مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران

IDRO

دوره مربی گری بین المللی جوش

IWP

۱. فرایند ها و تجهیزات جوشکاری

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فهرست

عنوان	صفحه
۱ـ۱ـ مقدمه ای بر تکنولوژی جوشکاری	۱
۲ـ۱ـ جوشکاری اکسی استیلن	۷
۴ـ۱ـ مروری بر الکتروتکنیک	۳۳
۵ ـ۱ـ قوس الکتریکی	۴۷
۶ ـ۱ـ منابع نیرو در جوشکاری با قوس الکتریکی	۵۹
۷ـ۱ـ جوشکاری قوس الکتریک با گاز محافظ	۷۸
۸ـ۱ـ جوشکاری TIG	۹۷
۹ـ ۱ـ جوشکاریMIG/MAG	۱۳۳
۱۰ـ۱جوشکاری به روش الکترود دستی	۱۷۴
۱۱ـ۱ـ جوشکاری زیر پودری	۲۱۹
۱۳ـ۱ـ فرآیندهای مختلف جوشکاری	۲۴۳
۱۴ـ۱ـ برشکاری و روش‌های دیگر آماده سازی قطعات	۲۵۶

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل اول

۱ـ۱

مقدمه ای بر تکنولوژی جوشکاری

General Introduction to welding technology

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۱-۱-مقدمه

بشر اولیه زمانی که فلز را شناخت و به نحوه ذوب و ریخته‌گری آن پی‌برد در زمینه اتصال قطعات فلزی نیز تلاشهای زیادی کرد و توانست لحیم کاری و بعضی از روشهای ساده جوشکاری را ابداع نماید. در کاوشهای باستان شناسی دست بندهای طلائی پیدا شده است که مربوط به دوران، قبل تاریخ بوده و سر این دست بندها بوسیله ضربات چکش جوشکاری شده است. در جواهرات قدیمی ذرات ریز طلا را بوسیله صمغ درخت و نمک مس بهم چسبانده سپس آنرا آتش می‌زدند، در اثر حرارت حاصل از سوختن صمغ درخت، فلز مس احیاء شده و با طلا ترکیب می‌شد و بدین ترتیب جوشکاری قطعات ریز طلا انجام می‌گرفت. رومیان قدیم از آلیاژهائی برای لحیم کاری استفاده میکردند که هنوز هم در صنعت امروزی کاربرد دارند. جوشکاری بصورت امروزی در قرن نوزدهم اهمیت بیشتری پیدا نمود و پیشرفت کرد. در سال ۱۸۸۷ میلادی برنادوس روسی از قوس الکتریکی و الکترود ذغالی برای جوشکاری استفاده نمود و بعد از او اسکاویافوف الکترود فلزی بدون روپوش و قوس الکتریکی را برای جوشکاری بکار گرفت.

امروزه بیشتر صد روش جوشکاری و برشکاری و لحیم کاری اختراع شده و جوشکاری را بعنوان یک شاخه علمی مطرح نموده است و دارای شاخه‌های متعددی در زمینه: فرآیندهای جوشکاری، طراحی، بازرسی، متالورژی و ... می‌باشد. و جمعیت زیادی را در این صنعت مشغول بکار نموده است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲-۱-انواع اتصالات

در صنعت، هر سازه فلزی از قطعات مختلف ریخته‌گری شده، نورد کاری شده و ماشین کاری شده ساخته می شود و این قطعات به روشهای مختلفی بهم متصل می گردند که عبارتند از: پیچ، پرچ، خار، پین، لحیم، جوش.

روشهای فوق را می‌توان به صورت ذیل دسته بندی نمود:

الف ـ اتصال موقت: پیچ، پین، خار

ب ـ اتصال نیمه موقت: پرچ، لحیم

ج ـ اتصال دائم: جوشکاری

اتصال موقت: به اتصالی گفته می‌شود که در صورت جدا نمودن عامل اتصال (پیچ، پین، خار) به فلز پایه و عامل اتصال آسیبی وارد نمی‌گردد.

اتصال نیمه موقت: به اتصالی گفته می‌شود که در صورت جدا نمودن عامل اتصال (پرچ، لحیم) فلز پایه صدمه‌ای نمی‌بیند ولی عامل اتصال از بین می‌رود.

اتصال دائم: به اتصالی گفته می‌شود که در صورت جدا نمودن عامل اتصال، هم فلز پایه و هم عامل اتصال آسیب می‌بیند.

مزیت اتصال موقت نسبت به اتصال دائم آنست که کمترین عیب احتمالی را دارد در صورتیکه در اتصال دائم نظیر جوشکاری عیوب مختلفی ایجاد می‌گردد.

مزیت اتصال دائم:

۱- استحکام آن بالاتر است.

۲- امکان آب بندی وجود دارد.

۳- سریعتر انجام می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٤-اماده سازی کمتری نیاز دارد.

٥- به مرور زمان عامل اتصال شل نمی‌شود.

٣-١-لحیم کاری:

لحیم کاری یک نوع اتصال موقت می‌باشد و به دو دسته تقسیم می‌شود:

١ـ لحیم کاری نرم ، ٢ـ لحیم کاری سخت

در لحیم کاری از یک فلز سیال با نقطه ذوب پائین‌تر از فلز پایه برای اتصال استفاده می‌شود. ابتدا لبه‌های قطعات فلزی را تا دمای بالاتر از نقطه ذوب فلز لحیم حرارت داده سپس فلز لحیم را اضافه می‌نمایند. فلز لحیم ذوب شده و در شکاف بین دو قطعه جاری می‌گردد و در پستی و بلندیهای سطح فلز قرار گرفته و پس از انجماد باعث عمل اتصال می‌گردد. اگر نقطه ذوب فلز لحیم کمتر از 450^{c} باشد لحیم کاری نرم و اگر بالاتر از 450^{c} باشد، لحیم کاری سخت نامیده می‌شود.

جوشکاری:

تعریف: عمل ایجاد پیوند بین اتمهای دو جسم را جوشکاری گویند. این پیوند می‌تواند بین دو فلز همجنس و یا غیر هم جنس ، بین فلز با غیرفلز و یا بین دو ماده غیرفلزی (پلاستیک) انجام شود.

عمل جوشکاری می‌تواند با حرارت و یا بدون حرارت، با فشار یا بدون فشار، با ماده کمکی یا بدون آن انجام شود.

جوشکاری از نظر ذوب به دودسته کلی تقسیم بندی می‌گردد

١- جوشکاری غیرذوبی

٢- جوشکاری ذوبی

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۴-۱-جوشکاری غیرذوبی:

در این روشها بدون ذوب لبه‌های اتصال، عمل جوشکاری انجام می‌گیرد

جوشکاری غیرذوبی به دو دسته تقسیم می‌گردد:

الف: بدون استفاد از حرارت

ب: با استفاده از حرارت

الف : جوشکاری غیرذوبی بدون استفاده از حرارت:

در این روش قطعات در دمای محیط توسط ضربه یا فشار به یکدیگر جوشکاری می-شوند مثل: جوشکاری انفجاری، جوشکاری التراسونیک، جوشکاری با ضربات چکش، جوشکاری توسط غلطک کاری.

ب: جوشکاری غیرذوبی بوسیله حرارت:

در این روش قطعات تا دمای خمیری شدن حرارت داده می‌شوند سپس توسط فشار با ضربه عمل جوشکاری انجام می‌گیرد مثل: جوش آهنگری، جوش غلطک کاری گرم.

۵-۱- جوشکاری ذوبی:

در این روش با استفاده از حرارت لبه‌های اتصال ذوب شده و سپس با استفاده از ماده کمکی و یا بدون آن عمل جوشکاری انجام می‌شود. مانند جوشکاری اکسی گاز که از حرارت حاصل از سوختن یک گاز سوختنی مانند استیلن با اکسیژن لبه‌های کار به دمای ذوب رسیده و درهم ادغام می‌گردندو پس ازمنجمد شدن عمل جوشکاری انجام می شود و یا مثل جوشکاری با قوس الکتریکی نظیر: جوشکاری برق، تیگ، میگ مگ، زیر پودری، پلاسما.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

منابع حرارتی مورد استفاده در جوشکاری عبارتند از:

۱ـ شیمیائی : از فعل و انفعالات شیمیائی می‌توان برای تولید حرارت استفاده نمود مانند عمل سوختن گازهای سوختنی با اکسیژن یا جوشکاری ترمیت که از واکنش بین پودر آلومینیوم و اکسید آهن حرارت زیادی ایجاد شده و باعث ذوب و احیاء اکسید آهن می‌گردد و آهن مذاب حاصل برای جوشکاری بکار می‌رود.

۲- الکتریکی : از انرژی الکتریکی می‌توان برای جوشکاری مقاومتی، جوشکاری با قوس الکتریکی و جوشکاری الکترون بیم استفاده نمود.

۳- نوری : انرژی نوری در جوشکاری با لیزر از یک شعاع نوری متمرکز با انرژی زیاد استفاده می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل دوم

۲-۱

جوشکاری اکسی استیلن

Oxy-gas welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جوشکاری اکسی گاز OFW

Oxygen – Fuel welding

Oxy – Acetylen welding (oAW)

جوشکاری اکسی گاز یکی از روشهای جوشکاری قدیمی بوده که به خاطر خصوصیات منحصر بفرد خود هنوز در صنعت دارای کاربرد وسیعی می‌باشد.

جوشکاری اکسی گاز به هر نوع احتراق گاز سوختنی با اکسیژن که به عنوان یک منبع گرمایی برای جوشکاری باشد، اطلاق می‌شود. در این روش با استفاده از شعله حاصل از سوختن گاز سوختنی با اکسیژن، که در سر مشعل ایجاد می‌شود، جهت ذوب فلز پایه و سیم جوش استفاده می‌گردد. در این روش گاز سوختنی با گاز اکسیژن با نسبت مناسب وارد محفظه اختلاط مشعل شده و پس از مخلوط شدن از سر نازل مشعل خارج شده و محترق می‌شود.

حرارت حاصل از سوختن گازها در صنعت دارای کاربرد گوناگونی می‌باشد که عبارتند از ۱- جوشکاری ۲- لحیم کاری نرم و سخت ۳- برشکاری ٤- شیار زنی ٥- صافکاری ٦- پیشگرم کردن ۷- تمیز کاری سطوح ۸- فلز پاشی ۹- سخت کاری

مزایای جوشکاری اکسی گاز:

۱- تجهیزات آن ساده و ارزان قیمت می‌باشد

۲- قابل حمل و نقل می‌باشد

۳- برای جوشکاری ورقهای نازک، لوله‌های جدار نازک و لوله‌های با قطر کم مناسب است.

٤- امکان لحیم کاری نرم و سخت وجود دارد

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۵- درجه رقت آن کم است (Dilution)

معایب جوشکاری گاز:

۱- سرعت جوشکاری کم است

۲- حرارت ورودی به قطعه بالا می‌باشد

۳- جوشکاری ورقهای ضخیم بجز در کارهای تعمیراتی مقرون بصرفه نمی‌باشد

٤- خطر پس زدن شعله و امکان انفجار وجود دارد

۵- همه نوع فلزی را نمی‌توان با این روش جوشکاری نمود

گازهای مورد استفاده در جوشکاری اکسی گاز:

گازهای مصرفی به دو دسته تقسیم می‌شوند
- ۱- گاز سوختنی
- ۲- گاز عامل اشتعال

۱- گازهای سوختنی:

گازهای سوختنی که برای جوشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید دارای خصوصیات ذیل باشد:

۱- دمای شعله حاصل بالا باشد

۲- سرعت احتراق زیاد باشد

۳- انرژی حرارتی بالایی تولید نماید

٤- دارای کمترین اثر مخرب بر روی جوش باشد

۵- تهیه آن ساده و ارزان باشد

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در بین گازهای موجود، گاز استیلن دارای همه خصوصیات ذکر شده می‌باشد و بیشتر در جوشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. گازهای دیگر نظیر پروپان، گاز طبیعی گاز متیل استیلن پروپادین، پروپیلن و ... دمای بالایی تولید می‌نمایند ولی سرعت احتراق آنها پایین می‌باشد. بعضی از گازها نیز در نسبت مناسب تنظیم شده برای سوختن دارای خاصیت اکسید کنندگی برای جوش می‌باشند. گازهای فوق برای برشکاری و لحیم کاری و همچنین کارهایی که نیاز به نرخ انتقال حرارتی بالایی نمی‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

گاز استیلن C_2H_2

گاز استیلن بر فرمول شیمیایی C_2H_2 یک گاز ئیدروکربنی می‌باشد که درصد وزنی کربن آن بیشتر از گازهای دیگر ئیدروکربنی می‌باشد. این گاز بدون رنگ و سبکتر از هوا بوده و دارای بوی نامطبوعی می‌باشد. بدبو بودن آن بخاطر وجود ناخالصی‌هایی نظیر سولفور ئیدروژن و فسفر ئیدروژن می‌باشد.

گاز استیلن را از تماس آب بر روی سنگ کاربید به دست می‌آورند.

طرز تهیه کاربید کلیسم (سنگ کاربید) C_2C_a:

کاربید کلیسم با نام تجاری سنگ کاربید، ماده اولیه تولید گاز استیلن برای مصارف جوشکاری و برشکاری محسوب می‌شود. این ماده را از ترکیب کک (C) با اکسید آهک (CaO) تولید می‌نمایند. عمل ترکیب این مواد در کوره‌های قوس الکتریکی ویژه در دمای ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. فعل و انفعال شیمیایی حاصل بصورت ذیل می‌باشد.

$$3C + cao \xrightarrow{\text{حرارت}} c_a c_2 + 3co \uparrow$$

گاز منو اکسید کربن کاربید کلیسم آهک زنده کربن (کک)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در پایان واکنش، کاربید کلیسم بصورت مذاب به داخل بوته‌های ویژه ریخته شده و پس از سرد شدن، آنرا آسیاب نموده و در اندازه‌های مختلف در شبکه‌های آب بندی شده، به بازار عرضه می‌شود.

کاربید کلیسم به شدت جاذب آب است و به محض رسیدن مختصری رطوبت به آن گاز استیلن متصاعد می‌شود. حتی رطوبت هوا هم با سنگ کاربید، گاز استیلن تولید می‌نماید. بنابراین کاربید کلیسم را همیشه در ظروف در بسته و در جای خشک نگهداری نمایید.

هر کیلوگرم سنگ کاربید در صورت خالص بودن ۳۵۰ لیتر گاز استیلن تولید می‌نماید ولی بخاطر همراه بودن با بعضی ناخالصی‌ها این مقدار تا ۲۵۰ لیتر کاهش می‌یابد.

تولید گاز استیلن:

از تماس سنگ کاربید کلیسم CaC_2 با آب، گاز استیلن C_2H_2 متصاعد می‌شود واکنش شیمیایی حاصل یک فعل و انفعال گرما زا می‌باشد. به طوری که از هر کیلوگرم کاربید کلیسم، ٤۰۰ کیلو کالری گرما تولید می‌شود.

$$c_2ca + H_2o \rightarrow c_2H_2 + ca(oH)_2 + 400kcal$$

۱/۱۵ کیلوگرم+ ۰/٤۱ کیلوگرم → ۰/٥٦ کیلوگرم + ۱ کیلوگرم

گاز استیلن در فشار بالای ۲ بار (30psi) ناپایدار بوده و خاصیت انفجاری دارد. بنابراین برای رعایت ایمنی لازم است فشار استیلن در مولدها یا خروجی رگلاتورها و لوله‌های انتقال از 1 bar (15psi) بالاتر نرود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

گاز عامل اشتعال:

همه مواد برای سوختن نیاز به گاز اکسیژن دارند. بطوریکه بدون اکسیژن هیچ عمل سوختنی انجام نمی‌شود. در هوای آتمسفر ۲۱٪ حجمی اکسیژن وجود دارد. گاز اکسیژن را بصورت خالص برای مصارف جوشکاری و برشکاری مورد استفاده قرار می‌دهند.

طرز تهیه اکسیژن:

ابتدا هوا را از صافی‌های ویژه عبور داده تا گردوغبار، چربی و بخار آب آن گرفته شود.

پس مراحل ذیل به طور متوالی انجام می‌گیرد:

۱- هوا بوسیله کمپرسور تا فشار 200 bar تحت فشار قرار می‌گیرد.

۲- هوای متراکم شده از داخل کویلهایی عبور نموده و باعث سرمازایی و در نتیجه تبدیل هوای متراکم به مایع می‌گردد (مانند سیستم سرما ساز در یخچالها)

در این حالت فشار گاز افت نموده و به 4 bar کاهش می‌یابد و دمای هوای مایع به ۲۰۰- درجه سانتیگراد می‌رسد.

۳- هوای مایع را مجدداً حرارت داده و در ۱۹۶- درجه سانتیگراد گاز نیتروژن جدا شده و در ۱۸۳- درجه سانتیگراد گاز اکسیژن تبخیر و جدا می‌گردد.

گاز اکسیژن خالص را در داخل کپسولها بصورت فشرده یا بصورت مایع در داخل کپسولهای مخصوص به بازار عرضه می کنند.

کپسولهای ذخیره گاز:

کپسول اکسیژن:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

چون اکسیژن با فشار بالایی در داخل کپسول ذخیره می‌گردد لذا برای ساخت کپسول اکسیژن از فولادی با استحکام $80kg/mm^2$ استفاده می‌گردد. این کپسولها از طریق اکستروژن تهیه شده و بدون درز می‌باشند. ضخامت دیواره کپسول در حدود ۸ تا ۹ میلیمتر و ارتفاع آن ۱۸۰۰ میلیمتر می‌باشد. وزن خالی کپسول ۷۵ کیلوگرم و گنجایش آن معادل ٤٠ لیتر آب می‌باشد (البته کپسولهایی با ظرفیت بیشتر و کمتر نیز وجود دارد) در قسمت پایین کپسول یک حلقه تبدیل دایره به مربع وجود دارد که برای جلوگیری از غلطیدن کپسول در حالت خوابیده می‌باشد. برای محاسبه حجم گاز موجود در کپسول می‌توانید فشار کپسول را در حجم کپسول ضرب نمایید.

گاز در شرایط معمولی $150\times \overset{\text{حجم کپسول}}{40} = 6000lit = 6m^3$

کپسول استیلن:

کپسول استیلن از ورق فولادی و به روش جوشکاری ساخته می‌شود. بخاطر فشار کمتر گاز استیلن، ضخامت دیواره کپسول در حدود ٥ تا ٤ میلیمتر می‌باشد. متراکم کردن گاز استیلن در فشار بالای 2 bar بسیار خطرناک بوده و امکان انفجار وجود دارد. برای ذخیره سازی بیشتر گاز استیلن در فشار بالاتر، آنرا در داخل مایع استن حل می‌نمایند. مایع آستن می‌تواند تا ۲۵ برابر حجم خود گاز استیلن را در خود حل نماید برای توزیع یکنواخت مایع استن در داخل کپسول و انحلال بهتر گاز استیلن، داخل کپسول استیلن از مواد اسفنجی شکل پر شده است. درصد تخلخل این مواد در حدود ۸۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد. کپسول گاز استیلن باید همیشه بصورت ایستاده مورد استفاده قرار گیرد، تا مایع استن از داخل کپسول خارج نگردد.

حجم گاز استیلن در حالت پر برابر است با $V = 16\times 25\times 15 = 6000lit$

فشار کپسول قابلیت انحلال لیتر استون

Scan Edited By Ramin Tajallaei

حجم گاز باقیمانده کپسول استیلن را نمی‌توان دقیقاً محاسبه نمود، چون گاز بصورت حل شده در داخل کپسول می‌باشد. بصورت تقریبی می‌توان حجم کپسول را در فشار و عدد ثابت ۱۰ ضرب نمود و مقدار گاز را محاسبه نمود

برای مثال: ظرفیت کپسول ٤٠ لیتر، فشار باقیمانده 8 bar

گاز استیلن موجود در کپسول lit ۳۲۰۰ = ۱۰*۸*٤۰= حجم گاز موجود

رابطه فشار با دمای گاز:

فشار گاز داخل کپسول با افزایش دمای محیط، زیاد شده و با حذف کاهش دمای محیط، کم می‌شود

مقدار مجاز گاز خروجی از کپسولهای اکسیژن و استیلن:

مقدار خروجی گاز استیلن در یک ساعت نباید از حد زیر بیشتر باشد

الف) ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر در ساعت برای زمان خیلی کم

ب) ۵۰۰ تا ٦۰۰ لیتر در ساعت بصورت مداوم

در غیر اینصورت باعث خروج مایع استن بهمراه گاز خروجی می‌گردد.

مقدار مجاز خروج گاز اکسیژن بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ لیتر در ساعت می‌باشد در خروجی بالاتر امکان یخ زدن رگلاتور اکسیژن وجود دارد.

در مواقعی که نیاز به حجم گاز مصرفی بالاتر می‌باشد از سیستم سانترال استفاده می‌گردد. در این سیستم برای هر نوع گاز (اکسیژن یا استیلن) دو سری کپسول در قسمت چپ و راست وقتی گاز در یکطرف مصرف شد، شیر آنطرف بسته شده و شیر طرف دیگر باز شده و گاز برای مصرف وارد سیستم می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

حمل و نقل کپسولها:

کپسولها را باید همیشه بااحتیاط حمل و نقل نمود و نکات ذیل را در نظر داشت:

۱- برای حمل و نقل کپسولها، در حالت خالی و یا پر کلاهک کپسول را ببندید.

۲- از وارد شدن شوک و ضربه به کپسول خودداری شود

۳- کپسولها را با احتیاط حمل نموده و از کشیدن، غلطیدن و انداختن کپسول خودداری نمایید

٤- برای حمل کپسول در مسیرهای طولانی از گاریهایی استفاده نمایید که مجهز به بست یا زنجیر برای نگهداری کپسول باشد.

٥- از حمل و نقل کپسول توسط زنجیر خودداری نمایید.

٦- از انتقال سیلندرهایی که دارای نشتی گاز می‌باشد، خودداری نمایید

نگهداری و انبار کردن کپسول‌ها

۱- کپسولها را در محیطی خنک و با تهویه مناسب نگهداری نمایید

۲- کپسولها را در محیطی سر پوشیده دور از برف و باران، مواد خورنده و حرارت زیاد نگهداری نمایید

۳- هیچگاه از شعله برای باز نمودن شیر یا رگلاتور یخ زده استفاده ننمایید

٤- سیلندرها همیشه بصورت ایستاده مورد استفاده قرار گرفته و با بست یا زنجیر به دیوار بسته شوند

٥- کپسول خالی و پر را بصورت مجزا از هم نگهدارید و با تابلو محل آنرا مشخص نمایید

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٦- هیچگاه شیر و اتصالات کپسولها مخصوصاً کپسول اکسیژن را به روغن و گریس آلوده ننمایید (امکان انفجار وجود دارد)

٧- در محیط بیرون کپسولها را از تابش مستقیم نور خورشید دور نگه دارید

٨- کپسول استیلن همیشه بصورت ایستاده مورد استفاده قرار گیرد.

٩- از بکار بردن اتصالات مسی در مسیر گاز استیلن بعنوان رابط جداً خودداری نمایید.

رگلاتورهای فشار شکن

فشار گاز در داخل کپسولها بسیار بالا می‌باشد و نمی‌توان بطور مستقیم برای مصارف جوشکاری و برشکاری مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین باید فشار گاز کاهش یافته و سپس مورد استفاده قرار گیرد. این عمل توسط رگلاتور انجام می‌شود. رگلاتورها علاوه بر کاهش فشار گاز، میزان فشار گاز را در هنگام کار ثابت نگهداشته و از نوسانات آن جلوگیری می‌نماید. با کاهش فشار کپسول در هنگام مصرف، فشار خروجی رگلاتور ثابت می‌ماند.

توسط یک پیچ تنظیم که در رگلاتور وجود دارد، می‌توان فشار خروجی گاز را بسته به نوع کار تنظیم نمود. رگلاتورها دارای دو فشار سنج می‌باشند که فشار سنج سمت چپ فشار داخل کپسول را نشان داده و فشار سنج سمت راست فشار خروجی تنظیم شده را نشان می‌دهد.

قبل از اتصال رگلاتور به کپسول باید شیر کپسول را برای زمانی کوتاه باز و بسته نمود تا گردوغبار داخل مجرای شیر به بیرون منتقل شده و وارد محفظه رگلاتور نگردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

هنگام بستن رگلاتور به کپسول از سالم بودن واشر رگلاتور اطمینان حاصل نمایید. و برای باز و بستن مهره رگلاتور از آچار تخت مناسب استفاده نمایید.

پس از بستن رگلاتور به کپسول و قبل از باز نمودن شیر کپسول پیچ تنظیم فشار گاز را باز نموده تا مسیر ورود گاز به محفظه تقلیل فشار مسدود شود در غیراینصورت احتمال پاره شدن صفحه لاستیکی دیافراگم رگلاتور وجود دارد.

مشعل جوشکاری:

وظیفه مشعل جوشکاری این است که گاز اکسیژن و گاز سوختنی را به میزان معینی باهم مخلوط نموده و آنرا با سرعتی بیشتر از سرعت احتراق گاز از سر مشعل خارج سازد.

مشعل جوشکاری از قسمتهای ذیل تشکیل شده است:

۱- شیرهای اکسیژن و استیلن ۲- دسته مشعل ۳- لوله اختلاط ٤- نازل

دو نوع مشعل جوشکاری وجود دارد نوع اول مشعلهای انژکتوری یا فشار ضعیف و نوع دوم مشعل فشار مساوی می‌باشد.

مشعل انژکتوری:

انژکتور در قسمت وسط دارای سوراخ ریزی می‌باشد که از آن گاز اکسیژن با فشار ۲/۵ تا ۳ بار خارج می‌شود و در اطراف انژکتور سوراخهایی تحت زاویه برای ورود گاز استیلن با فشار کم (حدود ۰/۵ بار) تعبیه شده است. خروج اکسیژن از سوراخ وسط انژکتور و وارد شدن آن در فضایی بزرگتر، ایجاد خلاء نموده و گاز استیلن را با خود به درون محفظه اختلاط می‌کشد. و پس از اختلاط گاز اکسیژن و استیلن در محفظه اختلاط از سر نازل برای احتراق خارج می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مشعل فشار قوی یا فشار مساوی:

در این نوع مشعل گاز اکسیژن و استیلن تقریباً با فشار مساوی در حدود ۰/۱ تا ۱ بار وارد محفظه اختلاط می‌گردد. در این مشعل اکسیژن از سوراخ وسط خارج شده و گاز سوختنی از چند سوراخ در اطراف تحت زاویه جهت اختلاط بهتر وارد می‌شود و سپس از سر نازل خارج می شود.

نازل مشعل (سربیک)

انتخاب مناسب سربیک به قدرت شعله مورد نیاز بستگی دارد که به نوع فلز، ضخامت فلز و نوع تکنیک جوشکاری (پیش دستی، پس دستی) بستگی دارد.

شعله جوشکاری اکسی استیلن:

از شعله اکسی ـ استیلن برای گرم کردن و ذوب فلز استفاده می‌گردد. شعله باعث ذوب فلز پایه و سیم جوش و در نتیجه انجام جوشکاری می‌گردد.

حرارت حاصل از شعله اکسی ـ استیلن در حدود 3200^{c} بوده و بیشترین حرارت در فاصله ۲ تا ۵ میلیمتری از نوک هسته آبی قرار دارد.

مراحل احتراق گاز استیلن و اکسیژن:

عمل.سوختن مخلوط گاز اکسیژن و استیلن در دو مرحله انجام می‌گیرد:

در مرحله اول سوختن یک حجم گاز اکسیژن با یک حجم استیلن باهم ترکیب می‌شوند.

$$c_2H_2 + o_2 \rightarrow 2co + 2H$$

که حاصل این مرحله از احتراق گاز منو اکسید کربن و ئیدروژن می‌باشد

در مرحله دوم محصولات احتراق با اکسیژن هوا ترکیب شده و می‌سوزد

$$2co + 2H = 1/5o_2 \rightarrow 2co_2 + H_2o$$

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در مرحله دوم گاز co_2 و بخار آب تولید می‌شود

فرمول کلی سوختن اکسیژن و استیلن بصورت ذیل می‌باشد.

$$c_2H_2 + 2/5o_2 \rightarrow 2co_2 + H_2o$$

مطابق معادله فوق برای سوختن کامل گاز استیلن نیاز به ۲/۵ برابر گاز اکسیژن می‌باشد که از این مقدار یک حجم اکسیژن در مرحله اول سوختن از کپسول تامین شده و ۱/۵ حجم بعدی از آتمسفر تامین می‌گردد.

انواع شعله درجوشکاری گاز:

بسته به میزان نسبت گاز سوختنی به گاز اکسیژن شعله‌های مختلفی حاصل می‌شود که عبارتند از شعله احیاء کننده، شعله اکسید کننده و شعله خنثی.

۱- شعله احیا کننده: چنانچه نسبت گاز سوختنی به گاز اکسیژن بیشتر از یک باشد شعله حاصل احیاء بوده و بصورت یک هاله اضافه‌تر در جلوی هسته آبی مشخص می‌گردد.

در این شعله مقداری کربن و ئیدروژن نسوخته وجود دارد که می‌تواند باعث افزایش کربن در هنگام جوشکاری فولاد شود.

کاربرد شعله احیاء کننده:

از شعله احیاء کننده قوی برای عمل روکشکاری سخت بر روی فولادها استفاده می‌گردد از شعله احیاء کننده ضعیف‌تر برای لحیم کاری و جوشکاری آلومینیوم و دیگر فلزات غیرآهنی استفاده می‌گردد. استفاده از این شعله در مواقعی است که وجود کمی اکسیژن در شعله می‌تواند مشکل ساز باشد

۲- شعله اکسید کننده:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

چنانچه نسبت گاز سوختنی به گاز اکسیژن کمتر از یک باشد شعله حاصل اکسید کننده می‌باشد در این شعله مقداری اکسیژن اضافه‌تر وجود دارد که جوشکاری با آن می‌تواند باعث اکسید شدن فلز جوش گردد. هسته آبی در شعله اکسیدی روشن‌تر بوده و نوک آن تیزتر می‌باشد

کاربرد شعله اکسید کننده:

از شعله اکسیدی قوی برای جوشکاری برنج و آلیاژهای روی استفاده می‌گردد.

از شعله اکسیدی ضعیفتر برای جوشکاری فلزاتی که دارای روکش روی می‌باشند، استفاده میگردد

نحوه تنظیم شعله احیا کننده از شعله خنثی:

در شعله خنثی با افزایش مقدار گاز سوختنی و یا با کاهش گاز اکسیژن می‌توان شعله احیا را ایجاد نمود.

نحوه تنظیم شعله اکسیدی از شعله خنثی:

در شعله خنثی با افزایش مقدار گاز اکسیژن و یا با کاهش گاز سوختنی می‌توان شعله اکسیدی را تنظیم نمود

کشیده شدن شعله به داخل مشعل (Back fire):

در بعضی مواقع شعله به داخل مشعل کشیده شده و با یک صدای قوی پتگ و در ادامه با یک صدای هیس یا جیغ کشیدن همراه می‌باشد. چنانچه عمل سوختن گاز در داخل مشعل در محل اختلاط گازها ادامه یابد، امکان ذوب انژکتور وجود دارد.

علت پس زدن شعله به داخل مشعل، معکوس شدن گاز با فشار بالاتر در مسیر گاز با فشار کمتر می‌باشد. علت معکوس شدن جریان گاز، کم بودن سرعت گاز خروجی از سر

Scan Edited By Ramin Tajallaei

نازل، نامناسب بودن فشار گاز با توجه به اندازه سوراخ سرپیک، گرفتگی سوراخ سرپیک با جرقه، نازل معیوب، داغ شدن بیش از حد نازل سرپیک می تواند باشد.

نکاتی که در هنگام کشیده شدن شعله به داخل مشعل بایستی انجام داد:

۱- سریعاً شیرهای مشعل را مخصوصاً شیر استیلن را ببندید، تا از تشکیل دوده در مشعل جلوگیری شود

۲- سریعاً شیرهای کپسول را ببندید

۳- نازل (سرپیک) داخل را در ظرف آب خنک نمایید

٤- شیلنگها و تجهیزات را قبل از روشن کردن مجدد چک نمایید

پس زدن عمقی شعله (flash Back)

در بعضی موارد شعله از داخل مشعل عبور نموده و به شیلنگها و کپسول گاز کشیده می‌شود. علت اصلی پس زدن عمقی شعله، جریان یافتن گاز اکسیژن در مسیر گاز استیلن می‌باشد که باعث تشکیل مخلوط گازی قابل انفجار در شیلنگ گاز استیلن می‌شود و اکثراً با ترکیدن شیلنگ گاز استیلن همراه می‌باشد. چنانچه کپسول استیلن فاقد تجهیزات ایمنی لازم باشد، ممکن است باعث انفجار و آتش سوزی شود.

دلایل پس زدن عمقی شعله:

۱- گرفتگی سر نازل توسط جرقه یا معیوب بودن آن. در چنین مواقعی گاز با فشار بالاتر در مسیر گاز با فشار کمتر جریان می‌یابد.

۲- کم بودن فشار اکسیژن نسبت به گاز استیلن، در چنین مواقعی استیلن در مسیر گاز اکسیژن جریان می‌یابد

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۳- در هنگام تخلیه گازهای داخل سیستم وقتی شیر اصلی کپسولها بسته می‌باشد، گاز اکسیژن وارد مسیر استیلن شده و در مرحله بعدی روشن کردن مشعل می‌تواند خطرناک باشد.

٤- فشار اکسیژن اگر بیش از حد لازم تنظیم شود، می‌تواند در مسیر گاز استیلن جریان یابد .

٥- مقدار خروجی گاز زیاد نسبت به سوراخ نازل

تجهیزات ایمنی

وسایل ایمنی که برای جلوگیری از پس زدن شعله بکار می‌رود عبارتند از:

چک والو check valve و فلاش بک ارستیور flash Back Arestors

چک *والو:* این وسیله در پشت مشعل در مسیر ورودی گاز اکسیژن و استیلن بسته می‌شود چک والوها از معکوس شدن جریان گاز جلوگیری می‌نماید.

فلاش بک ارستیور flash Back Arestors

فلاش بک ارستیور بعد از رگلاتور قبل از شیلنگ بسته می‌شود و از کشیده شدن شعله به داخل کپسول جلوگیری می‌نماید. فلاش بک ارستیور همچنین در پشت مشعل نیز متصل می‌گردد و از معکوس شدن جریان گاز و هم از پس زدن شعله به داخل شیلنگ‌ها جلوگیری می‌نماید داخل فلاش بک ارستیور یک فیلتر متخلخل از جنس فولاد زنگ نزن وجود دارد که از متالورژی پودر تهیه شده است گاز فقط از یک طرف فیلتر جریان یافته و بخاطر خاصیت خنک کنندگی شعله نمی‌تواند به داخل سیستم کشیده شود.

تکنیک های جوشکاری مورد استفاده

در جوشکاری گاز از دو روش استفاده می‌گردد

Scan Edited By Ramin Tajallaei

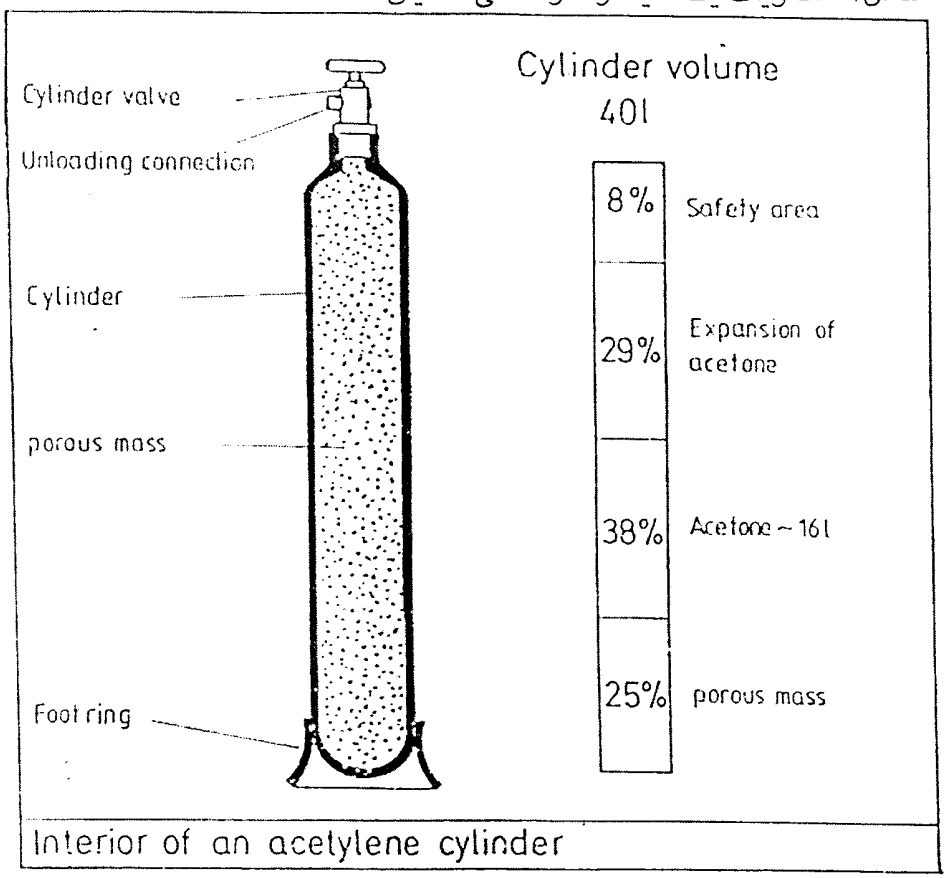
الف) تکنیک جوشکاری پیش دستی ب) تکنیک جوشکاری پس دستی

الف) تکنیک جوشکاری پیش دستی: از این تکنیک برای جوشکاری ورقهای کمتر از ۳ میلیمتر استفاده می‌گردد. امتداد شعله به سمت درز اتصال جوشکاری نشده می‌باشد. در این روش تا ضخامت ۱/۵ میلیمتر مشعل بدون حرکت نوسانی و از ضخامت ۱/۵ تا ۳ میلیمتر به مشعل حرکت نوسانی داده می‌شود.

ب) تکنیک جوشکاری پس دستی: از این تکنیک برای جوشکاری ورقهای ضخیمتر از ۳ میلیمتر استفاده می‌گردد. امتداد شعله به سمت درز اتصال جوشکاری شده می‌باشد بیشترین حرارت بر روی حوضچه جوش و فلز جوشکاری شده بوده و باعث آرام سرد شدن فلز جوش شده و از سخت شدن جوش جلوگیری می‌شود

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل۱: محتویات یک سیلندر گاز اکسی استیلن

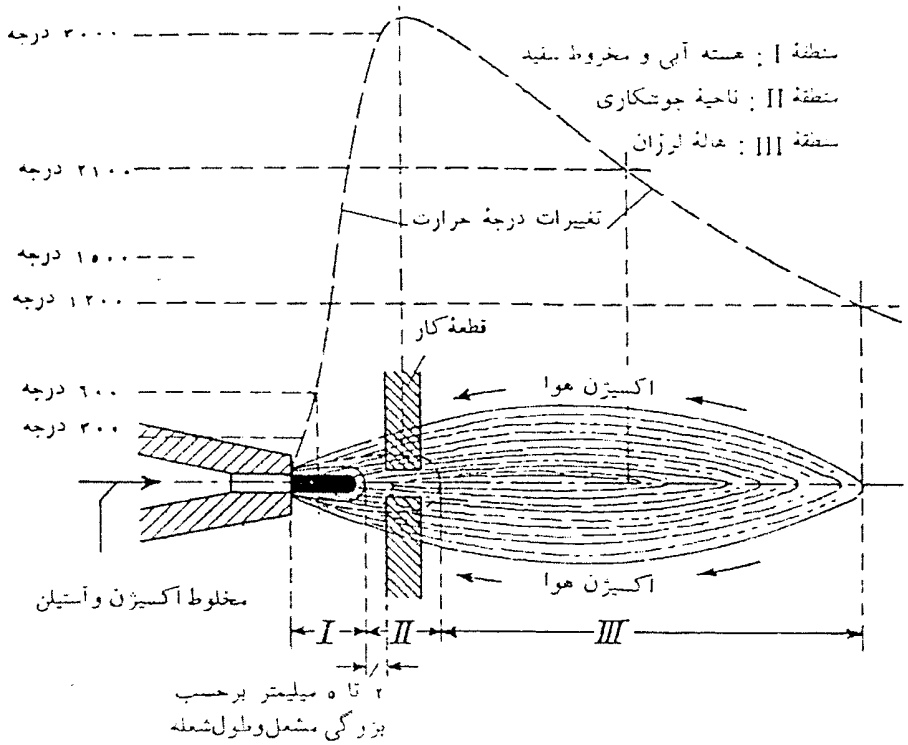


شکل۲: طبقه بندی کپسولهای گاز برش وجوش بر اساس رنگ کپسولها

Type of gas		ground collar of cylinder	cylinder inlet connections
combustible gases	acetylene C_2H_2	maroon	left hand thread
	propane C_3H_8	red	R1/2" left
	hydrogen H_2	red	R1/2" left
non-combustible gases	oxygen	black	R3/4" right hand thread
	compressed air	grey	right hand (inside)
	argon	blue	right hand
	argon/CO_2 mixture	blue with green band	right hand
	CO_2	black with white strip	right hand
	helium	mid-brown	right hand
	nitrogen	grey with black top	right hand

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۳: توزیع درجه حرارت درآن شعله استیلن واکسیژن

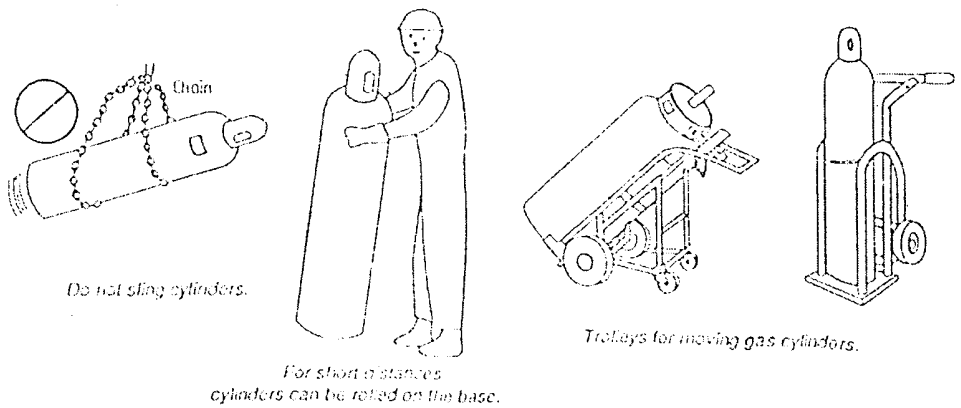


شکل ٤:

استفاده از چهارچرخ برای حمل ونقل کپسول

برای فواصل کوتاه کپسولها باید روی پایه چرخانده شوند

از زنجیر وپرتاب کردن کپسول خودداري شود



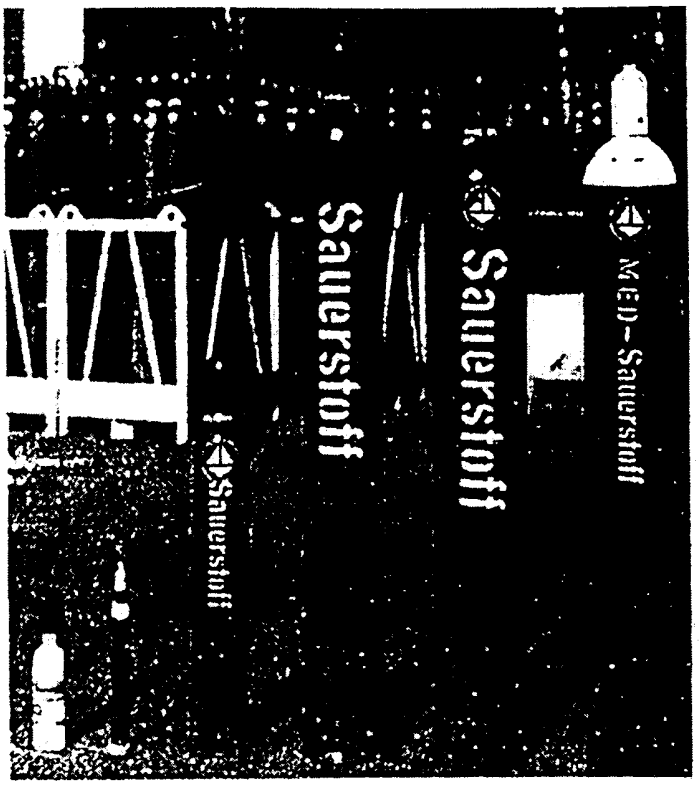
Trolleys for moving gas cylinders.

For short distances cylinders can be rolled on the base.

Do not sling cylinders.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۵ : کپسولهای ذخیره اکسیژن



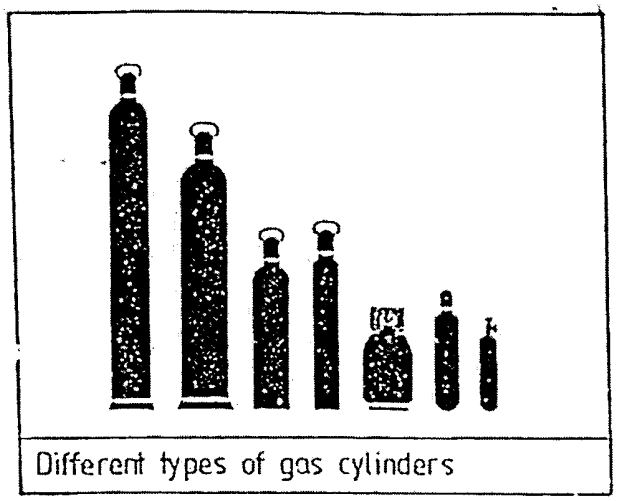
pressure vessels for oxygen			
Type[1])	space volume [l]	gas volume [m³]	filling pressure [bar]
F50	50	10,7	200
F40	40	6,6	150
F20	20	4,4	200
F10	10	2,2	200
F2	2	0,22	100
F0.3	0,385	0,055	150
D1	1	0,012	12

[1]) F = cylinder D= pressure tin

Fig. 4: Oxygen supply by cylinders

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ٦ : انواع مختلف کپسولهای گاز



شکل ٧ : جزئیات gas mixer در تورچ فشار موافق و تورچ انژکتوری

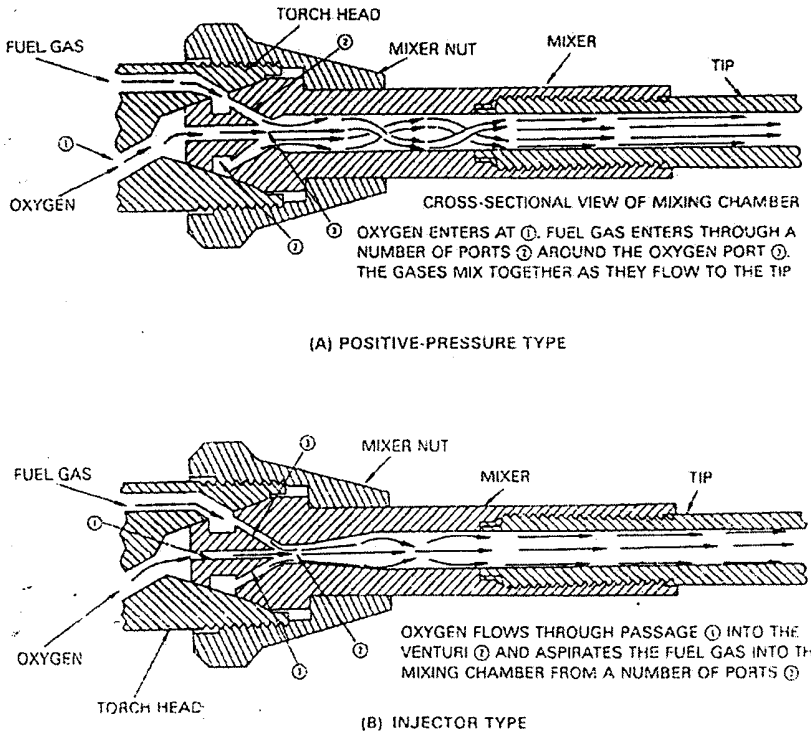
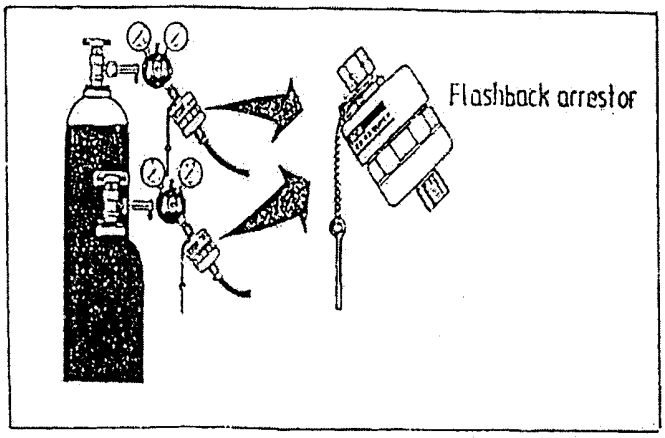


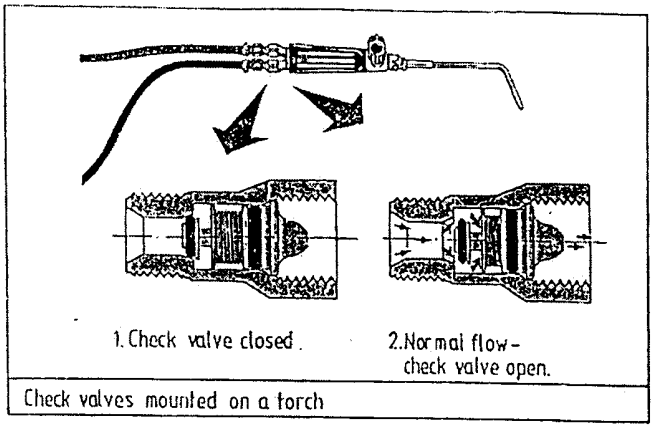
Figure 11.9–Typical Design Details of Gas Mixers for Positive Pressure and Injector-Type Welding Torches

Scan Edited By Ramin Tajallaei

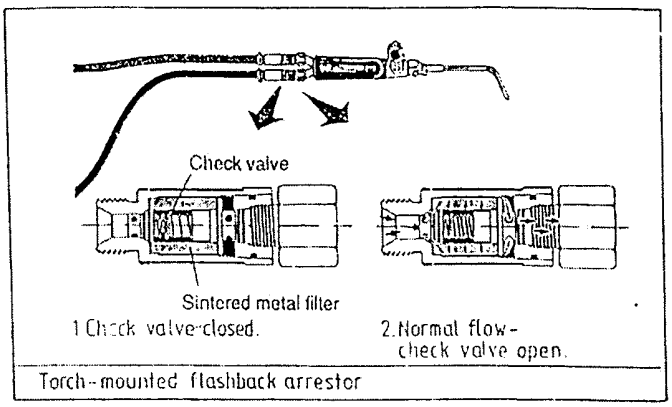
شکل ۸ : Flashback arrestore



شکل ۹: check vavle نصب شده روی تورچ

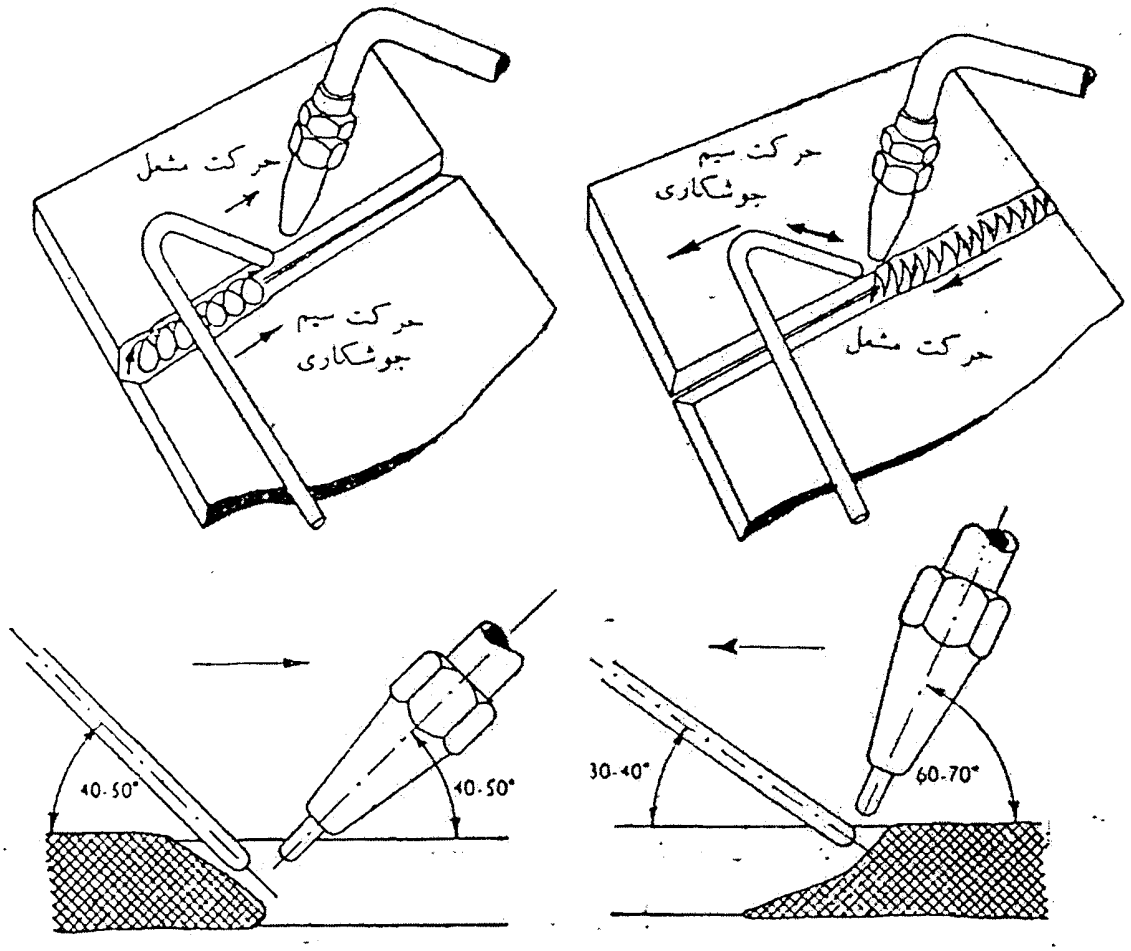


شکل ۱۰: Flashback arrestore نصب شده روی تورچ



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۱ :

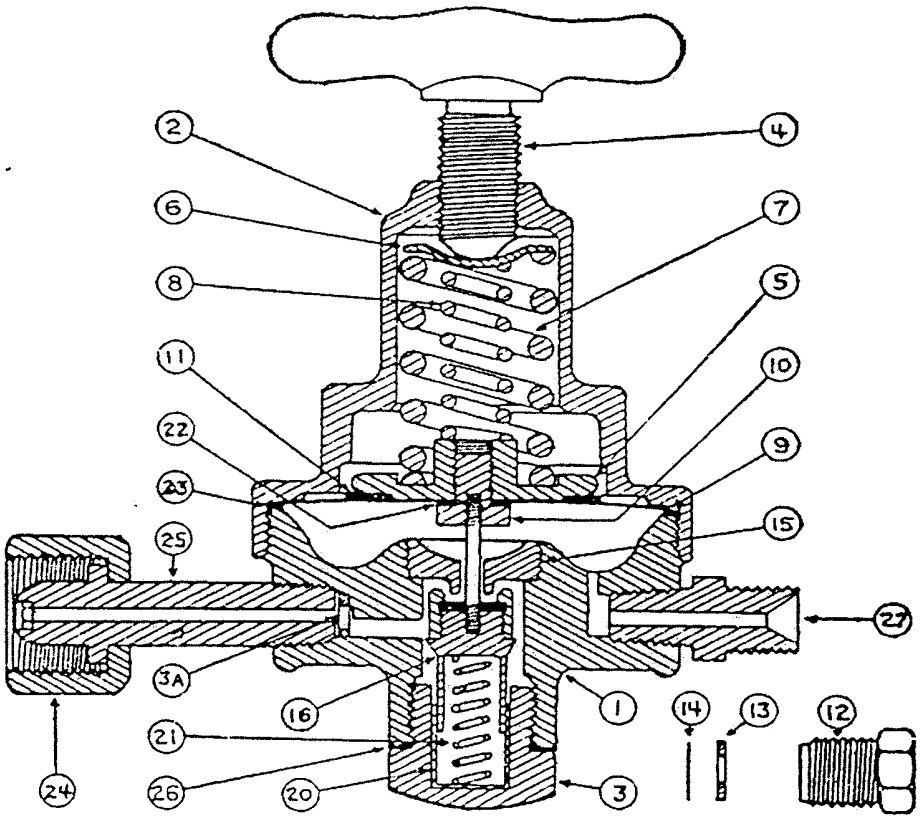


زاویه تمایل مشعل وسیم در جوشکاری پیش دستی

زاویه تمایل مشعل وسیم در جوشکاری پس دستی

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۲ :



آلت تبدیل فشار سوپاپی

1 - بدنه 2 - کلاهک 3 - مهرهٔ تحتانی 3.1 - صافی 4 - پیچ تنظیم
5 - صفحهٔ دیافراگم 6 - دکمهٔ فنر 7 - فنر خارجی دیافراگم
8 - فنر داخلی دیافراگم 9 - دیافراگم 10 - یوغ 11 - واشر صفحهٔ
دیافراگم 12 - پیچ اطمینان 13 - پولک اطمینان 14 - صفحهٔ اطمینان
15 - مجرای گاز 16 - نشیمن 20 - هادی نشیمن 21 - فنر نشیمن
22 - پولک مانع 23 - واشر دیافراگم 24 - مهرهٔ اتصال بکسول
25 - مجرای ورود گاز 26 - واشر کلاهک تحتانی
27 - مجرای خروج گاز

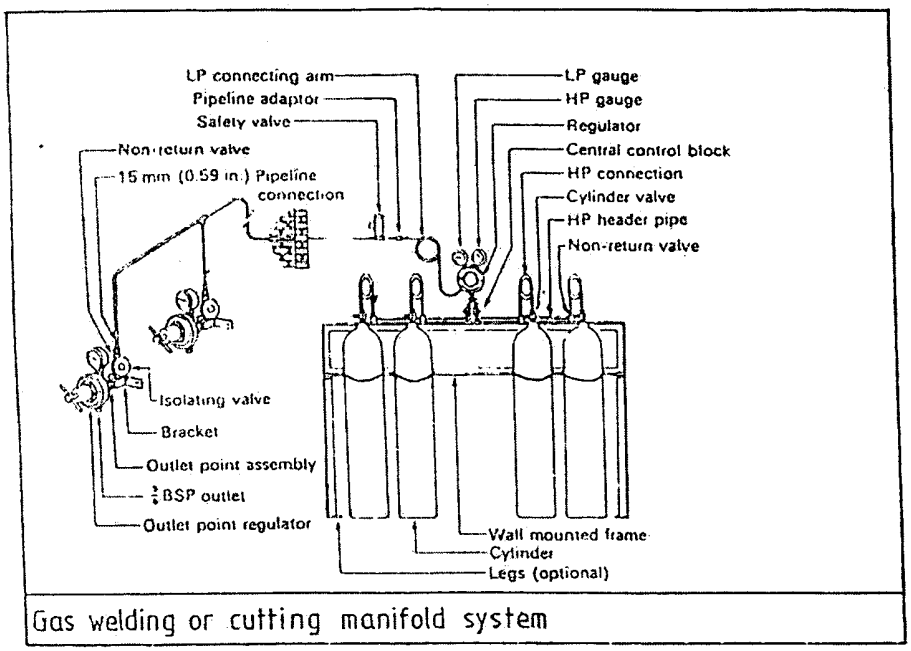
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل۱۳: خواص فیزیکی وشیمیا یی اکسیژن وگازهای سوختی مهم

		Fuel gases			
Characteristics	Oxygen	Acetylene	Fuel gases (Propane)	Natural gas (Methane)	Hydrogen
Chemical term	O_2	C_2H_2	C_3H_8	CH_4	H_2
Production.	air liquidation fract. distillation	carbide gasification chemical-processes	natural oil distillation	natural location	chlorine-alkali-electrolysis electrolysis of water
Use	oxy-gas welding, steel production, chem. industry, medicine, rocketry	oxy-gas welding, chem. industry synthetic material, fertiliser	fuel gas, household, industry heating, oxy-gas welding	household, industry heating, oxy-gas welding	welding of aluminium and lead, flame-cutting of higher thicknesses, furnace-brazing
Purity/ commercial	> 99,5 %	> 99,0 %	>99,8 %		> 99.75
Characteristics	not toxic, tasteless, odourless, colourless, not combustible, combustible aid	not toxic, colourless, in higher doses anaesthetic, not odourless	not toxic, odourless, high volume weight, rubber and synthetic solvent	not toxic, odourless, colourless	not toxic, odourless, tasteless colourless combustible
Impurities	N_2, Ar, H_2O	Ar, H_2O	H_2, N_2, O_2, CH_4		O_2, H_2O
volume weight kg/m³] 15°C / 1 bar Air: 1,209 [kg/m³]	1,337	1,095	1,874	0,671	0,084
Boiling temperature °C	-183	-84	-43	-162	-253
Thermal value H_u [kJ/m³]	-	57120	93000	≈ 36000	10750
Ignition range in air %gas in O_2	-	2,4 + 80 2,4 + 93	2 + 10 2 + 55	4 + 17 4 + 60	4 + 76 4 + 95
min. ignition temper. with air °C with O_2	-	335 295	510 490	640 690	510 450
Ignition velocity air m/s O_2	-	1,3 13,5	0,3 0,7	0,4 3,3	2,7 8,9
max. temperature of flame with air °C with O_2	-	2325 3200	1925 2850	1920 2750	2045 2650
Power of flame kJ/cm²/s	-	≈ 45	≈ 11,0	≈ 13,0	≈ 14,0

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل۱٤: ترتیب معمول برای یک سیستم توزیع کاز ثابت



Gas welding or cutting manifold system

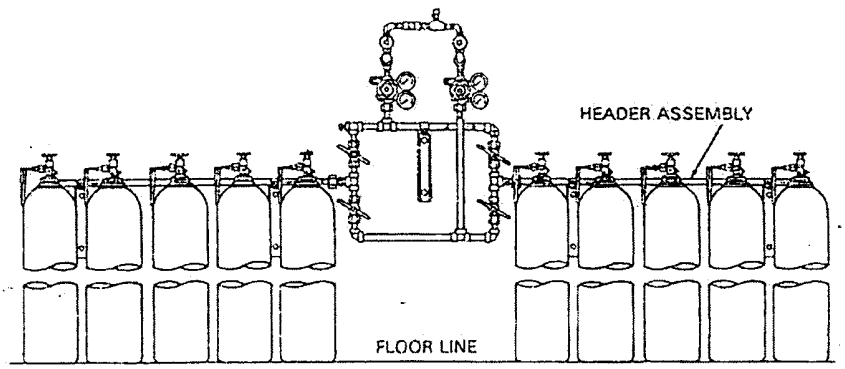


Figure 11.14–Typical Arrangement for a Stationary Gas Manifold

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل سوم

۴ـ۱

مروری بر الکتروتکنیک

Electrotechnics a review

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکتریسیته:

تئوری الکتریسیته:

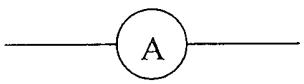
جریان الکتریکی به حرکت جهت‌دار الکترونها در یک هادی گفته می‌شود.

حرکت الکترونها را می‌توان با جریان آب در سیستم لوله‌کشی مقایسه نمود. برای جریان یافتن آب در یک مدار باید اختلاف ارتفاع بین منبع و شیر آب وجود داشته باشد که برای این کار منبع آب را در ارتفاع بالا قرار می‌دهند

در یک مدار الکتریکی برای بحرکت در آمدن الکترونها باید اختلاف پتانسیل یا ولتاژ وجود داشته باشد. بنابراین عامل بحرکت در آمدن الکترونها ولتاژ می‌باشد.

