

جزوه درس کارگاه عمومی ۲
(مخصوص دانشجویان پیام نور)

مهندسی صنایع در محیط دانشگاه

www.ieuni.ir



کارگاه عمومی ۲

مرتضی طهماسبیان

آیدین سلیمی اصل

فهرست عناوین

- ۱-۱ ریخته‌گری
- ۱-۲ فرآیند ریخته‌گری
- ۱-۳ روش‌های ریخته‌گری
- ۱-۳-۱ ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف
- ۱-۳-۲ ریخته‌گری با قالب‌های یک بار مصرف
- ۱-۴ ریخته‌گری ماسه‌ای
- ۱-۵ انواع روش‌های ریخته‌گری در ماسه
- ۱-۶ قسمت‌های مختلف قالب‌های ماسه‌ای
- ۱-۷ ماسه ریخته‌گری
- ۱-۷-۱ انواع ماسه
- ۱-۷-۲ انتخاب ماسه
- ۱-۷-۳ خواص عمومی ماسه ریخته‌گری
- ۱-۸ اصول کار کوره‌های ریخته‌گری
- ۱-۸-۱ کوره‌های بوت‌ای
- ۱-۸-۲ جنس بوت‌ها
- ۱-۸-۳ انواع کوره‌های بوت‌ه‌ای
- ۱-۹ ابزارهای ریخته‌گری
- ۱-۱۰ تمرینات قالب‌گیری و ریخته‌گری
- تمرین شماره ۱: آماده کردن ماسه
- تمرین شماره ۲: برش ماسه:
- تمرین شماره ۳: قالب‌گیری قطعه مکعبی شکل
- تمرین شماره ۴: قالب‌گیری و ایجاد سیستم راهگاهی
- تمرین شماره ۵: قالب‌گیری به صورت ماهیچه سرخود
- تمرین شماره ۶: قالب‌گیری و ریخته‌گری مدل با سطح جدایش غیر یکنواخت

تمرین شماره ۷: قالب‌گیری مدل با قطعه آزاد

تمرین شماره ۸: قالب‌گیری مدل ماهیچه دار

۲-۱ جوشکاری

۲-۲ تاریخچه جوشکاری

۲-۳ گروه‌های مختلف جوشکاری

فصل اول

ریخته‌گری

۱-۱ ریخته‌گری

ریخته‌گری را به‌طور خلاصه فرآورش و تبدیل ماده خام به محصول ساخته شده تعریف می‌کنند. بنابراین این فرآیند در زمره فعالیت‌های تبدیل ماده اولیه به قطعه نهایی (که البته ممکن است به عملیات ماشین‌کاری نیاز داشته باشد) تقسیم‌بندی می‌شود. فرآیند کار در کلیه روش‌های مختلف آن عبارتست از ریختن مذاب در داخل قالب و انجماد و سرد شدن مذاب، تبدیل آن به قطعه ساخته شده و خارج کردن قطعه از قالب. در این فرآیند آنچه که صورت می‌گیرد پایین آمدن دمای مذاب تا حد معین، توقف دما و رسیدن به دمای تعادل است. از فیزیک می‌دانیم هنگامی که دو یا چند ماده با دماهای متفاوت با یکدیگر ادغام می‌شوند گرما از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود و این فرآیند تا هم دما شدن آنها و رسیدن به دمای تعادل صورت می‌گیرد. در اینجا نیز روش کار بدین صورت است و هم دما شده مذاب و قالب تا رسیدن به دمای تعادل (یا به اصطلاح سرد شدن مذاب) ادامه دارد. نباید از نظر دور داشت که انجماد به یکباره صورت نمی‌گیرد بلکه مراحل جوانه زنی و رشد را نیز در برمی‌گیرد.

۱-۲ فرآیند ریخته‌گری

فرآیند ریخته‌گری با تولید قالب آغاز می‌شود که شکل قالب، قرینه و معکوس قطعه‌ای است که ما نیاز داریم. قالب از مواد نسوز مانند ماسه تهیه می‌شود. فلز حرارت داده

می‌شود تا ذوب شود. سپس فلز مذاب در گودی قالب که شکل قطعه مورد نظر است ریخته می‌شود. و تا زمان جامد شدن خنک می‌گردد. نهایتاً قطعه فلزی شکل گرفته از قالب جدا می‌شود. تعداد زیادی از سازه‌های فلزی که هر روز با آنها سروکار داریم به روش ریخته‌گری تولید شده‌اند.

علل این گستردگی کاربرد ریخته‌گری عبارتند از:

به روش ریخته‌گری می‌توان قطعاتی را تولید کرد که هندسه بسیار پیچیده‌ای دارند و یا دارای حفره‌های درونی می‌باشند.

برای تولید قطعات بسیار کوچک و همچنین قطعات بسیار بزرگ از چندصد گرم تا چندین هزار کیلو گرم می‌توان از این روش استفاده کرد.

این روش از نظر اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است. و هدر رفت کمی دارد. فلزات اضافی در هر بار ریخته‌گری دوبار ذوب شده و استفاده می‌شوند.

فلز ریخته‌گری شده ایزوتروپیک است یعنی در تمام جهات دارای خواص فیزیکی و مکانیکی یکسانی است. مثال‌های پرکاربرد:

دستگیره‌های در، قفل‌ها، پوشش یا بدنه موتورها،

پمپ‌ها و غیره، چرخ بسیاری از اتوموبیل‌ها. از روش ریخته‌گری به‌طور

گسترده‌ای در صنایع اسباب‌بازی استفاده می‌گردد. به‌عنوان مثال در تولید قطعات ماشین‌ها، هواپیماها و غیره.

۳-۱ روش‌های ریخته‌گری

روش‌های ریخته‌گری به‌طور خلاصه به دو دسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند:

ریخته‌گری با قالب‌های یک بار مصرف

ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف

۱-۳-۱ ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف

ریخته‌گری با قالب‌های چند بار مصرف به موارد زیر تقسیم می‌شوند:

ریخته‌گری توخالی
 ریخته‌گری کرتیاس
 ریخته‌گری دائمی در خلاء
 ریخته‌گری با فشار کم
 ریخته‌گری گریز از مرکز
 ریخته‌گری گریز از مرکز مجازی
 ریخته‌گری پیوسته
 ریخته‌گری الکترومغناطیسی
 ریخته‌گری حدیده‌ای

از میان روش‌های فوق ریخته‌گری حدیده‌ای و گریز از مرکز را به دلیل تولید قطعات با دقت بالا و نیز کاربرد فراوان در صنعت مورد بررسی قرار خواهیم داد.

ریخته‌گری حدیده‌ای از جمله روش‌هایی است که می‌توان قطعات با ابعاد عالی و دقیق را با آن تولید کرد. در این روش فلز مذاب تحت فشار مکانیکی یا هیدرولیکی از طریق راهگاه‌هایی به داخل قالب رانده شده سپس این (که دو قسمتی بوده) بسته شده و مذاب درون آن سرد شده و منجمد می‌شود و پس از آن با باز شدن قالب قطعه از قالب خارج می‌شود.

ریخته‌گری حدیده‌ای به دو صورت می‌تواند اعمال شود: ریخته‌گری با مخزن گرم (کوره مذاب در کنار دستگاه) و ریخته‌گری با مخزن سرد (که فلز را در کوره‌ای جداگانه ذوب کرده و به داخل دستگاه تزریق می‌کنند).

ریخته‌گری گریز از مرکز از جمله روش‌هایی است که در تهیه قطعات مدور، لوله، و یا حتی چند ضلعی استفاده می‌کنند. در این روش قالب با استفاده از نیروی گریز از مرکز حول محور عمودی یا افقی می‌چرخد و مذاب را به همه جای آن می‌رساند.

۲-۳-۱ ریخته‌گری با قالب‌های یک بار مصرف

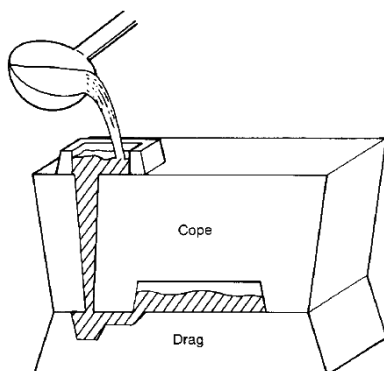
در ریخته‌گری با قالب‌های یک بار مصرف، برای بیرون آوردن قطعه ساخته شده از دورن قالب، آن را می‌شکنند. خود این روش را می‌توان به دو دسته: قالب‌گیری با مدل

یک بار مصرف و قالب‌گیری با مدل چند بار مصرف تقسیم‌بندی کرد. قالب‌گیری با مدل‌های یک بار مصرف، قالب‌گیری‌های ماسه‌ای هستند که در آن قالب ساخته شده توسط ماسه پس از انجماد مذاب شکسته می‌شود. البته قالب‌گیری‌های پوسته‌ای، قالب‌گیری به کمک خلاء، قالب‌گیری ماسه‌ای نمناک و... را هم در زمره قالب‌گیری ماسه‌ای می‌توان تقسیم‌بندی کرد. به دلیل رایج بودن قالب‌گیری ماسه‌ای و استفاده اغلب از آن در کارگاه ریخته‌گری این نوع ریخته‌گری را در اینجا بررسی خواهیم کرد.

۴-۱ ریخته‌گری ماسه‌ای^۱ (قالب‌گیری ماسه‌ای)

در این نوع ریخته‌گری قبل از انجام هر کاری مدلی را که براساس آن قرار است محصول ساخته شود با استفاده از پلاستیک، چوب و غیره می‌سازند. سپس آن را در قالب فلزی دو تکه قرار می‌دهند. هر یک از این دو قسمت جداسازی قالب را «درجه» (ضمه بر روی ض) می‌نامند. بنابراین خود مدل دو تکه خواهد بود. درجه بالایی را بر روی میز کار قرار داده، قسمت بالایی مدل را در داخل آن گذاشته با استفاده از پودر جداکننده و پاشش و کوبیدن ماسه درون قالب (ترکیب ماده مذکور شامل ماسه، آب، خاک رس و نوعی چسب است) آن را پر می‌کنند. همین کار را برای نیمه دیگر نیز انجام می‌دهند. نباید از نظر دور داشت که گذاشتن تکه چوبی (به‌صورت شیب‌دار) برای ایجاد راهگاه مناسب درون قالب ضروری است و نیز تعبیه تغذیه‌کننده برای جبران کمبودهای ناشی از انقباض مذاب درون قالب. بعد از خارج کردن مدل از قالب و میله راهگاه دو نیمه قالب بر روی هم قرار گرفته، سپس مذاب را درون آن می‌ریزند (با استفاده از ابزاری شبیه ملاقه به نام چمچه) و پس از سرد شدن مذاب، قالب را شکسته و قطعه را خارج می‌کنند (شکل روبرو را ببینید):

در این روش ماسه نقش قالب را برای ما بازی می‌کند، ضمن اینکه نیرویی که برای جریان یافتن مذاب در داخل قالب لازمست نیروی ثقل است که امروزه از روش‌های بسیار پیچیده‌تری از جمله فشار هیدرولیکی به جای آن استفاده می‌کنند. این روش یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌ها (البته در سطح کارگاهی) برای تولید قطعات ریخته‌گری است و قطعه‌ای که بدین طریق به‌دست می‌آید احتمالاً دارای



نقایص ظاهری فراوانی از جمله: پلیسه زیاد و تخلخل است که ما را به استفاده از عملیات ماشین‌کاری بعدی وادار می‌سازد.

باید خاطر نشان کرد که برای به‌دست آوردن قطعات و محصولات با کیفیت بالا و بدون نیاز به عملیات ماشین‌کاری بعدی از روش‌های جدید و پیشرفته‌تری استفاده می‌گردد. ضمن اینکه قالب‌گیری با قالب‌های یک بار مصرف هزینه و زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. در عمل از قالب‌گیری با قالب‌های چند بار مصرف بسیار استفاده می‌شود که به آن خواهیم پرداخت.

۵-۱ انواع روش‌های ریخته‌گری در ماسه

ریخته‌گری در قالب شکل داده شده با ماسه شامل روش‌های زیر:

- ریخته‌گری در ماسه تر^۱
- ریخته‌گری در ماسه خشک^۲: در این روش، قالب ماسه‌ای در گرمخانه‌ای با دمای حدود ۳۰۰ درجه ی سانتیگراد به مدت مناسبی قرار داده شده و خشک می‌گردد.
- ریخته‌گری در قالب رو خشک^۳: ریخته‌گری در آن دسته از قالب‌های ماسه‌ای که سطوح آن‌ها - اغلب با یک مشعل - تا عمق معینی خشک شده است.
- ریخته‌گری روباز در ماسه^۴: ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای بدون لنگه‌ی

1. Green sand casting
2. Dry sand casting
3. Skin-dried mould casting
4. Open sand casting

رویی. از این روش در تولید قطعات نا دقیقی که یک سطح تخت دارند استفاده می‌شود.

در ریخته‌گری ماسه‌ای از ماسه طبیعی یا ماسه ترکیبی (ماسه دریاچه) استفاده می‌شود، که دارای یک ماده نسوز به نام سیلیکا (SiO_2) می‌باشد. دانه‌های شن باید به قدر کافی کوچک باشند تا بتوان آن‌ها را متراکم کرد. و در عین حال باید آنقدر درشت باشند تا گازهای تشکیل شده در هنگام ریخته‌گری از بین منافذ آنها خارج شوند. در قالب‌های بزرگ تر از ماسه سبز استفاده می‌کنند (ترکیبی از ماسه، خاک رس و مقداری آب).

ماسه را می‌توان مجدداً مورد استفاده قرار داد. همچنین زائده‌ها و فلزات اضافی بریده شده و مجدداً استفاده می‌گردند.

۶-۱ قسمت‌های مختلف قالب‌های ماسه‌ای

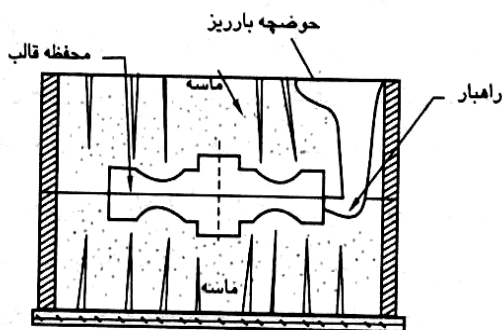
قالب از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. درجه بالایی^۱ و درجه پایینی^۲ نامیده می‌شوند. مذاب در فضای بین دو درجه که حفره قالب نام دارد، جاری می‌گردد. هندسه طرح توسط یک قطعه چوبی که الگو یا مدل نام دارد، ایجاد می‌شود. شکل طرح، تقریباً شبیه به قطعه‌ای که ما نیاز داریم می‌باشد.

• حفره قیفی شکل: بالای این قیف ظرف مذاب ریزی قرار دارد. و به قسمت لوله مانند قیف sprue گفته می‌شود. فلز مذاب در داخل ظرف مذاب ریزی ریخته شده و از طریق sprue به سمت پایین جاری می‌شود.

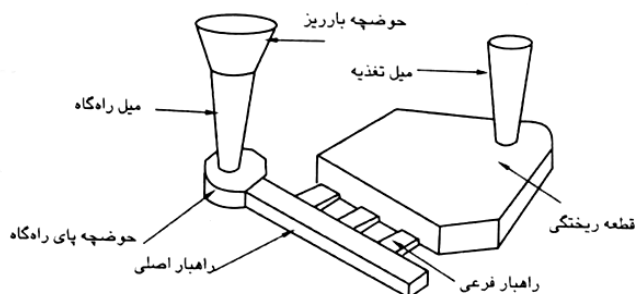
• راهگاه‌ها، کانال‌هایی عمودی و توخالی هستند که حفره قالب را به سطح آن متصل می‌کنند. منطقه‌ای که این راهگاه‌ها به حفره قالب می‌رسند، دروازه (gate) نام دارد.

• چندین حفره دیگر نیز درون قالب تعبیه می‌شوند که با سطح آن در تماسند. اضافه مذابی که درون قالب ریخته می‌شود، به داخل این حفره‌ها که «لوله‌های تغذیه» نام دارند جاری می‌گردد. این لوله‌ها مانند مخازن ذخیره مذاب عمل می‌کنند. همان‌طور

که مذاب در داخل حفره قالب در حال جامد شده است حجم آن کم می‌شود. برای جلوگیری از ایجاد حفره در داخل قطعه، مذاب جبران‌کننده از داخل این لوله‌ها به قالب وارد می‌شود.



- **منافذ هوا:** لوله‌های باریکی هستند که حفره قالب را به فضای بیرون متصل می‌کنند و به گازها و هوای داخل قالب اجازه می‌دهند که از قالب خارج شوند.
- **ماهیه‌ها:** بسیاری از قطعات ریخته‌گری دارای سوراخ‌های داخلی هستند (فضاهای خالی). یا برخی حفره‌های موجود در ساختار آنها از هیچ کجای قالب قابل دسترسی نیستند. این سطوح درونی به وسیله ماهیه‌ها ایجاد می‌گردند. ماهیه‌ها از طریق آمیختن ماسه با یک سری چسب‌های خاص تهیه می‌شوند. این چسب باعث می‌شود که وقتی ماهیه را در دست می‌گیریم شکل خود را حفظ کند. قالب از طریق قرار دادن ماهیه در داخل حفره درجه پایینی و قرار دادن درجه بالایی روی آن و قفل کردن دو درجه به هم، ساخته می‌شود. بعد از انجام عملیات ریخته‌گری، ماسه‌ها کنار زدن می‌شوند و ماهیه بیرون کشیده شده و معمولاً شکسته می‌شود.



اجزای مختلف سیستم راهگاهی

۱-۷ ماسه ریخته‌گری

۱-۷-۱ انواع ماسه

الف) ماسه طبیعی: شامل ماسه‌های رودخانه‌ای و ماسه‌های بادی

ماسه طبیعی مستقیماً از منابع طبیعی، استخراج و استفاده می‌شود و هیچگونه کار اضافی روی آن انجام نمی‌شود مثل ماسه کنار رودخانه (این ماسه‌ها را آزمایش می‌کنند که حاوی آهک نباشد. حسن ماسه رودخانه‌ای در این است که شسته شده و میزان گردی بیشتری دارند در نتیجه کیفیت سطحی قطعات بالا می‌رود. اما در ماسه بادی، خاک نیز وجود دارد که خاصیت چسبندگی دارد.

ب) ماسه مصنوعی: در این حالت، معادن طبیعی را شناسایی کرده و مثلاً آن را الک کرده و ناخالصی‌هایی مثل آهک را حذف می‌کنند و آن را خرد کرده و گرد می‌کنند (این ماسه‌ها تحمل دمایی بالاتری دارند).

۱-۷-۲ انتخاب ماسه

از چند نقطه باید نمونه‌گیری کرد و تست ترکیب شیمیایی و دیرگدازی و... انجام داد و برای اینکه رطوبت و مواد همراه ماسه تبخیر نشود، باید در ظرف بسته نمونه‌برداری کرد.

۱-۷-۳ خواص عمومی ماسه ریخته‌گری

- استحکام در حالت تر: استحکام فشاری و برشی در گوشه‌ها
- استحکام در حالت خشک
- استحکام در حالت حرارتی: سریع به دمای بالا می‌رسد، وقتی رطوبت خود را از دست می‌دهد نباید شکل خود را از دست بدهد زیرا باعث ایجاد ترک و خرد شدن یا پلیسه و زائده و رگه می‌شود.
- قابلیت عبور گاز: گاز متصاعد شده از چسب و پوشش و هوای داخل باید خارج شود. به شکل و دانه مواد قالب و میزان کوبش و چسب و رطوبن بستگی دارد.
- پایداری حرارتی: ابعاد خود را حفظ کند و ضریب انبساط حرارت پایین داشته باشد.

- دیرگدازی مواد: قالب تغییر حالت ندهد و سوخته و ذوب نشود و مقاوم به حرارت باشد.
- قابلیت شکل‌گیری: به اندازه دانه بستگی دارد.
- کیفیت سطحی: به خواص فیزیکی دانه بستگی دارد.
- قابلیت فروپاشی: تابع نوع چسب مصرفی است.
- قابلیت بازیافت
- تهیه و کنترل ساده
- قدرت خنک‌کنندگی

نکته: ماسه سیلیسی را با خاک اره مخلوط کرده و جلو انبساط و انقباض را می‌گیرند یا با چسب سیلیکات سدیم و مواد افزودنی برای راحت جدا شدن مخلوط می‌کنند. رطوبت در صنعت بین ۴ تا ۶ درصد وزنی است، اگر رطوبت کم باشد، استحکام تر کاهش می‌یابد و اگر زیاد باشد، باعث ایجاد موک گازی می‌شود.

۸-۱ اصول کار کوره‌های ریخته‌گری

در فرایند استخراج، تصفیه و ذوب مجدد، معمولاً راههائی وجود دارد که بسته به نوع کار طراحی می‌شوند و در این کوره‌ها عمل ذوب انجام می‌شود. در این جهت می‌توان از کوره بلند (کوره‌ای که در آن اکسید آهن تبدیل به چدن می‌شود)، کنورتور (که در آن چدن با دمش اکسیژن خالص به فولاد تبدیل می‌شود) و کوره‌های دیگر به‌عنوان کوره‌های ذوب نامیده می‌شوند استفاده کرد، در این درس بحث ما در روی کوره‌هائی که برای استخراج فلزات استفاده می‌شود دور نمی‌زند مثل کوره‌های استخراج آهن در اصفهان، استخراج مس در سرچشمه کرمان، استخراج سرب و روی در زنجان. در این درس کوره‌هایی که مورد بررسی قرار می‌گیرند بیشتر کوره‌های مربوط به صنعت ریخته‌گری هستند. یعنی کوره‌هائی که شوشه‌ها در آنها ذوب می‌شود و با تنظیم آنالیز آنها مذاب برای ریخته‌گری قطعات آماده می‌شود. اصطلاحاً به این کوره‌ها، کوره‌های دوباره ذوب می‌گویند، کوره‌هایی که در ریخته‌گری برای ذوب مجدد فلزات و آلیاژها استفاده می‌شوند به ترتیب می‌توانیم به شرح زیر نام ببریم:

- کوره‌های بوته‌ای
- کوره‌های تشعشعی
- کوره‌های ایستاده (کوپل)
- کوره‌های برقی
- کوره‌های با شعاع الکترونی
- کوره‌های دیگر (استفاده از انرژی‌های دیگر)

۱-۸-۱ کوره‌های بوته‌ای

همان‌طور که از نام آنها پیداست برای عمل ذوب از بوته استفاده می‌شود. انتقال حرارت در این کوره‌ها بیشتر از طریق هدایت به مواد موجود در داخل بوته می‌باشد. حرارت به سه طریق منتقل می‌شود: ۱. هدایت، ۲. جابجایی، ۳. تشعشع

۱-۸-۲ جنس بوته‌ها

جنس بوته‌ها که استفاده می‌کنند به شرح زیر است. بوته‌های آهن خالص - بوته‌های فولادی - بوته‌های چدنی - بوته‌های شاموتی - بوته‌های گرافیتی - بوته‌های سیلیکون کاربیدی - بوته‌های دیگر.

بوته‌های آهن خالص برای فلزاتی که نقطه ذوب کمتری نسبت به آهن دارند و خوردگی کمتری دارند - از بوته‌های آهنی برای ذوب موادی که نقطه ذوب آنها پایین‌تر از نقطه ذوب آهن خالص است (۱۵۳۹-۱۵۳۶ درجه سانتیگراد) است. منیزیم را مجبوریم در داخل این بوته ذوب کنیم چون با بهترین آجر نسوز نمی‌توان منیزیم را ذوب کرد و دلیلش میل ترکیبی منیزیم با اکسیژن است که اکسیژن نسوز را می‌کشد و نسوز متخلخل می‌شود.

آهن خالص تجاری

چون آهن به‌صورت خیلی خالص به‌ندرت یافت می‌شود، بیشتر از این آهن استفاده می‌شود و خلوصش ۹۹/۸٪ است و ناخالصی‌اش ۰/۲-۰/۱٪ می‌باشد. آهن خالص تجاری را در دنیا برخی از شرکت‌ها تولید می‌کنند. از جمله شرکت آرمکو و وستینگ‌هاوس در آمریکا

تولید می‌کند که برای ذوب آلیاژهای با نقطه ذوب کم مثل روی، منیزیم، سرب و... از این ورق‌ها بوته درست کرده (بوته یکپارچه) استفاده می‌کنند (بوته را جوش نمی‌زنند بلکه با آهنگری درست می‌کنند با پرس و گرم‌کاری) - از بوته‌های چدنی برای ذوب آلیاژهای روی، آلومینیوم و سایر آلیاژها با نقطه ذوب پایین استفاده می‌کنند بشرطی که مشکل آهن در آن آلیاژها وجود نداشته باشد. تجربه نشان می‌دهد مذاب Zn و Al، آهن را در خود حل می‌کند چون چدن دارای انتقال حرارت خوب است (به دلیل گرافیت‌های لایه‌ای) و ارزان ریخته‌گری می‌شود. در ایران بیشتر از بوته‌های چدنی استفاده می‌شود.

بوته‌های فولادی

از بوته‌های فولادی برای ذوب آلیاژها با نقطه ذوب کم و آلیاژهایی که میل ترکیبی زیادی نسبت به اکسیژن دارد مثل آلیاژهای منیزیم که علاقه دارند اکسیژن مواد نسوز را بگیرند، استفاده می‌کنند. فولادهای معمولی خوردگی بیشتری دارند و مذاب آلیاژهای مختلف در آن تدریجاً آن را می‌خورند (یعنی بدنه را در خود حل می‌کنند).

بوته از جنس مواد نسوز دوام بیشتری در برابر پوسته پوسته شدن یعنی اکسید شدن دارد. آنالیز یک نوع فولاد نسوز عبارتست از ۲۵٪ کرم و ۲۰٪ نیکل و بقیه عناصر جزئی دیگر، از آلیاژهای دیگر نیز که قیمت آنها گران است به‌عنوان بوته می‌توان استفاده کرد، از جمله آلیاژ ۵۰٪ کرم و ۵۰٪ نیکل یا آلیاژ ۵۰٪ کرم و ۵۰٪ نیکل و کمی نیوبیوم Nb که دوام و مقاومت خوبی دارد.

بوته‌های گرافیتی

همان‌طور که از نام این بوته‌ها پیداست، جنس این بوته‌ها از گرافیت می‌باشد. (می‌دانیم که کربن در طبیعت به سه صورت دیده می‌شود: ۱. کربن بی‌شکل: این کربن شکل بلوری ندارد و به آن کربن آمورف نیز می‌گویند. این کربن در اثر حرارت در مجاورت اکسیژن، می‌سوزد و خاکستر از آن باقی می‌ماند. ۲. کربن به‌صورت گرافیت: این نوع کربن به‌صورت بلوری (کریستالی) می‌باشد و بلوری آن طوری است که دارای صفحات لغزش است و این صفحات می‌توانند روی هم به راحتی بلغزند. بهترین آنها گرافیت چرب نقره‌ای است. این گرافیت ماده نسوز است و نقطه ذوبی در حدود بیش از ۳۰۰۰

درجه سانتیگراد دارد گرافیت راسب (رسوب یافته) شده در حین انجماد در چدن‌های خاکستری از این نوع است که از مذاب جدا شده. ۳. کربن به صورت الماس: بلور این نوع کربن به صورت یک هشت وجهی است ولی رنگی و شفاف است و با سختی ۱۰ موهس سخت‌ترین ماده در طبیعت می‌باشد. بوته‌های گرافیتی بدلیل اینکه نقطه ذوب بالا داشته و گرافیت نیز علاوه بر نسوز بودن از انتقال حرارت زیادی نیز برخوردار است هدایت خوبی داشته و حرارت را از جداره خود به داخل بوته هدایت می‌کند.

بوته‌های سیلیکون کارباید

این نوع بوته‌ها از استحکام بیشتری برخوردارند و خود ماده سیلیکون کارباید در اثر حرارت، کمی منقبض و منبسط می‌شود. یکی از بهترین موادی است که به شک حرارتی مقاوم است. برای ذوب چدن بیشتر از بوته‌های سیلیکون کاربایدی استفاده می‌شود چون چدن آلیاژیست از آهن - کربن - سیلیسیم، پس کمتر علاقه دارد جداره را بخورد.

بوته‌های شاموتی

این بوته‌ها از خاک رس نسوز ساخته می‌شود. از ریختن رس نسوز در اثر حرارت اصطلاحاً شاموت به دست می‌آید. البته درجه نسوز بوته‌های شاموتی بستگی به درجه خلوص شاموت دارد. بهترین ماده شاموت آن است که پس از پخت، مقدار فازهای مولیت در حداکثر خود قرار گیرد. مولیت نسوزی است که تا دمای درجه سانتی‌گراد ۱۸۰۰ می‌تواند دوام بیاورد، در ضمن از نظر مقاومت مکانیکی در دمای بالا نیز خوب است. در بوته‌های شاموتی آلیاژهای غیر آهنی و به‌ندرت چدن ذوب می‌شود. معمولاً دوام بوته‌های شاموتی تا دمای ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد است.

