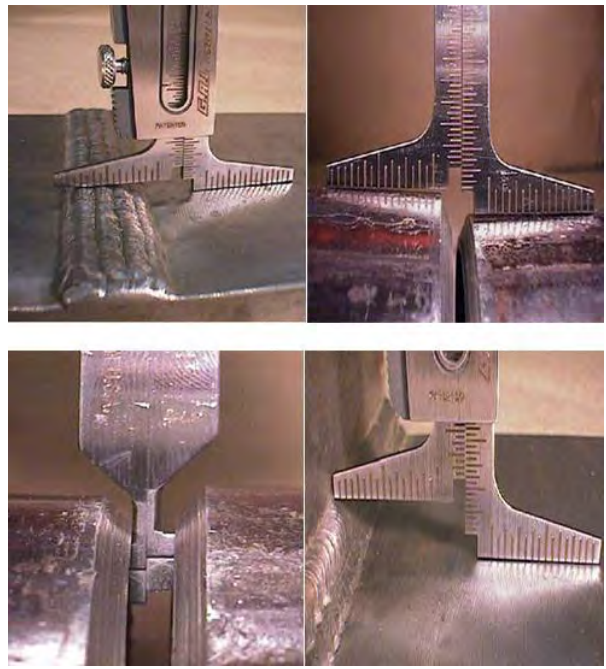
این گیج که گیج(. ... .) نیز نامیده می شود برای اندازه گیری همطرازی داخلی اتصالات لوله به کار می رود. بعداز وارد کردن وقرار دادن گیج، پیچ انگشتی رابسته و گیج در آورده می شود تا عدم همطرازی معلوم می شود.



شکل ۱۸- گیج HI-LO

این گیج می تواند برای اندازه گیری‌های زیر نیز به کاررود:

- ارتفاع گرده جوش
- فاصله اتصال (.....)
- زاویه آماده سازی
- عدم همطرازی داخلی
- مسیر جوش، جوش‌های مدور
- ضخامت دیواره جوش



شکل ۱۹-کاربردهای گیج HI-LO

تحقیق کنید

درباره تست کشش و خمش تحقیق کنید

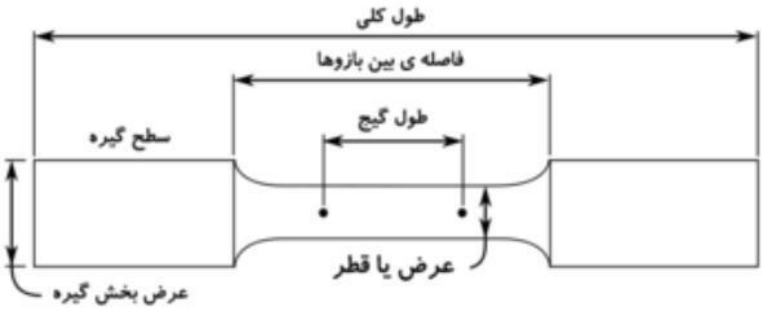
تست کشش

تست کشش، یکی از آزمون‌های مخرب علم مواد است که در آن یک نمونه تحت اثر کشش تک محوری تا حد شکست مورد مطالعه قرار می گیرد. نتایج حاصل از آزمون به طور معمول برای انتخاب یک ماده به منظور کنترل کیفیت و پیش بینی اینکه چگونه یک ماده تحت انواع دیگری از نیروها واکنش نشان می دهد به کار می رود. خواصی که به طور مستقیم از طریق آزمون کشش اندازه گیری می شوند عبارتند از: مقاومت کششی نهایی، بیشترین افزایش طول و کمترین کاهش در مساحت نمونه. همچنین از این اندازه گیری ها خواص زیر نیز می تواند تعیین شود: مدول یانگ، نسبت پواسون، استحکام تسلیم و کرنش سختی ماده.

نمونه کششی

نمونه کششی، یک نمونه با سطح مقطع استاندارد است که دو بازو و یک گیج (مقطع) در میانه دارد. بازو ها بزرگ بوده تا بتوانند به راحتی و به صورت محکم

توسط گیره‌ها گرفته شوند، در حالیکه که بخش گیج سطح مقطع کمتری دارد طوری‌که تغییر شکل و شکست در این ناحیه رخ می دهد.



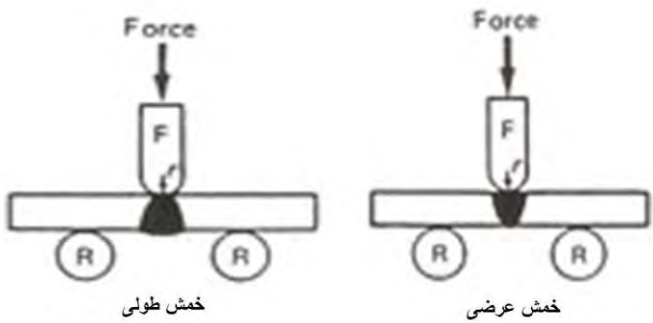
شکل ۲۰

تست خمش

برای پیدا کردن عیوب در فلز جوش منطقه متأثر از حرارت و فلز پایه انجام می‌شود این تست ممکن است برای پیدا کردن تورق در منطقه جوش مورد استفاده قرار گیرد. اینگونه تست به دو روش خمش طولی و خمش عرضی.. ... . مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توضیح استفاده از دو نوع تست طولی و عرضی برای یک قطعه ثابت معمول نمی‌باشد.