آمپر: آمپر تعداد الکترونهایی است که در واحد زمان از یک نقطه از مدار عبور می‌نماید. واحد شدت جریان آمپر می‌باشد (A) و یک آمپر برابر عبور 628×10^{6} الکترون در یک ثانیه از یک نقطه مدار می‌باشد. سرعت حرکت الکترونها برابر سرعت نور می‌باشد.

وسیله‌ای که شدت جریان را اندازه‌گیری می‌نماید، آمپرمتر می‌باشد و آنرا با علامت اختصاری بصورت زیر نشان می‌دهند



ولتاژ: نیروی محرکه لازم جهت حرکت الکترونها را ولتاژ می‌نامند این نیروی محرکه توسط انرژی‌های زیر تولید می‌شود الکترود با مقطع مثلثی و مستطیلی نیز وجود دارد

۱- انرژی شیمیایی (باطری)

۲- انرژی مغناطیسی (ژنراتور)

۳- انرژی نورانی (فتوسل)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٤- انرژی حرارتی (ترموکوپل)

٥- با اعمال فشار بر روی کریستال‌های خاص

واحد اختلاف پتانسیل، ولت می‌باشد و توسط ولتمتر در مدار اندازه‌گیری می‌شود ولتمتر در مدار بصورت موازی قرار گرفته و با این علامت اختصاری نشان داده می‌شود.

مقاومت: حرکت الکترونها در اثر تصادم اتمها با یکدیگر کندتر می‌شود. مخالفت هادی در برابر حرکت الکترونها را مقاومت می‌نامند وبا حرف R نشان داده می‌شود مقاومت هادیها بسیار متفاوت بوده و بستگی به ابعاد هادی وساختمان داخل آنها دارد. مقاومت هادی نسبت مستقیم با طول هادی (L) و نسبت معکوس با سطح مقطع (S) آن دارد.

بسته به ساختمان داخلی مواد، ضریبی در مقاومت الکتریکی تاثیر خواهد کرد که آن را ضریب مقاومت (f) می‌نامند. رابطه مقاومت الکتریکی بصورت زیر می‌باشد. $R = \frac{f.L}{S}$

واحد مقاومت الکتریکی اهم می‌باشد Ω

قوانین اساسی در برق

قانون اهم: نسبت بین سه کمیت جریان، ولتاژ و مقاومت توسط قانون اهم بیان می‌شود. $v = I.R \quad R = \frac{v}{I}, I = \frac{v}{R}$

مثال: ولتاژ قوس الکتریکی برابر ٢٤ ولت و جریان عبوری آن، ١٢٠ آمپر می‌باشد. میزان مقاومت قوس را محاسبه نمایید $R = \frac{v}{I} \Rightarrow \frac{24}{120} = 0/2\ \Omega$

نحوه اتصال مقاومتها در مدارات الکتریکی:

مقاومت‌ها در مدارات الکتریکی به دو صورت سری و موازی بسته می‌شود

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مقاومت در مدار بصورت سری

در مدار سری مقاومتها پشت سرهم بسته می‌شوند. بنابراین جریانی که از مقاومت اول عبور می‌نماید، از سایر مقاومتها نیز عبور می‌نماید $I = I_1 = I_2 = I_3$ و ولتاژ برابر است با $v = IR_1 + IR_2 + IR_3$

مقاومت در مدار بصورت موازی

در مدار موازی مقاومت‌ها موازی هم بسته می‌شوند. میزان آمپر برابر است با آمپر عبوری از هر یک از مقاومتها $I_{12} = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots$ ولتاژ در سر هر یک از مقاومتها برابر هم می‌باشد $v = v_1 = v_2 = v_3$ و مقاومت کل برابر است با $\frac{1}{Rk} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$

مقدار حرارت تولید شده توسط الکتریسته:

انرژی الکتریکی براحتی می‌تواند به انرژی‌های دیگر تبدیل شود. در اثر عبور جریان الکتریکی از مقاومت، انرژی الکتریکی به نور و حرارت تبدیل می‌شود.

زمان برحسب ثانیه(مقاومت) $Q = I^2 Rt$ حرارت ایجاد شده (ژول)

مثال: میزان حرارت ایجاد شده حاصل از قوس الکتریکی با 120A , 2A ولت را در مدت یک دقیقه محاسبه نمایید.

$$Q = I^2 RT \qquad R = \frac{V}{I}$$

$$Q = 120^2 \times \frac{24}{120} \times 60 \qquad Q = 173kj$$

انواع جریانهای الکتریکی:

دو نوع جریان الکتریکی وجود دارد الف) جریان مستقیم Direct current

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ب) جریان متناوب Alternative curerent

جریان مستقیم D-C:

در جریان مستقیم، الکترونها همیشه در یک جهت حرکت نموده و از قطب منفی بـه طـرف قطب مثبت حرکت می‌نمایند. بنابراین جای قطب مثبت و منفی عوض نمی‌شود

جریان متناوب (A-C)

در جریان متناوب، الکترونها همیشه در یک جهت حرکت نمی‌کنند. بلکه ابتدا در یـک جهـت حرکت نموده و در لحظه بعدی جهت الکترونها برعکس حالت قبل می‌گردد.

بنابراین در جریان متناوب جهت جریان دائما عوض می‌شود و جای قطـب مثبـت و منفـی جابجا می‌شود. در جوشکاری با جریان متناوب وقتی جریان الکتریکی به صفر مـی‌رسـد، قوس الکتریکی خاموش می‌شود. که باید با تدابیر خاصی این مشکل را در جوشکاری رفع نمود.

فرکانس:

در جریان متناوب، تغییرات ولتاژ یا شدت جریان در جهت مثبت از صفر شروع شـده بـه ماکزیمم مقدار رسیده و سپس بـه صـفر مـی‌رسـد. دوبـاره در جهـت منفـی از صـفر بـه ماکزیمم و بعد به صفر می‌رسد به یک نیم سیکل مثبت و منفی یک سیکل کامل می‌گوینـد. و به هر سیکل بر ثانیه هرتس Hz گفته می‌شود. هر چه تعداد سـیکل‌هـا در ثانیـه بیشـتر باشد، فرکانس آن بیشتر اسـت. فرکـانس بـرق تولیـدی در ایـران دارای فرکـانس 50Hz می‌باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

یکسو کننده‌ها (دیود)

یکسو کننده یا رکتیفایر وسیله‌ای است که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می‌نماید. یکسو کننده مانند شیر یکطرفه در سیستم لوله‌کشی عمل می‌نماید و فقط از یک طرف عبور الکترونها را مسیر می‌سازد.

استفاده از یک دیود در مسیر جریان متناوب به صورت نیم موج جریان را یکسو می‌نماید. برای رفع این مشکل و یکسو سازی کامل جریان از چهار عدد دیود بصورت پل دیودی استفاده می‌گردد

ترستیور:

ترستیور مانند دیود، برای یکسوسازی بکار می‌رود. فرق ترستیور با دیود آنستکه که جریان خروجی در تریستورها قابل کنترل می‌باشد.

تنظیم آمپر در دستگاه رکتیفایر از طریق ترستیور تنظیم می‌گردد.

ترانسفور ماتور

ترانسفور ماتور وسیله‌ای برای کاهش یا افزایش ولتاژ می‌باشد بنابراین به ترانس‌های افزاینده یا کاهنده ولتاژ نامیده می‌شوند.

میزان آمپر خروجی ترانس‌ها بستگی به طراحی ترانس دارد. ترانس‌های جوشکاری کاهنده ولتاژ برق شهر را تا زیر ۱۰۰ ولت کاهش داده و آمپر را افزایش می‌دهند علت این مسئله آنستکه ولتاژ قوس الکتریکی بسته به نوع فرآیند جوشکاری بین ۱۰ تا ٤٤ ولت متغییر می‌باشد و برای آنکه بتوان حرارت لازم برای ذوب فلز پایه و الکترود فراهم شود، از آمپر بالا استفاده می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

$Q = I^2Rt$

$Q = Ivt$

از طرف دیگربا کاهش ولتاژ، خطر برق گرفتگی برای جوشکار تا حد زیادی کمتر می‌شود.

ترانس‌ها از سه قسمت هسته آهنی، سیم پیچ اولیه و سیم پیچ ثانویه تشکیل می‌شود هسته از جنس آهن نرم و از ورقهای نازک که بر روی هم قرار گرفته، تشکیل شده است.

سیم پیچ اولیه و سیم پیچ ثانویه به دور هسته آهنی پیچیده می‌شوند

سیم پیچ اولیه دارای تعداد دور زیاد و از سیمی با قطر نازک تشکیل شده و به برق شهر متصل می‌گردد. سیم پیچ ثانویه دارای تعداد دور کمتر و از سیمی با قطر ضخیم‌تر می‌باشد. خروجی سیم پیچ ثانویه به انبر اتصال و انبر الکترود گیر متصل می‌شود میزان توان ورودی با توان خروجی در ترانس‌ها تقریباً برابر می‌باشد

برای مثال اگر میزان ولتاژ خروجی 22_v و آمپر 100_A باشد، آمپر ورودی برق تک فاز $(220v)$ را حساب نمایید

$p_1 = p_2$

$v_1.I_1 = v_2.I_2 \Rightarrow 220 \times I_1 = 22 \times 100$

$$I_1 = \frac{22 \times 100}{220} \Rightarrow I_1 = 10A$$ آمپر برق ورودی

مثال ۲) در کارگاهی نیاز به دستگاه جوشکاری با قابلیت خروجی ۱۵۰ آمپر و ۲۲ ولت می‌باشد، آمپر مورد نیاز برق ورودی 380vاسبه نمایید

توان مصرفی $= 20 \times 22 \times 150 = 66000w$

ورودی $I = \frac{6600}{380} \Rightarrow I \approx 175A$

افت توان در ترانس‌ها:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سیم پیچ ترانسفورماتور معمولاً از سیم مسی با تعداد دور زیاد می‌باشد. سیم مسی دارای مقاومت معینی می‌باشد و هر چه تعداد دور سیم پیچ بیشتر باشد، طول سیم بیشتر شده و لذا مقاومت آن افزایش می‌یابد. وقتی جریان الکتریکی در سیم پیچ اولیه و ثانویه جاری می‌شود، مقداری از جریان الکتریکی در سیم پیچها به گرما تبدیل می‌شود. این افت I^2R را افت مسی می‌نامند.

میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی:

یک جریان الکتریکی از تعداد زیادی الکترون آزاد که در یک جهت مشترک در یک سیم حرکت می‌کنند، تشکیل شده است. هر الکترون متحرک به تنهایی یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌نماید. از آنجا که همه الکترونها در یک جهت حرکت می‌کنند، میدانهای جداگانه الکترونها بهم پیوسته و یک میدان بسیار قویتر ایجاد می‌کنند.

وقتی یک ولتاژ dc به یک هادی داده می‌شود، شدت جریان ناگهان از صفر به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد و تا موقعی که جریان در آن جاری است، همین مقدار باقی می‌ماند. وقتی مدار باز می‌شود، جریان صفر شده و میدان مغناطیسی اطراف هادی نیز تا صفر پایین می‌آید. وقتیکه جریان متناوبی در داخل یک هادی جاری می‌شود مقدار شدت جریان پیوسته تغییر می‌کند. یعنی در حقیقت تعداد الکترونهای آزادی که در یک جهت حرکت می‌کنند، تغییر می‌کند. در نتیجه شدت میدان مغناطیسی اطراف هادی پیوسته تغییر می‌کند. هر چه شدت جریان بیشتر باشد میدان قویتر است و هر چه شدت جریان کمتر باشد قدرت میدان کمتر است. از آنجا که جریان متناوب به تناوب تغییر جهت می‌دهد جهت میدان مغناطیسی نیز معکوس می‌شود در هر لحظه جهت میدان مغناطیسی بوسیله جهت جریان معلوم می‌شود

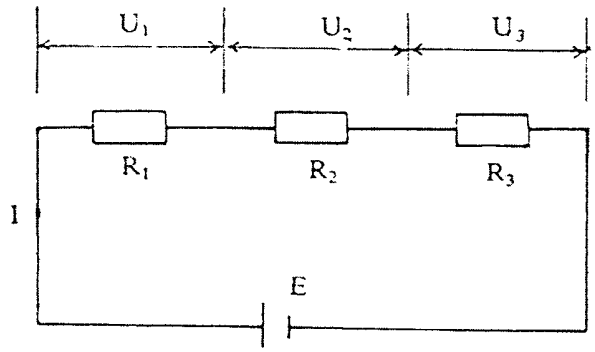
Scan Edited By Ramin Tajallaei

نحوه تولید جیران در ترانسفور؟؟

هنگامی که بین دو سیم پیچ القا متقابل وجود داشته باشد، هر تغییری در جریان یکی باعث القاء ولتاژ در سیم پیچ دیگر می‌شود. سیم پیچ اولیه انرژی را از منبع گرفته و آنرا از طریق تغییر میدان مغناطیسی به سیم پیچ ثانویه منتقل می‌نماید. در ترانس انرژی الکتریکی از یک مدار به مدار دیگر بدون اتصال الکتریکی بین دو سیم پیچ منتقل می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱:



طبق قانون دوم کیرشهف خواهیم داشت:

$$E = \Sigma\ (IR) = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I\,(R_1 + R_2 + R_3)$$

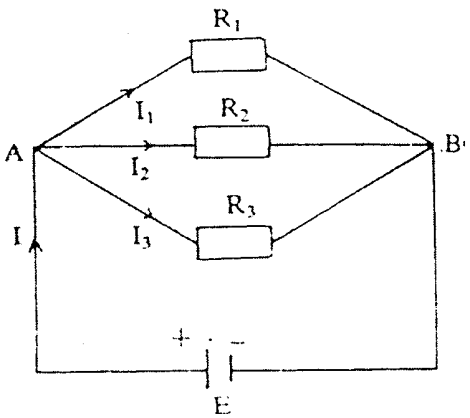
مقاومت معادل مدار موازی:

ولتاژ دو سر هر کدام از مقاومتهای R_1، R_2 و R_3 برابر E می‌باشد.

طبق قانون اول کیرشهف:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

جریانهای I_1، I_2، I_3 برابر است با:

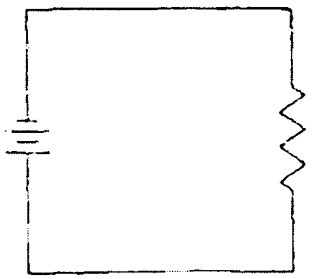


$$I_1 = \frac{E}{R_1}\ ,\ I_2 = \frac{E}{R_2}\ ,\ I_3 = \frac{E}{R_3}$$

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۳:

منبع جریان DC

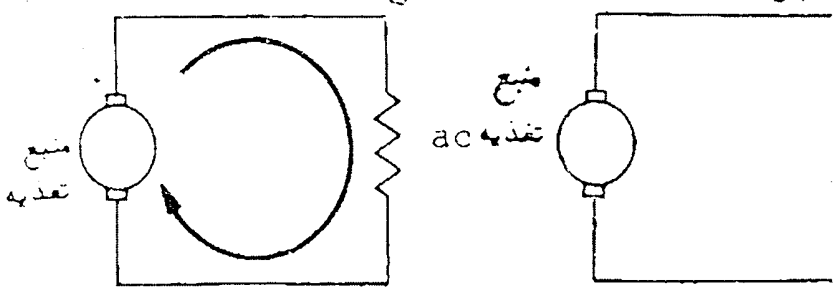


مدار dc

شکل ۴:

منبع جریان AC

ac در یک جهت عبـــور جهتش عوض شده و در جهت دیگر
سپس .... ادامه می یابد

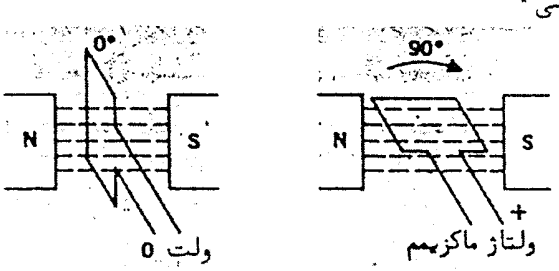


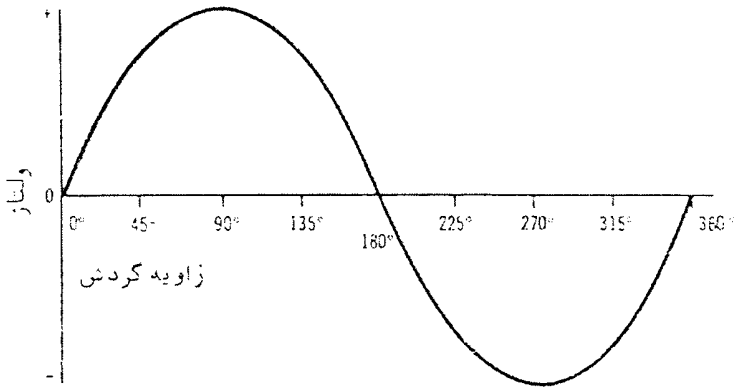
مدار ac

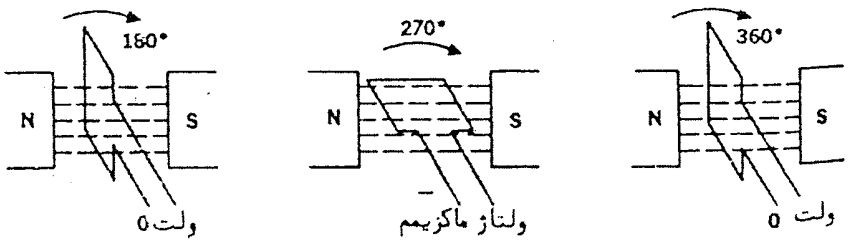
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل۵: جریان AC

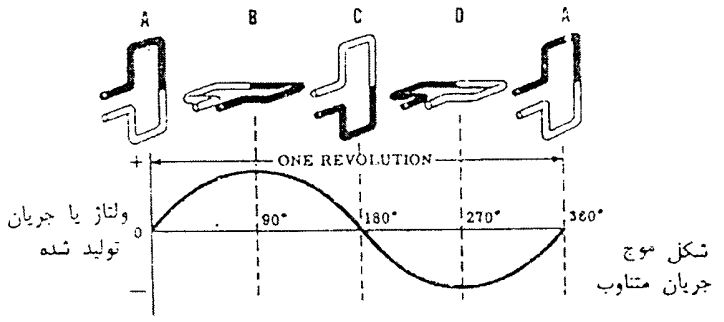
تولید امواج سینوسی





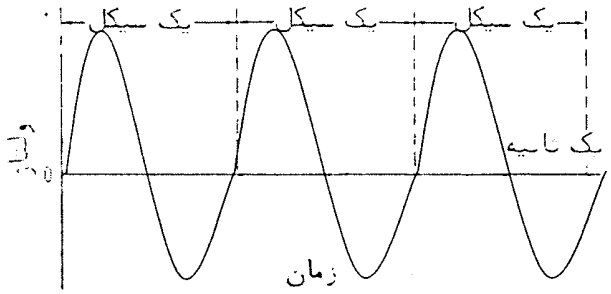


کند.



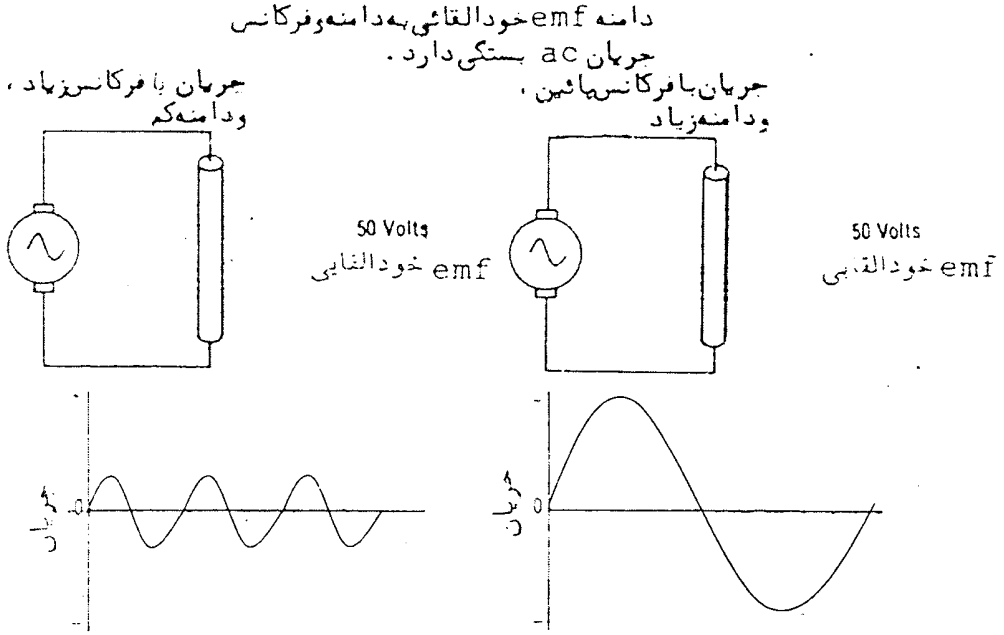
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل٦:



فرکانس ولتاژ یا جریان تعداد سیکل‌ها در ثانیه است. فرکانس این ولتاژ CPS ۲ است.

شکل ۷:



جریان های فرکانس پائین نیز اگر دامنه‌شان زیاد باشند می‌توانند emf های قوی ایجاد کنند.

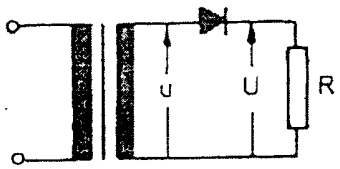
جریان‌های فرکانس بالا می‌توانند emf های قوی ایجاد کنند علیرغم اینکه دامنه‌شان نسبتا کم است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

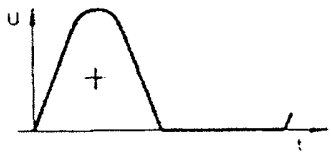
شکل ۸: نحوه یکسوسازی جریان AC

Half-wave rectification

f = 50 Hz w = 121 %



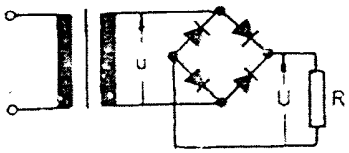
half-wave rectifier circuit



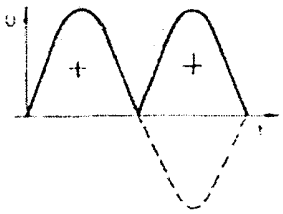
voltage waveform

Full-wave rectification (bridge rectification)

f = 100 Hz w = 48 %



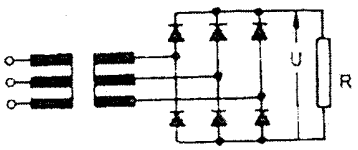
full-wave rectifier circuit



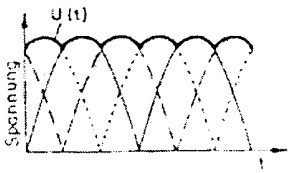
waveform of output voltage

Full-wave rectification for 3-phase circuit

f = 300 Hz w = 4,2 %



Three-phase full-wave rectifier circuit



waveform of output voltage

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل چهارم

۵ـ۱

قوس الکتریکی

The arc

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قوس الکتریکی:

در اکثر فرآیندهای مهم جوشکاری از قوس الکتریکی به عنوان منبع گرمایی جهت ذوب فلز پایه و ماده پرکننده استفاده می‌شود. حرارت حاصل باعث ذوب فلز پایه و تشکیل حوضچه جوش می‌گردد و پس از انجماد و سرد شدن حوضچه جوش، اتصال دو فلز انجام می‌شود. در ابتدا باید با بعضی تعاریف اصولی که در قوس الکتریکی بکار می‌رود، آشنا شویم.

قوس الکتریکی تخلیه انرژی الکتریکی در یک محیط گازی یونیزه شده می‌باشد که انرژی کافی برای تخلیه الکتریکی و انتقال ماده و انرژی وجود داشته باشد.

تعاریف:

ولتاژ مدار باز: وقتی دستگاه جوشکاری روشن بوده ولی عمل جوشکاری انجام نمی‌گیرد به اختلاف پتانسیل خروجی دستگاه که در بالاترین حد ممکن می‌باشد، ولتاژ مدار باز گفته می‌شود. ولتاژ مدار باز دستگاههای جوشکاری در حدی است که خطر برق گرفتگی برای جوشکار نداشته باشد. ولتاژ مدار باز در جریان DC باید کمتر از ۱۰۰ ولت و در جریان AC کمتر از ٦٨ ولت باشد. بالا بودن ولتاژ مدار باز باعث برقراری آسان و سریعتر قوس الکتریکی می‌گردد.

ولتاژ اتصال کوتاه:

وقتی دستگاه روشن می‌باشد در اثر برخورد نوک الکترود با سطح کار ولتاژ سریعاً افت نموده و تقریباً صفر می‌شود و آمپر به بالاترین حد خود می‌رسد. به این عمل اتصال کوتاه گفته می‌شود که اگر برای مدتی ادامه یابد، امکان آسیب دیدن سیم پیچها و مدارات داخلی دستگاه وجود دارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ولتاژ قوس (ولتاژ مدار بسته):

وقتی قوس الکتریکی برقرار می‌شود به ولتاژ بین نوک الکترود و سطح کار، ولتاژ قوس گفته می‌شود. مقدار ولتاژ قوس بستگی به نوع فرآیند، میزان آمپر، جنس الکترود نوع گاز محافظ، نوع روپوش و اندازه طول قوس دارد. و بین ۱۰ تا ٤٤ ولت در فرآیندهای قوس الکتریکی می‌باشد.

I = آمپر $V = 10+0/04\ I$ فرمول ولتاژ در جوشکاری تیگ

$V = 20+0/04\ I$ فرمول ولتاژ در قوس دستی

$V = 14+0/05\ I$ فرمول ولتاژ در میگ، مگ

(ولتاژ در آمپرهای بالای ٦۰۰ ثابت می‌ماند و برابر ٤٤ ولت می‌باشد)

نحوه برقراری قوس الکتریکی:

مرحله اول: دستگاه روشن بوده و اختلاف پتانسیل مدار باز بین نوک الکترود و سطح کار وجود دارد. ولی بعلت مقاومت زیاد فضای بین الکترود و سطح کار جریانی از مدار عبور نمی‌کند.

مرحله دوم: الکترود به سمت قطعه کار حرکت نموده و با سطح کار تماس می‌یابد در این حالت اتصال کوتاه در مدار صورت گرفته و آمپر زیادی در حال عبور در نقطه تماس می‌باشد.

مرحله سوم: وقتی نوک الکترود از سطح کار به عقب کشیده می‌شود، الکترونهایی که در حال عبور می‌باشند به اتمها و مولکولهای گازی برخورد نموده و باعث یونیزه شدن اتمهای گازی می‌گردد. در اثر یونیزه شدن، گاز رسانا شده و بخاطر اختلاف پتانسیل موجود، عبور جریان الکتریکی امکان‌پذیر شده و قوس الکتریکی تشکیل می‌گردد. در ادامه

Scan Edited By Ramin Tajallaei

گازهای بیشتری در اثر حرارت و برخورد الکترونها یونیزه شده تا به یک حالت پایدار برای حمل جریان الکتریکی تنظیم شده برسد.

مرحله چهارم: مواد و گازهای یونیزه شده با بار مثبت به سمت قطب منفی جذب کشیده و به سطح کاتد برخورد نموده و الکترونها که دارای بار منفی می‌باشد به طرف قطب مثبت رفته و به آند برخورد می‌نمایند.

قوس الکتریکی با جریان‌ها و قطبیت مختلف:

جوشکاری با جریان مستقیم و قطبیت مستقیم

DCEN Direct Current Electrode Negative

DCSP Direct current Straigth Dolarity

در جوشکاری با جریان مستقیم اگر الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت وصل شود به آن جوشکاری با قطبیت مستقیم گفته می‌شود. در این حالت حرکت الکترونها از سمت نوک الکترود به سمت قطعه کار می‌باشد.

جوشکاری با قطبیت معکوس

DCEP Direct Current Electrode Positive

DCRP Direct Current Reverse Polarity

در جوشکاری با جریان مستقیم اگر الکترود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی وصل شود به آن جوشکاری با قطبیت معکوس گفته می‌شود. در این حالت حرکت الکترونها از سطح کار به سمت نوک الکترود می‌باشد.

قوس الکتریکی با جریان متناوب:

در جریان متناوب جهت جریان الکتریکی متناوباً تغییر می‌نماید. یعنی در یک لحظه الکترونها از سمت نوک الکترود به طرف سطح کار رفته و در لحظه بعد جهت حرکت

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترونها عوض می‌شود و با توجه به فرکانس برق شهر که ۵۰ هرتز می‌باشد در یک ثانیه ۵۰ مرتبه قطب مستقیم و ۵۰ مرتبه قطب معکوس اتفاق می‌افتد.

انتخاب قطبیت در جوشکاری با الکترود دستی به نوع الکترود مصرفی بستگی دارد.

در جوشکاری میگ، مگ فقط از جریان DC بصورت قطب معکوس استفاده می‌گردد در جوشکاری تیگ از جریان DC بصورت قطب مستقیم برای اکثر فلزات و از جریان AC برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیم استفاده می‌گردد.

شکل موج جریان متناوب معمول بصورت سینوسی می‌باشد. جریان از صفر شروع شده و به یک حد ماکزیمم رسیده، سپس کاهش یافته، به صفر می‌رسد. بعد مسیر حرکت جریان عوض شده و به حد ماکزیمم رسیده و دوباره کاهش یافته و به صفر می‌رسد. چون این عمل با یک شیب آرامی صورت می‌گیرد وقتی جریان به صفر می‌رسد امکان قطع شدن قوس الکتریکی وجود دارد. برای رفع این مشکل در قوس الکتریکی از مواد پایدار کننده قوس بیشتری نظیر پتاسیم و سدیم در مواد روپوش الکترود استفاده می‌گردد.

در جوشکاری تیگ با جریان AC برای رفع این مشکل از سیستم HF بصورت دائم استفاده می‌گردد و هر وقت جریان صفر می‌شود سیستم HF به برقراری مجدد قوس کمک می‌کند. راه دیگر استفاده از جریان AC با موج مربعی می‌باشد در این جریان چون جهت جریان به یک باره عوض می‌گردد، عمل قطع شدن، اتفاق نمی‌افتد.

قوس الکتریکی:

قوس یک مقاومت غیرعادی است یعنی تا حدود ۸۰-۷۰ آمپر از قانون اهم پیروی نمی‌کند ولی در آمپرهای بالاتر از قانون اهم پیروی نموده و با افزایش آمپر، ولتاژ نیز زیاد شده

Scan Edited By Ramin Tajallaei

و مقاومت قوس ثابت می‌ماند. در شکل منحنی ولت- آمپر در قوس الکتریکی را با طول قوس‌های مختلف مشاهده می‌نمایید.

ولتاژ در قوس الکتریکی به سه قسمت تقسیم میگردد.

۱- منطقه افت ولتاژ در آند

۲- منطقه افت ولتاژ در کاتد

۳- منطقه ستون قوس (پلاسما)

توزیع دما در مناطق مختلف قوس الکتریکی:

دما در مناطق مختلف قوس متفاوت می‌باشد و در قطب منفی ۳۶۰۰ درجه سانتیگراد و در قطب مثبت ٤۰۰۰ درجه و در ستون قوس بین ٤۵۰۰ تا ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. هر چه ستون قوس پلاسما متمرکزتر باشد، دمای آن بالاتر است. برای مثال در جوشکاری پلاسما بخاطر تمرکز ستون قوس، دما در حدود ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد و در قوس الکتریکی دستی بخاطر عدم تمرکز قوس، بین ٤۵۰۰ تا ۵۵۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

نحوه ایجاد قوس الکتریکی:

برای یونیزه کردن محیط گازی و تشکیل قوس الکتریکی از روشهای زیر استفاده میگردد:

۱- روش تماس مستقیم الکترود با سطح کار

۲- استفاده از ولتاژ و فرکانس بالا

۳- استفاده از قوس کمکی (پیلوت)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۱-روش تماسی:

در جوشکاری قوس الکتریکی دستی، میگ، مگ، زیر پودری، با برخورد نوک الکترود با سطح کار قوس الکتریکی روشن می‌گردد. در جوشکاری تیگ می‌توان از این روش استفاده نمود ولی امکان آلودگی فلز جوش به فلز تنگستن وجود دارد برای رفع این مشکل از روش تماسی برنامه‌ریزی شده استفاده می‌گردد. در این روش در لحظه برخورد نوک الکترود تنگستنی با سطح کار، جریان کمی در حدود ۱۵-۱۰ آمپر اعمال می‌گردد. به محض فاصله گرفتن نوک الکترود از سطح کار سنسورهای ولتاژ بتدریج آمپر دستگاه را افزایش می‌دهند تا آمپر به حد تنظیم شده لازم برسد. در این روش امکان آلودگی تنگستن وجود ندارد.(شکل۱)

۲-استفاده از ولتاژ و فرکانس بالا HVF (HF) :

ولتاژ بالا وقتی به یک محیط گازی اعمال شود باعث شکسته شدن مولکولها و یونیزه شدن اتمها می‌گردد. در نتیجه محیط رسانا شده و امکان برقراری قوس امکان‌پذیر می‌شود میزان ولتاژ لازم بستگی به نوع گاز مصرفی و فاصله بین الکترود و سطح کار دارد. برای گاز آرگون در یک طول قوس نرمال نیاز به ۵ تا ۱۰ کیلو ولت می‌باشد.

ولتاژ بالا خطر برق گرفتگی برای جوشکار دارد و احتمال مرگ در اثر تماس با ولتاژ بالا وجود دارد برای رفع این شکل فرکانس جریان ولتاژ بالا را افزایش می‌دهند. در فرکانسهای بالا، جریان الکتریکی از سطوح جانبی بدن (پوست) عبور می‌نماید. بنابراین جریان ولتاژ و فرکانس بالا خطری برای جوشکار ندارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

میزان فرکانس بالای 5 MHz می‌باشد از این روش بیشتر در جوشکاری تیگ استفاده می‌گردد. سیستم HF تولید نویز الکتریکی می‌نماید که باعث مختل شدن عملکرد دستگاههای کامپیوتری، CNC و ربات می‌گردد.

وزش قوس Arc blow

در اطراف هر هادی که جریان الکتریسته عبور می‌نماید، یک میدان مغناطیسی به صورت دوایر متحدالمرکز وجود دارد. این میدان مغناطیسی را می‌توان با عبور هادی جریان از میان کاغذ و پاشیدن براده آهن بر روی کاغذ مشاهده نمود.

در جوشکاری نیز این میدان اطراف الکترود، کابل و در مسیر عبور جریان در داخل قطعه نیز بوجود می‌آید. اثر این میدان مغناطیسی در بعضی موارد باعث انحراف قوس الکتریکی می‌گرددوقوس از مسیر خود منحرف شده و به اطراف متمایل می‌شود. در اثر وزش قوس، فلز پایه بخوبی ذوب نشده و الکترود بصورت یکطرفه می‌سوزد. و باعث ایجاد خوردگی در کنار جوش، حبس گل جوش و پاشش جرقه زیاد میگردد.

عوامل مؤثر در ایجاد وزش قوس:

فولادهای فریتی، مواد فرو مغناطیس می‌باشند در نتیجه میدانهای مغناطیسی جذب فولاد می‌شود. مسیر انحراف و شدت انحراف قوس در اثر میدانهای مغناطیسی پیچیده بوده و غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. ولی یکسری قوانین بر آن تأثیرگذار است که به تشریح آن پراخته می‌شود.

۱- انحراف قوس الکتریکی در جهت زاویه الکترود بیشتر دیده می‌شود.

۲- قوس الکتریکی در اتصالات سپری یا لب روی هم بسمت قطعه ضخیم‌تر کشیده می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۳- در ابتدا و انتهای مسیر جوشکاری قوس به طرف قطعه کار منحرف می‌گردد (بخاطر تمایل میدان مغناطیسی برای جذب در فولاد).

٤- در صورت نزدیک بودن انبر اتصال به محل جوشکاری قوس بطرف انبر اتصال منحرف می‌گردد.

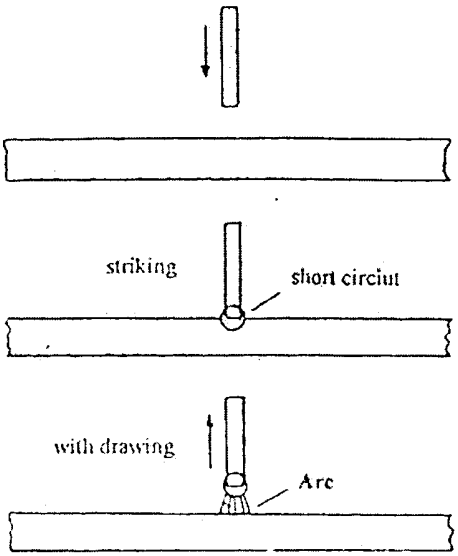
٥- ایجاد وزش قوس در طول قوس بلندتر، بیشتر است.

٦- وزش قوس در جریان مستقیم بوجود می‌آید و در جریان متناوب بسیار ضعیف است.

۷- در جوشکاری پاس اول در جوش گوشه‌ای یا پاس اول جوشهای نفوذی قوس به سمت فلز جوش منحرف می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱ : روش تماسی



شکل ۲: منحنی یک قوس الکتریکی

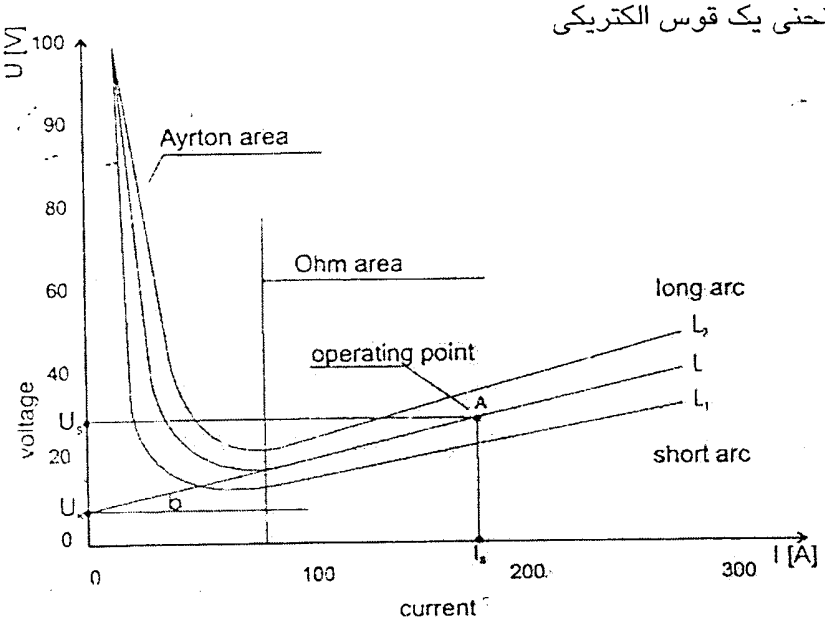


Fig. 4: Curve of a welding arc

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۳ : منطقه انتقال قوس جوشکاری ومنحنی جریان

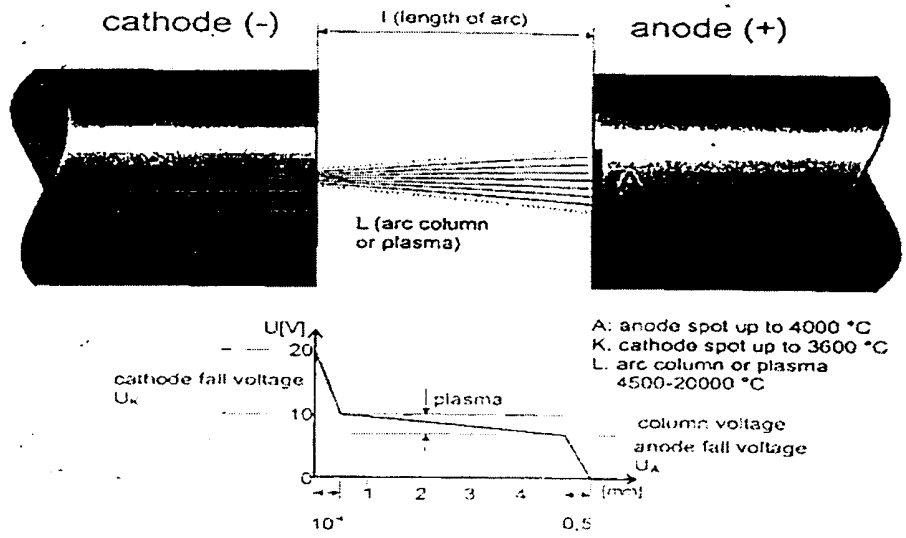
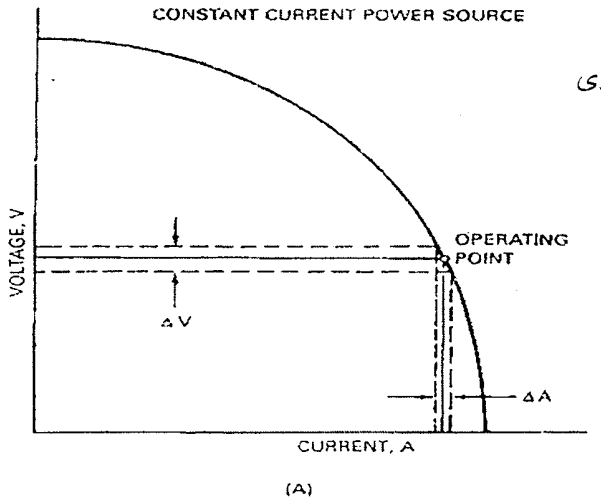


Fig. 5: Transfer area of the welding arc and voltage curve

شکل ۴: منبع نیروی جریان ثابت



شکل۵: منبع نیروی ولتا ثابت

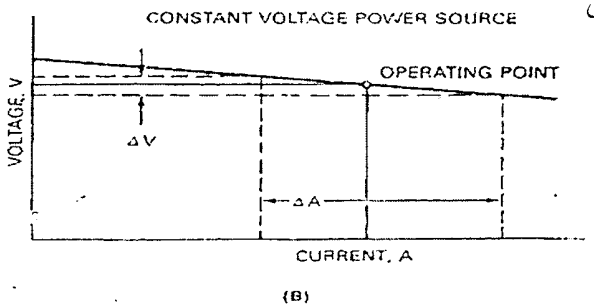
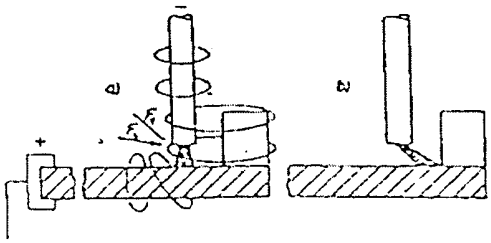


Figure 11 – Static Volt-Ampere Characteristics

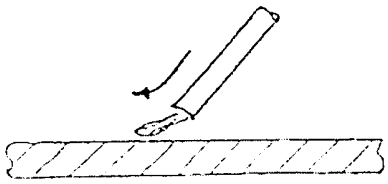
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۶: انحراف قوس (وزش قوس)



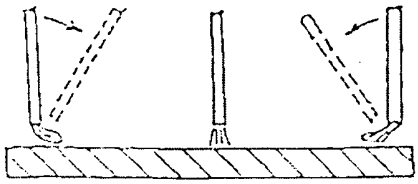
قوس به سمت قطعه فولادی جذب میشود

The arc is attracted to large blocks of steel



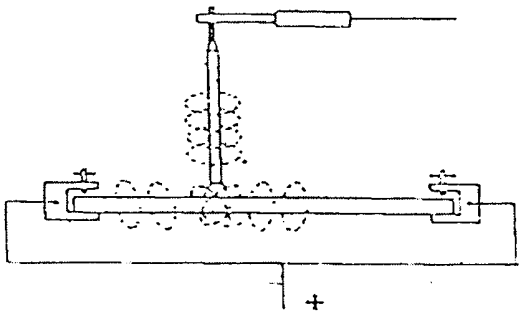
قوس همیشه در یک مسیرشیبدار منحرف میشود

The arc always blows in the direction of the arc slope



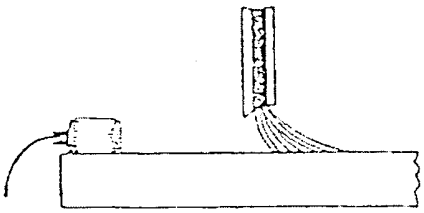
The arc always blows from the edge of the base metal and towards the center

قوس در لبه های قطعه کار به سمت مرکز قطع منحرف می شود



اتصال زمین از دو طرف فلز پایه

Earth connections on both sides of the base metal



Consequence Poles

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل پنجم

۶-۱

منابع نیرو در جوشکاری با قوس الکتریکی

Power sources for arc welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

منابع نیرو در جوشکاری با قوس الکتریکی

دستگاههای جوشکاری، جریان الکتریکی مورد نیاز برای تشکیل قوس الکتریکی را تامین می‌نمایند. دستگاههای جوشکاری به دو دسته تقسیم می‌گردند.

الف) مولدها ب) مبدلها

الف) مولدها: دستگاههای جوشکاری از نوع مولد جریان مورد نیاز را خود تولید نموده ومعمولاً در مکانهایی که دسترسی به برق شهری نباشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند برای مثال برای جوشکاری خطو لوله بین شهری و انجام جوشکاری در سایتها از دستگاههای مولد استفاده می‌گردد. دستگاههای مولد عبارتند از موتور ژنراتور دیزلی و بنزینی البته یک دستگاه مولد دیگر که به دینام معروف است، نیز وجود دارد که توسط یک موتور الکتریکی سه فاز که با یک دینام کوپل شده است، جریان مورد نیاز جوشکاری را تولید می‌نماید، این دینامها با پیدایش دستگاههای رکتیفایر تقریباً از رده خارج شده‌اند پس مولدها عبارتند از ۱) موتور ژنراتور احتراقی (بنزینی، گازوئیلی)

۲) موتور ژنراتور الکتریکی (دینام)

ب) مبدلها: دستگاههای مبدل جریان الکتریکی، برق شهر را به جریان مورد نیاز جوشکاری تبدیل می‌نمایند این دستگاهها عبارتند از دستگاه ترانس، دستگاه ترانس رکتیفایردار ودستگاه اینورتور. در دسته بندی دیگری می‌توان دستگاههای جوشکاری را بصورت ذیل نشان داد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

دستگاه ترانسفورماتور:

ترانس بعنوان یکی از اصلی‌ترین قسمت‌ها در دستگاههای مبدل می‌باشد. ترانس از یک هسته آهنی و دو سیم پیچ به نامهای سیم پیچ اولیه و ثانویه تشکیل شده است. هر دو سیم پیچ بر روی هسته پیچیده شده‌اند و سیم پیچ اولیه با تعداد دور زیاد سیم و قطر نازکتر به برق شهر وصل شده و سیم پیچ ثانویه با تعداد دور کمتر و قطر ضخیم‌تر به خروجی دستگاه متصل می‌باشد.

ترانس‌های جوشکاری از نوع کاهنده ولتاژ و افزاینده جریان می‌باشند.

مقدار ولتاژ در سیم پیچ ثانویه به نسبت تعداد دور سیم پیچها بستگی دارد و از رابطه

$$\frac{\text{ولتاژ اولیه}}{\text{ولتاژ ثانویه}} = \frac{\text{تعداد دور سیم پیچ اولیه}}{\text{تعداد دور سیم پیچ ثانویه}}$$ بدست می آید.

برای کنترل تنظیم جریان خروجی از تجهیزات مکانیکی یا الکتریکی استفاده می‌گردد

کنترل کننده‌های مکانیکی عبارتند از:

الف) اتصال یک سری مقاومت قابل تغییر به مدار خروجی

ب) استفاده از هسته اصلی دو تکه که با یک پیچ فاصله آن قابل تنظیم باشد

ج) استفاده از یک هسته فرعی در وسط هسته اصلی که با یک پیچ حرکت آن تنظیم می‌گردد

د) استفاده از یک سیم پیچ کمکی که برروی یک هسته آهنی دیگر پیچیده شدهٔ و دارای انشعابات مختلفی است

و) استفاده از سیم پیچ‌های متحرک

Scan Edited By Ramin Tajallaei

دستگاه ترانس رکتیفایردار:

این دستگاه از ترانس و یکسو کننده تشکیل شده است جریان خروجی متناوب ترانس وارد یکسو کننده شده و به جریان مستقیم تبدیل می‌شود. برای حصول جریان مستقیم صاف‌تر از ترانس‌های سه فاز استفاده می‌گردد.

دستگاه اینورتور:

نسل جدید دستگاه های جوشکاری دارای سیستم‌های **اینورتوری** می‌باشند که موجب سبکی وزن و قابلیتهای الکترونیکی زیاد می‌باشند در این دستگاهها برق ورودی ابتدا یکسو شده سپس **ترانزیستور** به جریان متناوبی با فرکانس بالا تبدیل می‌گردد. سپس جریان متناوب فرکانس بالا ، وارد ترانس شده و سپس به جریان مستقیم یکسو تبدیل می‌گردد و مورد استفاده قرارمی‌گیرد. با افزایش فرکانس برق ورودی ترانس‌ها، ابعاد ترانس کم می‌شود و همین امر باعث سبکی وزن دستگاههای انیورتردار شده است.

موتور ژنراتورها:

در موتور ژنراتورها، یک موتور احتراقی یا الکتریکی، ژنراتور را به حرکت در آورده و جریان مورد نیاز برای جوشکاری تولید می‌شود. بسته به طراحی ژنراتور، خروجی جریان می‌تواند AC یا DC و یا با قابلیت خروجی هر دو جریان باشد.

علامت شناسایی دستگاهها:

بر روی هر دستگاه یک پلاک آلومینیومی وجود دارد که اطلاعات مختلفی روی آن حک شده است. یکی از این موارد شناسایی نوع دستگاه مورد استفاده می‌باشد.

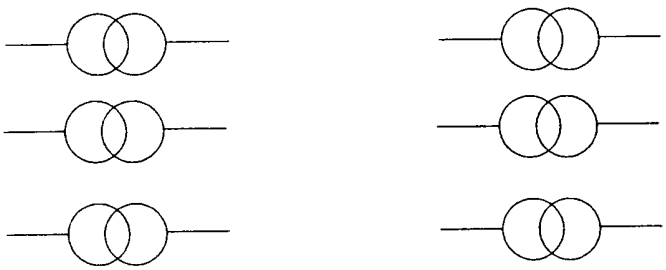
دستگاه ترانس با علامت —(( ))— نشان داده می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

(دو دایره در داخل هم به معنی سیم پیچ اولیه و ثانویه می‌باشد)

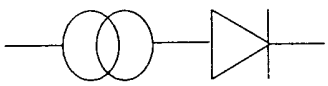
جریان ورودی ترانس، برق متناوب و خروجی آن نیز برق متناوب می‌باشد.

دستگاه ترانس با جریان تک فاز و یا دو فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد و دستگاه ترانس رکتیفایردار با جریان سه فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعداد فاز ورودی بصورت عددی یا خط کج در سمت چپ علامت مشخص می‌گردد.

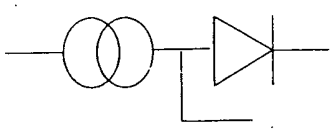


دستگاه رکتیفایر:

دستگاه ترانس رکتیفایردار در اصل همان دستگاه ترانس بوده که مجهز به سیستم یکسو کننده جریان در مسیر خروجی ترانس می‌باشد. و با علامت زیر مشخص می‌گردد.



دستگاه ترانس رکتیفایردار به برق سه فاز متناوب متصل شده و خروجی آن جریان مستقیم می‌باشد. البته دستگاه ترانس رکتیفایرداری هم وجود دارد که دارای خروجی هر دو جریان AC و DC باشد که با این علامت مشخص می‌گردد.

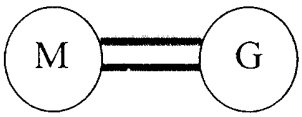


Scan Edited By Ramin Tajallaei

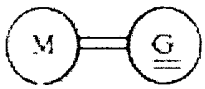
در دستگاههای جوشکاری تیگ که نیاز به هر دو جریان متناوب و مستقیم می‌باشد و همچنین برای جوشکاری به روش قوس الکتریکی دستی که در آمپرهای بالا امکان ایجاد وزش قوس وجود دارد، از این نوع دستگاه استفاده می‌گردد.

دستگاه موتور ژنراتور

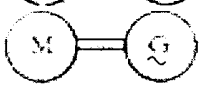
این نوع دستگاهها بصورت زیر مشخص می‌گردند



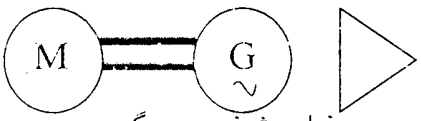
در صورتیکه خروجی ژنراتور جریان مستقیم باشد علامت آن



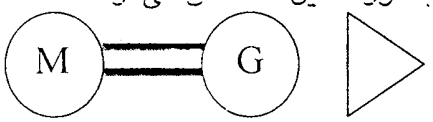
و در صورتیکه خروجی ژنراتور جریان متناوب باشد، علامت آن



موتور ژنراتورهای دارای رکتیفایر با این علامت مشخص می‌گردند

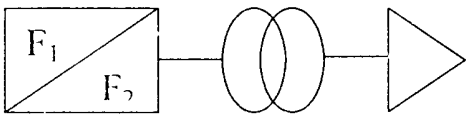


و موتور ژنراتور با خروجی AC و DC بصورت ذیل مشخص می‌گردد.

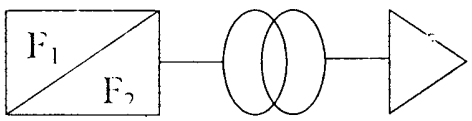


دستگاه اینورتور

علامت مشخصه دستگاه **اینورتور**



علامت مشخصه دستگاه انیورتر با خروجی AC و DC



Scan Edited By Ramin Tajallaei

سیکل کاری:

سیکل کاری مدت زمانی است که در یک آمپر مشخص می‌توان با دستگاه جوشکاری نمود، بدون آنکه دستگاه آسیب ببیند.

این مدت زمان معمولاً بر مبنای ده دقیقه می‌باشد. در توضیح این مطلب باید یادآور شد وقتی دستگاه جوشکاری دارای خروجی ۵۰۰ آمپر می‌باشد. شما نمی‌توانید بصورت مداوم با ۵۰۰ آمپر جوشکاری نمایید زیرا باعث داغ شدن و سوختن سیم پیچ‌ها و مدارات داخلی دستگاه می‌گردد. بنابراین برای دستگاه ها سیکل کاری تعریف شده است. و سیکل کاری در ۳۰٪ و ۶۰٪ و ۱۰۰٪ در پلاک مشخصه دستگاه قید شده است برای مثال وقتی گفته می‌شود سیکل کاری دستگاه در ۵۰۰ آمپر ۳۰ درصد است یعنی شما باید بمدت ۳ دقیقه با ۵۰۰ آمپر جوشکاری نموده و بمدت ۷ دقیقه دستگاه روشن بوده ولی جوشکاری انجام نگیرد تا دستگاه خنک شود.

مثال دوم: سیکل کاری دستگاهی در ۳۰۰ آمپر ۶۰ درصد است یعنی شما باید با ۳۰۰ آمپر بمدت ۶ دقیقه جوشکاری نموده و ٤ دقیقه به دستگاه برای خنک شدن استراحت دهید.

مثال سوم: سیکل کاری دستگاهی در ۲۰۰ آمپر ۱۰۰ درصد است یعنی شما می‌توانید تا ۲۰۰ آمپر بطور مداوم با دستگاه جوشکاری نمایید بدون آنکه دستگاه صدمه ببیند.

سیکل کاری برای دستگاههایی نظیر جوشکاری زیر پودری، جوشکاری میگ، مگ و فلاکس کورد که در خطوط تولید بطور مداوم مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید مورد توجه قرار گیرد. در جوشکاری با قوس الکتریکی دستی باید زمان وقفه‌ای که برای تعویض الکترود و تمیز کردن گل جوش ایجاد می‌شود، مدنظر قرار گیرد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

چنانچه در آمپر خاصی سیکل کاری آنرا بخواهید محاسبه نمایید از فرمول زیر استفاده نمایید.

سیکل کاری مشخص × (آمپری که سیکل آن مشخص است) = **سیکل کاری مورد نظر**

(آمپر مورد نظر)^2

برای مثال سیکل کاری دستگاهی در ۳۰۰ آمپر ۶۰ درصد است، ۲۷۰ آمپر سیکل کاری چند درصد می‌باشد؟

$$\text{سیکل کاری مورد نظر} = \frac{350^2}{370^2} \times 60 = \%40$$

منحنی ولتاژ و آمپر در قوس الکتریکی:

قوس یک مقاومت غیرعادی است یعنی تا ۸۰-۷۰ آمپر از قانون اهم پیروی نمی‌کند و با افزایش آمپر، مقاومت قوس کم می‌شود. ولی در آمپرهای بالاتر از قانون اهم پیروی نموده و مقاومت قوس ثابت بوده و با افزایش آمپر، ولتاژ نیز افزایش می‌یابد.

منحنی ولت آمپر دستگاههای جوشکاری:

دو نوع نمودار ولت ـ آمپر در دستگاههای جوشکاری بکار می‌رود.

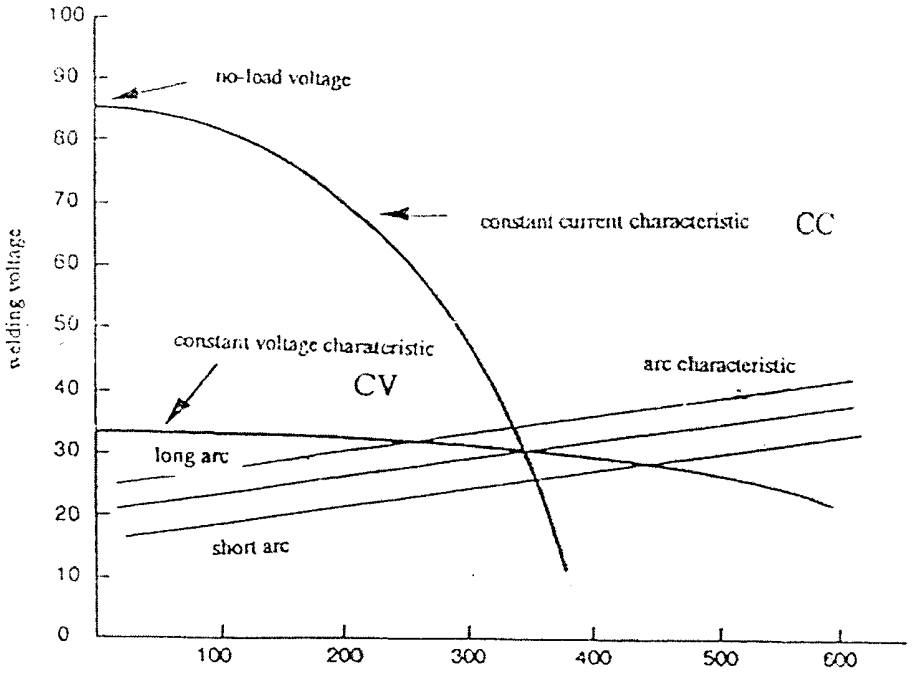
الف) نمودار ولت ـ آمپر نزولی (شدت جریان ثابت):

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ب) نمودار ولت ـ آمپر از نوع ولتاژ ثابت

نمودار ولت ؟؟ آمپر نزولی:

نمودار ولت ـ آمپر در دستگاههای قوس الکتریکی دستی و جوشکاری تیگ و پلاسما از نوع نزولی می‌باشد. در این دستگاهها با تغییرات طول قوس توسط جوشکاری مقاومت قوس تغییر نموده و باعث نوسانات در ولتاژ و آمپر می‌گردد.



در نمودار فوق تغییرات آمپر با نوسانات کم طول قوس بسیار شدید است و باعث می‌گردد با تغییرات طول قوس، قدرت قوس کم و زیاد شود. برای رفع این مشکل دستگاههای جدید مجهز به سیستم حسگر آمپر می‌باشند. وقتی آمپر را روی مقداری خاص تنظیم می‌نمایید در هنگام جوشکاری با تغییرات طول قوس، حسگر جلوی نوسانات آمپر را گرفته و مقدار آمپر تقریباً ثابت می‌ماند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

نمودار ولت ـ آمپر این دستگاهها از نوع نزولی با شیب نزولی تند می‌باشد و به آنها دستگاههای شدت جریان ثابت گفته می‌شود (C.C)

همانطور که در نمودار مشاهده می‌نمایید با تغییرات طول قوس، میزان نوسانات آمپر بسیار کم می‌باشد و در حدود ۸-۵ آمپر می‌باشد. دستگاههای قوس الکتریکی دستی و جوشکاری تیگ از نوع دستگاههای شدت جریان ثابت می‌باشد.

با ادغام منحنی ولت ـ آمپر قوس و منحنی ولت ـ آمپر دستگاه، محدوده کاری قوس مشخص می‌گردد.

نمودار ولت ـ آمپر از نوع ولتاژ ثابت

دستگاههای جوشکاری زیر پودری، جوشکاری میگ، مگ و فلاکس کورد از نوع ولتاژ ثابت می‌باشند.

در این دستگاهها تغییرات طول قوس سریعاً جبران شده و قوس اثر خود تنظیمی دارد. در این دستگاهها ولتاژ از روی دستگاه تنظیم شده و آمپر در ارتباط با سرعت تغذیه سیم می‌باشد با افزایش سرعت سیم آمپر زیاد شده و با کاهش آن آمپر کم می‌شود.

با ادغام منحنی ولت ـ آمپر قوس با نمودار ولت ـ آمپر محدوده کاری قوس در جوشکاری میگ، مگ و زیر پودری مشخص می‌گردد.

نحوه برقراری قوس در فرآیندهای مختلف

برای برقراری قوس در فرآیند قوس الکتریکی دستی از طریق تماس نوک الکترود با سطح کار استفاده می‌گردد. در بعضی از دستگاهها از سیستم (Hot start) استفاده می‌گردد.

در این روش در لحظه برخورد نوک الکترود با سطح کار آمپری ۱/۵ برابر حالت تنظیم شده، اعمال شده و به محض برقراری قوس آمپر کاهش یافته و به حد تنظیم شده می-

Scan Edited By Ramin Tajallaei

رسد. در بعضی از دستگاهها با افزایش ولتاژ مدار باز برقراری قوس راحتتر انجام می-گیرد.

در فرآیند میگ، مگ و فلاکس کورد چون قطر سیم جوش مصرفی نازک بوده و آمپر بسیار بالا می‌باشد، به محض برخورد نوک سیم با سطح کار سیم ذوب شده و قوس تشکیل می‌شود.

در فرآیند زیر پودری در سیمهای نازک از طریق برخورد سیم با سطح کار قوس برقرار می‌شود. در سیمهای قطورتر نوک سیم تحت زاویه بریده می‌شود تا در لحظه برخورد، قوس براحتی برقرار شود یا از سیم ظرفشویی بصورت گلوله شده در نوک سیم و سطح کار ویا از سیستم HF نیز استفاده می‌گردد.

در جوشکاری تیگ از سیستم (های فرکانس) (HF) و قوس تماس برنامه ریزی شده (lift Arc) استفاده می‌گردد.

سیستم (های فرکانس) HF: در جوشکاری تیگ در اثر برخورد نوک الکترود تنگستنی با سطح کار امکان آلودگی فلز جوش به تنگستن وجود دارد. که یکی از عیوب جوشکاری می‌باشد برای رفع این مشکل از سیستم ولتاژ بالا مانند سیستم جرقه شمع اتومبیل استفاده می‌گردد ولتاژ بالا در فاصله بین نوک الکترود با سطح کار جرقه زده و محیط گازی را یونیزه نموده و امکان برقراری قوس را فراهم می‌نماید.