۳-۸-۱ انواع کوره‌های بوته‌ای^۱

الف) کوره بوته‌ای چرخان

ب) کوره بوته‌ای ثابت (زمینی)

۱. با سوخت جامد - این نوع کوره‌ها دو نوعند، یکی کوره سنتی است که از سوخت

جامد زغال‌سنگ یا کک برای عمل ذوب استفاده می‌کردند. این نوع کوره نیاز به برق نداشت و با هوای طبیعی که از زیر کوره از لابه‌لای میله‌های کف به داخل کشیده می‌شد زغال سنگ یا کک‌ها را مشتعل می‌ساخت. برای ذوب فلزات مخصوصاً چدن بوته را در داخل کک‌ها دفن می‌کردند تا هم از بالا و هم از بغل‌ها و هم از زیر حرارت به فلز برسد و ذوب خوب و کامل انجام شود. (برای ذوب چدن در این کوره‌ها اول باید کک‌ها را الک کرد یعنی کک‌ها را دسته بندی کرد از درشت به ریز و پودر، کک درشت در زیر و بعد بوته و بعد شارژ و چند کک گنده در داخل بوته و کک متوسط در اطراف و ریزها را در اطراف می‌ریزیم و بقیه را در بالا می‌گذاریم).

۲. با سوخت مایع - نقشه این کوره در شکل آمده است که برای ذوب ۱۵۰-۱۰۰ کیلو گرم چدن می‌باشد، سوخت این کوره‌ها از گازوئیل با ارزش حرارتی ۹۳۰۰ کیلو کالری بر لیتر درجه سانتیگراد یا مازوت با ارزش حرارتی ۱۱۰۰ کیلو کالری بر لیتر درجه سانتیگراد است و می‌توان با استفاده از بوته‌های گرافیتی در آن چدن ذوب کرد. مشعل آن از نوع فارسونگاهی (یک نوع مشعل ساده صنعتی که از طریق یک لوله رابط به یک ونتیلاتور (دمنده هوا) وصل شده است). نوع ونتیلاتور یا دمنده هوا بستگی به ظرفیت کوره انتخاب می‌شود، معمولاً دمنده‌هایی که پس از ساخت بالانس شده‌اند را در این کوره‌ها قرار می‌دهند (در تهران، مظفریان و در تبریز، کارخانه متحد) بدنه کوره از اسکلت فلزی است، از تکه لوله‌های ۴۰ اینچی یا بالاتر از آن به ارتفاع ۱۳۰ سانتیمتر و اگر نبود از ورق ۶ mm به بالا رول کرده و به هم جوش می‌زنیم. قطر داخلی ۱۰۰ و ارتفاع ۱۱۰-۱۳۰ cm پس $100 \times 3/14 = 314$ cm قطر داخلی بدنه می‌باشد که از جوش زدن ورق گسترده به دست می‌آید. و در کف بدنه رول شده رینگ می‌زنیم و میله‌های در جای خالی رینگ جوش می‌دهیم رویش آجر نسوز با کمی شیب قرار می‌دهیم تا سرباره‌ها بیرون رود، بعد کف بوته قرار داده می‌زنیم که کف بوته می‌تواند بوته شکسته باشد و سپس از پائین به بالا نسوز کاری می‌کنیم که نسوز جداره ۱۵-۲۰ cm است. فارسونگه را طوری می‌گذاریم که به صورت مماس به کف بوته بخورد تا شعله دور بزند. از کوره‌های تشعشعی ثابت برای ذوب آلیاژهای غیر آهنی مخصوصاً آلومینیوم استفاده می‌کنند، در این کوره‌ها شعله مستقیماً به مذاب نمی‌خورد، زیرا اگر مستقیماً به مذاب بخورد موجب اکسیده کردن آن می‌شود.



ج) کوره‌های تشعشی نیمه چرخان

از این کوره‌ها نیز برای ذوب آلیاژهای غیر آهنی استفاده می‌کنند و موقع تخلیه مذاب، کوره چرخانده می‌شود یا در هنگام شارژ کوره چرخانده شده و شارژ را تحویل می‌گیرد. در این کوره‌ها نیز سعی می‌شود شعله به دیواره‌ها برخورد کرده و برخورد مستقیم با مذاب نداشته باشد.

د) کوره‌های دوار

کوره‌های دوار مذاب چدن مذاب آلومینیوم می‌سازد. سوخت این نوع کوره‌ها گاز، گازوئیل و مازوت است. کوره‌هایی با ظرفیت کمتر با دست و کوره‌های با ظرفیت بیشتر به کمک جراثیل شارژ می‌شوند. کوره روی جکهای مربوطه به اندازه ۴۵ درجه بلند می‌شود و بعد از شارژ دوباره به جای خودش بر می‌گردد. جداره نسوز این کوره‌ها برای ذوب چدن، خاک نسوز سیلیسی و برای ذوب آلیاژهای آلومینیوم خاک نسوز آلومینایی است. ساختمان این کوره‌ها: این کوره‌ها شامل یک اسکلت فلزی که به شکل یک استوانه متصل به دو مخروط ناقص است و توسط فلنج روی استوانه و مخروط‌ها به یکدیگر متصل می‌شود. به طرف دهانه بزرگ مخروط‌ها و هر دو طرف استوانه فلنج نصب شده و روی استوانه دو غلطک وصل می‌شود. غلطک‌های محرک، کوره را با سرعت یک دور در دقیقه می‌چرخانند.

۹-۱ ابزارهای ریخته‌گری



۱۰-۱ تمرینات قالب‌گیری و ریخته‌گری

تمرین شماره ۱: آماده کردن ماسه

ماسه قالب‌گیری ترکیبی است از ذرات ماسه، خاک رس و آب و مقداری مواد دیگر. این ماسه ممکن است نو باشد یعنی قبلاً استفاده نشده باشد یا ماسه برگشتی از ریخته‌گری باشد که به آن ماسه کهنه گفته می‌شود. برای آماده سازی ماسه نو کافی است مقداری آب به آن اضافه شود و اگر چسبندگی کافی نداشته باشد. مقداری چسب بنتونیت به آن افزوده می‌شود.



برای آماده‌سازی ماسه برگشتی باید عملیاتی روی آن انجام داد که کلوخه‌ها و ماسه‌های به هم چسبیده از حذف شوند مواد ناخواسته مثل تکه‌های فلز از ماسه جدا شوند و خاک رس به خوبی ماسه‌ها را بپوشاند تا از خاصیت چسبندگی آن استفاده کامل شود و در نهایت توزیع آب در ماسه باید یکنواخت باشد. برای دستیابی به این اهداف ماسه را داخل ماسه‌دان انباشته و روی سطح آن می‌ریزند و چندین ساعت صبر می‌کنند تا آب به لایه‌های زیرین نفوذ کند سپس ماسه را سرند می‌کنند. در نهایت نیز قابلیت خودگیری و درصد رطوبت آب و قابلیت نفوذ گاز کنترل می‌شود.

کوبیدن ماسه

لنگه زیرین درجه را روی صفحه زیر درجه قرار دهید و با قلم آب سطح جانبی درجه را مرطوب می‌کنید. ماسه آماده شده را داخل درجه بریزید. با استفاده از سر گوه‌ای شکل کوبه با زائیه ۱۵ درجه نسبت به قائم عمل کوبیدن را از کناره درجه آغاز کنید و به سمت مرکز درجه کوبیدن را ادامه دهید.



برای بار دوم به درجه ماسه اضافه کنید و کوبیدن را مثل دفعه قبل انجام دهید. برای بار سوم به درجه ماسه اضافه کنید و آنرا پر کنید و مقدار ماسه اضافه باشد سپس عمل کوبیدن را دوباره انجام دهید ولی این بار از طرف سر تخت کوبه استفاده کنید.



پس از کوبیدن نهایی ماسه‌های اضافی روی درجه را با کار تسیمه بتراشید تا سطح درجه کاملاً صاف شود.

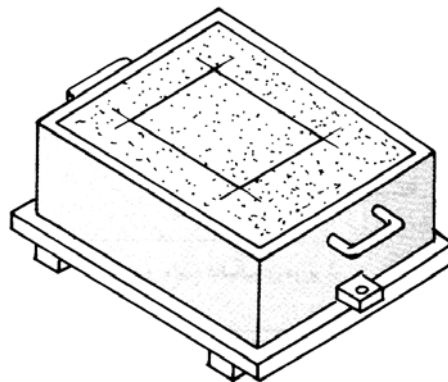




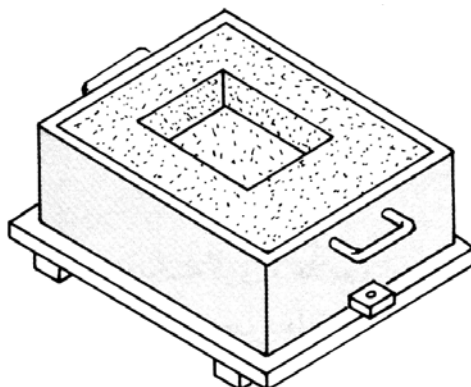
تمرین شماره ۲: برش ماسه

در ادامه دانشجویان می‌توانند احجامی مثل مکعب را با ابزارهای قالب‌گیری روی ماسه ایجاد کنند برای این کار ابتدا با استفاده از خطکش و سوزن خطکشی قاعده حجم مورد نظر را روی ماسه پیاده می‌کنند.

روی این خطوط تا ارتفاع حجم مدنظر با ابزار قاشقی برش داده می‌شود و ماسه خارج می‌گردد ولی باید دقت شود که سطوح ایجاد شده باید کاملاً صاف و پرداخت باشد.



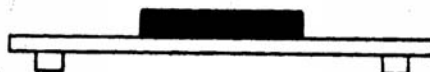
ترسیم قاعده جسم بر روی ماسه



ایجاد محفظه در ماسه

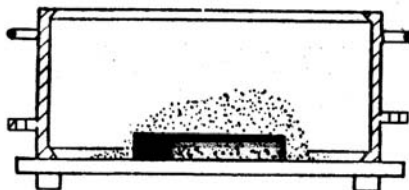
تمرین شماره ۳: قالب‌گیری قطعه مکعبی شکل

قالب‌گیری با قرار دادن مدل روی صفحه زیر درجه شروع می‌شود به‌طوری که سطح بزرگتر روی صفحه قرار گیرد.



نحوه قرار گرفتن مدل روی صفحه زیر درجه ای

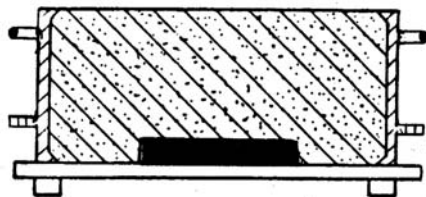
پس از قرار دادن تای زیرین درجه، بروی صفحه زیر درجه‌ای مقداری ماسه روی آن الک می‌شود. این کار باعث بهبود کیفیت سطح قطعه کار خواهد شد. سپس با یک دست مدل را در محل خود ثابت نگه داشته و با دست دیگر ماسه اطراف مدل را فشرده می‌کنند.



پوشاندن مدل از ماسه الک شده

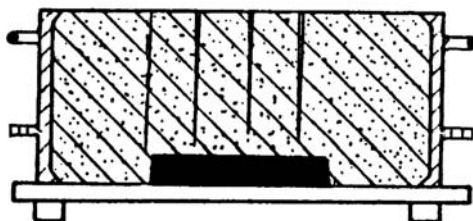
فضای خالی درجه را با ماسه پر می‌کنند و مراحل قالب‌گیری را مطابق تمرین

شماره ۱ ادامه می‌دهیم.



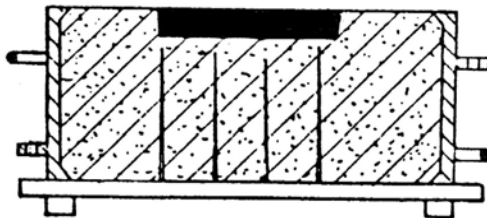
قالبگیری نای زیرین درجه

دقت می شود هنگام کوبیدن ماسه کوبه به مدل برخورد نکند. و پس از صاف کردن ماسه های پشت درجه و تراشیدن ماسه های اضافی، سوراخ هایی به وسیله سیخ هواکش در ماسه اطراف مدل ایجاد می شود. از این سوراخها خروج گازهای به وجود آمده در هنگام مذاب ریزی صورت خواهد پذیرفت. اما دقت می شود سیخ هواکش به مدل برخورد نکند.



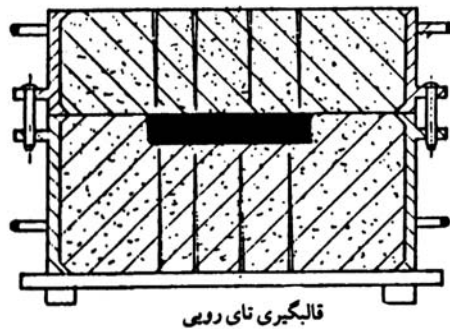
ایجاد کانال خروج گاز

درجه همراه با صفحه چوبی زیری آن برگردانده می شود و پودر جدایش روی سطح درجه پاشیده می شود. این عمل از جسبیدن ماسه درجه زیری و رویی جلوگیری خواهد کرد. این پودر رطوبت را جذب می کند و در سطوح جدایش مورد استفاده قرار می گیرد.

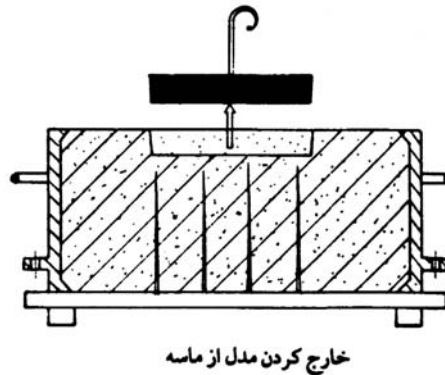


برگرداندن درجه

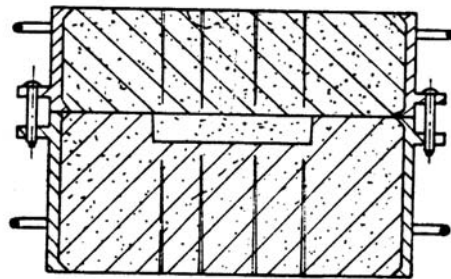
لنگه رویی درجه را روی لنگه زیری قرار می دهند و مثل قبل با ماسه پر می شود و قالب گیری صورت می گیرد. زدن سیخ برای لنگه رویی درجه الزمی است. به آرامی لنگه رویی از روی لنگه زیری برداشته می شود و در محل مناسبی قرار داده می شود. حال باید مدل از لنگه زیری درجه خارج شود برای این منظور ابتدا اطراف مدل با قلم آب مرطوب می شود تا ماسه مستحکمتر شود. با ابزار لق کردن مدل و زدن ضربه به آن مدل از ماسه های اطراف خود جدا می شود و مدل به کمک ابزاری که مدل درآور نامیده می شود به آرامی از ماسه خارج می شود.



دقت شود مدل درآور در مرکز ثقل مدل نصب شود تا هنگام خارج کردن مدل تعادل آن حفظ شود.



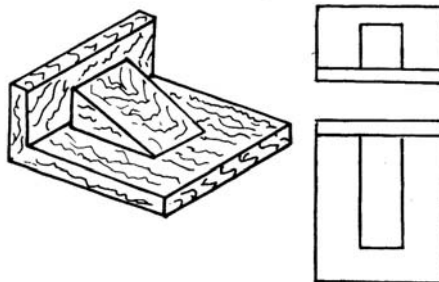
پس از اینکه مدل از ماسه خارج شد با فوتک حفره ایجاد شده تمیز می شود و اگر نیاز به ترمیم داشت ترمیم می شود و مجدد لنگه رویی بر روی لنگه زیری قرار می گیرد.



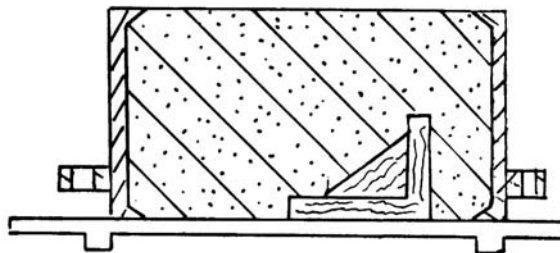
جفت کردن درجه ها

تمرین شماره ۴: قالب گیری و ایجاد سیستم راهگاهی

سیستم راهگاهی به منظور هدایت مذاب به حفره قالب لازم است. با توجه به اندازه مدل درجه مناسب انتخاب می شود. مدل از طرف سطح جدایش روی صفحه زیر درجه قرار داده می شود و عمل قالب گیری این لنگه انجام می شود اما محل قرار گیری باید طوری انتخاب می شود که جای مناسبی نیز برای سیستم راهگاهی باقی بماند.

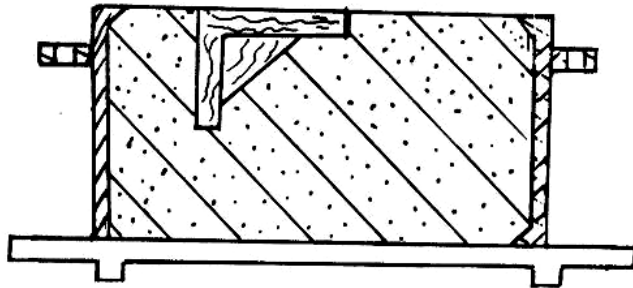


نقشه مکانیکی و پرسکتیو مدل

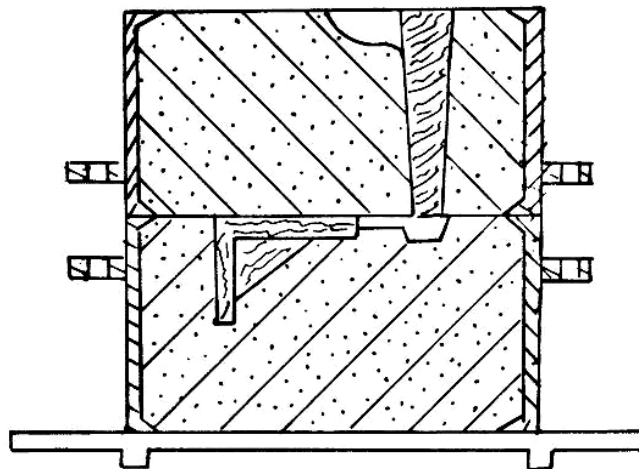


مرحله قالب گیری نای زیرین

لنگه زیری درجه همراه با صفحه زیربرگرداننده می‌شود و پودر جدایش زده می‌شود. لنگه رویی درجه برروی لنگه زیری قرار می‌گیرد لوله راهگاه در محل مناسبی قرار می‌گیرد و پس از قالب‌گیری حوضچه بار ریز در روی لنگه بالایی ساخته می‌شود. سپس لوله راهگاه خارج شده و لنگه رویی برداشته شده به کناری گذاشته می‌شود.

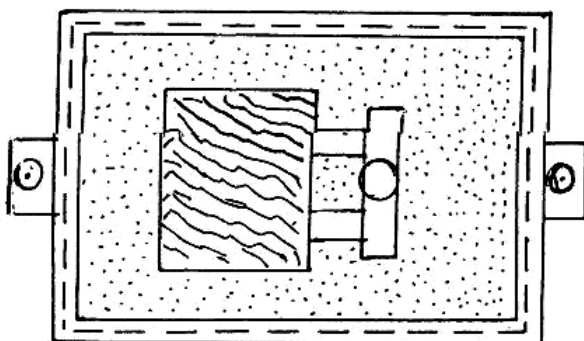


برگرداندن نای زیرین همراه با صفحه زیر درجه‌ای

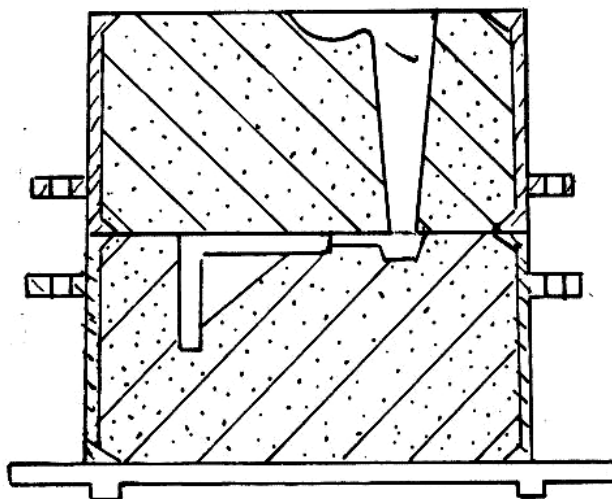


قالب‌گیری نای رویی

به وسیله ابزار حوضچه پای راه گاه، راهیار و راهباره ایجاد می‌شوند. و مدل از ماسه خارج می‌شود و لنگه رویی روی لنگه زیری قرار می‌گیرد و درجه‌ها چفت می‌شود.

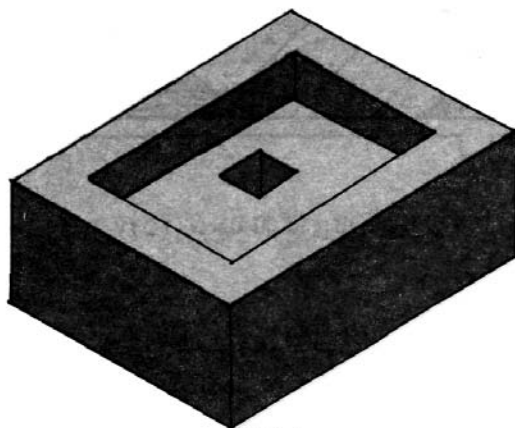


ایجاد سیستم راهگامی



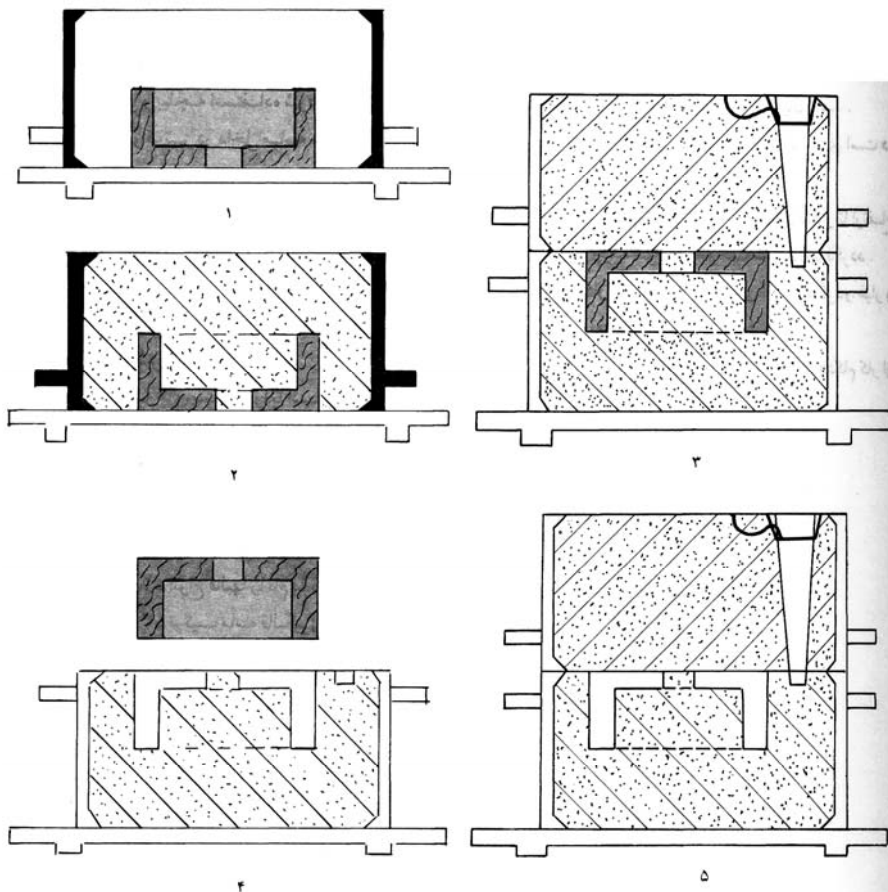
جفت کردن دو تای درجه

تمرین شماره ۵: قالب گیری به صورت ماهیچه سرخود.
مدلهایی که دارای سوراخهای عمودی حفره یا فرو رفتگی هستند پس از ریخته گری در درجه برآمدگی از ماسه به وجود می آید که به آن ماهیچه سرخود اطلاق می شود.



مدل با ماهیچه سرخود

مراحل قالب‌گیری یک مدل با ماهیچه سرخود در شکل زیر آمده است.

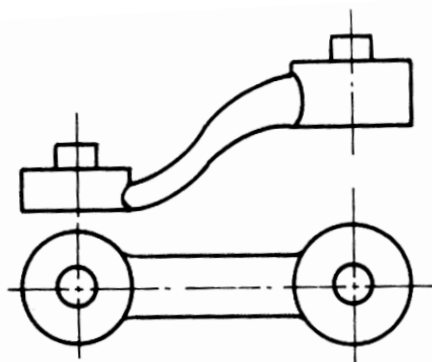


مراحل قالبگیری مدل با مایه‌چسب سرخود

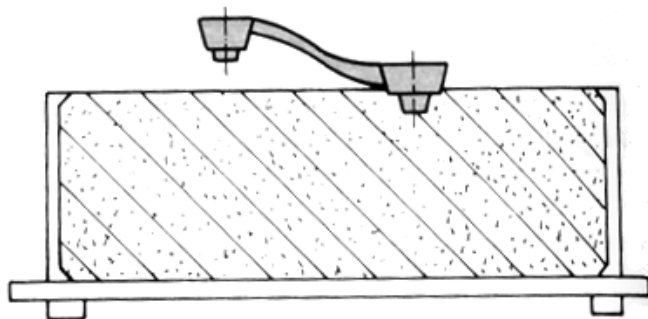
تمرین شماره ۶: قالب‌گیری و ریخته‌گری مدل با سطح جدایش غیریکنواخت

بعضی از مدل‌ها سطح جدایش صاف، تخت و یکنواخت ندارند و در موقع قالب‌گیری نمی‌توان آنها را روی صفحه زیر درجه‌ای قرار داد و برای قالب‌گیری آنها به اجبار از وسایل کمکی استفاده می‌شود. در این تمرین مدل یک تکه است اما سطح جدایش آن یکنواخت نیست و برای اینکه عمل قالب‌گیری انجام شود از درجه کمکی استفاده خواهد شد.

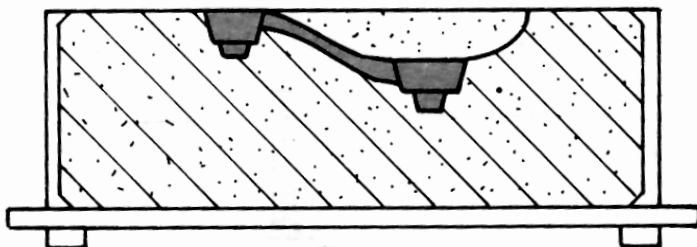
پس از انتخاب درجه مناسب، آن را روی صفحه زیر درجه قرار می‌دهند و بدون مدل قالب‌گیری می‌کنند و به این درجه، درجه کمکی اطلاق می‌شود.



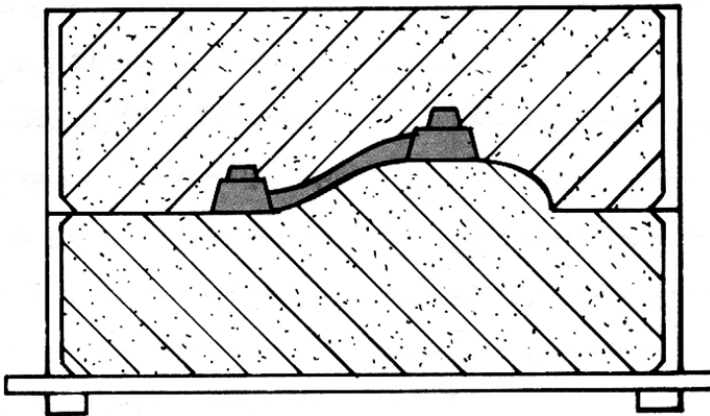
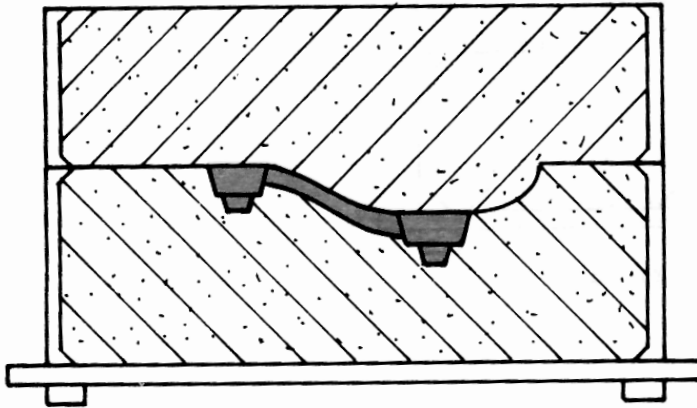
با استفاده از ابزار قاشقی محل تقریبی مدل در ماسه ایجاد می‌شود. سپس مدل در محفظه به‌وجود آمده قرار می‌گیرد و ماسه اطاف صاف و پرداخت می‌شود.



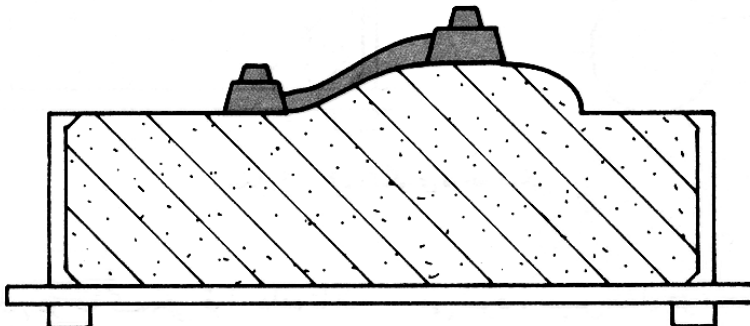
با انتخاب یک جفت درجه هم اندازه با درجه کمکی لنگه زیری روی درجه کمکی قرار گرفته عمل قالب‌گیری انجام می‌شود.

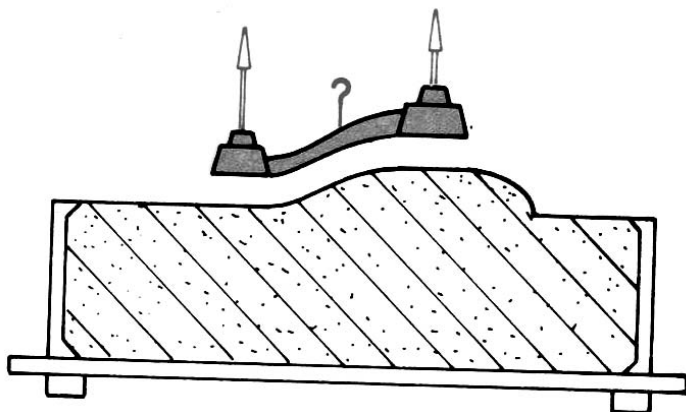
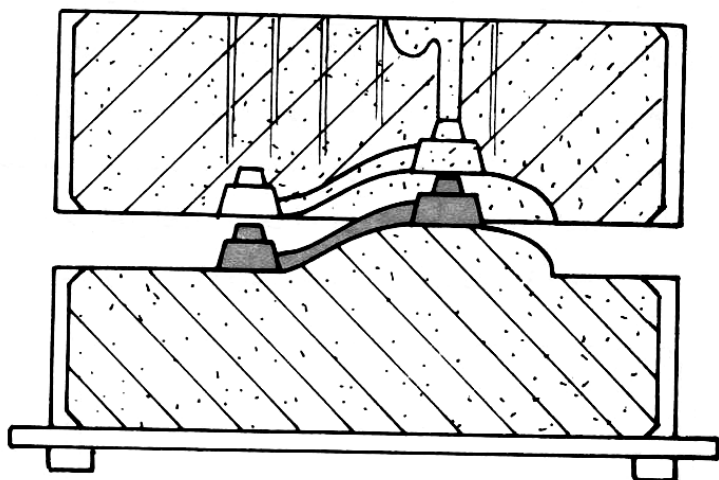
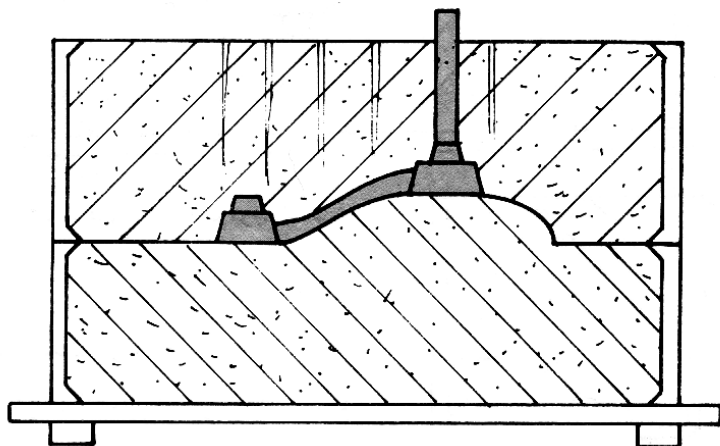


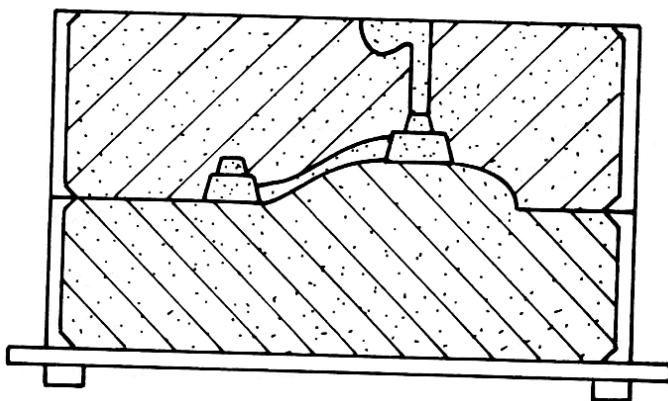
درجه کمکی و درجه زیری با هم برگردانده می‌شوند. درجه کمکی از روی درجه زیرین برداشته می‌شود و از فرایند قالب‌گیری خارج می‌شود و ماسه آن تخلیه می‌شود.



بدین ترتیب با استفاده از درجه کمکی سطح زیری مدل روی ماسه نشسته است و با قرار دادن درجه رویی کار قالب‌گیری را ادامه می‌دهیم.



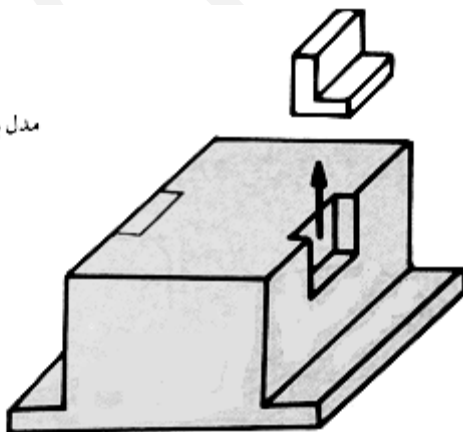


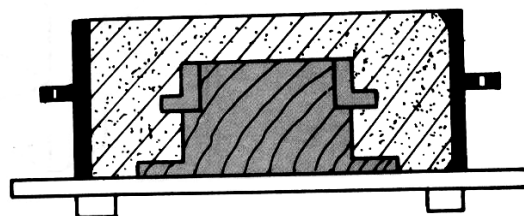


تمرین شماره ۷: قالب‌گیری مدل با قطعه آزاد

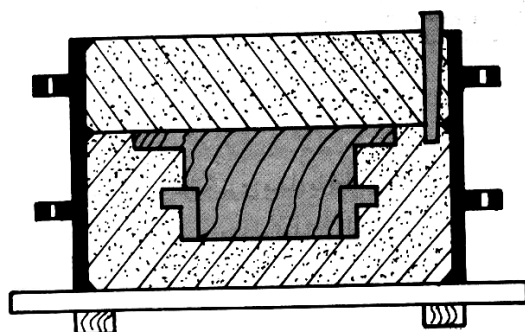
مدل همراه با قطعات آزاد در درجه زیری قالب‌گیری می‌شود پس از برگرداندن لنگه زیری همراه صفحه زیر درجه‌ای، لنگه رویی نیز قالب‌گیری می‌شود. درجه رویی برگردانده می‌شود و قسمت اصلی مدل از قالب خارج می‌شود. قطعات کمکی همراه مدل نمی‌توانند خارج شوند و داخل ماسه باقی می‌مانند.

مدل با قطعه آزاد

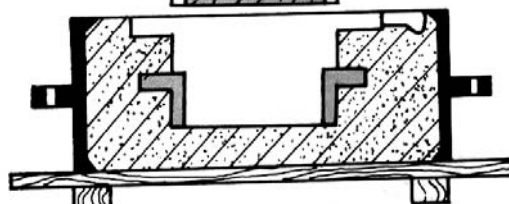
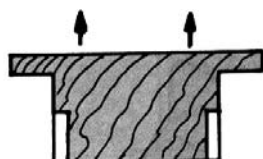
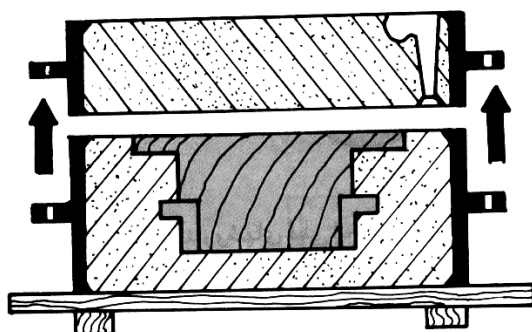




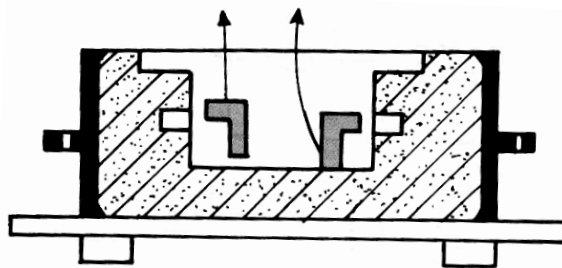
قالبگیری تای زیرین



قالبگیری تای رویی

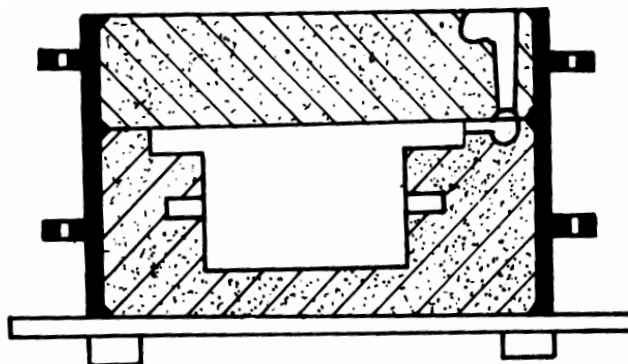


خارج کردن قسمت اصلی مدل از ماسه



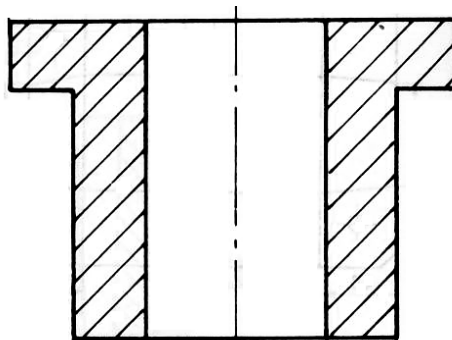
خارج کردن قطعه آزاد از ماسه

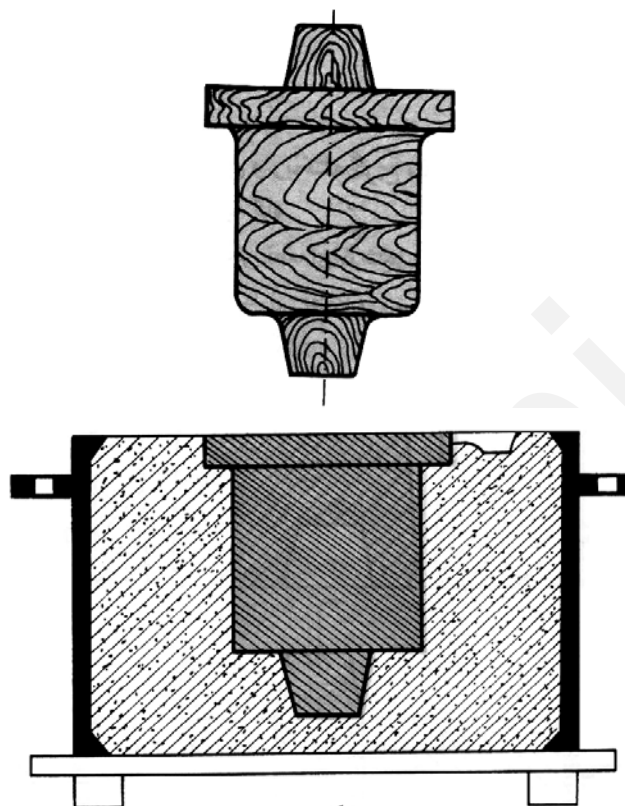
قطعات آزاد با دست و یا با کمک ابزار از ماسه خارج می‌شوند. و با قرار دادن درجه رویی قالب آماده بارریزی می‌باشد.



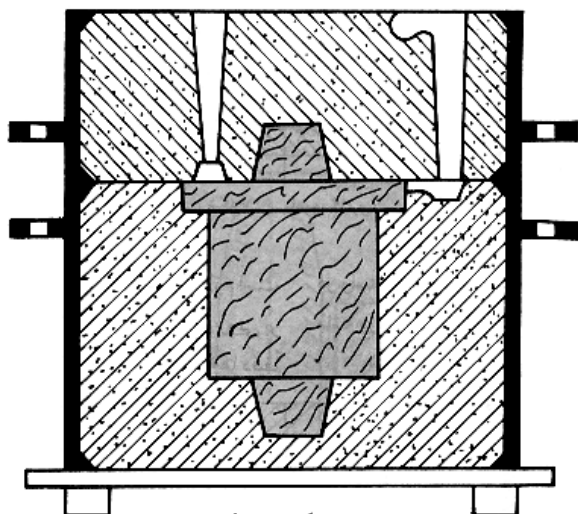
جفت کردن درجه ها

تمرین شماره ۸: قالب‌گیری مدل ماهیچه‌دار

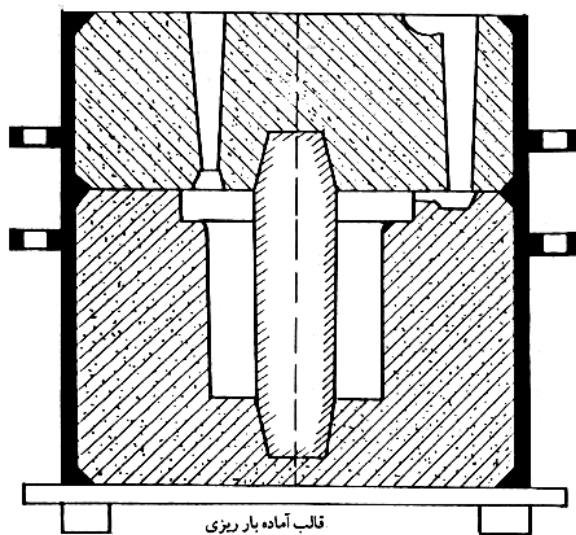




قالبگیری نیمه از مدل



قالبگیری نیمه دیگر مدل



فصل دوم

جوشکاری برق

۱-۲ جوشکاری

جوشکاری یکی از روش‌های تولید می‌باشد. هدف آن اتصال دائمی مواد مهندسی (فلز، سرامیک، پلیمر، کامپوزیت) به یکدیگر است به گونه‌ای که خواص اتصال برابر خواص ماده پایه باشد.



۲-۲ تاریخچه جوشکاری

جوشکاری را می‌توان جز صنایع مادر شناخت زیرا هیچ وسیله‌ای را نمی‌توان یافت که محتاج به نوعی اتصال‌دهنده نباشد و از نظر تاریخچه ریشه تاریخی آن به انسان‌های نخستین می‌رسد. در عصر برنج به وسیله حرارت فلز برنج را فرم داده و به وسیله میخ

پرچ یا کوبیدن فلز به همدیگر متصل می‌کردند و در عصر فولاد این کار را ادامه می‌دادند تا اینکه شخصی از کشور روسیه در سال ۱۸۷۶ میلادی قوس الکتریکی را اختراع کرد و در سال ۱۹۰۱ شخصی از آمریکا جوشکاری با قوس الکتریکی با الکتروود مصرف شدنی بدون درپوش به انجام رساند. همچنین در سال ۱۹۰۲ شخصی به نام اسکار از سوئد الکتروود روپوش‌دار را اختراع کرد که این اختراع تحول عظیمی در صنعت به وجود آورد.

۲-۳ گروه‌های مختلف جوشکاری

- لحیم کاری
- جوشکاری فشاری و پرسی
- جوشکاری ذوبی
- جوشکاری زرد

چون مواد و فلزات تشکیل دهنده و جوش دهنده و گیرنده از لحاظ متالورژیکی بایستی دارای خصوصیات مناسب باشند، بنابراین جوشکاری از لحاظ متالورژیکی بایستی مورد توجه قرار گیرد که آیا قابلیت متالورژی و فیزیکی جوشکاری دو قطعه مشخص است؟ پس از قابلیت متالورژی، آیا قطعه‌ای را که ایجاد می‌کنیم، از لحاظ مکانیکی قابل کاربرد و سالم است؟

آیا می‌توانیم امکانات و وسائل برای نیازها و شرایط مخصوص این جوشکاری، مثلاً گاز و دستگاه را ایجاد نمائیم و بر فرض، ایجاد نیرو در درجه حرارت بالا یا ضربه زدن در درجه حرارت پایین ممکن باشد؟ زیرا استانداردهای مکانیکی و مهندسی و صنعتی جوشکاری باید در تمام این موارد رعایت شود تا جوش بدون شکستگی و تخلخل و یا نفوذ سرباره و غیره انجام گیرد. در جوشکاری تخصصی و اصولاً تمام انواع جوش، قابلیت جوش خوردن فلزات را باید دقیقاً دانست. در مورد مواد واسطه و الکتروود و پودر جوش، باید دقت کافی نمود. محیط لازم قبل و در حین جوشکاری و پس از جوشکاری را مثلاً در مورد چدن، باید به وجود آورد.

گازهای دستگاه‌های مناسب و انتخاب فلزات مناسب از لحاظ ذوب در کوره ذوب آهن و بعد در حین جوشکاری از لحاظ جلوگیری از صدمه گاز - آتش و مشعل

و برق و هوای محیط و وضعیت جسمانی و زندگی جوشکار، خود نکات اساسی دیگر هستند که مشکلات جوشکاری می‌باشند

مشکلات و گرفتاری‌های صنعت جوشکاری

جوشکاری در حقیقت ایجاد کارخانه ذوب آهن و فلزات در مساحتی حداکثر ۲×۲ متر و نقطه حساس جوشکاری چند سانتیمتر است، زیرا همان درجه حرارت کارخانه ذوب آهن در محل جوشکاری در یک نقطه ایجاد می‌گردد. مسلم است که چنین کار عظیمی احتیاج به ابتکار و تخصص و مواد و متخصص و وسائل مدرن دارد تا بتوان از این ذوب آهن چند سانتیمتری استفاده صحیح نمود.

عوارض و سوانح ناشی از عوامل فیزیکی مربوط به جوشکاری

در موقع جوشکاری، از عوامل فیزیکی مورد تأثیر یا حاصل از عمل جوشکاری ممکن است خطراتی متوجه جوشکار شود که در:

*دسته اول: برق گرفتگی

*دسته دوم: سوختگی

*دسته سوم: ورود اجسام خارجی به داخل چشم و تأثیر اشعه بر جسم انسان را می‌توان نام برد.

برق گرفتگی و عوارض حاصل از تأثیرات جریان برق

مسلم است اگر نقصی در سیم‌کشی و سائل برقی که برای جوشکاری با برق بکار می‌روند، وجود داشته باشد یا جوشکار نکات ایمنی لازم مربوط به برق را مراعات ننماید، خطر برق گرفتگی برای او وجود خواهد داشت و چنانچه جوشکار در ارتفاع مشغول جوشکاری باشد، مخاطرات حاصله از سقوط و در نتیجه شوک - ضربه الکتریکی نیز بر ضایعات حاصل از برق گرفتگی افزوده خواهد شد.

نشانه‌های حاد و فوری برق گرفتگی از مور مور شدن و یا شوک خفیف تا شوک شدید و قطع تنفس و متزلزل شدن ضربان قلب و عاقبت به مرگ منجر می‌شود. هنگامی که برق گرفتگی، ایجاد شوک نماید و شخص در ارتفاع مشغول کار است، خطر

سقوط و افتادن از ارتفاع روی زمین و روی وسایل و ماشین و غیره، باعث پیدا شدن جراحات شدید شده، وضع مصدوم را وخیم خواهد ساخت. بنابراین پیشنهاد می‌شود حتی‌المقدور جوشکاری را در سطح پایین انجام داد.

شدت ضایعات و مخاطرات حاصل از برق‌گرفتگی، بستگی به عوامل زیر دارند: نوع جریان برق: اصولاً در هر ولتاژی، جریان برق متناوب AC، خطرناکتر از جریان برق DC مستقیم می‌باشد و یا به عبارت دیگر، خطر شوک الکتریکی در جریان متناوب بیشتر است. در حالیکه خطر سوختگی در جریان مستقیم نیز بیشتر است. تأثیر ولتاژ: شدت شوک الکتریکی حاصل از برق‌گرفتگی، بستگی به میزان ولتاژ برق مربوط به آن دارد و هرچه ولتاژ بیشتر باشد، شدت شوک حاصله بیشتر خواهد بود. در هر صورت ولتاژ بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ ولت که ولتاژ معمولی برق شهر است، خطرناک بوده، اغلب ضایعات شدید به‌وجود آورده، ممکن است سبب مرگ شود. شدت جریان: شدت جریان ۱۵ تا ۲۰ میلی‌آمپر با فرکانس ۵۰ HZ ولتاژ بالا ممکن است باعث چسبیدن دست مصدوم به سیم برق شده، مانع رهایی وی گردد. این امر ممکن است تا موقع رسیدن نجات‌دهنده ادامه یابد. در این جریان ممکن است ضایعات کشنده‌ای ایجاد شود.

فرایندهای جوشکاری با قوس الکتریکی

جریان الکتریکی از جاری شدن الکترون‌ها در یک مسیر هادی به‌وجود می‌آید. هرگاه در مسیر مذکور یک شکاف هوا (گاز) ایجاد شود جریان الکترونی و در نتیجه جریان الکتریکی قطع خواهد شد. چنانچه شکاف هوا باندازه کافی باریک بوده و اختلاف پتانسیل و شدت جریان بالا، گاز میان شکاف یونیزه شده و قوس الکتریکی برقرار می‌شود. از قوس الکتریکی به‌عنوان منبع حرارتی در جوشکاری استفاده می‌شود. روش‌های جوشکاری با قوس الکتریکی عبارت‌اند از:

جوشکاری با الکتروستاتی پوشش دار SMAW

جوشکاری زیر پودری SAW

جوشکاری با گاز محافظ یا GMAW یا MIG/MAG

جوشکاری با گاز محافظ و الکتروتنگستنی یا GTAW یا TIG

جوشکاری پلاسما

الکترودهای جوشکاری

تعریف: الکتروده مفتولی است فلزی که دور تا دور آن با مواد شیمیایی پوشش داده شده است.

قطر الکتروده: عبارت است از قطر مغزی آن.

جنس روپوش الکتروده: معمولاً از مقداری آهک - اکسید سدیم - سلولز - روتیل - آزبست - خاک رس و مقداری دیگر از مواد گوناگون تشکیل شده است.

تقسیم‌بندی الکترودها: الکتروده معمولاً از دو نظر تقسیم‌بندی می‌گردند:

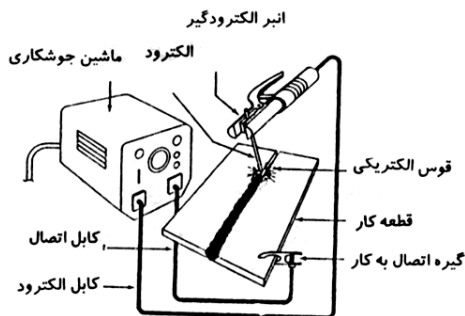
تقسیم‌بندی الکترودها از نقطه‌نظر روپوش.

تقسیم‌بندی الکترودها از نقطه‌نظر جنس مغزی.



ابزارآلات مورد نیاز جوشکاری برق

برای انجام عمل جوشکاری تجهیزات زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در پایین به تعدادی از آنها اشاره خواهد شد که با استفاده از آنها جوشکاری انجام می‌شود. در شکل زیر شکل شماتیک جوشکاری را با استفاده از تجهیزات آن نشان می‌دهد.



ماسک جوشکاری

جوش برق به علت جرقه قوی و اشعه ماوراء بنفش بشدت به چشم صدمه زده و چندین مرتبه نگاه کردن با چشم غیر مسلح کافی است که عوارض و درد چشم را به همراه داشته باشد. که می توان از کمپرس آب سرد و غیره استفاده کرد. شیشه های عینکی در جوشکاری برق شماره گذاری شده و بر طبق جدول بایستی انتخاب شوند و طوری باشند که به سختی بتوان دور یک چراغ را تشخیص داد و به صورت انواع ماسک های دستی - صورتی و کلاهی ساخته شده اند. برای راحتی کارکردن و نیز کار در محل های سخت انواع ماسک ها با تجهیزات مختلف استفاده می گردد.



شماره عینک و ماسک جوشکاری	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴
موارد استفاده	گرمکاری قطعات و انعکاس نور	لحیم نرم با شعله استیلین	لحیم سخت با شعله استیلین	جوشکاری و برشکاری سبک استیلین	جوشکاری اکسی استیلین	جوشکاری سنگین گاز، برشکاری و برق تا ۱۷۵ آمپر	جوشکاری و برش برق بین ۲۵۰ تا ۷۵ آمپر	جوشکاری و برشکاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	جوش و برش با الکتروود کرنی

عینک جوشکاری

نور شدیدی که به وسیله شعله اکسی استیلن تولید می شود چنانچه با چشم غیر مسلح به آنها نگاه کنیم سبب صدمه زدن به بافتهای چشم می گردد بنابراین باید همیشه یک عینک مناسب با شیشه رنگی که مورد تأیید متخصص است به کار برد و مقدار تیرگی عینک باید طوری باشد که نور به اندازه لزوم جهت دیدن کار از آن عبور کند و چنانچه پس از برداشتن عینک از چشم نقاط سفیدی در حال جنب و جوش در برابر چشم دیده شوند. شیشه همه نورهای مضر را جذب نمی کند.



الکترو د گیر و اتصال

اتصالات و الکترو د گیرها نیز با ساختمانهای متفاوت طراحی گردیده اند و فنر الکترو د گیر را نباید حرارت داد و بهتر است وقتی الکترو د تا طول ۵ سانتی متر باقیمانده آن را تعویض نمود که صدمه به انبر گران قیمت جوشکاری نزنند.

گیره های مختلف اتصال به میز، اتصال تمیز و صحیح برای عبور جریان یکی از موارد مهم در جوشکاری برق می باشد. در دنیای صنعتی فعلی مساله وسایل اندازه گیری دقیق بسیار مهم می باشد و حتی وسایل اندازه گیری الکترونیکی ساخته شده اند. قبل از هر چیز بایستی جوشکار توجه کند که عدم دقت های قدیمی را به کنار گذارده و هر طرح و ساخته وی بایستی - مقاوم متناسب با وضع درخواستی و با حداقل مواد گران مصرفی باشد.



دستکش‌ها و لباسهای حفاظتی جوشکاری

استفاده از دستکش و پیش بند چرمی در هر نوع جوش برق و گاز ضروری است و پیشنهاد می‌شود زیرا ذرات مذاب فلز بر روی بدن و سر و صورت جوشکار پرتاب شده و سبب سوختگی بدن می‌گردد. توجه نمائید بهیچ وجه در حین جوشکاری از لباسهای پشمی استفاده نکنید و نیز برای جلوگیری از صدمات جرقه در حین جوشکاری از کلاه جوشکاری یا ماسک کلاه دار جوشکاری استفاده می‌گردد که سر و صورت را در مقابل ضربات احتمالی حفظ می‌نماید.



چکش جوش و برش

از چکش برای برطرف نمودن شلاکه (گل جوش) استفاده می‌شود و برس برای تمیز نمودن سطح جوش از شلاکه جهت جوشکاری بعدی است.



انواع جوشکاری

انواع جوشکاری عبارت است از:

جوش قوس الکتریکی

نقطه جوش

جوشکاری فلزات رنگین

لحیم کاری

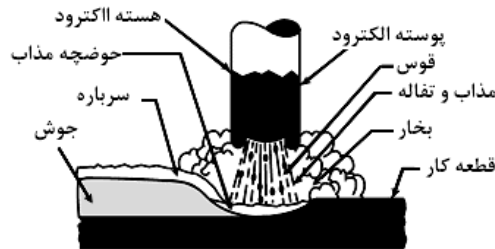
جوشکاری و برشکاری در زیر آب

انواع جوشکاری مدرن در صنایع نظامی

جوشکاری پلاستیک

جوش قوس الکتریکی

جوشکاری قوس الکتریکی یکی از متداولترین روشهای اتصال قطعات کار می باشد، ایجاد قوس الکتریکی عبارت از جریان مداوم الکترون بین دو الکترود و یا الکترود و کار بوده که در نتیجه آن حرارت تولید می شود. باید توجه داشت که برای برقراری قوس الکتریک بین دو الکترود و یا کار و الکترود وجود هوا و یا یک گاز ضروری است. به طوری که در شرایط معمولی نمی توان در خلاء جوشکاری نمود.



در قوس الکتریکی گرما و انرژی نورانی در مکانهای مختلف یکسان نبوده به طوریکه تقریباً ۴۳٪ از حرارت درآند و تقریباً ۳۶٪ در کاتد و ۲۱٪ بقیه به صورت قوس ظاهر می شود. دمای حاصله از قوس الکتریکی به نوع الکترودهای آن نیز وابسته است به طوری که در قوس الکتریکی با الکترودهای ذغالی تا ۳۲۰۰ درجه سانتیگراد در کاتد و تا ۳۹۰۰ در آند حرارت وجود دارد. دمای حاصله در آند و کاتد برای الکترودهای فلزی حدوداً ۲۴۰۰ درجه سانتیگراد تا ۲۶۰۰ درجه تخمین زده شده است. در این شرایط درجه حرارت در مرکز شعله بین ۶۰۰۰ تا ۷۰۰۰ درجه سانتیگراد می باشد از انرژی گرمائی حاصله در حالت فوق فقط ۷۰٪ تا ۶۰٪ در قوس الکتریک مشاهده گردیده که صرف ذوب کردن و عمل جوشکاری شده و بقیه آن یعنی ۳۰٪ تا ۴۰٪ به صورت تلفات گرمایی به محیط اطراف منتشر می گردد.

طول قوس شعله Arc length بین ۸/۰ تا ۶/۰ قطر الکتروود می باشد و تقریباً ۹۰٪ از قطرات مذاب جدا شده از الکتروود به حوضچه مذاب وارد می گردد و ۱۰٪ باطراف پراکنده می گردد. برای ایجاد قوس الکتریکی با ولتاژ کم بین ۴۰ تا ۵۰ ولت در جریان مستقیم و ۶۰ تا ۵۰ ولت در جریان متناوب احتیاج می باشد ولی در هر دو حالت شدت جریان باید بالا باشد نه ولتاژ.

انتخاب صحیح الکتروود برای کار

انتخاب صحیح الکتروود برای جوشکاری بستگی به نوع قطب و حالت درز جوش دارد مثلاً یک درز V شکل با زاویه کمتر از ۴۰ درجه با ضخامت زیاد حداکثر با قطر اینچ که معادل ۲ میلیمتر است برای ردیف اول گرده جوش استفاده می گردد تا کاملاً در عمق جوش نفوذ نماید. ولی چنانچه از الکتروود با قطر بیشتر استفاده شود مقداری تفاله در ریشه جوش باقی خواهد ماند. که قدرت و استحکام جوش را تقلیل می دهد.

انتخاب صحیح الکتروود از نظر قطر

بایستی توجه داشت که همیشه قطر الکتروود از ضخامت فلز جوشکاری کمتر باشد هر چند که در بعضی از کارخانجات تولیدی عده ای از جوشکاران الکتروود با ضخامت بیشتر از ضخامت فلز را به کار می‌برند. این عمل بدین جهت است که سرعت کار زیادتر باشد ولی انجام آن احتیاج به مهارت فوق العاده جوشکار دارد.

همچنین انتخاب صحیح قطر الکتروود بستگی زیاد به نوع قطب (+ یا -) و حالت درز جوش دارد مثلاً اگر یک درز V شکل با زاویه کمتر از ۴۰ درجه باشد بایستی حداکثر از الکتروود با قطر پنج شانزدهم اینچ برای ردیف اول گرده جوش استفاده کرد تا کاملاً بتوان عمق درز را جوش داد. چنانچه از الکتروود با قطر زیادتر استفاده شود مقداری تفاله در جوش باقی خواهد ماند که قدرت و استحکام جوش را به‌طور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد داد.

در حین جوشکاری گاهی اوقات جرقه‌هایی به اطراف پخش می‌شود که دلایل آن چهار مورد زیر است.

ایجاد حوزه مغناطیسی و عدم کنترل قوس الکتریکی
از دیاد فاصله الکتروود نسبت به سطح کار
آمپر بیش از حد یا آمپر بالای غیر ضروری
عدم انتخاب قطب صحیح برای جوشکاری

اطلاعات پاکت الکتروود

مطابق استاندارد پاکت‌ها و کارتهای الکتروود بایستی علامت‌ها و نوشته‌هایی داشته باشند که حتی المقدور مصرف کننده را در دسترسی به کیفیت مطلوب جوش راهنمایی و یاری نمایند.

در روی پاکت الکتروود علاوه بر نام کارخانه سازنده، نوع جنس نیز درج می‌شود که برای مصرف صحیح حائز اهمیت است.

هر پاکت الکتروود بایستی علاوه بر اسم تجارتي الکتروود، طبقه‌بندی آن الکتروود را حداقل طبق یکی از استانداردهای مهم بیان نماید. برای آگاهی از طول زمان ماندگی الکتروود در کارخانه، بازار یا انبار و غیره. شماره ساخت یا تاریخ تولید روی پاکت

نوشته یا مهر زده می‌شود. قطر سیم مغزی الکتروود مصرف کننده را در کاربرد صحیح آن با توجه به ضخامت فلز، زاویه سیار، ترتیب پاس و غیره راهنمایی می‌کند. نوع جریان برق از اینکه جریان دائم یا جریان متناوب لازم است (با موتور ژنراتور یا ترانسفورماتور می‌توان جوش داد) یا هر دو و در جریان دائم نوع اتصال قطبی بایستی یا به عبارت یا علامت روی پاکت درج شود. حالت یا حالتی از جوشکاری که این الکتروود در آن حالت یا حالات مناسب است روی پاکت بیان می‌شود.

درج حدود شدت جریان برق (برحسب آمپر) جهت انتخاب اولیه (تنظیم دقیق شدت جریان ضمن جوشکاری با توجه به عوامل مختلف انجام می‌شود) ضروری است. وزن الکتروودها یا تعداد الکتروود داخل هر بسته روی پاکت یا بر حسب آن درج می‌شود. نوشتن مواردی که در بالا به آن اشاره شد، روی پاکت مطابق بیشتر استانداردها اجباری است.

همچنین خواص مکانیکی و شیمیایی، وضعیت ذوب و کیفیت قوی، نحوه نگهداری و انبار کردن، درجه حرارت خشک کردن، مواد استعمال بخصوص و پاره ای توصیه‌های دیگر در روی پاکت برای آگاهی مصرف کننده چاپ شده و یا مهر زده می‌شود.

الکتروودها

الکتروودهایی که در جوش اتصال فولاد به کار برده می‌شوند مفتولهای مغزی با آلیاژ یا بدون آلیاژ دارند که جریان جوش را هدایت می‌کند. شعله برق بین قطعه کار و سرآزاد الکتروود می‌سوزد و الکتروود به عنوان یک ماده اضافی ذوب می‌شود. الکتروودهای نرم شده دارای علائم اختصاری بوده (دین ۱۹۱۳) که روی بسته بندی آنها نوشته شده است. علائم اختصاری تمام نکات مهمی که در به کار بردن آن الکتروود باید مراعات شوند نشان می‌دهند.

مشخصات الکتروودها

در جوشکاری مشخصات الکتروودها با یک سری اعداد مشخص می‌گردند. اعداد

مشخصه به ترتیب زیر می باشد.

E 60 10

E = جریان برق

60 = کشش گرده جوش برحسب پاوند بر اینچ مربع

1 = حالات مختلف جوشکاری

0 = نوع جریان می باشد.

علامت اول

در علائم الکتروود بالا E مشخص می نماید که این الکتروود برای جوشکاری برق بوده با استفاده می شود. (بعضی از الکتروودهای پوشش دار هستند که در جوشکاری با اکسی استیلن از آنها استفاده می شوند مانند FC18)

علامت دوم

عدد ۶ و ۰ یعنی مشخصه فشار کشش گرده جوش برحسب پاوند بر اینچ مربع (Ib/in²) بوده بایستی آن را در ۱۰۰۰ ضرب نمود یعنی فشار کشش گرده جوش این نوع الکتروود ۶۰۰۰۰ پاوند بر اینچ مربع است.

علامت سوم

حالات جوش را مشخص می کند که همیشه این علامت ۱ یا ۲ یا ۳ می باشد. الکتروودهایی که علامت سوم آنها ۱ باشد در تمام حالات جوشکاری می توان از آنها استفاده کرد. و الکتروودهایی که علامت سوم آنها عدد ۲ می باشد در حالت سطحی و افقی مورد استفاده قرار می گیرند. الکتروودهایی که علامت سوم آنها ۳ باشد تنها در حالت افقی مورد استفاده قرار می گیرند.

علامت چهارم

خصوصیات ظاهری گرده جوش و نوع جریان را مشخص می نماید که این علائم از ۰ شروع و به ۶ ختم می گردند.

چنانچه علامت چهارم یا آخر صفر باشد موارد استعمال این الکترودها تنها با جریان مستقیم یا DC و با قطب معکوس می‌باشد. نفوذ این جوشکاری زیاد و شکل مهره‌های جوش آن تخت و درجه سختی گرده جوش تقریباً زیاد می‌باشد.

چنانچه علامت چهارم یک باشد موارد استعمال این الکترودها با DC، AC، می‌باشد. شکل ظاهری جوش این الکترودها صاف و در شکاف‌ها و درزها کمی مقعر و درجه سختی جوش کمی زیاده‌تر از گرده اول است. ($AC =$) جریان متناوب و $DC =$ جریان مستقیم می‌باشد.)

اگر علامت چهارم ۲ باشد موارد استعمال الکترودها با AC، DC می‌باشد. نفوذ جوش متوسط و درجه سختی جوش کمی کمتر از دو گروه قبل می‌باشد نمای ظاهری آن محدب است.

اگر علامت چهارم ۳ باشد این الکترودها را می‌توان با جریان AC متناوب یا جریان مستقیم به کار برد. درجه سختی گرده جوش این الکترودها کمتر از دو گروه اول و دوم و کمی بیشتر از گرده سوم می‌باشد و نیز در دارای قوس الکتریک خیلی آرام و نفوذ کم و شکل مهره‌های آن در درزهای شکل محدب می‌باشد.

اگر علامت چهارم ۴ باشد این الکترودها را می‌توان با جریان DC، AC به کار برد. موارد استعمال این الکترودها برای شکاف‌های عمیق یا در جایی که چندین گرده جوش به روی هم لازم است می‌باشد.

چنانچه علامت آخر ۵ باشد مشخصه این علامت این است که فقط جریان DC مورد استفاده قرار می‌گیرد و موارد استعمال آن در شکاف‌های باز و عمیق است. درجه سختی گرده جوش این الکترودها کم و دارای قوس الکتریک آرامی است و پوشش شیمیایی آن از گروه پوشش الکترودهای بازی است.

چنانچه علامت آخر ۶ باشد. خواص و مشخصه آن مطابق گروه ۶ است با این تفاوت که با جریان AC مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الکترودها در جوش قوس الکتریکی

انواع قوس‌ها در جوشکاری با قوس الکتریکی

تهیه قوس الکتریک به دو صورت با الکترودهای مصرفی و یا با الکترودهای

غیرمصرفی مثلاً الکترودهای ذغالی و تنگستنی انجام می‌گیرد. قوس الکتریک را می‌توان هم با جریان مستقیم و هم با جریان متناوب ایجاد کرد. ولی عملاً دیده می‌شود که جوشکاری با جریان مستقیم راحت تر و بهتر انجام می‌گیرد.

جنس الکترودها در جوشکاری با قوس الکتریک

چنانچه الکترودها از نوع غیر مصرفی باشد الکترودها از کربن، گرافیت یا تنگستن اختیار می‌گردد. الکترودهای کربنی یا گرافیتی مورد استعمالشان فقط در جوشکاری با جریان مستقیم می‌باشد در حالیکه الکترودهای غیرمصرفی از فلز تنگستن یا ولفرام را می‌توان برای هر دو نوع جریان به کار برد.

جنس الکترودها برحسب موارد کاربردشان از مواد گوناگونی ساخته شد و معمولاً شامل تقسیم‌بندی زیر می‌باشد:

فولاد نرم

فولاد پر کربن

فولاد آلیاژی مخصوص

الکترودها چدن

فلزات غیر آهنی

در مورد فلزات غیرآهنی از الکترودها و آلیاژهای مانند مس آلومینیوم - آب نقره برنج و برنز می‌توان نام برد.

ترکیب شیمیایی روپوش الکترودها

روپوش الکترودهای فلزی از مواردی مانند آهک یا اکسید کلسیم CaO فلوئور کلسیم - F_2Ca اکسید سدیم - Na_2O تیتان یا تیتانیم - Ti سلولز روتایل - اجسام الیافی مانند آزبست - خاک رس - سیلیسیم Si پور تالک و مایع سیلیکات سدیم یا پتاسیم و غیره می‌باشد. مقدار وزن پوشش نسبت به الکترودها ۲۵٪ تا ۵٪ وزن الکترودها و نقطه ذوب مجموعه مواد تشکیل دهنده بایستی کمتر از فلز یا آلیاژ سازنده الکترودها جوشکاری باشد.

فاصله الکترودها را نباید از کار زیاد نمود تا الکترودها نتواند با گازهای متصاعده از

روپوش خود منطقه ذوب را نگهداری کند و در برابر تاثیر گازهای خارجی محافظت بنماید.

اثرات الکتروود شامل موارد زیر است:

اگر روپوش الکتروود فاسد یا مرطوب شود قوس الکتریکی پیوسته انجام نمی‌شود و بایستی الکتروودها را که دارای مواد آهکی هستند در درجه حرارت بین ۸۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد در خشک‌کننده الکتروود قرار داد تا از فساد پوشش آنها جلوگیری شود.

حفظ ناحیه جوش از اکسیده شدن و تاثیر ازت و ایجاد اکسید فلزی.

خارج راندن مواد مضر از ناحیه جوش زیرا پوشش الکتروود ذوب شده و در روی ناحیه مذاب به صورت محافظی قرار می‌گیرد و چنانچه مواد زیان بخش در داخل مذاب باشد آنها را بطرف بالا می‌کشد.

تقسیم‌بندی الکتروودها از نظر پوشش شیمیایی

دانستن دقیق پوشش الکتروودها اغلب جزء اسرار کارخانجات سازنده می‌باشد و برحسب مقدار درصد مواد و نوع ترکیبات شیمیایی کاملاً متفاوت هستند. به‌طوری‌که بعضی از الکتروودها برای کار خاصی ساخته شده‌اند چنانچه اگر برای جوش دادن کارهای دیگر مصرف شوند مقاومت دلخواه جوشکاری به دست نخواهد آمد. الکتروودها از نقطه نظر پوشش به سه گروه اصلی زیر تقسیم می‌شوند.

الکتروودهای اسیدی

الکتروودهای روتاییلی

الکتروودهای بازی

که از اسم آنها می‌توان به ترکیبات آن پی برد.

انواع گرده جوش در جوش برق

طریقه ایجاد قوس الکتریکی با دست

برای ایجاد قوس الکتریکی مانند نوک زدن مرغ عمل می‌نماییم و الکتروود را به کار نزدیک کرده و پس از برقراری شعله آن را در فاصله‌ای بین ۲ تا ۳ میلیمتر نسبت به کار

نگه می‌داریم و صدای یکنواخت معرف تنظیم بودن جریان جوش می‌باشد. در جوشکاری تخت الکتروود با زاویه تمایل بین ۱۵ تا ۲۰ درجه نسبت به خط قائم قرار دارد و با تغییراتی در این زاویه می‌توان تغییراتی در گروه و نوع جوش به وجود آورد. برای پر کردن با حرکات مختلفی که به الکتروود می‌دهند عمل می‌شود. انواع مختلف حرکت الکتروود وجود دارد که برای پر کردن درز جوش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱. پر کردن در امتداد محور الکتروود

پر کردن درز جوش به صورت شکسته و بسته

پر کردن درز جوش به طور زیگزاگ

پر کردن درز جوش با نوسان دایره ای

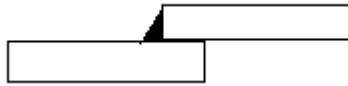
که ۲۱ برای کارهای معمولی و لبه‌های کار اختیار می‌شود، و ۴ و ۳ به وسیله گرم نگه داشتن لبه‌های اتصال مانع خنک شدن حوضچه مذاب گردیده و در نتیجه موجب افزایش نفوذ گرده جوش می‌گردد. در جوشکاری چند پاس بایستی هر پاس که جوشکاری می‌شود به وسیله چکش و برس تمیز گردد و سپس پاس بعدی جوش داده شود.

انواع اتصالات جوشکاری

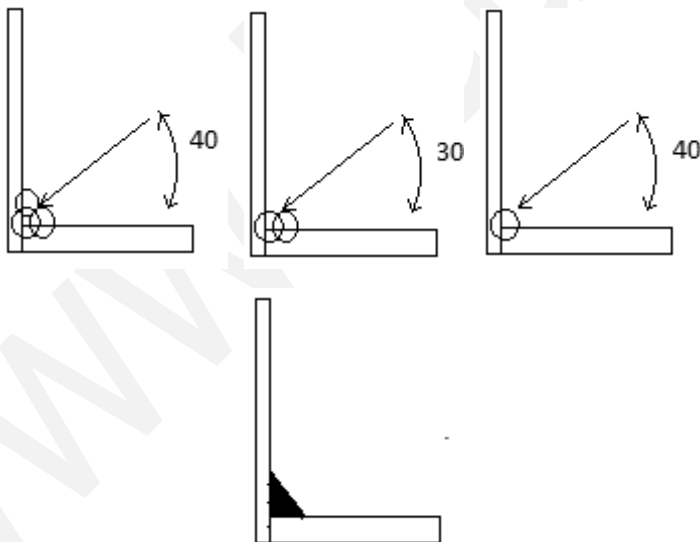
جوشکاری لب به لب: در این حالت لبه قطعه کار روبه روی لبه دیگر قطعه کار قرار می‌گیرد که لازم است فاصله بین دو قطعه کار را رعایت نمود. از ابتدا و انتها خال جوش زده و سپس جوشکاری انجام می‌شود. در این نوع جوشکاری از فرم‌های استاندارد می‌توان استفاده کرد که می‌توان به موارد V, K, U, X و ... اشاره کرد.



جوشکاری روی هم: در این حالت لبه قطعه کار بالای لبه دیگر قطعه کار سوار می‌شود و جوشکاری انجام می‌گیرد. زاویه الکتروود باید طوری قرار گیرد که مذاب بیشتر در روی قطعه پایینی سرازیر شود.

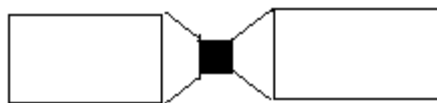


جوشکاری گوشه ای: چنانکه از اسم این حالت مشخص است قطعه کار بر قطعه کار دیگر به صورت عمود قرار می گیرد. اگر ضخامت هر دو قطعه به یک اندازه باشد الکتروود نیمساز زاویه شده و با حرکت زیگززاگ جوشکاری انجام می شود در این حالت می توان از جوش چند پاسه هم استفاده کرد. در جوشکاری چندپاسه آمپر را کمی پایین تر انتخاب می کنند. مقدار آمپر معمولاً بین ۱۵ تا ۱۹۰ انتخاب می شود. زاویه الکتروود در پاس اول ۴۰ درجه در پاس دوم ۳۰ درجه، در پاس سوم ۴۰ درجه و در پاس های چهارم، پنجم و ششم به ترتیب ۴۰، ۵۰، ۴۰ درجه انتخاب می شود. مدل جوشکاری هم مثل قرار گرفتن لوله در روی یکدیگر می باشد. در شکل های زیر مدل جوشکاری نشان داده شده است.



از راست به چپ جوشکاری یک پاسه، دوپاسه و سه پاسه لازم به ذکر است که اگر ضخامت قطعه کارها با همدیگر برابر نباشند در این صورت قطر الکتروود میانگین آنها انتخاب می شود.

حالت جوشکاری پیشانی: در این حالت دو قطعه از طرف پیشانی پخ دار شده و در کنار هم برای جوشکاری آماده می شوند.



حالت‌های جوشکاری:

۱. **حالت تخت:** در این حالت زاویه الکتروود از جهت پاشش مذاب به اندازه ۷۰ درجه باید رعایت شود. دلیل این زاویه جدایش پوسته از فلز می‌باشد

۲. **حالت افقی:** در حالت افقی قطعه کار عمود بر زمین و شیار موازی زمین قرار می‌گیرد. در این حالت دو زاویه بر الکتروود داده می‌شود. زاویه ای از طرف راست به اندازه ۷۰ که این زاویه نقش زاویه ۷۰ حالت تخت را بازی می‌کند و زاویه دیگر به اندازه ۷۰ از قسمت پایین قطعه کار گرفته می‌شود. این زاویه جهت جلوگیری از ریزش مذاب استفاده می‌شود.

۳. **حالت جوشکاری قائم:** این نوع جوش دادن معمولاً مشکل می‌باشد زیرا حوضچه مذاب متمایل می‌باشد که به سمت پائین حرکت کند و بدین جهت الکتروود از پائین به طرف بالا در نظر گرفته می‌شود و برای ورق‌های نازکتر از ۱/۵ میلیمتر نمی‌توان استفاده کرد. در این حالت جهت جلوگیری از ریزش مذاب ۷۰ درجه به الکتروود از سطح پایین قطعه کار زاویه داده می‌شود و ضمناً آمپر نیز تقریباً به مقدار ۱۰ یا ۱۵ درصد کمتر انتخاب می‌شود.

۴. **حالت جوش بالای سر:** در این نوع جوشکاری باید قوس الکتریکی ایجاد شده خیلی کوتاه و الکتروود دارای روپوش دیرگذاری باشد تا بتواند پوششی مناسب بر روی حوضچه مذاب به وجود آورد و از چکیدن قطرات فلز ذوب شده جلوگیری کند. در جوشکاری قوس الکتریک گرمای ایجاد شده مابین انتهای الکتروود لبه‌های صفحات را ذوب نموده و قطرات فلز مذاب را سر الکتروود با سرعتی در حدود ۴۰ متر بر ثانیه جدا می‌شوند که حد میانگین آنها بین ۱۰ تا ۲۰ قطره در هر ثانیه می‌باشد. در این حالت چون مذاب به طرف پایین سرازیر می‌شود جهت جلوگیری از ریزش آن آمپر را ۲۰ درصد کمتر انتخاب می‌کنند و زاویه‌ای به اندازه ۷۰ درجه خلاف جهت پاشش گرفته می‌شود. همچنین فقط در این حالت می‌توان الکتروود را از انتهایی‌ترین

قسمت خم کرد. جوشکار در این حالت باید حتما لباس مخصوص بپوشد تا در معرض مذاب خطری آن را تهدید نکند.

روکشی فلزات

قطعات ماشین آلات پس از مدتی کار شکستگی‌های مختصر یا سائیدگی‌های کمی پیدا می‌نمایند به‌طوری که نمی‌توان با آنها کارکرد یا تولرانس لازم برای کار را ندارند و چنانچه به‌کار گرفته شوند سبب صدمات بیشتر به ماشین آلات شده و چنانچه دور ریخته شوند از نظر اقتصادی تهیه آنها مقرون به صرفه نمی‌باشد لذا می‌توان با سیستم پاشش فلزات قشر نازکی در روی آنها ایجاد نمود که مانع لق خوردن شده یا شکستگی حاصله را تصحیح نماید - دستگاه‌های مختلفی برای پاشش فلزات در صنایع مدرن وجود دارد.

ماشین‌های جوشکاری

ماشین‌های جوشکاری به دو نوع ماشین‌های جوشکاری با جریان مستقیم و متناوب تقسیم می‌شوند که به شرح زیر می‌باشد:

ماشین‌های جوشکاری جریان مستقیم

ماشین‌های جوشکاری جریان متناوب

ماشین‌های جوشکاری با جریان مستقیم که در آنها قوس الکتریکی با جریان مستقیم ایجاد می‌شود شامل انواع زیر می‌باشد.

الف) یک الکتروموتور جریان سه فاز توان لازم را از جریان سه فاز گرفته و دینامو یا محور مولد جریان مستقیم را به حرکت درآورده و در نتیجه جریان و ولتاژ یک طرف و با آمپر ضروری تولید می‌گردد که بسته به آمپراژ یک انبری یا چند انبری است.

این دستگاه‌ها قدرتی بین ۹ تا ۷ کیلو وات ایجاد می‌کنند و ولتاژ آن از ۳۰ ولت به بالا و شدت جریانی تا ۲۸۰ آمپر را ایجاد می‌سازند. و چنانچه چند انبره باشد ولتاژی برابر با ۶۰ ولت دارد و شدت جریان بالا را تولید می‌نماید.

ب) ماشین‌های جوشکاری جریان مستقیم که به وسیله موتور احتراقی به حرکت

درمی آیند یا دستگاه جوش سیار در این نوع دستگاه‌ها موتور احتراق داخلی که سوخت آن بنزین یا سوخت دیزل می‌باشد به محور موتور ژنراتور یا مولد جریان مستقیم کوپل گردیده است و قدرت آنها حدود ۸ کیلووات و ولتاژ ۳۰ ولت و آمپراژ تا ۲۵۰ آمپر را تولید می‌نماید و در محل‌هایی که فاقد انرژی الکتریکی بوده و یا دسترسی به آن دشوار باشد بکار برده می‌شود و استعمال این نوع دستگاه‌ها در ساختمانها و جوشکاری تیر آهن‌های ساختمانی متداول است.

ماشین‌های جوشکاری جریان متناوب

ماشین‌های جوشکاری با جریان متناوب که در آنها قوس الکتریکی با جریان متناوب ایجاد می‌شود شامل انواع زیر می‌باشد:

ترانسفورماتور یا مبدل جوشکاری جریان یک فاز

ترانسفورماتورهای بخصوص با سه کوپل یا سه سیم پیچ و کوپل تنظیم ولتاژ جوشکاری جریان متناوب با استفاده از ترانسفورماتور جریان سه فاز



نمونه‌ای از ماشین‌های جوشکاری

ترانسفورماتور یا مبدل جوشکاری جریان یک فاز

ترانسفورماتور جوشکاری و قطعه کار می‌باشد و ولتاژهای مختلفی ایجاد می‌نماید که از ۱۱۰-۱۳۰-۲۲۰ و ۳۸۰ و ۵۰۰ ولت می‌باشند و ولتاژ ضروری برای جوشکاری را

ارسال می نماید و ولتاژ مدار ثانویه بین ۵۵ تا ۶۰ ولت می باشد.

ترانسفورماتورهای مخصوص با سه کوپل (همراه کوپل تنظیم ولتاژ):

این نوع ترانسفورماتورها می توانند شدت جریان بالاتری را نسبت به انواع دیگر بالا به دست بدهند و قسمت های آن عبارتند از مدار اولیه - مدار ثانویه و کوپل مربوط به مدار، کوپل یا سیم پیچ تنظیم ولتاژ - کوپل های ۱ و ۲ یعنی سیم پیچ های اولیه و ثانویه فلوی مغناطیسی اصلی را ایجاد می نمایند و کوپل ۳ دارای فلوی در جهت مخالف بوده و به وسیله آن می توان ولتاژهای مختلف را تنظیم نمود و در سه مدل با شدت جریان های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ آمپری ساخته می شوند و علاوه بر جوشکاری دستی چون آمپراژ بالا است در جوشکاری های اتوماتیک نیز به کار برده می شود. در مواقعی که از یک ترانسفورماتور جریان لازم برای جوشکاری اتوماتیک نیز به کار برده می شود. در مواقعی که از یک ترانسفورماتور جریان لازم برای جوشکاری چند محل را تأمین می نماییم ترانسفورماتور سه فازه انتخاب می نمایند و مدار آن را مثلث بسته و ولتاژ لازم در حدود ۶۵ تا ۷۰ ولت تنظیم می شود.

جوشکاری با جریان سه فاز

در این طریقه که هنوز هم متداول است هر یک از دو فاز اصلی مولد به طور جداگانه به دو الکترود روپوش دار که از نظر مدارات الکتریکی باهم موازی هستند متصل می گردد و فاز سوم به قطعه کار وصل می شود و پس از برقراری جریان برق سه قوس الکتریکی ایجاد خواهند شد و دو قوس بین هر کدام از الکترودها و سطح کار و قوس الکتریکی سوم هم بین نوک های الکترودها به وجود می آید.

پیچیدگی Distortion

پیچیدگی و تغییر ابعاد یکی از مشکلاتی است که در اثر اشتباه طراحی و تکنیک عملیات جوشکاری ناشی می شود. با فرض اجتناب از ورود به مباحث تئوریک تنها به این مورد اشاره می کنیم که 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 می شد 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 (Angular distortion) می‌شود. در نظر بگیرید تغییر زاویه‌ای هرچند کوچک در قطعات بزرگ و طویل چه ایراد اساسی در قطعه نهایی ایجاد می‌کند. حال اگر خط جوش در راستای طولی و یا عرضی قطعه باشد اعوجاج طولی و عرضی (Longitudinal shrinkage or Transverse shrinkage) نمایان می‌شود. اعوجاج طولی و عرضی همان کاهش طول قطعه نهایی قطعه می‌باشد. این موارد هم بسیار حساس و مهم هستند.

نوع دیگری از اعوجاج تاول زدن یا طبله کردن و یا قبه (Bowing) 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 ۲-۳ میلیمتر بیشتر شود. بعد از انجام اینکار کاهش ۲۷ میلیمتری در قطعه به وجود آمد. و این یعنی فاجعه. چون اصلاح کاهش طول معمولاً امکان‌پذیر نیست و اگر هم با روش‌های کارگاهی کلکی سوار کنیم تنها هندسه شکل را اصلاح کرده‌ایم و چه بسا حین استفاده از قطعه آن وصله کاری توان تحمل بارهای وارده را نداشته باشد و ایرادات بعدی نمایان شود. بهترین راه برای رفع این ایراد جلوگیری از بروز Distortion است. و (طراح یا سرپرست جوشکاری خوب) کسی که بتواند پیچیدگی قطعه را قبل از جوش حدس بزند و راه جلوگیری از آن را هم پیشنهاد بدهد.

بعضی راهکارهای مقابله با اعوجاج:

۱. اندازه ابعاد را کمی بزرگ‌تر انتخاب کرده... بگذاریم هر چقدر که می‌خواهد در ضمن عملیات تغییر ابعاد و پیچیدگی در آن ایجاد شود. پس از خاتمه جوشکاری عملیات خاص نظیر ماشین کاری... 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 به دست 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 می شود.

۶. در صورت امکان بالا بردن ضخامت چراکه در قطعات با ضخامت کم اعوجاج بیشتر نمود دارد.

۷. تا حد امکان انجام جوش در دوطرف کار حول محور خشی

۸. طرح مناسب لبه مورد اتصال که اگر صحیح طراحی شده باشد می تواند فرضا مصالح جوش را در اطاف محور خشی پخش کند و تاحد زیادی از میزان اعوجاج بکاهد.

۹. به کار بردن گیره و بست و نگهدارنده باری مهار کردن انبساط و انقباض ناخواسته درقطعه

عوامل مهم در به وجود آمدن اعوجاج

۱. حرارت داده شده موضعی، طبیعت 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 انقباضی. 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 تنش های ناشی از جوشکاری شده و در مواردی مقداری از این تنش ها را خشی می کند.

۴. خواص فلز قطعه کار واضح است که در شرایط مساوی طرح اتصال (هندسه جوش) و جوشکاری مواردی مانند میزان 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 تأثیر قابل توجهی در میزان تاب برداشتن دارد. مثلاً در قطعات فولاد آستیتی زنگ نزن مشکل پیچیدگی به مراتب بیشتر از فولاد کم کربن معمولی می باشد.

تمرین جوشکاری شماره ۱

قبل از شروع جوشکاری

- ابتدا از وجود تمامی شرایط مناسب و تجهیزات ایمنی اطمینان حاصل کنید.
۱. ماسک با طلق مناسب و استاندارد
 ۲. انبر جهت گرفتن الکترود برای جلوگیری از شوک‌های الکتریکی احتمالی
 ۳. باید روی زمین خشک جوشکاری کرد.
 ۴. دستکش ایمنی باید از جنس چرم یا پنبه نسوز و کاملاً خشک باشد و اندازه بوده و سر آستین‌ها را بپوشاند.
 ۵. روکش چرمی
 ۶. جوشکاری قوس الکتریکی همراه با پرتاب جرقه به اطراف همراه است و این جرقه‌ها ممکن است باعث اشتعال لباس شود پس، از لباس‌هایی که کمتر قابل اشتعال هستند و در ضمن سبک و بدون درز جیب هستند بهتر است استفاده شود.
 ۷. از قرار دادن وسایل قابل اشتعال مثل شانه پلاستیکی، کبریت، خودنویس... در جیب خودداری کنید.
 ۸. کفش ایمنی
 ۹. فرچه سیمی برای تمیز کردن محل جوشکاری قبل و بعد از جوشکاری
 ۱۰. انبر دستی جهت گرفتن قطعات داغ
 ۱۱. دستگاه جوشکاری مناسب

دستگاه جوشکاری برق

- در جوشکاری برق (قوس الکتریکی) از انرژی الکتریکی برای ذوب کردن محل جوشکاری استفاده می‌شود و از جریان برق مستقیم یا متناوب استفاده می‌شود. بر این اساس دستگاه‌های جوشکاری را به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌کنند.
۱. ترانسفورماتور AC: برق شهر را استفاده می‌کند و ولتاژ آن را کاهش و آمپر آن را افزایش می‌دهد.
 ۲. ژنراتور DC
- الکتریکی: جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می‌کند.

- بنزینی

- گازوییلی

۳. تنظیم و راه اندازی دستگاه های جوشکاری

پس از اطمینان از ایمنی شرایط کارگاه و تجهیزات طبق مراحل زیر دستگاه روشن می شود.

۱. ابتدا باید مطمئن شد انبر الکترو دگیر با قطعه کار یا از میز کار در تماس نیست. در غیر این صورت شروع کار دستگاه با بار مصرفی کامل همراه خواهد شد.

۲. کلید تامین انرژی اصلی را روشن نمایید.

۳. آمپر مناسب را با توجه جنس قطعه کار و قطر الکترو د انتخاب می کنید.

۴. کلید مغناطیسی دستگاه را در حالت روشن قرار دهید.

نکته: در بعضی دستگاه های جوشکاری امکان تنظیم همزمان ولتاژ و آمپر وجود

دارد و در بعضی دیگر امکان تنظیم تنها یکی وجود دارد.

نکته: برای تنظیم آمپر از جدول راهنمای دستگاه جوش باید کمک گرفت.

نکته: انبر سیم اتصال مستقیم از دستگاه جوش به قطعه کار یا میز کار متصل

می شود.

نکته: روپوش انبر الکترو دگیر باید از جنس عایق مناسبی باشد، طوری که بتواند

در برابر حرارت حاصل از قوس مقاومت نموده و نسوزد. دهانه این انبرها دارای

شیارهای مختلفی است تا مغزی فلزی الکترو د امکان قرارگیری تحت زوایای متفاوت

را در آن داشته باشد.

نکته: تهویه هوا در جوشکاری ضروری است.

تنظیم آمپر مصرفی

- هرچه قطر مغزی بزرگ تر باشد آمپر بزرگتر انتخاب می شود.

- نوع پوشش الکترو د

حالت و وضعیت جوشکاری (افقی عمودی و بالاسری) در انتخاب؛ آمپر

مناسب تاثیر دارد.

- ضخامت قطعه کار جوشکاری هرچه قدر بیشتر باشد آمپر را بیشتر انتخاب

می‌کنند.

- معمولاً به ازای هر میلی متر قطر الکتروود شدت جریان ۳۰ الی ۳۵ در نظر گرفته می‌شود.

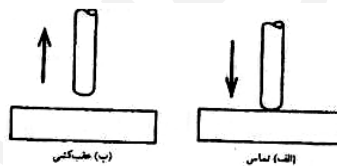
مثلاً قطر الکتروود مصرفی ۲.۵ باشد. حداقل جریان ۱۰۰ و حداکثر جریان ۱۱۵ آمپر می‌باشد.

- جنس الکتروود با قطعه کار باید متناسب باشد.

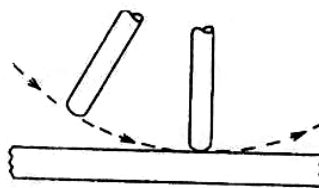
- زاویه الکتروود نسبت به قطعه کار در حالات مختلف جوشکاری متفاوت است.

تمرین جوشکاری شماره دوم: ایجاد قوس الکتریکی

ابتدا باید الکتروود با قطعه کار تماس پیدا کند و بلافاصله آن را طوری عقب می‌کشند تا اینکه قوس الکتریکی مناسب و دلخواه ایجاد گردد. در اوایل ممکن است الکتروود به قطعه کار بچسبد یا اینکه فاصله بین الکتروود و قطعه زیاد باشد و قوس تشکیل نشود. ولی تمرین این مشکل را حل می‌کند.



روش تماسی برای ایجاد قوس



روش خراشی برای ایجاد قوس

ایجاد قوس می‌تواند به دو شکل انجام گیرد:

۱. روش ضربه‌ای: الکتروود را به‌طور عمود با قطعه کار به‌صورت ضربه‌ای تماس داده تا قوس برقرار گردد و الکتروود در اثر ضربه از قطعه فاصله بگیرد. سپس برای حفظ و تداوم قوس فاصله را از قطعه کار تنظیم می‌کنیم.

۲. **روش کبریتی:** در این روش الکتروود را روی قطعه کار مثل کبریت می‌کشند تا قوس ایجاد شود. بعد از ایجاد قوس فاصله آن را تا قطعه کار تنظیم می‌کنند.

تمرین ایجاد خط جوش روی سطح افقی

سطح قطعه کار باید عاری از روغن یا زنگ زدگی باشد در غیر این صورت با کشیدن برس سیمی روی آن را کاملاً تمیز کنید. پس از مصرف مقدار کمی از الکتروود روی یک قطعه غیر قابل مصرف الکتروود را گرم کنید تا روی قطعه کار اصلی نچسبد.

الکتروود ذوب می‌شود و نوک مذاب آن باعث چسبیدنش به قطعه کار سرد می‌شود. اگر این اتفاق افتاد برای جدا کردنش آنرا به سمت چپ و راست تکان دهید و همزمان پیچانید. و به یاد داشته باشید در حین این عمل ماسک را از جلوی صورتتان دور نکنید. اگر الکتروود جدا نشد آن را از انبر جوشکاری رها کنید و جریان برق را قطع کنید و به هر صورت این کارها را سریع و با دقت انجام دهید.

پس از ایجاد قوس با حرکت الکتروود به طرفین گرده جوش در حالت تخت ایجاد می‌گردد. مقدار این نوسان نباید از سه برابر قطر مغزی الکتروود بیشتر باشد. برای الکتروود ۳. ۲۵ محدوده نوسان یک سانتی متر است. همچنین باید شروع و خاتمه جوش باید در امتداد یک خط راست باشد.

در هنگام جوشکاری سرعت حرکت دست باید یکنواخت باشد. اگر سرعت حرکت دست بیش از حد باشد الکتروود فرصت ذوب شدن پیدا نمی‌کند و در نتیجه گرده جوش متخلخل می‌شود و اگر سرعت دست کمتر باشد گرده بیش از حد پهن خواهد شد.

زاویه الکتروود در جوشکاری به حالت تخت نسبت به طرفین عمود و نسبت به خط طولی بین ۷۰ تا ۸۰ درجه باید باشد.

روی ورقی به ضخامت ۶ میلی متر بارعایت تمامی نکات بالا جوشکاری افقی انجام دهید و پس از اتمام جوشکاری در حالی که عینک محافظ به چشم دارید با استفاده از چکش و برس سیمی قطعه را تمیز کنید و عیوب آن را بررسی کنید و همیشه به یاد داشته باشید قطعه کار برای مدت طولانی دمای بالایی خواهد داشت و برای برداشتن آن حتماً از انبر استفاده کنید.

تمرین جوشکاری شماره ۳ جوشکاری افقی

قطعه کار: فولاد نرم به ضخامت (۴-۶) میلی متر

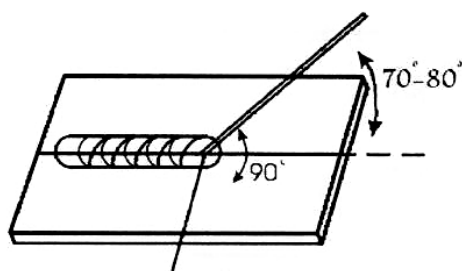
نوع الکترود: E6013 به قطر مغزی ۲.۵ میلی متر

شدت جریان: ۱۰۰-۱۴۰ آمپر جریان AC

زاویه الکترود نسبت به قطعه کار: ۸۰ درجه

ارتفاع جوش: ۱-۲ میلی متر

پهنای جوش: ۶-۱۰ میلی متر



قطعه نمونه جوشکاری شده سطحی

پس از ایجاد قوس، کار جوشکاری را با حرکت الکترود به چپ و راست آغاز کنید. باید دقت شود که الکترود حرکت جانبی نداشته باشد و طول مهره جوش حدوداً ۱۰۰ میلی متر باشد. همچنان که جوشکاری پیش می رود باید مطمئن شد که چاله جوش با فلز پر می شود، سرباره از قوس عقب می ماند و روی فلز جوش رسوب کرده و منجمد می شود. پس از عملیات جوشکاری با استفاده از چکش جوشکاری سرباره را خورده و سپس مهره جوش را با برس سیمی پاک کنید. در حین برداشتن سرباره نباید ضربه به گرده جوش وارد شود. در آخر نیز گرده جوش را از لحاظ شکل و عیوب احتمالی بازرسی نمایید.

بازرسی

گرده حوش باید دارای مهره های منظم و ارتفاع کافی باشند.

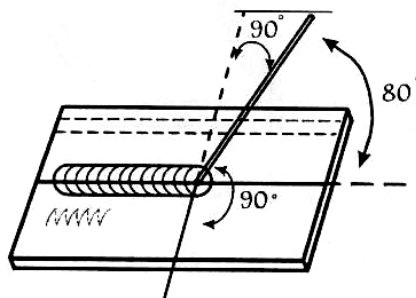
گرده ها باید به موازات یکدیگر باشند.

همه نقاط شروع مجدد قوس بایستی همانند سایر نقاط خطوط جوش باشند.

برای ادامه جوشکاری از انتهای جوش اولیه، باید از بالای قوس آخر شروع کرد. انتهای گرده‌های ایجاد شده باید کاملاً پر شده باشند.

تمرین جوشکاری شماره ۴ جوشکاری لب به لب

قطعه کار: از جنس فولاد نرم به ضخامت ۴ میلی متر
نوع الکتروود: E6013 به قطر مغزی ۳.۲۵ میلی متر (الکتروود رتیلی)
شدت جریان: ۱۴۰-۱۰۰ آمپر، جریان متناوب
زاویه الکتروود از قطعه کار: ۸۰ درجه
ارتفاع جوش: ۱-۲ میلی متر
پهنای جوش: ۱۰-۶ میلی متر



نحوه ساخت گرده جوش در حالت تخت

قبل از شروع کار قطعه‌ها را در ابعاد ۱۵*۱۰ سانتی متر بریده شده‌اند. صاف کرده و دو لبه قطعه کار را در کنار هم قرار دهید. پس از تنظیم دو لبه قطعه کار در کنار هم، دو خال‌جوش در دو انتهای آن به‌طور برعکس جهت نگه داشتن دو قطعه زده شود. پس از تمرین‌های متوالی برای صفحات با ضخامت کم و کسب مهارت کافی می‌توان صفحات ضخیم‌تر را انتخاب کرد. برای صفحات ضخیم‌تر از جوشکاری لب به لب جناغی یک طرفه و دو طرفه استفاده می‌کنند.

جوش باید دارای ظاهری تمیز بوده و گوشه‌های خط آن صاف و یکنواخت باشند. موج‌های ایجاد شده در سطح گرده جوش باید یکنواخت و مساوی باشند.

وضعیت نفوذ گرده جوش را می‌توان از قسمت زیر سطح کار بازدید کرد. در سطح جوش نباید اثری از منافذ ریز دیده شود. در صورت وجود منافذ، با کوتاه کردن طول قوس می‌توان این عیب را برطرف کرد. در این نوع جوشهای مساله امتزاج بسیار مهم است یعنی استحکام کافی بین فلز پرکننده و فلز اصلی داشته باشد. در اطراف گرده جوش نباید ترشحات الکتروود ذوب شده زیاد باشد. دلیل ترشح فلز ذوب شده به اطراف به دلیل زیاد بودن طول قوس، زیاد بودن ولتاژ و بالا بودن آمپر می‌تواند باشد.

تمرین جوشکاری شماره ۵ جوشکاری روی هم

قطعه کار: فولاد نرم به ضخامت ۴ میلی متر

ابعاد قطعه کار: ۱۵۰*۵۰ میلی متر

تعداد قطعه کار: ۲ عدد

مراحل جوشکاری: صاف کردن قطعه کار، تنظیم لبه‌ها، خال‌جوش زدن

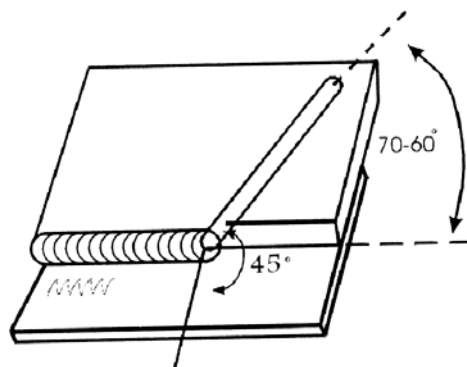
نوع الکتروود: E6013 به قطر مغزی ۳.۲۵ میلی متر

شدت جریان: ۱۴۰-۱۰۰ آمپر جریان برق AC

زاویه الکتروود از قطعه کار ۶۰ تا ۷۰ و ۴۵ درجه

ارتفاع جوش ۱-۲ میلی متر

پهنای جوش: ۶-۸ میلی متر.



نحوه جوشکاری روی هم

تمرین جوشکاری شماره ۶ جوشکاری گوشه ای

قطعه کار: فولاد نرم به ضخامت ۴ میلی متر

ابعاد قطعه کار: ۵۰*۱۰۰ میلی متر

تعداد قطعه کار: ۲ عدد

مراحل جوشکاری: صاف کردن قطعه کار، تنظیم لبه‌ها، خال‌جوش زدن

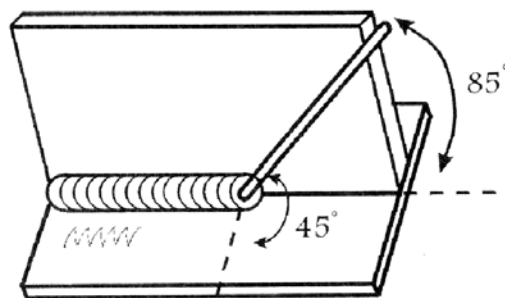
نوع الکترود: E6013 به قطر مغزی ۳.۲۵ میلی متر

شدت جریان: ۱۴۰-۱۰۰ آمپر جریان برق AC

زاویه الکترود از قطعه کار ۸۵ و ۴۵ درجه

ارتفاع جوش ۱-۲ میلی متر

پهنای جوش: ۶-۸ میلی متر.



جوشکاری گوشه ای

تا جایی که ممکن است باید قطعات را در وضعیت تخت قرار داد. البته میزهایی وجود دارند که به همین منظور قطعات را روی گیره بسته و در وضعیت تخت قرار می‌دهند. ولی اگر مقدور نباشد ناچار جوشکاری در وضعیت افقی، قائم و یا سربالا انجام می‌شود.

حال دو قطعه را با برس سیمی تمیز نمایید و دو سر درز را خال جوش بزنید. جوشکاری را از سمت چپ آغاز کنید و مراقب شیب الکترود باشید. شیب در جهت پیشروی ۷۰ و زاویه کجی بین الکترود و ورق ۴۰ درجه مطلوب است. این زوایا و سرعت پیشروی را ثابت نگه دارید. و پس از پایان جوشکاری سرباره را شکسته و جوش را برس بزنید.

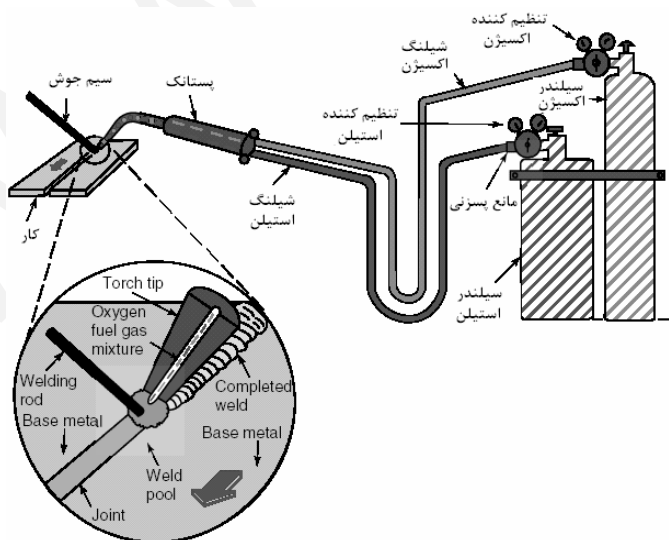
در برشکاری با جریان مستقیم معمولاً از الکترودهای زغالی استفاده می‌شود. اما در برشکاری با برق متناوب از الکترودهای روپوشدار استفاده می‌کنند. ولی به‌طور کلی برش حاصل بسیار ناصاف خواهد بود. با استفاده از گرمای شدید حاصل از قوس الکتریکی می‌توان سطح کوچکی از فلز را ذوب کرد و اگر فلز ذوب شده با نیروی ثقل خود از منطقه مذاب دور شود برش انجام می‌پذیرد.

فصل سوم

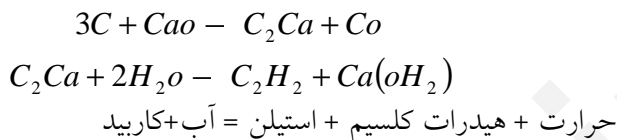
جوشکاری گاز

جوشکاری با گاز

در این نوع جوشکاری منبع حرارتی گاز می‌باشد. البته برای گرم کردن قطعه کار می‌توان از گازهای مختلف استفاده کرد مثل پروپان، اتان، بوتان و غیره ولی برای جوشکاری حتما لازم است از گاز استیلن استفاده شود چون این گاز از درجه حرارت بالایی برخوردار است و همچنین اثر نامطلوب از خود بر روی قطعه کار باقی نمی‌گذارد.



طرز تهیه استیلن: برای تهیه استیلن ابتدا باید سنگ کربید تهیه شود. تهیه سنگ کربید به صورت زیر می باشد.



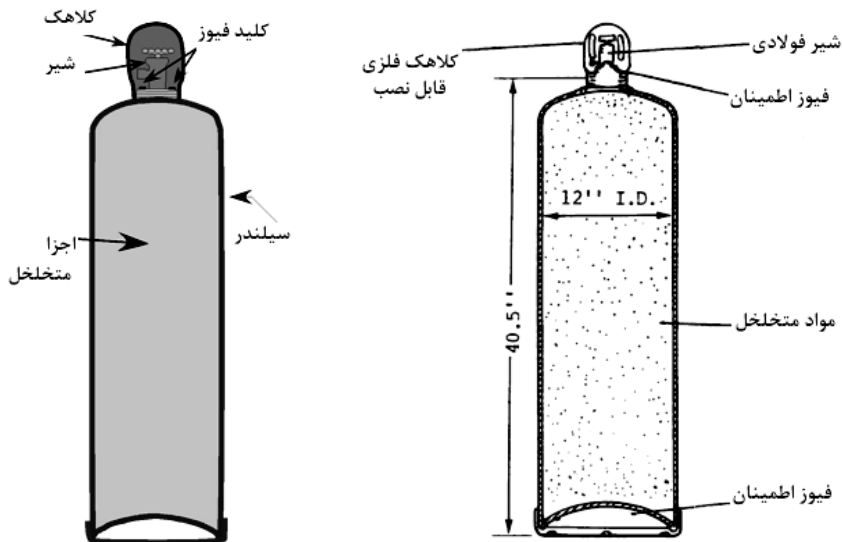
گاز استیلن گازی است بی رنگ، بی طعم و دارای بویی شبیه بوی سیر. همچنین این گاز بسیار خطرناک است که در تحت فشار ۹.۱ اتمسفر مشتعل و ظرف را منفجر می کند این گاز به تنهایی می سوزد. در حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد همراه دود غلیظ به رنگ زرد شعله ور می شود و با اکسیژن خالص حدود ۳۲۰۰ درجه حرارت تولید می کند که برای گرم کردن فلز آهن و فلزات رنگین بسیار مناسب می باشد.

دستگاه مولد استیلن: این دستگاه ها در تکنولوژی های مختلف از نظر نحوه رسیدن آب به کربید (سقوطی، ریزشی و تماسی) و در ظرفیت های مختلف ساخته می شوند. تمامی این مولدها مجهز به مخزن اطمینان می باشند و دارای آمپر که فشار تولید شده را نشان می دهد. ضمناً سوپاپ اطمینان و شیر اطمینان در این دستگاه ها تعبیه می شود. در فشار ۵.۱ اتمسفر به بالا سوپاپ اطمینان باعث می شود فشار اضافه از داخل مولد خارج شود. ناگفته نماند که در این مواقع کارگاه باید عاری از هر نوع شعله باشد. مخزن اطمینان در مواقعی که شعله پس می زند با آب داخل آن برخورد کرده و خاموش می شود باید توجه داشت آب داخل آن در اندازه معین همیشه پر باشد. فصل تابستان احتمال تبخیر شدن آن و در فصل زمستان احتمال یخ زدن آن وجود دارد. برای آب کردن یخ داخل مخزن اطمینان از بخار داغ و یا از آب گرم استفاده می شود. از گرفتن هر نوع شعله مستقیم به روی مخزن اطمینان جدا باید خودداری گردد.

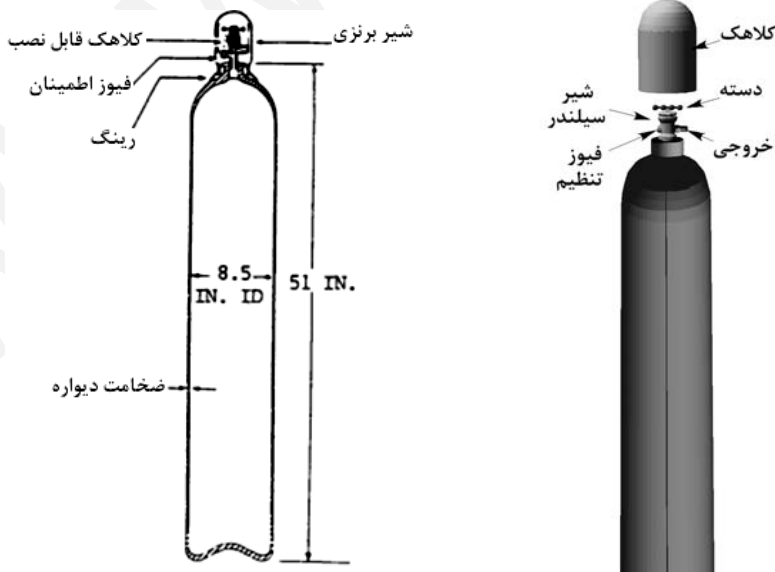
کپسول های گاز: کپسول های گاز از دو کپسول اکسیژن و استیلن تشکیل یافته است که توسط شیلنگ هایی گازها از دو کپسول خارج شده و با همدیگر مخلوط شده و نهایتاً در نوک مشعل جوشکاری شعله مورد نظر ایجاد می شود.



کپسول گاز استیلن: این کپسول‌ها معمولاً به رنگ زرد آمیزی می‌شوند، ضخامت ورق آنها حدود ۳ تا ۵.۳ میلی‌متر می‌باشد و ساخت آن به صورت جوشکاری انجام می‌گیرد. در قسمت بالای آن پیچی تعبیه می‌شود که عنوان سوپاپ اطمینان را دارد. این پیچ در ۲۱۲ درجه فارنهایت خود به خود ذوب شده و گاز متراکم شده را از آن نقطه خارج می‌سازد. ظرفیت نوعی از این کپسول‌های ۴۰ لیتری می‌تواند حدود ۲۲ تا ۲۵ اتمسفر فشار را تحمل کند ولی به دلایل ایمنی از ۱۵ اتمسفر بیشتر به آن فشار وارد نمی‌کنند. در داخل این کپسول‌ها، خرد شده خاک چینی، سیلیکات آهک و ساقه ذرت در کوره مخصوص می‌پزند و به صورت اسفنج درمی‌آورند که مایع و گاز هردو در داخل آن اسفنج مانند ذخیره گردند. جهت جلوگیری از آزاد بودن گاز استیلن از قانون حل شدن گازها در مایعات استفاده می‌شود. مایعی بنام استون که قدرت حلالیت آن ۲۵ لیتر می‌باشد را همراه با آن تحت فشار ۱۵ اتمسفر در کپسول ذخیره می‌کنند. ظرفیت این کپسول حدود ۶۰۰۰ لیتر گاز استیلن هست. در این صورت مواد گفته شده در بالا به صورت اسفنج درآمده و باعث می‌شوند تا استون در سطح بزرگی پخش شده و در موقع مصرف راحت تر از آن جدا شود.

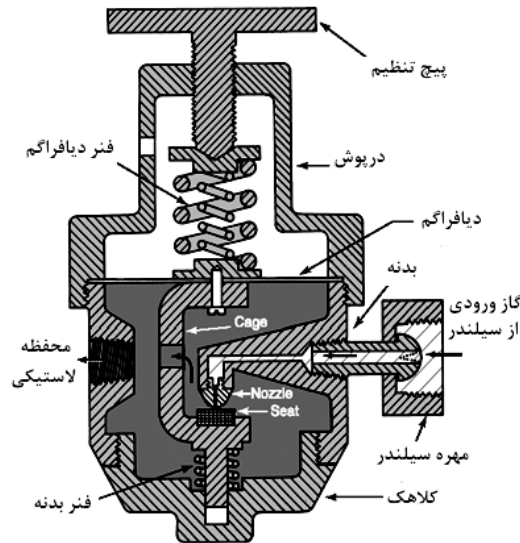


کپسول‌های اکسیژن: این کپسول‌ها معمولاً به رنگ آبی و یا مشکی رنگ‌آمیزی می‌شوند. از آهن نورد شده و یکپارچه ساخته می‌شوند نوعی از این کپسول‌ها به ارتفاع ۱۸۰ سانتی‌متر و به قطر ۲۰ سانتی‌متر و به ضخامت ۷/۸ میلیمتر ساخته می‌شوند. این کپسول‌ها ۲۳۰ الی ۲۵۰ فشار اتمسفر را می‌توانند تحمل کنند که حجم آن ۴۰ لیتر ولی به دلایل امنیتی از ۱۵۰ اتمسفر بیشتر به آن فشار وارد نمی‌کنند.



طرز تهیه گاز اکسیژن: اکسیژن گازی است بی‌بو، بی‌رنگ، بی‌طعم که به‌صورت زیاد هم در طبیعت یافت می‌شود. گاز اکسیژن را از هوای معمولی که مقرون به‌صرفه‌ترین طریقه برای تهیه آن شناخته شده است طوریکه هوای معمولی را تحت فشار ۴۰ اتمسفر در ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مایع تبدیل می‌کند در ۱۹۶ درجه ازت متصاعد می‌شود و آن را گرفته و تحت فشار ۱۵۰ اتمسفر در فشار کپسول خود ذخیره می‌کند. سپس هوای مایع که بدون ازت می‌باشد را مقداری دیگر آزاد می‌گذارند که در ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد اکسیژن جدا شده و آن را توسط کمپرسورها تحت فشار ۱۵۰ اتمسفر در کپسول ذخیره می‌کنند تصویر زیر مشخصات کپسول گاز اکسیژن را نشان می‌دهد.