روش کار: قطعه کار توسط یک فرم دهنده با قطر مشخص خم می‌شود می‌بایست طرف مناسبی از قطعه کار برای انجام تست آماده شود قطر سمبه و زاویه خمش می‌بایست مطابق استاندارد انتخاب شود.



شکل۲۱

مطالبی که می‌بایست گزارش داده شود:
۱-ضمانت قطعه کار
۲-جهت خمش
۳-.زاویه خمش
۴-.قطر سمبه
۵-مشخصات قطعه کار پس از انجام تست خمش(شامل نوع و محل عیوب) .

فعالیت کارگاهی

دو قطعه کاری که برای جوشکاری شیاری لبه سازی شده و دوقطعه که قبلا بصورت شیاری و سپری جوش داده شده اند را توسط ابزار بازرسی چشمی کنترل نمایید.

قطعه کارهایی را که قبلا اماده کرده اید را در اختیار هنرجویان قرار دهید تا بوسیله ابزار بازرسی چشمی کنترل کنند.

بحث کلاسی

تست مایع نافذ و ذرات مغناطیسی برای تشخیص چه عیب جوشی کاربرد زیاد دارد؟
جواب: ترک‌های سطحی

ارزشیابی شایستگی بازرسی جوش

شرح کار:
شناسایی عیوب جوش
روش های جلوگیری از عیوب جوش
آزمایش های جوش

استاندارد عملکرد:
عیوب جوش را شناسایی کنند، راه‌های پیش‌گیری از بعضی عیوب جوش را بطور عملی انجام داده و پس از جوشکاری تست چشمی و تست مایع نافذ را انجام دهند و با روش انجام دیگر تست‌های جوش آشنا شوند.

شاخص‌ها:
- سطح قطعه کار تمیز و بدون گرد و غبار، زنگ زدگی و چربی باشد
-کنترل لبه سازی و مهار قطعه کار قبل از جوشکاری و در حین جوشکاری با ابزار تست چشمی
-کنترل جوش پس از جوشکاری و شناسایی عیوب جوش
-انجام تست مایع نافذ

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه جوشکاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: گپ سنج-.هایلو گیج- گیج چند منظوره- اسپری مایع نافذ- اسپری ظاهر کننده.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی عیوب جوش	۲	
۲	روش‌های جلوگیری از عیوب جوش	۲	
۳	آزمایش‌های جوش .	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ... ۱-رعایت نکات ریست محیطی ۲-تمیزکاری محیط پس از انجام تست مایع نافذ ۳-رعایت نکات ایمنی ۴- رعایت اخلاق حرفه ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.

منابع

۱- برنامه درسی رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. .

۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۴- کتاب درسی جوشکاری برق و گاز .

۵- شیوه نامه نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیرفنی شاخه‌های فنی و حرفه‌ای و.کاردانش شماره ۴۰۰/۲۱۱۴۸۲ مورخ ۳۰/۱۱/۹۵ .

۶- کوکبی، امیرحسین. (۱۳۸۴). تکنولوژی جوش‌کاری. موسسسه انتشارات علمی.

۷- اسکندری، حسین و زارعی، عبدالخالد. (۱۳۹۰). مقدمه‌ای بر جوشکاری در صنعت کشتی‌سازی. انتشارات دانشگاه خلیج فارس.

۸- شاهدی، علی و استاد رحیمی، محمد مهدی. (۱۳۸۴). تکنولوژی و کارگاه جوشکاری، تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۹- شاهدی، علی و دلیخون، بهرام. (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه جوش برق. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۱۰- تقی پور ارمکی، حمید؛ زارعی، بهرام؛ سلطان محمدی، محمدرضا و شادی، حمیدرضا. (۱۳۹۵). ساخت مصنوعات فلزی سبک. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۱۱- فردی، مهدی. (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه تغییر شکل نیم‌ساخته. انتشارات سازمان فنی و حرفه‌ای، دفتر تألیف و برنامه‌ریزی درسی. .

.. .H.Tschaetch. (2005).” Metal Forming Practice”, Translated by:

.. .T. Vadomphol. (2007).” Fundamentals of Metalworking”,

هنرآموزان محترم، می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را دربارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار tvoced@roshd.ir ارسال نمایند.

وب‌گاه: www.tvoced.medu.ir

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش