بسم الله الرحمن الرحيم
كلك ١٤١٧

سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور
اداره کل آموزش فنی و حرفه ای استان مرکزی
مرکز آموزش فنی و حرفه ای ساوه

جزوه

جوشکاری برق

و سازه های فولادی

تهیه و تنظیم : مهندس شمس اله عبدالحسینی

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمه

از ابتداي خلقت بشر مسأله اتصال و بهم پيوستن و ضرورت دست يابي به شيوه هاي آسانتر براي ايجاد اتصالات مطرح بوده است . ايجاد اتصال در شكل هاي پيشين خود از بهم بستن شاخه هاي درختان و تكه هاي چوب و دوختن تكه هاي پوست حيوانات براي مصارف گوناگون آغاز شد و متناسب با تكامل نياز هاي انسان ، هنر اتصال و بهم پيوستن اجسام نيز رو به تكامل نهاد . پيدايش فلزات و آلياژهاي فلزي و تلاش مستمر در يافتن راه هاي اتصال آنها بهم موجب ابداع روش هاي مختلف اتصال شد كه اتصال پيچ و مهره اي ، اتصالات پرچي و جوشكاري شده از آن جمله اند .

<u>تاريخچه ی جوشكاری:</u>

جوشكاري كوره اي يا آهنگري و جوشكاري با شعله ، و جوشكاري ريخته گري از نخستين روش هاي شناخته شده ي جوشكاري به شمار مي روند .

مصري ها ، يوناني ها و روسها براي جوشكاري و لحيم كاري فلزات قيمتي يا زود ذوب از نوعي مشعل ابتدايي استفاده مي كردند كه درآن ، الكل يا مايع مشابه بعنوان سوخت بكار مي رفته است .

از قرن نوزدهم كه كار اختراعات و اكتشافات رونق گرفت ، نوآوري و خلاقيت در ميدان تكنولوژي جوشكاري نيز ظهور كرد و روش هاي مختلف جوشكاري يكي پس از ديگري ابداع گرديد .

قوس الكتريكي و استفاده از خاصيت حرارتي جريان برق توسط مردي روسي به نام برنادوس كشف گرديد و در سال ۱۸۷۷ توانست جوشكاري با قوس الكتريكي و الكترود ذ غالي را اختراع كند . در سال ۱۸۹۱ يك آمريكايي بنام كوفين (coffin) توانست بجاي الكترود زغالي از الكترود فلزي استفاده كند و اين روش را به نام خود به ثبت برساند .

در آن زمان جوشكاري با الكترود لخت فلزي بسيار دشوار بود ، زيرا قوس بين الكترود فلزي و قطعه كار بي ثبات بود و كنترل انتقال قطره ي مذاب از الكترود به قطعه به سختي انجام مي گرفت .

كشف الكترود بصورت روپوش دار بوسيله ي يك مخترع سوئدي بنام اسكاركيلبرگ OK يا (Oskar Kyellberg) در سال ۱۹۰۵ باعث ثبات قوس و بهبود كيفيت جوش شد.

پژوهش هاي مختلف براي افزايش مرغوبيت و كيفيت اين روش ادامه يافت و همچنان نيز ادامه دارد .

امروزه بالاي ۱۰۰ روش (فرآيند) جوشكاري اختراع شده و جوشكاري را بعنوان يك شاخه ي علمی مطرح نموده است كه داراي شاخه هاي متعددي در زمينه ی فرآيند هاي جوشكاري ، طراحي ، بازرسي ، متالوژي و... مي باشد و جمعيت زيادي را در اين صنعت مشغول كرده است .

<u>انواع اتصالات :</u>

در صنعت هر سازه ي فلزي از قطعات مختلف ريخته گري شده ، نوردكاري شده و ماشين كاري شده ساخته شده است و اين قطعات به روش هاي مختلفي به همديگر متصل گرديده اند كه عبارتند از : پيچ ، پرچ ، خار ، لحيم و جوش كه روشهاي فوق

را مي توان بصورت ذيل دسته بندي نمود.

A : رده بندي بر حسب نوع فرآيند:

الف) روش هاي مكانيكي (مانند : پيچ ، پرچ ، ميخ ، پين ، كشو ، خار و ...) ب) روش هاي متالورژيكي (مانند : جوشكاري ، لحيم كاري)

ج) روش هاي شيميايي (مانند : چسبهاي معدني و...).

B : رده بندي بر اساس نوع اتصال :

الف) روش هاي اتصال موقت (مانند : پيچ ، مهره ، پين ، خار و ...) ب) روش هاي اتصال نيمه موقت (مانند : پرچ ، لحيم كاري نرم و ...) ج) روش هاي اتصال دائم (مانند : فرآيند هاي جوشكاري ، لحيم كاري سخت و اغلب چسب ها).

اتصال موقت :

تعريف : به اتصالي گفته مي شود كه در صورت جدا نمودن عامل اتصال (مانند : پين ، پيچ ، خار) به فلز پايه و عامل اتصال آسيبي وارد نگردد .

مزيت اتصال موقت: نسبت به اتصال دائم آن است كه كمترين عيب احتمالي را دارد در صوررتي كه در اتصال دائم نظير جوشكاري عيوب مختلفي ايجاد مي گردد .

اتصال دائم :

تعريف : به اتصالي گفته مي شود كه در صورت جدا نمودن عامل اتصال ، هم فلز پايه هم فلز عامل اتصال آسيب مي بينند .

مزيت اتصال دائم : ١) استحكام آن بالاتر است. ٢) امكان آب بندي وجود دارد. ٣) سريع تر انجام مي شود .

٤) آماده سازي كمتري نياز دارد. ٥) به مرور زمان عامل اتصال سست نمي شود .

جوشكاري :

تعريف: علم و هنر اتصال و ادغام مولكول هاي دو جسم همجنس و غير همجنس را جوشكاري گويند كه اين اتصال مي تواند در حالت مذاب و يا غير مذاب ، با فشار يا بدون فشار ، با ماده ى پر كننده يا بدون ماده ي پر كننده انجام گيرد .

جوش ايده آل :

تعريف : به جوشي گفته مي شود كه ساختار و استحكام محل اتصال همانند فلز پايه باشد و هيچگونه عيبي در آن نباشد (يعني اتصال دو قطعه بصورت اتصال اتمي صورت گيرد) .

جوشكاري از نظر ذوب به دو دسته ى كلي تقسيم بندي مي گردد :

١) جوشكاري غير ذوبي ٢) جوشكاري ذوبي.

تعريف جوشكاري غير ذوبي :

در اين روش ، بدون ذوب لبه هاي اتصال ، عمل جوشكاري انجام مي گيرد . جوشكاري غير ذوبي به دو دسته تقسيم مي گردد :

الف) بدون استفاده از حرارت . ب) با استفاده از حرارت .

جوشكاري غير ذوبي بدون استفاده از حرارت :

در اين روش ، قطعات در محيطى خاص توسط ضربه يا فشار به يكديگر جوشكاري مي شوند مانند : جوشكاري انفجاري ، جوشكاري التراسونيك ، جوشكاري با ضربات چكش (جوشكارى پتكه اى) .

جوشكاري غير ذوبي با استفاده از حرارت :

در اين روش قطعات تا دماي خميري شدن حرارت داده مي شوند سپس توسط فشار يا ضربه ، عمل جوشكاري انجام مي گيرد مثل : جوش آهنگري ، جوش غلتك كاري گرم .

لحيم كاري :

تعريف : لحيم كاري يك نوع اتصال موقت مي باشد و به دو دسته تقسيم مي شود :

۱) لحيم كاري نرم Soldering ۲) لحيم كاري سخت Brazing .

در لحيم كاري از يك فلز سيال با نقطه ي ذوب پايين تر از فلز پايه براي اتصال استفاده مي شود . ابتدا لبه هاي قطعات فلزي را تا دماي بالاتر از نقطه ذوب فلز لحيم ، حرارت داده سپس فلز لحيم را اضافه مي كنيم. فلز لحيم ذوب شده و در شكاف بين دو قطعه جاري مي گردد و در پستي و بلندي هاي سطح دو فلز قرار گرفته و پس ازانجماد باعث عمل اتصال مي گردد. اگر نقطه ی ذوب فلز لحيم كمتر از ۴۵۰ درجه سانتيگراد باشد لحيم كاري نرم و اگر نقطه ی ذوب فلز لحيم بالاتر از ۴۵۰ درجه سانتيگراد باشد لحيم كاري سخت ناميده مي شود.

جوشكاري ذوبي :

تعريف : در اين روش با استفاده از حرارت ، لبه هاي اتصال ذوب شده و سپس با استفاده از ماده ی كمكي يا بدون آن عمل جوشكاري انجام مي گردد ، مانند جوشكاري گاز (O.F.W) كه از حرارت حاصل از سوختن يك گاز سوختني مانند استيلن با گاز عامل سوختن (اكسيژن) لبه هاي كار به دماي ذوب رسيده (با ماده ی پر كننده يا بدون ماده ی پر كننده) و در هم ادغام مي گردند و پس از منجمد شدن عمل جوشكاري انجام می شود . و يا مثل جوشكاري با قوس الكتريكي نظير جوشكاري برق (جوشكاری قوس الكتريكی دستی) (SMAW_MMAW) ، جوش تيگ يا (TIG) « (GTAW) ، جوش زير پودري (SAW) ، جوش ميگ مگ (Mig/Mag) « (GMAW) ، جوش پلاسما (P.W) .

براي ذوب كردن لبه هاي مورد اتصال از انرژي هاي مختلفي استفاده مي گردد ، مانند :

۱) انرژي شيميايي : مانند جوشكاري با شعله ی گاز ، جوشكاري ترميت (واكنش بين پودر آلومينيوم و اكسيد آهن) .

۲) انرژي الكتريكي : مانند جوشكاري با قوس الكتريكي (الكترود دستي ، قوس با گاز محافظ و جوشكاري مقاومتی و...).

۳) انرژي مكانيكي : كه مي تواند در اثر فشار ، ضربه يا مالش توليد شود مانند جوشكاري پتكه اي ، جوشكاری اصطكاكی .

۴) انرژي تشعشعي : مانند جوشكاري پرتوی الكترونی و جوشكاري ليزر .

قوس الكتريكي :

قوس الكتريكي منبع حرارتي مناسبي براي مهم ترين فرآيند هاي جوشكاري است و مي توان آنرا با شدت حرارت زياد توليد كرد. علاوه بر ايجاد منبع حرارت ، اگر لازم باشد مي توان انتقال فلز مذاب از الكترود به محل جوش را نيز انجام داد .

تعريف قوس الكتريكي :

خالي شدن مداوم بار الكتريكي بين دو الكترود يا بين الكترود و قطعه كار در ميان گاز يونيزه شده (پلاسما) قوس الكتريكي نام دارد. اين ناحيه را مي توان به سه قسمت تقسيم كرد : قسمت ميانی كه يك شيب يكسان و يكنواخت پتانسيل در آن وجود دارد كه ستون قوس نام دارد و دو ناحيه نزديك به الكترود و قطعه كار به نام آند (+) و كاتد (-) شناخته می شود.

درجه حرارت و قطر ستون قوس به شدت جرياني كه از آن عبور مي كند بستگي دارد پس هرچه قطر ستون قوس كمتر باشد تمركز حرارتی آن قوس بيشتر در نتيجه قوس داغتر می باشد .

به زبان ساده تر، چنانچه قطب هاي مثبت و منفي يك منبع انرژي الكتريكي را با هم تماس داده و سپس با فاصله ی كمي از يكديگر قرار دهيم در اثر اختلاف پتانسيل موجود ميان آنها جرقه هايي ايجاد مي شود اين جرقه ها موجب يونيزه شدن آتمسفر بين دو قطب و عبور الكترون ها از فاصله ي هوايي ميان دو قطب مي شود. ادامه ی جرقه ها و بهم پيوستن آنها در فضايي يونيزه شده ، موجب تشكيل قوس الكتريكي مي شود ، با وجود يونيزه شدن فضاي بين الكترود و كار باز هم مقاومت الكتريكي زيادي در اين منطقه وجود دارد وهمين مقاومت سبب تبديل انرژي الكتريكي به انرژي حرارتي مي شود و حرارت زيادي در حدود ۵۰۰۰ الي ۷۰۰۰ درجه سانتيگراد ايجاد مي شود كه مي تواند در مدت زمان كوتاهي فلزات را به دماي ذوب و يونيزاسيون برساند.

عوامل مؤثر در برقراري و تشكيل قوس الكتريكي و ايجاد حرارت عبارتند از :

اختلاف پتانسيل دو سر قطب ، شدت جريان و مقاومت الكتريكي بين دو قطب كه به آنها مي پردازيم .

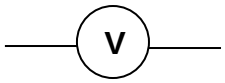
تئوري الكتريسيته :

جريان الكتريكي يا جريان الكتريسته يا (I) به حركت جهت دار الكترون ها در يك هادي گفته مي شود كه براي به حركت در آمدن الكترون ها (الكترون هاي لايه ي آخر اتم هاي هادي) در درون هادي ، فشار الكتريكي لازم است و در صورتي كه اختلاف پتانسيل وجود داشته باشد ، جريان نيز وجود دارد .

حركت الكترون ها را مي توان با جريان آب در سيستم لوله كشي مقايسه نمود . براي جريان يافتن آب در يك مدار بايد اختلاف ارتفاع بين منبع و شير آب وجود داشته باشد كه براي اين كار منبع آب را در ارتفاع بالا قرار مي دهد.

ولتاژ يا اختلاف پتانسيل يا (V) :

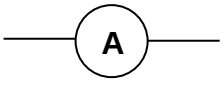
تعريف : در يك مدار الكتريكي براي به حركت در آوردن الكترون ها بايد اختلاف پتانسيل يا ولتاژ وجود داشته باشد ، بنابراين عامل به حركت درآمدن الكترون ها ، ولتاژ نام دارد كه آنرا با (V) نشان مي دهند (واحد اختلاف پتانسيل) و وسيله اي كه مقدار آنرا نشان مي دهد ولتمتر مي باشد.



آمپريا شدت جريان (A) :

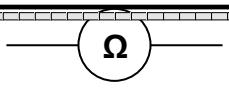
تعريف : تعداد الكترون هايي است كه در واحد هاي زمان از يك نقطه از مدار عبور مي نمايد را آمپر می نامند. واحد شدت جريان (I) ، آمپر مي باشدكه با (A) نشان مي دهند و مقدار يك آمپر عبارت ا ست ازعبور ۶.۲۸×۱۰^{۱۸} الكترون كه در يك ثانيه از يك نقطه مدار مي گذرد . سرعت حركت الكترون ها برابر سرعت نور است .

وسيله اي كه شدت جريآنرا اندازه گيري مي كند آمپر متر مي باشد و آنرا با علامت انحصاري بصورت زير نشان مي دهند.



مقاومت (R) :

تعريف : حركت الكترون ها در اثر برخورد اتم ها با يكديگر كند تر مي شود ، مخالفت هادي در برابر حركت الكترون ها را مقاومت مي نامند و با حروف R نشان مي دهند ، مقاومت هاديها بسيار متفاوت بوده و بستگي به ابعاد هادي و ساختمان



داخل آن دارد مقاومت هادي نسبت مستقيم با طول هادي (L) و نسبت معكوس با سطح مقطع (S) آن دارد R=FL/S (واحد مقاومت الكتريكي اهم مي باشد) (Ω) و وسيله اي كه آنرا اندازه گيري مي كند به نام اهم مترمعروف است .

قوانين اساسي در برق :

قانون اهم :

تعريف : نسبت بين كميت جريان ، ولتاژ و مقاومت ، توسط قانون اهم بيان مي شود.

ولتاژ (V) برحسب ولت v. جريان الكتريكي (I) بر حسب آمپر A و مقاومت (R) برحسب اهم Ω

$$V=I.R \qquad I=V/R \qquad R=V/I$$

مثال : ولتاژ قوس الكتريكي برابر ۲۴ ولت و جريان عبوري آن ۱۲۰ آمپر مي باشد . ميزان مقاومت قوس را محاسبه كنيد؟

ولتاژ مدار بازو بسته :

ولتاژ مدار باز: وقتي دستگاه جوشكاري روشن بوده ولي عمل جوشكاري انجام نشود مدار باز گفته می شود ، به اختلاف پتانسيل خروجي دستگاه كه در بالاترين حد ممكن مي باشد ، ولتاژ مدار باز گفته مي شود (ولتمتر بيشترين ولتاژ وآمپرمتر كمترين آمپر را نشان مي دهد) بالا بودن ولتاژ مدار باز باعث برقراري آسان وسريعتر قوس الكتريكي مي گردد ولی ولتاژ مدار باز دستگاه هاي جوشكاري در حدي است كه خطر برق گرفتگي براي جوشكار وجود نداشته باشد .

ولتاژ مدار بسته در حالت اتصال كوتاه :

وقتي دستگاه روشن باشد در اثر بر خورد نوك الكترود با سطح كار(وچسبيدن الكترود به قطعه كار) ولتاژ سريعا افت نموده و تقريبا صفر مي شود و آمپر به بالا ترين حد خود مي رسد. به اين عمل اتصال كوتاه گفته مي شود كه اگر براي مدتي ادامه يابد امكان آسيب ديدن سيم پيچ ها و مدارات داخلي دستگاه وجود دارد.

ولتاژ مدار بسته در حالت قوس (ولتاژ قوس) :

وقتي قوس الكتريكي برقرار مي شود به ولتاژ بين نوك الكترود وسطح كار ولتاژ قوس گفته مي شود مقدار ولتاژ قوس به نوع فرايند ، ميزان آمپر ، جنس الكترود و نوع گاز محافظ ، نوع روپوش و اندازه طول قوس بستگی دارد و بين ۱۰ تا ۴۴ ولت در فرايند هاي قوس الكتريكي دستي در نوسان مي باشد.

فرمول ولتاژقوسدر جوشكاری قوس الكتريكي دستي (V = 20 + o.o4I) .

ولتاژ در آمپر هاي بالاي ۶۰۰ ثابت مي ماند و برابر ۴۴ ولت مي باشد.

مقاومت الكتريكي در قوس :

در يك مدار جوشكاري، كابل هاي انبرو اتصال هاديهاي خوبي هستند. انبر جوشكاري نيز به راحتي جريآنرا از خود عبور مي دهد . مغز فلزي الكترود هم مقاومت زيادي ندارد ولي فاصله الكترود وكار داراي مقاومت زيادي است ، هر قدر فاصله الكترود زياد تر باشد مقاومت اين قسمت از مدار افزايش مي يابد و با كم شدن فاصله ى الكترود با كار از مقاومت هم كاسته مي شود.

گرماي زياد قوس (برخورد الكترونها با مولكولهاي هوا) موجب مي شود كه اتمسفر بين الكترود و كار وهمچنين گاز هاي توليد شده به وسيله ى روپوش الكترود يونيزه شود (در قوس ، يونها همه مثبت هستند) و مقاومت الكتريكي قوس كاهش يابد. فاصله بين الكترود و قطعه كار مورد جوشكاري را طول قوس گويندكه معمولا به اندازه قطر مغزي الكترود بايد باشد پس مي توان گفت طول قوس هاي كوتاه مقاومت كمتري دارند و طول قوس هاي بلند داراي مقاومت بيشتري می باشند .

مقاومت قوس باعث تبديل انرژي الكتريكي به حرارتي مي شود ولي مقاومت ساير قسمت هاي مدار بايد در حد مينيمم باشد چنانچه محل اتصال كابل جوشكاري به دستگاه و انبر جوشكاري و غيره محكم نباشد (كه باعث داغ شدن انبر مي شود و بايد آنرا برطرف كرد) يا طول كابل جوشكاري زياد باشد يا از كابل هاي كم قطر استفاده شود ، بعلت وجود مقاومت در مدار ، افت ولتاژ پيش مي آيد كه موجب بروز اختلال در كار جوشكاري خواهد شد .

حرارت ايجاد شده توسط جريان الكتريسيته در هاديها از فرمول زير محاسبه می شود.

$$Q=kRI^2t$$

منحني ولت وآمپر در قوس الكتريكي :

قوس يك مقاومت غير عادي است يعني تا ۷۰- ۸۰ آمپر از قانون اهم پيروي نمي كند و با افزايش آمپر مقاومت قوس كم مي شود ولي در آمپر هاي بالا تر از قانون اهم پيروي نموده و مقاومت قوس ثابت بوده و با افزايش آمپر ولتاژ نيز افزايش مي يابد.

منحني ولت-آمپر دستگاه هاي جوشكاري :

دو نوع نمودار ولت-آمپر دردستگاه هاي جوشكاري بكار مي رود.

الف) نمودار ولت-آمپر نزولي يا جريان ثابت (c.c):

ب) نمودار ولت آمپر از نوع ولتاژ ثابت (c.v):

نمودار ولت آمپر در دستگاه هاي قوس الكتريكي دستي و جوشكاري تيگ و پلاسما از نوع نزولي مي باشند در اين دستگاه ها با تغييرات طول قوس توسط جوشكاري ، مقاومت قوس تغيير نموده و باعث نوسانات در ولتاژ و آمپر مي گردد.
در نمودار فوق تغييرات آمپر با نوسانات كم طول قوس بسيار شديد است و باعث مي گردد با تغييرات طول قوس قدرت قوس كم و زياد شود براي رفع اين مشكل دستگاه هاي جديد مجهز به حسگر آمپر مي باشند كه وقتي آمپر را روي مقداري خاص تنظيم نماييم در هنگام جوشكاري با تغييرات طول قوس حسگر جلوي نوسانات آمپر را گرفته و مقدار آمپر تقريباً ثابت مي ماند.
با ادقام منحني ولت – آمپر قوس و منحني ولت آمپر دستگاه (نزولي و يا ولتاژ ثابت) محدوده كاري قوس مشخص مي گردد .

نمودار ولت – آمپر از نوع ولتاژ ثابت : (مطالعه آزاد)
دستگاه هاي جوشكاري زير پودري (SAW) ، جوشكاري ميگ / مگ ، فلاكس كورد (FCAW) از نوع ولتاژ ثابت مي باشند در اين دستگاه ها تغييرات طول قوس سريعاً جبران شده و قوس اثر خود تنظيمي دارد در اين دستگاه ها ولتاژ از روي دستگاه تنظيم شده و مقدار آمپر به سرعت تغذيه سيم بستگي دارد . با افزايش سرعت سيم ، آمپر زياد شده و با كاهش آن آمپر كم مي شود .

V=20+O.O4I	فرمول ولتاژ قوس در قوس الكتريكي دستی
V=10+O.O4I	فرمول ولتاژ در جوشكاريTiG
V=14+O.O5I	فرمول ولتاژ در جوشكاري MIG/MAG

(ولتاژ در آمپرهاي بالاي ۶۰۰ ثابت مي ماند و برابر ۴۴ ولت مي باشد.)

نحوه ي برقراري قوس الكتريكي :

مرحله ي اول : دستگاه روشن بوده و اختلاف پتانسيل مدار باز بين نوك الكترود و سطح كار وجود دارد ولي بعلت مقاومت زياد فضاي بين الكترود و سطح كار جرياني از مدار عبور نمي كند.
مرحله ي دوم : الكترود به سطح قطعه كار حركت نموده و با سطح كار تماس مي يابد ، در اين حالت اتصال كوتاه در مدار صورت گرفته و آمپر زيادي در حال عبور در نقطه تماس مي باشد .
مرحله ي سوم : وقتي نوك الكترود از سطح كار به عقب كشيده مي شود الكترون هايي كه در حال عبور مي باشند به اتم و ملكول هاي گازي برخورد نموده و باعث يونيزه شدن گاز رسانا شده و به خاطر اختلاف پتانسيل موجود ، عبور جريان الكتريكي امكان پذير شده و قوس الكتريكي تشكيل مي گردد در ادامه ، گاز هاي بيشتري در اثر حرارت و برخورد الكترون ها يونيزه شده تا به يك حالت پايدار براي حل جريان الكتريكي تنظيم شده برسد .

مرحله ي چهارم : مواد وگاز هاي يونيزه شده با بار مثبت به سمت قطب منفي جذب شده و به سطح كاتد برخورد نموده و الكترونها كه داراي بار منفي مي باشند به طرف قطب مثبت رفته و به آن برخورد مي نمايند.

انواع روشهاى ايجاد قوس الكتريكي :

براي يونيزه كردن محيط گازي وتشكيل قوس الكتريكي از روش هاي زير استفاده مي گردد :
۱) روش تماس مستقيم الكترود با سطح كار. ۲) استفاده از آمپر بالا در لحظه ي شروع قوس (Hot start)
۳) استفاده از ولتاژ بالا و فركانس بالا. ۴) استفاده از قوس كمكي (پيلوت).

روش تماسي:

در جوشكاري قوس الكتريكي دستي ميگ و مگ و زير پودري يا در (tig) با برخورد نوك الكترود با سطح كار ، قوس الكتريكي روشن مي گردد كه در روش قوس الكتريكي به دو صورت نوك زدن و روش كبريتي قوس را روشن مي كنند . در روش كبريتي الكترود را تحت زاويه ۷۰ الي۸۰ درجه نسبت به سطح قطعه كار گرفته و مانند كبريت روي سطح قطعه كار مي كشيم (در حدود ۲ الي ۱ سانتيمتر) و در انتها الكترود را از سطح قطعه كار جدا مي كنيم (به اندازه قطر مغزي الكترود) اين حالت روش مناسبى براي افراد مبتدي و تازه كار مي باشد چرا كه در اين روش الكترود روي سطح كار كشيده شده و با زدن جرقه هاي متوالي الكترود به اصطلاح گرم و با جدا كردن الكترود با سطح كار ، قوس تشكيل مي شود در اين روش احتمال چسبيدن الكترود به قطعه كار كم مي باشد . اما در روش نوك زدن الكترود را با ضربه اي به قطعه كار مي زنيم و سريع از قطعه كار جدا مي كنيم و قوس تشكيل مي شود اين روش ، روش سريع و بدون عيب و مخصوص افراد ماهرتر مي باشد .

روش استفاده از آمپر بالا :

در اين روش در زمان برقراري قوس در كسري از ثانيه در حدود ۱/۵ تا ۲ برابر آمپر تنظيم شده جريان وارد مدار مي شود كه باعث مي شود قوس سريعاً تشكيل شود ، پس از برقراري قوس آمپر به مقدار مينيمم اوليه بر مي گردد.

روش ولتاژ بالا ، فركانس بالا (HF.Hv) :

ولتاژ بالا وقتي به يك محيط گازي اعمال شود باعث شكسته شدن مولكول ها و يونيزه شدن اتم ها مي گردد در نتيجه محيط رسانا شده و برقراري قوس امكانپذير مي شود . ميزان ولتاژ لازم بستگي به نوع گاز مصرفي و فاصله بين الكترود و سطح كار دارد . ولتاژ بالا خطر برق گرفتگي براي جوشكار دارد و احتمال مرگ بر اثر تماس با ولتاژ بالا وجود دارد ، براي رفع اين مشكل فركانس جريان ولتاژ بالا را افزايش مي دهند در فركانس هاي بالا جريان الكتريكي از سطوح جانبي (پوست) عبور مي نمايد . بنابراين جريان با ولتاژ و فركانس بالا خطري براي جوشكار ندارد. ميزان فركانس بالاى 5 MHZ مي باشد كه از اين روش بيشتر براي جوشكاري TIG استفاده مي گردد در اين روش الكترود با قطعه كار تماس نداشته و فاصله هوايي در اثر ولتاژ بالا يونيزه شده و قوس تشكيل مي گردد . سيستم HF توليد نويز الكتريكي مي نمايد كه باعث مختل شدن عملكرد دستگاه هاي كامپيوتري CNC و..... مي گردد .

انواع جريان هاي الكتريكي :

دو نوع جريان هاي الكتريكي وجود دارد : 1) جريان مستقيم (DC) يا ⎓ يا (Direct current).
2) جريان متناوب يا ~ (AC) يا (Alternative current).

جريان مستقيم :

تعريف : در جريان مستقيم الكترون ها هميشه در يك جهت حركت نموده يعنى از قطب منفي به طرف قطب مثبت حركت مي نمايد بنابراين جاي قطب مثبت و منفي عوض نمي شود .

جريان متناوب :

تعريف : در جريان متناوب الكترون ها هميشه در يك جهت حركت نمي كنند بلكه در ابتدا در يك جهت حركت نموده و در لحظه بعدي جهت حركت الكترون ها عكس حالت قبل مي گردد . بنابراين در جريان متناوب جهت جريان دائماً عوض مي گردد و جاي قطب مثبت و منفي جابجا مي شود به اين صورت كه در ابتدا جريان الكتريكى در نيم سيكل مثبت به حداكثر مقدار می رسد سپس صفر می شود و در مرحله بعد در نيم سيكل منفى به حداكثر خود می رسد (كه به اين دوره ، يک سيكل كامل گفته می شود) و اين روند ادامه پيدا می كند . در جريان متناوب وقتي جريان الكتريكي به صفرمي رسد ، در واقع قوس الكتريكي خاموش مي شود كه بايد با تدابير خاصي اين مشكل را در جوشكاري رفع نمود .

فركانس :

همانطوركه گفته شد به يك نيم سيكل مثبت و منفي يك سيكل كامل مي گويند . و به هر سيكل بر ثانيه ، هرتس HZ گفته مي شود. هر چه تعداد سيكل ها بر ثانيه بيشتر باشد ، فركانس آن بيشتر است. فركانس برق توليدي در ايران HZ ۵۰ مي باشد.

اصول فرآيند جوشكاري با قوس الكتريكي دستي SMAW-MMAW :

امروزه جوشكاريSMAW بيشترين مورد استفاده در ميان ساير فرآيند هاي جوشكاري قوسي را دارا مي باشد . در اين فرآيند از گرماي قوس براي ذوب فلز پايه و الكترود روپوشدار استفاده مي شود فرآيند SMAW شامل منبع نيرو (دستگاه جوشكاري) كابل هاي جوشكاري ، انبر الكترود گير و انبر اتصال مي باشد . از دو كابلي كه به دستگاه متصل مي گردد يكي به انبر اتصال و ديگري به انبر الكترود گير نصب مي گردد . با بر قراري قوس الكتريكي بين نوك الكترود و سطح كار، جوشكاري شروع شده و حرارت شديد قوس الكتريكي ، نوك الكترود و سطح كار را كه در مجاورت قوس قرار دارد ذوب مي نمايد به محظ برقراري قوس ، نوك الكترود ذوب شده و قطرات مذاب به سمت حوضچه ي جوش منتقل مي شوند. انرژي الكتريكي بايد به اندازه كافي زياد بوده تا بتواند فلز پايه و الكترود را ذوب نمايد. طول قوس مناسب براي پايداري قوس و انتقال مناسب قطرات مذاب به حوضچه جوش ضروري مي باشد . عمل محافظت حوضچه ی جوش ، قوس و منطقه ی حرارت ديده ی اطراف جوش توسط گاز و سرباره ی حاصل از سوختن روپوش الكترود صورت مي گيرد.
در جوشكاري با قوس الكتريكي دستي از دو جريان متناوب (AC) و جريان مستقيم (DC) مي توان استفاده نمود .

انتخاب نوع جريان مصرفي به عوامل مختلفي از جمله نوع روپوش الكترود، ضخامت قطعه كار و غيره بستگي دارد.

جريان مستقيم (Dc) :

جريان مستقيم بصورت گسترده اي در اين فرآيند مورد استفاده قرار مي گيرد كه مزايا و معايبي دارد.

مزاياي جريان مستقيم عبارتند از : ١) امكان جوشكاري با آمپر هاي كم وجود دارد. ٢) خطر شوك الكتريكي كمتر است. ٣) قوس الكتريكي راحت تر تشكيل شده و پايدار تر است. ۴) قوس آرامتر بوده و پاشش ذرات كمتر است. ۵) امكان استفاده از انواع الكترود ها وجود دارد. ۶) امكان تغيير قطب وجود دارد.

معايب جريان مستقيم عبارتند از : ١) در يك ظرفيت معين دستگاه هاي فوق به مراتب گرانتر از دستگاه هاي جريان متناوب مي باشند . ٢) حجم و وزن آنها بيشتر و سنگينتر است ٣) هزينه نگهداري و تعميرات دستگاه هاي فوق بيشتر است . ۴) ضريب بهره ى الكتريكي دستگاه هاي فوق در حدود ٧٠ الي ٧۵ درصد مي باشد. ۵) در جريان مستقيم ، امكان وزش قوس وجود دارد .

جريان متناوب(AC):

مزاياي جريان متناوب : ١) در ظرفيت معين جريان دستگاه هاي فوق به مراتب ارزانتر مي باشند . ٢) هزينه تعمير و نگهداري دستگاه هاي متناوب كمتر است. ٣) ضريب بهره الكتريكي آن بيشتر است. ۴) امكان وزش قوس وجود ندارد. ۵) حرارت در الكترود و قطعه كار بطور مساوي تقسيم مي شود.

معايب جريان متناوب : ١) امكان تعين قطب وجود ندارد. ٢) انواع الكترود را نمى توان جوشكارى كرد.

قطب الكترود :

در جوشكاري با قوس الكتريكي مي توان از جريان متناوب AC يا جريان يكنواخت DC استفاده كرد. با استفاده از جريان DC ما از دو نوع قطب مى توانيم استفاده كنيم ، يكي قطب مستقيم و ديگري قطب معكوس . اگر الكترود منفي و قطعه كار مثبت باشد جوشكاري با قطب مستقيم ناميده مي شود و به اختصار بصورت (DCSP) يا (DCEN) نوشته مي شود در اين حالت الكترونها از نوك الكترود به سمت قطعه كار پرتاپ و يونهاي مثبت از قطعه كار به سمت نوك الكترود در حركتند . بعلت بمباران شدن سطح كار به وسيله ي الكترونها شدت گرما در محل ذوب بيشتر است . در اين حالت ⅔ گرما در محل ذوب (قطعه كار) (سمت مثبت) و ⅓ در الكترود (سمت منفى) توزيع مي شود. در اين قطب ، سرعت ذوب الكترود كمتر ، نفوذ بيشتر و عرض حوضچه ي جوش كمتر است .

در حالت ديگر الكترود مثبت و قطعه كار منفي مي باشد كه جوشكاري با قطب معكوس ناميده مي شود و به اختصار بصورت (DCRP) يا (DCEP) نوشته مي شود . در اين حالت ، الكترونها از قطعه كار به الكترود (و يونهاي مثبت به سمت قطعه كار) مي روند و باعث مي شود گرما بيشتر در الكترود توضيح شود ، لذا سرعت ذوب الكترود بيشتر (در حدود ۴۰٪ بيشتر) و نفوذ جوش كمتر مي شود و جوش پهنتر از حالت قبل خواهد بود . براي جوشكاري هايي كه سرعت جوشكاري در اولويت است و همچنين الكترودهايي كه داراي روپوش دير ذوب هستند ، از قطب معكوس استفاده مي كنيم.

يكي ديگر از ويژگي هاي قطب معكوس عمل تميز كاري است. به دليل حركت الكترونها از كار و برخورد يونهاي مثبت از الكترود به قطعه كار، در محل تشكيل قوس ، شكستن لايه هاي اكسيد صورت مي گيرد ، از اين روش درجوشكاري فلزاتي كه لايه اكسيدي دارند به نحو مطلوب استفاده مي شود ، مانند آلومينيوم .

در جوشكاري با برق متناوب AC بعلت تغيير جهت جريان الكترود ، به تناوب نيم سيكل منفي و نيم سيكل بعد ، مثبت است . پس مي توان گفت ½ حرارت در كار و ½ حرارت در الكترود توزيع شده و عمل تميز كاري قوس در نيم سيكلي كه الكترود مثبت است ، صورت مي گيرد.

انحراف قوس (وزش قوس) Arc blow :

در اطراف هر هادي كه از آن جريان الكتريسته عبور مي نمايد ، يك ميدان مغناطيسي بصورت متحد المركز وجود دارد (دايره هاي متوالي عمود بر مسير عبور جريان برق) اين ميدان مغناطيسي را مي توان با عبور هادي جريان از ميان كاغذ و يا شيدن براده بر روي كاغذ مشاهده نمود. در جوشكاري نيز اين ميدان اطراف الكترود ، كابل و درمسير عبور جريان در داخل قطعه نيز بوجود مي آيد . هنگاميكه اين حوزه ي مغناطيسي نا متعادل باشد ، قوس به طرفي كه تمركز حوزه بيشتر است ، منحرف مي شود كه اين انحراف را وزش قوس گويند .

در اثر وزش قوس ، فلز پايه به خوبي ذوب نشده و الكترود بصورت يكطرفه مي سوزد و باعث ايجاد خوردگي در كنار جوش و حبس گل جوش و پاشش جرقه ى زياد مي گردد.

عوامل موثر درايجاد وزش قوس :

فولادهاي فريتي ، مواد فرو مغناطيس مي باشند ، در نتيجه ميدانهاي مغناطيسي جذب فولاد مي شوند .

مسير انحراف و شدت انحراف قوس در اثر ميدان هاي مغناطيسي پيچيده بوده و غير قابل پيش بيني مي باشد ولي يكسري قوانين بر آن تأثير گذار است كه به شرح آن پرداخته مي شود :

۱) انحراف قوس الكتريكي در جهت زاويه الكترود بيشتر ديده مي شود .

۲) قوس الكتريكي در اتصالات سپري يا لب روي هم به سمت قطعه ى ضخيم تر كشيده مي شود.

۳) در ابتدا و انتهاي مسير جوشكاري ، قوس به طرف قطعه كار منحرف مي گردد (به خاطر تمايل ميدان مغناطيسي براي جذب در فولاد).

۴) در صورت نزديك بودن انبر اتصال به محل جوشكاري ، قوس به طرف انبر اتصال منحرف مي گردد.

۵) ايجاد وزش قوس در طول قوس بلند تر ، بيشتر است .

۶) وزش قوس در جريان مستقيم بوجود مي آيد و در جريان متناوب بسيار ضعيف است .
۷) در جوشكاري پاس اول در جوش گوشه اي يا پاس اول جوشهاي نفوذي ، قوس به سمت فلز جوش منحرف مي گردد.

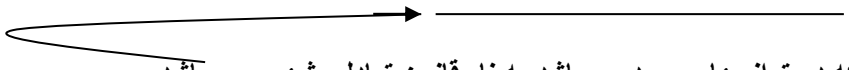
راه هاي جلوگيري از وزش قوس وكاهش آن :
۱.) كاهش طول قوس .
۲.) كاهش شدت جريان.
۳.) تغيير دادن محل اتصال كابل به قطعه كار (هر چند ممكن است دورتر از محل جوشكاري باشد) .
۴.) در صورت امكان پيچيدن كابل اتصال به اطراف كار تا حوزه ي مغناطيسي جديدي ايجاد كند و اين حوزه ، اثر حوزه مغناطيسي قبل را خنثي نمايد .
۵.) استفاده از جريان متناوب بجای جريان مستقيم .
۶.) تغيير زاويه ی الكترود.
۷.) افزايش موادي به روكش الكترود جهت ثبات و پايداري قوس مانند (Tio_2) دی اكسيد تيتانيم .
۸.) استفاده از يک قطعه ی كمكی مانند مس در پشت قطعه ی مورد جوشكاری .

انواع دستگاه هاي مورد استفاده ي جوشكاري :

۱) مبدلها ، شامل : الف) ترانس ها (ترانسفورماتورها). ب) ركتيفايرها يا يكسوكننده ها . ج) اينورتور.
۲) مولدها ، شامل : الف) موتورژنراتورهاي احتراقي (بنزيني/ گازوئيلي). ب) موتور ژنراتور الكتريكي ، كه به دينام مشهورند .