مانومتر (کاهنده فشار): چنانکه می‌دانیم فشار داخل کپسول‌ها فوق‌العاده زیاد می‌باشد بنابراین لازم است وسیله‌ای مابین کپسول و مشعل جوشکاری قرار بگیرد که فشار را به حد نرمال برساند این وسیله به نام تقلیل دهنده فشار و یا مانومتر نامیده می‌شوند. نوعی از این دستگاه‌ها دارای دو آمپر که آمپر اولی مشخص‌کننده فشار داخل کپسول و آمپر دومی مشخص‌کننده فشار داخل شلنگ می‌باشد. برای تنظیم گاز پیچی در قسمت پایین دستگاه وجود دارد که بایسته شدن آن سوزن سوپاپ، سوپاپ یک طرفه را بالا زده و گاز به طرف شیلنگ با فشار معلوم وارد می‌شود. مقدار فشار برای جوشکاری حداکثر ۵.۱ اتمسفر (استیلن) و برای جوشکاری نسبت گاز اکسیژن و استیلن یک به یک می‌باشد. با تنظیم فشار مناسب برای اکسیژن و استیلن در نوک پک (مشعل جوشکاری) با جرقه‌ای شعله ظاهر می‌شود که از ترکیب این دو گاز سه نوع شعله را می‌توان تنظیم کرد.



مشعل جوشکاری: مشعل جوشکاری برای مخلوط کردن گاز قابل احتراق با اکسیژن به میزان دقیق و معین به کار می رود که از نوک مشعل خارج می شود. مشعل جوشکاری از چهار قسمت تشکیل یافته که شامل موارد زیر می باشند.

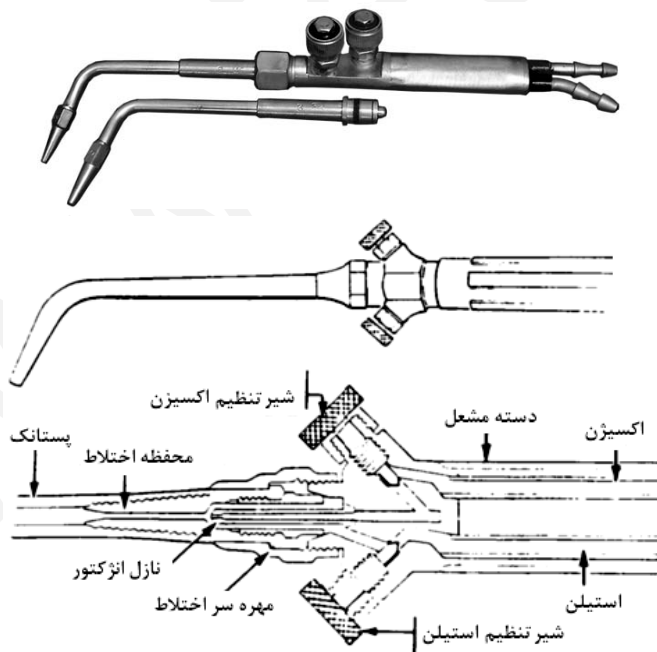
۱. دسته مشعل

۲. شیر تنظیم گاز

۳. لوله اختلاط

۴. پستانک

دسته مشعل: این دسته دارای دو فلکه به رنگ آبی مخصوص گاز اکسیژن و دیگری به رنگ قرمز مربوط به گاز استیلن که در داخل دسته مشعل لوله کم قطری تعبیه شده که اکسیژن از آن وارد انژکتوری می‌شود. سرعت زیاد گاز اکسیژن، استیلن را از داخل دسته مشعل توسط انژکتوری مکیده و در قسمت اختلاط گاز اکسیژن و استیلن که در قسمت سوم جوشکاری هر دو گاز باهم مخلوط می‌شوند و بعد از طی طول قسمت چهارم مشعل که به نام نوک پستانک معروف است با جرقه‌ای در نوک آن شعله‌ای ظاهر می‌شود. با سوختن این دو گاز سه نوع شعله را می‌توان تنظیم کرد که برای فلزات گوناگون می‌توان شعله مناسب را انتخاب نمود ولی می‌توان گفت بهترین شعله برای جوشکاری همه فلزات شعله خنثی می‌باشد.



مشعل‌های جوشکاری در گروه‌های مختلف ساخته می‌شوند که معروف‌ترین آنها

عبارتند از

۱. فشار قوی

۲. فشار ضعیف

مشعل‌های فشار قوی: در این مشعل‌ها گاز سوختنی و اکسیژن با فشار مساوی وارد محفظه اختلاط شده و باهم مخلوط می‌شوند. از این مشعل‌ها در کارگاه‌هایی که استیلن در مولدهای فشار قوی تولید می‌شود یا از کپسول گرفته می‌شود می‌توان استفاده کرد.

مشعل‌های فشار قوی: در این مشعل‌ها اختلاط گاز سوختنی و اکسیژن به وسیله انژکتور انجام می‌گیرد. انژکتور سوراخ ریزی دارد که اطراف آن روزنه ای به شکل تاج دایره تعبیه شده است اکسیژن با فشار ۱ تا ۳ اتمسفر از سوراخ انژکتور خارج می‌شود و گاز سوختنی را از روزنه اطراف آن با خود به درون محفظه اختلاط می‌کشد. در این محل گاز سوختنی و اکسیژن به نسبت معینی مخلوط شده از پستانک مشعل خارج می‌شود. برای ایجاد شعله با ظرفیتهای حرارتی متفاوت سر مشعل را عوض می‌کنند.

سیم جوش: برای اتصال دادن فلزات از سیم جوشهای مناسب به آن فلز باید استفاده شود مثلاً برای آهن معمولی از سیم جوشی بنام مسوار استفاده می‌شود بالای این سیم جوشها را آب مس می‌دهند تا در مجاورت هوا اکسیده نشود این سیم جوش‌ها دارای ترکیبات عناصری زیر می‌باشند. ۰.۴ درصد کربن، ۴۱ درصد منگنز، ۰.۴ درصد فسفر و گوگرد، ۰.۸ درصد سیلیسیم و بقیه آهن می‌باشد. عناصری که این سیم جوش داراست هر کدام وظیفه‌ای بر عهده دارند. مثلاً سیلیسیم باعث پایین آمدن نقطه ذوب آن می‌شود و یا مقدار اضافه کربن آن در اثر ذوب می‌سوزد. پس بهتر است برای جوشکاری آهن از سیم مسوار استفاده شود. برای روان ساختن مذاب در لابلای دو فلز غیرهمجنس و یا همجنس از فلز بیگانه‌ای استفاده می‌شود که نیازمند روانساز می‌باشد. وظیفه آنها عبارتند از پاک‌کنندگی، سیلان دهندگی و حفاظت‌کنندگی روی لحیم. برای جاری ساختن فلز برنج از روان‌سازی بنام تنه کار که جنس آن از تترابورات سدیم می‌باشد استفاده می‌کنند. برای فلز آلومینیوم از گردی استفاده می‌شود که آن ترکیبات زیر را دارا می‌باشد. سولفات‌ها، کلرها و فلوئورها. برای لحیم کاری مس به مس یا مس به برنج از اسید سولفوریک می‌توان استفاده کرد. برای چدن از گردی که دارای عناصر زیر می‌باشند استفاده می‌کنند. ۱. اکسید آهن ۲. کربنات دوسدیم ۳. کربنات

بی‌دوسدیم

آماده‌سازی براس جوشکاری

همان‌طور که تا به حال توضیح داده شد دستگاه جوشکاری دارای تجهیزات زیر می‌باشد.

۱. کپسول استیلن

۲. مشعل جوشکاری

۳. کپسول اکسیژن

۴. دستگاه کاهنده فشار

۵. تجهیزات جوشکار

۶. شیلنگ‌ها

قبل از انجام عمل جوشکاری باید آماده‌سازی انجام شود که به خاطر خطرناک بودن باید همه موارد ایمنی رعایت شوند. برای آماده‌سازی باید موارد زیر انجام شوند.

۱. مانومتر یا دستگاه کاهنده فشار اکسیژن و استیلن را ببندید.

۲. شیلنگ‌ها را به مانومتر وصل کنید.

۳. سر دیگر شیلنگ‌ها را به مشعل با استفاده از بست مخصوص ببندید.

۴. پستانک مناسب را در روی مشعل سوار کنید.

۵. شیرهای مشعل را ببندید.

۶. پیچ تنظیم فشار مانومتر را شل کنید.

۷. با آرامی فلکه خروجی کپسول اکسیژن را باز کنید.

۸. فشار اکسیژن داخل کپسول با فشار سنج اول و فشار گاز مصرفی با فشارسنج دوم نشان داده می‌شود.

۹. فلکه خروجی استیلن را باز کنید.

۱۰. باز فشار استیلن داخل کپسول با فشارسنج اولی و فشار استیلن مصرفی با

فشارسنج دومی نشان داده می‌شود.

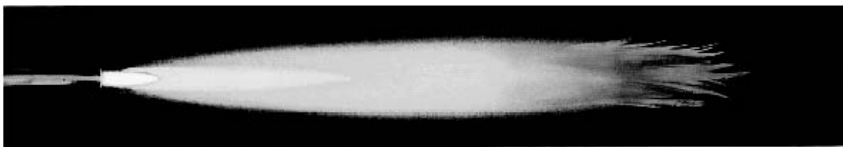
طریقه تنظیم شعله: ابتدا شعله احیاکننده را در نوک مشعل تنظیم می‌کنیم این

شعله قطعه کار را احیا می‌کند به این معنی که قطعه کار پر از کربن می‌شود و شکنندگی

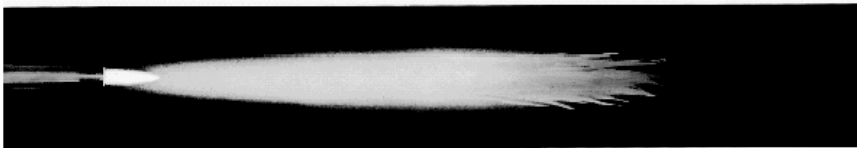
در قطعه کار به وجود خواهد آمد. در این نوع شعله مقدار استیلن نسبت به اکسیژن زیاد می باشد. مشخصات این شعله مخروطی دارای سایه هم رنگ خود بوده که رنگ آن آبی مایل به سفید و هاله شعله متمایل به زرد در نوک مشعل ظاهر می شود از این شعله می توان برای جوشکاری آلومینیوم استفاده کرد برای تنظیم شعله خنثی به ترتیب زیر عمل می کنیم. سایه ایجاد شده را با کم کردن استیلن و یا بیشتر کردن اکسیژن از بین می برند طوری که سایه ها بر روی هم منطبق می شوند. لحظه انطباق آن سایه ها شعله خنثی را می سازند که در این صورت نسبت گازها یک به یک می باشد. این شعله هیچ اثر نامطلوب بر روی قطعه کار باقی نمی گذارد. مشخصات شعله خنثی در نوک مشعل مخروطی کله قندی به رنگ آبی روشن با هاله مسی رنگ شعله ور می شود حداکثر حرارت تولید شده ۳۲۰۰ درجه سانتی گراد در فاصله ۲ میلی متری نوک شعله آبی وجود خواهد داشت. در ابتدای نوک مشعل ۳۰۰ تا ۴۰۰ و در انتهای هاله ۱۲۰۰ درجه حرارت وجود خواهد داشت طول مخروط در نوک مشعل ۳ تا ۴ میلی متر می باشد. اگر مقدار اکسیژن نسبت به استیلن زیاد انتخاب شود شعله به نام اکسیدکننده نامیده می شود. مقدار اکسیژن اگر به مقدار زیاد باشد در نوک مشعل شعله ای با مشخصات زیر ظاهر می شود. شعله مخروطی با نوک تیز و رنگ آبی مایل به بنفش با هاله کوتاه با انتهای پخش شده در نوک بک ظاهر می شود. تصاویر



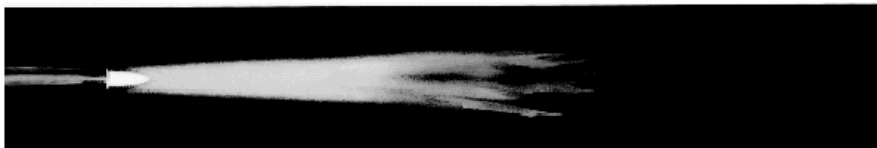
سوختن استیلن در جو



شعله احیا



شعله خنثی



شعله اکسید

جوشکاری قطعات: برای جوشکاری قطعات نازک از راست به طرف چپ شروع می‌کنیم به این معنی که جوشکاری از طرف راست قطعه کار شروع و سیم پیشاپیش شعله در حرکت می‌باشد در این صورت قطعه کار بیش از حد گرم نمی‌شود و قطعه کار تا حدودی از تاب برداشتن به دور می‌ماند ولی برای قطعه کارهایی که ضخامت آنها بیشتر از ۳ میلی متر می‌باشد از جوش چپ به راست یا پس دستی استفاده می‌شود. در این صورت جوشکاری از چپ شروع شده و به طرف راست ادامه می‌یابد.

ذوب سطحی

در این قسمت با استفاده از شعله خنثی و بدون استفاده از سیم جوش می‌خواهیم جوشکاری انجام دهیم. قبل از عمل جوشکاری قطعه کار آماده می‌شود و در محل مورد نظر جوشکاری انجام می‌شود. برای شروع جوشکاری نخست زاویه مشعل باید در موقع ذوب سطحی بین ۳۰ تا ۴۵ درجه و سپس زاویه مشعل ۵۵ درجه تا ۷۵ درجه از سطح قطعه کار گرفته می‌شود با این زاویه نفوذ جوش در قطعه بیشتر شده و هاله شعله گرده و ش را محافظت می‌کند. موقعی که حوضچه مذاب تشکیل شد مشعل بیشتر به کار مایل شده و شعله پشت مذاب با حرکت نوسانی پیشروی نموده و موجهای صاف روی کار ایجاد می‌شود.

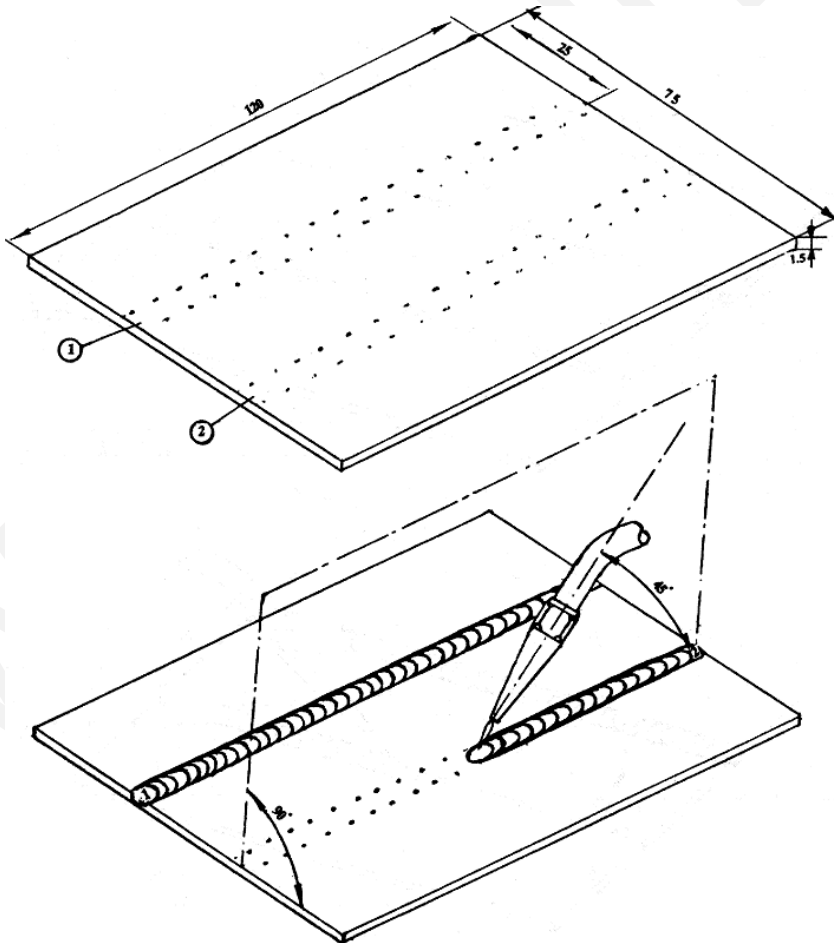
تمرین شماره ۱

روش انجام کار

۱. ۳ ورق فولادی با ابعاد $۱۲۰ \times ۷۵ \times ۵$ میلیمتر را ببرید.

۲. قطعات را طبق نقشه با استفاده از وسایل شی کنید.

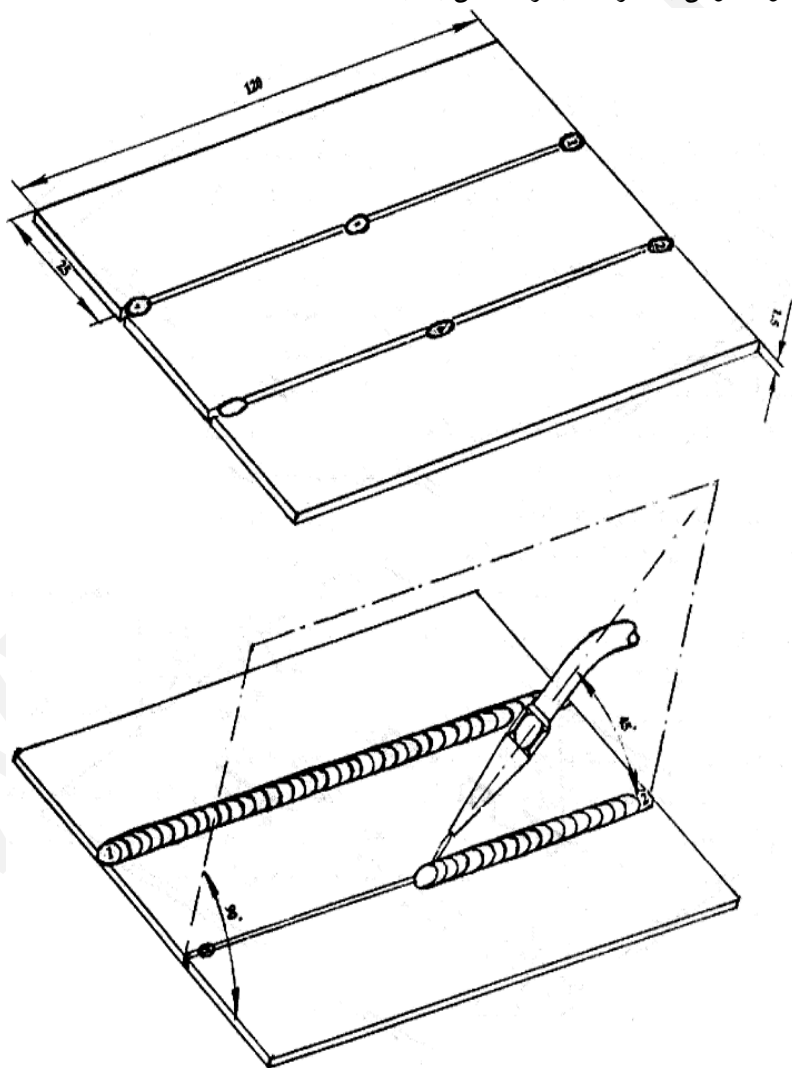
۳. روی خطوط را با سنبه نشان علامت گذاری کنید.
۴. کار را روی میز کار قرار دهید.
۵. وسایل جوشکاری را مرتب کرده و فشار گازه را تنظیم کنید.
۶. سر مشعل مناسب را انتخاب کرده و شعله خنثی را تنظیم کنید.
۷. با زاویه ۶۰ تا ۷۰ درجه نسبت به کار از ابتدای خط ذوب شماره ۱ شروع کنید.
۸. زاویه مشعل را به ۴۵ درجه کاهش دهید و با حرکت نوسانی مشعل را روی خط هدایت کنید.
۹. روی خط ۲ کار را دنبال کنید.
۱۰. بر روی قسمت‌های دیگر ورق تمرین کنید.



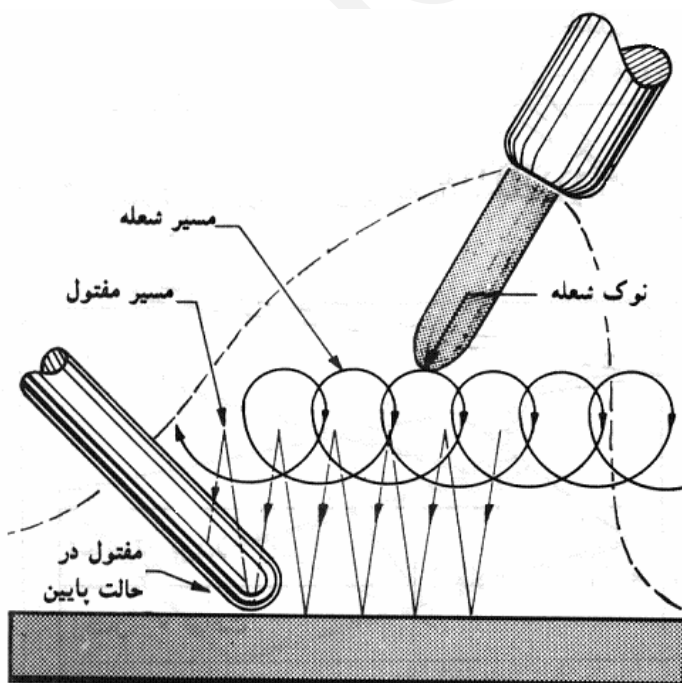
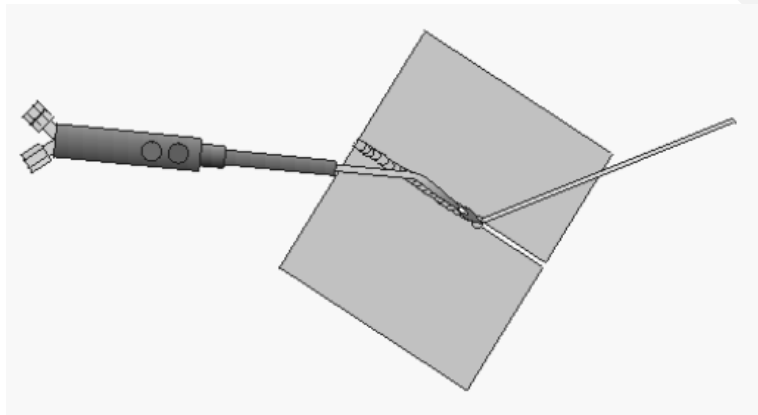
تمرین شماره ۲

روش انجام کار

۱. ۳ ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۵$ ببرید
۲. طبق روش انجام کار تمرین شماره ۱ مشعل را برای شعله خنثی تنظیم کنید
۳. ورقها را با خال جوش به همدیگر وصل کنید.
۴. یر روی خطوط جوشکاری را ادامه دهید
۵. از نفوذ جوش به طرف دیگر مطمئن باشید



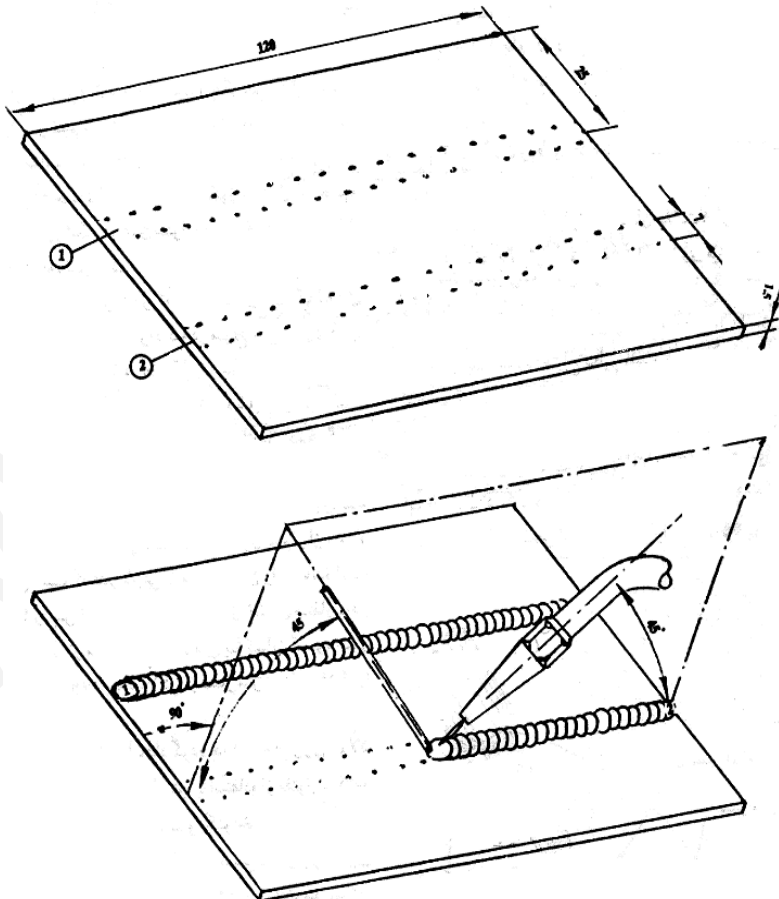
جوشکاری با سیم جوش: در این قسمت عمل جوشکاری با به کار بردن سیم جوش انجام می شود. در این روش جوشکار با یک دست مشعل را می گیرد و حوضچه مذاب تشکیل می دهد و با دست دیگر مفتول را به حوضچه مذاب هدایت می کند. در این مورد هم زاویه مشعل مثل روش قبلی بین ۵۵ تا ۷۵ می باشد و زاویه سیم جوش ۴۵ تا ۵۰ درجه در نظر گرفته می شود. حرکت دست به صورت زیگزاگ ایده آل می باشد.



تمرین شماره ۳

روش انجام کار

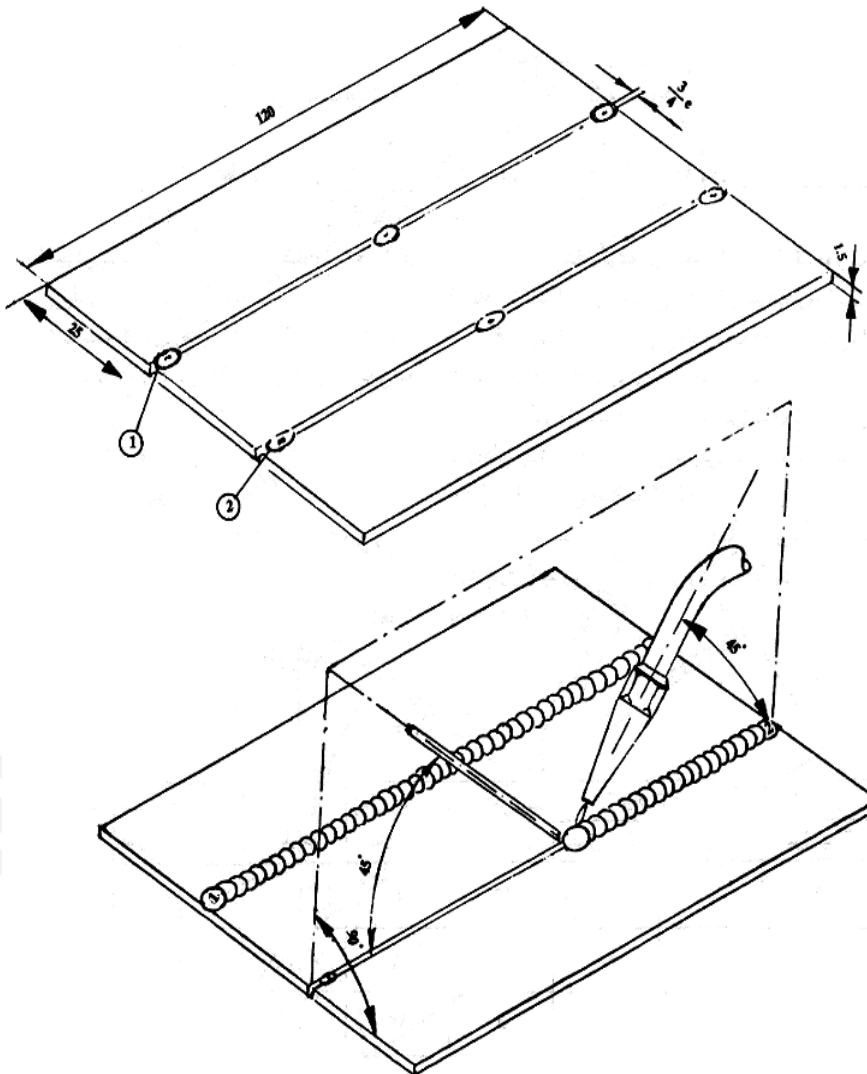
۱. ۳ ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۷۵ \times ۱$ میلی متر را آماده کنید.
۲. طبق تمرینات قبلی شعله خنثی را ایجاد کنید.
۳. با مشعل با زاویه ۷۵ تا ۵۵ نسبت به کار از ابتدای خط شماره ۱ حوضچه را ایجاد کنید.
۴. زاویه مشعل را به حدود ۴۵ درجه نزدیک کنید.
۵. زاویه سیم جوش با سطح کار را ۴۵ درجه در نظر بگیرید.
۶. جوشکاری را روی خط ادامه دهید.
۷. عمل را برای خطوط و قطعات دیگر ادامه دهید.