ولتاژ بالا خطر برق گرفتگی برای جوشکار در پی دارد. برای رفع این مشکل فرکانس جریان متناوب ولتاژ بالا را افزایش می‌دهند. در فرکانس‌های بالا جریان الکتریکی از سطوح جانبی بدن (پوست) عبور نموده و بر روی سیستم عصبی، مغز و قلب تاثیر نمی-گذارد. در جوشکاری تیگ با جریان مستقیم فقط در لحظه شروع از سیستم HF استفاده

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱: اصول کار ترانسفور ماتور جوشکاری

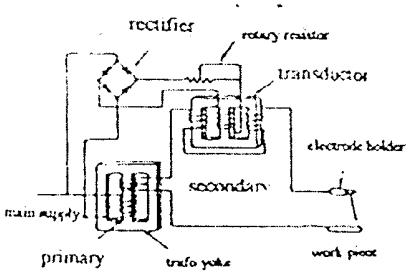


Fig. 1.6 - 14: Electric controls

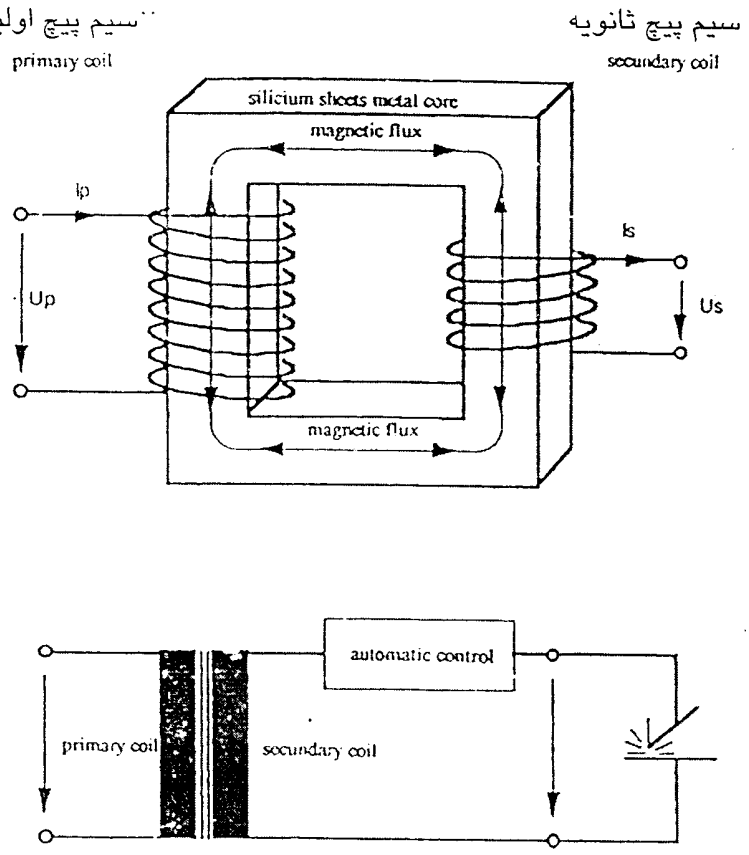


Fig. 1.6 - 12: Operating principle of a welding transformer

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۲ : کنترل های مکانیکی متغیر

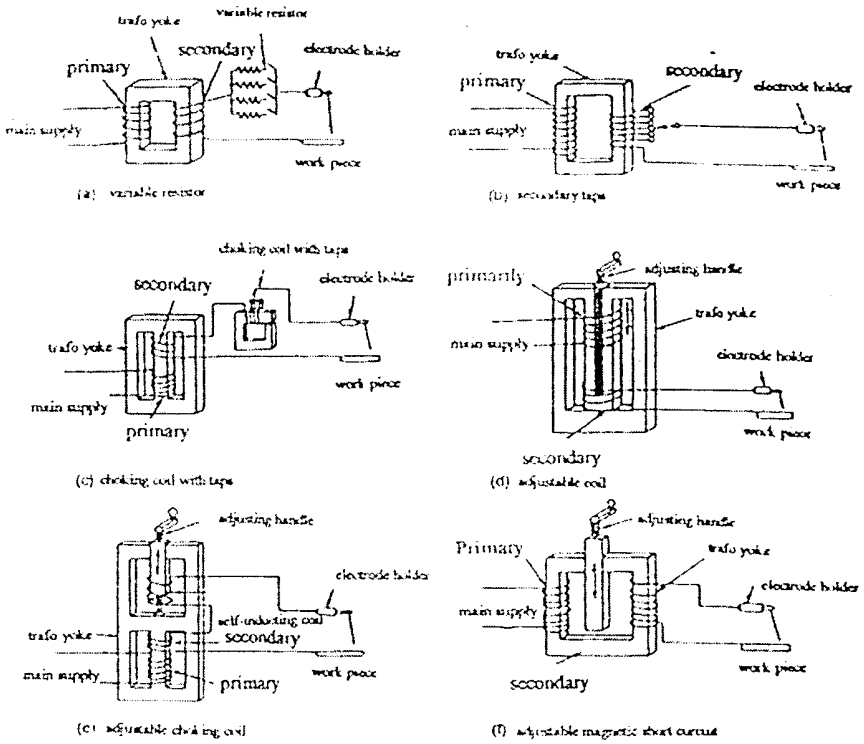
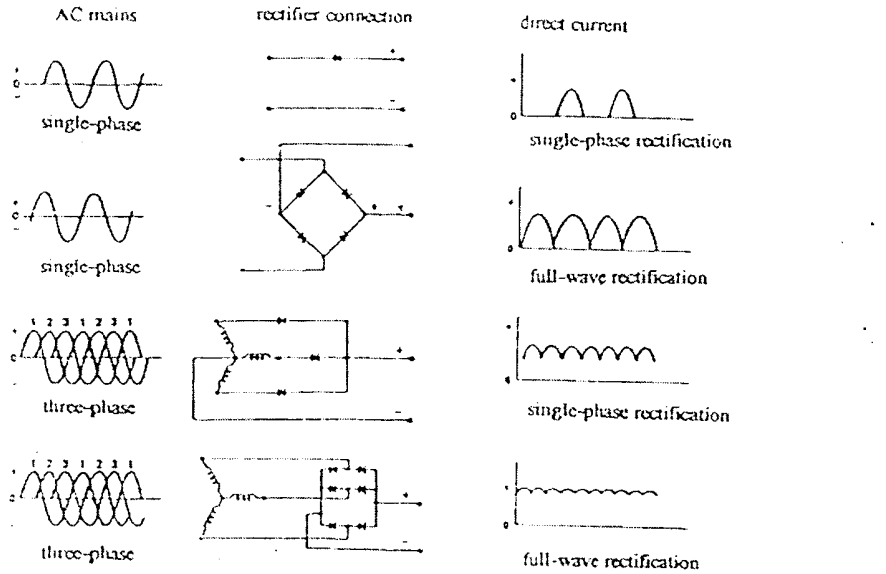


Fig 1.6 - 13: Variable mechanical controls

شکل ۳: یکسوسازی جریان توسط رکتیفایر



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۴ : خصوصیات منحنی جریان ثابت

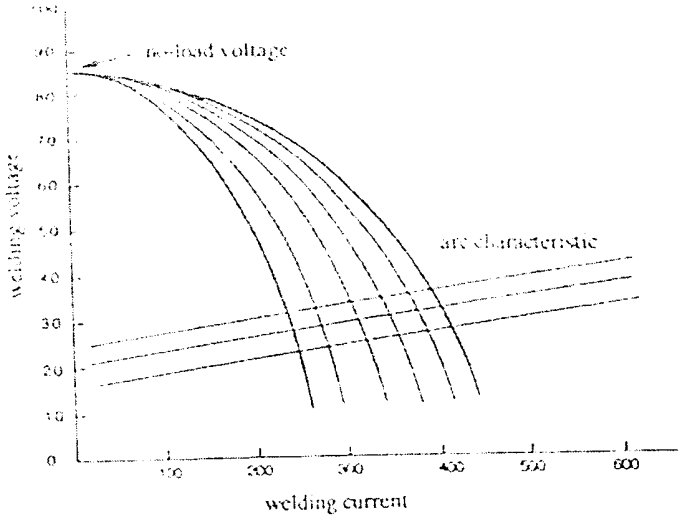


Fig. 1 6 - 6 CC - characteristic

شکل ۵ : خصوصیات منحنی ولتاژ ثابت

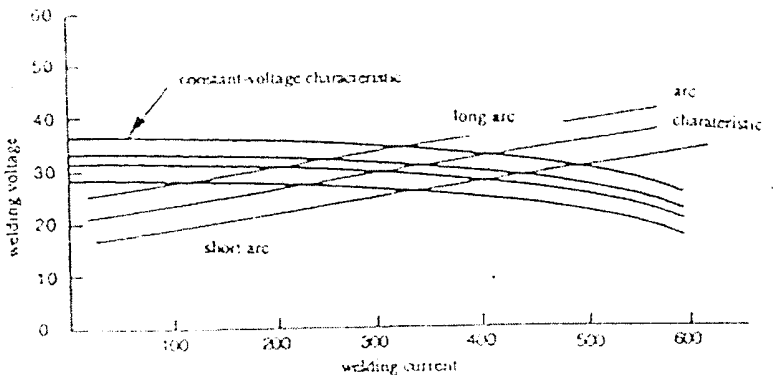


Fig. 1 6 - 8 CV - characteristic

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۶ : سیستم خود تنظیمی

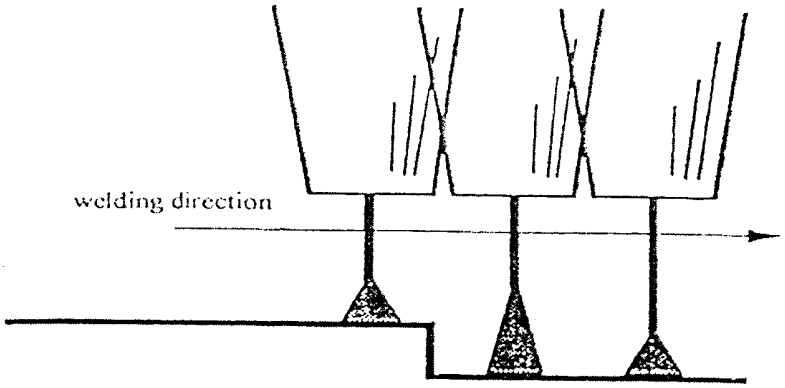


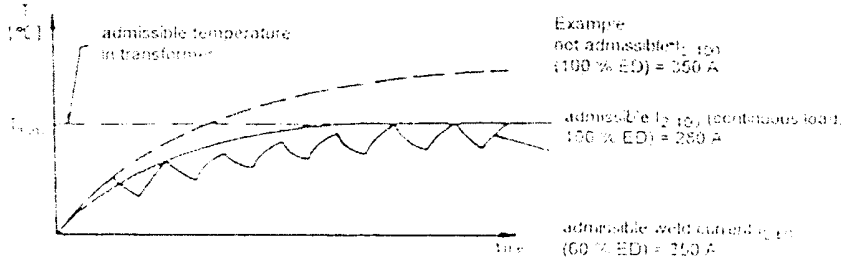
Fig. 1.6 - 9 Overwelding a step

شکل۷ : سیستم های جریان ـ ولتاژ برای فرایند های مختلف

SMAW : (E)	CC	drooping
GTAW : (TIG, WIG)	CC	
GMAW : (MIG, MAG)	CV	flat
SAW : (UP)	CV (CP)	
PAW : (Plasma)	CC	
ESW : (Res)	CV	resistence welding
SW : (Stud)	CC	

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۸ : سیکل وظیفه (duty cycle)

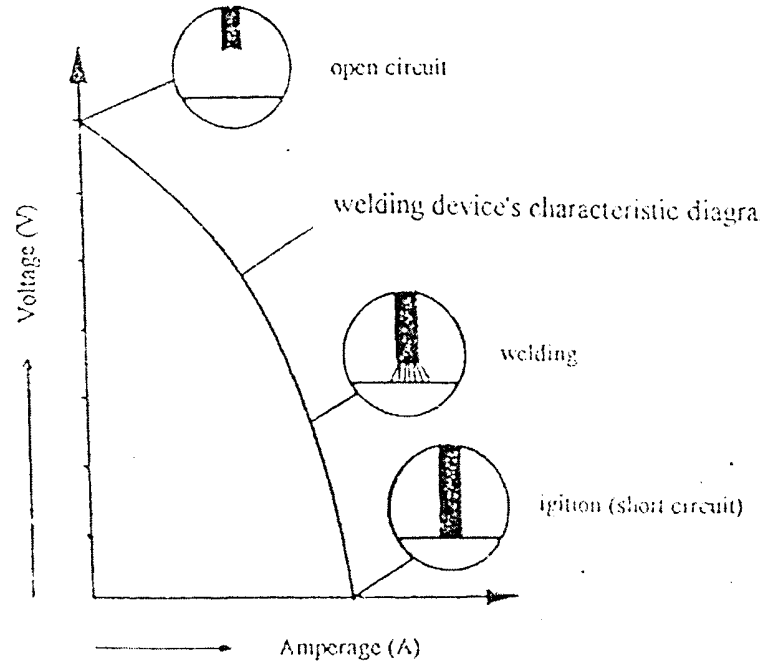


$$I_S = I_D \sqrt{\frac{100}{ED}}$$

$$ED = \frac{\text{ON - time}}{\text{cycletime}} \cdot 100 \ [\%]$$

I_S = weld current ED = duty-cycle
I_D = constant current cycletime = 10 min

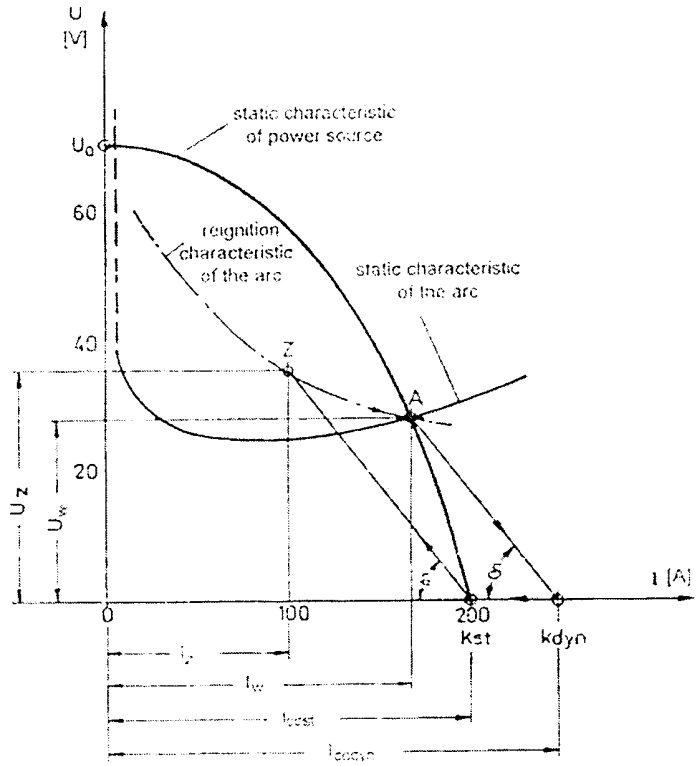
شکل ۹ : منحنی جریان_ولتاژ برای فرایند زیر پودری



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۰

Dynamic Steepness:



I_w = welding current
I_{ccst} = static short-circuit current
I_{ccdyn} = dynamic short-circuit current
I_z = current at re-ignition of the arc

U_w = welding voltage
U_z = peak-voltage for re-ignition of the arc
U_o = static idling-voltage
U_{odyn} = dynamic idling-voltage

$\tan\delta$ = dynamic steepness

$$\frac{U_o}{I_{kdyn} - I_z} - \frac{U_z}{I_w - I_z}$$

Minimum affordable values:
up to I_S = 150 A, $\tan\delta \geq 30 / I_S$
above I_S = 150 A $\tan\delta \geq 0.2$

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۱ : منحنی سیکل وظیفه (duty cycle)

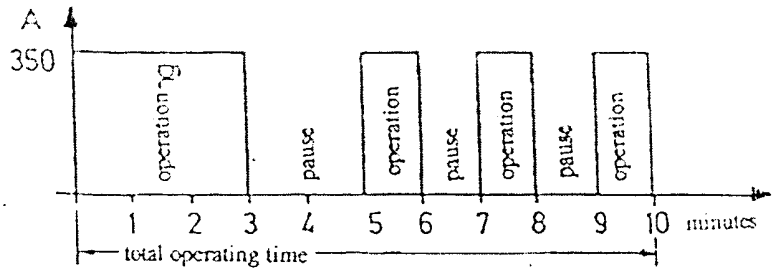
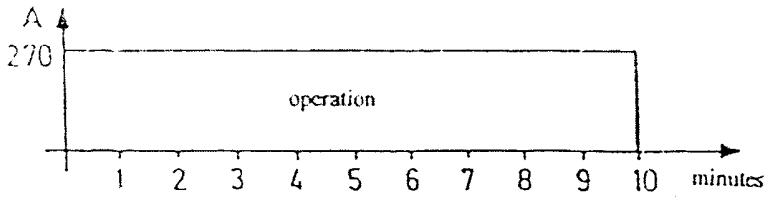
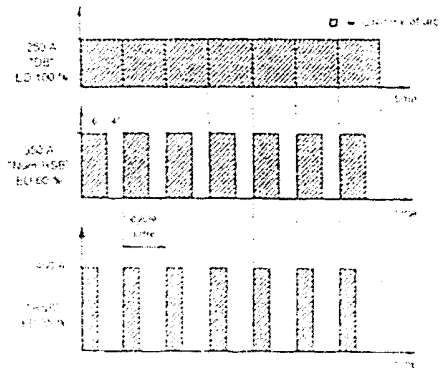


Fig. 1.6 - 45 Diagram of nominal manual welding operation



Power sources for arc welding - standardised duty-cycles



DB = continuous operation (standardised)
Nom-HSB = nominal manual welding operation
HSB = manual welding operation (standardised)

ED for drooping characteristic 35 %, 60 %, 100 %
ED for constant potential characteristic 60 %, 100 %

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل ششم

۷ـ۱

جوشکاری قوس الکتریک با گاز محافظ

Introduction to Gas-shielded arc welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۷-۱- جوشکاری قوس الکتریک با گاز محافظ

- مقدمه

در فرایند جوشکاری قوس با گاز محافظ ، الکترود ، قوس و حوضچهٔ مذاب بوسیلهٔ گازها محافظت می شوند. پس حوضچهٔ مذاب به طور کامل سه برابر هوا(نیتروژن و اکسیژن) محافظت می شوند.(جدول ۱)

- GTAW جوشکاری قوس الکتریک با گاز محافظ و الکترود مصرف نشدنی (تنگستن)

این فرآیند را اغلب با نام T.I.G می شناسند. و معمولاً به آن جوش آرگون هم گفته می شود.

قوس الکتریکی گرمای لازم رابرای جوشکاری فراهم می کند و عمل محافظت توسط گازهای آرگون و هلیوم فراهم می شود. آرگون اغلب در اروپا استفاده می شود و هلیوم بیشتر در امریکا زیرا گازهای طبیعی آنها شامل مقدار زیادی هلیوم می باشد.

در روش دستی فلز پرکننده بوسیله دست اضافه می شود ولی در فرایند ماشینی توسط ابزار اتوماتیک اضافه می شود. شکل(۱)

هنگامی که از منبع تغذیه D.C استفاده می شود اگر الکترود به قطب منفی متصل شود. گرمای بیشتر به قطعه کار رسیده و الکترود گرمای کمتری دریافت می کند پس الکترود خنک خواهد ماند که سبب کاهش مصرف الکترود تنگستنی می شود و نیز خطر آخال تنگستنی در فلز جوش کاهش می یابد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فلزاتی مثل آلومینیوم و منیزیم که اکسیدهای بهم پیوسته و نسبتاً محکم دارند توسط فرایند جوشکاری با جریان متناوب (A.C) جوشکاری می شوند.

- GMAW جوشکاری گاز محافظ با الکترود مصرف شدنی

به این فرایند اغلب M.I.G گفته می شود . در این فرایند الکترود مصرف شدنی توسط قوس الکتریکی ذوب شده و سبب پر کردن درز جوش می شود. در این فرایند می توان از جریانهای بالا بهره گرفت که سبب افزایش سرعت جوشکاری می شود.

وجود گاز محافظ سبب می شود که نیاز به فلاکس برای محافظت از جوش نباشد پس کیفیت فلز جوش بهتر خواهد شد و مشکلات سرباره و آخال رانخواهیم داشت.

- گاز آرگون و مخلوطهای گاز آرگون

استفاده از گازها و مخلوط انها بستگی به فلز جوش دارد. گاز خالص آرگون اغلب در اروپا برای فلزات غیر آهنی مورد استفاده قرار می گیرد. آرگون همراه با اکسیژن و یا دی اکسید کربن در حین جوشکاری فولادها خواص قوس بهتری تولید می کنند ولی سرعت رسوب گذاری را کاهش می دهند.دو نوع از گازهای مخلوط را در زیر می بینند:

برای فولادهای کربنی $Ar+18\% Co_2$

برای فولادهای ضد زنگ $Ar+2.5\% Co_2$ (شکل ۲)

- گاز دی اکسید کربن (Co_2)

قیمت گران گاز آرگون سبب شد تا استفاده از گاز دی اکسید کربن گسترش یابد. این گاز برای جوشکاری فولادها مورد استفاده قرار می گیرد از سیم جوشهای مخصوص برای این گاز بهره گرفتند تا بر مشکل اکسید کنندگی طبیعی این گاز غلبه کنند. خواص گاز دی اکسید کربن کاملاً با گاز آرگون متفاوت است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲- فیزیک قوس الکتریکی

- نکات مهم در جوشکاری قوس الکتریکی

- قوس الکتریکی منبع گرماست، سبب شکل دهی حوضچهٔ مذاب و اغلب سبب ذوب الکترود می شود.

- دمای بالای قوس و سرعت بالای پلاسمای قوس سبب می شود تا واکنشهای شیمیایی مدون حوضچه شدت یابد و حوضچهٔ جوش رابخوبی مخلوط و همگن می کند.

- نیروی قوس سبب انتقال مذاب از الکترود به قطعه کار می شود.

- نوع طراحی منبع تغذیه و گاز محافظ خواص پایداری قوس را مشخص می کند.

- تعریف قوس

الکترونها به سمت آند و یونهای مثبت به سمت کاتد حرکت می کنند . قوس شامل ستونی است که گازهای یونیزه شده هادی جریان الکتریسته اند.

ستون قوس بین دو قطب به سه ناحیه تقسیم می شود که ا ز نظر خواص فیزیکی متفاوتند شکل (٤ و٣) منطقهٔ اطراف کاتد که حدود $10^{-6}cm$ است و فضای آن مثبت است و منطقهٔ اطراف آند که فضای اطراف آن منفی است و ناحیهٔ بین ایندو که شامل **ستون** قوس می باشد و بیشتر فضای بین قطب مثبت و منفی را اشغال می کند.

- مکانیزم قوس

برای سادگی کار جریان مستقیم را در الکترود تنگستنی در نظر بگیرید. الکترونها از تنگستن گرم شده ساتع می شوند و در فضای بین دو قطب سرعت می گیرد این

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترونها به مولکولهای گاز در ستون قوس برخورد کرده و دمای انها را بالا می برد و گازها یونیزه شده و هادی جریان می شوند.

- **دمای قوس**

شکل (۱۲) نقشهٔ ایزوترم یک قوس را نشان می دهد. دما نزدیکی کاتد در یک نقطه حدود 20000^{0k} می باشد و آمپر حدود 400^{A} می باشد.

دمای قوس درون ستون قوس از بالا به پایین و از مرکز ستون قوس به کناره ها کاهش می یابد.

- **روشن کردن قوس**

شروع یک قوس ممکن است به چندین روش متفاوت صورت گیرد:

★ روشن کردن تماسی Touch striking

★ ولتاژ بالا ی DC High voltage DC

* ولتاژ بالا و فرکانس بالا High voltage , High frequency

* افزایش ناگهانی ولتاژ High voltage

روشن کردن قوس تماسی

اگر الکترود با قطعهٔ کار تماس پیدا کند، اتصال کوتاه رخ خواهد داد، سپس با کشیدن سریع الکترود تنگستن گرم شده و قوس به پایداری می رسد.

شکل عمده روش تماسی آنست که گاهی اوقات سبب تولید آخال تنگستنی می شود و سبب عیوب در جوش می شود.

برای TIG روش تماسی روش مناسبی نیست ولی برای GMAW یک روش نرمال و کارآمد می باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ولتاژ بالای DC

اگر یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا فراهم شود، این اختلاف پتانسیل دو سرقطب مثبت و منفی سبب یونیزه شدن فضای دو قطب شده و قوس برقرار می شود، برای گاز آرگون ولتاژ مورد نیاز حدود KV ۱۰-۵ می باشداین میزان ولتاژ بسیار خطرناک است.

فرکانس بالا- ولتاژ بالا

خطرناک بودن ولتاژ بالا را با ایجاد فرکانس جریان بالا حل کرده اند (بعنوان مثال3kv ,5MHZ) چونکه جریان فرکانس بالا و ولتاژ بالا از لایهٔ بیرونی پوست حرکت کرده و خطری برای انسان ندارد.

این روش در TIG بیشتر استفاده می شود. شکل این روش تولید Radio noise نویزهای رادیویی است که سبب اختلال در سیستم های کامپیوتری و کنترل از راه دور دستگاهها و .... می شوند.

- تجهیزات جوشکاری با گاز محافظ
- GTAM

شکل ٦ این تجهیزات را که با سیستم آب گرد خنک می شود نشان می دهد.

این تجهیزات شامل سه قسمت اصلی است.

- منبع تغذیه
- تفنگ جوش

Scan Edited By Ramin Tajallaei

- سیلندر گاز

- GMAW

شکل(۷) تجهیزات GMAW را که با سیستم آب گرد خنک می‌شود نشان می‌دهد.

تجهیزات GMAW شامل

- سیلندر گاز محافظ
- ابزار تغذیه سیم
- تفنگ جوش

- خصوصیات الکتریکی منبع تغذیه

منحنی مشخصهٔ دستگاههای تغذیه نشان دهندهٔ مشخصات ولتاژ و آمپر و طول قوس در هر نقطه از شرایط کاری است.

- منبع تغذیه جریان ثابت

منحنی مشخصه جریان ثابت (شکل ۸ و۹) دارای این خصوصیت می‌باشد که با تغییرات کوچک ولتاژ تقریباً میزان جریان ثابت می‌ماند، از این منحنی‌ها در دستگاههای دستی (MMAW) و TIG بهره می‌گیرند.

- منبع تغذیه ولتاژ ثابت

منحنی مشخصه ولتاژ ثابت (شکل ۲۲) دارای این خصوصیت می‌باشد که با تغییرات کوچک جریان ولتاژ تقریباً ثابت می‌ماند، از این منحنی مشخصه در دستگاه GMAW استفاده می‌شود.

- گاز محافظ

Scan Edited By Ramin Tajallaei

نوع گاز محافظ اثرات زیادی بر فرآیند جو شکاری دارد. گاز محافظ از الکترود و حوضچهٔ جوش در مقابل هوا محافظت می‌کند.

گاز محافظ به دو دسته گازهای فعال و گازهای خنثی تقسیم می‌شوند.

- گازهای خنثی Inert Gases

گاز خنثی گازی است که اثر متالوژیکی بر حوضچهٔ مذاب نداشته باشد.

گاز خنثی نمی‌سوزد، ترکیب نمی‌شود و سبب سوختن نمی‌شود.

- گازهای خنثی مورد استفاده

- آرگون

گاز غیرقابل اشتعال، بی‌بو، از هوا سنگینتر می‌باشد. آرگون از هوا تهیه می‌شود، حدوداً ٪ 0.9 هوا آرگون می‌باشد.

- هلیوم

گاز غیرقابل اشتعال، بی‌بو و سبکتر از هواست. هلیوم معمولاً از گازهای طبیعی بدست می‌آید.

مزایای هلیوم:

برای جوشکاری مس با TIG بسیار مناسب است و سبب بالا رفتن دما در قوس می‌شود.

معایب هلیوم:

قیمت گران و نیز هلیوم سبکتر از هواست و برای محافظت به حجم بیشتر و سرعت بیشتری از گاز هلیوم نیاز است.

- گازهای فعال

Scan Edited By Ramin Tajallaei

گازهایی که از نظر شیمیایی فعال هستند، مثل co_2 و o_2. این گازها با حوضچهٔ مذاب واکنش شیمیایی می‌دهند.

انتخاب گاز محافظ

برای انتخاب گاز محافظ موارد زیر را باید درنظر داشت.

- فلز پایه
- نوع فرآیند جوشکاری
- خواص مورد نیاز در جوش شکل (۱۱)

برای فرایند TIG فقط از گازهای خنثی استفاده می‌کنند.

برای فرایند MIG/MAG هم از گاز خنثی و هم گاز فعال بهره می‌گیرند.

گازهای پشتی Forming gas (Backing gas)

گاز پشتی برای محافظت از پاس ریشه بسیار ضروری است. بعنوان مثال برای فولادهای ضدزنگ، این گازها از تشکیل اکسید در ریشهٔ جوش جلوگیری می‌کنند.

یک نوع از گاز محافظ پشتی ٪90 N_2 /10٪ H_2

٪80 N_2 /20٪ H_2

در مثال فوق برای گاز پشتی دست کم باید میزان هیدروژن ٪10 باشد تا سبب انفجار نشود.

- تجهیزات گاز محافظ

۱- رگولاتور: وظیفه رگولاتور، کاهش فشار گاز داخل سیلندر به فشار کاری است و نیز ثابت نگه داشتن فشار گاز در حین کار می‌باشد (شکل ۱۲)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲- فلومتر: فلومتر برای کنترل سرعت جریان گاز در تفنگ جوش استفاده می‌شود فلومتر بر حسب لیتر بر دقیقه کالیبره می‌شود. فشار گاز با شیری که روی فلومتر نصب شده است کنترل می‌شود. (شکل ۱۳)

۳- سیلندر: گازها درون سیلندرهایی با فشار بالا نگهداری می‌شوند و یا بصورت مایع ذخیره می‌شوند.

رگولاتورها و فلومترها باید فقط برای گازی که طراحی شده‌اند مصرف شوند.

الکترود

فلز پر کننده معمولاً از نظر شیمیایی شبیه فلز پایه است اما همیشه اینگونه نیست. معمولاً ترکیب مغز پر کننده مطابق با شرایط جوشکاری و خواص فلز پایه انتخاب می‌شود. برای این منظور برای تولید فلز پر کننده از نظر شیمیایی، خلوص و کیفیت نسبت به فلز پایه کنترل دقیقتری صورت می‌گیرد.

- سیم جوش جامد Solid wire

سیم جوش جامد توسط نورد گرم تولید می شود پس از نورد و کشش یک پوشش از مس برای جلوگیری از زنگ زدن روی آن می کشند (به جز سیمهای زنگ نزن)

- سیم جوش توپودری Flux cored wire

حدود سال ۱۹۲۷ شرکت بوهم سیم جوشی را طراحی کرد که آنرا سیم جوش هسته ای نامید این سیم جوش برای مقاصد خاصی مثل افزایش سرعت جوشکاری و محافظت بیشتر از حوضچهٔ مذاب طراحی شد شکل (۱۴)

برای ساخت سیم جوش توپودری یک سیم از فولاد را (شکل ۱۵) به شکل u در آورده و داخل آن از پودر جوش که شامل کربناتها و اکسید زداها می باشند پر می کنند و سپس

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سیم به صورت لوله در آمده و آنرا می کشند و به قطرهای و اندازه های مناسب عرضه می کنند.

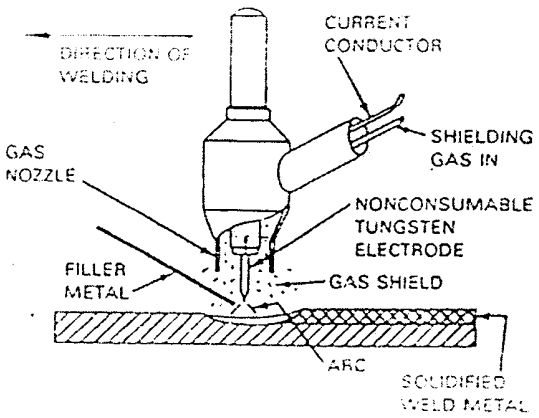
برخی مزایای سیم جوش توپودری نسبت به سیم جوش جامد شامل افزایش سرعت جوشکاری , محافظت بهتر، عیوب کمتر، حمل و نقل راحتتر، جوشکاری آسانتر، خواص مکانیکی مطلوبتراست و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد.

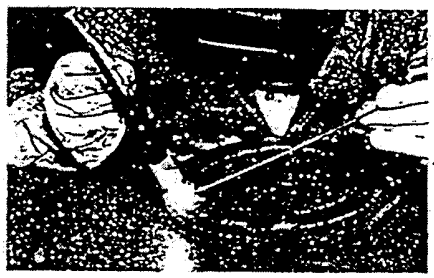
Scan Edited By Ramin Tajallaei

جدول ۱ :

characteristics	variations
type of electrodes	- consumable (GMAW) - non consumable (GTAW)
electrode shape	wire
source of heat	electrical arc
shielding gases	- inert gases: Argon (Ar), Helium (He), and mixtures of both - active gases: CO_2 (some examples) mixtures Ar + O_2 Ar + CO_2 Ar + CO_2

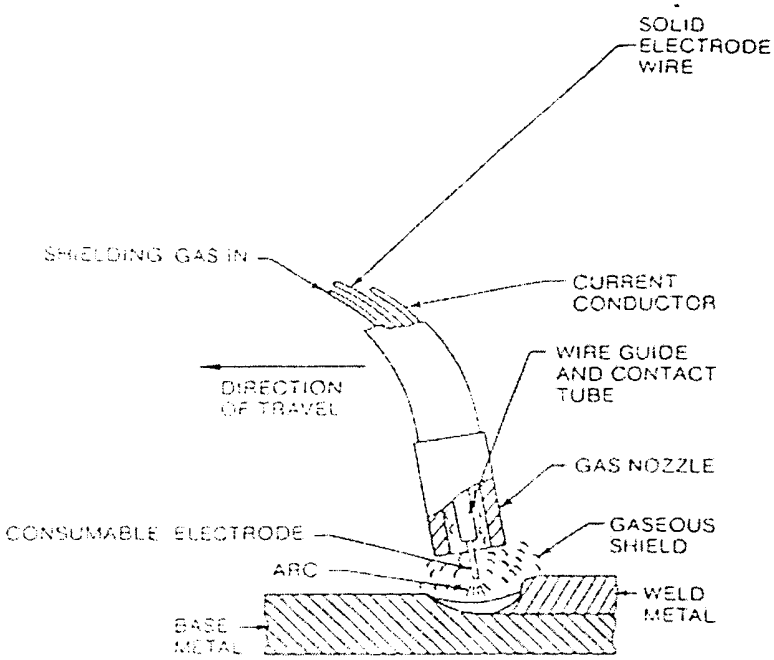
شکل ۱:



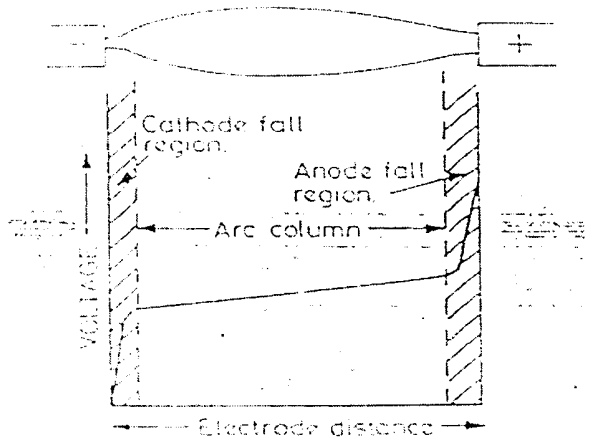


Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۲ :

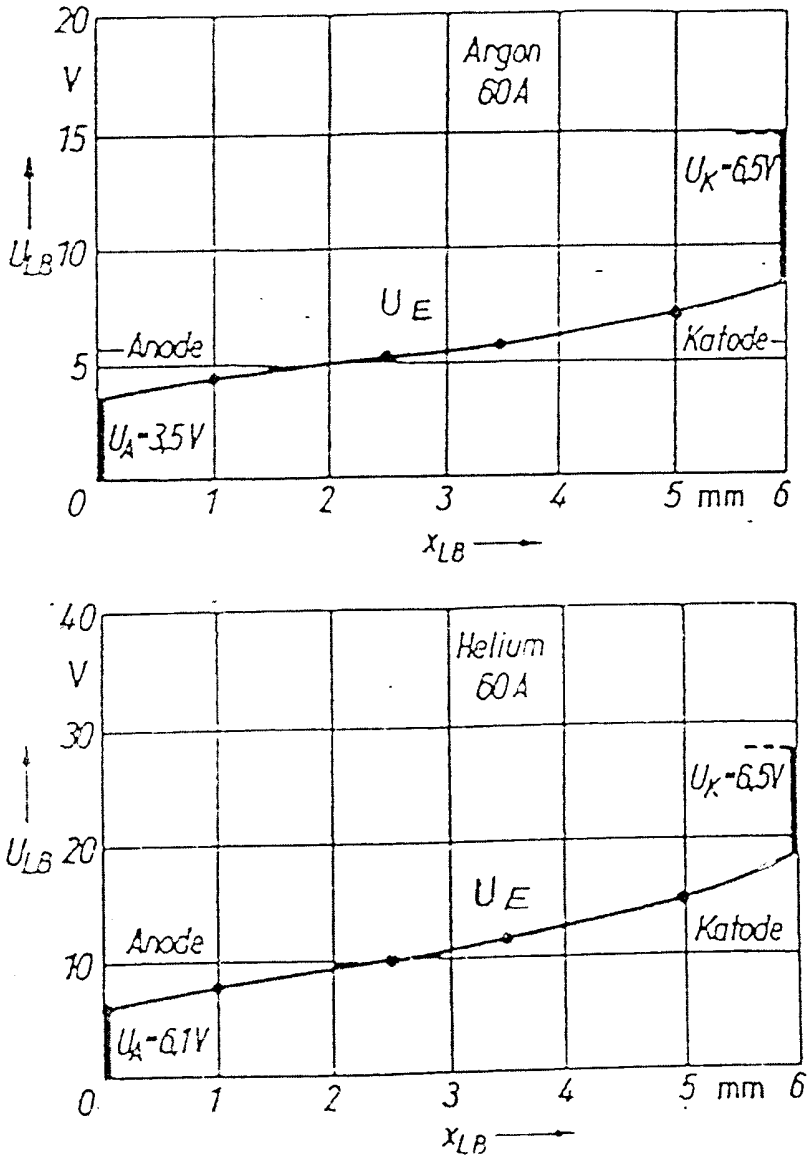


شکل ۳ :



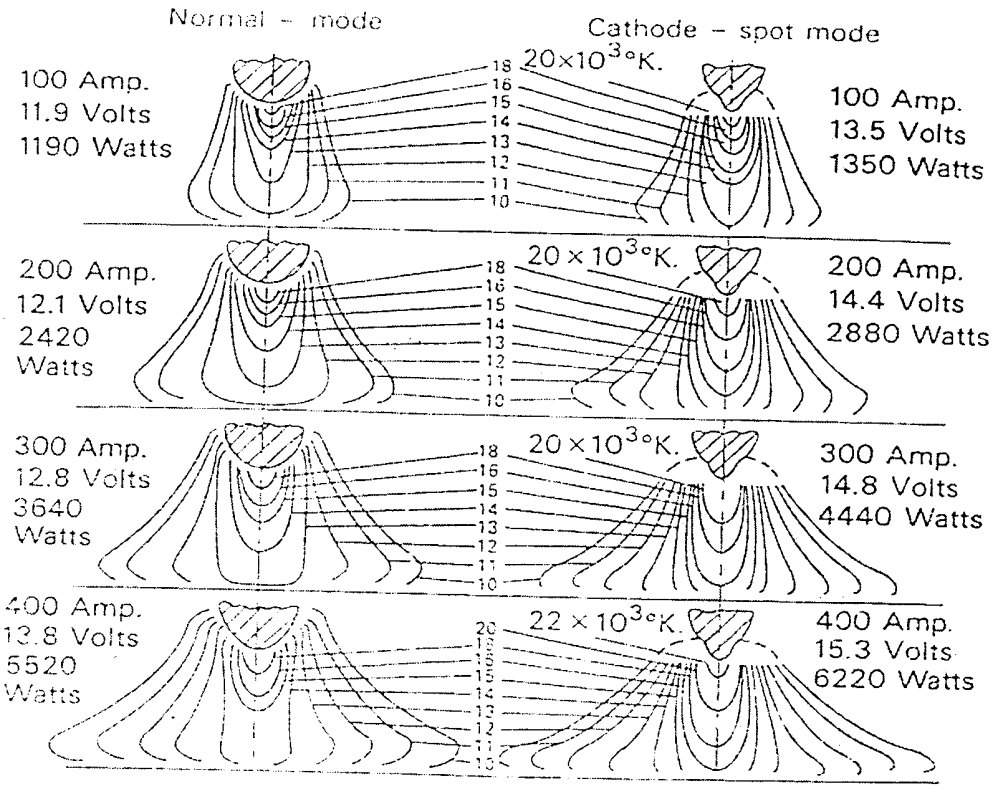
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۴ :

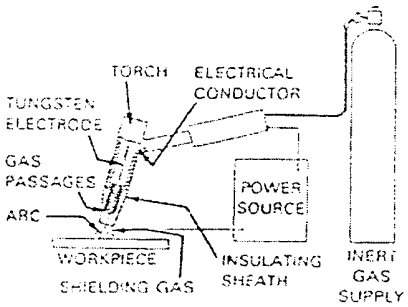


Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۵ :



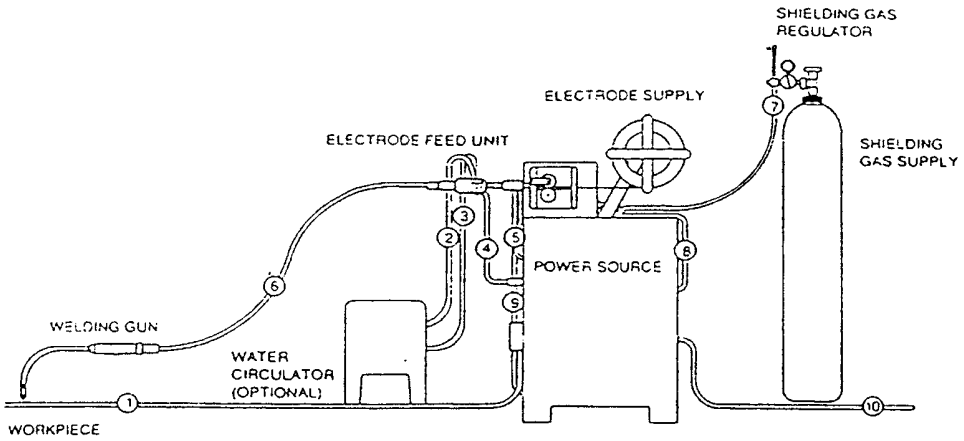
شکل ۶ :



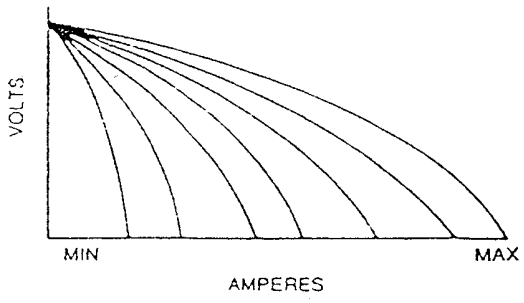
GAS TUNGSTEN ARC WELDING
EQUIPMENT ARRANGEMENT

Scan Edited By Ramin Tajallaei

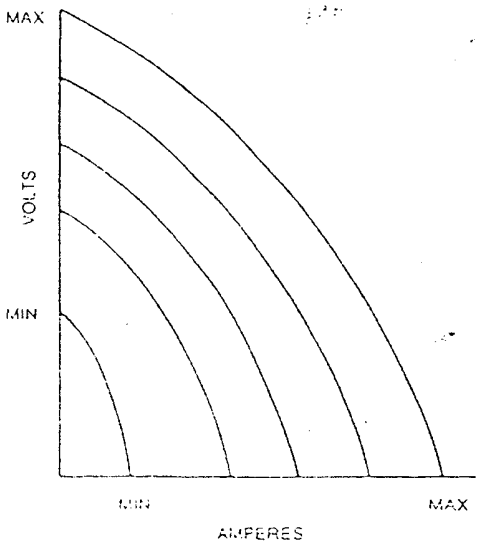
شکل ۷ :



شکل ۸ :

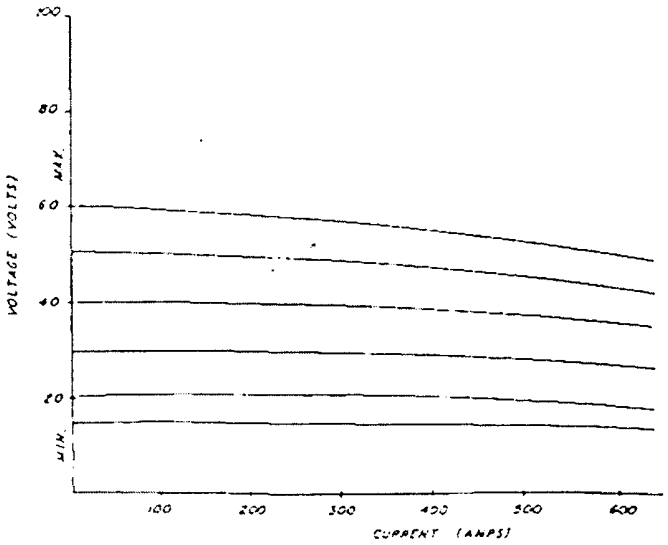


شکل ۹ :



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۰ :



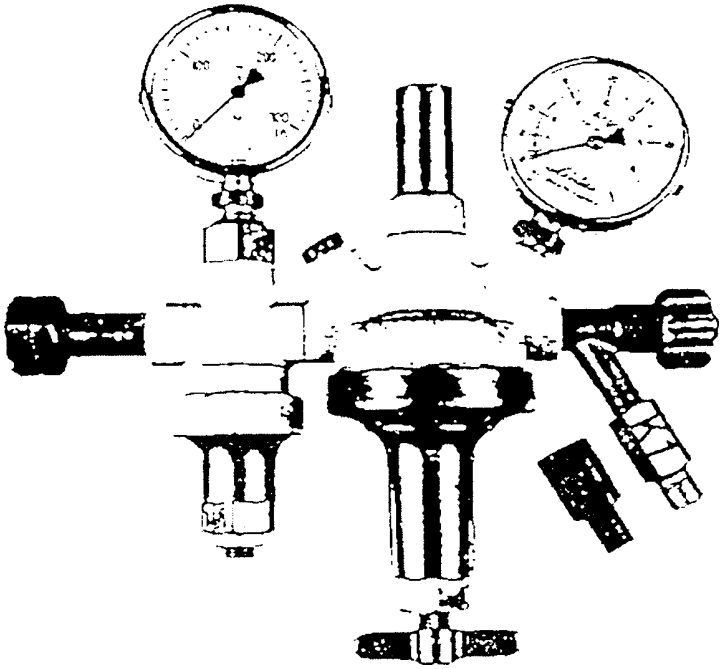
شکل ۱۱ :

Shielding gas assignment to process and material

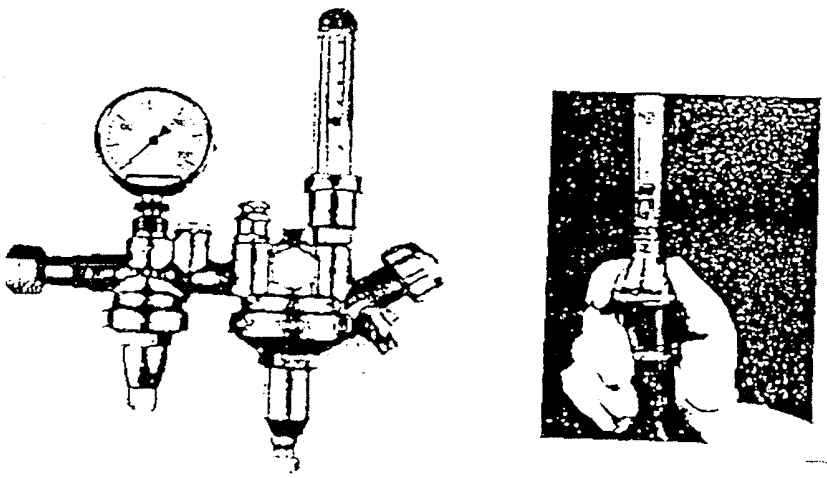
Shielding gas	Group	Process	Material
Argon (Ar) Helium (He) Argon/Helium	I	TIG	All metals
		MIG	All non-ferrous metals
Ar/O_2 (Ar/CO_2)	M 1	MAG	High-alloy steels
Ar/CO_2 $Ar/CO_2/O_2$	M 2 M 3		Non-alloy and hig-alloy steels
Carbon dioxide (CO_2)	C		
Ar/He	I	Root shielding	High sensitive metals, for examole titanium
Forming gas (N_2/H_2)	F		Other metals

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۲ :



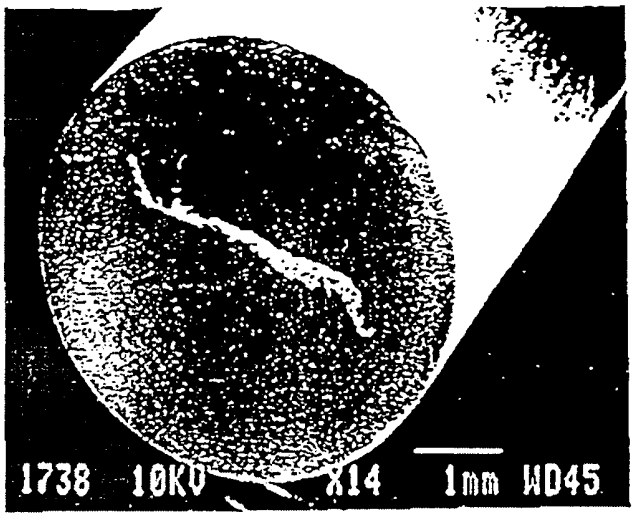
شکل ۱۳ :



GAS FLOW METER

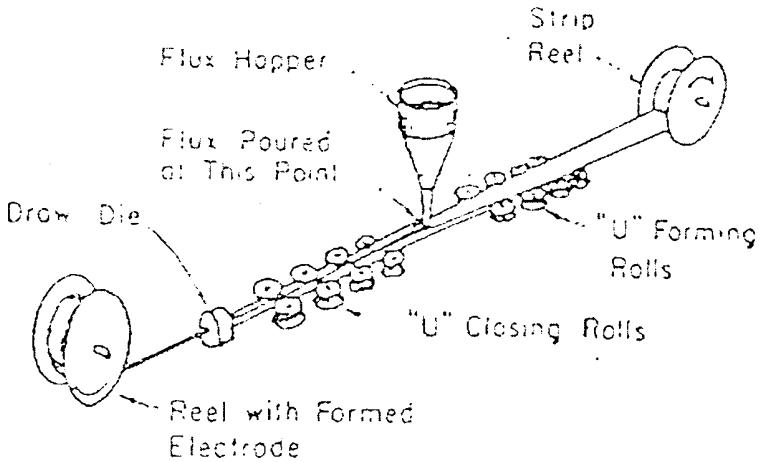
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۴ :



FIRST FLUX CORED WIRE

شکل ۱۵:



Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل هفتم

۸ـ۱

جوشکاری TIG

Tungsten Inert Gas welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جوشکاری تیگ TIG

Tungsten Inert Gas (TIG)

Gas tungsten Arc welding (GTAW)

جوشکاری با الکترود تنگستنی و گاز محافظ GTAW یک فرآیند جوشکاری ذوبی بوده و حرارت لازم برای ذوب فلز پایه و سیم جوش مصرفی از طریق تشکیل قوس الکتریکی بین الکترود تنگستنی (غیر مصرفی) و سطح کار ایجاد می‌گردد. در این فرآیند برای محافظت قوس الکتریکی، حوضچه جوش و مناطق حرارت دیده اطراف از یک گاز خنثی استفاده می‌گردد. این فرآیند می‌تواند با اضافه کردن و یا بدون فلز پر کننده (سیم جوش) مورد استفاده قرار گیرد. (شکل ۱)

فرآیند جوشکاری GTAW به عنوان یک روش مناسب برای بسیاری از صنایع ضروری شده است. زیرا جوشی با کیفیت بالا ایجاد می‌کند و تجهیزات کمی نیاز دارد. هدف این درس بحث و بررسی اساس فرآیند، تجهیزات، موارد استفاده و نکات ایمنی آن است در ابتدای دهه ۱۹۲۰ امکان استفاده از گاز هلیوم برای محافظت از قوس الکتریکی و حوضچه جوش مطرح شد. در آن زمان هیچ پیشرفتی در این روش انجام نشد. در جنگ جهانی دوم وقتیکه نیاز زیادی به توسعه صنعت هواپیمایی احساس شد بجای پرچ کردن اتصالات فلزاتی نظیر آلومینیوم و منیزیم از جوشکاری تیگ استفاده شد. با استفاده از الکترود تنگستنی و ایجاد قوس با جریان مستقیم الکترود منفی، یک منبع گرمایی مؤثر و با ثبات ایجاد شد که با آن جوشهای عالی می‌توانست، ایجاد شود. گاز هلیوم برای عمل محافظت انتخاب شد چون در آن زمان تنها گاز خنثی‌ای بود که به آسانی در دسترس

Scan Edited By Ramin Tajallaei

بود. فرآیند جوشکاری با الکترود تنگستنی و گاز محافظ به جوشکاری تیگ TIG معروف شده است. اگر چه اصطلاحات فنی انجمن جوشکاری آمریکا (AWS) برای این فرآیند (GTAW) می‌باشد. زیرا برای محافظت می‌توان ترکیب از گازهایی که خنثی نیست، را برای کاربردهای معینی استفاده نمود برای مثال می‌توان از گاز فعال $Ar+H_2$ برای جوشکاری فولادهای زنگ نزن آستنتی استفاده نمود از روزهای نخستین اختراع این فرآیند در تجهیزات آن پیشرفتهای زیادی حاصل شده است. مخصوصاً منابع نیرو جریان، برای این فرآیند توسعه یافته‌اند. مشعلهای هوا خنک و آب خنک نیز پیشرفته‌تر شده‌اند. برای بالا رفتن قابلیت انتشار و پخش الکترونها از سطح الکترود تنگستنی، درصد کمی از عناصر فعال بصورت آلیاژ به الکترود تنگستنی اضافه شده است. که این امر باعث بهبود بخشیدن به شروع قوس، پایداری قوس و طول عمر الکترود شده است. گازهای محافظ مخلوط برای بهتر شدن خصوصیات قوس معرفی شده است. محققان در حال حاضر در تلاش برای بهبود بخشیدن بیشتر به کنترلهای اتوماتیک سنسورهای کنترل طول قوس و نفوذ و ... می‌باشند.

توضیح و تعریف فرآیند

در این فرآیند از یک الکترود تنگستنی (یا آلیاژ تنگستن) مصرف نشدنی که در داخل مشعل قرار گرفته است، استفاده می‌گردد. از گاز محافظ که از سر نازل خارج می شود برای حفاظت از الکترود، حوضچه جوش مذاب وجلوگیری از تأثیر مخرب بعضی عناصر موجود در هوا استفاده می‌گردد. در اثر عبور جریان از گاز محافظ یونیزه و رسانا شده و قوس الکتریکی ایجاد می‌گردد. قوس بین نوک الکترود و سطح قطعه کار ایجاد می‌گردد. فلز پایه بوسیله گرمای قوس ذوب شده و حوضچه مذاب در یک لحظه کوتاه ایجاد می-

Scan Edited By Ramin Tajallaei

گردد. مشعل در راستای مسیر اتصال بحرکت در آمده و باعث ذوب لبه‌های اتصال به صورت مداوم می‌گردد.

اگر از فلز پر کننده‌ای برای پر نمودن درز اتصال استفاده شود به داخل حوضچه جوش اضافه می‌شود. برای انجام جوشکاری (GTAW) چهار جزء تشکیل دهنده زیر امری اساسی می‌باشد.

۱- منبع نیرو ۲- مشعل ۳- الکترود ٤- گاز محافظ

مزایا فرآیند جوشکاری تیگ:

۱- حاصل این فرآیند، جوش با کیفیت بالا و بدون عیب می‌باشد.

۲- این فرآیند بدون پاشش جرقه می‌باشد در صورتیکه فرآیندهای دیگر با پاشش جرقه همراه می‌باشند.

۳- در این فرآیند قطعات را می‌توان با استفاده از سیم جوش و یا بدون آن جوشکاری نمود.

٤- این فرآیند، کنترل عالی در نفوذ جوش پاس ریشه را امکان‌پذیر می‌سازد.

٥- جوشکاری ورقهای نازک را می‌توان با سرعت بالا انجام داد.

٦- این فرآیند اجازه کنترل دقیق بر روی شکل گرده جوش را می‌دهد.

۷- این فرآیند می‌تواند برای جوشکاری اکثر فلزات و همچنین جوشکاری فلزات غیر مشابه استفاده شود.

۸- در این فرآیند منبع گرما و افزودن فلز پر کننده بصورت مستقل کنترل می‌شود.

۹- این فرآیند در همه حالات قابل استفاده می‌باشد.

۱۰- دود بسیار کمی از فرآیند ایجاد می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

محدودیتهای فرآیند تیگ:

موارد ذیل برخی از محدودیتهای فرآیند جوشکاری تیگ می‌باشد.

۱- نرخ رسوب در این فرآیند کمتر از روشهای دیگر جوشکاری با الکترود مصرف شدنی است.

۲- این روش نیاز به مهارت بالای جوشکاری نسبت به فرآیندهای دیگر دارد.

۳- این روش برای جوشکاری ورقهای ضخیم‌تر از ۱۰ میلیمتر مقرون بصرفه نمی‌باشد.

٤- در این روش محافظت مناسب از حوضچه جوش در محیطی که باد می‌وزد، مشکل است.

عیوب حاصل از این فرآیند عبارتند از:

۱- اگر الکترود با حوضچه جوش تماس پیدا نماید، باعث ایجاد عیب آلودگی تنگستنی می‌گردد.

۲- اگر حفاظت مناسب از نوک فلز پر کننده (سیم جوش) توسط گاز محافظ صورت نگیرد باعث آلودگی فلز جوش می‌شود.

۳- این فرآیند به آلودگی و کثیف بودن فلز پایه و فلز پر کننده حساس است.

٤- نشت آب از مشعلهای آب خنک باعث اکسید شدن و تخلخل در فلز جوش می‌گردد.

٥- در این فرآیند همانند فرآیندهای دیگر، استفاده از جریان DC می‌تواند باعث ایجاد وزش قوس شود.

متغیرهای فرآیند جوشکاری تیگ:

متغیرهای جوشکاری تیگ عبارتند از: ولتاژ قوس (طول قوس)، شدت جریان، سرعت جوشکاری و گاز محافظ می‌باشد. مقدار انرژی حرارتی تولید شده توسط قوس الکتریکی

Scan Edited By Ramin Tajallaei

به ولتاژ و شدت جریان بستگی دارد. ($Q=I_2Rtk$) مقدار رسوب فلز جوش در واحد طول با سرعت جوشکاری نسبت عکس دارد. قوس الکتریکی با استفاده گاز هلیم نفوذ بیشتری نسبت به گاز آرگون ایجاد می‌نماید. (بخاطر ولتاژ یونیزاسیون بالاتر گاز هلیم)

شدت جریان الکتریکی:

بطور کلی شدت جریان در قوس الکتریکی نفوذ جوش را کنترل می‌نماید. همچنین مقدار جریان بر روی ولتاژ قوس نیز تأثیر می‌گذارد I آمپر $V=10+0/04$ ولتاژ این فرآیند می‌تواند با جریان مستقیم و جریان متناوب مورد استفاده قرار گیرد البته انتخاب نوع جریان به فلزی که جوشکاری می‌شود بستگی دارد. جریان مستقیم با الکترود منفی، برای نفوذ زیاد و سرعت جوشکاری بالا استفاده می‌شود. مخصوصاً هنگامیکه از گاز هلیوم به عنوان گاز محافظ استفاده می‌شود. هلیوم گزینه مناسبی برای جوشکاری مکانیزه و جوشکاری فلزاتی که دارای قابلیت هدایت حرارتی بالایی هستند، می‌باشد جریان متناوب عمل تمیزکاری کاتدی را فراهم می‌کند. اگر اکسیدهای مقاوم و سخت بر روی فلزات مورد جوشکاری (نظیر اکسید آلومینیوم یا اکسید منیزیم) وجود داشته باشد، توسط تمیز کاری کاتدی برداشته می‌شود و باعث ایجاد جوش سالم و مناسب می‌شود. در این گونه موارد باید از گاز محافظ آرگون استفاده شود. زیرا گاز هلیوم باعث عمل تمیزکاری لایه اکسیدی نمی‌شود. گاز آرگون گزینه مناسبی برای جوشکاری دستی با جریان مستقیم و جریان متناوب می‌باشد.

سومین گزینه در منبع نیرو برای جوشکاری، استفاده از جریان مستقیم با الکترود مثبت می‌باشد این قطبیت به ندرت استفاده می‌شود. زیرا باعث ایجاد گرمای بسیار زیادی در

Scan Edited By Ramin Tajallaei

نوک الکترود و ذوب آن می‌گردد. جزئیات بیشتر در مورد تأثیر قطبیت در بخشهای بعدی توضیح داده می‌شود.

ولتاژ قوس:

مقدار ولتاژ بین الکترود تنگستنی و سطح کار، ولتاژ قوس نامیده می‌شود. ولتاژ قوس متغیری می‌باشد، که تحت تأثیر موارد زیر می‌باشد. ۱- جریان قوس ۲- شکل و حالت نوک الکترود تنگستنی ۳- فاصله بین نوک الکترود و سطح کار (طول قوس) ٤- نوع گاز محافظ ولتاژ قوس توسط متغیرهای دیگر نیز تغییر می‌نماید.

طول قوس در این فرآیند بسیار مهم است زیرا بر روی پهنا و عرض حوضچه جوش تأثیر می‌گذارد. پهنای حوضچه جوش به طول قوس بستگی دارد به همین خاطر در بیشتر موارد استفاده (بغیر از بعضی از ورقهای خاص) طول قوس موردنظر باید کوتاهترین حد ممکن باشد. البته اگر طول قوس بسیار کوتاه باشد، احتمال برخورد الکترود و سیم جوش باهم و یا با حوضچه مذاب وجود دارد. یک مورد استسنا وجود دارد و آن در جوشکاری مکانیزه با استفاده از گاز محافظ هلیوم و جریان DCEN و شدت جریان زیاد، امکان فرو بردن نوک الکترود در مذاب و مخفی شدن آن جهت تولید نفوذ عمیق امکان‌پذیر می‌باشد. اما باید بصورت جوشی با عرض باریک و سرعت زیاد انجام شود. که این تکنیک قوس مخفی نامیده می‌شود. وقتیکه از ولتاژ قوس برای کنترل طول قوس در کاربردهای حساس استفاده می‌شود، باید به متغیرهای دیگر که بر روی ولتاژ تأثیر می‌گذارند توجه داشته باشیم. در رأس همه عیوب آلودگی توسط الکترود و گاز محافظ، تغذیه نامناسب سیم جوش و تغییر دمای الکترود و فرسایش و سائیدگی الکترود می‌باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سرعت پیشروی:

سرعت پیشروی بر روی نفوذ و عرض گرده جوش در جوشکاری تیگ تأثیر می‌گذارد. اگر چه تأثیر آن بیشتر بر روی پهنای جوش بیشتر دیده می‌شود تا در نفوذ جوش. سرعت پیشروی به خاطر تأثیری که بر قیمت و هزینه دارد بیشتر مورد اهمیت می‌باشد. در بعضی موارد و کاربردها، سرعت پیشروی به عنوان یک هدف با متغیرهای انتخاب شده دیگر، برای بدست آوردن ظاهر جوش موردنظر در همان سرعت، تعریف شده است. در موارد دیگر پیشروی، ممکن است یک متغیر وابسته باشد که برای بدست آوردن کیفیت جوش و تناسب مورد نیاز، تحت بهترین حالت ممکن با دیگر متغیرها انتخاب شود. صرف‌نظر از موارد دیگر هنگامیکه دیگر متغیرها نظیر جریان یا ولتاژ برای کنترل جوش تغییر می‌کند، سرعت پیشروی عموماً در جوشکاری‌های مکانیزه ثابت است.

تغذیه سیم جوش:

در جوشکاری دستی، نحوه اضافه کردن فلز پر کننده به حوضچه مذاب بر تعداد پاسهای مورد نیاز و ظاهر تمام شده جوش تأثیر می‌گذارد.

در ماشینها و دستگاههای جوشکاری اتوماتیک سرعت تغذیه سیم مقدار رسوب فلز جوش را به ازای طول جوش تعیین می‌کند. کم کردن سرعت تغذیه سیم مقدار نفوذ را بالا می‌برد و حد فاصل مهره‌ها را پهن و مسطح می‌کند. تغذیه کردن بسیار کُند و آرام سیم جوش می‌تواند باعث ایجاد خوردگی کناره جوش (under cut)، ترک در خط مرکزی جوش و عدم پر شدن اتصال می‌شود. بالا بودن سرعت تغذیه سیم، نفوذ را کم نموده و گرده جوش را محدب می‌کند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

تجهیزات مورد نیاز:

تجهیزات مورد نیاز GTAW شامل منبع نیرو، مشعل، الکترود و گاز محافظ می‌باشد. سیستم‌های مکانیزه ممکن است دارای کنترلهای ولتاژ قوس، نوسان دهنده عرضی قوس و سیستم تغذیه سیم باشد.

شعله‌های جوشکاری:

مشعلهای تیگ، الکترود تنگستنی را که رسانای جریان الکتریکی به قوس است را در خود نگه می‌دارد همچنین عامل رساندن گاز محافظ به منطقه قوس و حوضچه مذاب می‌باشد. مشعلها با توجه به ظرفیت حمل حداکثر جریان جوشکاری بدون گرم شدن زیاد، سنجیده می‌شوند و تقسیم‌بندی ظرفیت حمل جریان مشعلها در جدول آمده است.

بیشتر مشعلها با توجه به تطابق آنها با درجه و سایز الکترود، در مدلها و اندازه و سایز مختلفی طراحی شده است.

بیشتر مشعلهایی که کاربرد دستی دارند دارای زاویه سر مشعل ۱۲۰ درجه (زاویه بین الکترود و دسته مشعل) می‌باشند. همچنین مشعلهایی با زاویه سر قابل تنظیم و مشعلهای مستقیم (مدادی) و با زاویه سر ۹۰ نیز وجود دارند.

اغلب مشعلهای تیگ دستی دارای کلید یا شیر خروجی گاز بر روی دسته مشعل بوده و برای کنترل جریان الکتریکی و جریان گاز محافظ بکار می‌رود.

مشعلهایی که برای جوشکاری تیگ ماشینی یا اتوماتیک هستند معمولاً بر روی دستگاه یا ربات نصب می‌شوند. و در مسیر اتصال به مشعل حرکت طولی و عرضی می‌دهد و در بعضی موارد فاصله مشعل با سطح کار را نیز تغییر می‌دهد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مشعلهای با گاز خنک شونده (هوا خنک):

حرارت تولید شده در مشعل در هنگام جوشکاری توسط سیستمهای آب خنک یا هوا خنک دفع می‌شود. در مشعلهای گاز خنک (هوا خنک)، عمل خنک شدن توسط گاز محافظ خنکی که از میان مشعل عبور می‌نماید، انجام می‌شود. ظرفیت حمل جریان الکتریکی مشعلهای گاز خنک پائین بوده و حداکثر تا ۲۰۰ آمپر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مشعلهای آب خنک:

مشعلهای آب خنک توسط جریان آبی که از داخل سر مشعل جریان دارد، خنک می‌شوند. همانطور که در شکل نشان داده شده، آب خنک کننده از میان شیلنگ ورودی وارد مشعل می‌شود. و در میان مشعل به گردش در می‌آید. و از شیلنگ خروجی، خارج می‌شود کابل جریان الکتریکی از منبع نیرو تا مشعل معمولاً از میان شیلنگ خروجی آب خنک کننده می‌گذرد. مشعلهای آب خنک برای استفاده با جریانهای جوشکاری بالاتری نسبت به مشعلهای هوا خنک و در یک سیکل کاری مداوم طراحی شده است. بطور معمول می‌توان از شدت جریانی تا ۵۰۰ آمپر استفاده نمود. هر چند در بعضی مشعلها تا ۱۰۰۰ آمپر ظرفیت حمل جریان دارند. در بیشتر جوشکاری‌های ماشینی و اتوماتیک از مشعلهای آب خنک استفاده می‌گردد. مشعلهای آب خنک، گرمای خود را به آبی که از میان آنها جریان دارد منتقل نموده و خنک می‌شود.

آب در یک سیستم بسته که شامل پمپ و یک رادیاتور خنک کننده و مخزن می‌باشد جریان دارد و گرمای جذب شده مشعل را به محیط منتقل می‌نماید. ظرفیت این سیستم تا پنجاه گالن می‌باشد. با اضافه کردن ضد یخ می‌توان از یخ زدن و خوردگی سیستم جلوگیری نمود. ضد یخ عمل روغن کاری پمپ را نیز فراهم می‌کند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قطعات مشعل:

الکترودگیر (Collet):

الکترود تنگستنی توسط الکترودگیر در مشعل نگه داشته می‌شود. قطر الکترودگیر باید با قطر الکترود مصرفی برابر باشد. جنس کلتها معمولاً از آلیاژ مس می‌باشد. وقتیکه دنباله (cap) مشعل در جای خود محکم می‌شود بر روی الکترودگیر فشار وارد نموده و الکترود را محکم نگه می‌دارد. به منظور انتقال مناسب جریان الکتریکی و خنک شدن الکترود تنگستنی، اتصال خوب بین الکترود و قطر خارجی و داخل الکترودگیر ضروری است.

نازل گاز:

گاز محافظ توسط نازل که بر روی مشعل بسته می‌شود، بر روی منطقه جوش متمرکز می‌شود. نازل گاز از مواد مختلف ضد حرارت، در شکلهای مختلف، قطر و طولهای مختلف ساخته می‌شوند. نازلها به مشعل پیچیده شده یا به روش اصطکاکی جا زده می‌شود.

جنس مواد نازلها

نازلها از سرامیک، فلز، سرامیک با روکش فلزی و کوارتز ساخته می‌شوند. نازلهای سرامیکی ارزانترین و پرکاربردترین نازلها هستند، اما شکننده بوده و اغلب بعد از مدتی کار کردن، باید تعویض شوند. نازلهای کوارتزی شفاف و شیشه‌ای بوده و اجازه دید بهتری از قوس و حوضچه مذاب را می‌دهد. اگر چه بخار فلزات که از حوضچه جوش بلند

Scan Edited By Ramin Tajallaei

می‌شود، می‌تواند باعث مات شدن نازل شود. نازلهای کوارتزی نیز بسیار شکننده می‌باشد.

نازلهای آب خنک فلزی طول عمر بیشتری دارند و بیشتر برای جوشکاری ماشینی و اتوماتیک و جائیکه جریان جوشکاری از ۲۵۰ آمپر تجاوز می‌کند، استفاده می‌شود.

نازل‌های سرامیکی که دارای یک حلقه آلومینیومی در انتهاب سطح بیرونی می‌باشند حرارت را سریعتر به محیط منتقل نموده و نسبت به نازل‌های سرامیکی معمولی دارای طول عمر بیشتری می‌باشند. قطر نازل با توجه به حجم گاز محافظ و پوشش گازی نیاز انتخاب می‌شود. یک رابطه بین قطر نازل و مقدار جریان گاز وجود دارد.

اگر مقدار جریان نسبت به قطر نازل مصرفی بیشتر باشد، باعث اغتشاش و تلاطم در گاز خروجی شده و راندمان محافظت کم می‌شود. مقدار جریان گاز بالا بدون اغتشاش و تلاطم به نازل با قطر بزرگتری نیاز دارد. مقدار گاز خروجی زیاد برای شدت جریان‌های بالا و وضعیتهای غیر از حالت تحت ضروری می‌باشد.

انتخاب سایز و اندازه نازل، به قطر الکترود، شکل اتصال، جنس فلز پایه، نوع گاز مصرفی و آمپر مصرفی دارد. اندازه قطر نازل مناسب با توجه به قطر الکترود در جدول نشان داده شده است. استفاده از نازل کوچکتر برای اتصالات شیار باریک، دید بهتری از حوضچه جوش را مهیا می‌نماید. اگر چه استفاده از نازلهای خیلی کوچک ممکن است باعث تلاطم و آشفتگی و فشار گاز خروجی شود. همچنین استفاده از نازلهای خیلی کوچک، در اثر حرارت قوس الکتریکی می‌تواند باعث ذوب و خوردگی لبه نازل شود. نازلهای بزرگ حفاظت و پوشش گاز محافظ بهتری را نتیجه می‌دهد. مخصوصاً برای جوشکاری فلزات فعال نظیر تیتانیم بایستی از نازلهای بزرگتر استفاده شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

نازلها از نظر طول به شکل هندسی اتصال جوش و فاصله مورد نیاز بین نازل و جوش بستگی داشته و در اندازه‌های مختلفی در دسترس می‌باشند. نازلهای بلندتر عموماً جریان گاز محافظ خروجی بهتری بدون تلاطم و متمرکزی ایجاد می‌نماید. اکثر نازلهای گاز، بشکل استوانه‌ای بوده و در بعضی ازنازلها در مقطع انتهایی بصورت مخروطی می‌باشد. برای به حداقل رساندن آشفتگی و تلاطم گاز محافظ، نازلهایی که در قسمت میانی بصورت کروی می‌باشد، وجود دارد. همچنین نازلهایی وجود دارد که دهانه انتهایی آن بصورت صاف و کشیده بوده که برای جوشکاری تیتانیم مناسب می‌باشد.

الکترودها

در فرآیند GTAW، واژهٔ تنگستن دلالت دارد بر عنصر خالص تنگستن و انواع آلیاژهای آن که بعنوان الکترود مورد مصرف قرار می‌گیرند. از آنجا که این نوع الکترودها در روند کار ذوب نمی‌شوند یا انتقال پیدا نمی‌کنند، چنانچه فرآیند بنحو احسن اجرا گردد، الکترود در طول کار مصرف نمی‌شود. در سایر فرآیندهای جوشکاری مانند SMAW، GMAW و SAW، الکترود، فلز پر کننده است.

وظیفهٔ الکترود تنگستن، تأمین گرمای مورد نیاز جوشکاری بعنوان یکی از ترمینال‌های الکتریکی قوس است. نقطهٔ ذوب الکترود تنگستن ٦١٧٠ درجهٔ فارنهایت (٣٤١٠ درجهٔ سانتیگراد) می‌باشد. با رسیدن به این درجهٔ حرارت بالا، تنگستن، حالت ترمویونیک (یون حرارتی) پیدا کرده و تبدیل به منبع غنی الکترون می‌شود. مقاومت حرارتی، عامل بالا رفتن دما تا این حد است. نوک الکترود سریعاً ذوب می‌شود. در واقع نوک الکترود از بخشی که بین نوک الکترود و قسمت بیرونی و خنک الکترودگیر قرار دارد، خنک‌تر می‌باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جدول (۲)

انواع الکترود تنگستن[1] و نازل گاز GTAW

جریان متناوب AC		جریان مستقیم، A		نازل گاز	قطر الکترود	
موج[c] بالانس	موج[c] نابالانس	قطبیت[b] معکوس DCEP	قطبیت[b] مستقیم DCEN	اینچ	میلیمتر	اینچ
حداکثر ۱۵	حداکثر ۱۵		حداکثر ۱۵	$\frac{1}{4}$	۰/۲۵	۰/۰۱۰
۱۰-۲۰	۵-۱۵		۵-۲۰	$\frac{1}{4}$	۰/۵۰	۰/۰۲۰
۲۰-۳۰	۱۰-۶۰		۱۵-۸۰	$\frac{3}{8}$	۱/۰۰	۰/۰۴۰
۳۰-۸۰	۵۰-۱۰۰	۱۰-۲۰	۷۰-۱۵۰	$\frac{3}{8}$	۱/۶	$\frac{1}{16}$
۶۰-۱۳۰	۱۰۰-۱۶۰	۱۵-۳۰	۱۵۰-۲۵۰	$\frac{1}{2}$	۲/۴	$\frac{3}{32}$
۱۰۰-۱۸۰	۱۵۰-۲۱۰	۲۵-۴۰	۲۵۰-۴۰۰	$\frac{1}{2}$	۳/۲	$\frac{1}{8}$
۱۶۰-۲۴۰	۲۰۰-۲۷۵	۴۰-۵۵	۴۰۰-۵۰۰	$\frac{1}{2}$	۴/۰	$\frac{5}{32}$
۱۹۰-۳۰۰	۲۵۰-۳۵۰	۵۵-۸۰	۵۰۰-۷۵۰	$\frac{5}{8}$	۴/۸	$\frac{3}{16}$
۳۵۲-۴۵۰	۳۲۵-۴۵۰	۸۰-۱۲۵	۷۵۰-۱۱۰۰	$\frac{3}{4}$	۶/۴	$\frac{1}{4}$

[1]. تمام مقادیر بر حسب استفاده از آرگون بعنوان گاز محافظ می‌باشند.

[c]. از الکترودهای EWP استفاده کنید.

[b]. از الکترودهای Ewth-2 استفاده کنید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

طبقه‌بندی الکترودها

همانطور که در جدول (۳) ذکر شده است. الکترودهای تنگستن بر حسب ترکیبات شیمیایی طبقه‌بندی می‌شوند. ملزومات الکترودهای تنگستن در ANSI/AWS A5.12 "خصوصیات الکترودهای تنگستن و آلیاژ تنگستن برای جوشکاری و برشکاری قوسی" ذکر شده‌اند. سیستم شناسائی کدهای رنگی برای انواع الکترودهای تنگستن را در جدول (۳) مشاهده می‌کنید.

جدول (۳)

کدهای آلیاژی انواع الکترود تنگستن

وزن اسمی اکسید آلیاژی (٪)	اکسید آلیاژی	اجزای آلیاژی	رنگ[a]	طبقه‌بندی AWS
–	–	–	سبز	EWP
۲	C_eO_2	سریم	نارنجی	EWCe-2
۱	$L_{a2}O_3$	لانتانیم	مشکی	EWLa-1
۱	ThO_2	توریم	زرد	EWTh-1
۲	ThO_2	توریم	قرمز	EWTh-2
۰/۲۵	Z_rO_2	زیرکنیم	قهوه‌ای	EWZr-1
–	–	نامشخص[b]	خاکستری	EWG

[a]. رنگها بطرق مختلف مثل نوار، نقطه و... روی الکترود مشخص می‌شوند.

[b]. سازنده باید نوع و مقدار عناصر افزوده را مشخص کند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سایز الکترودها و ظرفیت جریان

سایز و محدودهٔ جریان الکترودهای تنگستن و تنگستن تریم‌دار [تریم یک عنصر رادیواکتیو نرم و چکش‌خوار است] و قطرهای پیشنهادی برای سربوری‌های گاز محافظ را در جدول (۲) مشاهده نمودید. این جدول راهنمایی مفید در کاربردهای خاص شامل سطوح جریانی متفاوت و انواع منابع تغذیه می‌باشد.

استفاده از جریانهای قویتر از آنچه در مورد سایز الکترود و شکل نوک الکترود توصیه شده است. باعث فرسایش و ذوب شدن تنگستن می‌شود. ممکن است ذرات تنگستن به داخل حوضچهٔ جوش افتاده و باعث بروز نقص در کار شوند. استفاده ازجریانهای بسیار ضعیف نیز سبب ناپایداری قوس می‌شود.

لازم است برای جریان مستقیم الکترود مثبت (DCEP)، از الکترودهای قطورتری استفاده شود تا سطح جریان مورد مصرف را ساپورت نماید. چرا که نوک الکترود نه تنها به خاطر تبخیر الکترون‌ها خنک نمی‌شود، بلکه بخاطر ضربات الکترون‌ها، گرم نیز می‌گردد. بطور کلی، مقدار جریانی که الکترود مثبت می‌تواند تحمل کند، تنها ۱۰ درصد مقدار جریانی است که الکترود منفی با آن کار می‌کند.

هنگام استفاده از جریان متناوب، نوک الکترود در سیکل‌های منفی الکترود، خنک و در سیکل‌های مثبت الکترود، گرم می‌شود، لذا مقدار جریانی که یک الکترود در جریان ac می‌تواند انتقال دهد بین حالت الکترود مثبت (DCEP) و الکترود منفی (DCEN) قرار دارد. بطور کلی جریان DCEP ۵۰ درصد کمتر از مقدار جریان الکترود منفی DCEN است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترودهای گروه EWP

الکترود خالص تنگستن (EWP)، شامل حداقل ۹۹/۵٪ تنگستن و بدون هر گونه آلیاژ افزودنی می‌باشد. ظرفیت انتقال جریان الکترود تنگستن کمتر از الکترودهای آلیاژدار است. از الکترودهای تنگستن خالص بیشتر برای جوشکاری آلیاژهای منیزیم و آلومینیوم با جریان متناوب (AC) استفاده می‌شود. نوک الکترودهای EWP، صاف و تمیز و گرد هستند و موجب ایجاد قوسی پایدار می‌گردند. از آنها میتوان با جریان dc نیز استفاده کرد. اما خصوصیات استارت و پایداری قوس در الکترود تنگستن خالص، به خوبی الکترودهای تریم‌دار، سریم‌دار [عنصر شیمیایی فلزی نادر] و لانتان‌دار [عنصری فلزی نقره فام و کمیاب] نیست.

الکترودهای گروه EWTh

گسیل یون حرارتی (ترمویونیک) در تنگستن پس از آلیاژ شدن با مقداری اکسیدهای فلزی که نقش چندانی در کار ندارند، بهبود می‌یابد. بنابراین، الکترودها بدون بروز هرگونه نقصی، می‌توانند سطوح جریان بالاتر را نیز کنترل نمایند. جهت جلوگیری از بروز اشتباه در شناسایی این الکترودها و سایر الکترودها تنگستنی، آنها دارای کدبندی رنگی هستند (جدول ۳).

دو نوع الکترود تنگستن تریم‌دار در بازار موجود است. الکترودهای EWTh-1 و EWTh-2 این الکترودها شامل ۱ و۲ درصد اکسید تریم، (تریا ThO_2) هستند که به نسبت مساوی در تمام طول الکترود پراکنده شده‌اند. الکترودهای تریم‌دار تنگستن در بسیاری جهات از الکترودهای تنگستن خالص، بهتر هستند. ظرفیت انتقال جریان تریا

Scan Edited By Ramin Tajallaei

(ThO_2)، ۲۰٪ بالاتر، طول عمر آنها بیشتر و مقاومت در برابر جذب آلودگی و ناخالصی-ها در آنها قویتر می‌باشد.

در این نوع الکترودها، استارت قوس راحت‌تر است و قوس حاصله، از قوس الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکنیم‌دار، پایدارتر و استوارتر است. الکترودهای 2 و EWTh-1 برای کاربردهای DCEN طراحی شده‌اند. در طول جوشکاری، نوک این الکترودها، تیز باقی می‌ماند که اینحالت مخصوصاً برای جوشکاری فولاد ایده‌آل است. معمولاً از آنها در جریان متناوب (AC)، استفاده نمی‌شود، چرا که حفظ گردی نوک الکترودها که یکی از ضروریات جوشکاری با جریان AC است، بدون ایجاد شکاف روی الکترود، ممکن نیست.

تریم، یک ماده رادیواکتیوی بسیار ضعیف است. مقدار رادیواکتیو موجود در این ماده، خطری برای سلامتی انسان ندارد. اما چنانچه جوشکاری در محیطی بسته و برای مدت زمانی طولانی انجام می‌شود، باید اقدامات پیشگیرانه مانند تهویهٔ هوا در نظر گرفته شوند. کاربر باید در این رابطه با کارشناسان ایمنی، مشورت نماید.

گروه EWTh-3 گروه منسوخ شده الکترودهای تنگستن می‌باشد. این الکترودها دارای قطعات طولی یا محوری شامل ۱/۰ تا ۲/۰ درصد اکسید تریم می‌باشند. مقدار متوسط اکسید تریم موجود در این الکترودها ۰/۳۵ تا ۰/۵۵ درصد است. با پیشرفت‌هایی که در زمینهٔ پودرهای آهنی و صنایع متالوژیکی صورت گرفت، این نسل از الکترود، منسوخ شده است و دیگر کاربرد خاصی در صنعت ندارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترودهای گروه EWCe

الکترودهای سریم‌دار اولین بار در اوایل دهۀ ۱۹۲۰ به بازار آمریکا معرفی و بعنوان جایگزینی مناسب برای الکترودهای توریم‌دار مطرح شدند. سریم بر خلاف توریم، عنصر رادیواکتیو نمی‌باشد. الکترودهای تنگستنی گروه EWCe-2، شامل ۲ درصد اکسید سریم (سریا CeO_2) هستند. در مقایسه با الکترودهای تنگستنی خالص، سرعت تبخیر و مصرف این نوع الکترودها کاسته شده است. این مزیت‌ها در اکسید سریم با افزایش مقدار سریا، بهبود می‌یابند. الکترودهای گروه EWCe-2 با هر دو جریان AC و DCعملکرد خوبی دارند.

الکترودهای گروه EWLa

الکترودهای این گروه، تقریباً همزمان با الکترودهای سریم‌دار و با دلیلی مشابه، یعنی نداشتن عناصر رادیواکتیو وارد بازار شدند. این الکترودها شامل ۱ درصد اکسید لانتانیم (لانتانا- La_2O_3) هستند. مزیت‌ها و خصوصیات اجرایی این الکترودها، بسیار شبیه به الکترودهای تنگستنی سریم‌دار (گروه EWCe) هستند.

الکترودهای گروه EWZr

همانطور که در جدول (۲) مشاهده نمودید، الکترودهای زیرکنیم‌دار تنگستنی، شامل مقدار کمی اکسید زیرکنیم (ZrO_2) هستند. این نوع الکترودها، دارای خصوصیات اجرایی بین خصوصیات الکترودهای تنگستنی خالص و توریم‌دار هستند. الکترودهای EWZr، الکترودهای منتخب برای جوشکاری با جریان AC می‌باشند.

این نوع الکترود، خصوصیت مطلوب استواری قوس و انتهای گرد الکترودهای تنگستنی خالص و ظرفیت جریان و استارت قوس مناسب الکترودهای تنگستنی توریم‌دار را یکجا

Scan Edited By Ramin Tajallaei

دارد. این الکترودها نسبت به الکترودهای تنگستن خالص، در مقابل آلودگی و جذب ناخالصی‌ها مقاومت‌تر هستند و در جوشکاری با کیفیت رادیو گرافیکی که آلودگی تنگستن جوش باید به حداقل میزان ممکن رسانده شود، بسیار مناسب می‌باشند.

الکترودهای گروه EWG

الکترودهای گروه EWG، شامل الکترودهای آلیاژداری است که در زمره گروههای قبلی قرار نمی‌گیرند. این الکترودها شامل مقادیری نامعین از اکسیدها یا ترکیبات اکسیدی نامعین می‌باشند. هدف از افزودن این اکسیدها، تأثیرگذاری روی طبیعت یا خصوصیات قوس، مطابق آنچه کارخانه سازنده تعریف نموده است، می‌باشد. سازنده باید ماده یا مواد افزوده و کمیتهای اسمی اضافه شده را مشخص کند. اکنون انواع زیادی از این نوع الکترودها بصورت تجاری در بازار موجود یا در حال پیشرفت و بهبود کیفیت می‌باشند. این الکترودها شامل مقادیری اکسید تریم یا اکسید منیزیم می‌باشند. این گروه الکترودهای سریم‌دار یا لانتان‌دار، دارای مقادیری اکسیدهای متفرقه را نیز دربر می‌گیرد.

شکل نوک الکترود

یکی از متغیرات مهم فرآیند GTAW، شکل نوک الکترود تنگستن می‌باشد. از الکترود تنگستن با شکل‌های متفاوت نوک می‌توان استفاده نمود.

در جوشکاری با جریان AC نوک الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکنیم‌دار، گرد می‌شود. در جوشکاری با جریان dc، معمولاً الکترودهای تنگستنی لانتان‌دار سریم‌دار یا تریم‌دار مورد مصرف قرار می‌گیرند. نوک این نوع الکترودها، تخت می‌باشد.

اشکال هندسی متفاوت نوک الکترود، روی شکل و سایز درز جوش تأثیر می‌گذارند. بطور کلی، هر چه زاویهٔ آنها بزرگتر شود. نفوذ افزایش و عرض درز جوش کاهش می‌یابد. اگر

Scan Edited By Ramin Tajallaei

چه ممکن است الکترودهای نازکتر با نوک مربعی شکل در جوشکاری DCEN مورد مصرف قرار گیرند، اما الکترودهایی که نوک مخروطی شکل دارند، خصوصیات اجرایی بهتری از خود نشان می‌دهند. صرفنظر از شکل نوک الکترود، مهم است که طرح الکترود نیز با فرآیند مورد استفاده سازگار باشد. تغییر در شکل الکترود می‌تواند اثرات مهمی روی شکل و سایز درز جوش داشته باشد. لذا طرح نوک الکترود یک متغیر مهم جوشکاری است که باید در روند گسترش و پیشرفت فرآیندهای جوشکاری، درنظر بوده و مورد مطالعه قرار گیرد. نوک الکترودهای تنگستن اکثراً با گرد نمودن، سنباده‌زنی یا واکنش‌های شیمیایی مهیای کار می‌شوند معمولاً در تمام الکترودها، یک نوک تیز و مخروطی ایجاد می‌گردد.

گرد نمودن (Balling) نوک الکترود

برای جوشکاری با جریان AC(که معمولاً با الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکنیم‌دار انجام می‌شود). گرد بودن نوک الکترود، مناسب کار است. قبل از استفاده در جوشکاری، نوک الکترود می‌تواند توسط ضربه زدن روی یک بلوک مسی که با آب خنک می‌شود و یا سایر موادی که مناسب جوشکاری DCEP یا ACهستند، گرد شود. جریان قوس به قدری افزایش می‌یابد که نوک الکترود از شدت داغی سفید می‌شود؛ سپس تنگستن ذوب می‌شود و قطرات کروی کوچکی روی نوک الکترود شکل می‌گیرند. بعد از آن جریان به تدریج ضعیف شده و قطع می‌گردد و قطرات کروی کوچکی روی انتهای الکترود تنگستن باقی می‌گذارد. سایز این قطرات نباید از $1\frac{1}{2}$ برابر قطر الکترود تجاوز کند، وگرنه هنگامیکه ذوب شوند روی سطح کار سقوط می‌کنند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سنباده زنی (Grinding)

برای ایجاد پایداری بهینه در قوس، سنباده‌زنی الکترود تنگستن باید در حالتی که محور الکترود بر محور چرخ سنباده عمود است انجام شود. در طول سنباده‌زنی ممکن است آلودگی یا اجسام خارج روی نوک سنباده بنشیند، لذا برای زدودن این آلودگی‌ها، باید مقداری سنباده نگهداشته شود. جهت بیرون راندن گرد و غبار سنباده که هنگام سنباده-زنی الکترودهای تنگستن لانتان‌دار در فضای کار منتشر می‌شوند. باید یک هود در محل نصب شود. الکترودهای تنگستنی لانتان‌دار، سریم‌دار و تریم‌دار به سهولت الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکنیم‌دار، گرد نمی‌شوند. اگر از این الکترودها در جریان AC استفاده شود، اغلب ترک می‌خورند.

تغییر شکل نوک الکترود توسط واکنش‌های شیمیایی

تیز کردن نوک الکترود به طریقهٔ شیمیایی بدینگونه صورت می‌گیرد؛ قسمت انتهایی الکترود که از شدت حرارت سرخ شده است را در یک مخزن نیترات سدیم غوطه‌ور می-کنیم. فعل و انفعالات شیمیایی بین تنگستن داغ و نیترات سدیم، سبب می‌شود که دور و نوک الکترود بطور یکنواخت یک شکل خورده شود. تکرار این کار سبب ایجاد نوکی تیز در الکترود می‌شود.

آلودگی الکترود

آلودگی در الکترود تنگستن بیشتر وقتی صورت می‌گیرد که جوشکار تصادفاً تنگستن را وارد حوضچهٔ جوش مذاب نماید یا الکترود تنگستن به سیم جوش اتصال پیدا کند. گاز محافظ نامناسب، جریان گاز ناکافی در طول جوشکاری یا بعد از خاموش شدن قوس نیز می‌تواند سبب اکسید شدن الکترود تنگستنی گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

آلودگی در الکترود تنگستن بیشتر وقتی صورت می‌گیرد که جوشکار تصادفاً تنگستن را وارد حوضچهٔ جوش مذاب نماید یا الکترود تنگستن به سیم جوش اتصال پیدا کند. گاز محافظ نامناسب، جریان گاز ناکافی در طول جوشکاری یا بعد از خاموش شدن قوس نیز می‌تواند سبب اکسید شدن الکترود تنگستنی گردد.

سایر منابع آلودگی شامل بخارات فلزی حاصل از قوس، پاشش، جرقه و فوران حوضچهٔ جوش به علت تجمع گاز و تبخیر ناخالصی‌های سطح کار می‌باشد. اگر انتهای الکترود دارای آلودگی و ناخالصی باشد. روی خصوصیات قوس تأثیرات منفی خواهد گذاشت و ممکن است شاهد آلودگی جوش با تنگستن باشیم. اگر این اتفاق افتاد، روند جوشکاری را باید متوقف نمود و تا رسیدن به شکل مناسب، سنباده زد.

تغذیه کننده (فیدر) سیم جوش

از تغذیه کننده‌های سیم جوش، برای اضافه کردن سیم جوش در طول جوشکاری‌های ماشینی و اتوماتیک استفاده می‌شود. هم سیم‌هایی با درجهٔ حرارت اتاق (سرد) و هم سیم‌هایی که قبلاً گرم شده‌اند (داغ) می‌توانند در حوضچهٔ مذاب جوش تغذیه شوند. سیم سرد در لبهٔ جلویی و سیم داغ در لبهٔ پشتی حوضچه مذاب تغذیه می‌شوند.

سیم سرد

سیستم تغذیه کننده سیم جوش سرد، سه بخش دارد:

۱. مکانیزم تغذیهٔ سیم جوش

۲. کنترل سرعت

۳. ملحقات راهنمای سیم جوش، جهت هدایت سیم جوش به حوضچهٔ سیم مذاب

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مکانیزم تغذیه شامل یک موتور و چرخ دنده برای انتقال نیرو به غلطک‌های محرک که سیم را فشار می‌دهند می‌باشد. کنترل لزوماً یک سامانه سرعت ثابت است که ممکن است مکانیکی یا الکترونیک باشد. یک راهنمای الکترود قابل تنظیم روی دستگیره الکترود نصب می‌شود. این راهنما موقعیت و زاویه سیم جوش نسبت به سطح کار و اتصال را تنظیم می‌کند. در کاربردهای سنگین، راهنمای سیم جوش توسط آب خنک می‌شود و سیم جوش‌هایی با قطر ۰/۰۱۵ تا $\frac{3}{32}$ اینچ (۰/٤ تا ۲/٤ میلیمتر) مورد مصرف قرار می‌گیرند. تغذیه کننده‌های مخصوصی نیز وجود دارند که سیم جوش را بصورت پالس و مستمر تغذیه می‌کنند.

سیم داغ

پروسهٔ تغذیهٔ سیم جوش داغ، مشابه به سیم جوش سرد است؛ با این تفاوت که سیم جوش تا دمایی نزدیک به نقطه ذوب و دقیقاً قبل از تماس با حوضچه جوش مذاب، در مقابل حرارت مقاوم است. هنگام استفاده از سیم جوش داغ (از پیش گرم شده) در GTAW اتوماتیک یا ماشینی در موقعیت تخت سیم جوش بصورت مکانیکی و از طریق یک نگهدارنده (که از آن جهت محافظت سیم جوش داغ در مقابل اکسیداسیون، گاز خنثی جاری می‌شود) در حوضچه جوش تغذیه می‌شود. بطور معمول ترکیبی از ۷۵٪ هلیم و ۲۵٪ آرگون، محافظت از الکترود تنگستن و حوضچهٔ جوش مذاب را بر عهده دارند، نرخ رسوب سیم جوش‌های گرم از نرخ رسوب سیم جوش‌های سرد بالاتر است و میتوان آن را با نرخ رسوب در فرآیند GMAW مقایسه کرد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

هنگامیکه سیم جوش با سطح جوش تماس پیدا کند جریان جاری می‌شود. سیم جوش مستقیماً در پشت قوس و در یک زاویهٔ ٤٠ تا ٦٠ درجه‌ای نسبت به الکترود تنگستن، به کار تغذیه می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

«الکترودهای تنگستن (1)»

«مطابق استاندارد DIN 32528»

اندازه‌های استاندارد تنگستن در مقیاس میلیمتر (mm):

قطر اسمی: ۰/۵، ۱، ۱/۶، ۲/۴، ۳/۲، ۴، ۶/۴، ۸

طول: ۵۰، ۷۵، ۱۵۰، ۱۷۵

«ترکیب شیمیائی و شناسائی الکترودهای تنگستن به کمک کد و رنگ انتهای آنها»

محدوده عملکرد	کد رنگی	اکسید اضافه شده در درصد وزنی	شماره فلز	مخفف
	سبز	ندارد	2.6005	W
	زرد	اکسید توریوم 0.9...1.2	2.6022	WT 10
	قرمز	اکسید توریوم 1.8...2.2	2.6026	WT 20
	بنفش	اکسید توریوم 0.8...3.2	2.6030	WT 30
جوشکاری	نارنجی	اکسید توریوم 3.8...4.2	2.6036	WT 40
	قهوه‌ای	اکسید زیرکونیوم 0.3...0.5	2.6050	WZ 4
برش	سفید	اکسید زیرکونیوم 0.7...0.9	2.6062	WZ 8
	سیاه	اکسید لانتانیوم 0.9...1.2	2.6010	WL 10

«الکترودهای تنگستن خالص (W)»

مزایا: کم هزینه و ثبات قوس خوب با استفاده از جریان متناوب فیلتر نشده.

معایب: خاصیت اشتعال ضعیف، عمر کم، کم ظرفیت برای حمل جریان الکتریسته،

«الکترود تنگستن توریم‌دار (WT)»

مزایا: عمر مصرف خوب، مناسب برای حمل شدت جریان بالا، خاصیت اشتعال خوب

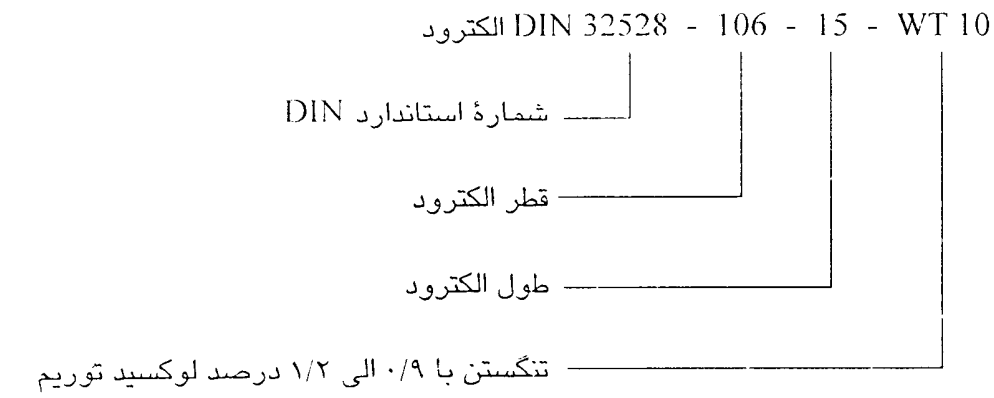
Scan Edited By Ramin Tajallaei

معایب: پرهزینه و ثبات قوس ضعیف در صورت استفاده از جریان متناوب فیلتر شده.

«الکترودهای تنگستن (2)»

«مطابق استاندارد DIN 32528»

مثالی برای نحوهٔ شناخت خواص و مشخصات الکترود تنگستن از طریق شمارهٔ استاندارد.



«ظرفیت حمل جریان»

قطر	شدت جریان جوشکاری با:			نازل گاز	
Mm	با ۲٪ توریم (۱) A	تنگستن خالص A	با ۲٪ توریوم A	اندازه	قطر (۳) mm
1.0	...80	...30	30...60	4...5	6.5...8
1.6	10...140	30...70	40...100	4...6	6.5...9.5
2.4	20...230	50...110	70...150	6...8	9.5...12.7
3.2	30...310	100...170	130...200	7...8	11.2...12.7
4.0	40...400	160...200	170...250	8...10	12.7...15.9

۱- در استفاده از الکترود تنگستن خالص داده‌های جدول بالا تقریباً ٤٠ درصد کاهش می‌یابد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود تنگستن باید از کثافات، روغن، گریس تمیز باشد زیرا الکترودهای تنگستن استعداد زیادی برای جذب ناپاکی‌ها و کثافات دارند.

جنس الکترود	علامت اختصاری	رنگ	توضیحات
تنگستن خالص	W	سبز	در جریان متناوب مورد استفاده است. شروع قوس ضعیف، عمر کم الکترود، و بارگیری الکترود کمتر است.
توریم اکسید			
۰/۹-۱/۲	WT_{10}	زرد	با اضافه شدن مقدار ThO2 الکترود قابلیت عبور جریان بیشتری خواهد داشت در نتیجه شروع قوس راحت‌ترمقاومت آن بیشتر و خرابی ناگهانی الکترود کمتر است.
۱/۸-۲۰۲	WT_{20}	قرمز	
۲/۸-۳/۲	WT_{30}	سرمه‌ای	
۳/۸-٤/۲	WT_{40}	نارنجی	
زیرکون اکسید			
۰/۳-۰/۵	WZ_4	قهوه‌ای	حوضچه مذاب را کمتر آلوده نموده و در جوش راکتورها استفاده میشود.
۰/۷-۰/۹	WZ_8	سفید	
لانتان اکسید			دارای مقاومت بالایی از الکترودهای نوع WT هستند و در جوش پلاسما بکار میروند.
۰/۹-۱/۲	WL_{10}	مشکی	

جدول ۱- مشخصات و ترکیبات الکترود تنگستن طبق استاندارد DIN ۳۲۵۲۸ بررسی شده است.

WT 10 - ۷۵ — ۱/٦ — DIN ۳۲۵۲۸

درصد تورم اکسید ← طول الکترود ← قطر الکترود ← شماره استاندارد

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قدرت شدت جریان

شعله‌پوش (نازل گاز)		جریان متناوب		الکترود قطب منفی جریان مستقیم	قطر الکترود
قطر داخلی mm	اندازه	تنگستن با ۲٪ ThO2	تنگستن خالص	تنگستن با ۲٪ ThO2	تنگستن
۶/۵-۸	۴-۵	۳۰-۶۰	۳۰	۸۰	۱
۶/۵-۹/۵	۴-۶	۴۰-۱۰۰	۳۰-۷۰	۱۰-۱۳۰	۱/۶
۹/۵-۱۲/۷	۶-۸	۷۰-۱۵۰	۵۰-۱۱۰	۲۰-۲۳۰	۲/۴
۱۱/۲-۱۲/۷	۷-۸	۱۳۰-۲۰۰	۱۰۰-۱۷۰	۳۰-۳۱۰	۳/۲
۱۲/۷ ۱۵/۹	۸-۱۰	۱۷۰-۲۵۰	۱۶۰-۲۰۰	۴۰-۴۱۰	۴

جدول (۲)

جدول شماره نازل و قطر داخلی آن (میلیمتر)

No	Size
4	ϕ 6.4
5	ϕ 8.0
6	ϕ 9.8
7	ϕ 11.2
8	ϕ 12.7
10	ϕ 15.9
Short	ϕ 17.5
12	ϕ 19.0
short	ϕ 24.0

Scan Edited By Ramin Tajallaei

«مصرف گاز محافظ- حجم گاز محافظ- انتخاب نازل گاز»

مصرف گازهای محافظ و دبی گاز محافظ بستگی دارد به:

- ضخامت قطعه کار.
- فلز پایه.
- اندازهٔ حوضچهٔ مذاب.
- منطقهٔ متأثر از حرارت.
- سرعت جوشکاری.
- نحوهٔ حرکت ترچ جوشکاری.
- نوع اتصال.

خطاهای ناشی از ناخالصی تنگستن در جوش

در محیط جوش ناخالصی تنگستن اثر مشابهی جون شیارهای تیز دارد. در صورتیکه در سطح جوش قرار گیرند باعث خوردگی و پیشرفت آن خواهد بود.

تماس الکترودتنگستن داغ با حوضچه جوش.

تماس الکترودتنگستن داغ با سیم جوش

جریان بیش از حد الکترد تنگستن در جریان مستقیم الکترود منفی DCSP

جریان بیش از حد در الکترودتنگستن در جریان مستقیم بصورت قطبیت معکوس DCRP

عیوب ناشی از ناخالصی اکسیدها

قبل از جوشکاری تیگ، اکسیدها باید توسط فرچه سیمی یا سنگ فرز مخصوص تمیز گردند در آلومینیوم و آلیاژهای آن بعلت نقطه ذوب بالای اکسیدها (۲۰۰۰ درجه سانتی گراد) اهمیت زیادی دارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

تمیز نبودن درز جوش، اکسید بودن سطح سیم جوش و عدم تمیز کاری بعد از هر پاس.

خارج نمودن انتهای سیم جوش از محدوده حفاظتی گاز محافظ هنگام جوشکاری.

اکسیداسیون از طرف ریشه جوش.

عدم حفاظت ریشه توسط گاز محافظ بخصوص در فلزات کم آلیاژی، آلیاژی و فولاد ضدزنگ.

عمل محافظت ریشه جوش با گاز محافظ.

عیوب ناشی از کاز محافظ.

کم بودن دبی گاز خروجی.

اغتشاش و تلاطم ناشی از دبی گاز زیاد .

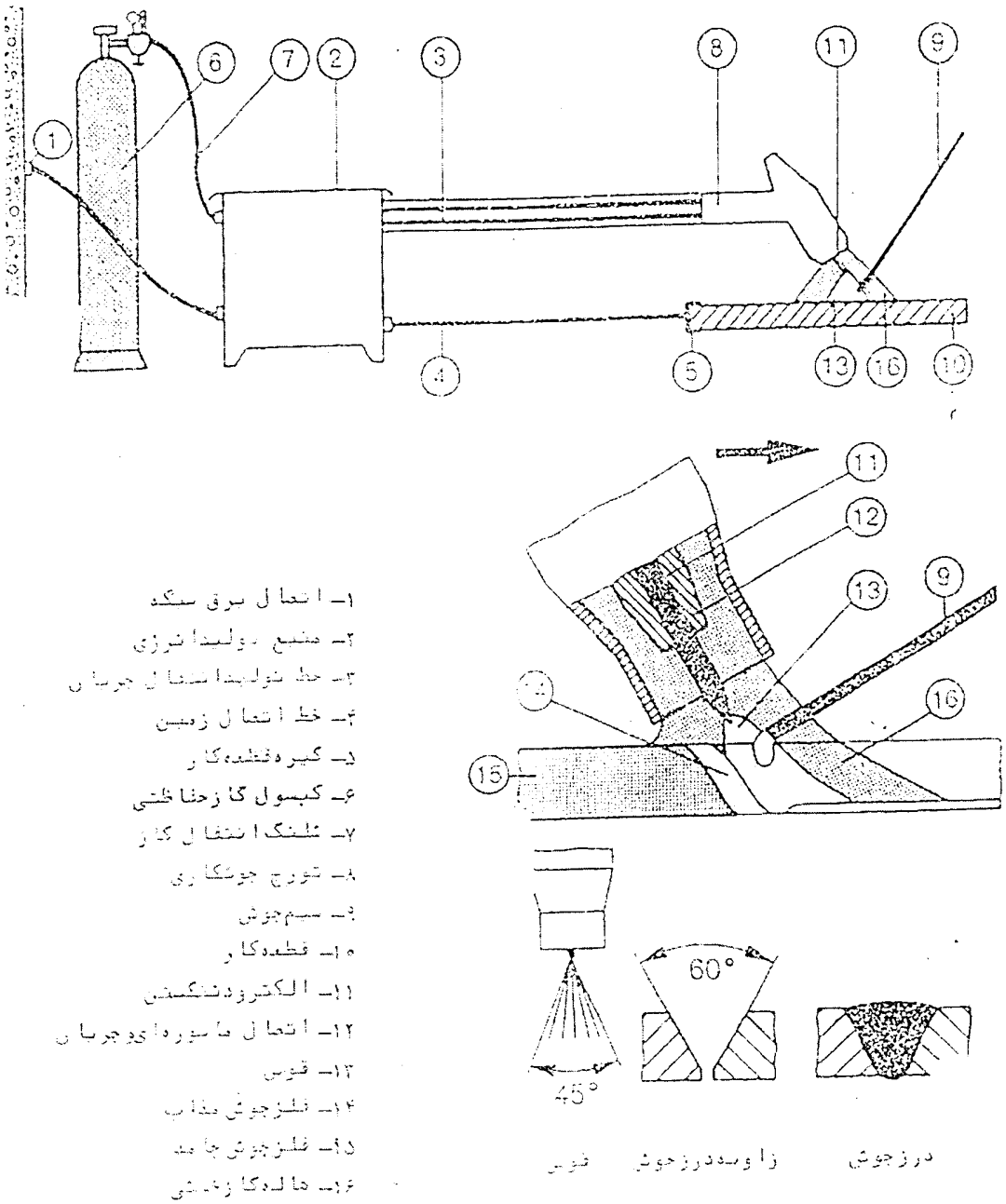
وزش باد در اطراف گاز محافظ هنگام جوشکاری.

کوچک بودن نازل گاز، نازل گاز باید حداقل ۱/۵ برابر پهنای سطح جوش باشد.

بلند بودن قوس یا بالا بودن تورچ جوشکاری.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱ : قسمتهای مختلف دستگاه جوشکاری TIG

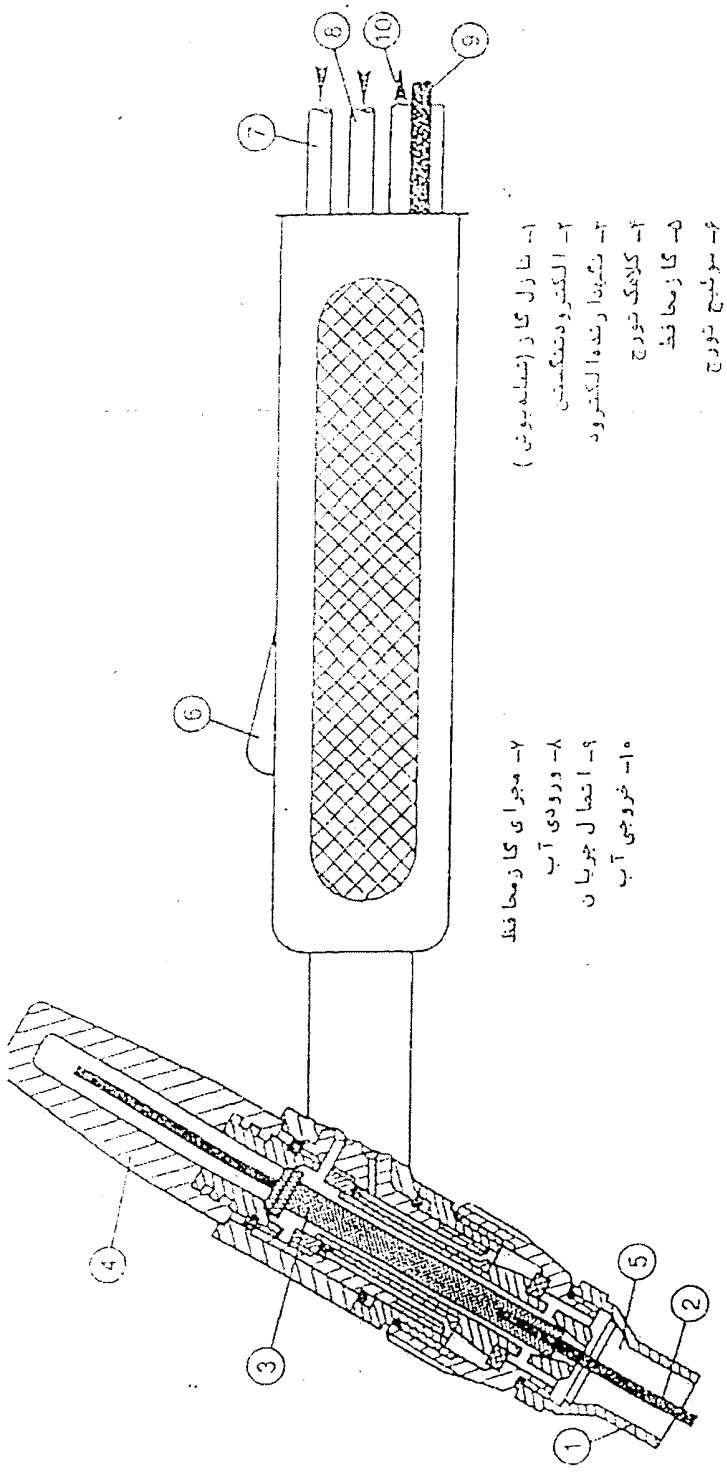


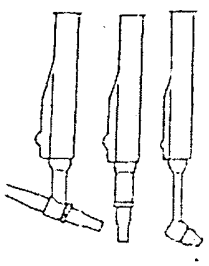
۱ـ اتصال برق شبکه
۲ـ منبع ولتاژ
۳ـ خط ولتاژ اتصال جریان
۴ـ خط اتصال زمین
۵ـ گیره قطعه‌کار
۶ـ کپسول گاز خنثی
۷ـ شلنگ انتقال گاز
۸ـ تورچ جوشکاری
۹ـ سیم جوش
۱۰ـ قطعه‌کار
۱۱ـ الکترود تنگستن
۱۲ـ اتصال ماسوره‌ای جریان
۱۳ـ قوس
۱۴ـ فلز جوش شده
۱۵ـ فلز جوش جامد
۱۶ـ ماده گاز دهنده

درز جوش　　زاویه درز جوش　　قوس

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۲: تورچ جوشکاری TIG

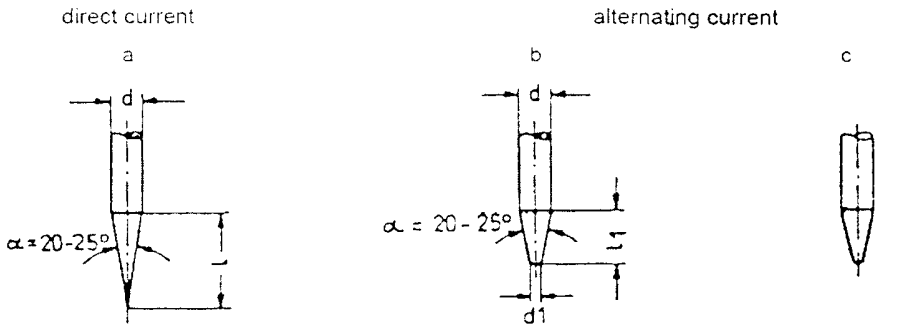




شکل (۳)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

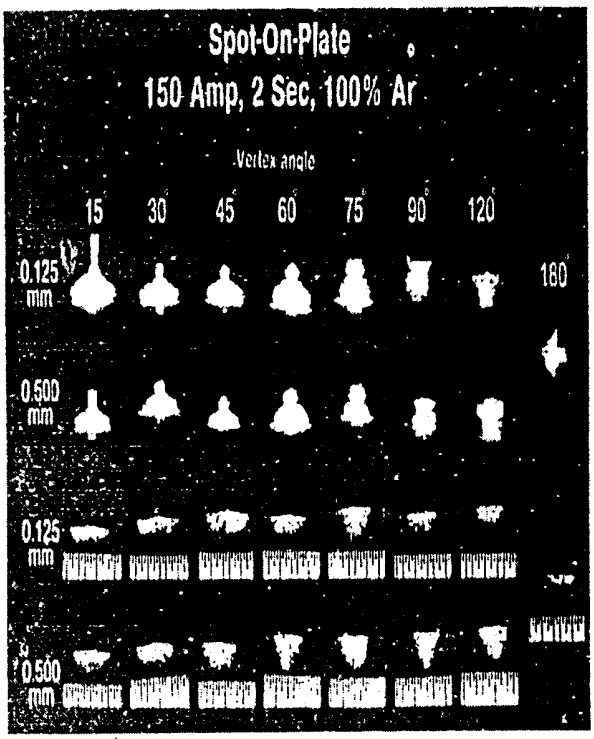
شکل ۳ : نوک مناسب الکترود تنگستنی برای جریان AC و DC



1.0	2.5
1.6	4.0
2.4	6.0
3.2	8.0
4.0	10.0

1.0	0.5	1.2
1.6	0.8	2.0
2.4	1.2	3.0
3.2	1.6	4.0
4.0	2.0	5.0

شکل ۴ : شکل قوس و نمای منطقه ذوب تحت تأثیر شکل نوک الکترود است



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۵ : عیوب متداول در فراتیند TIG

عیوب خارجی

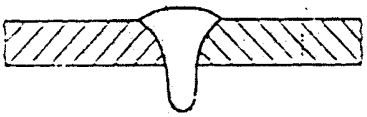
Excess weld metal

Undercuts

Insufficient penetration weld

Root reversion

Excessive penetration bead thickness



عیوب داخلی

Pores (gas inclusions)

Oxide inclusions, oxidized root

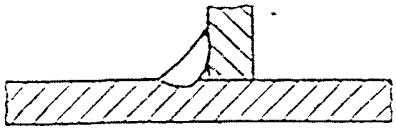
Lack of fusion

Tungsten inclusions

Scan Edited By Ramin Tajallaei

Hot cracks

Incomplete penetration



Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل هشتم

۹ـ۱

جوشکاری میگ، مگ

MIG/MAG welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جوشکاری میگ، مگ

GMAW: Gas metal Arc welding

MIG: metal Inert Gas

MAG: metal Active Gas

مقدمه:

در شروع دهه هشتاد (۱۹۸۰- ۱۹۷۰ میلادی) توسعه و پیشرفتهای چشمگیری در تکنولوژی جوشکاری و برشکاری رخ داد. فرآیندهای جوشکاری میگ، مگ بصورت جدی پایه ریزی شد و جایگزین جوشکاری با الکترود دستی گردید.

با یک نگاه به فرآیندهای جوشکاری معمول نظیر جوشکاری زیر پودری، جوشکاری با قوس الکتریکی دستی و جوشکاری میگ، مگ براحتی می توان دریافت که از اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی کاهش چشمگیری در استفاده از جوشکاری قوسی با الکترود دستی افزایش در استفاده از جوشکاری قوسی با گاز محافظ میگ، مگ در سراسر دنیا بوجود آمده است.

هم اکنون جوشکاری میگ، مگ بیشترین کاربرد را در اروپای غربی، ژاپن و ایالات متحده آمریکا دارد. استفاده از این فرآیند در آینده نیز توسعه و پیشرفت خواهد داشت.

تحقیقات در زمینه این فرآیند، منجر به ابداع روش جوشکاری با نرخ رسوب بالا با نام TIME، FCAW شده است. هم اکنون از سیم های توپودری بصورت گسترده ای استفاده می گردد FCAW (Flux cored Arc welding) جوشکاری قوسی با گاز محافظ و الکترود مصرف شدنی GMAW

جوشکاری قوسی با گاز محافظ و الکترود مصرف شدنی اغلب بنام جوشکاری میگ، مگ معروف است. در این فرآیند، حرارت لازم برای ذوب فلز پایه و الکترود از طریق تشکیل

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قوس الکتریکی بین آنها تامین می گردد. الکترود در این فرآیند سیمی است که بصورت دائم و با یک سرعت معین به حوضچه جوش تغذیه می گردد و بعنوان فلز پرکننده مصرف می گردد. قوص الکتریکی، حوضچه جوش و مناطق حرارت دیده اطراف. توسط یک گاز محافظ یا مخلوطی از گازها که از سر مشعل خارج می شود، محافظت می گردد. گاز محافظ باید بطور کامل فلز جوش را محافظت نماید. ورود هوا می تواند باعث آلودگی فلز جوش شود.

مزیت فرآیند میگ، مگ:

مزیت اصلی این فرآیند نسبت به جوشکاری قوس الکتریکی دستی، سرعت بیشتر و نرخ رسوب بالاتر می باشد که اساساً مربوطه به پارامترهای زیر می باشد:

الف) تغذیه سیم بطور مداوم است. بطوریکه نیاز به توقف جوشکاری جهت تعویض الکترود نمی باشد. در صورتیکه جوشکاری با الکترود دستی نیاز به توقف برای تعویض الکترود می باشد.

ب) در این فرآیند نیاز به برطرف کردن سرباره از سطح جوش نمی باشد (بجز FCAW)

زیرا سرباره ای وجود ندارد. در صورتیکه در جوشکاری با الکترود دستی، سرباره بایستی از سطح جوش بر طرف گردد.

ج) استفاده از سیم جوش با قطر کمتر نسبت به الکترود جوشکاری دستی در این فرآیند به شدت جریان بیشتری نیاز است و در نتیجه نرخ رسوب جوش بیشتری انجام می گیرد.

د) در این روش هیدروژن کمتری جذب فلز جوش می شود که برای فولادهای حساس به ترک ئیدروژنی امری مهم می باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

و) امکان جوشکاری ورقهای کمتر از ۲ میلیمتر وجود دارد

هـ) این فرآیند قابل اتومات شدن می باشد

ز) آموزش جوشکاری در این فرآیند نیاز به زمان کمتری دارد.

معایب فرآیند میگ، مگ:

الف) تجهیزات جوشکاری این فرآیند پیچیده تر بوده، قیمت بالاتری داشته و کمتر قابل حمل و نقل می باشد.

ب) در این فرآیند مشعل بایستی همواره به سطح قطعه کار نزدیک باشد بنابراین جوشکاری محلهایی که دسترسی به آن مشکل است، قابلیت جوشکاری میگ، مگ را نسبت به روش الکترود دستی کمتر می نماید.

ج) در این فرآیند احتمال ترک در جوشکاری فولادهای قابل سخت شدن وجود دارد چون سرباره ای وجود ندارد تا سرعت سرد شدن را کاهش دهد.

د) در جوشکاری میگ، مگ نیاز به حفاظت قوس در مقابل جریان باد می باشد. زیرا وزش باد باعث پراکنده شدن گاز محافظ از سطح حوضچه جوش و در نتیجه آلودگی فلز جوش می گردد.

قابلیت کار:

در تمام فرآیندهای میگ، مگ، سیم جوش بطور اتوماتیک از میان مشعل با سرعت از پیش تنظیم شده ای، خارج می شود. به همین خاطر این فرآیند نمی تواند بعنوان فرآیند دستی باشد و بیشتر صورت نیمه اتومات و اتوماتیک (با ماشین یا ربات) مورد استفاده قرار می گیرد. در جوشکای نیمه اتوماتیک، تجهیزات دستگاه فقط سرعت سیم جوش را کنترل نموده و مشعل توسط جوشکار هدایت می گردد. شروع و توقف سیم جوش، گاز

Scan Edited By Ramin Tajallaei

محافظ، جریان الکتریکی توسط جوشکار کنترل می شود. در جوشکاری ماشینی، تجهیزات کاملاً مکانیزه هستند و جوشکار فقط کنترل ظاهری جوش را برعهده دارد. در جوشکاری اتوماتیک تجهیزات و دستگاه کاملاً مکانیزه بوده و بطور اتوماتیک کنترل می شود. بطوری که جوشکار هیچ نقشی در انجام کار ندارد.

فلزات مورد جوشکاری:

فرآیند MIG اولین بار برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم و منیزیم و فولاد زنگ نزن بکار گرفته شد.

این فرآیند می تواند اکثر فلزات و آلیاژها را جوشکاری نماید و از نظر اقتصادی نیز مقرون بصرفه می باشد.

طبیعت این فرآیند حکم می کند که اکثر فلزات و آلیاژها را با آن جوشکاری نمود. بهرحال مناسبت این فرآیند برای بعضی از فلزات بیشتر است و بندرت اتفاق می افتد که نتوان فلزی را با آن جوشکاری نمود. با این روش می توان انواع فولادهای کربنی، فولاد کم آلیاژ فولاد زنگ نزن، آلیاژهای مقاوم به حرارت، آلومینیوم و آلیاژهای آن (سری ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰و۶۰۰۰) مس وآلیاژهای آن و آلیاژهای منیزیم را به آسانی جوشکاری نمود. فلزاتی که با روش میگ قابلیت جوشکاری داشته ولی نیاز به روش و شرایط خاصی دارند عبارتند از فولادهای استحکام بالا، آلیاژهای آلومینیوم سری ۲۰۰۰ و ۷۰۰۰، آلیاژهای مس که درصد زیادی فلز روی دارند مثل برنز منگنزدار، چدن، فولاد منگنزدار آستنیتی، تیتانیم و آلیاژهای آن و فلزات دیرگداز می باشند. جوشکاری این فلزات به روش میگ ممکن است نیاز به پیش گرمایی، عملیات حرارتی بعد از جوشکاری، استفاده

Scan Edited By Ramin Tajallaei

از سیم جوش مخصوص و استفاده از گاز محافظ در محدوده وسیعی از اطراف جوش مورد احتیاج باشد.

فلزاتی که نقطه ذوب کمی دارند مثل سرب و قلع نمی توانند به روش میگ، جوشکاری شوند. برای جوشکاری فلزات روکش شده با روی، کادمیم، قلع، سرب بایستی در اطراف اتصال روکش فلزی کاملاً برداشته شود و پس از جوشکاری در صورت نیاز مجدداً روکش کاری شود.

ضخامت فلزات مورد جوشکاری:

جوشکاری میگ، مگ می تواند بطور موفقیت آمیزی برای ضخامتهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد. ورقهایی به ضخامت ۰/۵ میلیمتر می تواند با روش میگ، مگ جوشکاری شود. اگر چه حداکثر ضخامت برای جوشکاری با میگ، مگ مشخص نیست، ولی برای جوشکاری قطعات ضخیم تر از ۱۲ میلیمتر می توان از سایر فرآیندهای جوشکاری نظیر جوشکاری زیر پودری و جوشکاری فلاکس کورد استفاده نمود.

حالت جوشکاری:

فرآیند میگ، مگ مثل اکثر فرآیندهای جوشکاری قوسی در همه حالات قابل استفاده می باشد.

اصول کار:

نحوه جوشکای میگ، مگ بطور قابل ملاحظه ای با جوشکاری قوس الکتریکی دستی متفاوت است. روکش الکترود در جوشکاری قوسی با الکترود دستی دارای مواد اکسیدزدا و بعضی عناصر آلیاژی است که کیفیت و سالم بودن جوش و خواص مکانیکی آن کمک می کند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

روپوش الکترود علاوه برایجاد سرباره که سطح جوش را محافظت می کند. در هنگام سوختن، گاز محافظی بوجود می آورد که عناصر مضر هوا را از اطراف جوش به کنار می زند. روکش با ایجاد یون های که به پایداری قوس کمک می کند، می تواند قوس را کنترل نمایید و در انتقال فلز در حالات مختلف جوشکاری تأثیر گذار باشد.

در جوشکاری میگ، مگ تمام اهداف مشترک بوده اما با یک اختلاف جزیی بدست می آید اولاً قوس مطلوب با کنترل نسبی ولت، آمپر با گاز محافظ مصرفی بدست می آید. دوم عناصر فلزی که میل ترکیبی بیشتری به عنصر اکسیژن نسبت به فلز آهن دارند، جهت اکسیدزدایی، خواص مکانیکی و فیزیکی مطلوب و جوش سالم، به سیم الکترود اضافه می شوند. در نهایت اکسیژن توسط عناصر موجود در سیم جوش در فعل و انفعالات قوس و حوضچه مذاب جذب می شود.