ترانسفورماتور :
ترانسفورماتورها وسيله اي براي كاهش يا افزايش ولتاژ مي باشند بنابراين ترانس ها افزاينده يا كاهنده ی ولتاژ مي باشند كه ترانسهاي جوشكاري از نوع كاهنده (كاهنده ی ولتاژ) مي باشند .
ميزان آمپر خروجي ترانس ها بستگي به طراحي ترانس دارد . ترانس هاي جوشكاري ولتاژ برق شهر (220v) را تا زير (100v) كاهش داده و آمپر را افزايش مي دهند . علت اين مسئله آن است كه ولتاژ قوس الكتريكی به نوع فرايند جوشكاري بين ۱۰ تا ۴۴ ولت متغييراست و براي آنكه بتوان حرارت لازم براي ذوب فلز پايه و الكترود فراهم شود از آمپر بالا استفاده مي گردد. از طرف ديگر با كاهش ولتاژ خطر برق گرفتگي براي جوشكار تا حد زيادي كمتر مي شود.
ترانس ها از سه قسمت شامل هسته ي آهني ، سيم پيچ اوليه و سيم پيچ ثانويه تشكيل مي شوند .
هسته از جنس آهن نرم و از ورق هاي نازك كه بر روي هم قرار گرفته اند تشكيل شده است . قابليت هدايت الكتريكي و هدايت مغناطيسي هسته زياد می باشد .
سيم پيچ اوليه داراي تعداد دور زياد و از سيم با قطر نازك تشكيل شده و به برق شهر متصل می گردد. سيم پيچ ثانويه دارای تعداد دور كمتر و از سيمی با قطر ضخيم تر (با روكش عايق) تشكيل شده. خروجي سيم پيچ ثانويه به اتصال الكترود متصل مي شود. توضيح اينكه ميزان توان ورودي با توان خروجي در ترانس تقريباً برابر مي باشد .

$$P_1 = P_2 \qquad V_1 I_1 = V_2 I_2 \qquad V_1/V_2 = I_2/I_1 = N_1/N_2$$



رابطه فوق كه در ترانسها موجود مي باشد به نام قانون تعادل مشهور می باشد .
يعني مقدار ولتاژ در سيم پيچ ثانويه به نسبت تعداد دور هر دو سيم پيچ بستگي دارد .

ميدان مغناطيسي حاصل از جريان الكتريكي :
يك جريان الكتريكي از تعداد زيادي الكترون آزاد كه در يك جهت مشترك در يك سيم حركت مي كنند ، تشكيل شده است هر الكترون به تنهايي يك ميدان مغناطيسي ايجاد مي كند ، از آنجا كه همه الكترونها در يك جهت حركت مي كنند ميدان هاي جداگانه ی الكترون ها بهم پيوسته و يك ميدان بسيار قوي تر ايجاد مي كند .
هر چه شدت جريان بيشتر باشد ميدان قوي تر است و هر چه شدت جريان كمتر باشد قدرت ميدان كمتر است . از آنجا كه در جريان متناوب ، جهت جريان عوض می شود ، جهت ميدان مغناطيسي هم معكوس مي شود و در هر لحظه جهت ميدان مغناطيسي بوسيله ی جهت جريان عوض می شود. ولی در DC با توجه به ثابت بودن جهت جريان ، جهت ميدان مغناطيسی نيز ثابت می باشد.

نحوه ي توليد جريان در ترانسفورماتور :
در ترانس ، جريان از سيم پيچ اوليه عبور مي كند و اين سيم پيچ ، ميدان مغناطيسي اي بوجود مي آورد كه عبور اين ميدان مغناطيسي از هسته و وسط سيم پيچ ثانويه باعث تحريک الكترونهای مدار آخر اين سيم پيچ می شود و آنها را به حركت در می آورد و در نتيجه در سيم پيچ ثانويه ، جريان القايی بوجود می آيد بدون اينكه هيچ گونه اتصال الكتريكي ای در كار باشد .
در ترانس هاي معمولي ، برق خروجي از سيم پيچ ثانويه بصورت جريان متناوب AC به انبر الكترود و انبر اتصال منتقل مي شود . در اين حالت جريان ثانويه داراي آمپر زياد و ولتاژ كم مي باشد . علامت اختصاري ترانس جوشكاري به شكل مقابل مي باشد .
كه حلقه اولي نشان دهنده ي سيم پيچ اوليه و حلقه ي دومي نشان دهندي سيم پيچ ثانويه مي باشد .در دستگاه هاي يكسوكننده جريان ثانويه از سيم پيچ ثانويه به وسيله ي ابزارهاي خاصي يكسو مي شود ، اين سيستم يكسو كننده كه ديود نام دارد مانند شير يك طرفه در سيستم لوله كشي آب عمل كرده و اجازه عبور يك طرفه را به الكترونها را مي دهد و جريان AC را به DC تبديل مي كند.
استفاده از يک ديود در مسير جريان متناوب بصورت نيم موج ، جريآنرا يكسو مي نمايد. براي رفع اين مشكل و يكسوسازي كامل جريان از چهار عدد ديود بصورت پل ديودي استفاده مي گردد.

علامت مشخصه ي دستگاه هاي يكسو كننده همانند شكل روبرو است كه جريان ورودي AC پس از ورود از سيم پيچ اوليه و القاء در سيم پيچ ثانويه از ديود مي گذرد و يكسو شده و به جريان DC تبديل می شود كه بستگي به كارايي دستگاه مي توان جريان الكتريكي AC را نيز از دستگاه گرفت .

دستگاه اينورتور :

نسل جديد دستگاه هاي جوشكاري سيستم هاي اينورتوري مي باشد كه داراي سبكي وزن و قابليت هاي الكترونيكي زياد مي باشند . در اين دستگاه ها برق ورودي ابتدا يكسو شده سپس توسط يك ترانزيستور به جريان متناوبي با فركانس بالا (در حدود ده ها KHZ) تبديل مي گردد . سپس جريان متناوب فركانس بالا وارد ترانس شده و به برق جوشكاري (ولتاژ كم و آمپر بالا) تبديل مي گردد كه بسته به نوع كار ، جريان AC يا DC (بعد از گذشتن از ديود) از دستگاه گرفته مي شود.
علامت مشخصه ي دستگاه هاي اينوتور عبارت است از

روش هاي خنك كردن ترانس ها :

۱- از طريق عمل جابه جايي خود به خود هوا : هوا از شكافهاي پايين ترانس وارد و در مجاورت سيم پيچها و هسته گرم شده و به سمت بالا حركت مي كند و از شكاف هاي بالاي ترانس خارج مي شود.
۲- توسط فن يا هوا كش هاي الكتريكي : در اين روش عمل خنك كردن سيم پيچها و هسته توسط پنكه صورت مي گيرد .
۳- غوطه وري در روغن : در اين روش هسته و مدارها در روغن غوطه ور هستند و گرما از طريق روغن به جداره ی ترانس و از جداره به هواي خارج منتقل مي شود.
ولتاژ ثانويه در دستگاه هاي AC زير ۱۰۰ ولت و در دستگاهاي DC زير ۷۰ ولت مي باشد .

تغيير آمپر در ترانسفورماتورهاي جوشكاري :

در صنايع ، قطعات فلزي با جنس ها و ضخامت هاي مختلفي بكارگرفته مي شود و ضرورت دارد براي اتصال و جوش دادن آنها بهم از الكترودها با قطر ها و جنس هاي مختلف استفاده شود . الكترودها با توجه به قطر وجنس مغزی فلزي و نوع روپوش به مقدار معين شدت جريان نياز دارد ، لذا در ترانسفورماتورها ي جوشكاري قسمتهايي براي تغيير آمپر وجود دارد (ولوم آمپر).

تغيير آمپر در ترانسفورماتورهاي جوشكاري به چند روش عملي مي شود كه دو روش زير ، متداولترند:
۱.) تغيير آمپر پله اي . ۲.) تغيير آمپر پيوسته .