تمرین شماره ۴

روش انجام کار:

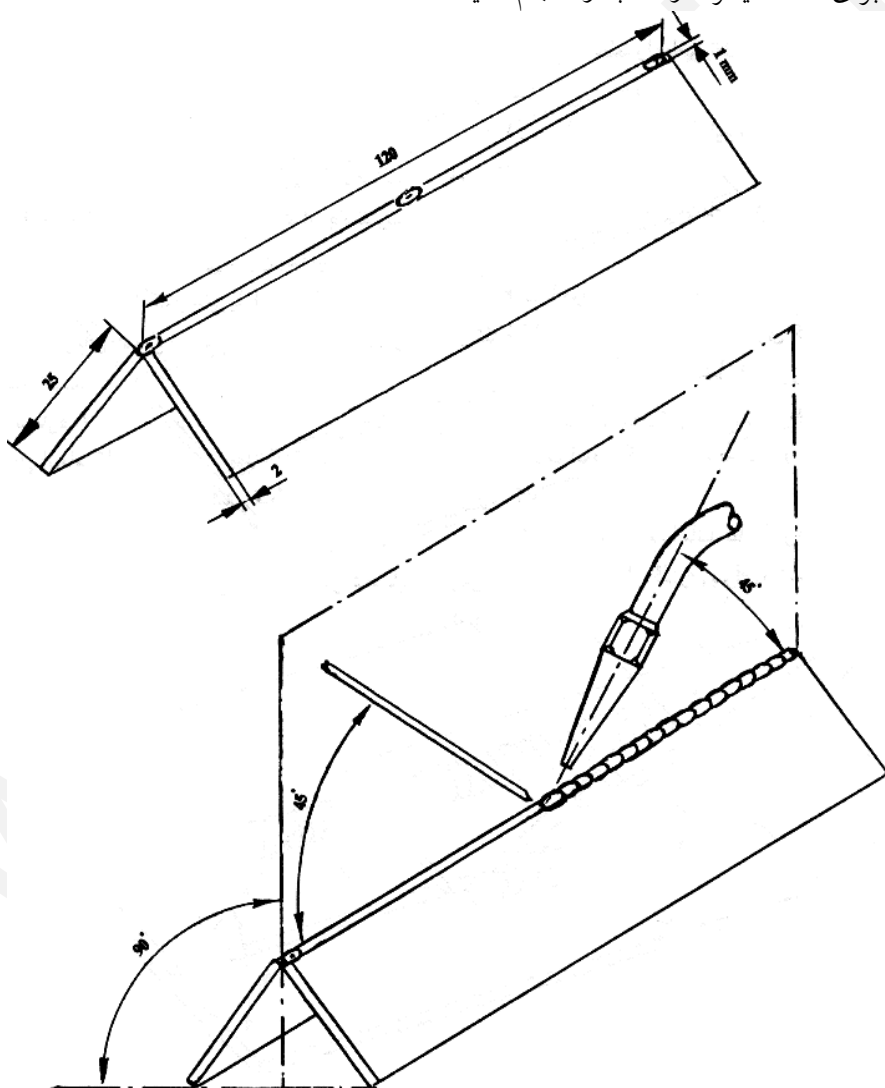
۱. ۳ ورق فولادی به ابعاد ۱۲۰*۷۵*۱.۵ را ببرید
۲. قطعات را باهمدیگر خال جوش بزنید
۳. طرف دوم کار را بررسی کنید تا نفوذ جوش کاملتر باشد
۴. کار را برای قطعات دیگر دنبال کنید.



تمرین شماره ۵

روش انجام کار

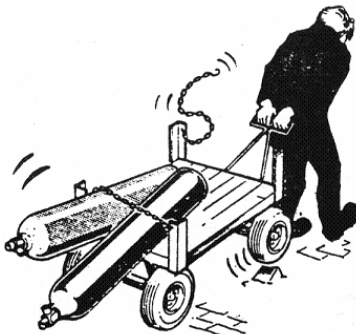
۱. ۴ ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۲$ ببرید.
۲. قطعات را دو به دو به صورت عمود برهم که در شکل نشان داده شده قرار دهید.
۳. پس از تنظیم شعله ختشی عمل جوشکاری را انجام دهید.
۴. برای قطعه دیگر کار مشابه را انجام دهید.



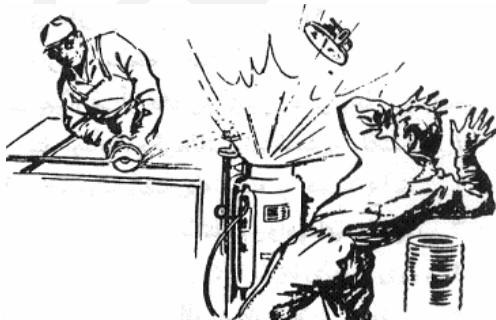
نکات ایمنی در جوشکاری با گاز

همان‌طور که قبلاً گفته شد گاز استیلن گاز بسیار خطرناکی است. و غفلت از موارد ایمنی ممکن است حوادث بسیار تلخ و ناگواری به دنبال داشته باشد. لذا جهت رعایت نکات ایمنی به موارد زیر توجه کنید.

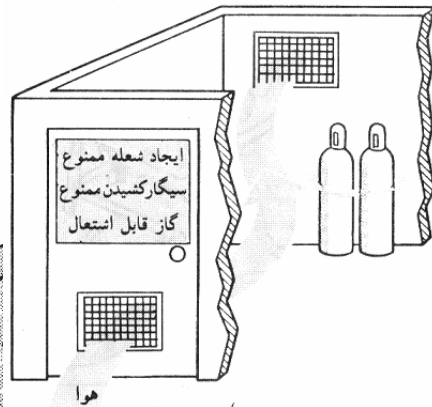
۱. هرگز قبل از اینکه آموزش ببینید دست به هیچ نوع از تجهیزات نزنید. در صورت عدم رعایت بعضی از نکات انفجار محل کار بسیار محتمل است.
۲. محیط جوشکاری باید از تهویه کافی برخوردار باشد.
۳. هیچگاه بدون عینک و وسایل حفاظتی جوشکاری نکنید.
۴. کپسول‌ها را به آرامی جابجا کنید.
۵. سعی شود در محلهایی که کپسول‌ها نگهداری می‌شوند فاقد هر گونه شعله از قبیل سیگار کشیدن و غیره باشد.



در حمل و نقل کپسولها دقت و مواظبت کنید



در موقع برشکاری روی سطوح گالوانیزه و رنگ شده از ماسک تنفسی استفاده کنید.



هوا

برشکاری: برای بریدن فلزات از انواع وسایل براده‌برداری می‌توان استفاده کرد. ولی مناسب‌ترین آن و مقرون به صرفه‌ترین آن طبیعی است که باید انتخاب شود. برش به وسیله گاز مقرون به صرفه‌ترین و آسان‌ترین طریقه می‌باشد. با همه گازها می‌توان قطعه کار را گرم کرده و موضع گرم شده را که حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد است اکسیژن به آن وارد و موضع را اکسیده نمود. تنظیم شعله در نوک مشعل برش مثل تنظیم مشعل جوشکاری می‌باشد که به صورت خنثی باید تنظیم گردد. مشعل را از قسمت پایین قطعه کار تحت زاویه ۲۰ درجه از خط فرضی موازی با زمین گرفته و بعد از وارد کردن اکسیژن برشی به موضع تحت همان زاویه تا سطح قطعه کار ادامه می‌یابد. در سطح قطعه کار مشعل عمود قرار گرفته و برشکاری با سرعت مناسب ادامه می‌یابد. در صورتیکه فاصله هوایی مناسب گرفته شود مقطع برش به صورت دو خط موازی دیده می‌شود و اگر فاصله هوایی نسبت به سطح قطعه کار کم گرفته شود مقطع برش به شکل هشت و اگر فاصله بیشتر گرفته شود به شکل هفت نمایان می‌شود.



فصل چهارم

مصالح ساختمانی

مواد و مصالح ساختمانی

برای انجام یک پروژه ساختمانی نیاز به مصالح مختلفی می‌باشد که با کاربرد آن مصالح یک ساختمان ایجاد می‌شود. مواد و مصالح ساختمانی با گذشت زمان معمولاً با تغییرات زیادی روبرو هستند مثلاً مواد جدیدی ایجاد می‌شود یا مصالحی به صورت موقت ممکن است حذف شوند. مصالح ساختمانی گاهی به همان صورتی که در طبیعت یافت می‌شوند فقط با اندکی تغییر ممکن استفاده می‌شوند و گاهی، از ترکیب آنها با یکدیگر مصالح جدیدی به دست می‌آید مثل سیمان که از ترکیب سنگ آهک و خاک رس به کمک حرارت حاصل می‌شود یا گچ و آهک که از جنس سنگ گچ و سنگ آهک به دست می‌آید. به تازگی مواد و مصالحی از ترکیبات شیمیایی و به روش‌های صنعتی به دست آمده است؛ مانند: PVC، پلی‌پورتان، که به مرور جای مصالح طبیعی را خواهند گرفت. همچنان که گاه در ساخت قطعات پیش‌ساخته‌ی گچی و یا بتونی از الیاف مصنوعی نیز استفاده می‌گردد.

خواص عمومی مصالح ساختمانی

به‌طور کلی مواد و مصالح ساختمانی دارای خواص فیزیکی از قبیل مقاومت در مقابل نیروهای فشاری، کششی، برشی و سایشی هستند. علاوه بر این می‌توانیم به هر شکل و اندازه‌ای که نیاز داشته باشیم از مواد و مصالح ساختمانی استفاده نماییم.

ترکیب مصالح ساختمانی با آب، هوا و عناصر دیگر نیز از جمله خواص شیمیایی این مواد هستند که از این ترکیبات نیز مواد و مصالح جدیدی حاصل می‌شود. از طرفی، خواص مکانیکی و رفتاری مواد و مصالح ساختمانی در مقابل نیروها دارای اهمیت خاصی است؛ بنابراین شناخت مواد و مصالح ساختمانی از جهات مختلف در علم مهندسی ضروری و الزامی است.

خواص فیزیکی مصالح

خواص فیزیکی مصالح ساختمانی عبارت‌اند از:

الف) وضع ظاهری مصالح ساختمانی و مواد اولیه‌ی آن، مانند:

رنگ، بو، شکل ظاهری، وزن، جرم، وزن مخصوص، دانسیته، تخلخل، پوکی و نظایر آن
خواص ظاهری مصالح ساختمانی بدین قرارند:

۱. جرم

۲. وزن

۳. حجم (الف - حجم جسم که شامل حجم مواد جامد مصالح می‌شود، ب - حجم کلی جسم که شامل حجم مواد جامد و فضای خالی داخل مصالح است، ج - حجم فضایی یا ظاهری جسم که شامل حجم کلی جسم و فضای خالی بین قطعات مصالح می‌گردد، مانند حجم یک کانیون آجر یا شن).

۴. وزن حجمی مصالح ساختمانی

۵. وزن مخصوص مصالح ساختمانی.

۶. پوکی مصالح (عبارت است از مقدار حجم خالی در اجسام نسبت به حجم جامد مصالح)

۷. تخلخل مصالح (شامل حجم کل حفره‌های داخل مصالح ساختمانی نسبت به حجم کل مصالح)

ب) تأثیر حرارت بر مصالح ساختمانی و مواد اولیه‌ی آن نظیر

۱. قابلیت انتقال حرارت، گرمای ویژه، نقطه‌ی ذوب و غیره که عبارت‌اند از:

الف) مصالح ساختمانی از نظر کیفیت طبیعی و مواد اولیه‌ی آن،
 ب) ساختمان مولکولی و حالت کریستالی مصالح
 ج) تخلخل، که هرچه درصد آن بالاتر باشد حرارت کمتری انتقال می‌یابد.
 د) چگونگی تشکیل پوکی در ساختمان مصالح پیش‌ساخته
 ه) هرچه سوراخ‌های داخل مصالح درشت‌تر و به هم پیوسته‌تر باشند قابلیت هدایت حرارتی آن بیشتر است.

۲. گرمای ویژه‌ی مصالح ساختمانی؛ که عبارت است از مقدار گرمایی که یک گرم از مصالح به خود می‌گیرد تا دمای آن یک درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد. گرمای ویژه‌ی مصالح ساختمانی و قابلیت هدایت حرارتی آنها کاربرد زیادی در تعیین ضخامت دیوارهای تیغه‌بندی، خارجی و دیوارهای صنایع حرارتی و سردخانه‌ها دارد.
 ۳. مقاومت در برابر آتش: مقاومت در برابر آتش مقدار درجه‌ی حرارتی است که مصالح می‌توانند قبل از ذوب یا مشتعل شدن تحمل نمایند. مصالحی که برای مقاومت در برابر آتش استفاده می‌شوند عبارت‌اند از:

الف) مصالح نسوز که حرارت بالاتر از ۱۵۸۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند.
 ب) مصالح دیرگداز که حرارتی بین ۱۳۵۰ و ۱۵۸۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند.

ج) مصالح زودگداز که در حرارت پایین‌تر از ۱۳۵۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند.

۴. دوام در برابر تغییرات شدید دما؛ بعضی مصالح بسته به موارد کاربریشان باید در برابر تغییرات دما دوام داشته باشند.

ج) تأثیر مایعات و گازها

مقاومت و دوام در برابر آب و بخار آب، یخ‌زدگی، ذوب شدن، جذب آن و رطوبت هوای مجاور و همانند آن که عبارت‌اند از:

۱. قابلیت جذب رطوبت هوا
۲. قابلیت جذب آب: در بسیاری از مصالح خواص خشک آن با خواص اشباع‌شده‌ی آن تفاوت‌های بسیاری دارد. خاصیت قابلیت هدایت حرارتی، تغییرات

طول نسبی، دوام مقاومت مکانیکی و کلیه‌ی خواص فیزیکی از جمله دانسیته، وزن واحد حجم و جرم فضایی جسم اشباع شده نسبت به جسم خشک تغییرات زیادی دارد.

۳. ضریب نرمی یا ضریب سستی مصالح ساختمانی: نسبت مقاومت فشاری مصالح در حالت اشباع به مقاومت فشاری مصالح در حالت خشک را، «ضریب نرمی مصالح» می‌گویند. اگر این ضریب بزرگتر از $0/8$ باشد مصالح، نفوذناپذیر شناخته شده، کاربرد آنها در رطوبت و آب اشکالی ایجاد نمی‌کند.

۴. نفوذپذیری مصالح ساختمانی در برابر آب: قابلیت نفوذپذیری عبارت است از مقدار آبی که در اثر فشار در جسم نفوذ کرده، از آن عبور می‌کند.

۵. مقاومت در برابر یخ‌زدگی: به مصالحی مقاوم در برابر یخ‌زدگی گفته می‌شود که پس از یخ‌زدگی بیش از ۱۵ تا ۲۵ درصد مقاومت طبیعی خود را از دست ندهند و کاهش وزنی آنها در اثر ترک خوردن و جدایی مصالح پس از ۴۰ بار یخ‌زدگی بیش از ۵ درصد حالت طبیعی نباشد.

۶. نفوذپذیری مصالح ساختمانی در برابر گازها

خواص مکانیکی مصالح ساختمانی

چگونگی پایداری مصالح ساختمانی در برابر عوامل مکانیکی با گنجایش پذیرش نیروها، به‌وسیله‌ی مصالح ساختمانی، بستگی مستقیم دارد و بررسی این عوامل خواص مکانیکی مصالح را مشخص می‌کند. عوامل مرتبط با خواص مکانیکی مصالح ساختمانی عبارت‌اند از: نیرو، کار و انرژی.

مقاومت مصالح ساختمانی

توانایی و گنجایش مصالح برای پذیرش تنش‌ها و نیروها را «تاب یا مقاومت مصالح» می‌نامند. این مقاومت به‌صورت مقاومت فشاری، کششی، پیچشی، خمشی و ضربه‌ای ظاهر می‌شود. عواملی نظیر: تنش، کرنش و مدول الاستیسیته بر روی مقاومت مصالح ساختمانی تأثیرگذارند.

خواص شیمیایی مصالح ساختمانی

چگونگی پایداری مصالح ساختمانی در برابر عوامل شیمیایی مشخص‌کننده‌ی خواص و کاربرد شیمیایی مصالح است. اسیدها و بازهایی که در موقعیت عادی با آب و گازهای موجود در هوا ترکیب می‌شوند؛ با مواد تشکیل‌دهنده‌ی مصالح نیز ترکیب شده، به مصالح آسیب می‌رسانند. وجود نمک‌ها در مصالح یا در اطراف آن‌ها باعث ترکاندن مصالح می‌شوند.

سنگ‌ها

سنگ‌ها اجسام طبیعی سخت شده‌ای هستند که از یک یا چند کانی به‌وجود آمده‌اند. انواع سنگ‌ها عبارت‌اند از: سنگ‌های آذرین، سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های دگرگون شده و سنگ‌های آذرآواری.

الف) سنگ‌های آذرین: سنگ‌های آذرین از انجماد ماده مذاب (ماگما) حاصل

می‌شوند. خصوصیات سنگ‌های آذرین عبارت‌اند از:

۱. همگن و توده‌ای و فاقد هر نوع جهت‌یافتگی هستند.
۲. بدون فسیل بوده، فاقد چین‌بندی هستند.
۳. کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی این سنگ‌ها عموماً سیلیکات‌ها هستند.
۴. از نظر شیمیایی و کانی شناسی عموماً دارای بلور هستند.
۵. کانی‌های کوارتز، فلدسپات، میکای سفیدرنگ سنگ‌های آذرین را روشن و کانی‌های الوین، پیروکسین، آمفیبولیت و بیوتیت (میکای سیاده) رنگ سنگ‌های آذرین را تیره می‌کند.
۶. تقریباً تمام سنگ‌های آذرین دارای فلدسپات و کانی‌های آهن و منیزیم‌دار هستند و بسیاری از آنها کوارتز دارند.

ب) سنگ‌های رسوبی: سنگ‌های رسوبی از رسوب کردن مواد حاصل از

فرسایش سنگ‌ها در دریاها به‌وجود می‌آیند.

خصوصیات سنگ‌های رسوبی عبارت‌اند از:

۱. لایه‌لایه هستند و در روی زمین به‌صورت نوارهای موازی دیده می‌شوند.
۲. عموماً دارای فسیل (ماکروسکوپی یا میکروسکوپی) هستند.

۳. اجزای تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های رسوبی با ماده‌ای چسبنده به هم متصل شده‌اند.

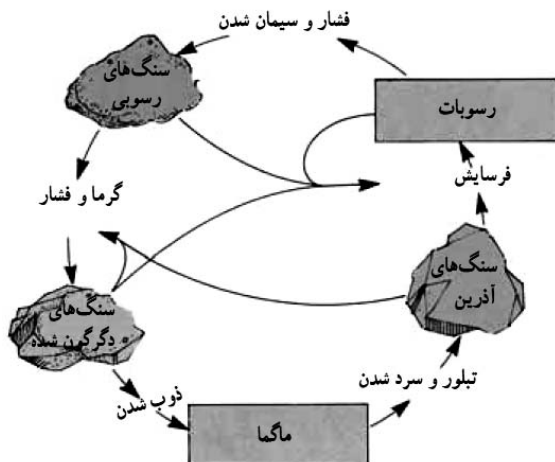
۴. معمولاً دارای درجه‌ی سختی کمتر از ۵ هستند.

۵. دارای بلورهای هم جنس هستند؛ مانند: کربنات‌ها، گچ و نمک‌ها.

ج) **سنگ‌های دگرگون شده:** در عمق ۲۰ کیلومتری زمین دما برای ذوب سنگ‌ها کافی است و در سطح زمین عمل هوازدگی انجام می‌شود، اما در فاصله‌ی این دو حد در اثر بروز پدیده‌هایی مانند رسوب‌گذاری و جنبش‌های کوه‌زایی بعضی از سنگ‌ها دچار تغییراتی می‌شوند و در محیطی جدید و تحت تأثیر شرایط تازه حالتی ناآبیت می‌یابند و تغییر می‌کند. به چنین سنگ‌هایی «دگرگون شده» می‌گویند. عواملی که در دگرگون شدن سنگ‌ها مؤثرند عبارت‌اند از: گرما، فشار یا فشار و گرما با هم.

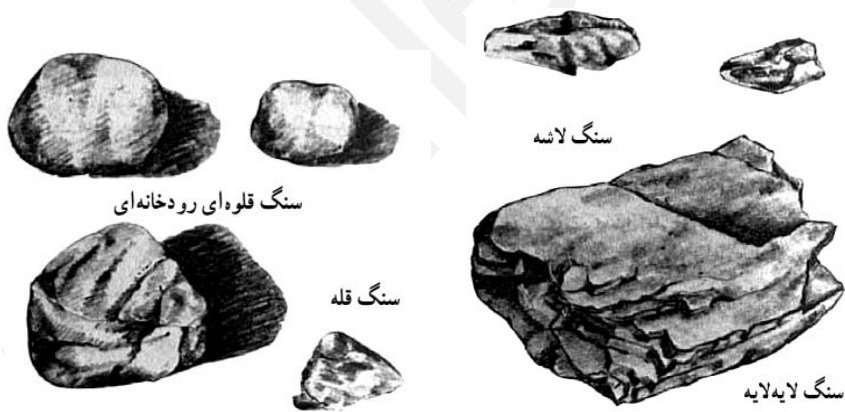
برای مثال: سنگ‌های مرمر، گنایس و کوارتزیت که به ترتیب از جنس سنگ‌های رسوبی، آذرین و ماسه‌ی سنگی رسوبی هستند جملگی تحت فشار و حرارت دگرگون شده‌اند.

د) **سنگ‌های آذرآواری:** سنگ‌های آذرآواری عبارت‌اند از: موادی که از دهانه‌ی آتش‌فشان‌ها خارج و در هوا منتشر می‌شوند و در سطح زمین یا در کف دریاها رسوب می‌کنند و به آنها توف گفته می‌شود. توف‌ها ممکن است با مواد سروبی مخلوط باشند؛ نوع ترکیب سنگ رسوبی، ضابطه‌ی تمیز توف‌های مختلف را تشکیل می‌دهد. از توف‌ها برای ساختمان‌سازی (سنگ یا پی‌های سنگی و دیوارسازی) استفاده می‌شود. رنگ توف‌ها بسیار متنوع است و نوعی از آن به رنگ‌های سبز و فیروزه‌ای است که در رشته کوه‌های البرز مرکزی به‌طور وسیعی تشکیل گردیده است. شکل نمودار تشکیل سنگ‌ها را نشان می‌دهد.



سنگ‌های ساختمانی

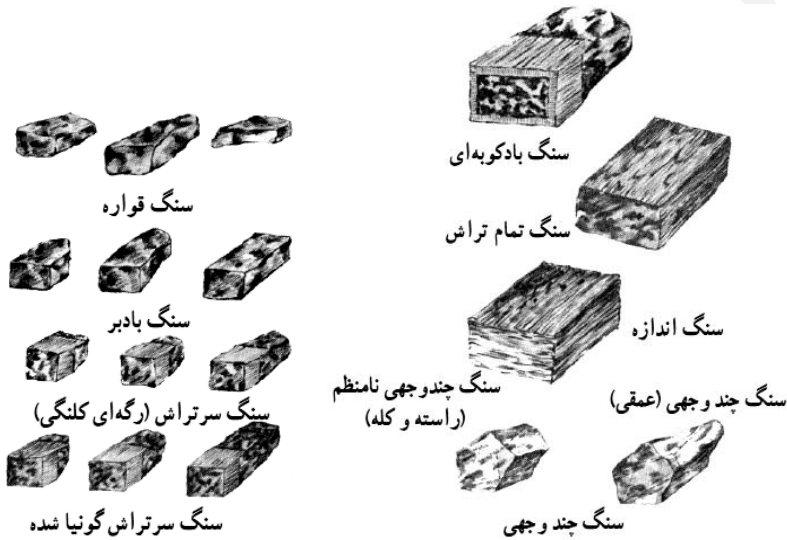
سنگ‌هایی که در ساختمان مصرف می‌شوند به یکی از صورت‌های طبیعی هستند؛ مانند: «قلوه سنگ»، «کار شده» و «بادبر و خرد».



شکل : سنگ‌های طبیعی

سنگی که از معدن به دست می‌آید برای مصرف در ساختمان آماده شود و معمولاً به دو صورت کار شده و خرد شده (شن و ماسه) آماده می‌شود. سنگ‌های کار شده را به شکل یک تیشه‌ای، دو تیشه‌ای، تخت، ساییده، لاشه و کلنگی در قسمت‌های مختلف ساختمان از قبیل پی، دیواره نمای کرسی چینی (آزاره)، نمای دیوار، پله، فرش کف‌ها و

نمای داخلی و خارجی ساختمان استفاده می‌کنند. سنگهای خرد شده را بسته به ریزی و درشتی دانه‌ها نام‌گذاری می‌کنند. دانه‌های با قطر ریزتر از $0/09$ میلی‌متر را گرده‌سنگ، دانه‌های با قطر بین $0/09$ تا 2 میلی‌متر را ماسه، دانه‌های با قطر بین 2 تا 25 میلی‌متر را نرمه‌سنگ و دانه‌های با قطر بین 25 تا 60 میلی‌متر را خردسنگ می‌گویند. هم‌چنین دانه‌های درشت‌تر از 60 میلیمتر را پاره‌سنگ، لاشه‌سنگ و تخته‌سنگ می‌نامند.

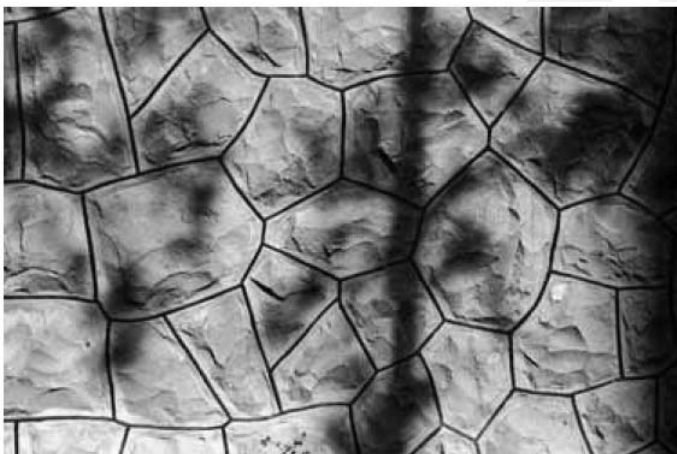


شکل : شکل‌های ساختمانی سنگ‌ها

سنگ‌های نما: این سنگ‌ها را در کارخانه به شکل لوح (سنگ پلاک) به ضخامت بین 6 تا 30 میلی‌متر می‌برند و روی آن را می‌سایند تا صیقلی شوند. سنگ لوح صیقلی را به هنگام استفاده در جای مورد نظر قرار می‌دهند و پس از اطمینان درست قرار گرفتن آن، پشت سنگ را ملات می‌ریزند تا به بنا یا زیرکار بچسبند یا آن را برای فرش کف روی لایه‌ای از ملات پهن شده قرار می‌دهند و کف مورد نظر را می‌پوشانند.

سنگ‌های نمای که در ایران استفاده می‌شوند بیشتر آهکی هستند. سنگ آراگونیت و تراورتن هر دو از ته‌نشین شدن مواد آهکی آب چشمه‌های پیرامون آتش‌فشان‌ها حاصل شده‌اند. سنگ گرانیت که رنگ‌های مختلفی دارد، سنگی آذرین است و در برابر عوامل فرسایش بسیار مقاوم است؛ اخیراً در نماهای خارجی و

داخلی ساختمان‌ها، فرش کف و پله از آن استفاده می‌شود. در انتخاب ابعاد سنگ‌های پلاک باید دقت نمود تا دو نفر به راحتی بتوانند در ارتفاع، آن را نصب نمایند. ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول: سنگ‌های مصرفی باید از نظر بافت و ظاهر، یکنواخت و بدون ترک بوده عاری از رگه‌های خاکی مارنی، میکایی، الیوین، پریت، ترکیبات سولفاتی و سولفیدی (حداکثر SO_3 به ۱٪ وزنی محدود می‌گردد) و سایر موادی باشد که در اثر عوامل جوی و هوازگی خراب می‌شوند، زیرا در این صورت استحکامی نخواهند داشت.