تجهیزات مورد نیاز:

۱- منبع نیرو: که ولتاژ مناسب را برای تشکیل قوس و آمپر لازم را برای ذوب فراهم کند.

۲- سیستم تغذیه سیم: که سیم جوش را با یک سرعت ثابت به حوضچه جوش تغذیه نماید.

۳- سیستم گاز محافظ: عمل محافظت حوضچه جوش را از تأثیر عناصر مضر هوا انجام دهد.

٤- مشعل (تورچ): جریان الکتریکی، گاز محافظ و سیم جوش را به حوضچه جوش برساند.

۱- منبع نیرو:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در جوشکاری میگ، مگ از دستگاههای ولتاژ ثابت و تنها از جریان مستقیم با قطبیت معکوس DCRP می توان استفاده نمود. تنها یک استثنا وجود دارد و آن استفاده از قطبیت مستقیم DCSP در بعضی موارد خاص برای سیم جوش های تو پودری (FCAW) می باشد. منابع نیرو بایستی قابلیت تنظیم ولتاژ را در محدوده کاری مناسب فراهم نمایند. در بعضی از دستگاهها، تنظیم ولتاژ توسط کلیدهای پله ای و در بعضی از دستگاهها توسط پتانسیومتر بصورت پیوسته تنظیم می گردد. دستگاههای نوع دوم بهتر و گرانتر می باشند.

در هنگام خرید دستگاه بایستی سیکل کاری دستگاه را مورد توجه قرار داد میزان سیکل کاری را می توان روی یک برچسب فلزی که به دستگاه متصل شده، بدست آورد.

مولدهای برق ولتاژ ثابت دارای یک شیب در منحنی ولت- آمپر می باشند. کنترل شیب برای ثبات قوس بکار می رود. و در آمپرهای پایین و انتقال مذاب بصورت اتصال کوتاه کاربرد دارد. ضریب خود القایی (اندوکتانس) نیز در دستگاه ولتاژ ثابت وجود دارد ضریب خود القایی در جوشکاری با جریان پایین و انتقال اتصال کوتاه، نوسانات سریع جریان را مهار نموده و در نتیجه باعث پاشش کمتر جرقه و سطح جوش بهتر می گردد. چنانچه ضریب خود القایی کم باشد، سیم الکترود بداخل حوضچه جوش فرو می رود و عمل اتصال کوتاه صورت می گیرد. با این عمل جریان جوشکاری سریعاً افزایش یافته و باعث انفجار مذاب و پاشش زیاد جرقه به اطراف می گردد. اگر ضریب خود القایی زیاد باشد جریان اضافی به مدار اعمال شده و طول قوس را زیاد و طول الکترود را کوتاه می کند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

برای تنظیم ضریب خود القایی در جلوی دستگاه چندین فیش اتصال وجود دارد که بصورت تجربی ضریب خود القایی مناسب باید تنظیم گردد.

سیستم تغذیه سیم

انواع زیادی از سیستم های تغذیه سیم وجود دارد. اکثر سیستمهای تغذیه سیم از نوع سرعت ثابت هستند یعنی سرعت تغذیه سیم قبل از جوشکاری تنظیم شده و در هنگام جوشکاری ثابت می ماند. در مشعلهای دستی تغذیه سیم توسط یک کلید که در مشعل قرار دارد، کنترل می شود. سیستم های تغذیه سیم با سرعت متغیر نیز وجود داشته که بصورت خیلی محدود بهمراه دستگاههای جریان ثابت بکار می رود. سیستم تغذیه سیم در انواع فشاری، کششی- فشاری و کششی وجود دارد. نوع تغذیه سیم معمولاً به قطر سیم جوش، جنس سیم و طول مشعل بستگی دارد.

سیستم تغذیه سیم بروش فشاری:

اکثر سیستم های تغذیه سیم از نوع فشاری هستند. یعنی سیم جوش از قرقره توسط غلطک های کشنده سیم با فشار بداخل مشعل رانده می شود. طول مشعلها برای سیتم فشاری تا طول ۳/۵ متر برای سیم جوشهای فولادی و تا طول ۲ متر برای سیمهای آلومینیومی بکار می رود. که بستگی به مقاومت و قطر سیم مصرفی دارد.

سیستم تغذیه سیم فشاری می تواند برای سیم جوشهای سخت از قطر ۰/۸ تا ۳/۲ میلیمتر بکار رود و برای سیمهای نرم (مثل آلومینیوم) از قطر ۱/۲ تا ۲/۵ میلیمتر کاربرد دارد.

شرایط سخت و نرم بودن سیمها معمولاً به سیمهای آهنی و غیر آهنی مربوط می شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سیستم های تغذیه سیم فشاری مجهز به یک موتور DC بوده که به یک گیر بکس متصل می باشد و خروجی گیر بکس به غلطکهای کشنده سیم متصل می باشد. سرعت موتور توسط یک پتانسیومتر که در جلوی سیستم تغذیه سیم وجود دارد، تنظیم می گردد. تعداد غلطکهای کشنده سیم در بعضی از سیستمها دوتا و در بعضی دیگر چهار عدد می باشد. معمولاً غلطک پایینی دارای شیار V شکل بوده و غلطک بالایی قاعد شیار می باشد اما در بعضی موارد برای هدایت بهتر سیم سطح غلطک بالایی، دارای دندانه های ریزی می باشد. فشار برروی غلطکها باید طوری تنظیم شود که سیم را براحتی و بدون مشکل هدایت نماید. فشار زیاد برروی غلطکها باعث اصطکاک زیاد و ایجاد پلیسه از سیم می گردد.

سیستم تغذیه سیم بروش کششی:

مشعلهایی که به مکانیزیم تغذیه سیم مجهز هستند، نیز وجود دارد. مشهورترین آن یک موتور حرکتی در دسته مشعل و یک قرقره سیم جوش به قطر خارجی ۱۰۰ میلیمتر برروی مشعل، دارد. این مشعلها بسیار ظریف و کم حجم بوده و می توان براحتی با آن کار کرد. با این نوع سیستم می توان سیم جوشهای با قطر کمتر از ۱/۲ میلیمتر را بکار برد. در جائیکه وزن رسوب جوش کم باشد و انجام جوشکاری در یک فضای محدود انجام می گیرد و همچنین برای جوشکاری ورقهای نازک این سیستم بکار می رود.

سیستم تغذیه سیم بروش کششی- فشاری:

این روش برای سیمهای نرم و مشعلهای طول بلند مناسب می باشد. مشعل به یک موتور و غلطکهای تغذیه سیم مجهز بوده و به عنوان یک راهنما برای کنترل سرعت تغذیه سیم بکار می رود. مشعل سیم را از داخل لوله را بطور مشعل میگیرد، در انتهای مشعل نیز

Scan Edited By Ramin Tajallaei

یک سیستم تغذیه سیم فشاری وجود دارد. سرعت تغذیه سیم با کشش سیم موتور مشعل تنظیم می گردد. سیمهای آلومینیومی نرم با قطر کم تا طول ۱۵ متر و یا بیشتر می توانند توسط سیستم تغذیه سیم کششی- فشاری هدایت گردد. برای کم کردن اصطلاک، داخل لوله رابطه ممکن است یک آستر پلاستیکی داشته باشد.

غلطکهای کشنده سیم:

انواع مختلفی غلطکهای کشنده سیم وجود دارد که با توجه به سیم جوش مصرفی، غلطک مناسب باید انتخاب شود. این غلطکها دارای شیار V، U، و V با سطح عاج دار می باشند. همچنین برای هر قطر سیم، غلطک هم سایز آن باید انتخاب شود.

مشعل جوشکاری میگ، مگ:

انبرهای جوشکاری GMAW معمولاً مشعل (ترچ) نامیده می شوند این مشعلها شبیه مشعل جوشکاری تیگ بوده ولی کمی پیچیده تر می باشند. سیم جوش (الکترود) از وسط مشعل عبور نموده و سرعت آن از قبل تنظیم شده است. عمل انتقال جریان الکتریکی به سیم جوش در لحظه خروج سیم از مشعل صورت گرفته و گاز محافظ نیز از سرمشعل خارج می شود.

از نظر سیستم خنک کننده مشعلها به دو نوع آب خنک و هوا خنک تقسیم بندی می گردند برای آمپرهای کمتر از ۲۰۰ و کارای غیر مداوم از مشعل هوا خنک که سبکتر و ارزانتر می باشند، استفاده شده و برای آمپرهای بالا و کارهای مداوم از مشعل آب خنک استفاده می گردد. مشعلی که با آب خنک می شود شبیه به مشعل هوا خنک بوده با این تفاوت که در مشعل آب خنک مسیری برای گردش آب در اطراف لوله اتصال و نازل تماس وجود دارد. در مشعلهای آب خنک، چسبیدن جرقه به نازک گاز کمتر است. انتخاب بین

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مشعلهای آب خنک و هوا خنک به نوع گاز محافظ، جریان و ولتاژ جوشکاری. طرح اتصال و کار مورد نظر دارد برای جریانهای جوشکاری برابر، مشعلهای آب خنک بطور قابل ملاحظه ای در درجه حرارتهای پایین تر کار می کنند. قوسهایی که با گاز دی اکسیدکربن (co_2) محافظت می شوند، کمترین مقدار حرارت را به مشعل انتقال می دهند. قوسهایی که با گاز آرگون، آرگون- اکسیژن، آرگون- هلیم، آرگون دی اکسید کربن محافظت می شوند، حرارت بیشتری را به مشعل منتقل می نمایند.

بهرحال نوع اتصال تاثیر بیشتری برمقدار حرارت منتقل شده به مشعل دارد. در جوشکاری اتصالات T شکل، بمراتب حرارت بیشتری به مشعل منتقل می شود. در اتصالات لب به لب، لب رویهم و لبه ای حرارت در جهات مختلف منتشر شده و حرارت کمتری به مشعل می رسد.

گاز محافظی که در حداکثر جریان برای مشعلهای که با هوا خنک می شوند. تأثیر میگذارد. چون گاز دی اکسید کربن باعث می شود که مشعل در درجه حرارتهای پایینتری نسبت به گاز آرگون کار کند. با گاز دی اکسید کربن در مشعلهای هوا خنک می توان با آمپر بالاتری کار کرد.

قطعات مختلف مشعل:

۱- نازل گاز (شعله پوش): جنس نازل گاز از مس یا آلیاژ مس بریلیم بوده و قطر داخلی آن معمولاً در حدود ۲۲-۱۰ میلیمتر می باشد که بستگی به میزان آمپر. فلز مورد جوشکاری و حجم گاز خروجی دارد. وظیفه نازل گاز، رساندن گاز محافظ به حوضچه جوش بصورت یک هاله یکنواخت می باشد. در هنگام جوشکاری بعد از مدتی کار کردن جرقه های چسبیده شده به داخل شعله پوش را تمیز نموده و سطح داخلی نازل را با

Scan Edited By Ramin Tajallaei

اسپرهای ضد جرقه مخصوص، خیس نمایید. برای تمیز کردن نازل از وارد نمودن ضربه به آن، خودداری نمایید.

ب) نازل تماس (نازل مسی):

وظیفه نازل تماس انتقال جریان الکتریکی به سیم جوش در لحظه خروج آن از مشعل می باشد. چنین نازل از آلیاژهای سخت مس می باشد. که در اثر اصطلاک موجود سریعاً قطر داخلی آن گشاد نگردد. نازل های تماس دارای سوراخی در وسط برای خروج سیم می باشند، اندازه سوراخ نازل بسیار مهم بوده و بستگی به قطر سیم و نوع گاز مصرفی دارد که در جدول نحوه انتخاب نازل مناسب درج شده است. قطر سوراخ نازل برروی بدنه نازل حک شده است. نازل مسی بعد از چندین ساعت کار نیاز به تعویض دارد.

ج) لوله رابطه(لاینر):

لوله رابطه، سیم جوش را از انتهای مشعل به سر مشعل می رساند و در داخل مشعل قرار دارد لوله های رابطه در انواع لاینر فنری فولادی، لاینر تفلونی (پلاستیکی) و لاینر فنری برنجی موجود می باشند.

برروی لاینرهای فولادی و برنجی یک روکش نازل پلاستیکی وجود دارد که از خروج گاز محافظ از پشت مشعل جلوگیری نموده و همچنین عمل تمیز کاری مشعل بوسیله فشار باد را راحتتر می سازد قطر داخلی لاینرها بستگی به قطر سیم جوش مصرفی دارد که در جدول شماره نشان داده شده است. لاینر باید تا پشت نازل تماس امتداد داشته باشد. در صورتیکه برای اولین بار سیستم را آماده می نمایید، طول اضافه لاینر را از قسمت سرمشعل کوتاه نمایید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

لاینرها را باید بعد از تمام شدن هر حلقه سیم جوش، از مشعل خارج نموده و برعکس مسیر ورود سیم با فشار باد داخل آنرا تمیز نمایید.از اعمال فشار باد زیاد بایستی اجتناب شود چون امکان پاره شدن روکش لاینر وجود دارد. از لاینر فنری فولادی برای سیمهای جنس سخت نظیر سیمهای فولادی و فولاد زنگ نزن استفاده می گردد. از لاینر تفلونی برای سیمهای نرم مثل سیمهای آلومینیومی استفاده می گردد. لاینرهای فنری برنجی نیز در حال جایگزین شدن بجای لاینرهای تفلونی می باشند چون در هنگام جازدن سیم جوش در داخل لاینر تفلونی احتمال سوراخ شدن لاینر توسط نوک تیز سیم وجود دارد. پس برای هر نوع سیم لاینر مخصوص به آن و با قطر داخلی توصیه شده را بکار ببریده و عمل تمیز کاری لاینر را پس از تمام شدن هر حلقه سیم جوش فراموش نکنید.

د) لوله رابطه برنجی نازل تماس و مشعل:

این رابطه که معمولاً از جنس برنج می باشد، نازل مسی به آن بسته شده و سر دیگر رابطه برنجی به مشعل بسته می شود در روی سطح این لوله سوراخهایی وجود دارد که گاز محافظ از آن خارج می شود. در هنگام بستن نازل به رابطه برنجی، آنرا کاملاً تمیز نموده تا باعث ایجاد گرما در اثر مقاومت الکتریکی نشود. همچنین مسیر خروج گاز را از جرقه های چسبیده شده، تمیز نمایید.

ز) شیلنگ خروج گاز:

این شیلنگ گاز محافظ را از شیر مغناطیسی به سر مشعل هدایت می نماید

ر) شیلنگ های رفت و برگشت آب:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در مشعلهای آب خنک آب از طریق یکی از شیلنگ ها به سر مشعل وارد شده و پس از خنک نمودن آن، از طریق شیلنگ برگشت به سیستم خنک کننده و پمپ برمی گردد.

سیستم گاز محافظ:

در این سیستم نیاز به یک کپسول گاز محافظ، دستگاه تقلیل فشار و گرمگن گاز در صورت استفاده از گاز co_2، شیلنگ گاز و شیر مغناطیسی قطع و وصل گاز می باشد.

گازهای محافظ:

مقصود از گازهای محافظ این است که حوضچه مذاب، منطقه حرارت دیده اطراف را از تأثیر عناصر مضر هوا نظیر اکسیژن، نیتروژن و ئیدروژن محافظت نماییم. جوشکاری فلز تیتانیم نیاز به حفاظت در منطقه وسیعتری از نواحی جوش دارد. گازهایی که مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از گازهای خنثی نظیر آرگون و هلیوم و گاز فعال نظیر دی اکسید کربن.

گاز اکسیژن، ئیدروژن و نیتروژن در موارد خاص با درصد بسیار کم به گاز آرگون یا به مخلوط آرگون- هلیم اضافه می شوند. گاز محافظ خنثی به گازی اطلاق می شود که هیچ واکنشی با حوضچه جوش ندارد و گاز فعال به گازی اطلاق می گردد که خاصیت اکسیدی یا احیایی برروی فلز جوش دارد مثل گاز co_2 $Ar+o_2$ $Ar+co_2$ $Ar+H_2$.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

گاز آرگون (Ar):

آرگون گازی است خنثی، سنگین تر از هوا و با پتانسیل ۱۵/۷الکترون ولت، امکان افروزش آسان قوس را در حین جوشکاری فراهم می آورد. استفاده از این گاز موجب تولید ستون قوسی متمرکز ولی با هدایت حرارتی پایین می گردد که خود موجب می شود، یونیزاسیون قوس به آسانی صورت می پذیرد.

نتیجه استفاده از این گاز در حین جوشکاری، پیدایش پروفیل جوشی به شکل زیر است که در آن نفوذ در مرکز خط جوش، زیاد و بستر جوش با یک شیب شدید، باریک می گردد. در جوشکاری با گاز محافظ (و با انتقال قطرات به حالت اسپری و یا پالسی)، نیروی اصلی در منطقه قوس محوری (Axial) است و مقدار آن در منطقه قوس (از سیم جوش به سمت حوضچه مذاب)، به آرامی شدت می یابد. این پدیده موجب می شود تا در این حالت، در حین جوشکاری میزان ترشح (Spatter)، بسیار کم گردد.

در جوشکاری قوسی با گاز محافظ (MIG & MAG)، از گاز آرگون بعنوان گاز محافظ، برای بسیاری از فلزات غیر آهنی استفاده می گردد ولی استفاده از این گاز برای جوشکاری فولادها توصیه نمی گردد زیرا در صورت استفاده، شرایط مناسبی برای انتقال قطرات ایجاد نمی گردد. ایجاد این شرایط نامناسب انتقال قطرات موجب می گردد قطرات داغ جداشده از سیم جوش تمایلی برای جریان یافتن در پاشنه و کناره های طرح اتصال نداشته باشند که نتیجه آن پروفیل جوشی بسیار نامعمول و نامنظم است. این شکل پروفیل جوش بدست آمده به علت انرژی قوس کم، حرارت ورودی پایین و نرخ سرد کنندگی سریع آرگون و نهایتاً، کشش سطحی بالای فولاد مذاب در اتمسفر آرگون، ایجاد می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

آرگون به میزان ۰.8٪ در اتمسفر هوا موجود است و تولید آن به توسط فرآیند تقطیر و جدایش از اتمسفر هوا امکان پذیر است. از دیگر مزایای این گاز می توان به قابلیت انتقال این گاز در حالت مایع اشاره کرد.

گاز دی اکسید کربن (co_2):

دی اکسید کربن یا همان $co2$، همچنانکه مشخص است، گازی فعال (غیر خنثی) است. این گاز به محض تماس با درجه حرارت قوس (حدود ٦٠٠٠ درجه سانتی گراد)، در بالای ستون قوس تجزیه شده و به مولکول های بسیار داغ اکسیژن و مونواکسیدکربن. تجزیه می گردد. $co2 \Leftrightarrow o + co$

ترکیب مجدد این مولکول ها در بخش پایینی ستون قوس، موجب آزاد شدن نیرویی به سمت بالای قوس می گردد. این همان نیروی است که موجب ایجاد اغتشاش در ستون قوس و در نتیجه ایجاد ترشح، قوس ناپایدار و قطع و وصل شدن قوس (لکنت قوس) در حین جوشکاری می شود. در حین انتقال قطرات مذاب، مولکول اکسیژن که دارای حرارت بسیار زیادی است، موجب ایجاد نفوذ زیاد می گردد. ضمناً در اثر همین مکانیزم وجود مولکول اکسیژن بسیار حررات دیده (Super Heated)، حوضچه مذاب جوش، توسعه یافته و نرخ تحدب گرده جوش، افزایش می یابد.

از آنجائیکه گاز محافظ $co2$ دارای قدرت اکسیداسیون بالایی است، استفاده از آن در حین جوشکاری موادی که با رنگ یا بتونه، آسترکاری شده اند، سودمند است اگرچه باید در ابتدای جوشکاری این مواد را بطور کامل از سطح قطعه زدود). همچنین می توان از این گاز برای جوشکاری فولادهای ساده کربنی و و یا فولادهای کربن- منگنزی استفاده نمود که نتیجه آن پروفیل جوشی با پهنای کم و با عمق نفوذ مناسب است. در قوس

Scan Edited By Ramin Tajallaei

محافظت شده با گاز خالص $co2$، انتقال قطرات به شکل ریز (مطابق آنچه در حالت انتقال قطرات به روش اسپری معمول است) رخ نمی دهد. در اثر استفاده از این گاز، تنها قطرات به شکل قطره ای منتقل می شوند.

از آنجائیکه این گاز اکسیده کننده و فعال است، استفاده از آن برای جوشکاری آلومینیوم، مس، منگنز و یا نیکل (که همگی به راحتی قابلیت اکسید شدن دارند) و یا در فرآیند جوشکاری TIG، قابل کاربرد نیست. همچنین این گاز برای جوشکاری فولادهای ضدزنگ نیز مناسب نیست، زیرا بعلت دارا بودن قابلیت کربوره کردن، می تواند، ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد، برمقدار کربن در فلز جوش بیفزاید.

بعلاوه توصیه شده است که بعلت قابلیت اکسیدکنندگی بالای این گاز، در هنگام جوشکاری فولادها با فرآیند MAG، از سیم جوش هایی استفاده گردد که دارای درصد بالایی از منگنز و یا سیلیکون هستند و یا قابلیت احیا کنندگی بسیار بالا (Tripple De-Oxidised) دارند.

گاز اکسیژن (O2):

گرچه نمی توان از این گاز بصورت خالص بعنوان گاز محافظ در جوشکاری استفاده نمود، ولی در برخی موارد از ترکیب آن با دیگر گازهای محافظ استفاده می گردد. اگر این گاز با درصدی بین ۱ تا۷ درصد به مخلوط آرگون/ دی اکسید کربن، اضافه گردد. می تواند نقش بسیار موثر و مثبتی در اصلاح خواص قوس و کاهش کشش سطحی فلز جوش ایفاء نماید. همچنین در اثر حرارت ورودی شدده و ضمن افزایش سرعت جوشکاری، کمک به افزایش نفوذ جوش و قابلیت تر شوندگی لبه های طرح اتصال نماید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

وجود این گاز در مقادیر کم در حین جوشکاری فولادها باعث کاهش کشش سطحی و کمک به انتقال قطرات به روش اسپری گردیده و با کاهش مقدار ترشح، موجب افزایش بهره وری فرآیند می گردد.

گاز هلیم (He):

هلیم، گازی خنثی و با پتانسیل یونیزاسیونی برابر با ۲٤,٥ الکترون ولت است. در نتیجه، قوس ناشی از این گاز دارای ولتاژ قوس بالاتری نسبت به آرگون می باشد (در حالت برابری طول قوس و سرعت جوشکاری) و بالطبع می تواند مقدار حرارت ورودی به قطعه کار را افزایش دهد.

هدایت حرارتی بالای این گاز، موجب ایجاد پروفیل جوش پهن با گرده ای کم و ذوب و نفوذی مناسب می گردد. در حین استفاده از این گاز باید دقت کرد که بعلت آنکه این گاز از هوا سبک تر است، باید نرخ خروج گاز را افزایش داد.

مخلوط گاز آرگون با درصد بالایی از گاز هلیم، برای جوشکاری مقاطع ضخیم فلزات غیر آهنی و یا فلزاتی که دارای هدایت حرارتی بالا هستند، بسیار مناسب است. سرعت جوشکاری با گاز هلیم بسیار بالا است که در نتیجه استفاده از این گاز می تواند دارای مزایای اقتصادی بسیار بالایی باشد. گرچه باید این مطلب با قیمت بالای این گاز، باهم در نظر گرفته شود. ولی به هر جهت، سرعت جوشکاری بالای ناشی از استفاده از این گاز در جوشکاری مواد با هدایت الکتریکی بالا، بسیار مطلوب است.

هلیم گاز نادر است که از گاز طبیعی بدست می آید که در ابتدا غلظت آن نیز کم است. تولید، نگهداری و حمل و نقل آن نیز مشکل است که دلیل اصلی آن نیز نقطه جوش بسیار پایین این گاز است (منفی ۲٦۹ درجه سانتی گراد).

Scan Edited By Ramin Tajallaei

گاز هیدروژن (H2):

استفاده از گاز هیدروژن خالص بعنوان گاز محافظ به هیچ عنوان مناسب نیست. زیرا باعث افزایش درصد هیدروژن در فلز جوش و ایجاد ترک های هیدروژن می گردد. هیدروژن دارای پتانسیل یونیزاسیون نسبتاً پائینی (حدود ۱۳,۵ الکترون ولت) می باشد ولی این گاز قدرت هدایت حرارتی بالایی دارد. این موضوع سبب می شود تا انرژی قوس بالایی ایجاد گردیده که در نتیجه موجب نفوذ عمیق تر و سیالیت بهتر حوضچه مذاب جوش می گردد. از آنجائیکه این گاز خاصیت احیاکنندگی مناسبی دارد، استفاده از این گاز سبب اصلاح و حذف اکسیدها در سطح حوضچه مذاب جوش گردیده که نتیجه آن بستر جوش تمیز می باشد.

گازهای ترکیبی:

خصوصیات هر گاز استفاده شونده در یک مخلوط گازی محافظ، برروند عملکرد و نقش آن مخلوط گازی (نظیر بازده حفاظتی گاز، پایداری قوس، شکل و استحکام پروفیل جوش) تاثیر مستقیم می گذارد. بسته به کاربرد خاص، ترکیب و درصدهای متفاوتی از این گونه گازها بعنوان مخلوط گازی محافظ مورد استفاده قرار می گیرد که در نتیجه این ترکیب گازی، دارای خواص بهینه برای کار بوده و بالاترین و بازترین محدوده را برای تنظیم ولتاژ و آمپر ایجاد می نماید.

آرگون ایده آل ترین گاز، بعنوان پایه اصلی در یک مخلوط گازی است. زیرا در هنگام جوشکاری تمامی فلزات، امکان انتقال قطرات به حالت اسپری را فرآهم می آورد. با این وجود، در هنگام جوشکاری فولادها و یا فولادهای ضد زنگ در وضعیت تخت و یا افقی، خاصیت سریع سردکنندگی این گاز محافظ به فلز ذوب شده این امکان را نمی دهد تا به

Scan Edited By Ramin Tajallaei

راحتی کناره های جوش را خیس نماید که در نتیجه موجب بریدگی کنار جوش در لبه های پروفیل جوش می شود. به همین جهت لازم است تا در هنگام جوشکاری فولادها با این فرآیند، درصدی از گازهای فعال (نظیر اکسیژن یا دی اکسید کربن) به منظور افزایش حرارت ورودی، کاهش کشش سطحی و در نتیجه پایدار سازی اندازه قطرات، به آن اضافه گردد.

ترکیب گازهای آرگون و اکسیژن (Ar/O2):

در جهت افزایش پایداری قوس، اصلاح شکل پروفیل جوش، کمک به خیس شدگی لبه های طرح اتصال و کاهش خطر بریدگی کنار جوش در حین جوشکاری فلزات آهنی، درصدی اکسیژن به گاز آرگون افزوده می گردد. افزایش درصدی بین ۱ تا ۷ درصد اکسیژن از کاهش منگنز و سیلیسیم ممانعت کرده و به خوبی به انتقال قطرات از سیم جوش کمک می نماید.

در این حالت، فلز مذاب جوش، دارای کشش سطحی کمتری نسبت به حالت استفاده از گاز آرگون خالص بوده و موجب می شود، فلز پایه به خوبی تر شده و پروفیل جوشی پهن و با گرده جوش مناسب پدید آید.

برای جوشکاری فولادهای ضدزنگ و دیگر فولادهای مقاوم به خوردگی (نظیر 3 Cr12) درصدی بین ۱ تا ۲ درصد اکسیژن به آرگون خالص اضافه می گردد. در صدهای بالاتر از ۵ درصد، سطح پروفیل جوش بطور گسترده ای اکسید شده و بالطبع مقدار منگنز، سلیسیم و کروم کاهش می یابد.

پروفیل جوش های بدست آمده با استفاده از ترکیب گازهای آرگون و اکسیژن، دارای سطحی هموارتر از حالتی است که از گاز آرگون خالص و یا گاز CO2 خالص استفاده

Scan Edited By Ramin Tajallaei

می شود و با استفاده از این ترکیب گازی، شکل پروفیل جوش با نفوذی مناسب و به مانند شکل صفحه بعد است:

استفاده از گاز محافظ Argoshield 40 که مخلوطی از گاز آرگون و اکسیژن است، موجب می شود تا ترشحات حین جوشکاری حذف شده و در حالت انتقال قطرات به شکل اسپری، برروی قطعات فولادی، سطح جوشی تخت ایجاد گردد.

ترکیب گازهای آرگون و دی اکسید کربن (Ar/CO2):

برای جوشکاری فولادهای ساده کربنی و فولادهای کربن منگنزی، مخلوط گازهای آرگون و دی اکسید کربن با درصد CO2 بین ۲ تا ۳۰ درصد حجمی توصیه می شود. برای اخذ بهترین نتایج، حداکثر ۲۵ درصد از گاز CO2 باید در گاز آرگون استفاده کرد.با افزایش درصد گاز دی اکسید کربن، گرمای بیشتری منتقل شده و با افزایش نفوذ، پهنای پروفیل جوش نیز افزایش می یابد ولی از وضعیت انتقال قطرات به حالت اسپری، شدیداً کاسته می شود. استفاده از گاز محافظ Argoshield 52 با درصد بالای CO2 برای ایجاد نفوذهای عالی پیشنهاد می گردد. مخلوط گازی Ar/CO2 برای جوشکاری با سیم های توپودری و سیم های با مغزه فلزی نیز بسیار مناسب است.

پروفیل جوش بدست آمده از استفاده از ترکیب گازی Ar/CO2 ، دارای نفوذی بهتر نسبت به پروفیل جوش حاصله از ترکیب گازی Ar/O2 است.

ترکیب گازهای آرگون، اکسیژن و دی اکسید کربن (Ar/O2/CO2):

افزودن اکسیژن به ترکیب گازی Ar/CO2، موجب می شود تا بستر جوش پهن تر شده و خواص انتقال قطرات در حالت اسپری بهبود یابد. ضمناً مقدار حرارت ورودی، شکل پروفیل جوش و میزان نفوذ نیز بهبود یابد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در صورت استفاده از این ترکیب سه گانه، این امکان را می یابید که کاملترین انعطاف پذیری را برای جوشکاری فولادهای مختلف داشته باشید. اکسیژن و دی اکسید کربن، بصورت مستقل می توانند خواص ایجاد شونده توسط انتقال قطرات را در حالت اسپری و یا اتصال کوتاه (Short Circuit) (مانند حرارت ورودی کلی، شکل پروفیل جوش و نفوذ) را تغییر دهند.

ترکیب Argoshield 50 (با درصد کم O2 و درصد کم CO2)، برای جوشکاری همراه با انتقال قطرات به روش اتصال کوتاه فلزات سبک، بسیار مناسب است. در حین جوشکاری فلزات آهنی سبک و نیمه سبک همراه با اتصال قطرات به روش اسپری، این ترکیب می تواند موجب ایجاد قوسی عالی و بدون ترشح شود.

گاز Argoshield 51 (با درصد کم اکسیژن و درصد بالای CO2)، بهترین ترکیب برای ایجاد حالت انتقال قطرات به روش اسپری و اتصال کوتاه است و پروفیل جوش حاصله نیز بسیار عالی و با نفوذ کافی است. این ترکیب برای جوشکاری قطعات ضخیم مناسب بوده و در تمامی وضعیت ها قابل حصول است. درصد بالای CO2، موجب ایجاد ترشح (Spatter) خواهد شد (که البته میزان این ترشح نسبت به حالت استفاده از گاز CO2 خالص، به مراتب کمتر است) ولی نفوذ و مقدار ذوب آن با گاز CO2 خالص قابل مقایسه و تقریباً یکسان است. اکسیژن موجود در این ترکیب موجب کاهش قطر قطرات تشکیل یافته، شده و حالت پایداری قوس در حین انتقال قطرات را اصلاح می کند.

ترکیب گازهای آرگون و هلیم (Ar/He):

استفاده از ترکیب گازی Ar/He شرایطی را بوجود می آورد که در آن حرارت ورودی، سرعت جوشکای، شکل پروفیل جوش و نفوذ، همگی به حالتی مناسب می رسند. این

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ترکیب عموماً برای جوشکاری قطعات ضخیم و سنگین فلزات غیر آهنی مانند: آلومینیوم، مس ، منگنز و نیکل مورد استفاده قرار می گیرد. هرچه قطعات ضخیم تر، سنگین تر و دارای ضخامت بالاتری باشند، درصد گاز هلیم در این ترکیب باید افزایش یابد. درصد معمول هلیم بین ۲۵ تا ۷۵ درصد می باشد. گاز Argoshield 80T و Argoshield 81T از نمونه معروفترین ترکیب های آرگون و هلیم می باشند.

ترکیب گازهای آرگون، هلیم و هیدروژن (Ar/He/H2):

استفاده از ترکیب گازی Argoshield 71T که ترکیب گازهای Ar/He/H2 است، موجب می گردد تا قوس بسیار داغی حاصل شود که این قوس برای جوشکاری فولادهای ضدزنگ و فولادهای نیکل دار (بافرآیند TIG) مناسب است. در این حالت، درصدهای کم هیدروژن، خطری جدی برای تخریب الکترود تنگستن محسوب نمی گردد ولی به علت وجود هیدروژن، سرعت جوشکر بسیار افزایش یافته و به علت احیاء شدن اکسیدهای سطحی توسط هیدروژن موجود در این ترکیب گازی، پروفیل جوش حاصله دارای سطحی بسیار تمیز می باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

OVERVIEW OF WELDING SHIELDING GASES

Vol.%

		process	Ar	He	O_2	CO_2	H_2	N_2	NO
I 1	Welding – grade argon	TIGMIG	100	-	-	-	-	-	-
I 1	Argon 4.8	TIGMIG	100	-	-	-	-	-	-
I 1	Mison A	TIGMIG	99.97						0.03
I 2	Heluim	TIGMIG		100					
I 3	Argon/Helium	TIGMIG	Rem.	25-75					
R 1	Hydrogen	TIG/WP					100		
R 2	Argon W2	TIG/WP	98				2		
R 2	Argon W5	TIG/WP	95				5		
R 2	Argon Hydrogen	TIG/WP	93.5				6.5		
R 2	Argon W10	TIG/WP	90				10		
M11	Argon S1 Argomag S1	MAGM	99		1				
M11	Argon S3 Argomag S3	MAGM	97		3				
M11	Argon He25 S1	MAGM	74	25	1				
M12	Argon k2	MAGM	98			2			
M12	Argon C2 Argomag k	MAGM	97.5			25			
M12	Mison 2	MAGM	97.97			2			0.03
M12	Argomag He	MAGM	83	15		2			
M13	Mixed argon 8 krysal 8	MAGM	92			8			
M13	Mison 8	MAGM	91.97			8			0.03
M13	Corgon 10	MAGM	90			10			
M21	Corgon 15	MAGM	85			15			
M21	Mixed argon 18 Krysal 18 corgon 18	MAGM	82			18			
M21	Mison 18	MAGM	81.97			18			0.03
M21	Corgon 20	MAGM	80			20			
M21	Mixed argon 25 Corgon 25	MAGM	75			25			
M21	Mison 25	MAGM	74.97			25			0.03
M22	Mixed argon 1	MAGM	82		3	15			
M23	Corgon 07	MAGM	93		7				

Scan Edited By Ramin Tajallaei

M23	Argon S8 Argomix D	MAGM	92		8				
M32	Corgon I	MAGM	91		4	5			
M32	Mixed argon 2 Argomix 10	MAGM	90		5	5			
M32	Argomix 20	MAGM	83		4	13			
M33	Argon S12 Argomix S	MAGM	80		5	15			
		MAGM	88			12			
C 1	Weding- grade carbon dioxide	MAG C				100			
F 1	Ar/H_2	Forming	88				12		
F 1	Argon W20	Forming	80				20		
F 2	Forming gas, nitrogen/ hydrogen	Forming					2-25	98-75	
	Nitrogen 3.0 to 5.0	Forming						100	

Scan Edited By Ramin Tajallaei

انواع انتقال مذاب در جوشکاری میگ، مگ:

معمولاً انتقال مذاب بصورت قطره ای انجام می شود. نحوه شکل گیری قطرات، اندازه و روش انتقال مذاب توسط نیروهای مختلف فیزیکی و الکترومغناطیسی مشخص می گردد. چهار حالت انتقال مذاب عبارتند از ۱- انتقال مذاب بصورت اتصال کوتاه (Short circuit)

۲- انتقال گلوله (Globular transter)

۳- انتقال اسپری (Spary transfer)

٤- انتقال اسپری پالسی(pulsed spary transfer)

نحوه انتقال مذاب توسط عوامل زیر نیز تحت تاثیر قرار می گیرد:

۱- جریان جوشکاری

۲- ولتاژ

۳- گاز محافظ

٤- جنس سیم جوش

٥- قطر سیم

٦- میزان سیم بیرونی از سرتازل (stick out)

تاثیر ویسکوزیته و کشش سطحی:

کاهش ویسکوزیته و یا افزایش درجه حرارت موجب کاهش ویسکوزیته گردیده و قطرات کوچکتری شکل می گیرد. افزایش میزان اکسیژن در محیط قوس، موجب کاهش ویسکوزیته می گردد در جوشکاری با الکترود دستی، الکترودهای روتیلی و اسیدی چون

Scan Edited By Ramin Tajallaei

حاوی مقدار زیادی ترکیبات اکسیژن دار می باشند، دارای انتقال مذاب بصورت قطرات ریز می باشند.

تاثیر گازهای منبسط شده:

در درجه حرارت های بالا، قطره مذابی که در محیط قوس بوجود آمده است، توانایی بیشتری برای جذب گازها دارد. این پدیده منجربه افزایش حجم، قطره مذاب تشکیل شده می گردد. انبساط گاز CO_2 مهمترین عامل تشکیل قطرات درشت در جوشکاری میگ، مگ می باشد.

اثر پدیده pincheffect:

در اثر عبور جریان الکتریسته در هر هادی، یک میدان مغناطیسی بصورت دوایر متحدالمرکز در اطراف هادی بوجود می آید. این میدان مغناطیسی برروی سطح مقطع هادی فشار وارد نموده و موجب تشکیل قطره کوچک و در نتیجه دانسیته جریان شده و نوک سیم نیز بصورت تیز می گردد. در اثر تدوام این اثر، قطرات ریز بصورت اسپری شکل گرفته و به حوضچه جوش منتقل می شود.

$$\text{نیروی } pinchegget = \frac{I^2}{\frac{\text{سطح مقطع}}{\text{سیم}}}$$

انتقال اتصال کوتاه:

انتقال مذاب بروش اتصال کوتاه برای جوشکاری ورقهای نازل کاربرد قراوان دارد. علت این امر حرارت ورودی کم به قطعه کار در اثر استفاده از ولتاژ و آمپر پایین در این روش می باشد. با این روش انتقال مذاب می توان در همه حالات جوشکاری نمود در جوشکاری قطعات ضخیم با انتقال اتصال کوتاه، امکان عدم ذوب دیواره اتصال وجود دارد. در این روش بمحض برقراری قوس الکتریکی نوع سیم ذوب شده و تشکیل

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قطره ای کوچک را می دهد در ادامه قطره کمی بزرگتر شده و همراه با حرکت سیم جوش، این قطره با سطح حوضچه جوش برخورد می نماید و برای یک لحظه قطع می شود تا قطره از نوک سیم جدا شده و جذب حوضچه جوش شود. مجدداً قوس برقرار شده و این عمل تکرار می شود.

این نوع اتصال مذاب با همه نوع گازهای محافظ قابل اجرا می باشد. در لحظه انجام اتصال کوتاه آمپر سریعاً افزایش یافته و ولتاژ کاهش می یابد که می تواند باعث داغ شدن بیش از حد قطره مذاب و انفجار و پاشش مذاب بصورت جرقه به اطراف شود.

انتقال گلوله ای:

انتقال گلوله ای با شدت جریان کستر و ولتاژ بیشتر صورت می گردد. و با تشکیل یک قطرهٔ نسبتاً بزرگ مذاب در نوک سیم مشخص می گردد. این قطره در اثر نیروی جاذبه زمین به داخل حوضچه جوش سقوط می نماید. این نوع اتصال با همه نوع گاز محافظ قابل اجرا بوده و در صورت جوشکاری در حالتهای غیر از تخت باعث ریزش مذاب به سمت پایین می شود.

شکل پروفیل جوش در این حالت نامنظم بوده و از نفوذ کمی برخوردار می باشد و محدودهٔ آن بین اتصال کوتاه و انتقال اسپری می باشد. انتقال گلوله ای با گاز محافظ CO_2 باعث سوختن اکثر عناصر آلیاژی سیم جوش می گردد. و استحکام جوش کم می شود.

با استفاده از این روش در حالت تخت می توان به پروفیل جوشی با ارتفاع کم دست یافت

Scan Edited By Ramin Tajallaei

انتقال اسپری:

در این روش، قطرات مذاب تشکیل شده در انتهای سیم جوش، در اثر نیروی های محوری به صورت فلزات بسیار ریز بدون اتصال کوتاه و پاشش جرقه و با صدای نرم به سمت حوضچه جوش در حرکت می باشند. اندازه قطرات در این حالت بسیار کمتر از قطر سیم بوده و قوس اسپری در ولتاژهای بالا و شدت جریانهای زیاد با گاز محافظی که بالای ۸۵٪ آن گاز آرگون باشد، قابل انجام می باشد. این نوع انتقال با گاز محافظ CO_2 و هلیم قابل انجام نمی باشد.

در این حالت حرارت بسیار زیادی تولید می شود، نرخ رسوب جوش بسیار بالا بوده و برای قطعات ضخیم کاربرد دارد. و باعث ذوب مناسب دیواره اتصال می گردد.

این نوع اتصال در ولتاژ بین ۴۰-۳۲ ولت و جریان بالای ۲۵۰ آمپر قابل دسترسی می باشد. تعداد قطرات در ثانیه بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ قطره می باشد.

این روش بخاطر ایجاد حوضچه بزرگ در جوشکاری فولادها محدود به حالت تخت می باشد و در جوشکاری آلومینیوم بخاطر انتقال حرارت زیاد می تواند در حالتهای دیگر نیز بکار رود. بخاطر آمپر بالای مصرفی دستگاه باید دارای سیکل کاری مناسب بود و مشعل نیز باید از نوع آب خنک باشد، تا حرارت مشعل را سریعاً جذب نماید. بخاطر ایجاد حوضچه بزرگ مقدار گاز محافظ خروجی نیز باید بالاتر تنظیم شود.

انتقال اسپری پالسی:

انتقال اسپری پالسی، یک نوع قوس اسپری بوده که در فواصل زمانی معین و منظمی آمپر در دو محدودهٔ کم و زیاد نوسان می کند. وقتی آمپر در سطح پایین قرار می گیرد باعث پیشگرم نوک سیم و تکشیل قطره مذاب کوچکی شده و وقتی آمپر در سطح بالا

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قرار می گیرد (ضربه) باعث جداشدن قطره مذاب از نوک سیم می گردد. وقتی جریان در سطح پایین است هیچ اتصال مذابی صورت نمی گیرد و وقتی در حالت ضربه قرار می گیرد باعث انتقال یک قطره مذاب از نوک سیم می گردد. مزیت اسپری پالسی نسبت به انتقال اسپری این است که می توان از آن برای جوشکاری ورقهای نازک بدون مشکلی، استفاده نمود. همچنین از این روش می توان در حالت های غیر از تخت نیز جوشکاری نمود در انتقال اسپری پالسی پاشش جرقه ای به اطراف وجود ندارد و می توان از سیمهای قطورتر که قیمت پایین تری دارند، نیز استفاده نمود.

محدوده کاری در نمودار ولت- آمپر

در فرآیند میگ، مگ انجام جوشکاری در محدودهٔ خاصی از نمودار ولت- آمپر امکان پذیر است که این دو پارامتر ولتاژ و آمپر بایستی بدرستی تنظیم شوند.

ولتاژ از روی دستگاه تنظیم شده و آمپر بستگی به سرعت خروجی سیم دارد.

تأثیر تغییرات ولتاژ در فرآیند میگ، مگ:

وقتی با یک ولتاژ و آمپر مشخص در حالت جوشکاری می باشید، افزایش میزان ولتاژ باعث افزایش طول قوس، زیاد شدن عرض جوش، کم شدن نفوذ و کم شدن ارتفاع گرده جوش می گردد. کم نمودن ولتاژ باعث کوتاه شدن طول قوس کم شدن عرض گرده جوش، افزایش نفوذ و افزایش ارتفاع گرده جوش می گردد.

تغییر در میزان ولتاژ برروی نرخ رسوب جوش تأثیر ندارد چون سیم جوش با یک سرعت ثابت در حال تغذیه به حوضچه جوش می باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

تأثیر تغییرات آمپر در فرآیند میگ، مگ

حال نقطه کاری مناسب بال را در نظر بگیرید اکنون چنانچه آمپر را با کاهش سرعت تغذیه سیم کم نمایید طول قوس افزایش یافته، آمپرکمتر شده و نرخ رسوب جوش نیز کم می شود حال اگر سرعت تغذیه سیم را بیشتر نمایید، آمپر افزایش یافته، طول قوس کمتر شده، نرخ رسوب جوش بیشتر و گرده جوش محدب تر می شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قوس ضربانی (پالسی)- بخش دوم:

اهمیت اثر تنظیم صحیح متغیرها در حین جوشکاری با قوس پالسی:

جریان پیش زمینه (I_B) :

اندازه جریان پیش زمینه باید بطور کاملاً موثر، بزرگ انتخاب گردد تا از بی اثر شدن قوس در حین دو پالس جلوگیری بعمل آید.

در عین حال باید از انتخاب بیش از حد اندازه جریان پیش زمینه اجتناب شود. زیرا در غیر اینصورت قطرات در زمان بین دو پالس نیز بوجود آمده و انتقال می یابند.

جریان پالسی (I_P):

به منظور اطمینان از عدم انتقال قطرات به روش اتصال کوتاه، مقدار جریان پالسی و همچنین مدت آن باید به مقداری حساس و بحرانی رسانده شود.

اگر اندازه جریان پالسی بیش از حد مجاز بزرگ انتخاب گردد، شتاب بیش از حد قطرات در حین انتقال می تواند سبب ترشح، برشی شبیه نفوذ و بریدگی کنار جوش شود.

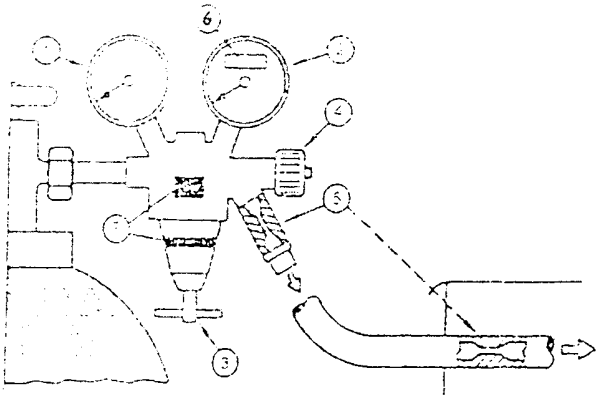
زمان تناوب پالس (t_p):

با افزایش زمان تناوب پالس برتعداد قطرات و قدرت قوس افزوده می شود.

در هنگامیکه جوشکاری با زمان تناوب پالسی کم (۵۰-۲۰ هرتز) صورت می گیرد، شدت غیر طبیعی قوس می تواند فشار قابل توجهی را برچشم ها وارد نماید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

تنظیم کننده (گیج) فشار خروج گاز و کنترل های مربوط به آن:



۱. مانومتر فشار گاز

۲. نمایش دهنده فشار داخل سیلندر

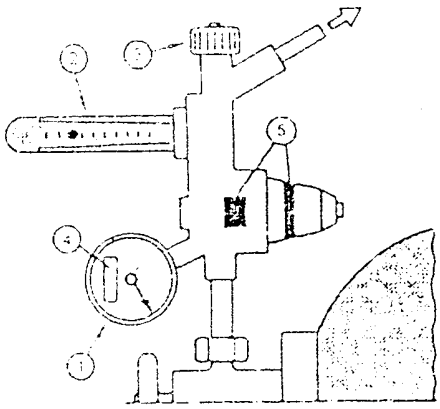
۳. پیچ تنظیم کننده فشار

٤. دریچه ایمنی (Shut- off valve)

٥. نازل کاهش دهنده فشار (Pilot Tube)

٦. نمایانگر نوع گاز مصرفی

٧. کدهای دنگی مشخص کننده نوع گاز مصرفی



۱. مانومتر فشار گاز

۲. اندازه گیر فشار گاز با گلوله معلق (روتامتر)

۳. پیچ تنظیم کننده فشار

٤. نمایانگر نوع گاز

٥. کدهای رنگی مشخص کننده نوع گاز

روش محاسبه میزان مصرف گاز محافظ و انتخاب نازل گاز:

الف) یک قانون سرانگشتی:

قطر سیم جوش مورد استفاده را با کولیس اندازه گیری نمایید و سپس:

برای جوشکاری آلومینیوم: ۱۲× قطر سیم جوش

برای جوشکاری فولادها: ۱۰ × قطر سیم جوش

ب) استفاده از نمودار:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

با داشتن اطلاعاتی در مورد شدت جریان مورد استفاده و یا شماره نازل انبر جوشکاری و با استفاده از نمودار زیر می توانید میزان مناسب و صحیح فشار گاز محافظ خروجی را تعیین نمایید.

توجه:

انواع گوناگون طرح اتصال، نیاز به مقادیر دبی خروجی گاز محافظ دارند.

فلزات مختلف، نیاز به مقادیر متفاوت دبی خروجی گاز محافظ دارند.

هرگونه اشتباه در انتخاب شماره نازل، موجب بروز خطا و اشتباه در دبی خروجی گاز می شود.

در صورت بروز اشتباه در انتخاب مقدار صحیح دبی خروجی گاز، عمل حفاظت حوضچه مذاب جوش به درستی صورت نگرفته و بروز ناپیوستگی تخلخل حتمی است.

نحوه محاسبه نرخ رسوب (Deposition Rate):

مهمترین فاکتور برای محاسبه میزان نرخ رسوب، سرعت خروج سیم است. نرخ رسوب براساس kg/h بیان می شود.

$$\frac{\text{سرعت خروج سیم جوش (m/mn)} * \text{وزن واحد سیم جوش (g/m)} * 60}{100} = kg/h$$

مثال:

با استفاده از سرعت خروج سیم ۱۲ متر بردقیقه و سیم جوش داری قطر ۲و۱ میلی متر، خواهیم داشت:

$$\text{نرخ رسوب} = \frac{12 \times 8.9 \times 60}{1000} = 6.4 kg/h$$

Scan Edited By Ramin Tajallaei

توجه داشته باشید که در این مثال، وزن واحد سیم جوش نمره ۲و۱ ، ۸,۹ گرم برمتر در نظر گرفته شده است.

داده های جوشکاری برای انواع مختلف اتصالات جوشی با ضخامت های متفاوت:

گاز محافظ مورد استفاده : M21-DIN- EN 439

اثر تغییرات ولتاژ با نرخ تغذیه سیم ثابت:

با اعمال تغییرات در ولتاژ U، در حالت ثابت بودن نرخ تغذیه سیم، طول قوس و در نتیجه شکل پروفیل جوش تغییر می یابد. شدت جریان (I) و نرخ رسوب، ثابت باقی می مانند.

اثر تغییر نرخ تغذیه سیم در حالت ولتاژ ثابت:

با تغییر نرخ تغذیه سیم برروی یک خط، طول قوس، شدت جریان، نرخ رسوب و شکل پروفیل جوش تغییر می یابند.

اثر تغییر در موقعیت قرار گیری انبر جوشکاری در حالتی که باقی متغیرها، ثابت می باشند:

اثر فاصله انتهای نازل تماسی (Contact Tube) در حالتی که باقی متغیرها، ثابت می باشند:

طول آزاد الکترود و فاصله نازل تماس (Contact Tube) با قطعه کار در جوشکاری با فرآیند MAG:

برای سیم جوش های با قطر ۲,٤-۱٦ میلی متر

Scan Edited By Ramin Tajallaei

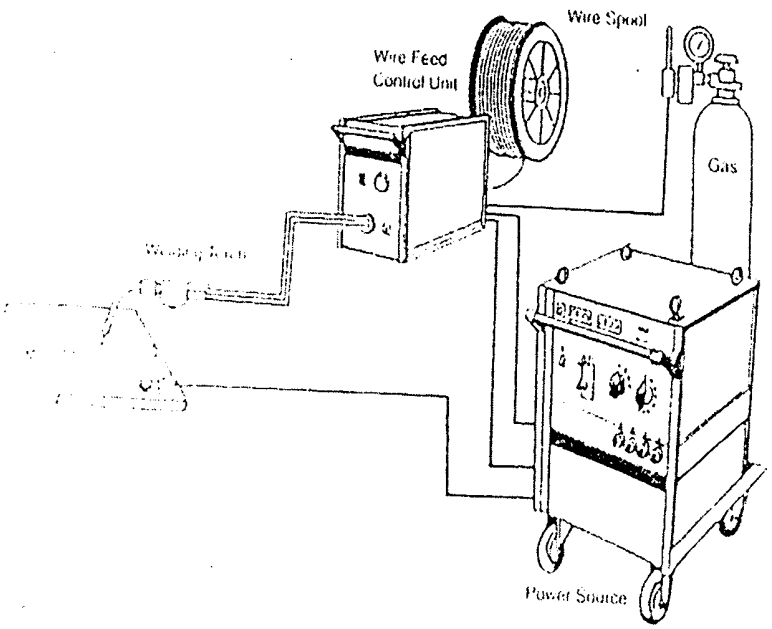
برای سیم جوش های با قطر ۱,۲-۰,۸ میلی متر

F= طول آزاد الکترود (Stickout)

K= فاصله نازل تماس = طول قوس +f

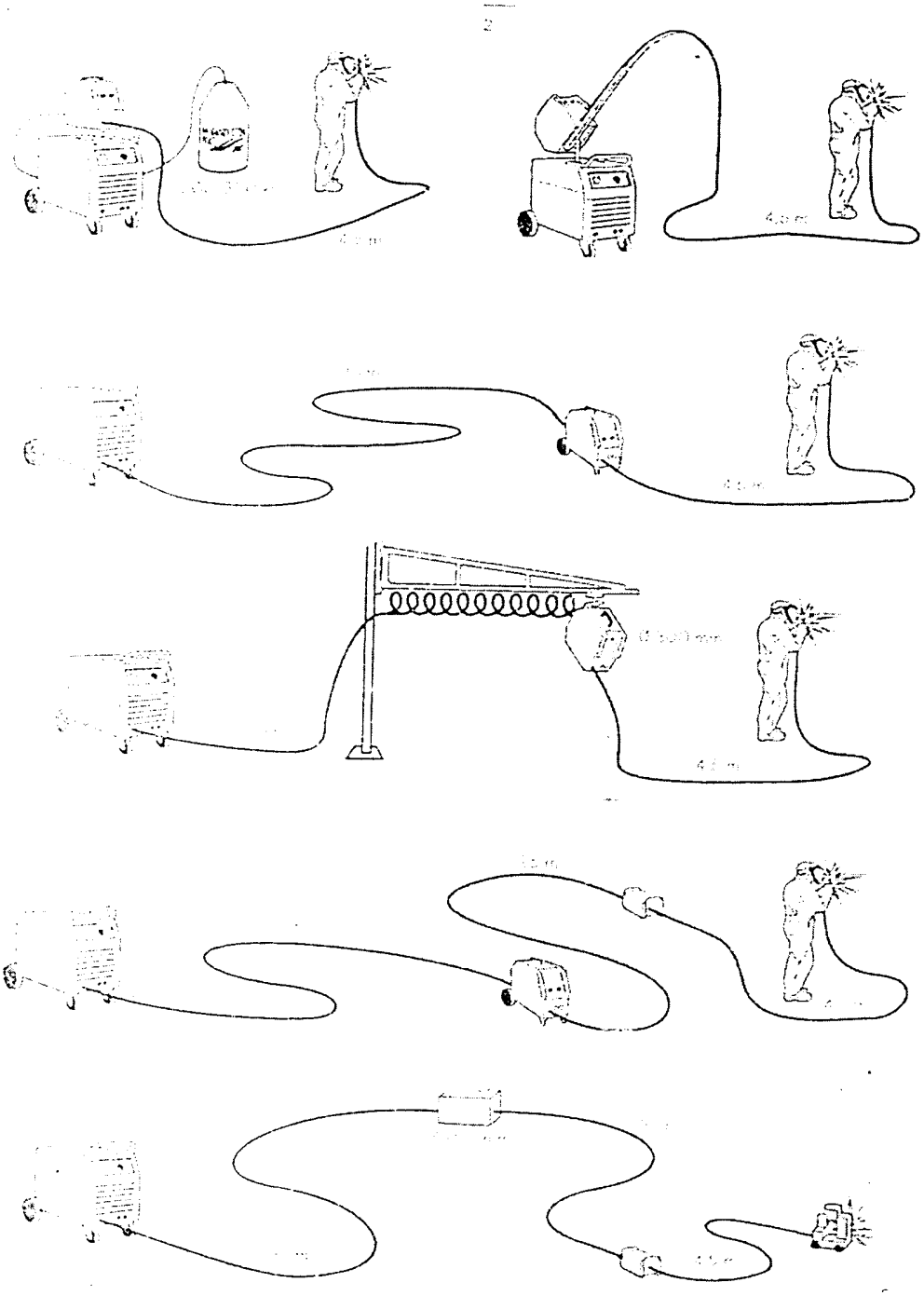
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱ : شمای کلی دستگاه جوشکاری MIG/MAG



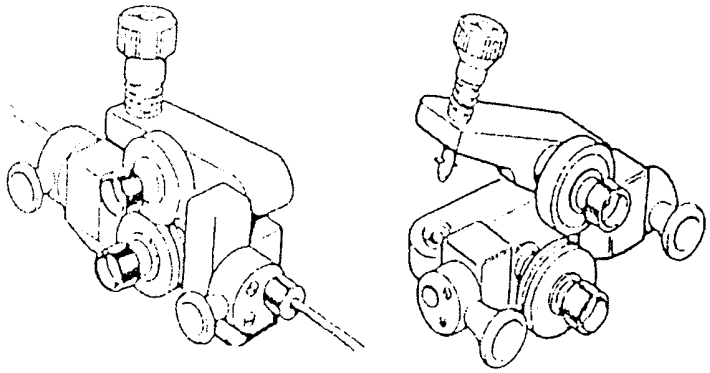
Scan Edited By Ramin Tajallaei

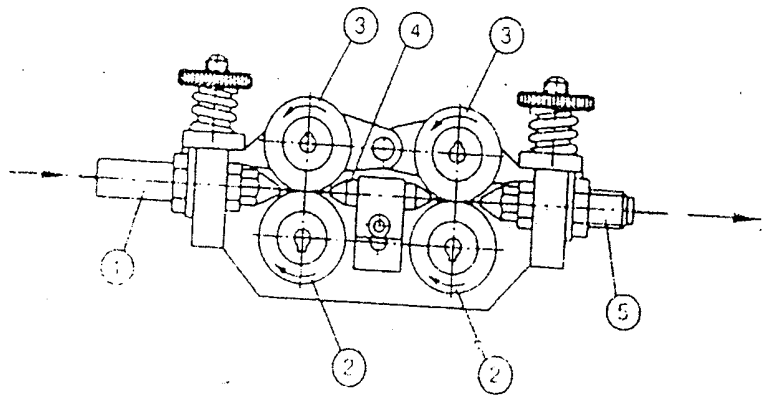
شکل ۲ : سیستم های مختلف تغذیه سیم



Scan Edited By Ramin Tajallaei

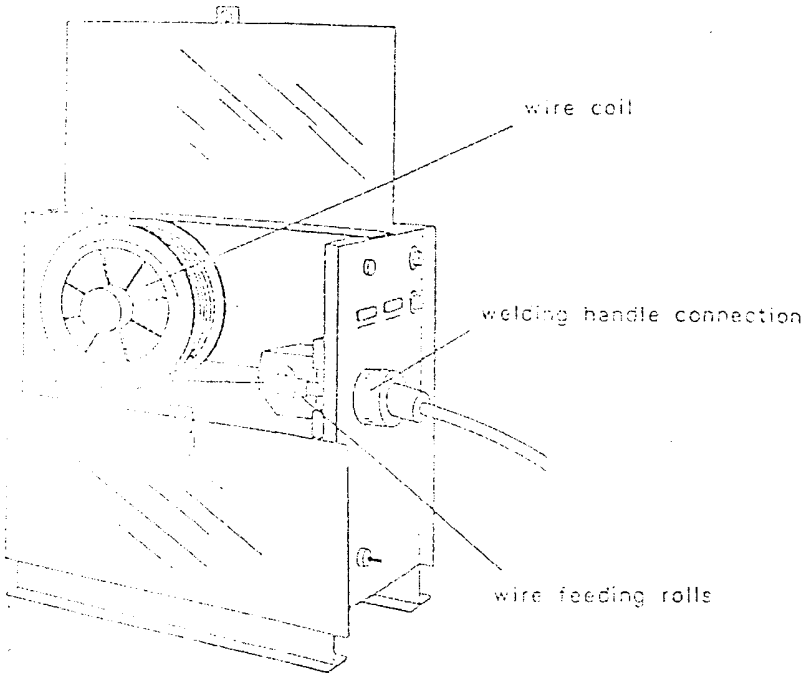
شکل ۳ : انواع مختلف Wire Feeder



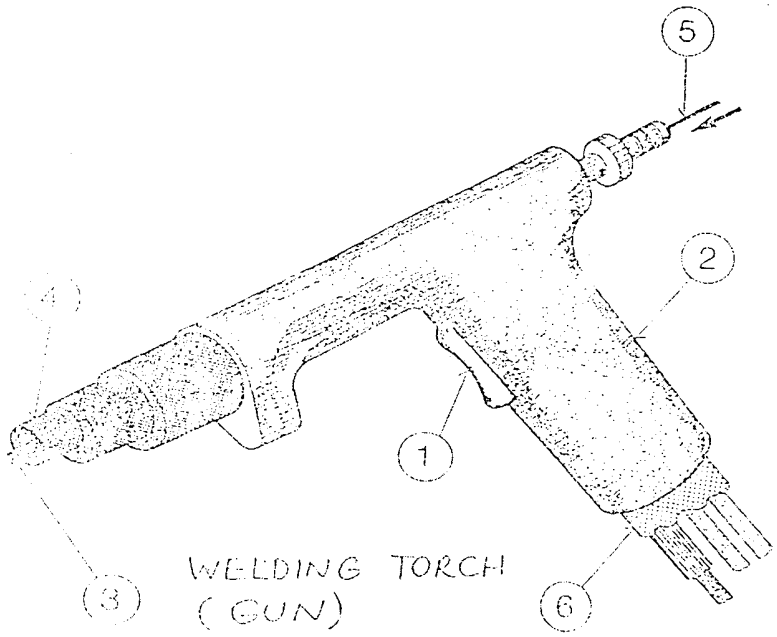


Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل۴: واحد تغذیه سیم



شکل ۵ : تورچ



Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل نهم

۱۰ـ۱

جوشکاری به روش الکترود دستی

Manual Metal Arc welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

اصول فرآیند جوشکاری با قوس الکتریکی دستی (SMAW)&(MMAW)

امروزه جوشکاری SMAW بیشترین موارد مصرف را در میان سایر فرآیندهای جوشکاری قوسی دارا می باشد. در این فرآیند از گرمای قوس برای ذوب فلز پایه و الکترود روپوش دار استفاده می شود. فرآیند SMAW شامل منبع نیرو، کابلهای جوشکاری، انبر الکترودگیر و انبر اتصال و الکترود می باشد. از دو کابلی که به دستگاه متصل می گردد، یکی به انبر اتصال و دیگری به انبر الکترودگیر متصل می گردد.

با برقراری قوس الکتریکی بین نوک الکترود و سطح کار جوشکاری شروع شده و حرارت شدید قوس الکتریکی ، نوک الکترود و سطح کار را که در مجاورت قوس قرار دارد، ذوب می نماید. بمحض برقراری قوس نوک الکترود ذوب شده و قطرات مذاب به سمت حوضچه جوش منتقل می شوند. از آنجا که قوس الکتریکی یکی از منابع حرارتی قوی می باشد(حرارت قوس بین ۵۵۰۰-۴۵۰۰درجه سانتیگراد) فلز پایه خیلی سریع ذوب می گردد. انرژی الکتریکی باید به اندازه کافی زیاد بوده تا بتواند فلز پایه و الکترود را ذوب نماید. طول قوس مناسب برای پایداری قوس و انتقال مناسب قطرات مذاب به حوضچه جوش ضروری می باشد. عمل محافظت حوضچه جوش ، قوس، و منطقه حرارت دیده اطراف حوضچه جوش توسط گاز حاصل از سوختن روپوش الکترود صورت می گیرد.

قابلیتها و محدودیتهای فرآیند SMAW

قوس الکتریکی دستی یکی از کاربردی ترین فرآیندهای جوشکاری بویژه جهت استفاده در تولید، کارهای تعمیر و نگهداری و در زمینه ساخت و ساز می باشد.

موارد زیر از اهم مزایای این فرآیند می باشد:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۱- تجهیزات این فرآیند معمولاً ساده، ارزان وقابل حمل می باشد.

۲- روپوش الکترود، مانع از اکسید شدن فلز جوش و حوضچه در طول جوشکاری می گردد.

۳- به فلاکس و گازهای محافظ کمکی, دیگر نیازی نیست

٤- در مناطقی که دسترسی به آن مشکل است به راحتی این فرآیند کاربرد دارد

٥- این فرآیند برای جوشکاری اغلب فلزات و آلیاژها مناسب است

از الکترودهای SMAW می توان برای جوشکاری فولاد کربنی ، فولاد کم آلیاژ فولادهای آلیاژی و ضد زنگ، چدن ، مس، نیکل و آلیاژهای آنها و برخی آلیاژهای آلومینیومی استفاده کرد. از آنجا که حرارت قوس در این فرآیند بسیار بالا می باشد، لذا استفاده از این فرآیند برای جوشکاری فلزات زود ذوب مانند سرب، قلع، روی و آلیاژهای آنها مناسب نیست. آمپر بیش از حد مجاز سبب بیش از حد گرم شدن الکترود و شکسته شدن پوشش الکترود می گردد.

انواع جریان مصرفی:

در جوشکاری با قوس الکتریکی دستی از دو جریان متناوب AC و جریان مستقیم DC می توان استفاده نمود. انتخاب نوع جریان مصرفی بستگی به روپوش الکترود مصرفی دارد.

جریان مستقیم DC :

جریان مستقیم بطور گسترده ای در این فرآیند مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای جریان مستقیم عبارتند از:

۱- امکان جوشکاری با آمپرهای کم وجود دارد

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲- همه نوع الکترودی باآن قابل جوشکاری می باشد.

۳- امکان تغییر قطب وجود دارد.

٤- برقراری قوس راحتتر است

معایب جریان مستقیم:

۱- امکان ایجاد وزش قوس وجود دارد

۲- دستگاههای جریان مستقیم گرانتر و هزینه نگهداری و تعمیرات آن بیشتر است

تغییر قطب در جریان مستقیم:

از دو نوع قطبیت در جریان مستقیم می توان استفاده نمود

الف / قطب مستقیم ب/ قطب معکوس

الف) قطب مستقیم : (DCSP)(DCEN)

اگر انبر الکترود به قطب منفی و انبر اتصال به قطب مثبت دستگاه وصل شود به این حالت قطب مستقیم یا DCSP گفته می شود. حرکت الکترونها از سمت نوک الکترود به سمت قطعه کار می باشد.

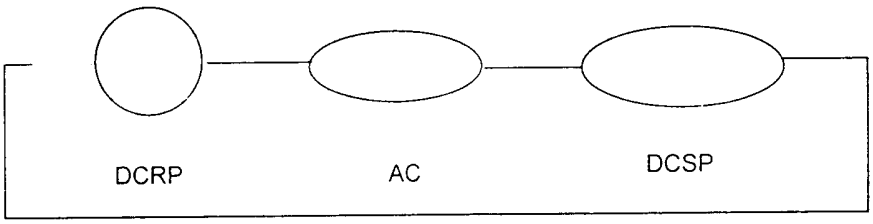
ب) قطب معکوس(DCRP)(DCEP)

اگر انبز الکترود به قطب مثبت و انبر اتصال به قطب منفی دستگاه وصل شود به این حالت قطب معکوس یا DCRP گفته می شود. حرکت الکترونها از سمت سطح کار به طرف نوک می باشد.

انتخاب نوع قطبیت در جوشکاری قوس الکتریکی فقط بستگی به نوع روپوش الکترود مصرفی دارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در اکثر کتب جوشکاری عنوان شده که در قطب معکوس سرعت ذوب الکترود سریعتر ، نفوذ کمتر و عرض حوضچه جوش بیشتر است و در قطب مستقیم سرعت ذوب الکترود کمتر، نفوذ بیشتر و عرض حوضچه جوش کمتر است ولی در عمل این تئوری برعکس می باشد یعنی در قطب معکوس سرعت ذوب الکترود کمتر و نفوذ بیشتر بوده ولی در قطب مستقیم سرعت ذوب الکترود بیشتر و نفوذ کمتر می باشد.



این مسئله بخاطر مواد روپوش می باشد بعنوان مثال وقتی از الکترود سلولزی با قطب معکوس استفاده می گردد یک شعله ئیدروژنی قوی در نوک الکترود شکل می گیرد که باعث ذوب سریع قطعه کار می گردد ولی وقتی الکترود سلولزی را با قطب مستقیم بکار می برید، شعله ئیدروژنی تشکیل نشده و ذوب قطعه بخوبی انجام نمی شود.

جریان متناوب :

در جریان متناوب جهت حرکت الکترونها بصورت مداوم عوض می شود یعنی جای قطب مثبت و منفی جابجا می شود. بنابراین امکان تغییر قطب مانند جریان مستقیم وجود ندارد. در جریان متناوب در یک ثانیه ۵۰ مرتبه قطب مستقیم و ۵۰ مرتبه قطب معکوس شکل می گیرد. بنابراین شکل جوش و مقدار نفوذ و سرعت ذوب الکترود، مابین قطب معکوس و قطب مستقیم در جریان DC می باشد. الکترودهایی با جریان AC قابل استفاده می باشند، که دارای مواد پایدار کننده قوس نظیر پتاسیم در روپوش خود باشند. الکترودی که فاقد این ماده باشد، در جریان AC دارای قوس پایدار نمی باشد چون جریان AC در

Scan Edited By Ramin Tajallaei

هر ثانیه چندین مرتبه به صفر می رسد واین مسئله باعث قطع شدن قوس الکتریکی می گردد.

مزیت جریان متناوب:

۱- دستگاه های جریان AC ارزانتر و هزینه نگهداری آنها کمتر است

۲- امکان ایجاد وزش قوس وجود ندارد

معایب:

۱- برقراری قوس مشکلتر است

۲- همه نوع الکترودی با آن قابل جوشکاری نمی باشد

۳- امکان تغییر قطب وجود ندارد

٤- خطر برق گرفتگی در جریان AC بیشتر است

منابع تغذیه:

استفاده از منبع تغذیه با جریان متناوب AC و یا جریان مستقیم DC در فرآیند SMAW بستگی به نوع الکترود دارد . نوع جریان مصرفی بر روی عملکرد الکترود تاثیر گذار است. هر نوع جریان، مزایا و محدودیتهای مخصوص به خود را دارد و این موارد هنگام انتخاب نوع جریان برای یک کار برد خاص باید مد نظر قرار گیرند.

نمودار ولت – آمپر

در شکل یک نمونه از خصوصیات خروجی ولت – آمپر را در دو نوع منابع تغذیه ACوDC مشاهده می کنید. منابع تغذیه ولتاژ ثابت برای فرآیند SMAW مناسب نیست، چرا که وقتی منحنی ولت – آمپر از نوع ولتاژ ثابت باشد، کوچکترین تغییر در طول قوس (ولتاژ) سبب ایجاد تغییرات زیادی در جریان می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

استفاده از منبع تغذیه شدت جریان ثابت برای جوشکاری های دستی مناسبتر است، به این دلیل که هرچه شیب منحنی ولت – آمپر بیشتر شود، تغییرات کمتری در جریان در اثر تغییر در ولتاژ قوس (طول قوس) حاصل می گردد.

متغیرهای جوشکاری

الف) آمپر:

الکترودهای روپوش دار در یک قطر مشخص ولی با جنس روپوش مختلف در محدودهٔ مختلفی از جریان مورد استفاده قرار می گیرند این محدوده تا حد زیادی با ضخامت و جنس روپوش تغییر می کند . در بین الکترودهای موجود، الکترودهای سلولزی نیاز به آمپر کمتری داشته و الکترودهای قلیایی نیاز به آمپر بیشتری دارند. در یک آمپر مشخص الکترودهای پودر آهن دار دارای نرخ رسوب جوش بیشتری می باشد.

انتخاب جریان در یک نوع الکترود به فاکتورهای زیادی از جمله موقعیت جوشکاری و نوع اتصال بستگی دارد. جریان باید به حدی باشد که در عین اینکه باعث کنترل مناسب بر روی حوضچه مذاب شود، باعث ذوب دیوارهٔ اتصال و نفوذ مناسب شود. برای جوشکاری در حالت سربالا و سقفی ، جریان مناسب باید در کمترین حد مجاز تنظیم شود. در صورت استفاده از جریان های بالاتر ، گرمای ایجاد شده بیشتر شده و باعث ایجاد پاشش جرقه زیاد، انحراف قوس خوردگی کنار جوش و گاهی ترک در فلز جوش می گردد.

طول قوس

طول قوس به فاصله بین نوک الکترود تا سطح مذاب می باشد. طول قوس مناسب جهت ایجاد اتصال بی نقص ، دارای اهمیت می باشد. چنانچه در جوشکاری از جریان طول

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قوس مناسب استفاده شود، هر گونه تغییر در ولتاژ قوس به حداقل خواهد رسید. ایجاد این حالت وابسته به تغذیه ثابت و منظم الکترود می باشد.

طول قوس صحیح با توجه به طبقه بندی الکترود ، قطر و ترکیبات روکش الکترود و جریان و موقعیت جوشکاری تغییر می کند. با افزایش جریان و قطر الکترود، طول قوس نیز افزایش می یابد. طبق یک قاعده کلی ، طول قوس نباید از قطر مغزی الکترود بیشتر باشد.

معمولاً طول قوس در هنگام استفاده از الکترودهای با روکش ضخیم و یا الکترودهای پودر آهن دار کوتاهتر است . چنانچه طول قوس بیش از حد کم باشد، باعث ایجاد اختلال و اتصال کوتاه هنگام انتقال فلز می شود. اگر طول قوس بیش از حد زیاد باشد، این امر باعث انحراف قوس و کاهش قدرت قوس و در نهایت ایجاد جرقه های زیاد به اطراف می شود. اندازه جرقه ها درشت بوده و مقدار نفوذ کم می شود. همچنین گاز و مواد مذاب حاصل از روکش الکترود تاثیری در محافظت قوس و فلز جوش ندارد نهایتاً این امر می تواند منجر به ایجاد تخلخل و ورود اکسیژن و نیتروژن به فلز جوش شود. کنترل طول قوس تا حد زیادی به مهارت جوشکار بستگی دارد و با اطلاعات ، دانش، تجربه و مشاهدات چشمی و زبر دستی او در ارتباط می باشد.

سرعت حرکت

سرعت حرکت،نسبت حرکت الکترود در طول اتصال می باشد. سرعتی مناسبی است که در آن درز جوش با طرح و ظاهر مناسب ایجاد شود. سرعت حرکت تحت تاثیر فاکتورهای زیادی قرار دارد موارد زیر از آن جمله اند:

۱- قطبیت جریان جوشکاری ۲- موقعیت جوشکاری ۳- نرخ ذوب الکترود

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٤- ضخامت مواد ٥- وضعیت سطح فلز پایه ٦- نوع اتصال ٧- مهارت در بکارگیری الکترود.

هنگام جوشکاری ، سرعت جوشکاری باید بگونه ای تنظیم شود که قوس به آرامی حوضچه جوش مذاب را هدایت نماید. تا رسیدن به یک نقطه خاص، افزایش سرعت حرکت، درز جوش را باریکتر نموده و نفوذ را افزایش می دهد. بالاتر شدن سرعت جوشکاری باعث کاهش نفوذ، بی نظمی سطح پهنای جوش، ایجاد برش کناره جوش، مشکل شدن جدا سازی سرباره و ایجاد تخلخل در فلز جوش می شود. سرعت حرکت کم سبب ایجاد درز جوش پهن و مقعر با نفوذی کم عمق می شود. نفوذ کم، بعلت توقف قوس روی حو ضچه مذاب به جای هدایت و تمرکز آن روی فلز پایه ایجاد می شود. سرعت حرکت روی حرارت ورودی نیز تاثیر می گذارد و باعث افزایش حرارت ورودی شده و منطقه HAZ افزایش می یابد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترودها و شناسائی آنها

تعریف الکترود:

الکترود میله ایست فلزی یا غیر فلزی که جریان الکتریکی از آن عبور نموده و قوس بین نوک الکترود و سطح کار برقرار می گردد.

الکترودها به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- الکترودهای غیر ذوب شونده: مانند الکترود تنگستنی در جوشکاری تیگ و الکترود ذغالی در برشکاری و شیار زنی با قوس الکتریکی (گوجینگ)

۲- الکترودهای ذوب شونده

الکترودهای ذوب شونده به سه دسته تقسیم می شوند:

۱- الکترودهای بدون روپوش : مانند الکترودهای جوشکاری زیر پودری و میگ ، مگ

۲- الکترودهای تو پودری: درروش جوشکاری میگ، مگ بکار می رود.

۳- الکترودهای روپوش دار: مانند الکترود جوشکاری قوس الکتریکی دستی .

الکترودهای روپوش دار:

در جوشکاری قوس الکتریکی دستی SMAW از الکترودهای روپوش دار استفاده می گردد. هر الکترود از یک مغزی بصورت مفتول فلزی و روپوش که ترکیبی از مواد معدنی، شیمیایی و پودر فلزات مختلف است، تشکیل شده است.

وظیفه اصلی روپوش الکترود جلوگیری از ورود اکسیژن ، نیتروژن، هیدروژن و بخار آب موجود در هوا به محیط قوس الکتریکی و حوضچه جوش بهنگام جوشکاری می باشد.

این عمل با ایجاد هاله ای از گاز در هنگام سوختن روپوش الکترود انجام می گیرد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ورود اکسیژن باعث اکسید شدن و نیتروژن باعث نیترید شدن و هیدروژن باعث ایجاد مگ و ترک ئیدروژنی و در مجموع باعث کاهش استحکام جوش در فولاد می گردد.

بخار آب در محیط قوس به اکسیژن و ئیدروژن تجزیه می گردد.

وظایف دیگر روپوش الکترود عبارتند از: پایداری قوس ، تصفیه فلز جوش، اضافه نمودن عناصر آلیاژی و جلوگیری از زود سرد شدن فلز جوش می باشد.

پایداری قوس:

برقراری و روشن نکه داشتن قوس با الکترودهای بدون روپوش بسیار مشکل می باشد. ولی مواد پایدار کننده موجود در روپوش الکترود این کار را براحتی امکان پذیر می سازد.

تصفیه فلز جوش:

چون امکان ورود بعضی از عناصر مضر (فسفر، گوگرد، اکسیژن ، نیتروژن و...) به داخل فلز جوش وجود دارد مواد روپوش الکترود با این عناصر مضر ترکیب شده و آنها را در سطح فلز جوش بصورت سرباره شناور می سازد.

اضافه نمودن عناصر آلیاژی:

چنانچه فلز جوش آلیاژی مد نظر باشد می توان پودر فلزات مختلف را با درصد معین در روپوش الکترود اضافه نمود، هنگام جوشکاری این عناصر ذوب شده و وارد حوضچه جوش شده و فلز جوش آلیاژی ایجاد می نماید. اضافه نمودن پودر در روپوش الکترود باعث کاهش قیمت تمام شده الکترودهای آلیاژی و کم آلیاژ می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جلوگیری از زود سرد شدن فلز جوش:

گل جوش مانند یک عایق حرارتی بر روی فلز جوش از زود سرد شدن جوش جلوگیری می نماید. این عمل در جوشکاری فلزاتی که قابلیت سخت شدن دارند بسیار مفید می باشد و مانع سخت شدن فلز جوش می گردد.

تقسیم بندی مغزی الکترود شامل:

۱- فولاد کربن

۲- فولاد کم آلیاژی

۳- فولاد آلیاژی

٤- مس و آلیاژهای آن

٥- نیکل و آلیاژهای آن

٦- آلومینیم و آلیاژهای آن

تقسیم بندی روپوش الکترودهای فولاد شامل :

۱- روتیلی (اکسید تیتانیوم)

۲- سلولزی

۳- قلیائی(کم ئیدروژنی)

٤- اکسیدی(اسیدی)

ابعاد الکترود:

مغزی الکترود در اندازه های (میلیمتر) ۱۰، ۸،۶،۵، ۳/۴،۲، ۲/۵، ۲و از نظر طول در اندازه (میلیمتر) ...و ۴۵۰،۳۵۰،۳۰۰،۲۵۰،۲۰۰ موجود می باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود با روپوش روتیلی:

در روپوش این الکترود حدود ۴۵٪ اکسید تیتانیوم(روتیل Tio_2) وجود دارد. روتیل یک ماده سرباره ساز بوده و براحتی از سطح جوش جدا شده و همچنین در شکل دادن گرده جوش و برقراری قوس مفید می باشد. این الکترود دارای مصارف عمومی بوده و برای اسکلت سازی و درسازی و پنجره سازی کاربرد دارد. روپوش این الکترود مقاوم به روطوبت بوده و نیاز به خشک کردن در کوره ندارد.

مقدار نفوذ الکترودهای روتیلی کم بوده بنابراین می توان ورقهای نازک را بدون احتمال سوراخ شدن جوشکاری نمود.

-مزیت الکترود با روپوش روتیلی عبارتست از:

۱- شروع و نگهداری قوس آسان می باشد.

۲- با هر دو جریان AC و DC قابل جوشکاری می باشد.

۳- کار کردن با آن راحت می باشد

٤- در همه حالات قابل جوشکاری می باشد.

٥- گل جوش براحتی از سطح فلز جدا می شود.

٦- حساسیت به جذب رطوبت ندارد.

- معایب الکترود روتیلی:

۱- برای جوشکاری ورقهای با ضخامت بالای۲۰ mm مناسب نمی باشد.

۲- مقاومت به ضربه فلز در دماهای زیر صفر خیلی کم است.

۳- مقدار ئیدروژن ایجاد شده در این الکترودها بالا می باشد.

٤- برای فولادهای با کربن بالاتر از٪ ۰/۲ مناسب نمی باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود با روپوش سلولزی:

در موارد روپوش این الکترود حدود ۴۰٪ مواد سلولزی بکار رفته است. روپوش این نوع الکترود نازک بوده و قوس قوی و پر نفوذ ایجاد می نماید. در اثر سوختن موادسلولزی یک شعله ئیدروژنی ایجاد می گردد. بهنگام سوختن مواد روپوش ، سر باره بسیار نازکی بجا می‌ماند که براحتی از سطح جوش جدا می شود و دو دو جرقه زیادی تولید می کند.

نفوذ جوش بالا بوده و در همه حالتها می توان جوشکاری نمود.

پاس نفوذی لوله ها و مخازن را با این الکترود جوشکاری می نمایند.

مزیت:

۱- نفوذ جوش الکترود سلولزی زیاد است.

۲- سرعت ذوب الکترود بالاتر است

۳- با آمپر کمتری جوشکاری می شوند

٤- گل جوش کمی بر جای می گذارند

٥- در حالت سرازیری قابل جوشکاری می باشند.

معایب:

۱- کار کردن با این الکترود بسیار مشکل است

۲- دودو جرقه زیادی ایجاد می شود.

۳- مقدار ئیدروژن حاصله بسیار بالا می باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود با روپوش اکسیدی :

در روپوش این الکترود مقدار زیادی اکسید آهن وجود دارد. استحکام مکانیکی این الکترود ضعیف بوده و فقط برای کارهائی که در آنها استحکام ، مورد نظر نباشد بکار می رود در حال حاضر تولید این الکترودها بسیار محدود می باشد.

الکترود با روپوش قلیائی (کم ئیدروژن)

بهترین کیفیت جوش با این الکترود حاصل می گردد و دارای مقاومت به ضربه بالائی در دمای زیر صفر درجه می باشد. جوش حاصل عاری از هر گونه مگ و تخلخل می باشد. روپوش این الکترود بسیار ترد و شکننده بوده و با کمترین ضربه امکان شکستن و ریختن روپوش وجود دارد. این الکترود باید با احتیاط حمل و نقل شود و نباید آنرا خم نمود. این الکترود قبل از مصرف باید دردمای 250^{cc} الی 350^{cc} به مدت ۲ تا ۳ ساعت در کوره الکترود خشک کن باز پخت شوند تا رطوبت آنها تبخیر شود(بسته به توصیه کارخانه سازنده)

مزایای الکترود با روپوش قلیائی :

۱- استحکام مکانیکی جوش بسیار بالا است.

۲- کمترین مقدار ئیدروژن را تولید می کند

۳- برای هر نوع ضخامت مناسب می باشد

٤- برای اکثر فولادهای کربنی و کم آلیاژی مناسب می باشد.

معایب:

۱- جوشکاری با این الکترود بسیار مشکل است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲- اکثراً با جریان مستقیم قابل جوشکاری می باشند.

۳- عمل جدا شدن سرباره آن از سطح جوش مشکل تر می باشد.

٤- بسیار جاذب رطوبت می باشد.

٥- روشن شدن مجدد قوس مشکل است.

خشک کردن یا باز پخت الکترودها در کوره:

الکترودهای قلیائی یا کم ئیدروژن (الکترودهائی که رقم آخر آنها 5,6,8 می باشد) بایستی همیشه قبل از مصرف در کوره باز پخت شوند تا رطوبت آن به کمترین حد ممکن برسد که باعث ایجاد ترک ئیدروژنی و مک در فلز جوش نگردد.

بعد از باز نمودن درب جعبه الکترود بایستی الکترودها را داخل کوره قرار داد و بسته به توصیه کارخانه سازنده الکترود، دمای کوره را بین 250 تا 350 درجه سانتیگراد تنظیم نموده و به مدّت ۲ تا ۳ ساعت دراین دما الکترودها را خشک نمود.

سپس دمای کوره را روی 70 تا 100 درجه سانتیگراد تنظیم نموده به اندازه مصرف، الکترود را از داخل کوره اصلی خارج نموده و به داخل کوره های دستی منتقل نمایند. دمای کوره دستی نیز باید 70 تا 100 درجه سانتیگراد باشد.

در پایان کار روزانه الکترودهای مصرف نشده بایستی مجدداً به داخل کوره اصلی منتقل شوند. سایر الکترودهای مختلف نیاز به پخت ندارند فقط در صورت تماس بایستی در دمای 100 تا 120 درجه سانتیگراد خشک شوند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مواد تشکیل دهنده روپوش و تأثیر آنها

ماده	تأثیر
روتیل Tio_2	ماده سرباره ساز جداشدن بهتر سرباره، شکل دهی گرده جوش و برقراری قوس مجدّد آسان
کوارتز sio_2	افزایش ظرفیت جریان الکترود – سیال نمودن سرباره
اکسید آهن Fe_2o_3	ریز نمودن انتقال قطرات مذاب
کربنات کلسیم $caco_3$	کم کردن ولتاژ قوس – تشکیل دهنده سرباره و گاز محافظ
فلوارسپار caf_2	
پتاسیم فلسپار k_2o $Al_2o_3.Gsio_2$	یونیزه نمودن محیط قوس و پایداری قوس
فرومنگنز و فروسیلسیم	اکسیژن زدا
سلولز	تشکیل دهنده گاز محافظ
خاک گل چینی $Al_2o_3\ 2sio_2\ 2H_2o$	روان ساز فلز مذاب
چسب سیلسیم یا پتاسیم $k2sio_3$ $Na2sio_3$	چسباندن مواد روپوش

Scan Edited By Ramin Tajallaei

مواد تشکیل دهنده روپوش و تأثیر آنها

نوع سلولزی	نوع اسیدی	نوع روتیلی	نوع قلیائی
سلولز 40% روتیل 20% کوارتز 25% فرومنگنز 15% چسب و شیشه	اکسید آهن 50% کوارتز 20% سنگ آهک 10% (کربنات کلسیم) فرومنگنز 20% چسب و شیشه	روتیل 45% کوارتز 20% کربنات کلسیم 10% فرومنگنز 20% چسب و شیشه	فلوراسپار 40% کربنات کلسیم 20% کوارتز 25% فرومنگنز 15% چسب و شیشه
اندازه قطرات مذاب متوسط	اندازه قطرات مذاب بصورت ریز و اسپری	اندازه قطرات مذاب متوسط تا ریز	اندازه قطرات مذاب متوسط تا درشت
مقاومت به ضربه خوب	مقاومت به ضربه معمولی	مقاومت به ضربه خوب	مقاومت به ضربه بسیار عالی

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شناسائی الکترودهای روپوشه دار فولادی کربنی (مطابق استاندارد AWS):

در استاندارد انجمن جوشکاری امریکا AWS از یک حرف E به معنی الکترود دو یک عدد چهار رقمی یا پنج رقمی برای شناسائی الکترود استفاده می گردد.

$E\times\times\times\times$ (چهار رقمی) مانند : $E\ 6013$, $E\ 7018$

$E\times\times\times\times\times$ (چهار رقمی) مانند : $E\ 11018$, $E\ 12018$

دو رقم اول از سمت چپ در الکترودهای چهار رقمی $E\times\times\times\times$ و سه رقم اول از سمت چپ در الکترودهای پنج رقمی $E\times\times\times\times\times$ نشان دهنده مقاومت کششی فلز جوش ضربدر 1000 بر حسب واحد پوند بر اینچ مربع (PSI)

$E\ 6013 \rightarrow 60\times1000 = 60000\ PSI$
$E\ 7018 \rightarrow 70\times1000 = 70000\ PSI$
$E\ 11018 \rightarrow 770\times1000 = 110000\ PSI$

برای تبدیل واحد PSI به واحد kg/mm^2 می توانید بجای عدد 1000 در 0.7 ضرب نمائید: $E\ 6013 \rightarrow 60\times0.7 = 42\ kg/mm^2$ این عدد به معنی آنست که اگر از فلز جوش حاصل یک مفتول مربع به ابعاد 1×1 میلیمتر تهیه شود بایستی به آن 42kg نیرو اعمال نمود تا آن منقول پاره شود.

$E\times\times\times\times$

$E\times\times\times\times\times$

رقم دوّم از سمت راست نشان دهنده حالت جوشکاری می باشد.

حالتهای جوشکاری شامل تخت، سربالا، افقی، سقفی، سرازیر می باشد.

این رقم شامل عدد 4.2.1 می باشد در استاندارد جدید عدد 4 جایگزین عدد 3 شده است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

رقم 1 نشاندهنده جوشکاری در تمام حالات بجز سرازیر می باشد.

رقم 2 نشاندهنده جوشکاری در حالت تخت و سپری در وضعیت افقی (2F)

رقم 4 نشاندهنده جوشکاری در تمام حالات با سرازیر می باشد.

رقم اول از سمت راست نشاندهنده نوع روپوش الکترود و جریان برق مصرفی می باشد.

رقم	نوع روپوش	جریان متناوب AC	جریان مستقیم با قطب مستقیم DCSP (انبر منفی)	جریان مستقیم با قطب معکوس DCRP (انبر مثبت)
0	سلولزی سدیم دار	-	-	+
1	سلولزی پتاسیم دار	+	-	+
2	روتیلی سدیم دار	+	+	-
3	روتیلی پتاسیم دار	+	+	+
4	روتیلی پودرآهن دار	+	+	+
5	قلیائی سدیم دار	-	-	+
6	قلیائی پتاسیم دار	+	-	+
7	اکسید آهن + پودرآهن	+	+	-
8	قلیائی + پودرآهن	+	-	+

انواع الکترودهای روپوش دار فولاد کربنی موجود شامل:

E6010	E7014
E6011	E7015
E6012	E7016
E6013	E7018
E6027	E7024
	E7028
	E7048

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شناسائی الکترودهای روپوش دار فولادی کم آلیاژ:

تعریف فولاد کم آلیاژ: فولادی که مجموع عناصر آلیاژی آن کمتر از پنج درصد باشد فولاد کم آلیاژ نامیده می شود.

شناسائی الکترودهای فولاد کم آلیاژی مشابه شناسائی الکترودهای فولاد کربنی می باشد فقط یک حرف و یا یک حرف و یک عدد اضافه در انتهای شماره شناسائی وجود دارد.

E××××--×

E××××--××

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود فولاد کربنی مولیبدن دار	$E\times\times\times\times-AL$
الکترود فولاد کربنی مولیبدن دار (حرف L به معنی درصد کربن بسیار پائین می باشد)	$E\times\times\times\times-B_1$ $E\times\times\times\times-B_2$ $E\times\times\times\times-B_2L$ $E\times\times\times\times-B_3$ $E\times\times\times\times-B_4L$ $E\times\times\times\times-B_5$
الکترود فولاد کربنی نیکل دار	$E\times\times\times\times-C_1$ $E\times\times\times\times-C_2$ $E\times\times\times\times-C_3$
الکترود فولاد کربنی منگنز و مولیبدن دار	$E\times\times\times\times-D_1$ $E\times\times\times\times-D_2$
الکترود مخصوص صنایع نظامی	$E\times\times\times\times-M$
سایر الکترودهای کم آلیاژی که دارای حداقل یک درصد منگنز و درصدهای مختلفی از نیکل، کروم، مولیبدن و وانادیم باشد	$E\times\times\times\times-G$

Scan Edited By Ramin Tajallaei

Electrode Classification

AWS Classification	Type of Covering	Welding Position [a]	Type of Current [b]
E6010	High cellulose sodium	F,V,OH,H	dcep
E6011	High cellulose potassium	F,V,OH,H	ac or dcep
E6012	High titania sodium	F,V,OH,H	ac or dcen
E6013	High titania potassium	F,V,OH,H	ac , dcep, or dcen
E6019	Iron oxide titania potassium	F,V,OH,H	ac, dcep, or dcen
E6020	High iron oxide	H-fillets F	ac or dcen ac,dcep,or dcen
E6022 [c]	High iron oxide	F,H	ac or dcen
E6027	High iron oxide, iron powder	H-fillets F	ac or dcen ac,dcep,or dcen
E7014	Iron powder, titania	F,V,OH,H	ac , dcep, or dcen
E7015	Low hydrogen sodium	F,V,OH,H	dcep
E7016	Low hydrogen potassium	F,V,OH,H	ac or dcep
E7018	Low hydrogen potassium, iron powder	F,V,OH,H	ac or dcep
E7018M	Low hydrogen iron powder	F,V,OH,H	dcep
E7024	Iron powder, titania	H-fillets, F	ac , dcep, or dcen
E7027	High iron oxide, iron powder	H-fillets F	ac or dcen ac , dcep, or dcen
E7028	Low hydrogen potassium, iron powder	H-fillets, F	ac or dcep
E7048	Low hydrogen potassium, iron powder	F, OH,H, V-down	ac or dcep

Scan Edited By Ramin Tajallaei

Notes:

a. The abbreviations indicate the welding positions as follows:

F = Flat

H = Horizontal

H-fillets = Horizontal fillets

V-down = Vertical with down ward progression

V=Vertical
OH=Overhead

For electrodes 3/16 in. (4.8 mm) and under, except 5/32 in. (4.0 mm) and under for classifications E7014 E7015, E7016, E7018, and E7018M.

b. The term "dcep" refers to direct current electrode positive (dc, reverse polarity). The term "dcen" refers to direct current eiectrode ative (dc, straight polarity).

c. Electrodes of the E6022 classification are intended for single-pass welds only.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

تأثیر مخرب ئیدروژن در جوشکاری

ئیدروژن بصورت اتمی دارای شعاع بسیار کوچکی بوده و براحتی می تواند بداخل فلزات نفوذ کند. اتمهای ئیدروژن را می دهند. وقتی ئیدروژن از حالت اتمی بحالت ملکولی تبدیل می شود شعاع ملکولی آن افزایش یافته و فشار بسیار بالائی را تولید می نماید. در راکتورهای شیمیایی که در اثر فعل و انفعالات شیمیایی ، ئیدروژن بصورت اتمی آزاد شده به داخل فلز نفوذ می نمایند تجمع اتمهای ئیدروژن در عیوب جداره راکتور با تاول زدن دیوارهٔ راکتورها همراه می باشد. در جوشکاری تأثیر هیدروژن بصورت مک و ترک ظاهر می شود که به آن ترکها ترک ئیدروژنی، ترک سرد، ترک تأخیری گفته می شود.

برای ایجاد ترک ئیدروژنی باید ۳ عامل وجود داشته باشد:

الف) وجود ئیدروژن ب) ساختار سخت (مارتنزیت) د) تنش کششی

الف) ئیدروژن: می تواند از طریق رطوبت روکش الکترود، چربیها، رطوبت، زنگ زدگی سطح فلز و طول قوس بلند وارد حوضچه جوش شود.

ب) ساختار سخت: فولادهائی که قابلیّت سخت شدن دارند مانند فولادهای با کربن بالا و یا فولادهای کم آلیاژی در اثر سریع شدن ناشی از عمل جوشکاری، نواحی اطراف فلز جوش، ساختار سخت مارتنزیتی تشکیل می گردد.

ج) تنش کششی: چون فلز جوش از حالت مذاب سرد شده و به دمای محیط می رسد، کاهش حجمی پیدا نموده و چون توسط فلزات اطراف مهار شده و نمی تواند آزادانه منقبض شود بصورت یک نیروی کشش در فلز باقی می ماند که باعث ایجاد تنش کششی می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

حضور سه عامل قید شده می تواند باعث بروز ترک ئیدروژنی شود. این نوع در جوشکاری معمولاً در مجاورت فلز جوش با فلز پایه ایجاد می گردد.

این ترک معمولاً چند روز بعد از اتمام جوشکاری ایجاد می گردد و دلیل آن حرکت اتمهای سرگردان ئیدروژن داخل فلز و تجمع آن در داخل عیوب میکروسکوپی و تشکیل مولکول ئیدروژن و در نهایت فشار بیشتر و ایجاد ترک می باشد.

- راههای جلوگیری از ایجاد ترک ئیدروژنی:

چنانچه یکی از ۳ عامل ایجاد ترک ئیدروژنی را حذف نمائیم، این ترک ایجاد نمی گردد.

عامل رطوبت را می توان با خشک نمودن الکترود در کوره و یا تمیز نمودن سطح فلز با مواد چربی گیر مناسب برطرف نمود. ساختار سخت را می توان با پیشگرم کردن فلز قبل از جوشکاری برطرف نمود.

عامل تنش کشش را می توان با کوبیدن روی پاسهای جوش و یا استفاده از تکنیکهای جوشکاری بصورت یک گام به عقب و کم کردن درجه مهار قطعات مورد جوشکاری برطرف نمود.

دلیل استفاده از الکترودهای قلیائی در جوشکاری فولادهای حساس به ترک ئیدروژنی، کم کردن مقدار ئیدروژن در مواد روپوش این الکترودها می باشد این الکترودها را قبل از مصرف دار کوره های الکترود خشک کن به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۲۵۰ تا ۳۵۰ سانتیگراد باز پخت نمود تا رطوبت آن کاملاً تبخیر شود.

در مواقعی که احتمال ترک ئیدروژنی وجود دارد استفاده از الکترود سلولزی و روتیلی توصیه نمی گردد. چون در روپوش این نوع الکترودها مقادیر زیادی ترکیبات ئیدروژنی وجود دارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

برای جوشکاری پاس نفوذی وقتی الکترود سلولزی را نتوان بکار برد از روش جوشکاری تیگ استفاده می گردد که یک فرآیند کم ئیدروژن می باشد.

عیوب جوش

در جوشکاری رعایت نکردن بعضی اصول منجر به پیدایش یکسری عیوب می‌گردد. و به هر عاملی که باعث کاهش استحکام قطعه گردد عیب اطلاق می‌گردد.

انواع عیوبی که در جوشکاری ایجاد می‌شود عبارتند از:

۱- لکه قوس: (Arc stricke)

به محل اثر برقراری قوس خارج از محیط درز اتصال که از برخورد نوک الکترود با سطح کار بوجود می‌دید لکه قوس گویند.

لکه قوس ممکن است در اثر قرار دادن انبر معیوب روی سطح کار و یا در اثر شل بودن انبر اتصال ایجاد گردد. در فولادهای سختی‌پذیر لکه قوس باعث ایجاد ساختار سخت و ترک در سطح قطعه می‌شود که به مرور زمان این ترکها رشد نموده و باعث شکست سازه می‌گردد. همچنین لکه قوس می‌تواند باعث کاهش استحکام خستگی فلز و استحکام خمشی فولاد گردد.

۲- گرده جوش بیش از اندازه: Excess Ringforcment:

جوشکاری با سرعت پیشروی کم در پاس نهائی باعث افزایش ارتفاع گرده جوش می‌گردد. گرده جوش با ارتفاع زیاد باعث تمرکز تنش شده و خطر شکست را افزایش می‌دهد. همچنین دربارهای سیکلی (تناوبی) گرده جوش زیاد باعث کاهش عمر مفید و استحکام سازه می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۳- نفوذ زیاد:

علت نفوذ زیاد، سرعت جوشکاری کم در پاس ریشه، آمپر زیاد و یا تغذیه سیم جوش زیاد در پاس ریشه جوشکاری تیگ می‌باشد. تأثیر نفوذ اضافی مانند تأثیر گرده جوش می‌باشد. نفوذ زیاد در داخل لوله‌هائی که سیال با سرعت زیاد جریان دارد، باعث ایجاد اغتشاش در مسیر حرکت شده و جریانهای گردابی را ایجاد می‌نماید و باعث تشدید خودرگی در مجاورت نفوذ با فلز پایه با سرعت خوردگی چند برابر حد معمول می‌گردد.

٤- عدم نفوذ:

علت عدم نفوذ کم بودن زاویه اتصال، زیاد بودن پاشنه اتصال و کم بودن فاصله بین دو قطعه و سرعت جوشکاری زیاد و کم بودن آمپر می‌باشد.

٥- شره نمودن فلز جوش:

ایجاد حوضچه مذاب بزرگ بهنگام جوشکاری در وضعیت افقی و یا در بالا یا پائین لوله در وضعیت 45° می‌تواند باعث شره نمودن فلز جوش به سمت پائین شود.

٦- عدم ذوب دیواره اتصال: (L.O.F) lock of fusions

چنانچه بین جوش و دیواره اتصال عمل ذوب صورت نگیرد به آن عیب عدم ذوب دیواره گفته می‌شود. که علت آن می‌تواند عوامل ذیل باشد:

۱) استفاده از آمپر کم، ۲) سرعت جوشکاری زیاد، ۳) ضخیم بودن قطعات

٤) نامناسب بودن زاویه الکترود

Scan Edited By Ramin Tajallaei

عدم ذوب همچنین می‌تواند بین پاسهای مختلف نیز ایجاد شود.

عدم ذوب در پاس ریشه نیز بوقوع می‌پیوندد (LORF) و علت آن می‌تواند:

۱- یکسان نبودن ریشه اتصال (RootFace)، ۲- نامناسب بودن زاویه الکترود،

۳- ناقص سوختن الکترود باشد

۷- سوختگی نفوذ جوش: **Burn Throgh**

مکث زیاد بهنگام جوشکاری و یا استفاده از آمپر بالا در پاس ریشه موجب سوختن فلز در نفوذ جوش می‌گردد و باعث ایجاد مخروطهای تو خالی سیاهرنگ در پشت قطعه می‌گردد.

۸- خوردگی در کنار جوش: **under cut:**

جوشکاری با آمپر بالا و طول قوس بلند و عدم مکث در کناره‌های درز اتصال باعث ایجاد خوردگی کنار جوش می‌گردد. این عیب اگر بصورت شیار نوک تیز ایجاد شود می‌تواند خیلی خطرناک باشد و باعث شکست سازه گردد.

۹- آخالهای فلزی: (تنگستن، مس) **metal in clusions:**

در اثر برخورد الکترود تنگستنی با حوضچه جوش، قسمتی از الکترود ذوب شده و وارد حوضچه جوش می‌گردد و در رادیوگرافی بصورت نقاط بسیار روشن دیده می‌شود.

در جوشکاری MIG/MAG یا زیر پودری در اثر برخورد نازل مسی با حوضچه جوش، نازل مسی ذوب شده و وارد حوضچه جوش می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

بخاطر عدم امتزاج فلز مس و تنگستن با فلز جوش عیوب مختلفی نظیر ترک و عدم چسبندگی ایجاد می‌گردد.

۱۰- بالا و پائین بودن لبه‌های اتصال: **misolignmant: High – low**

در اتصال لب به لب قطعاتی که طولشان زیاد است در صورت عدم همترازی لبه‌ها در یک امتداد قرار نمی‌گیرد و یا در هنگام حمل و نقل لوله‌ها در اثر ضربه و یا فشار، مقطع لوله از حالت دایره خارج شده و باصطلاح دو پهن می‌گردد. وقتی این لوله‌ها برای جوشکاری کنار هم قرارمی‌گیرند لبه‌های اتصال بصورت بالا و پائین قرار می‌گیرد که به آن عیب high – low گفته می‌شود.

۱۱- عدم پر شدن درز اتصال: **lack of fill:**

چنانچه سطح فلز جوش از لبه‌های اتصال پائین‌تر باشد به آن عیب عدم پر شدن اتصال گفته می‌شود. این عیب را می‌توان با جوشکاری روی آن قسمت برطرف نمود.

۱۲-تعقر پاس ریشه: **Root concavity**

جوشکاری با آمپر بالا در پاس نفوذی و یا بخاطر فاصله زیاد بین لبه‌های اتصال درز جوشکاری سقفی باعث ایجاد فرورفتگی در سطح فلز جوش پاس نفوذ می‌گردد که به آن تقعر پاس ریشه گفته می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۱۳- سررفتگی جوش: **overlap**

چنانچه مذاب باعث ذوب سطح فلز پایه نگردد به آن عیب سررفتگی جوش گفته می‌شود. معمولاً علت آن ایجاد حوضچه جوش بزرگ بوده در جوشکاری گوشه‌ای و یا در جوشکاری لوله در وضعیت 6G این عیب در قسمت بالا و پائین لوله دیده می‌شود.

۱۴- چاله انتهائی جوش: **Crater pipe**

در انتهای جوش چنانچه الکترود را سریعاً از حوضچه مذاب سریعاً دور نمائیم چاله جوش بوجود می‌آید. که سطح آن از گرده جوش پائینتر بوده و با یک حفره تو خالی همراه می‌باشد. در بعضی واقع در چاله جوش ترکهائی نیز مشاهده می‌گردد که ترک چاله جوش نامیده می‌شود (crater crack) برای جلوگیری از ایجاد این عیب قبل از خاتمه جوشکاری باید الکترود چند بار حرکت رفت و برگشت کوتاه انجام داده و یا حدود نیم سانتیمتر بر روی جوش حاصل به عقب رفته و سپس الکترود را بلند نموده و قوس را مقطع نمود. در جوشکاری ورقها می‌توان یک ورق اضافه کوچک به انتهای درز اتصال وصل بوده و عمل جوشکاری را روی آن خاتمه داد.

۱۵- سوراخهای تونلی شکل: **Hollow Bead:**

این عیب بخاطر حبس مقادیر زیادی گاز در فلز جوش ایجاد می‌شود و معمولاً در پاس نفوذی دیده می‌شود. و علت آن: مرطوب بودن الکترود، کثیف بودن سطوح کار و زود سرد شدن فلز جوش بطوریکه گازها فرصت خروج از مذاب را پیدا ننمانید، می‌باشد.

۱۶- ترک **crack**

از خطرناکترین عیوب جوشکاری ترکها می‌باشند که در اثر اعمال نیرو، ترک رشد نموده و باعث انهدام سازه می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ترکها به دو قسمت تقسیم می‌گردند: ۱- ترک گرم، ۲- ترک سرد.

علت ترک گرم وجود ناخالصیهائی نظیر گوگرد و فسفر در فلز جوش یا فلز پایه می‌باشد و این ترک در وسط فلز جوش ایجاد می‌گردد.

ترک سرد در اثر ورود ئیدروژن به فلز جوش ایجاد می‌شود.

ترکها در جوش بصورت طولی و عرضی و ستاره‌ای دیده می‌شوند.

۱۷- پاشش جرقه:

پاشش جرقه زیاد می‌تواند دلیل بر استفاده از الکترود مرطوب یا انتخاب قطبیت نادرست و یا آمپر بالا باشد. جرقه‌ها به سطح فلز چسبیده و ظاهر جوش را بد جلوه می‌دهند.

۱۸- سوراخهای کرمی شکل:

حبابهای گاز که در حال خروج از مذاب می‌باشند دارای دنباله‌ای در انتهای خود می‌باشند. چنانچه قبل از خروج گاز، فلز جوش منجمد شود، این حبابها بصورت کرمی شکل در فلز جوش باقی می‌مانند

۱۹- حبس سرباره: **slag inclusion**

عدم تمیز کاری مناسب بین پاسها باعث حبس سرباره در فلز جوش می‌گردد. در پاسهای نفوذی که با الکترود سلولزی انجام شده عدم سنگ کاری گرده جوش باعث حبس گل جوش بصورت دو خط موازی در دیواره می‌گردد. در رادیوگرافی این عیب vagan track نامیده می‌شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲۰- اکسید شدن ریشه جوش:

در جوشکاری پاس نفوذی فلزاتی که به اکسیژن حساس می‌باشند، اگر از پشت قطعه عمل دمیدن گاز (Purging) صورت نگیرد باعث اکسید شدن نفوذ جوش می‌گردد. این عیب در جوشکاری تیگ بیشتر دیده می‌شود.

۲۱- مک و تخلخل :

گازهای حاصل از سوختن روپوش الکترود وارد فلز مذاب شده و چنانچه مذاب سریع سرد شود، گازها فرصت خروج پیدا ننمود و در فلز جوش باعث ایجاد حفره‌های گازی (تخلخل) می‌گردد.

موارد ذیل می‌تواند باعث ایجاد مک و تخلخل در جوش شود:

۱-جوشکاری در وزش باد

۲- جوشکاری با طول قوس بلند

۳- استفاده از الکترود مرطوب

٤- کثیف بودن سطح فلز به چربی و رنگ و رطوبت.

مک و.تخلخل در محل تعویض الکترود بصورت متمرکز در طول مسیر جوشکاری دیده می‌شود و علت آن عدم محافظت مناسب روپوش در لحظه شروع قوس می‌باشد. بنابراین برای روشن نمودن قوس چند سانتیمتر جلوتر از محل اتصال روشن نمایید تا عمل محافظت کامل انجام شود مک و تخلخل بصورت پراکنده و یا بصورت خطی نیز در طول جوش دیده می‌شود.

شناسایی الکترودهای فولاد غیرآلیاژی و فولادهای دانه ریز مطابق EN 499

Scan Edited By Ramin Tajallaei

E 46 3 1Ni B 5 4 H5

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

① → E الکترود

② → 46 → 460 Mpa کمترین مقاومت تسلیم فلز جوش برحسب واحد

③ → 3 → -30^{c} قابلیت تعمل ٤٧ ژول انرژی ضربه در

④ → 1Ni → درصد عناصر آلیاژی الکترود

⑤ → B → نوع روپوش الکترود (قلیایی)

⑥ → 5 → نشان دهنده نوع جریان و نرخ رسوب جوش

⑦ → 4 → نشان دهنده حالت جوشکاری

⑧ → H5 → $ml/100gr$ نشان دهنده مقدار ئیدروژن در فلز جوش برحسب

برای اطلاعات بیشتر به صفحه بعدی مراجعه نمایید

ایمنی در جوشکاری

جوشکاری نیز مانند سایر رشته‌های صنعتی دارای خطراتی می‌باشد و افرادی که در این رشته مشغول فعالیت می‌شوند باید با خطرات آن آشنا شوند تا از ایجاد حادثه برای افراد و آسیب دیدن تجهیزات جلوگیری شود. معمولاً ایجاد یک حادثه خسارات مادی و معنوی زیادی برای فرد و جامعه در بردارد. خطرات حاصل از جوشکاری عبارتند از:

١- خطر برق گرفتگی (شوک الکتریکی)

٢- خطر اشعه‌های مضر

٣- سروصدا

٤- خطر آلودگی (گاز، بخار، دود، گردوغبار)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۵- خطر آتش سوزی و انفجار

٦- خطر سوختگی

۷- خطر امواج الکتریکی

۸- خطر میدانهای مغناطیسی

«خطر برق گرفتگی»

در فرآیندهای جوشکاری که از انرژی الکتریکی استفاده می‌نمایند خطر برق گرفتگی زیاد است و بهترین راه مقابله عایق نمودن شخص و دستگاه است. استفاده از دستکش چرمی و کفش ایمنی مناسب عایق خوبی برای جوشکار می‌باشند چون دارای مقاومت الکتریکی بالائی هستند. بعلاوه تمام کابلهای جوشکاری و برق ورودی باید کاملاً عایق باشند و دستگاه به سیم ارت متصل باشد.

برای جوشکاری در محیطهای نمناک و داخل مخازن یا روی اسکلت استفاده از دستگاههای با ولتاژ مدار باز پائین مناسب است.

خطر برق گرفتگی با جریان DC بسیار کمتر از خطر برق گرفتگی با جریان AC می‌باشد.

«مقدار ولتاژ مدار باز دستگاههای جوشکاری با شرایط کاری»

شرایط کار	نوع جریان مصرفی	ولتاژ ماکزیمم	ولتاژ مؤثر
خطر برق گرفتگی بالا	DC	80	80
	AC	68	48
جوشکاری زیر آب	DC	65	65
	AC	مجاز نیست	مجاز نیست

Scan Edited By Ramin Tajallaei

« خطر اشعه‌های جوشکاری»

از قوس الکتریکی دو اشعه خطرناک مادون قرمز و ماوراء بنفش ساطع می‌گردد.

اشعه ماوراء بنفش باعث سوختگی شبکیه چشم و در دراز مدت باعث کوررنگی‌گردد.

اشعه مادون قرمز حتی در زمان بسیار کوتاه باعث برق زدگی چشم می‌شود که این عارضه معمولاً چند ساعت بعد از جوشکاری تأثیر نموده و مویرگهای چشم را متورم می‌سازد. بطوریکه با ریزش اشک و احساس وجود جسم خارجی در چشم همراه می‌باشد و کوری موقت بدنبال دارد. برق زدگی معمولاً موقتی بوده و بعد از چند ساعت رفع می‌گردد. ولی اگر به دفعات تکرار شود می‌تواند باعث آسیبهای دائمی به چشم گردد.

برای جلوگیری از تأثیر اشعه‌ها باید فیلتر مناسب (شیشه سیاه ماسک) بکار برد.

برای قوس الکتریکی دستی شیشه نمره ۹ و ۱۰ مناسب است و برای جوشکاری تیک (آرگون، شیشه نمره ۱۱ و ۱۲ مناسب است.

از دیگر خطرات اشعه‌های مادون قرمز و ماوراء بنفش خطر سوختگی پوست می‌باشد.

برخورد اشعه با پوست بدن باعث تولید گرما و در نتیجه آن سوختگی پوست می‌گردد و در دراز مدت می‌تواند باعث سرطان پوست شود بنابراین اعضای بدن نباید بهنگام جوشکاری سخت باشد.

در استانداردهای اروپائی علامت $\boxed{S}$ بر روی دستگاه به معنی ایمنی بودن دستگاه در مقابل برق گرفتگی می‌باشد. تأثیر جریان الکتریکی در انسان به پارامترهای ذیل بستگی دارد:

۱- نوع جریان، جریان متناوب خطرناکتر از جریان مستقیم می‌باشد.

۲- شدت جریان، عبور جریانهای الکتریکی با شدت بالاتر از بدن خطرناکتر است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۳- مسیر عبور جریان الکتریکی از بدن، عبور جریان الکتریکی بصورت طولی بسیار خطرناکتر از عبور جریان بصورت عرضی می‌باشد. (شکل SLV)

٤- زمان مؤثر، عبور جریان بیشتر از 0.3 sec از بدن باعث حالتهای بحرانی می‌گردد. تأثیر مقدار جریان عبوری از بدن:

0-25mA : باعث تحریک و گرفتگی ماهیچه‌ها می‌گردد.

25-80mA : باعث حمله قلبی و نقص در عملکرد قلب می‌شود.

82mA-5A : باعث مرگ در اثر تشنج قلبی می‌شود.

بالای 5A : منجر به امنیت قلبی و مرگ می‌شود.

بهنگام جوشکاری دستها باید توسط دستکش چرمی و بدن توسط لباس کار مناسب و صورت و گردن توسط ماسک و مقنعه جوشکاری محافظت شود.

«خطر سروصدا»

کار در ضایعی که با فلز سروصدا دارند همیشه با سروصدا همراه می‌باشد و اکثر افرادی که در این محیطها مشغول به کار می‌شود

استفاده از گوشی‌های محافظ دو مزیت دارد:

الف) جلوگیری از ورود جرقه‌های حاصل از سنگ کاری و جوشکاری بداخل گوش.

ب) جلوگیری از کاهش قدرت شنوائی که ناشی از سروصدای دستگاههای جوشکاری و دستگاه سنگ فرز و فرآیندهای دیگری نظیر برش پلاسما و برشکاری با الکترود ذغالی می‌باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در صورت امکان باید دستگاههای پر سروصدا را از محیط کار به بیرون منتقل نمود یا اطراف آن دستگاههای را ایزوله نمود و چنانچه این امر مقدور نباشد حتماً از گوشیهای محافظ استفاده نمود.

خطر آلودگی، گاز ، بخار، دود، گردو غبار

بهنگام جوشکاری دود و بخارات فلزی زیادی تولید می‌شود. تأثیر این عوامل روی سلامت انسان، بستگی به جنس فلز پایه، نوع الکترود و مواد روپوش و زمان تماس فرد دارد. دودهای حاصل که شامل ذرات معلق از فلزات و مواد مختلف می‌باشد بعضی از اثرات آن بسته به زمان تماس با آلودگیها بسرعت مشخص می‌گردد مانند سوزش چشم و پوست در حالت گیجی و تب.

برای مثال: بخار فلز روی (zn) حاصل از جوشکاری ورقهای گالوانیزه می‌تواند باعث تب بخارات فلزی شود که با اسهال و استفراغ و گیجی و سردرد همراه می‌باشد.

بیماری مزمن ناشی از تماس طولانی مدت با بخارات فلزی سید رویس (siderosis) می‌باشد. در این نوع بیماری ذرات آهن در شش رسوب می‌کند و عملکرد ریه را در جذب اکسیژن مختل می‌نماید.

فلز کادیمم که به عنوان روکش در بعضی از فلزات بکار می‌رود و همچنین در سیم‌های لیحم کاری بعنوان آلیاژ وجود دارد. فلزی بسیار سمی و خطرناک بوده و بخارات حاصل از این فلز می‌تواند کشنده باشد. گازهایی که بعنوان گاز محافظ بکار می‌روند مانند : آرگون، هلیم، دی اکسید کربن سمی نبوده ولی آرگون و دی اکسید کربن سنگین‌تر از هوا بوده و در محیط‌های بسته نظیر مخازن و یا مکانهایی که از سطح زمین پائین‌تر هستند کم کم جایگزین هوای محیط شده و جوشکار را دچار خفگی می‌نمایند. گرما و اشعه

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ماوراء بنفش حاصل از قوس الکتریکی باعث تولید گاز O_3 (اوزون) و اکسید نیتروژن می‌شوند که بسیار سمی می‌باشد.

بهترین راه مقابله با خطر آلودگی گازی استفاده از تهویه‌های موضعی می‌باشد. همچنین می‌توان از ماسکهائی استفاده نمود که هوای تصفیه شده را به درون ماسک منتقل می‌نمایند. همچنین می‌توان از ماسکهای دهنی مخصوص گازهای جوشکاری استفاده نمود.

آتش سوزی و انفجار

همه ساله آتش سوزی ناشی از جوشکاری و برشکاری و فرآیندهای وابسته به آن باعث خسارات مالی سنگین و مجروح و کشته شدن افراد می‌گردد. اکثر علل آتش سوزی ناشی از عدم آگاهی و آموزش پرسنل می‌باشد. سه عامل اصلی در ایجاد حریق عبارتند از: گرما ، اکسیژن، مواد سوختنی.

در جوشکاری دو عامل از سه عامل فوق وجود دارند: گرما ، اکسیژن .

الف) گرما : در اکثر فرآیندهای جوشکاری از یک منبع گرمائی استفاده می‌شود.

ب) اکسیژن: ٪۲۱ از هوای پیرامون ما را اکسیژن تشکیل می‌دهد.

بنابراین برای ایجاد حریق فقط نیاز به یک ماده سوختنی می‌باشد.

عوامل ایجاد آتش سوزی در برشکاری و جوشکاری عبارتند از:

پاشش جرقه، شعله، هدایت گرمائی توسط فلز، گل جوش داغ

برای جلوگیری از آتش سوزی قبل از جوشکاری، باید کلیه مواد قابل اشتغال از محیط جوشکاری خارج شده و یا توسط چادرهای عایق حرارت ایزوله شوند. کف سالنهائی که

Scan Edited By Ramin Tajallaei

با مواد قابل اشتغال پوشیده شده است را باید با لایه‌ای از شن و ماسه مرطوب پوشاند و سپس جوشکاری انجام گیرد.

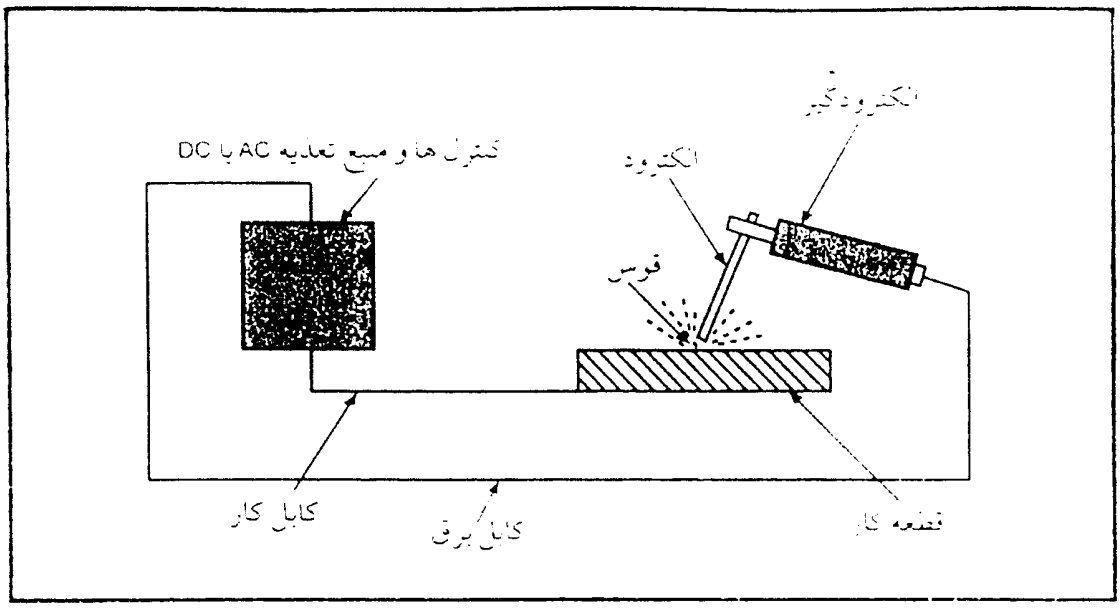
امواج الکتریکی

امواج الکتریکی با فرکانسهای مختلفی از قوس الکتریکی ساطع می‌گردد. بعضی از فرکانسها با طول موج معینی می‌تواند جذب بدن شده و باعث تولید گرما شود.