شکل نمای دیوار سنگی چندوجهی



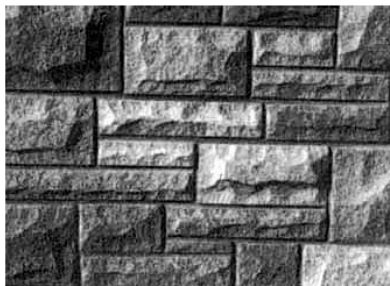
شکل : نماسازی با سنگ قلوهای رودخانه‌ای



شکل : نمای سنگ بادبر



شکل : نمای دیوار لاشه‌چینی شده بدون ملات



دیواری سنگ بادیتر سرتراش گونیا
شده به رج برده شده



دیوار با سنگ سرتراش مرتب و بدون
رج



شکل : دیوار با سنگ بادیتر مرتب و با رج‌های مساوی



شکل : دیوار با سنگ چندوجهی سرتراش رجدار

خاک‌ها

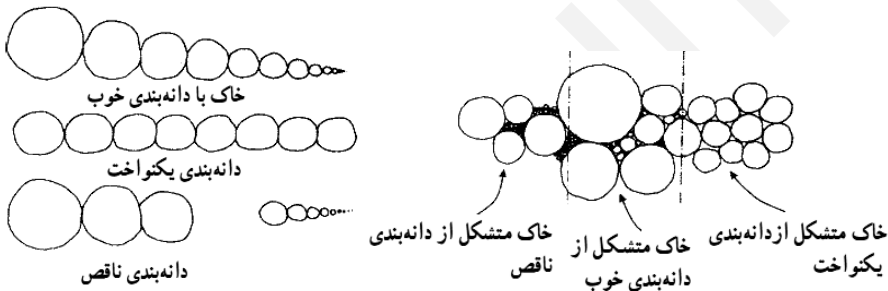
مصالح سنگی که قطر آنها کمتر از $0/002$ میلی‌متر باشد خاک نامیده می‌شود. در جدول ۲-۲ طبقه‌بندی خاک‌ها با توجه به اندازه‌ی دانه‌ها نمایش داده شده است. خاک در نتیجه‌ی تجزیه‌ی شیمیایی و یا عوامل فیزیکی و مکانیکی مواد مختلف پوسته‌ی زمین به‌وجود آمده و در دشت‌ها با قشرهایی به ضخامت‌های مختلف رسوب کرده است. خاک‌ها ممکن است دارای مواد چسباننده و یا فاقد آن باشند. مواد چسباننده‌ی داخل خاک را رُس و مواد غیرچسباننده را ماسه می‌نامند. البته ناخالصی‌های کربناتی مانند سنگ آهک و ناخالصی‌های سولفاتی نظیر سنگ گچ و ترکیب‌های آهن‌دار و رستنی‌ها و مواد آلی نیز در خاک وجود دارد.

دانه‌بندی خاک

در خاک‌ها با توجه به فراوانی دانه‌های خاک با اندازه‌های مختلف دانه‌بندی خاک دست‌خوش تغییر می‌شود و از این حیث به دو دسته کلی خاک با دانه‌بندی خوب و

خاک با دانه‌بندی ضعیف تقسیم می‌شود. خاک با دانه‌بندی خوب، خاکی است که تمام ذرات از بزرگ‌ترین تا کوچک‌ترین قطعه را دارا باشد.

خاک با دانه‌بندی ضعیف، خاکی است که شامل دانه‌های یک اندازه بوده و اندازه‌ی بزرگ‌ترین دانه با کوچک‌ترین آن تفاوت چندانی ندارد و یا خاکی که دانه‌بندی آن ناقص است یعنی دانه‌بندی آن دارای توالی است فقط در یک یا چند دانه حد وسط در جای خود قرار ندارد. در شکل لازمه‌ی رسیدن به خاکی با تاب تحمل و باربری بالا و همچنین وزن مخصوص بالا کنترل درصد وزنی دانه‌بندی خاک است به‌طوری که فضاهای خالی در این خاک توسط رده‌های مختلف ریزدانه‌ی بعدی پر شده و خاک به حداکثر تراکم برسد همان طوری که در شکل این وضعیت نمایش داده شده است.



انواع خاک

۱. **خاک رس:** خاک رس از فرسوده شدن سنگ‌های آذری و دگرگونی مانند فلدسپات‌ها، گرانیت‌ها و گنایس‌ها حاصل می‌شود. از این رو، به غیر از رس، ماسه و لای هم در خاک باقی می‌ماند. از علل خاصیت چسبندگی خاک رس می‌توان از ریزی دانه‌ها و پولکی شکل بودن آن نام برد.

۲. **خاک چینی:** خاک رس خالص سفیدرنگ است و در صنعت سفال‌سازی به نام خاک چینی معروف است. رنگ خاک رس‌های معمولی در اثر مواد خارجی از قبیل اکسید آهن و گرافیت سفید نیست.

۳. **مخلوط (مِج):** خاکی که انواع دانه‌های ریز و درشت و درصدی نیز خاک رس داشته باشد، مخلوط و یا مِج نامیده می‌شود.

خشت

خاک نمناک و یا گلی است که به آن شکل داده باشند. گل مصرفی، مخلوط همگن و ورز دیده‌ی خاک و آب است. خشت پخته شده را آجر می‌نامند که در همین فصل به آن می‌پردازیم.

نحوه ساخت خشت

برای ساختن خشت ابتدا زمین‌های رسی را کنده سپس آزمایش می‌کنند، تا معلوم شود که خاک رس دارای سنگ ریزه‌ی آهکی نیست. پس از آزمایش، خاک کنده شده را به صورت حوضچه‌هایی درمی‌آورند که به آن «آب‌خوره» می‌گویند. آنگاه حوضچه را از آب پر می‌کنند و به مدت ۲ روز به حال خود رها می‌کنند تا کلوخه‌های رس نمناک شود. خاک رس نمناک را دوباره به هم می‌زنند تا به صورت خمیر گل درآید؛ سپس آن را در قالب‌های چوبی یا آهنی مربع یا مستطیل شکل قرار می‌دهند. برای این منظور داخل قالب را با خاکستر یا ماسه‌ی بادی آغشته می‌کنند و خمیر را در آن می‌ریزند و پس از هموار کردن و گرفتن خمیر اضافی، آن را به محل خود برمی‌گردانند (گفتنی است پس از اینکه خمیر گل را در قالب می‌ریزند و به خوبی می‌کوبند تا تمام زوایای قالب پر از خمیر گل شود، اضافات آن را با قطعه سیم نازکی می‌برند و از روی قالب خارج می‌کنند). در پی آن، گل‌های شکل گرفته را در برابر آفتاب گذاشته تا خشک شوند. آنچه بدین طریق به دست می‌آید خشت نامیده می‌شود. خشت تا زمانی که روی زمین است رطوبت خود را دیر از دست می‌دهد. بنابراین برای آنکه سریع‌تر و بهتر خشک شود، آنها را به‌طور مشبک دسته می‌کنند. این دسته کردن را «قفسه» یا «زنجیره کردن» می‌نامند. خشت پس از قفسه شدن در جریان هوا قرار می‌گیرد و هوا کاملاً به اطراف خشت‌ها می‌رسد؛ از این رو زودتر خشک می‌شود و محکم و سفت می‌گردد. خشت‌های خشک شده را به کوره حمل می‌کنند و اگر برای ذخیره‌ی زمستان باشد آنها را در انبار دسته‌بندی می‌کنند.

تعریف آجر: آجر سنگی است ساختگی (مصنوعی) که نوع رسی آن از شکل دادن و پخش گل، نوع ماسه آهکی آن از عمل آوردن خشت ماسه آهکی با بخار تحت فشار زیاد به دست می‌آید و نوع آجرهای بتنی همانند بلوک‌های سیمانی دیواری تهیه

می شود.

آجر رسی

آجر رسی عمدتاً از سیلیکات های آلومینیم است و به شکل های مکعب مستطیل توپر، سوراخ دار، توخالی (مجوف، تیغه ای و سقفی) و قطعات نازک تولید می شود. از آجر برای ساختن دیوارهای بابر بر، سقف های تیرچه بلوک، طاق ضربی بین تیر آهن ها و نمای خارجی ساختمانها و نظایر آن استفاده می شود.

آجر پزی: آجر پزی یعنی گرما دادن به خشت به اندازه ای که آب شیمیایی خاک رس گرفته شود و دانه های خاک در اثر حرارت به حد غرق کردن برسند، اما ذوب نشوند، بلکه فقط به هم دیگر چسبیده، به جسم سختی تبدیل شوند تا دارای مفروضات مناسبی باشد.

خاک رس خالص در حدود ۱۴۰۰ درجه ذوب می شود، اما به علت داشتن مواد خارجی و گداز آور درجه ی ذوب آن پایین می آید و آجر ساختمانی در گرمای نزدیک به ۹ درجه پخته می شود.

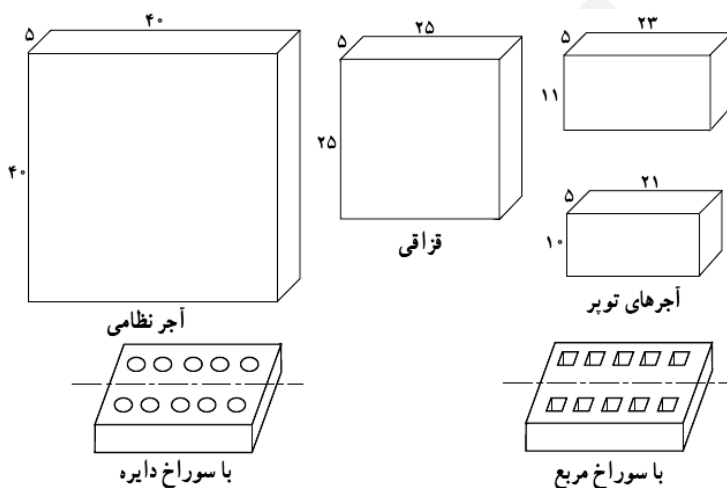
مراحل پخته شدن آجر ساختمانی چنین است:

در گرمای ۱۰۰ درجه خشت خشک شده حالت خمیری و چسبناکی خود را از دست می دهد. در گرمای بالاتر از ۵۰۰ درجه کم کم آب شیمیایی خاک رس جدا می شود و در گرمای نزدیک به ۹۰ درجه خشت می پزد و دانه های خاک به هم چسبیده و یک جسم یک پارچه و مقاوم به نام آجر تهیه می شود.

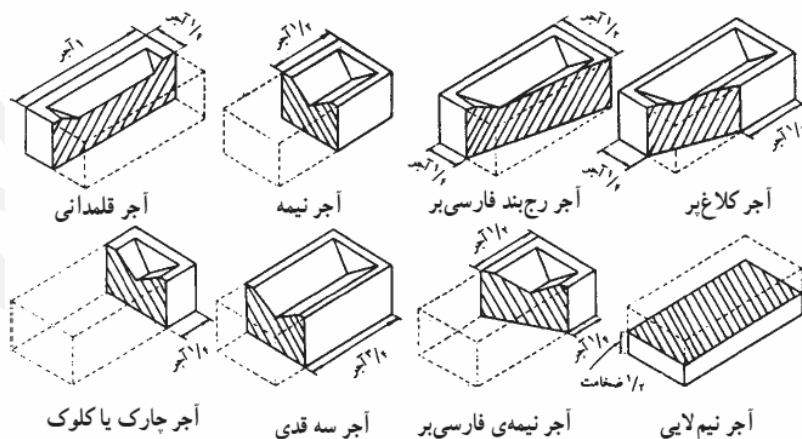
از خاک هایی که دارای کربنات کلسیم و یا نمک باشند آجر خوبی به دست نمی آید، زیرا در حرارت ۸۰۰ درجه پخته می شوند.

شکل آجر: در زمان های قدیم آجرها به ابعاد ۵×۴۰×۴۰ سانتی متر به نام آجر نظامی، همچنین در ابعاد ۵×۲۵×۲۵ سانتی متر قزاقی ساخته می شد که برای دیوار چینی و پوشش سقف های تیغه ای و اغلب برای فرش کف ها به کار می رفت. به تدریج شکل آجرها تغییر یافته، به اندازه های کنونی تبدیل شده است (۵×۱۱×۲۳ سانتی متر و یا ۵×۱۰×۲۱ سانتی متر). به طور کلی طول آجر باید دو برابر عرض آن به علاوه یک سانتی متر باشد. آجرها ممکن است به صورت توپر، توخالی و یا سوراخ دار تهیه شوند.

شکل سطوح مقطع سوراخ‌های آجر، مربع، مستطیل و یا گرد است، اما مطابق استاندارد باید بین ابعاد سوراخ‌ها روابطی وجود داشته باشد؛ مثلاً ضلع مربع نبایستی از ۱۵ میلی‌متر بیشتر باشد و قطر سوراخ‌های دایره شکل نباید از ۲۰ میلی‌متر بگذرد و برای سوراخ‌های مستطیل شکل، حاصل ضرب طول \times عرض نباید از ۶۰ میلی‌متر بیشتر باشد.



انواع آجر



اشکال آجر

ابزارهای عمومی ساختمان:

۱. شمشه	۲. شاقول	۳. ریسمانکار
۴. تراز	۵. گونیا	۶. متر
۸. تیشه و انواع آن	۹. چکش لاستیکی	۱۰. پتک
۱۱. کلنگ	۱۲. بیل	۱۳. فرغون
۱۴. استانبلی	۱۵. پیمانه	

اصول آجرچینی، دیوارچینی

تعریف دیوار: عضوی از ساختمان است که از اصول تراز و شاقول بهره‌مند بوده و باید طبق نقشه مورد نظم و با پیوند کاملی ساخته شود.

تعریف پیوند: اتصال بین آجرها و شکل قرار گرفتن آنها نسبت به همدیگر را پیوند می‌گویند.

اصول پیوند: قرار دادن آجرها در کنار هم بند برشی ایجاد می‌کند و از مقاومت دیوار می‌کاهد و هر چه بیشتر از آجرهای درسته بدون شکستگی استفاده شود، دیوار محکم‌تر خواهد شد. مقدار بند برشی در رجهای اجرا شده با درصد اتصال نسبت عکس پیوند دارد.

نماسازی آجری:

پیوند نیم نیم: در دیوارهای ۱۰ سانتی

پیوند سرنما: در دیوارهای ۲۱ سانتی متری و ۳۵ سانتی متری

پیوند بلوکی: در دیوارهای ۲۱ سانتی متری و ۳۵ سانتی متری

پیوند هلندی: در دیوارهای ۲۱ سانتی متری و ۳۵ سانتی متری

پیوند کله راسته: در دیوارهای ۲۱ سانتی متری و ۳۵ سانتی متری

پیوندهای ویژه: در دیوارهای ۲۱ سانتی متری و ۳۵ سانتی متری

بلوک‌های سیمانی (بلوک بتنی): از ترکیب سیمان و آب با شن ریزدانه و ماسه با دیگر سنگ دانه‌های مناسب ساخته می‌شوند که پس از لرزاندن و متراکم کردن مخلوط و عمل آوردن و نیز مراقبت از آنها در محیط مناسب به دست می‌آید. بلوک‌های سیمانی

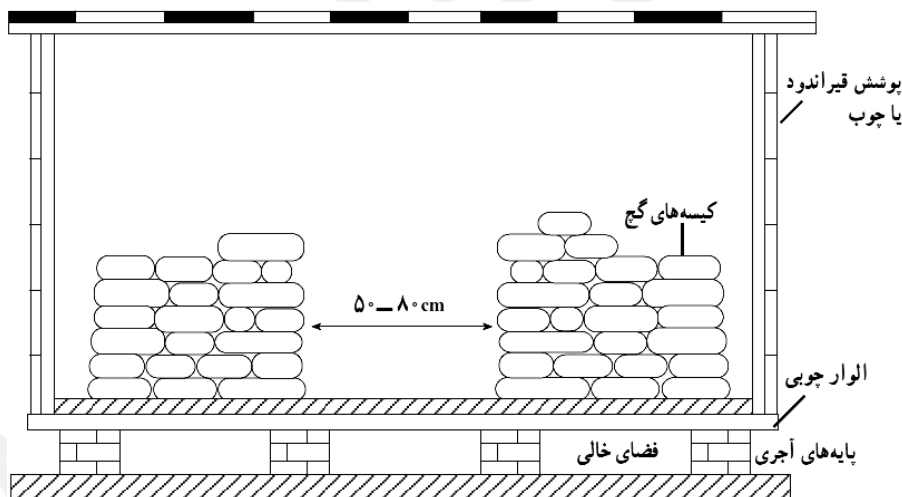
به شکل‌های توخالی و توپر و در تیغه‌های جداکننده و سقف‌های تیرچه و بلوک و سایر قسمت‌های ساختمان به کار می‌روند.

گچ

سنگ گچ طبیعی سولفات ابدار کلسیم $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ در رده‌ی سنگ‌های رسوبی بوده دارای سختی ۲ است. گچ از مواد چسباننده‌ی ساختمانی و مطابق تعریف نوعی چسباننده‌ی هوایی است. گچ ساختمانی از پختن سنگ گچ در گرمای حدود ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌دست می‌آید.

حمل و نقل و نگه‌داری

گچ پخته را باید از آب و رطوبت هوا محفوظ نگاه داشت و نیز آنها را در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگه‌داری نمود.



شکل : انبار کردن کیسه‌های گچ در فضای بسته

آهک

آهکی که در کارهای ساختمانی مصرف می‌شود CaO است که از پختن سنگ آهک یا کربنات کلسیم به فرمول CaCO_3 به‌دست می‌آید. آهک از مصالح چسبنده و ملات آن

«هوایی» و «آبی» است و انواع آن به درجه‌ی پخت و وجود ناخالصی‌های آن بستگی دارد.

هرچه قدر درجه‌ی حرارت پخت زیادتر باشد، وزن مخصوص آهک نیز بیشتر است و خواص ملات‌های آبی را به دست می‌آورد. سنگ آهک خالص، بی‌رنگ، بلوری و درجه‌ی سختی آن ۳ است. سنگ آهک خالص در حرارت ۲۴۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه‌ی با کربن ترکیب و به کاربید کلسیم تبدیل می‌گردد. کربید کلسیم C_2Ca نیز پس از ترکیب شدن با آب به گاز استیلن C_2H_2 و آهک شکفته مبدل می‌شود. سنگ آهک معمولی، غیربلوری و ناخالص است و اغلب با مقداری Mg همراه می‌باشد. ناخالصی‌های دیگر آن عبارتند از: سیلیس، اکسید آهن، اکسید آلومینیوم و گوگرد.

انواع سنگ‌های آهکی: در طبیعت انواع سنگ‌های آهکی یافت می‌شود که عبارت‌اند از:

۱. سنگ‌های آهکی معمولی: از ته‌نشین شدن مواد آهکی محلول در آب دریاها تشکیل می‌شوند.
۲. سنگ‌های آهکی مرجانی: از باقیمانده‌ی جلد حیوانات دریایی در کف دریاها و اقیانوس‌ها به وجود آمده‌اند.
۳. سنگ‌های آراگونیت و تراورتن: از ته‌نشین شدن مواد آهکی محلول در آب گرم چشمه‌های اطراف آتشفشان‌ها تشکیل شده‌اند.
۴. سنگ آهکی دولومیتی: از ترکیب طبیعی کربنات منیزیم و کربنات کلسیم تشکیل می‌شود و به اصطلاح «دوکربناته» هستند. دولومیت از مواد دیرگداز (نسوز) است.
۵. سنگ مرمر: سنگی است آهکی دگرگون شده که این نوع سنگ مرمر را در بسیاری از نقاط ایران می‌توان پیدا کرد. هر سنگ آهک توپری را نمی‌توان «مرمر» نامید.

سیمان

سیمان‌ها فرآورده‌هایی هستند که قسمت عمده‌ی مصالح اولیه‌ی آنها آهک است و خاصیت آنها این است که پس از مخلوط شدن با آب در برابر هوا یا جایی که هوا

نیست، مانند زیر آب، سفت و سخت می‌شوند و دانه‌های شن و ماسه یا مصالح دیگر مثل سنگ و آجر و کاشی را به هم می‌چسبانند.

اجزای تشکیل دهنده سیمان پرتلند: مواد اصلی سیمان پرتلند، سنگ آهک و خاک رس به نسبت وزنی ۳ به ۱ است که پس از آسیاب کردن آنها به طریقه‌ی تر یا خشک برای پختن وارد کوره می‌شوند. در کوره به این مواد به اندازه‌ای حرارت می‌دهند که دانه‌ها عرق کنند (۳۰٪ سطح دانه‌ها ذوب شود) و به یکدیگر بچسبند و به شکل دانه‌های فندقی به نام «کلینکر» درآیند. پس از سرد کردن و آسیاب کردن کلینکر همراه با کمی سنگ گچ، سیمان پرتلند به دست می‌آید. علاوه بر سنگ آهک و خاک رس بایستی به نسبت‌های معینی، سیلیس، اکسید آلومینیوم، اکسید آهن نیز در مواد اصلی وجود داشته باشد.

بتن

بتن از مخلوط مقدار مناسب سیمان، شن، ماسه و آب ساخته می‌شود. در پاره‌ای مواقع برای اصلاح و یا کسب بعضی از خواص بتن ماده‌ی دیگری نیز به آن افزوده می‌شود. خواص و ویژگی‌های بتن در ارتباط نزدیک با خواص مواد تشکیل دهنده‌ی آن است.

مقاومت یک بتن به تغییرات کمی و کیفی مواد متشکله آن به شرح زیر دارد:

۱. سیمان از نظر مقدار مصرف در بتن و از نظر نوع و جنس آن
 ۲. آب از نظر مقدار به کار رفته و کیفیت آن مصرفی
 ۳. مصالح ستگی از نظر جنس و نوع دانه‌بندی آنها
 ۴. طرز ساختن و به کار بردن و عمل آوردن و حفظ کردن بتن
- غیر از عوامل ذکر شده با گذشت زمان شیب منحنی مقاومت بتن در ابتدا زیاد و به تدریج کم می‌شود.

مقاومت بتن ۲۸ روزه	مقاومت نهایی
مقاومت بتن ۷ روزه	مقاومت ۷۰ درصد مقاومت نهایی
مقاومت بتن ۹۰ روزه	حدود ۱۲۰ درصد مقاومت نهایی
در بتن‌های زودگیر مقاومت ۳ روزه و گاهی ۱ روزه هم مد نظر قرار می‌گیرد.	

بعد از یک سال افزایش مقاومت بتن خیلی کند می‌شود و باید دانست هر چه مقاومت بتن بالاتر می‌رود الاستیته بتن هم افزایش می‌یابد.

نسبت آب به سیمان: رواین و کارایی بتن تا حد بسیاری به میزان آب موجود در مخلوط بتن بستگی دارد و از طرفی مقاومت بتن با میزان آب مصرفی نسبت به وزن سیمان مربوط است؛ از این رو، رابطه‌ای بین مقاومت فشاری بتن و نسبت آب به سیمان باید وجود داشته باشد. نسبت آب به سیمان حدود $0/3$ تا $0/6$ است.

برای ساختن بتن، مصالح بتن را به نسبت‌های مشخص شده - با استفاده از طرح اختلاط - در مخلوط‌کن می‌ریزند و به خوبی مخلوط می‌کنند تا سطوح دانه‌های سنگی با ملات سیمان پوشیده شود و بدین ترتیب، مخلوط همگن یکنواخت به‌دست آید. پس از ریختن بتن در قالب‌ها برای خارج کردن هوای محبوس داخل بتن و نزدیک کردن سنگ دانه‌ها به یکدیگر بتن ریخته شده‌ی درون قالب را با وسایل دستی یا ماشینی (ویراتور) لرزاننده، متراکم می‌نمایند.

آخرین و مهم‌ترین مرحله در به‌دست آوردن بتن سخت با مقاومت پیش‌بینی شده، نگهداری و حفاظت (عمل آوردن) است که از زمان بتن‌ریزی آغاز می‌شود. بتن ریخته شده را باید در سرما از یخ زدن و در گرمات از تبخیر سریع آب آن به نحو مطلوبی محافظت نمود. مرطوب نگه داشتن سطح خارجی بتن همراه با حفظ دمای بالاتر از 4 درجه - در روزهای اولیه‌ی بتن‌ریزی - در کسب مقاومت نهایی بتن تأثیر فراوان دارد. این کار را «عمل آوردن» بتن می‌نامند.

اثر جنس و مقدار سیمان در بتن

جنس و مقدار سیمان باید متناسب با نوع کار و حمل مصرف و درجه حرارت و فصل، و طبق مشخصات فنی باشد. اما از نظر مقدار سیمان برحسب kg/m^3 بتن مصرفی می‌شود. هر چه سیمان بیشتر مصرف شود مقاومت بتن اضافه می‌شود پس نتیجه می‌شود فقط تا حدی می‌توان مقدار سیمان را در بتن زیاد کرد و آن مقداری است که دوغاب سیمان بتواند دور تمام دانه‌های سنگ را اندود کند و فضای خالی احتمالی بین دانه‌های سنگ را نیز پر نماید.

مشخصات فنی بتن

بتن را با علامت B نشان می دهند و در مقابل آن عدد مورد نظر را می نویسند که در جدول زیر مشخصات آنها نشان داده شده است.

مارک بتن (B)	مقاومت ۲۸ روزه kg/cm ²	مقدار سیمان kg	مقدار ماسه m ³	مقدار بتن m ³
۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۰/۵۸	۰/۷۲
۲۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۰/۵۶	۰/۶۸
۳۵۰	۳۵۰	۴۰۰	۰/۵۳	۰/۶۵

از لحاظ مقدار سیمان ۳ جور بتن ساخته می شود:

الف) بتن کم مایه با ۷۵ تا ۱۵۰ kg/m³ - بتن لاغر یا بتن مگر ۷۵ سیمان

ب) بتن معمولی با ۱۵۰ تا ۲۵۰ kg/m³ - ۱۵۰ سیمان

ج) بتن پر مایه ۲۵۰ تا ۳۵۰ kg/m³ - ۲۵۰ سیمان

برای کارهای مخصوص نظیر ساختمان های دریایی و غیره تا ۵۰۰ kg/m³ هم سیمان مصرف می شود برای آن که فولاد در بتن زنگ نرزد در بتن فولادهای مسلح مقدار سیمان از ۲۵۰ kg/m³ نباید کمتر باشد.

اسلمپ بتن: روش تعیین قابلیت کارایی بتن در حقیقت تعیین مقدار روانی و چسبندگی بین دانه است. روش بسیار ساده ای جهت اندازه گیری آن موجود است که با نشان دادن مقدار آب بتن اندازه گیری می کند.

اسلمپ گیری بتن: این آزمایش ساده ترین آزمایش جهت تعیین قابلیت کارایی بتن است و نشان دهنده میزان آب بتن.

روش و مقدار اسلمپ: مقداری بتن از خروجی میکسر گرفته و داخل قالب مخصوص مخروطی شکل با ابعاد استاندارد ریخته و با میله با قطر ۱۲ میلی لیتر در سه مرحله پر می کنیم و ضربه می زنیم پس از پر شدن مخروط (قالب) و بعد از ۳ دقیقه با دقت بسیار زیاد قالب را بلند کرده و مقدار نشت را اندازه گیری می کنیم. این مقدار دارای حدودی به شرح زیر است:

الف) برای ساختمان های عادی ۲ تا ۱۰ سانتی متر

ب) برای ساختمان های مسلح با ضخامت کم می تواند بیشتر از ۱۰ تا ۱۵

سانتی متر باشد.

ج) برای ساختمان‌هایی که در قالب‌های آب‌بندی شده ریخته می‌شوند بین صفر تا ده سانتی متر است.

ریختن بتن: اصل مهم در ریختن بتن به هم نخوردن دانه‌بندی آن است بنابراین نباید بتن را اندازه‌های ۱/۵ متری به‌طور آزاد ریخت و بهترین راه پمپ بتن یا سطوح مورب می‌باشد.

تراکم بتن: با توجه به اینکه حباب‌های موجود در بتن مقاومت آن را کاهش می‌دهد برای هر درصد هوای محبوس شده کاهش مقاومتی برابر ۵ تا ۶ درصد خواهد بود. برای ۵ درصد هوا حدود ۲۵ درصد از مقاومت بتن کاسته می‌شود و هم‌چنین وجود هوا بتن را در مقابل مایعات زیان‌آور نفوذپذیر خواهد نمود. زمان لرزاندن برای بتن با اسلمپ ۱۰ حدود ۵ ثانیه می‌باشد.

نگهداری و عمل آوردن بتن: نگهداری بتن در حقیقت جلوگیری از خروج آب بتن و حفظ بتن در دمای بین ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که به روش‌های زیر انجام می‌گیرد. آب دادن بتن در تابستان هر دو عمل فوق را انجام می‌دهد، یعنی هم از خروج آب بتن جلوگیری می‌کند و هم بتن را خنک نگه می‌دارد.

مواد افزودنی در بتن: مواد روان‌کننده - حباب‌زا - چسبنده - ضد رطوبت - پوزولان

طاقة بتن: طاقة بتن عبارت است از مقاومت بتن در برابر ضربه که هر چه مقدار عیار سیمان بتن افزایش یابد طاقة بتن کمتر خواهد شد و بنابراین در ساخت پلها و سایر سازه‌های بتنی که به آنها ضربه وارد می‌شود نباید از عیار ۴۰۰ و بالاتر استفاده نمود. بلکه باید مصرف آب را پایین آورد.

سختی بتن: مقاومت بتن در مقابل سایش را سختی بتن می‌نامند.

دوام بتن: مقاومت بتن در برابر رویدادها فیزیکی مانند یخ زدن و آب شدن را دوام بتن می‌گویند.

تغییر شکل الاستیک بتن: نمونه زیر فشار، قسمت بالاتر پلاستیک و قسمت‌های پایین‌تر الاستیک می‌شود.

خزش یا تغییر شکل وابسته به زمان تابع عوامل زیر است:

۱. نسبت آب به سیمان بتن

۲. نگهداری بتن

۳. سن بتن

۴. اندازه تنش بتن

۵. اندازه و شکل بتن