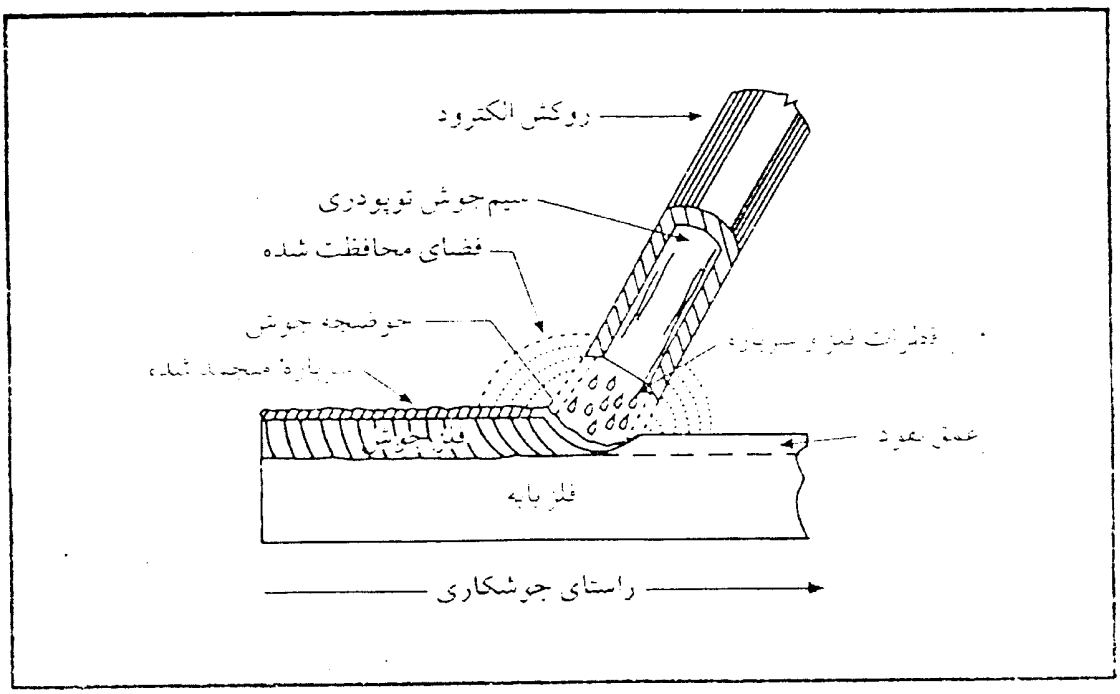
در برخی از نقاط بدن مانند مغز، بیضه، عدسی چشم، ایجاد گرما می‌تواند باعث اختلال در عملکرد آنها شود. ایجاد گرما در مغز می‌تواند باعث ایجاد اشکال در کنترل بدن و در بیضه باعث از بین رفتن اسپرمها و در عدسی چشم باعث ایجاد آب مروارید می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱ : اجزای مدار SMAW

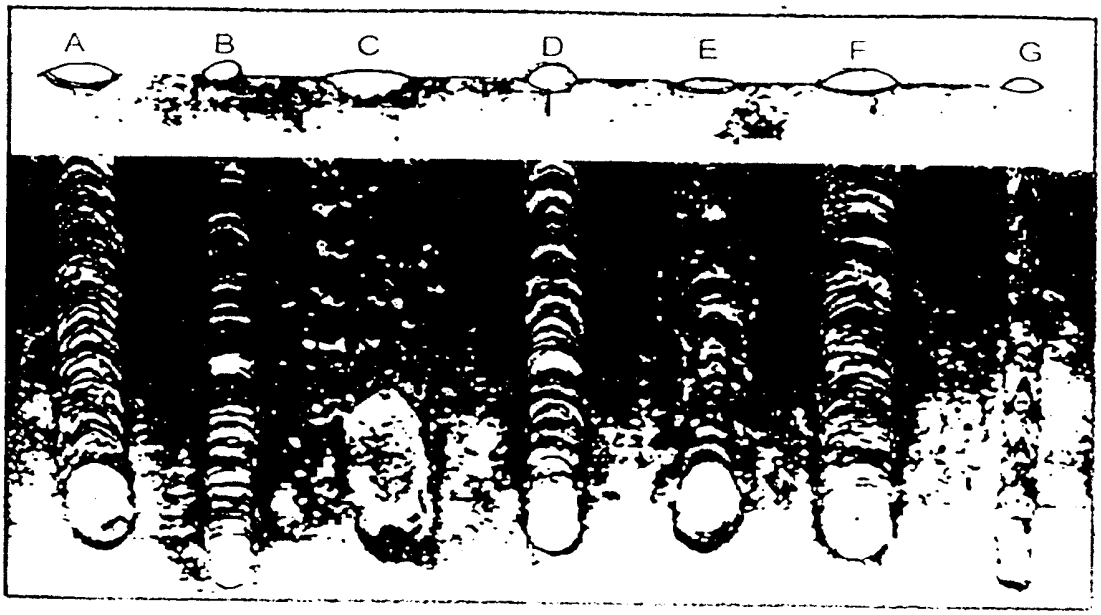


شکل ۲ : جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۳ : اثر آمپراژ، طول قوس و سرعت حرکت



A جریان، طول قوس و سرعت حرکت مناسب B جریان بسیار ضعیف C جریان بسیار قوی D طول قوس بسیار کوتاه E طول قوس بسیار
بلند F سرعت حرکت بسیار آهسته G سرعت حرکت بسیار سریع

شکل ۴ : کابلهای مسی مناسب برای فرایزند SMAW

منبع تغذیه		سایز کابل AWG برای طولهای ترکیبی کابلهای الکترود و اتصال به زمین				
آمپر	سیکل کاری %	۰-۱۵ متر	۱۵-۳۰ متر	۳۰-۴۶ متر	۴۶-۶۱ متر	۶۱-۶۷ متر
۱۰۰	۲۰	۶	۴	۳	۲	۱
۱۸۰	۳۰-۲۰	۴	۲	۳	۳	۱
۲۰۰	۶۰	۲	۲	۲	۱	۱/۰
۲۰۰	۵۰	۳	۳	۲	۱	۱/۰
۲۵۰	۳۰	۳	۳	۲	۱	۱/۰
۳۰۰	۶۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۲/۰	۳/۰
۳۰۰	۶۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰
۵۰۰	۶۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰
۶۰۰	۶۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰	-

از دو کابل ۳/۰ به صورت موازی استفاده کنید

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۵ : وضعیت های مختلف جوشکاری بر اساس استاندارد ASME

Qualification test	Position	Qualified for fillet welds	
		Plate	Pipe
Plate-fillet	1F	1F	1F
	2F	1F, 2F	1F, 2F, 2FR
	3F	1F, 2F, 3F	1F, 2F, 2FR
	4F	1F, 2F, 4F	1F, 2F, 2FR, 4F
	3F+4F	All qualifications	All qualifications
Pipe-fillet	1F	1F	1F
	2F	1F, 2F	1F, 2F
	2FR	1F, 2F, 2FR	1F, 2F, 2FR, 4F
	4F	1F, 2F, 4F	All qualifications
	5F	All qualifications	

Qualification test	Position	Qualified for groove welds	
		Plate	Pipe
Plate-groove	1G	1G	1G
	2G	1G, 2G	1G, 2G
	3G	1G, 3G	
	4G	1G, 4G	
Pipe-groove	1G	1G	1G
	2G	1G, 2G	1G, 2G
	5G	1G, 5G	1G, 5G
	6G/6GR	All qualifications	All qualifications
	2G+5G	All qualifications	All qualifications

Qualification test	Position	Qualified for fillet welds	
		Plate	Pipe
Plate-fillet	1G	1F	1F
	2G	1F, 2F	1F, 2F, 2FR
	3G	1F, 2F, 3F	1F, 2F, 2FR
	4G	1F, 2F, 4F	1F, 2F, 2FR, 4F
	5G	1F, 2F, 3F, 4F	All qualifications
	6G/6GR	All qualifications	All qualifications
Pipe-fillet	1G	1F	1F
	2G	1F, 2F	1F, 2F
	5G	1F, 2F, 3F, 4F	All qualifications
	6G/6GR	All qualifications	All qualifications
	2G+5G	All qualifications	All qualifications

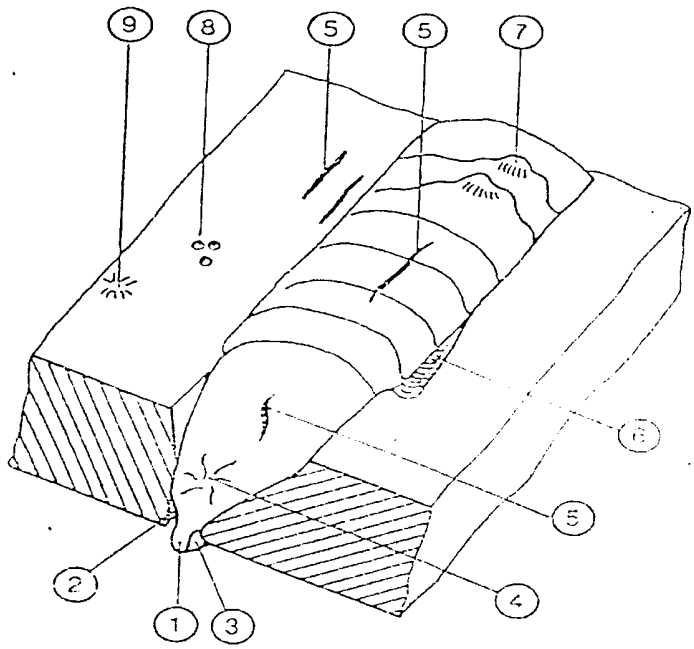
In grey: welding positions according ISO 6947

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۶ :

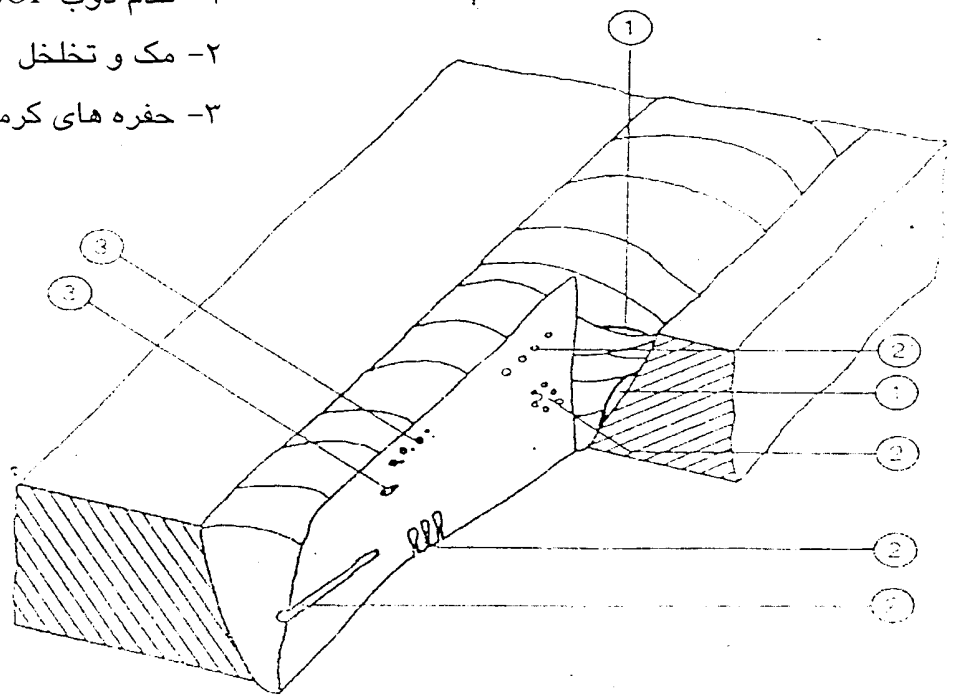
عیوب خارجی یک جوش لب به لب با شیار V

۱ــ نفوذبیش ازحد
۲ــ نفوذناقص دربیشه جوش
۳ــ چقرمگی
۴ــ ترک درجاله جوش (ستاره ای)
۵ــ ترک
۶ــ سوختگی کناره جوش
۷ــ گرده اضافی
۸ــ جرقه
۹ــ کله قوس



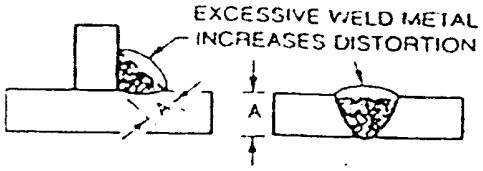
عیوب داخلی یک جوش لب به لب با شیار V

۱- عدم ذوب LOF
۲- مک و تخلخل
۳- حفره های کرمی شکل

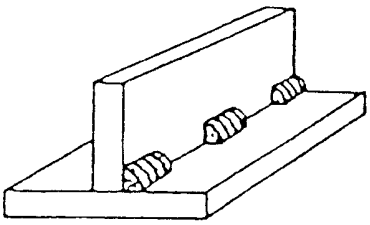


Scan Edited By Ramin Tajallaei

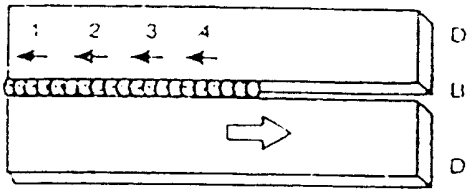
شکل ۷ : روش های جلوگیری از اعوجاج در جوشکاری



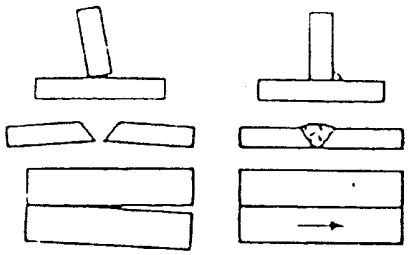
(A) DO NOT OVERWELD...

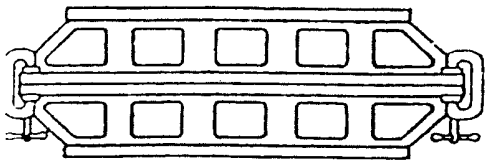

(C) INTERMITTENT WELDING

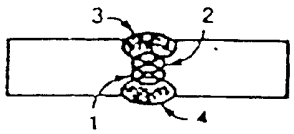
(D) MINIMUM NUMBER OF PASSES



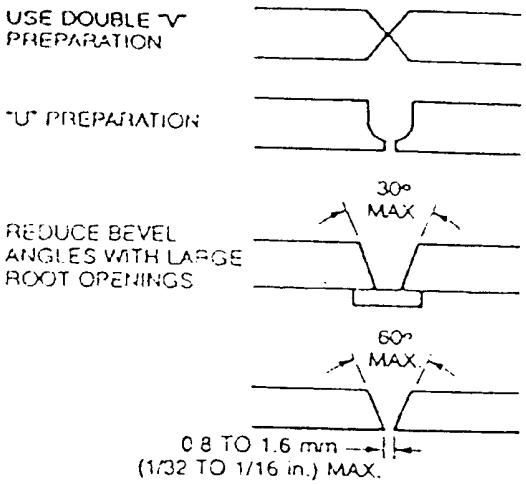
(G) BACKSTEP


(H) PRESET PARTS

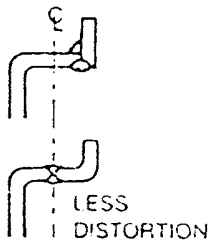

(J) BACK-TO-BACK CLAMPING



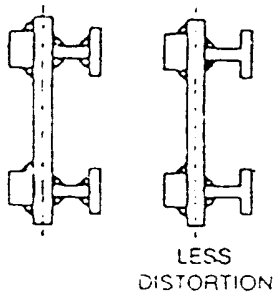
(K) SEQUENCE WELDS



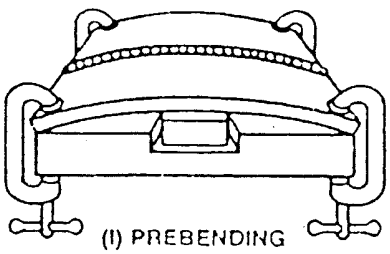
(B) CORRECT EDGE PREPARATION AND GOOD FITUP

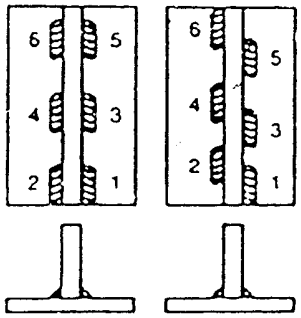


(E) WELD NEAR THE NEUTRAL AXIS



(F) BALANCE WELDS AROUND CENTER OF GRAVITY


(I) PREBENDING



(L) WELD POSITION

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل دهم

۱۱ـ۱

جوشکاری زیر پودری

Submerged- Arc welding

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جوشکاری زیر پودری

SAW (submerged Arc welding)

UP (under Powder)

جوشکاری زیر پودری یکی از فرآیندهای جوشکاری قوسی با نرخ رسوب بالا می باشد که در صنایع مختلف به ویژه برای جوشکاری مخازن تحت فشار، دیگهای بخار، مخازن ذخیره، لوله های قطر بالا بصورت اسپیرال و طولی و کشتی سازی کاربرد دارد.

تعریف جوشکاری زیر پودری:

جوشکاری زیر پودری یاقوس مخفی یکی از انواع فرآیندهای جوشکاری ذوبی بوده که منبع انرژی یا تولید حرارت در آن قوس الکتریکی می باشد الکترود در این روش ذوب و مصرف شده و بصورت یک سیم ممتد می باشد فلاکس یا پودر مخصوص عمل محافظت از منطقه جوش را بعهده دارد. یا بعبارت دیگر قوس زیر پودری فرآیندی است که در آن قوس تحت پوشش فلاکس مخفی می شود. منبع تامین انرژی ژنراتور و یا ترانسفورماتور می باشد.

انرژی الکتریکی از طریق نازل تماس (Guide Nozzle) به الکترود و منطقه جوش هدایت می گردد. در این روش به شدت جریانی در حدود 300 تا 2000 آمپر نیاز می باشد. با توجه به نرخ رسوب بالای فلز جوش این روش برای جوشکاری ورقهای ضخیم مناسب می باشد. جوشکاری زیر پودری بصورت نیمه اتومات و اتوماتیک مورد استفاده قرار می گیرد. ولی بیشتر از روش اتوماتیک استفاده می گردد.(شکل ۱)

Scan Edited By Ramin Tajallaei

محدودهٔ ضخامت مورد جوشکاری در زیر پودری:

با استفاده از جوشکاری زیر پودری می توان از ورق ۱/٦ میلیمتر به بالا را جوشکاری نموده و هیچ محدودیتی برای جوشکاری ضخامتهای بالا وجود ندارد.(شکل ۲)

کاربرد جوشکاری زیر پودری:

از این روش برای اتصال قطعات فولاد کربنی، فولاد کم آلیاژی و فولادهای زنگ نزن آستنیتی و فولاد زنگ نزن دوبلکس (مزیتی – آستنیتی) استفاده می گردد. همچنین از این روش برای روکشکاری سخت بر روی سطوح ورقها و غلطکها و همچنین برای بازسازی قطعات فرسوده شده، استفاده می گردد. کاربرد جوشکاری زیر پودری فقط محدود به حالت تخت (PA) اتصلالات لب به لب و اتصالات گوشه ای می باشد در وضعیت (PB) اتصالات گوشه ای برای ایجاد جوشهایی با ارتفاع کمتر از ۱۰ میلیمتر نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای ایجاد جوشهای ضخیم تر در این حالت می توان چندین پاس بر رویهم جوشکاری نمود(.شکل های ٥ تا۸)

مزایای جوشکاری زیر پودری:

۱- بعلت مخفی بودن قوس الکتریکی در زیر فلاکس نیاز به محافظت در مقابل اشعه های مضر نمی باشد .

۲- سرعت جوشکاری و نرخ رسوب بالا می باشد.

۳- محدویتی برای جوشکاری ضخامتهای بالا وجود ندارد.

٤- برای روکشکاری و بازسازی قطعات می توان از این روش استفاده نمود.

٥- درمحیط بیرون نیاز به محافظت در مقابل وزش باد وجود ندارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٦- از اتصال با زاویه کمتر می توان استفاده نمود که حجم فلز جوش و زمان جوشکاری را کاهش می دهد.

معایب:

١- بدلیل ریزش پودر و سیالیت سرباره مذاب و حوضچه جوش فقط در حالت P_B, P_A کاربرد دارد.

٢- معمولاً برای ورقهای کمتر از 5 میلیمتر مناسب نمی باشد.

٣- مخفی بودن قوس، کنترل محل دقیق جوش و پر شدن محل اتصال را مشکل می سازد.

٤- بخاطر حرارت ورودی زیاد، تغییرات متالوژیکی اطراف جوش وسیعتر است.

نحوهٔ انجام جوشکاری:

ابتدا نوک سیم جوش در ابتدای محل اتصال تنظیم می گردد. سپس مقدار زیادی از پودر یا فلاکس در محل اتصال بر روی سطح کار ریخته می شود. سپس قوس الکتریکی ایجاد شده و حرکت پیشروی شروع می شود. در تمامی طول مسیر جوشکاری فلاکس بصورت یکنواخت و با یک ارتفاع مشخص، اطراف قوس را می پوشاند.

جنس فلاکس از مواد معدنی و شیمیایی قابل ذوب می باشد و عملکرد آنها دقیقاً مانند روپوش الکترودهای قوس الکتریکی دستی می باشد. پودرهایی که در هنگام جوشکاری ذوب نشده اند، دوباره جمع آوری شده و مورد استفاده مجدد قرار می گیرد تجهیزات مورد نیاز در جوشکاری زیر پودری:

الف) منبع نیرو ب) سیستم تغذیه سیم ج) مشعل د) سیستم حرکتی

و) سیستم تغذیه فلاکس ز) فیکسچرها

Scan Edited By Ramin Tajallaei

منبع نیرو:

اولین مورد مهم در جوشکاری زیر پودری، منبع نیرو می باشد. چون این روش اغلب بصورت اتومات می باشد، دستگاه مورد استفاده باید دارای ظرفیت آمپر لازم و سیکل کاری مناسب باشد. ضخامت ورق مورد جوشکاری تعیین کننده آمپر مورد نیاز می باشد. که این رنج از 300 تا بالای 1000 آمپر می باشد از دو نوع منبع نیروی شدت جریان ثابت و ولتاژ ثابت برای جوشکاری زیر پودری استفاده می گردد.

دستگاههای شدت جریان ثابت **C.C (constant current)**

برای دستگاههای شدت جریان ثابت (این دستگاهها با یک منحنی ولت – آمپر نزولی مشخص می گردند) از سیستم تغذیه سیم مجهز به سنور ولتاژ استفاده می گردد. سیستم تغذیه سیم حسگر ولتاژ برای افزایش سرعت تغذیه سیم در صورت افزایش ولتاژ و کاهش سرعت تغذیه سیم در صورت کاهش ولتاژ طراحی شده است. این کار سیستم تغذیه سیم ولتاژ و طول قوس را هنگام جوشکاری ثابت نگهداشته ولی نرخ رسوب فلز جوش آن ثابت نبوده و متغیر می باشد در منابع نیرو شدت جریان ثابت و سیستم تغذیه سیم حسگر ولتاژ، برای تنظیم پارامترهای جوشکاری بسیار مشکل می باشند زیرا تنظیم درمنبع نیرو یا تغذیه سیم باعث تغییرات در پارامترهای دیگری می گردد.

منابع نیروی ولتاژ ثابت **C.P (constant potential)**

در جوشکاری زیر پودری بیشتر دستگاههای ولتاژ ثابت کاربرد دارند.

منحنی ولت – آمپر این دستگاهها بصورت خط صاف با یک شیب کم می باشد. که در شکل مشاهده می فرمایید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

ولتاژ در این دستگاهها در هنگام جوشکاری ثابت نگهداشته شده و میزان آمپر با مقدار سرعت سیم در ارتباط می باشد. با افزایش سرعت سیم، آمپر افزایش یافته و با کاهش آن آمپر نیز کم می شود. میزان ولتاژ توسط یک پتانسیومتر بر روی دستگاه تنظیم می شود این سیستم برای تنظیم پارامترهای جوشکاری بسیار راحت بوده، چون قوس الکتریکی اثر خود تنظیمی دارد.

منابع نیروی جریان متناوب AC power supplies

دستگاههای جریان متناوب موج مربعی ولتاژ ثابت (CP) دارای مزایای زیادی نسبت به دستگاههای جریان متناوب شدت جریان ثابت موج سینوسی می باشند. از این دستگاهها برای جوشکاری اتصالات شیاری عمیق با زاویه پخ کم (اتصال شیار باریک) استفاده می گردد. که نیاز به آماده سازی اتصال کمتری داشته و در بعضی مواقع زمان جوشکاری به نصف کاهش می یابد. توانایی جوشکاری ورقهای ضخیم بهمراه ذوب مناسب دیواره های اتصال، عدم حبس سرباره در فلز جوش، کاهش چشمگیر در مصرف سیم جوش و فلاکس و زمان جوشکاری این روش، اکنون بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

در جریان متناوب با موج سینوس معمولی، تمایل به خاموش شدن قوس وقتی که جریان به صفر می رسد، وجود دارد. در هنگام برقراری مجدد قوس امکان برخورد الکترود با فلز جوش وجود داشته و احتمال ایجاد عیب وجود دارد. در جریان متناوب بصورت موج مربعی جریان بصورت یکباره معکوس شده و امکان قطع شدن قوس وجود ندارد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

یکی دیگری از مشکلات وزش قوس، قوس الکتریکی منحرف شده و باعث ذوب یک طرف از دیوارهٔ اتصال می گردد. در جریان AC با موج مربعی در آمپرهای بالا هم این عیب بوجود نمی آید.

سیستم تغذیه سیم (wire feeder)

سیستم تغذیه سیم زیر پودری مانند سیم تغذیه سیم جوشکاری میگ و مگ و فلاکس کورد می باشد. و حتی در بعضی مواقع برای سیمهای نازکتر می توان از این سیستمها استفاده نمود. سیستم وایر فیدر زیر پودری برای سیم های قطورتردارای سیستم حرکتی موتور و گیربکس قویتری می باشند. چنانچه از دستگاه شدت جریان ثابت استفاده می شود باید از سیستم تغذیه سیم مجهز به سنسور ولتاژ استفاده نمود که قادر باشد در صورت تغییر در ولتاژ بتواند سرعت تغذیه سیم را نیز تنظیم نماید. برای جلوگیری از چسبیدن سیم به حوضچه جوش در انتهای مسیر جوشکاری استفاده از سیستم burn Back الزامی می باشد.

اکثر دستگاههای تغذیه سیم مجهز به نمایشگرهای سرعت سیم، آمپر ولتاژ می باشند

سیستم تغذیه سیم دوتایی (Dual wire feeding)

این نوع تغذیه سیم دارای مشعل و تغذیه سیم مخصوصی می باشد. دو سیم با قطر هم سایز با استفاده از یک منبع نیرو، یک سیستم تغذیه سیم و یک سیستم کنترل به یک حوضچه جوش تغذیه می گردد. مشعل جوشکاری طوری ساخته شده که سیم جوشها می توانند بصورت موازی یا در پشت سر هم قرار بگیرند. هر چند از این سیستم بصورت گسترده استفاده نمی گردد ولی مزایای آن عبارتند از سرعت جوشکاری بالاتر و نرخ رسوب جوش بیشتر می باشد. وقتی از این سیستم استفاده می گردد. قطر هر دو

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سیم بایستی به یک اندازه بوده و معمولاً سیم جوش با قطر ۱/۲ و ۱/٦ میلیمتر بکار می رود. با هر دو منبع نیروی ولتاژ ثابت و شدت جریان ثابت می توان از این سیستم تغذیه سیم استفاده نمود. هر چند سیم خود تنظیمی قوس الکتریکی در دستگاههای ولتاژ ثابت بهتر است(شکل ٤)

سیستم تغذیه سیم پشت سر هم: (Tandem wire feeder)

دراین نوع جوشکاری نیاز به دو منبع نیرو، دو سیستم تغذیه سیم، دو واحد کنترل، دو مشعل جوشکاری می باشد. سیم ها می توانند بصورت موازی یا پشت سر هم حرکت نمایند. اما هر دو داخل یک حوضچه جوش قرار دارند. تنها عامل مشترک در این سیستم، واحد تغذیه فلاکس می باشد. فاصله بین دو سیم جوش باید به اندازه ای باشد که سیم دوم در فلاکس قرار بگیرد. میزان این فاصله بستگی به نوع کاربرد، جریان مصرفی سرعت جوشکاری، قطبیت، فیکسچرها و قطعه کار دارد. در اکثر موارد این فاصله بین ۱۵ تا ۲۵ میلیمتر می باشد. فاصله کمتر باعث ایجاد جوش باریکتر با نفوذ عمیق تر شده و فاصله بیشتر باعث ایجاد جوش پهنتر و نفوذ و پایداری قوس کمتر می گردد.

سیم جوش مصرفی دارای قطر بالاتر از ۲/٤ میلیمتر می باشد که باعث ایجاد نرخ رسوب بالاتر و سرعت جوشکاری بیشتر می گردد. در این روش می توان از دو تا پنج سیم در یک حوضچه جوش استفاده نمود. هر چند نیاز به تجهیزات و تنظیمات بیشتری می باشد از مشکلات ناشی از این روش اثر وزش قوس می باشد که در این حالت بایستی از هر دو جریان DC,Ac استفاده شود. در سیستمهای دو سیمه از جریان AC,Dc و در سیستمهای سه سیمه بصورت DC-AC-Dc برای جلوگیری از وزش قوس استفاده می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فرآیند سیستمهای چند سیمه جوشهای دارای طول ضخامت زیاد استفاده می گردد که باعث کم شدن زمان جوشکاری و افزایش تولید می گردد.(شکل ٤)

شناخت پارامترهای موثر در جوشکاری زیر پودری:

١- شدت جریان

مهمترین عاملی که بر کیفیت جوش تاثیر می گذارد، شدت جریان جوشکاری می باشد برای جوشکاری تک پاسه، برای بدست آوردن نفوذ مطلوب بدون ایجاد ریزش مذاب از پشت قطعه، باید شدت جریان مناسب تنظیم شود.

هر چه شدت جریان بیشتر باشد، نفوذ جوش زیادتر می شود.

در جوشهای چند پاسه، شدت جریان برای اندازه جوش مورد نظر باید مناسب باشد. در جوشکاری زیر پودری شدت جریان با سرعت تغذیه سیم در ارتباط می باشد با افزایش سرعت سیم، آمپر افزایش یافته و با کاهش آن سرعت سیم، آمپر نیز کم می شود. با افزایش سرعت سیم، نرخ رسوب فلز جوش، ارتفاع گرده جوش و نفوذ بیشتر می شود.

٢- ولتاژ قوس:

ولتاژ قوس نسبت به تغییرات زیاد شدت جریان در محدوده کمی تغییر می نماید این تغییرات بین ٢٢ تا ٤٤ ولت می باشد. ولتاژ قوس توسط یک پتاسینومتر در روی دستگاه تنظیم می گردد. ولتاژ بالاتر موجب پهن شدن گرده جوش و سطح شدن گرده جوش می گردد. ولتاژ بالا موجب ذوب شدن بیشتر فلاکس می گردد و بیشتر عناصر اکسیژن زادی فلاکس به داخل فلز جوش منتقل می گردد.

از بکارگیری ولتاژ بالا بایستی اجتناب شود. چون عناصر ایجاد ترک در فلز جوش می گردد. ولتاژ پایین باعث کم شدن طول قوس می گردد و احتمال برخورد نوک سیم با

Scan Edited By Ramin Tajallaei

سطح کار بیشتر می شود. ولتاژ کم باعث ایجاد گرده جوش باریک تر و برجسته می گردد. همچنین تمیز کردن سرباره مشکل تر می گردد .

۳- سرعت حرکت پیشروی:

سرعت حرکت بر روی پهنای گرده و نفوذ جوش تاثیر می گذارد. سرعت حرکت زیاد باعث ایجاد گرده جوش باریک با نفوذ کم می گردد. از سرعت زیاد برای جوشکاری ورقهای نازک که نیاز به نفوذ و گرده کمی دارد، استفاده می گردد. سرعت بالا باعث ایجاد خوردگی در کنار جوش و ایجاد تخلخل و حبس سرباره می گردد. و دلیل آن سریع سرد ومنجمد شدن فلز جوش می باشد.

سرعت جوشکاری کم باعث ایجاد حوضچه جوش بزرگ و ریزش مذاب بر روی لبه های اتصال در سطح کار می گردد.

در اثر حرارت ورودی زیاد، ناشی از سرعت حرکت پیشروی کم منطقه تحت تاثیر حرارت بیشتری ایجاد می گردد.

۴- تاثیر زاویه سیم جوش نسبت به سطح قطعه:

زاویه سیم جوش نسبت به قطعه می تواند بصورت عمود، مایل به سمت جلو و یا مایل به سمت عقب باشد. اگر زاویه سیم جوش نسبت به جلوی قطعه بیشتر از زاویه قائمه باشد، به آن زاویه فشار دهنده (push angle) و اگر نوک سیم جوش به طرف پشت قطعه باشد به آن زاویه کشنده (pull angle) می گویند.

چنانچه نوک سیم جوش به سمت جلو باشد، گرده جوش پهن تر و نفوذ جوش کمتر می شود. اگر نوک سیم جوش به سمت پشت قطعه باشد، گرده جوش باریک تر، نفوذ جوش

Scan Edited By Ramin Tajallaei

و ارتفاع آن بیشتر می شود. در صورت عمود بودن زاویه جوش نسبت به سطح قطعه شکل جوش بین حالتهای قبلی می باشد.(شکل ۱۰)

۵- مقدار بیرون بودن سیم جوش از سر نازل (stick out)

با افزایش مقدار سیم از سرنازل می توان در یک آمپر مشخص میزان رسوب جوش را افزایش داد. با افزایش طول سیم از سرنازل مقاومت سیم جوش افزایش یافته و در اثر آمپر بالا، سیم جوش داغتر شده و نیاز به آمپر کمتری برای ذوب الکترود می باشد. در این حالت می توان با افزایش سرعت تغذیه سیم و تنظیم آمپر به میزان قبلی، مقدار رسوب فلز جوش را افزایش داد.

با افزایش طول سیم خروجی، نفوذ جوش کمتر می شود. این مورد در روکشکاری بر روی سطح فلزات که نیاز به درجه دقت کمی می باشد، می تواند مفید واقع شود و با تعداد پاس جوش کمتری به فلز آلیاژی مورد نظر نهایی رسید.

۶- ضخامت پودر روی حوضچه جوش:

قشر پودر کم بر روی حوضچه جوش موجب تخلخل در فلز جوش می گردد. چون عمل محافظت بخوبی انجام نمی گیرد. و همچنین باعث تابش اشعه های مضر قوس از بین پودر می گردد. ضخامت پودر زیاد باعث ایجاد فرو رفتگی در سطح گرد جوش می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۷- مخفی بودن فلز جوش در زیر پودر:

یکی از مشکلات جوشکاری زیر پودری، پر نشدن کم درز اتصال می باشد و یا در بعضی مواقع ارتفاع گرده جوش بیش از حد لازم می گردد. غیر یکنواخت بودن درز اتصال نیز بر روی شکل جوش نهایی تاثیر می گذارد.

اندازه دانه های پودر:

اندازه پودر جوشکاری بایستی با توجه به آمپر، ولتاژ و سرعت جوشکاری انتخاب شود. امکان خروج گاز در دانه های درشت بیشتر است و احتمال ایجاد مک و حفره کمتر است. بنابراین برای قطعات نازک که از سرعت زیاد و آمپر کم استفاده می گردد، دانه بندی درشت تر مناسب تر است. همچنین قطعات زنگ زده و آلوده بهتر است با پودرهای دانه درشت جوشکاری شود. استفاده از پودرهای درشتر باعث ایجاد سطح جوش زبرتر می گردد وبرای ایجاد قوس در لحظه اول مضر است. برای جوشکاری با آمپرهای بالا استفاده از پودر با دانه بندی ریز مناسب است. سطح جوش حاصل با پودر ریز صاف و صیقلی می باشد.

۸- نوع پودر:

پودرها ممکن است بصورت خنثی یا فعال باشند. پودرهای خنثی تغییرات مهمی در ترکیب شیمیایی فلز جوش ایجاد نمی کنند. پودرهای خنثی معمولاً برای جوشکاریهای چند پاسه بکار می رود. پودرهای فعال دارای مقادیری سیلیسیوم و منگنز می باشند که برای کم نمودن تخلخل و ترک در جوش می باشد.

پودرهای فعال معمولاً برای جوشهای تک پاسه بکار می روند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

نوع سوم، پودرهای آلیاژی هستند که وقتی با سیم جوش فولاد کربنی بکار روند، فلز جوش آلیاژی حاصل می شود.

نوع جریان مصرفی و تاثیر آن در جوشکاری زیر پودری:

در جوشکاری زیر پودری از جریان مستقیم و جریان متناوب استفاده می گردد.

در جوشکاری های تک سیمه از جریان مستقیم بصورت قطب معکوس استفاده می گردد (DCRP) در صورت استفاده از جریان مستقیم بصورت قطب مستقیم (DCSP) نفوذ جوش کم شده ولی نرخ رسوب جوش در آمپر برابر با DCRP افزایش می یابد.

در DCEN درجه رقت کم بوده، بنابراین برای روکشکاری بر روی قطعات مخصوصاً در پاس اول مناسب می باشد.

تاثیر استفاده از جریان متناوب بر روی شکل و نرخ رسوب جوش بین حالت DCEP و DCEN می باشد. درهنگام استفاده از جریان AC و DCEN امکان ایجاد مک بیشتر است. بنابراین باید از پودرهای مخصوص استفاده نمود. در جوشکاری های چند سیمه معمولاً سیم اول DCEP بوده و سیم های بعدی به جریان AC متصل می باشند. این کار مانع ایجاد وزش قوس می گردد.

مواد مصرفی در جوشکاری زیر پودری:

مواد مصرفی شامل سیم جوش و فلاکس می باشد.

الف) سیم جوش:

سیم جوشها در جوشکاری زیر پودری بصورت کلافی می باشد و از نظر قطر الکترود در اندازه های ۲، ۲،۳،٤/٥، ٥، ٦ مورد استفاده قرار می گیرد. بیشترین کاربرد را سیم جوش با قطر ٤ دارد. الکترودهای زیر پودری بصورت سیم توپر معمولی، سیم توپودری،

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود بصورت تسمه توپر معمولی و توپودری مورد استفاده قرار می گیرد. در رابطه با شناخت سیم جوشهای زیر پودری استاندارد مختلفی وجود دارد که می توان به استاندارد DIN,EN,AWS اشاره نمود در استاندارد EN برای شناسایی الکترود فولادی از افزایش درصد منگنز موجود سیم جوش استفاده می گردد. این مبنا براساس افزایش ۰/۵ درصدی منگنز می باشد.

$S_1 \rightarrow ./5\%\ Mn$ $S_2 \rightarrow 1\%\ Mn$
$S_3 \rightarrow 1.5\%\ Mn$ $S_4 \rightarrow 2\%\ Mn$

همه سیم جوشهای فولاد کربنی و فولاد کم آلیاژی با لایه ای از مس روکشکاری شده اند و جود مس بر روی الکترود از زنگ زدن جلوگیری نموده و هدایت جریان الکتریکی را بهتر می نماید.

ب) پودرهای جوشکاری زیر پودری Fluxes

وظیفه پودر محافظت از حوضچه جوش، تصفیه فلز جوش، اضافه کردن عناصر آلیاژی و پایداری قوس می باشد. پودرها از مواد معدنی و شیمیایی مختلفی تشکیل شده است این مواد به روشهای مختلفی با هم مخلوط شده و به بازار عرضه می شود که عبارتند از:

۱- پودرهای از پیش ذوب شده

۲- پودرهای بهم چسبیده

۳- پودرهای زینتر شده

پودرهای از پیش ذوب شده: Fused fluxes

در ساخت این نوع پودر، مواد مختلفی معدنی با هم مخلوط شده و سپس در کوره قوس الکتریکی ذوب می گردد. مذاب حاصل را روی سطح صاف ریخته و پس از سردشدن آنرا شکسته و آسیاب می نمایند و سپس در اندازه های مختلف به بازار عرضه می گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در روش دیگر مذاب حاصل را در داخل آب ریخته و در اثر شوک حاصل سرباره مذاب بصورت ذرات ریز در حاصل آب پخش می شود. سپس آنها را جمع آوری نموده و در داخل کوره خشک می نمایند سپس آنرا آسیاب نموده و در اندازه های مختلف بسته بندی می نمایند. مزیت این روش نسبت به روش اول در آنست که نیاز به نیروی کمتری برای آسیاب کردن، دارد.

پودرهای بهم چسبیده Bonded flux

در این روش مواد معدنی مختلف که در ساخت پودر بکار می رود، بصورت ذرات بسیار ریز با چسب شیشه مخلوط می گردد. این عمل در داخل مخلوط کننده های مخصوص انجام می شود و سپس ذرات مخلوط شده بصورت دانه های کروی شکل می گیرند. دانه های کروی تشکیل شده ، در داخل کوره در ۸۰۰-۶۰۰درجه سانتیگراد خشک می گردد دراین حالت ذرات پودر بصورت دانه های ریز یا درشت تولید می گردد که غربال شده و بسته بندی می گردد.

پودر زنیتر شده: (Mixed flux)

فرق این پودر با نوع قبلی اینکه از مواد چسبنده سرامیکی با درجه حرارت بالا استفاده می گردد و سپس در دمای بالا در اثر ذوب بعضی ترکیبات موجود، باعث بهم پیوستن ذرات مواد تشکیل دهنده می شود.

مشخصات تعدادی از پودرهای جوشکاری زیر پودری:

۱- نوع سیلیکات منگنز

۲- نوع سیلیکات کلسیم

۳- نوع سیلیکات زیرکونیم

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٤- نوع سیلیکات رتیلی

٥- نوع آلومنیات رتیلی

٦- نوع آلومنیات قلیایی

٧- نوع فلوراید قلیایی

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱ :

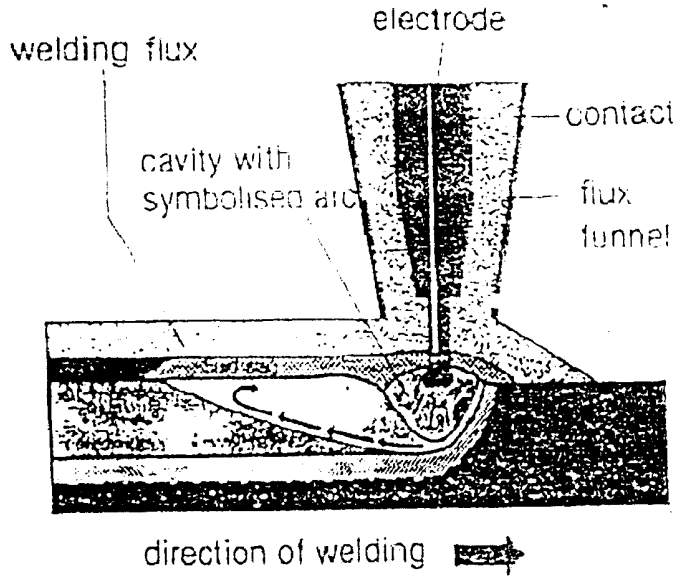
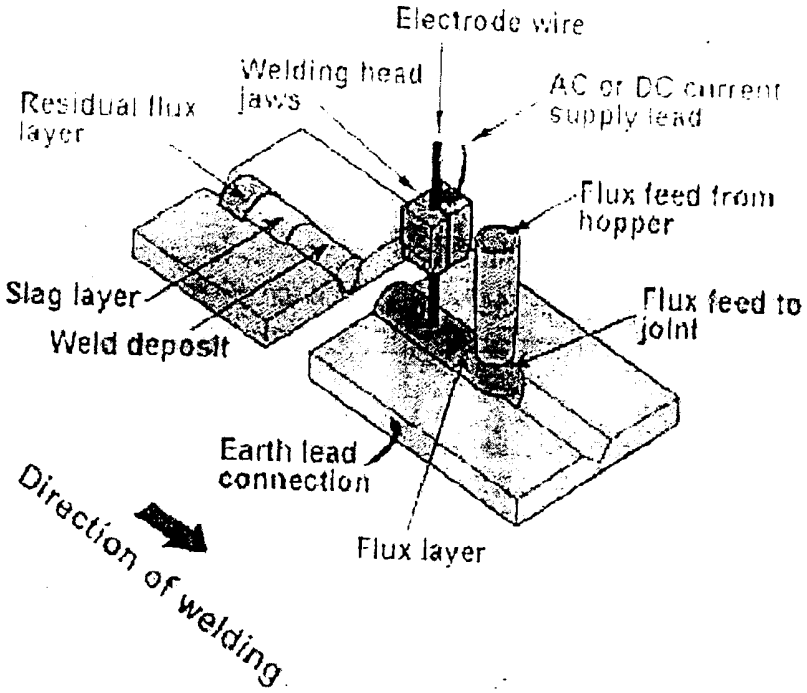


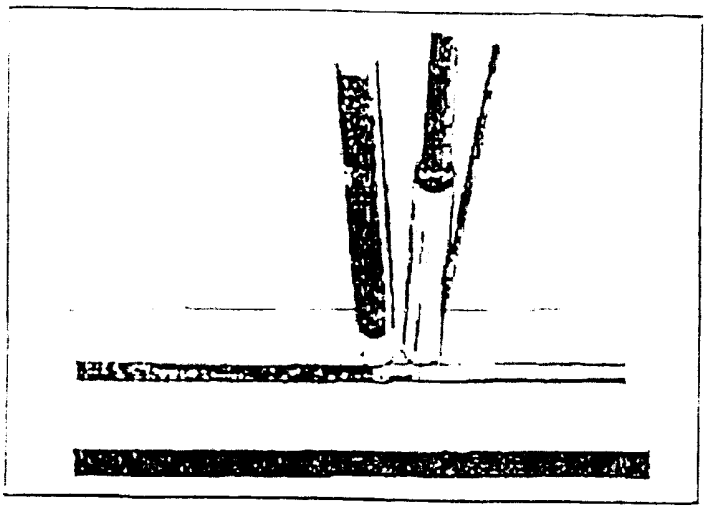
Fig. 1.-1: Principle of submerged arc welding

شکل ۲ :



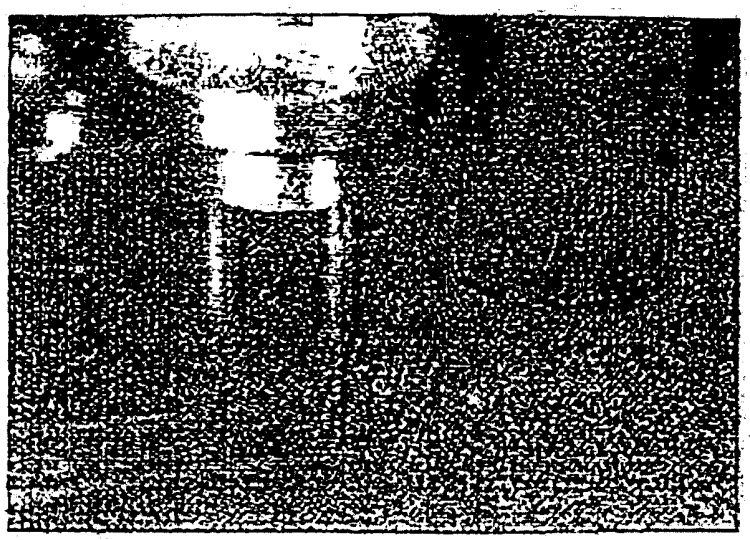
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۳:



Tandem Wire Systems

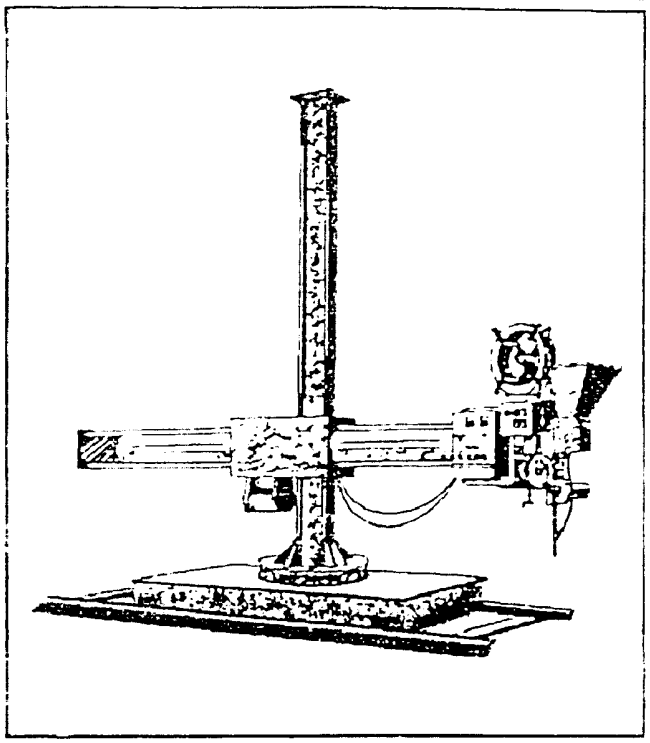
شکل ٤:



Dual Wire

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل۵ :



Manipulator with welding equipment

شکل۶:

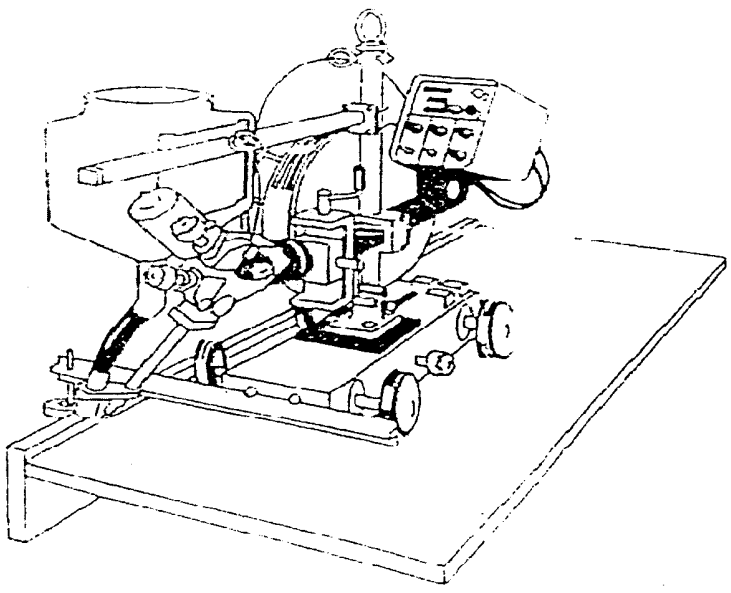
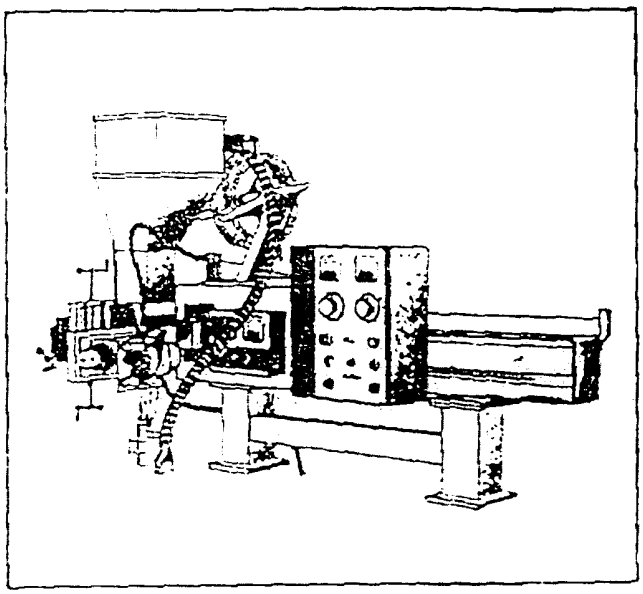


Fig. 4.-1: Welding traktor

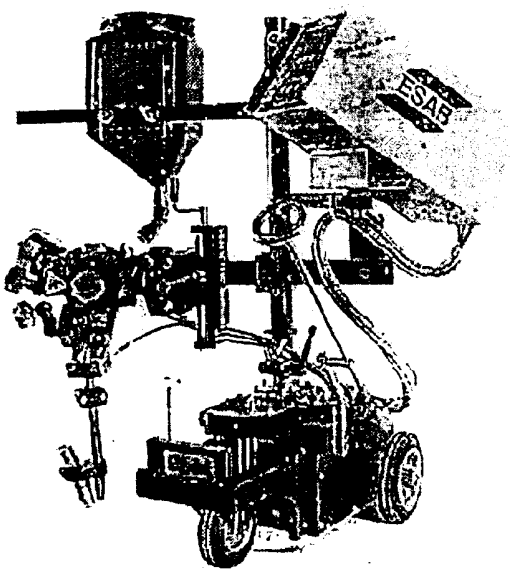
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۷:



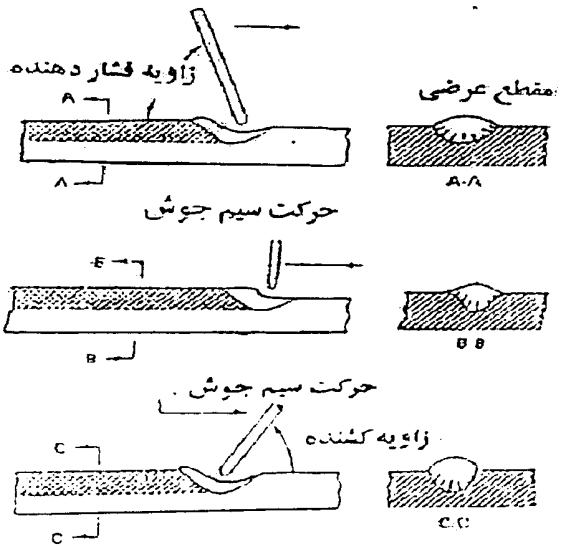
Sidebeam with welding equipment

شکل۸:

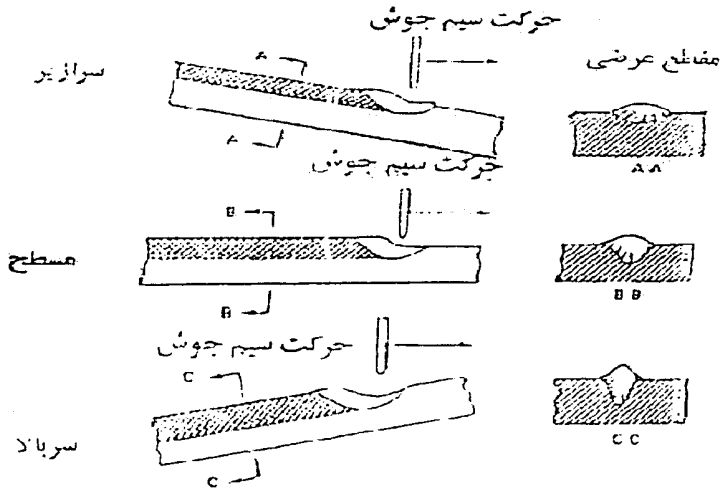


Scan Edited By Ramin Tajallaei

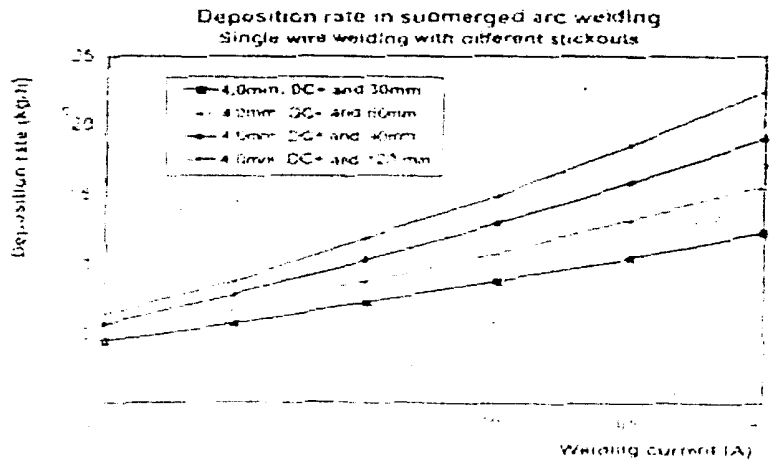
شکل ۱۰ : زاویه جوش نسبت به قطعه کار



شکل ۳ – وضعیت قطعه کار

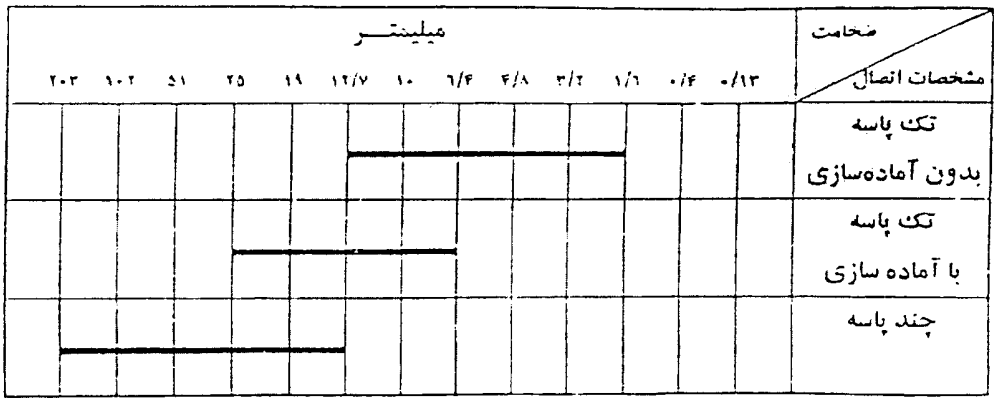


اثر stick out روی نرخ رسوب



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۳ : محدوده ضخامت فلز مبنا برای جوشکاری قوسی زیر پودری



Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل یازدهم

۱۳ـ۱

فرآیندهای مختلف جوشکاری

Other welding/joining processes

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فرآیندهای مختلف جوشکاری

تعریف جوشکاری:

عمل ایجاد پیوند بین اتمهای دو جسم را جوشکاری گویند.

عمل ایجاد پیوند می‌تواند بین دو فلز هم جنس یا غیر همجنس، بین فلز با غیر فلز و یا بین دو غیر فلز باشد. که توسط حرارت یا بدون حرارت، با ماده کمکی و یا بدون ماده کمکی، با فشار و یا بدون فشار صورت می‌گیرد.

فرآیندهای جوشکاری به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌گردند:

الف) جوشکاری‌های غیر ذوبی

ب) جوشکاری‌های ذوبی

الف) جوشکاری غیر ذوبی

در فرآیندهای جوشکاری غیر ذوبی برای عمل جوشکاری، مواد در حالت سرد و یا تا دمای خمیری شدن حرارت داده شده و سپس در هم ادغام می‌گردند در این فرآیندها برای عمل پیوند اکثراً از فشار استفاده می‌گردد.

که عبارتند از: جوشکاری فشاری در حالت سرد، جوشکاری اصطکاکی، جوشکاری با فرکانس بالا، جوشکاری نفوذی، جوشکاری انفجاری

جوشکاری‌های ذوبی:

در فرآیندهای ذوبی لبه‌های اتصال توسط یک منبع حرارتی تا دمای ذوب گرم شده و سپس درهم ممزوج می‌گردند و می‌توان از ماده کمکی (سیم جوش، الکترود) نیز استفاده نمود. مانند جوشکاری ترمیت، لیزر، الکترون بیم، الکترو املاگ، پلاسما

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جوشکاری‌های غیر ذوبی (حالت جامد)

جوشکاری انفجاری: EXW

وقتی دو فلز با ضربه شدید به یکدیگر برخورد نمایند، بین آنها عمل ایجاد پیوند اتمها یا جوشکاری صورت می‌گیرد. سرعت برخورد دو قلعه برای انجام جوشکاری باید بسیار بالا باشد. این سرعت بالا توسط مواد منفجره حاصل می‌شود. شرایط قرارگیری قطعات و مواد منفجره در شکل نشان داده شده است.

جوشکاری انفجاری یک روش مخصوص بوده و برای اتصالات لب رویهم بکار می‌رود با این روش می‌توان انواع فلزات غیر همجنس را که در روش‌های ذوبی امکان اتصال آنها وجود ندارد به یکدیگر جوشکاری نمود، مانند تیتانیم به فولاد، مس به آلومینیوم، مس به فولاد، فولا به فولاد زنگ‌نزن، ...

جوشکاری التراسونیک USW

در این روش جریان الکتریکی متناوب با فرکانس بسیار بالا به یک کریستال پیزوالکتریک (ترانس دیوسر) اعمال می‌گردد. و باعث می‌گردد کریستال شروع به ارتعاش نماید هر چه فرکانس جریان متناوب بالاتر باشد، تعداد ارتعاشات کریستال نیز بیشتر می‌گردد این ارتعاشات توسط میله‌ای به قطعات مورد جوشکاری با اعمال نیروی کمی منتقل می‌گردد. در اثر ارتعاشات شدید در فصل مشترک دو قطعه لایه‌های اکسیدی شکسته شده و اتمهای دو قطعه به ارتعاش درآمده و باهم تشکیل پیوند داده و در نتیجه عمل جوشکاری انجام می‌شود. با این روش می‌توان ورقهای فلزی تا ضخامت دو میلیمتر را به هم جوشکاری نمود و می‌توان فلزات هم جنس و غیر همجنس و غیر فلزات نظیر پلاستیکها را جوشکاری نمود. قطعات پلاستیک داشپورت اتومبیلها توسط روش التراسونیک به هم

Scan Edited By Ramin Tajallaei

متصل می‌گردند. در صنایع غذایی فویلهای آلومینیومی به مواد دیگر توسط همین روش جوشکاری می‌گردد.

جوشکاری پرسی:

بوسیله قالب و سمبه‌های مخصوص می‌توان با وارد نمودن فشار بر روی لبه‌های ورقهای آنها را بصورت لب رویهم جوشکاری نمود. آج‌دار بودن سطح سمبه و ماتریس باعث تمرکز نیرو شده و جوشکاری با نیروی کمتری قابل انجام است.

جوشکاری به روش غلطک کاری در حالت سرد

روکشکاری فلزات با لایه‌ای از مواد مقاوم به خوردگی دارای کاربرد زیادی در صنایع می‌باشد. دو ماده مورد جوشکاری تحت فشار غلطکها قرار گرفته و در اثر اعمال نیروی زیاد بین آنها عمل جوشکاری صورت می‌گیرد.

برای مثال آلومینیوم خالص بر روی آلیاژ دور آلمین روکش می‌گردد. آلیاژ دور آلمین دارای استحکام مکانیکی خوبی بوده ولی مقاومت بخوردگی آن پائین می‌باشد و فلز آلومینیوم خالص دارای استحکام مکانیکی کمی بوده ولی مقاومت بخوردگی آن بالا می‌باشد.

بنابراین با این روش می‌توان به فلزی با استحکام مکانیکی و مقاومت بخوردگی بالا دسترسی پیدا نمود که در قطعات هواپیماهای جت کاربرد دارد.

جوشکاری‌های غیر ذوبی در حالت گرم:

جوشکاری بر روش غلطک کاری در حالت گرم:

از این روش نیز برای روکشکاری مواد مقاوم بخوردگی بر روی فلزات دیگر استفاده می‌گردد. در غلطک کاری گرم، نیاز به نیروی کمتری نسبت به غلطک کاری سرد می‌باشد و

Scan Edited By Ramin Tajallaei

برای فلزاتی که استحکام مکانیکی آنها بالاست، استفاده می‌گردد. با این روش می‌توان فولاد زنگ نزن را بر روی فولاد کربنی روکشکاری نمود.

جوشکاری اصطکاکی: FRW

در اثر اصطکاک ما بین دو قطعه که یکی از آنها ثابت بوده و دیگری با سرعت بالا در چرخش می‌باشد و با فشاری که به یکدیگر اعمال می‌کنند، باعث ایجاد حرارت در فصل مشترک دو قطعه می‌گردد. با افزایش دما، سطوح تماس به حالت خمیری رسیده و مقداری از فلز بحالت خمیری رسیده و از فصل مشترک به بیرون رانده می‌شود. در این لحظه اپراتور دستگاه سریعاً حرکت چرخشی را متوقف نموده و فشار محوری را بیشتر می‌نماید و عمل جوشکاری صورت می‌گیرد. با این روش می‌توان قطعات گرد و یا قطعات گرد را به قطعات مربعی شکل جوشکاری نمود.

جوشکاری گازی فشاری:

در این روش سطوح قطعاتی که بایستی به یکدیگر جوشکاری شوند با شعله اکسی-سوخت تا دمای خمیری شدن، گرم شده و سپس با فشار درهم ادغام می‌گردند، در اثر اعمال فشار محل اتصال بصورت برآمده می‌گردد.

جوش مقاومتی نقطه‌ای:

در جوش مقاومتی، جریان الکتریکی بسیار بالایی از قطعات مورد جوشکاری عبور می‌نماید. در اثر مقاومت الکتریکی قطعات، گرمای زیادی در فصل مشترک آن ایجاد شده و فلز به حالت خمیری می‌رسد. با اعمال فشار از طریق الکترودها عمل فورج (آهنگری) انجام شده و ناحیه خمیری شکل درهم ادغام می‌شوند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

جوش جرقه‌ای لب به لب Flash Butt Weld

سطوح قطعاتی که جوشکاری شود بوسیله ایجاد قوس الکتریکی بین آنها به حالت ذوب رسیده و سپس دو سطح قطعه به یکدیگر فشرده می‌گردد. در اثر فشار مواد مذاب بصورت جرقه به بیرون پرتاپ شده و ناحیه خمیری سطح مشترک درهم ادغام شده و باعث اتصال دو قطعه می‌گردد. از این روش در روسیه برای جوشکاری لوله‌های انتقال نفت و گاز با قطر بالا استفاده می‌گردد.

جوشکاری مقاومتی سر به سر Upset Welding

در این روش ابتدا سطوح دو قطعه بهم فشرده شده و سپس جریان الکتریکی از آن عبور می‌نماید. بخاطر مقاومت الکتریکی فلزات مورد جوشکاری، دما در سطح تماس بالا رفته و به حالت خمیری می‌رسد. با افزایش فشار دو قطعه در هم ادغام می‌گردند.

ب) جوشکاری‌های ذوبی

جوشکاری اکسی- استیلن

در این روش گرمای مورد نیاز برای ذوب فلز پایه از واکنش شیمیایی سوختن گاز استیلن با اکسیژن تأمین میگردد. فرآیند اکسی- استیلن یک روش قدیمی بوده و در سال ۱۸۰۰ میلادی مورد استفاده قرار گرفت. گاز استیلن بیشترین دما را در هنگام سوختن با اکسیژن خالص ایجاد نموده و در حدود ۳۲۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

جوشکاری ترمیت:

بعضی از اکسیدهای فلزی با پودر آلومینیوم واکنش داده و اکسید فلزی را احیاء می‌نماید. در این حالت فلز احیاء شده بصورت مذاب در پائین بوته جمع شده و اکسید آلومینیوم بصورت سرباره بالا مذاب شناور می‌گردد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

پودر آلومینیوم و پودر اکسید آهن با نسبت معین مخلوط شده و در داخل بوته مخصوص ریخته می‌شود. سپس یک میله آهنی سرخ شده را داخل این مخلوط فرو برده و واکنش شروع می‌گردد. در اثر این واکنش مذاب آهن بسیار داغی $(2450^{o}C)$ حاصل می‌شود سپس مذاب حاصل را در بین دو قطعه مورد جوشکاری ریخته و عمل جوشکاری انجام می‌شود.

جوشکاری الکترو اسلاگ ESW

این روش در کشور اکراین و در مؤسسه جوشکاری پاتون ابداع شده است این روش شبیه ریخته‌گری مذاب بصورت دائم می‌باشد. جوشکاری در حالت سر بالا بین دو قطعه انجام می‌شود. بخاطر حجم زیاد سرباره و مذاب، دو کفشک مسی که با آب خنک می‌گردد، در دو طرف قطعه از ریزش مذاب جلوگیری می‌نماید بخاطر مقاومت الکتریکی سرباره، در اثر عبور جریان الکتریکی تا حدود ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد دمای آن افزایش می‌یابد و باعث ذوب سیم جوش در لحظه ورود به داخل حمام سرباره می‌گردد. فقط در لحظه اول قوس الکتریکی ایجاد می‌شود و پس از ذوب فلاکس قوس قطع می‌شود.

جوشکاری الکترون بیم EBW

جوشکاری الکترون بیم در خلاء انجام می‌گیرد. یک فیلامنت تنگستنی در اثر عبور جریان الکتریکی داغ شده و الکترون ساطع می‌نماید یک جریان الکتریکی با ولتاژ بالا بین ۱۰ تا ۱۵۰ کیلو ولت به قطعه کار و فیلامنت تنگستنی متصل می‌باشد.

در اثر میدان الکتریکی قوی حاصل، الکترونهای ساطع شده از المنت تنگستنی با سرعت بسیار زیاد به طرف قطعه کار که قطب مثبت می‌باشد، حرکت می‌نمایند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در اثر برخورد الکترونها با سطح کار، انرژی جنبشی الکترونها به انرژی حرارتی تبدیل شده و باعث ذوب فلز با عرض بسیار کم و با عمق زیاد می‌گردد.

تا ضخامت ۱۵ سانتیمتر فولاد توسط روش الکترون بیم در یک مرحله جوشکاری شده است. فلزات دیرگداز و فعال که با روشهای معمولی قابل جوشکاری نمی‌باشند توسط روش الکترون بیم جوشکاری می‌گردند. اکثر قطعات فضاپیماها که از آلیاژهای خاص می‌باشد به این روش جوشکاری می‌گردند.

جوشکاری لیزر:

لیزر نوری تک رنگ و متمرکز بوده که با تابش آن بر روی سطح قطعه، سریعاً باعث ذوب فلز در عرض کم و عمق زیاد می‌گردد. در روش لیزر مانند الکترون بیم نیاز به خلاء نمی‌باشد و می‌توان نور لیزر را از طریق فیبر نوری یا شیشه عبور داد و به داخل محفظه‌های مخصوص که از گاز خنثی پر شده برای جوشکاری فلزات استفاده نمود. از دو نوع لیزر جامد و لیزر گازی برای جوشکاری و برشکاری استفاده می‌گردد.

جوشکاری با قوس پلاسما

جوشکاری پلاسما، حالت توسعه یافته جوشکاری تیگ می‌باشد. پلاسما به گاز یونیزه شده گفته می‌شود و گاهی به حالت چهارم ماده نیز نامیده می‌شود. در همه فرآیندهای جوشکاری قوسی، پلاسما وجود دارد ولی بصورت متمرکز نمی‌باشد.

در فرآیند پلاسما، قوس از روزنه کوچکی عبور نموده و گازهای یونیزه شده حاصل با سرعت بسیار بالا و دمای زیاد بصورت جت به طرف قطعه حرکت می‌نمایند.

حرارت حاصل از قوس پلاسما در حدود ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد که می‌تواند هر ماده شناخته شده را ذوب یا برشکاری نماید.

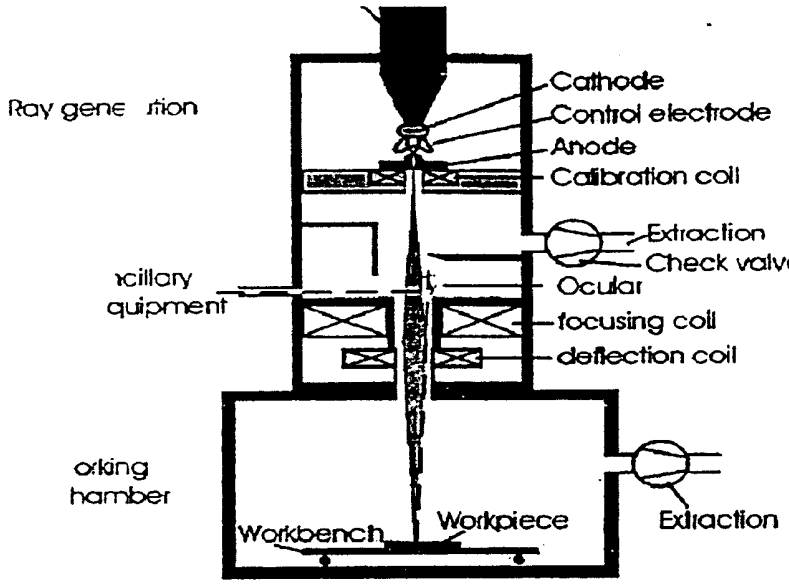
Scan Edited By Ramin Tajallaei

در پلاسما از دو نوع قوس انتقالی و قوس غیر انتقالی استفاده می‌گردد.

با فرآیند پلاسما می‌توان فولاد تا ضخامت ۸ mm را بدون پخ بصورت لب به لب در یک مرحله جوشکاری نمود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱: جوشکاری لیزر



شکل ۲ : جوشکاری به روش پلاسما با الکترود منفی

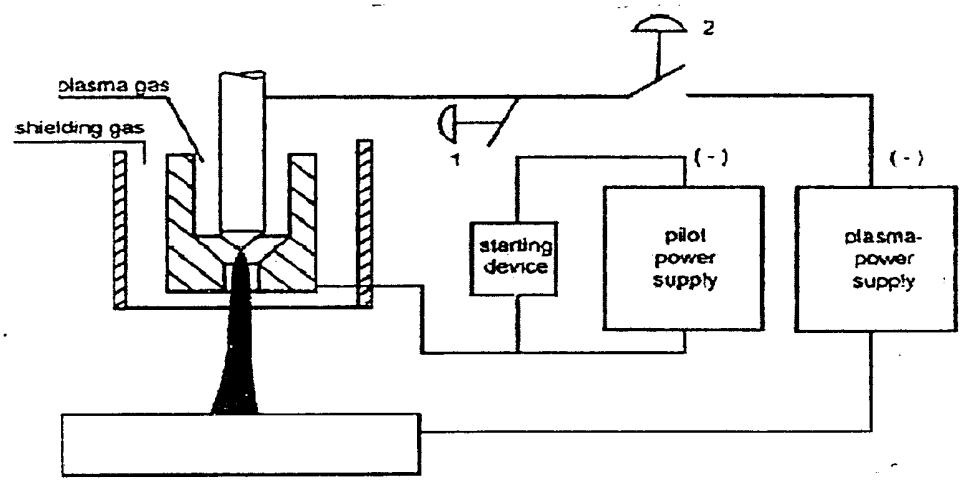


Figure 3: Plasma arc ignition with negative poled electrode

Scan Edited By Ramin Tajallaei

فصل دوازدهم

۱ـ۱۴

برشکاری و روش‌های دیگر آماده سازی قطعات

Cutting and other edge preparation processes

Scan Edited By Ramin Tajallaei

برشکاری و روش‌های دیگر آماده سازی قطعات Cutting

فرآیندهای برشکاری برای بریدن، تکه برداری، پخ سازی لبه‌های اتصال و برداشتن قسمتی از فلز جوش که دارای عیب می‌باشد، کاربرد دارد.

عملیات برشکاری به روشهای ذیل تقسیم‌بندی می‌گردند:

(براده برداری)
- اره کاری
- ماشین کاری
- سنگ کاری
- برشکاری با آب

حرارتی
- برشکاری با شعله گاز
- برشکاری با قوس الکتریکی
  - الکترود زغالی
  - الکترود فلزی
  - پلاسما
- برشکاری با فلاکس شیمیایی (Lance)
- برشکاری با شعله و پودر فلزی
- برشکاری با شعله و فلاکس
- برشکاری لیزر
- برشکاری الکترون بیم

تخلیه الکتریکی
- وایرکات

Scan Edited By Ramin Tajallaei

درصد خلوص اکسیژن	٪99.4	٪99.7	اختلاف ٪0.3
سرعت برشکاری mm/min	345	395	کاهش سرعت 50 mm/min

مشعل برشکاری:

مشعل برشکاری دقیقاً شبیه به مشعل جوشکاری بوده با این تفاوت که یک مسیر اضافی برای خروج اکسیژن برش وجود دارد. مشعل برشکاری از قسمتهای ذیل تشکیل شده است:(شکل ۲و۳)

۱- دسته مشعل ۲- شیرهای تنظیم گاز اکسیژن و گاز سوختنی پیشگرم ۳- اهرم یا شیر اکسیژن برش ٤- لوله اختلاط ٥- نازل برش

نازلهای برش در انواع مختلفی وجود دارند که بسته به نوع گاز سوختنی و ضخامت فلز مورد برشکاری، انتخاب می‌گردند. در اطراف نازل سوراخهایی برای ایجاد شعله پیشگرم و در وسط نازل سوراخی برای خروج اکسیژن برش وجود دارد.

نحوه انجام برشکاری:

ابتدا فشار مناسب برای برشکاری را تنظیم نمایید سپس شیرهای اکسیژن و گاز سوختنی شعله پیشگرم را کمی باز نموده و توسط فندک شعله را ایجاد نمایید. سپس قدرت شعله را نسبت به ضخامت فلز تنظیم نمایید و نوک مخروط آبی شعله را در بالای سطح کار نگهدارید وقتی سطح کار به درجه سرخ شدن رسید، اکسیژن بُرش را باز نموده و با سرعت مناسب به سمت جلو حرکت نمایید.

قابلیت برشکاری فلزات با شعله گاز:

Scan Edited By Ramin Tajallaei

همه فلزات قابلیت برشکاری با شعله گاز را ندارند. فلزاتی که براحتی توسط شعله برشکاری می‌گردند باید دارای خصوصیات ذیل باشند:

۱- نقطه ذوب اکسید فلز باید کمتر از نقطه ذوب فلز باشد.

۲- سرباره حاصل باید دارای سیالیت زیاد باشد تا براحتی با فشار اکسیژن به بیرون رانده شود.

۳- هدایت حرارتی فلز پائین باشد.

٤- دمای احتراق فلز باید کمتر از دمای ذوب فلز باشد.

فولاد کربنی ۰/۲ درصد کربن:
- دمای اشتعال 1250^{oc}
- ← مناسب برای برشکاری با شعله
- دمای ذوب 1500^{oc}

چدن خاکستری ۳ درصد کربن:
- دمای اشتعال 1375^{oc}
- ← برای برشکاری با شعله مناسب نمی‌باشد
- دمای ذوب 1250^{oc}

شیارزنی با اکسی سوخت:

شیارزنی با شعله اکسی- سوخت شبیه عمل برشکاری می‌باشد. سطح کار توسط شعله پیشگرم به دمای اشتعال رسیده و سپس با دمیدن اکسیژن فلز بصورت اکسید آهن به بیرون از شیار رانده می‌شود تنها فرق آن با برشکاری استفاده از نازلی است که در سر آن یک وجود دارد که باعث می‌شود، مذاب بصورت سطحی و با عمق کم اکسید و به بیرون رانده شود. با نازل برشکاری نیز می‌توان عمل شیارزنی را انجام داد، منتهی باید مشعل را با زاویه خوابیده‌تر نسبت به سطح کار هدایت نمود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

با این روش فلزاتی که با روش اکسی- سوخت برشکاری می‌شوند، را می‌توان شیارزنی نمود.

برشکاری با پلاسما:

در فرآیند برش پلاسما، فلز در منطقه‌ای محدود توسط حرارت حاصل از یک قوس بسیار متمرکز ذوب می‌شود. پلاسما جریانی از گاز یونیزه شده بوده که دارای سرعت و حرارت بسیار بالایی می‌باشد. در این فرآیند قوس الکتریکی توسط یک نازل در مقطع عرضی فشرده شده و این کار باعث افزایش نیروی قوس، ولتاژ و درجه حرارت قوس می‌شود. قوسی که در حال عبور از نازل می‌باشد، سرعت بالایی گرفته و به شدت داغ شده و در راستای معینی قرار می‌گیرد. در برشکاری پلاسما دما تا ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد بالا می‌رود و می‌تواند هر نوع فلز شناخته شده‌ای را ذوب و تبخیر و برشکاری نماید.

نکات ایمنی در برشکاری پلاسما:

۱- تمام مدارات و اتصالات الکتریکی را خشک نگهدارید.

۲- از کابلها با ظرفیت مناسب استفاده شود.

۳- هرگز مدارات برق‌دار را لمس نکنید.

٤- بیشترین خطر، هنگام تعویض قطعات تورچ می‌باشد که می‌تواند باعث شوک الکتریکی شود.

٥- تعمیرات دستگاه را به افراد ذیصلاح واگذار نمایید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

برشکاری با قوس الکتریکی

گرمای شدید ناشی از قوس الکتریکی این امکان را به ما میدهد که سطح کوچکی از فلز قطعه کار را ذوب کرده و آنرا ببریم. به این ترتیب اگر بتوانیم فلز ذوب شده را از طریق فشار گاز و یا سنگینی ثقل از منطقه مذاب دور کنیم فلز قطعه کار از محل مورد نظر بریده خواهد شد. در برشکاری فلزات، استفاده کردن از الکترودهای زغالی و فلزی مرسوم و معمول است.

برای سریع و دقیق‌تر کردن این طریقه برشکاری، وسائل و تدابیر متعدد و مختلفی طراحی شده است. در مورد برشکاری با الکترودهای معمولی پیشرفت اساسی را میتوان مدیون بهبود یافتن پوشش الکترودها دانست که بوسیله آنها میتوان برشکاری را به سرعت و با دقت کافی انجام داد.

برشکاری با الکترود زغالی

با استفاده کردن از الکترودهای زغالی میتوان برشکاری لازم را با موفقیت کامل بر روی فلزات انجام داد. چون در این حالت در منطقه قوس الکتریکی هیچ فلز دیگری دخالت ندارد مقطع برش تمام شده بسیار تمیز و جالب است. جریان برشکاری در حدود ۲۵ تا ۵۰ آمپر بالاتر از جریان مناسب برای جوشکاری همان ضخامت از فلز است.

در موقع برشکاری الکترود زغالی را باید با یک حرکت بیضی شکل در امتداد قائم حرکت داد تا فلز ذوب شده قطعه کار آب شده و بریزد. در غیر اینصورت حرکت هلالی شکل را که جوشکاران اکسی استیلن از آن استفاده میکنند بکار ببرید.

بیشترین مورد استفاده الکترودهای زغالی در برشکاری قطعات چدنی است چون حرارت قوس برای ذوب کردن آن کافی و مناسب است.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

الکترود را باید طوری نگهداشت که فشار قوس آن، فلز ذوب شده را بطرف خارج از قطعه کار بریزد. سرعت حرکت الکترود، ضخامت قطعه کار و شدت جریان لازم در جدول ۳ نمای داده شده است.

در حالت کلی موارد استفاده الکترودهای زغالی بیشتر از الکترودهای گرافیتی است چون الکترودهای گرافیتی به شدت جریان بیشتری احتیاج دارند.

طولی از الکترودهای زغالی که بیرون از الکترود گیر می‌ماند نباید از ٦ اینچ تجاوز کند تا مقاومت الکتریکی مدار و همچنین گرمای ایجاد شده از حد مجاز تجاوز نکند.

هرگاه مشاهده کردید که خوردگی زغال الکترودها خیلی زیاد و سریع شده طول مؤثر الکترود را کوتاه کنید و به سه اینچ کاهش دهید.

استفاده کردن از الکترود زغالی در این دمای فوق‌العاده بالا، باعث سرخ شدن و اکسیداسیون سطح کار میشود و در ضمن قطر الکترود بطور محسوسی کا هش مییابد. ضمناً با افزایش دما مقاومت نیز زیاد میشود.

برای استفاده کردن از الکترودهای زغالی در مورد برش‌کاری، میتوان مولدها و سایر دستگاه‌های جوشکاری معمولی را بکار برد. گاهی اوقات از جریانات مستقیم هم استفاده میکنند.

در این حالت دستگاه را باید برروی قطب مستقیم تنظیم نمود. در این صورت چون دما و روشنائی قوس الکتریکی فوق‌العاده زیاد است لنز ماسک مورد استفاده را باید از نوع تیره‌تری انتخاب نمود.

بطور کلی برای جوشکاری و یا برشکاری با الکترودهای زغالی توصیه میشود که از لنزهای شماره ۱۲ تا ١٤ استفاده شود.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در موقع برشکاری، شدت جریان خروجی را باید تا حد امکان طوری زیاد کرد که روپوش الکترود ترک نخورد زیرا در اینصورت خاصیت خود را از دست می‌دهد. شدت جریان توصیه شده برای یک الکترود به قطر $\frac{1}{8}in$ بین ۱۲۵ تا ۳۰۰ آمپر، برای الکترود $\frac{5}{32}in$ بین ۲۵۰ تا ۳۷۵ آمپر و برای الکترود $\frac{3}{16}in$ بین ۳۰۰ تا ٤٥٠ آمپر است.

آماده کردن کارگاه برای این طریقه برشکاری بسیار آسان است و با استفاده از وسائل استاندارد کارگاه‌های جوشکاری میتوان این کار را انجام داد.

تنها نکته مهم این است که برای نتیجه‌گیری خوب توصیه میشود که از الکترود مخصوص کارهای مختلف استفاده شود.

بعضی از کارخانه‌ها، الکترودهای فلزی ویژه‌ای تهیه کرده‌اند که مخصوص برشکاری بوده و پوشش آنها طوری است که شدت جریان یافتن فلز مذاب در محل قوس را زیاد و سریع می‌کند.

از این الکترودها میتوان در برشکاری فولاد ضد زنگ، مس، آلومینیوم، برنز، نیکل، چدن، منگنز، فولاد و آلیاژهای آن استفاده نمود.

سیستم را میتوان با هر یک از برق‌های متناوب و یا مستقیم (با قطب مستقیم) مورد استفاده قرار داد.

توصیه میشود که در موقع برشکاری طول قوس در حداقل ممکن نگهداشته شود.

در صورتیکه برشکاری زیر آب انجام میشود پوشش الکترود باید در برابر آب مقاوم باشد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

برشکاری با الکترود ذغالی به کمک هوا (AAC)[1]

وقتی که منطقه موردنظر از قطعه کار ذوب شد اگر یک عامل وجود داشته باشد که فلز مذاب را با فشار از محل خارج کند نحوه انجام کار سریع‌تر و راحت‌تر میشود. برای اینکار میتوان از طریقه زیر استفاده کرد.

در قسمتی از الکترودگیر الکترود زغالی با گرافیتی، یک سوراخ کوچک تعبیه کرده و از داخل آن هوا را با فشار بطرف بیرون میرانند. کنترل جت هوا به وسیله یک شیر دستی که در روی دسته الکترودگیر تعبیه شده انجام میگیرد.

فشار هوا فلز ذوب شده را با سرعت از منطقه مذاب بیرون می‌راند و معمولاً مقطع تمام شده کار طوری است که قطعه را میتوان بدون آماده سازی مجدد جوشکاری نمود.

فشار هوای دستگاه بین ٦٠ تا psig ١٠٠ تغییر می‌کند. استفاده کردن از هوای متراکم ارزان بوده و چون قسمت زیادی از هوای معمولی از نیتروژن تشکیل میشود و نیتروژن یک گاز خنثی است کیفیت برشکاری معمولاً خیلی عالی میباشد.

شکل ٥-١٠ یک الکترودگیر مخصوص با روزنه هوای متراکم را نشان می‌دهد (الکترود زغالی در داخل الکترودگیر قرار داده شده است.)

بطور کلی الکترودها را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

١. زغالی

٢. گرافیتی

1- Air carbon Arc cutting

Scan Edited By Ramin Tajallaei

در موقع کار، الکترود لخت زغالی یا کربنی در تمام طول خود داغ می‌شود چون کربن در برابر عبور جریان الکتریسیته از خود مقاومت نشان میدهد. به این ترتیب سطوح داغ الکترود کربنی اکسیده شده و قطر آن بتدریج کم میشود.

برای کاهش دادن دما و به لحاظ کم کردن اکسیداسیون، بعضی اوقات از الکترودهای زغالی مس اندود استفاده می‌کنند.

گرمای ایجاد شده در این الکترودها کمی کمتر از الکترودهای لخت مشابه است زیرا پوشش مزبور اکسیداسیون آنها را کاهش می‌دهد.

مراحل انجام کار بشرح زیر است:

۱. با توجه به قطر الکترود جریان مناسب را انتخاب کنید.

۲. کمپرسور هوا را روشن کرده و بوسیله گولاتور دستگاه، فشار مناسب را تنظیم کنید. فشار هوا را در کمترین حد ممکن قرار دهید. فشار مزبور باید طوری باشد که فقط فلز مذاب را از منطقه برشکاری دور کند.

۳. الکترود را در الکترودگیر قرار دهید. الکترود باید طوری قرار بگیرد که حداکثر ٦ اینچ از طول آن بیرون از گیره بماند. نکته مهم این است که نوک الکترود باید کاملاً تیز باشد.

٤. قوس را روشن کرده سپس شیر هوا را باز کنید. الکترود در داخل دو شکاف V شکل قرار می‌گیرد و آنرا میتوان تحت هر زاویه‌ای تنظیم نمود و از طرف دیگر روزنه هوای متراکم نیز قابل تنظیم بوده و آنرا میتوان به طرف محل الکترود نشانه‌گیری نمود.

٥. قوس الکتریکی و سرعت حرکت الکترود را بسته به شرایط و نوع کار برشکاری کنترل کنید.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

٦. در موقع برشکاری، کارگر باید مراقب ترشحات فلز مذاب باطراف که از قطعه کار کنده میشود باشد.

این برشکاری را میتوان در تمام حالات از قبیل سربالا، عمودی، تخت و یا افقی انجام داد.

شیارزنی بوسیله الکترودهای ذغالی و هوا

در بسیاری از موارد برای شیار در آوردن در قطعات فلزی ناچاریم از این سیستم استفاده کنیم. برای مثال میتوان آماده سازی صفحات فلزی برای انجام جوشکاری را نام برد.

برای شروع و انجام شیارزنی الکترود را در خلاف جهت حرکت بصورت مایل نگهدارید. در این حالت جت هوا دقیقاً در امتداد الکترود و قوس الکتریکی آن است. طرح و عمق کار را میتوان بوسیله زاویه الکترود و سرعت حرکت کنترل نمود.

عرض شکاف را نیز میتوان بوسیله قطر الکترود انتخابی کنترل نمود. در حالت کلی عرض شکاف معمولاً $\frac{1}{8}$ اینچ بیشتر از قطر الکترود مصرفی است.

برای برشکاری یا ایجاد شکافهای کم عمق، زاویه الکترود نسبت به سطح قطعه کار باید تقریباً نزدیک به حالت افقی باشد. شدت جریان لازم و سرعت حرکت هم به عمق شکاف بستگی دارد.

هر چه سرعت حرکت الکترود کمتر باشد شیار ایجاد شده عمیقتر خواهد بود.

برشکاری بوسیله الکترود فلزی و هوا

این روش هم عیناً مثل الکترودهای زغالی و هوا است. در این جا از هر نوع الکترود فلزی میتوان استفاده کرد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

قطر الکترود مصرفی به ضخامت صفحه‌ای که میخواهیم ببریم بستگی دارد و یادآوری میشود که قطر این الکترود باید یک نمره بزرگتر از قطر الکترود مصرفی برای جوشکاری صفحه مشابه باشد.

جریان انتخابی ممکن است متناوب و یا مستقیم با قطب معکوس باشد. شدت جریان نیز باید کمی بیشتر از جریان مورد نیاز برای جوشکاری قطعه مشابه باشد.

الکترودگیر مصرفی درست مانند الکترودگیر الکترودهای زغالی است.

برشکاری به کمک اکسیژن

در این طریقه از ترکیبی از قوس الکتریکی و یک جت اکسیژن استفاده می‌کنند. وسائل لازم را یک منبع مولد جریان مستقیم یا متناوب، یک الکترودگیر مخصوص برشکاری اکسیژن، منبع اکسیژن، و یک الکترود مخصوص برشکاری اکسیژن تشکیل میدهد.

از این روش برشکاری بیشتر برای بریدن آلیاژهی فولاد، آلومینیوم، چدن و غیره که بریدن آنها بوسیله اکسی استیلن دشوار است استفاده میشود.

برای اینکار از الکترودهای فلزی و روپوش‌دار مجوف استفاده می‌کنند و اکسیژن را از طریق این الکترود به سطح کار هدایت می‌نمایند.

پوشش الکترود از موادی که برای برشکاری لاز باشد ساخته میشود.

بکمک پوشش مزبور کارگر میتواند انتهای الکترود را نزدیک کار نگهداشته و قوس الکتریکی را حفظ کند. آمپر لازم تقریباً مشابه کارهای جوشکاری است ولی ولتاژ مصرفی کمی بیشتر از کارهای معمولی است (بین ۲۸ تا ٤٥ ولت).

شکل ٥-١٦ الکترودگیر و الکترود مخصوص برشکاری بکمک اکسیژن را نشان می‌دهد.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

این الکترودگیر مخصوص به توسط یک شیلنگ اکسیژن و یک رگولاتور اکسیژن به سیلندر اکسیژن متصل می‌گردد. کابل الکترودگیر نیز به منبع مولد جریان متصل می‌گردد.

نحوه کار به این صورت است که کارگر ابتدا بین نوک الکترود و سطح کار قوس الکتریکی را برقرار می‌کند.

سپس شیر اکسیژن را باز کرده و عمل برشکاری شروع میشود. در تمام طول مدت برشکاری قوس الکتریکی بصورت ممتد و پیوسته‌ای عمل می‌کند. معمولاً پس از اتمام کار، الکترود از بین میرود.

استفاده کردن از این سیستم بیشتر در مورد قطعاتی مانند فولاد ضد زنگ و چدن که برشکاری آنها با سایر وسائل دشوار است توصیه میشود.

فشار اکسیژن مصرفی به ضخامت فلز قطع کار و قطر داخلی الکترود استفاده شده بستگی دارد.

اصول ایمنی برشکاری با قوس الکتریکی

استفاده کردن از دستگاه‌ها برشکاری بوسیله قوس الکتریکی خطرات بزرگ و جدیدی را ایجاد نمی‌نمایند. اگر چه چون بعضی از عملیات برشکاری مدت زیادی بطول می‌انجامد و شدت جریان مدار خیلی زیاد است برای جلوگیری از سوختگی پوست و چشم درد باید اقدامات لازم بعمل آید.

این توصیه‌ها بشرح زیر است:

۱. مطمئن شوید که کلیه قسمت‌های پوست بدن از تابع اشعه قوس الکتریکی در امان هستند. تمام قسمت‌های بدن باید با تن‌پوش‌های لازم پوشانده شوند.

Scan Edited By Ramin Tajallaei

۲. در موقع کار از ماسک‌های لنزدار با لنز تیره استفاده کنید و یا در صورتیکه از شیشه-های تیره معمولی استفاده می‌کنید دو شیشه را بهم بچسبانید.

۳. الکترودگیر باید کاملاً عایق باشد.

٤. در موقع کار حتماً در محل خشک بایستید.

٥. در موقع انجام کارهای برشکاری مقدار زیادی گاز و بخار ایجاد میشود. وسائل تهویه کننده هوا محل کار باید طوری باشند که در تمام مدت برشکاری، کارگر از هوای تازه و تمیز استنشاق کند.

٦. اغلب کارهای برشکاری با پخش و پراکنده شدن مقدار زیادی ذرات مذاب فلز و جرقه همراه است. این ذرات داغ میتوانند تا فاصله چند فوت از محل کار پراکنده شوند. در موقع کار باید از لباس‌های ضد آتش استفاده کرده و جیب و آستین‌های خود را مسدود کنید.

۷. مطمئن شوید که وسائلی که در اطراف محل کار قرار دارند ضد آتش میباشند.

۸. تمام اشیاء قابل احتراق مانند میزهای چوبی، کف‌پوش‌ها و کابینت‌ها را باید از نزدیک محل کار دور کرد.

۹. مطمئن شوید که در کف محل کار سوراخ یا مجرائی وجود ندارد که جرقه‌ها از آن طریق به طبقه دیگر بروند.

۱۰. در موقع برشکاری مخازن به کمک اکسیژن قبل از شروع کار راجع به خصوصیات محتویات قبلی آن تحقیق کنید. قبل از شروع عمل باید منبع را بوسیله بخار تمیز نمود و در ضمن کار نیز لازم است محل برشکاری به توسط یک گاز خنثی، تهویه شود.

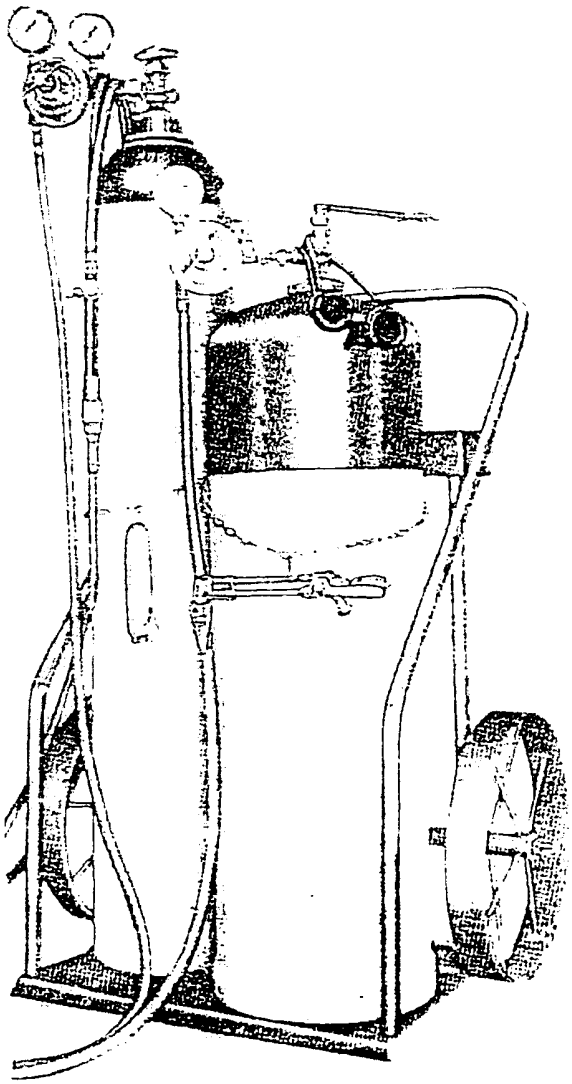
Scan Edited By Ramin Tajallaei

۱۱. شدت جریان لازم برای برشکاری با اکسیژن بمراتب بیشتر از جوشکاری کردن بر روی ورق‌های مشابه است. و به این لحاظ قبل از شرو کار باید تحقیق نمود که آیا ماشین مورد استفاده توانائی ارائه شدت جریان لازم را دارد یا خیر.

بیشتر دستگاه‌های جوشکاری میتوانند در یک زمان کوتاه با آمپر بالا کار کنند ولی هرگاه زمان سیکل کاری رعایت نگردد امکان سوختن دستگاه وجود دارد.

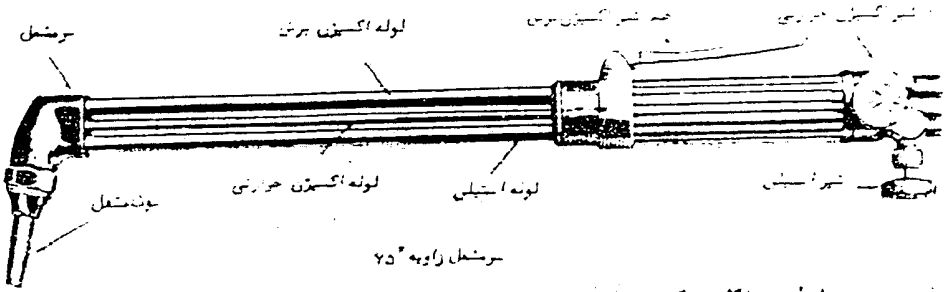
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱ :



دستگاه برشکاری و جوشکاری تانک حمل و نقل اکسی استیلن .

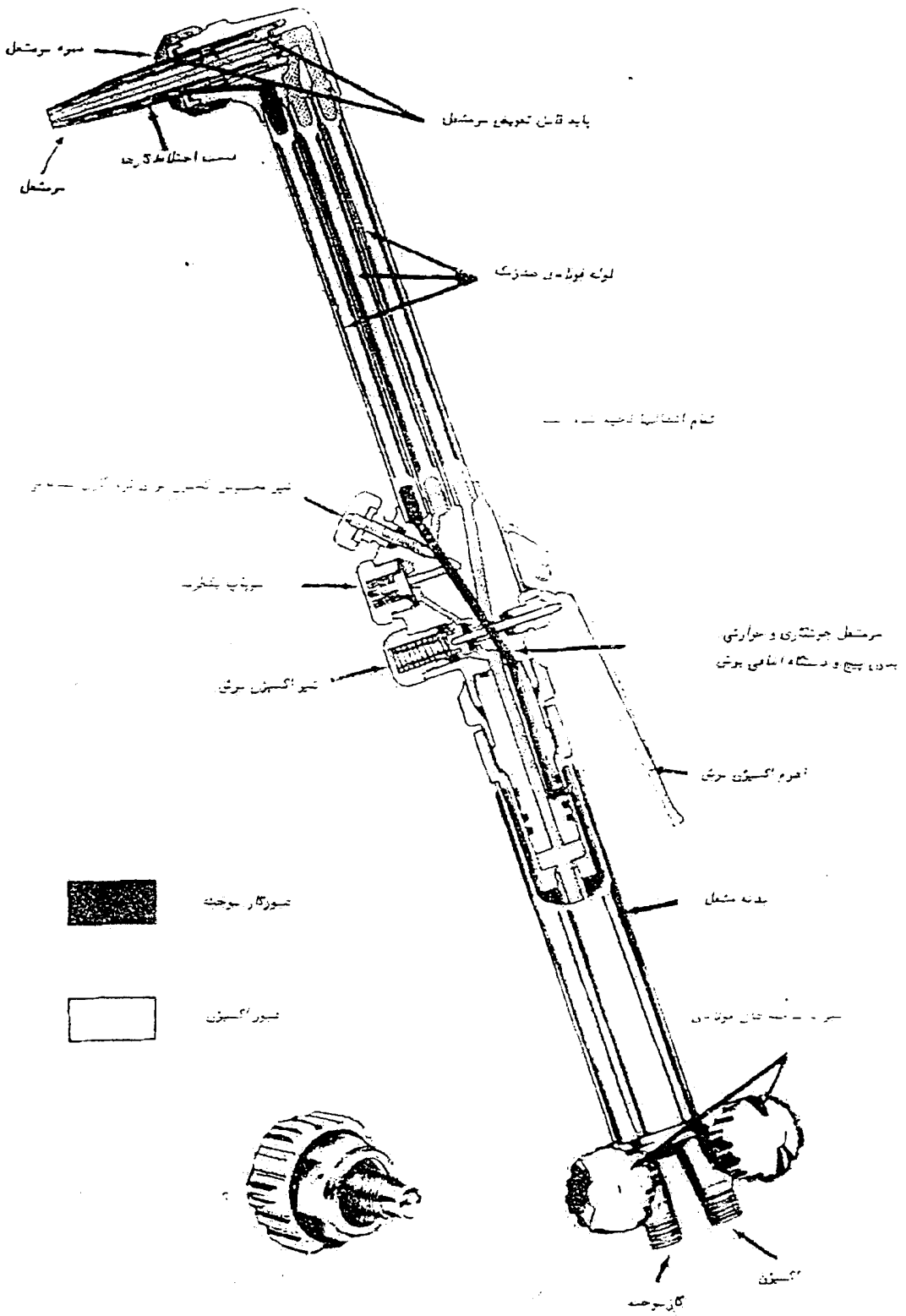
شکل ۲ :



مشعل برشکاری که ۴ لوله دارد . در بدنه مشعل محفظه اختلاط جهت شعله گرم کن تعبیه شده و این محفظه نزدیک سر مشعل است .

Scan Edited By Ramin Tajallaei

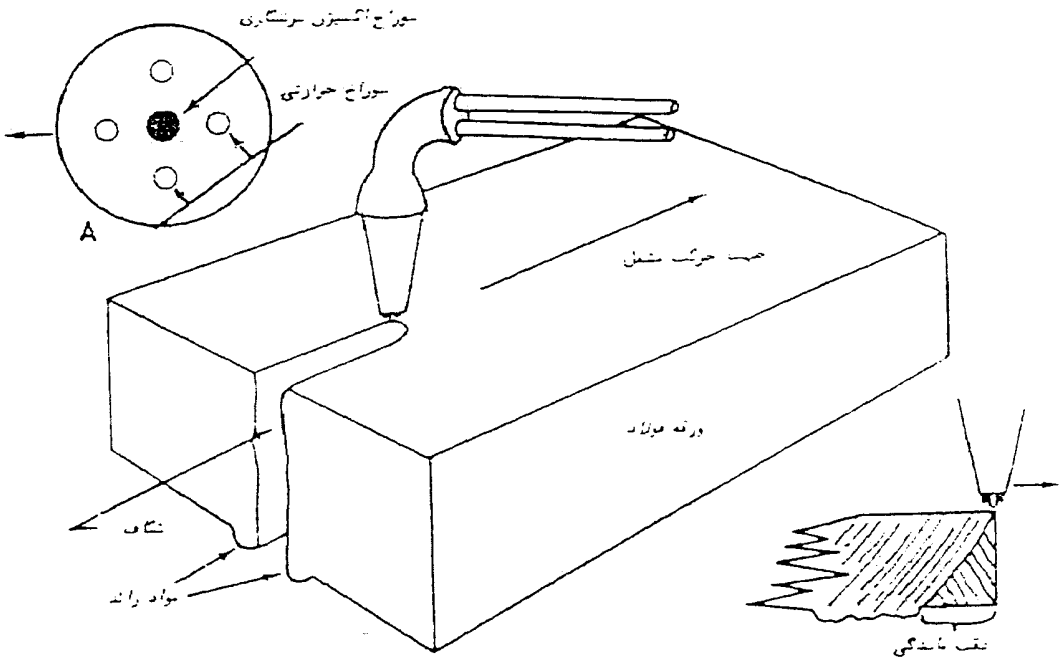
شکل ۳ :



مقطع مشعل برشکاری که روی یک دسته مشعل جوشکاری سوار شده است. کارهای مخصوص گرم کاری مقدمات لازم برشکاری را هم تحلیل می شوند.

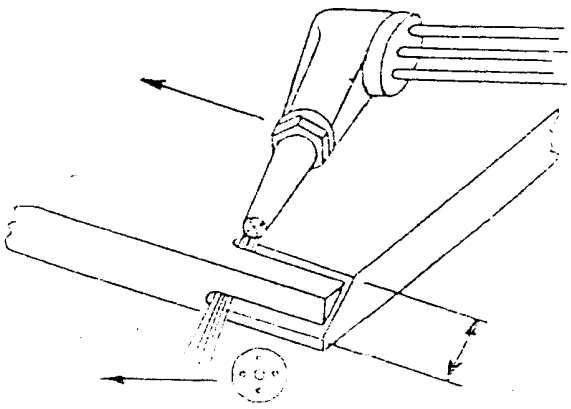
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۴ :



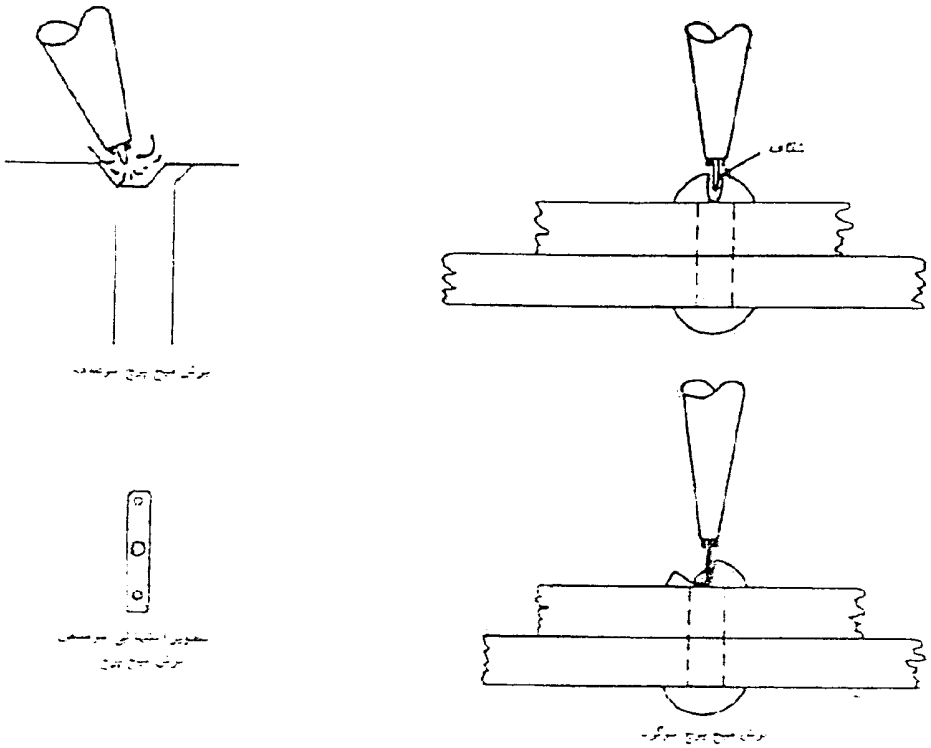
مشعل برشکاری اکسی استیلن برای برش صفحه فولادی . قسمت از جزئیات مقطع سوک مشعل را نشان میدهد . سوراخ وسط ، مخصوص خروج اکسیژن و چهار سوراخ کناری برای شعله حرارتی هستند .

شکل ۵ : برشکاری



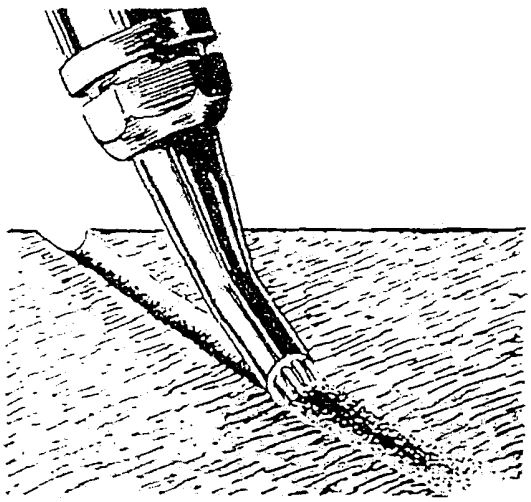
Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۶ :



روش برداشت سر پیرج با استفاده از مشعل برشکاری

شکل ۷ :



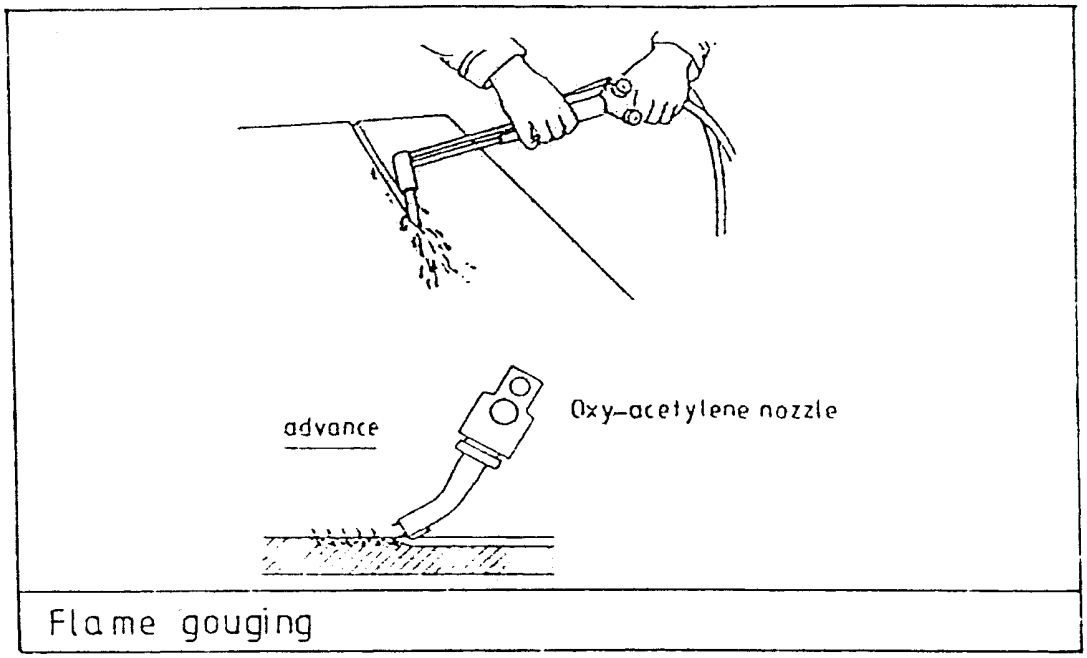
روش کار شیب شیار ، سرعت خروج اکسیژن
برش باید کم باشد تا بتوان عرض و عمق شیار را کنترل
کرد .

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۸ : شیار زنی با شعله

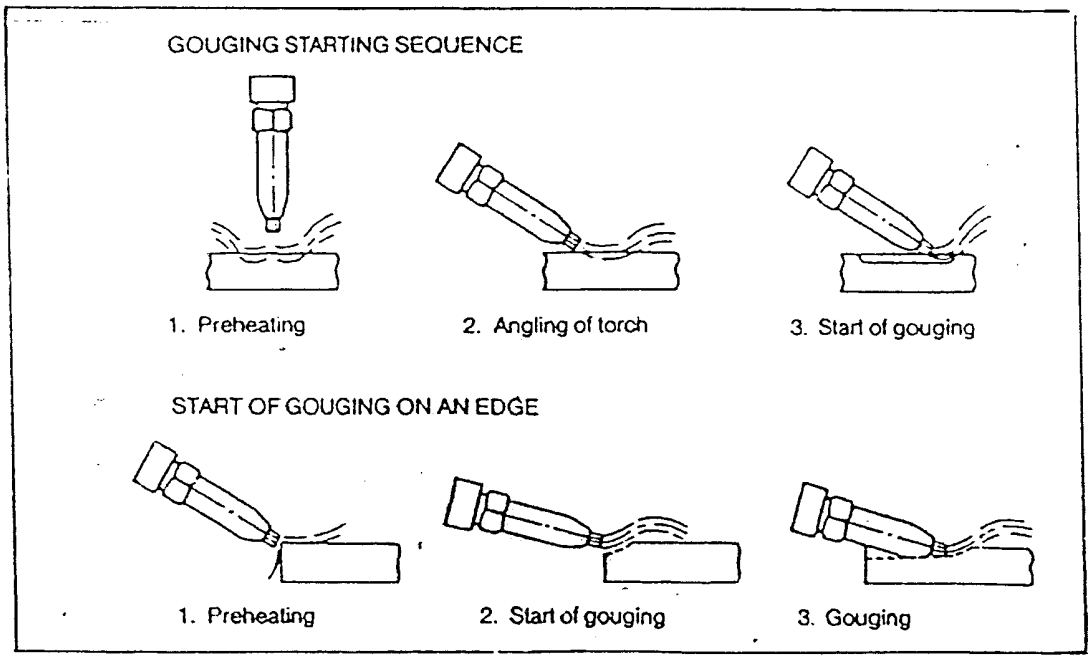
Equipment for flame gouging

As for oxy-fuel gas cutting plus special gouging nozzles



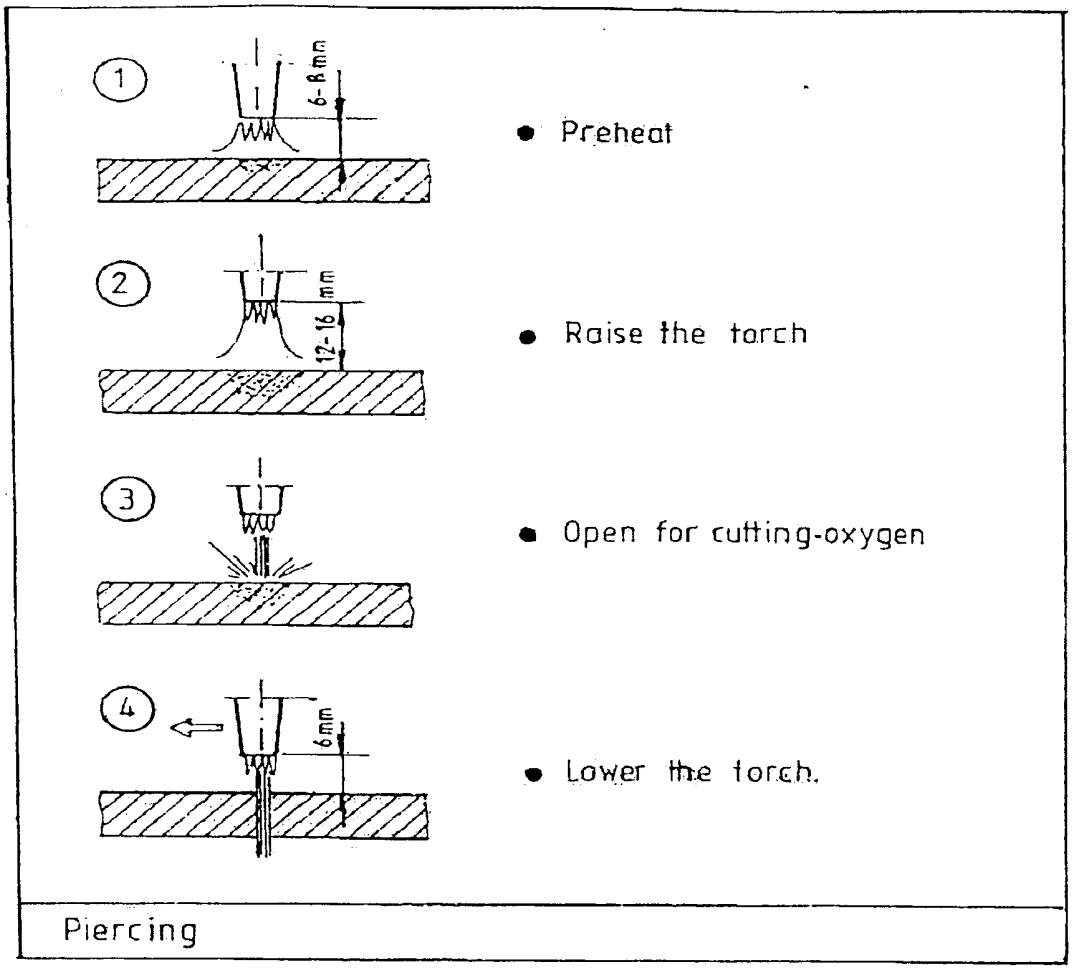
Flame gouging

شکل ۹ : مراحل شیار زنی با شعله

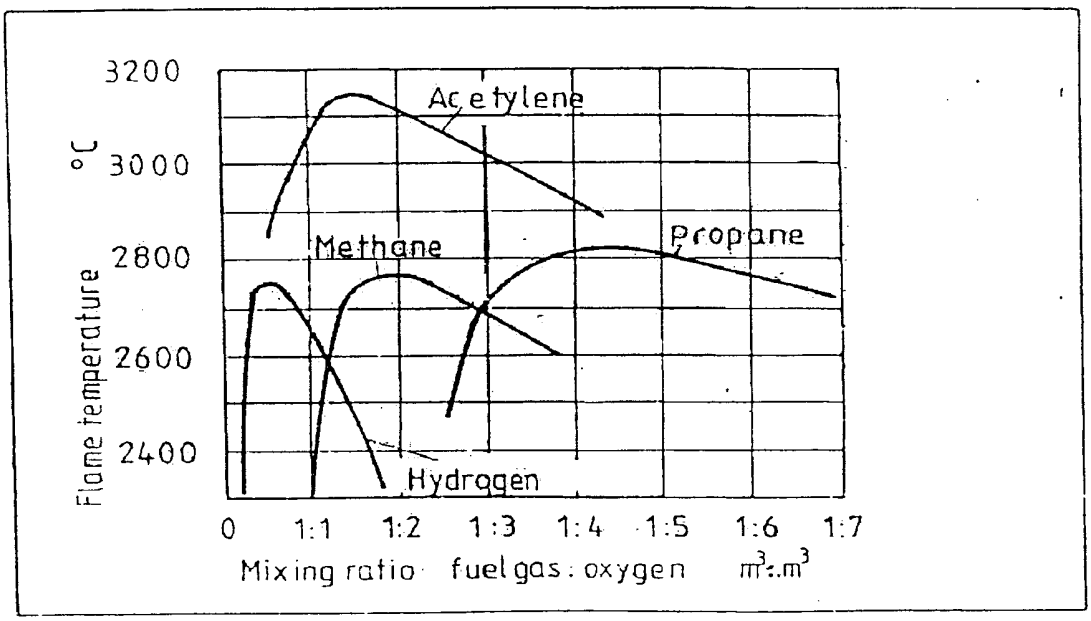


Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۰ : سوراخکاری

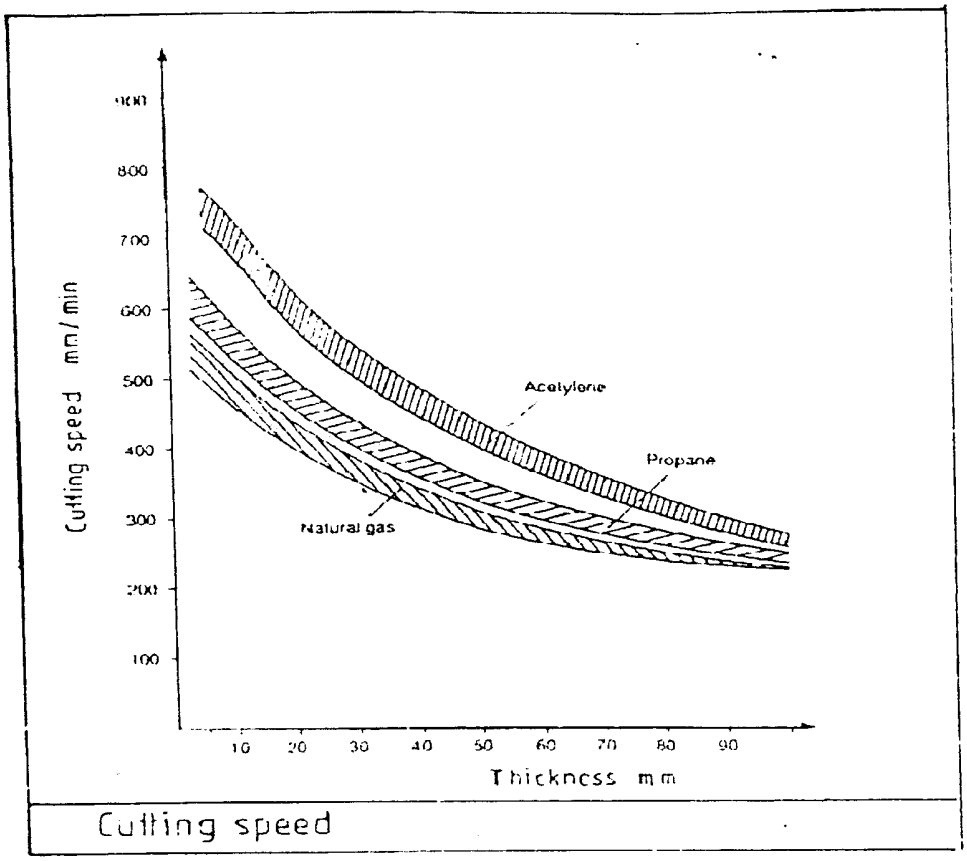


شکل ۱۱ : نسبت ترکیب گاز سوختنی با اکسیژن



Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۲ : سرعت برشکاری



	First alternative	Second alternative	Difference
Oxygen purity %	99.4	99.7	0.3
Cutting speed mm/min	345	395	50

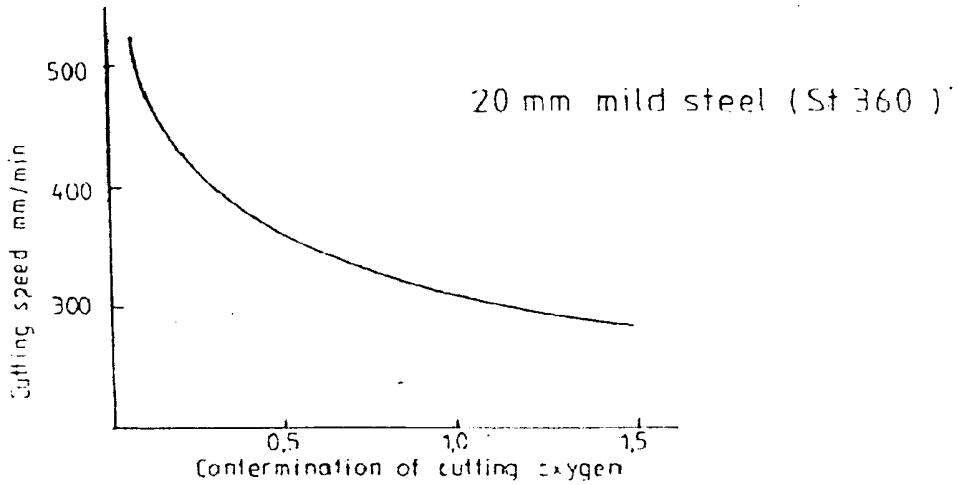
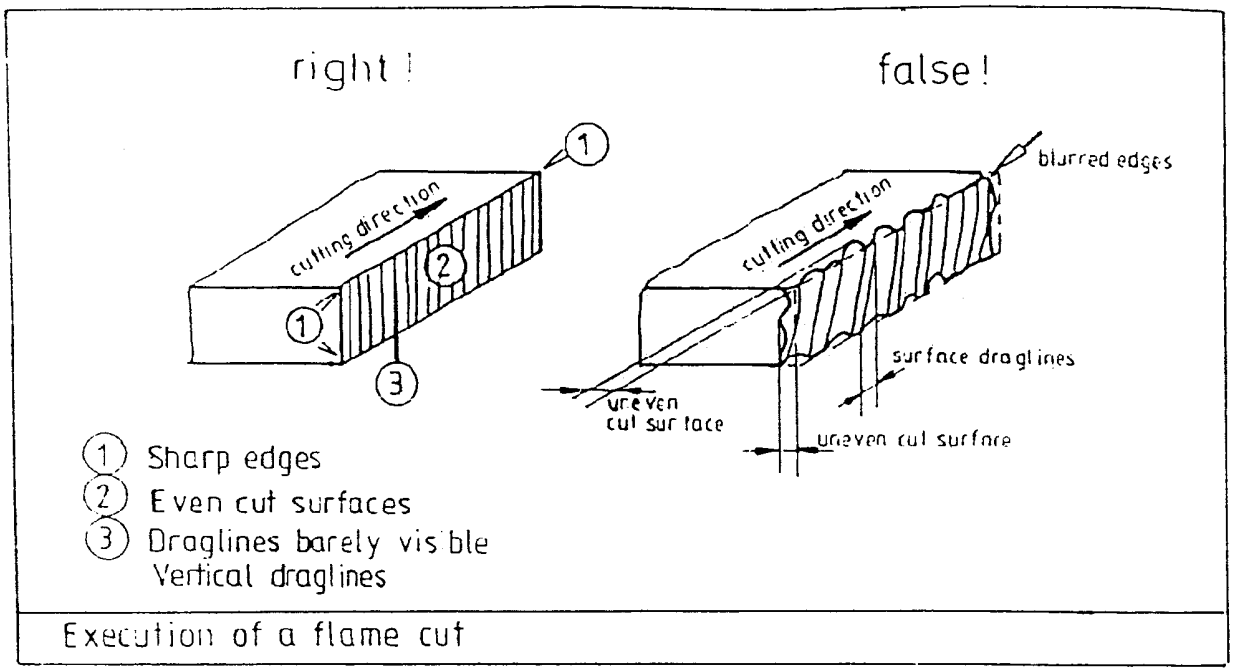


Fig. 1 14 - 17

Scan Edited By Ramin Tajallaei

شکل ۱۲ : نحوه اجرای یک برشکاری با شعله



Execution of a flame cut

Fig. 1 14 - 20

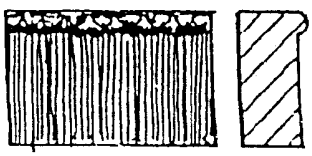
شکل ۱۳ : عیوب ناشی از برشکاری غلط

2.7.2 Faults of edges

Melted and rounded top edge

- cutting speed too low
- heating flame too large
- nozzle too great

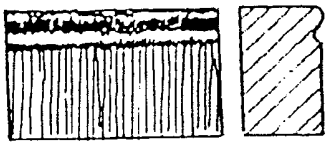
Scaled top edge



- sheet metal surface scaled or rusty
- nozzle distance from sheet metal too small
- flame too strong

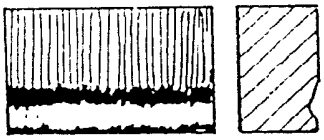
Scan Edited By Ramin Tajallaei

Undercut below the upper edge



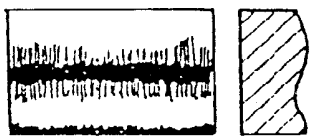
- cutting oxygen flow irregular
- cutting oxygen pressure too high
- nozzle distance from sheet metal too great
- nozzle damaged and/or dirty

Undercut on the bottom edge



- cutting speed too fast
- nozzle dirty or damaged
- cutting oxygen flow is irregular

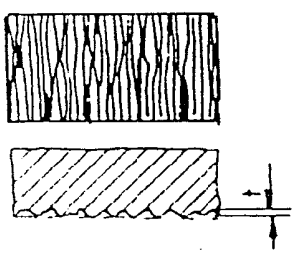
Wavy profile of cut surface



- cutting speed too fast
- nozzle is dirty and/or damaged
- cutting oxygen pressure is too low
- cutting oxygen flow is irregular
- nozzle is too large for the thickness of the material being cut

Draglines faults

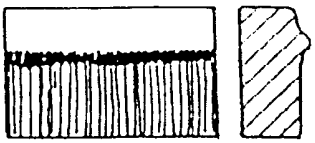
Draglines are too deep (Cut face has grooves gouged)



- cutting speed too fast and irregular
- nozzle distance from sheet metal is too short
- nozzle size too small for plate thickness

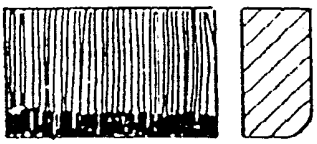
Scan Edited By Ramin Tajallaei

Melted upper edge with slag



- nozzle distance from sheet metal is too great
- cutting oxygen pressure is too strong
- cutting speed is too fast

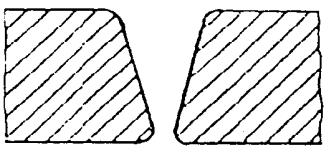
Rounded bottom edge



- nozzle damaged or/and dirty
- cutting oxygen pressure too high
- cutting speed too fast

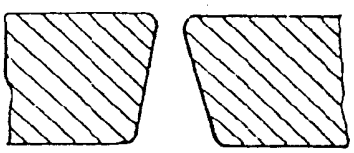
Faults of the cut surface

Contraction of the kerf



- cutting speed too fast
- nozzle distance from sheet metal too great
- nozzle damaged or/and dirty

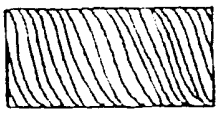
Expansion of the kerf



- oxygen pressure too high
- cutting speed too fast

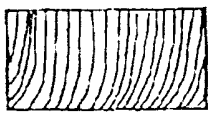
Scan Edited By Ramin Tajallaei

Draglines slope forward



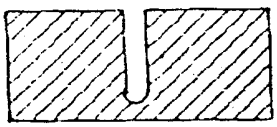
- nozzle damaged or/and dirty
- cutting oxygen jet is not straight and uniform

Draglines slope back (drag)



- cutting speed too fast
- nozzle size too small for the plate thickness
- too little cutting oxygen used
- cutting oxygen pressure too low

Incomplete flame cut



- cutting speed too fast
- nozzle too small or damaged or dirty
- heating flame too small
- sheet metal surface scaled or rusty or dirty.
- nozzle distance from sheet metal too great
- flashback

Sticking slag ("slag beard")

The slag sticks firmly to the bottom side or to the cutting surface

- cutting speed is too fast or too slow
- nozzle distance from sheet metal is too great
- cutting oxygen pressure too low
- nozzle is too small for the thickness of the material being cut
- heating flame too small
- sheet metal surface is scaled, rusty, or dirty.