تغيير آمپر پله اي :

در اين روش يك سر سيم پيچ ثانويه به ترمينال اتصال (Work) وسر ديگر آن پس از چند دور گردش به دور هسته ی فرعي راكتور به ترمينالهاي متوالي يكی پس از ديگري وصل مي شود . بدين معني كه اولين ترمينال قبل از گردش سيم به

دور راکتور ، بیشترین آمپر را داراست و آخرین ترمینال بعد از چند دور گردش سیم به دور راکتور کمترین آمپر تعبیه شده را داراست که بستگي به نوع کار و مقدار آمپر مورد نیاز ،کابل انبر را به ترمینال هاي روي دستگاه وصل مي کنیم . به عبارت دیگر ، براي کاهش شدت جریان از تأثیر متقابل هسته بر عبور جریان استفاده مي کنیم و چون شدت جریان زیاد است این تأثیر قابل توجه بوده و ترمینال ها یکي پس از دیگري ، آمپر کمتري خواهند داشت و به همین دلیل اولین ترمینال بیشترین آمپر و آخرین ترمینال کمترین آمپر دستگاه را دارد و جوشکار مي تواند بصورت پله اي با استفاده از ترمینال هاي دستگاه آمپر را افزایش یا کاهش دهد .

تغییر آمپر پیوسته :

راه دیگر تغییر آمپر در ترانسفورماتورهاي جوشکاري قرار دادن هسته ي فرعي درون هسته ي اصلي است که سبب مي شود خطوط مغناطیسي کمتري از وسط سیم عبور کنند و شدت جریان کمتري در آن سیم پیچ القا شود. هسته ي فرعي به وسیله یك پیچ بلند به دسته ي تغییر آمپر دستگاه متصل است . بیشترین آمپر زماني است که با گردش دسته ، هسته فرعي کاملا از درون هسته اصلي ترانسفورماتور خارج شود . چنانچه دسته را در جهت عکس حالت قبل بچرخانیم تا هسته ي فرعي کاملا درون هسته ي اصلي ترانسفر ماتور قرار گیرد ،کمترین آمپر را خواهیم داشت . در این حالت خطوط مغناطیسي از مسیر هسته ي فرعي عبور مي کنند و سیم پیچ ثانویه در حوزه ي مغناطیسي با شدت کمتر قرار خواهد داشت ،در نتیجه شدت جریان القایي کمتر خواهد شد . پس با کم و زیاد کردن شدت حوزه ي مغناطیسي که از وسط سیم پیچ ثانویه عبور مي کند آمپر کم و زیاد مي گردد .

در بعضي از ترانسفور ماتورها ۳ ترمینال خروجي وجود دارد که یکي از آنها متعلق به کابل اتصال و دو ترمینال دیگر متعلق به کابل انبر جوشکاري است چنانچه کابل انبر جوشکاري به ترمینال Low وصل شود به وسیله ي دسته ی تغییر آمپر مي توان آمپر ردیف کمتر را تنظیم کرد چنانچه کابل انبر جوشکاري به ترمینال High وصل شود با گردش دسته مي توان آمپر ردیف زیادتر را تنظیم کرد یا به بالا ترین حد آمپر دستگاه دست یافت . لازم به توضیح است که در این حالت بعلت حذف تعدادي از حلقه هاي سیم پیچ ثانویه ، ولتاژ کمتر و آمپر بیشتر از حالت قبل خواهد بود .

روش هاي دیگري جهت تغییر آمپر ترانسفور ماتورها وجود دارد مانند : تنظیم آمپر بوسیله ي هسته دو قسمتي که با دورکردن دو قسمت هسته ، آمپر کم و با نزدیك کردن دو قسمت هسته ، آمپر زیاد مي شود .

و یا روش دیگر ، دور و نزدیك کردن سیم پیچ ثانویه از حوزه ي مغناطیسي سیم پیچ اولیه می باشد .

تنظیم آمپر در دستگاه هاي رکتیفایر از طریق تریستور ایجاد مي گردد . تریستور مانند دیود ، براي یکسو سازي به کار مي رود . فرق تریستور با دیود آنستکه جریان خروجي در تریستور ها قابل کنترل مي باشد .

مولد ها (موتورژنراتورجوشکاري) :

این دستگاه ها از یك موتور و یك ژنراتور تشکیل شده اند بدین مناسبت مجموعه ی آنها را موتور ژنراتور می گویند. موتوري که ژنراتورها را به حرکت در مي آورد ممکن است الکتریکی (موتور ژنراتورکارگاهي) یا از نوع احتراق داخلي (بنزیني یا گازوئیلي) باشد (موتور ژنراتورهاي جوش سیار) باشند .

علامت مشخصه ي موتور ژنراتورها به شکلم قابل است.

چگونگي تولید جریان درمولدها :

مي دانیم وقتي یك دسته سیم ، خطوط قوا را در یك میدان مغناطیسي قطع کند ، در آن جریان القاء مي شود . جریان تولیدي با

تعداد خطوط قواي قطع شده رابطه ي مستقيم دارد ، پس مي توان گفت ميزان جريان توليد شده با شدت ميدان مغناطيسي و تعداد كلاف هاي سيم درحال گردش در ميدان مغناطيسي و سرعت دورآنرابطه اي مستقيم دارد .

ژنراتورها از چهار قسمت تشيل شده اند :

۱.) ميدان مغناطيسي . ۲.) حلقه هاي القاء شونده (كلاف). ۳.) كموتاتور. ۴.) جاروبكها.

ميدان مغناطيسي توسط يك آهنرباي دائمي يا الكتريكي تأمين مي شود . در موتور ژنراتورها ي جريان مستقيم ،كموتاتور تشكيل شده است از دو نيمه ي حلقه ي فلزي كه به كمك زغال ، جريان AC را به DC تبديل مي كند . در اين حالت يكي از زغال ها الكترون را وارد مدار مي كند و ديگري الكترونها را از مدار مي گيرد . اين الكترونها در ژنراتور پتانسيل كسب مي كنند و دوباره به مدار هدايت مي شوند .

دينام جوشكاري كارگاهي :

دينام جوشكاري شامل يك دينام (ژنراتور) توليد جريان ويك الكترو موتور سه فاز است كه با هم كوبل شده يا اساساً محور آنها مشترك است . در يك سو محور الكتروموتور و در سوي ديگر محور دينام تعبيه شده است . الكتروموتور حركت دوراني متناسب را بوجود مي آورد و اين حركت باعث گردش محور دينام مي شود و برق جوشكاري را توليد مي كند .

اتصال الكتروموتور به برق شهر توسط يك كليد ستاره صورت مي گيرد و براي راه اندازي آن لازم است كه كليد را روي حالت ستاره (Y) قرار دهيم تا موتور به دور كامل برسد. سپس كليد را روي حالت مثلث (Δ) قرار مي دهيم تا دور موتور ثابت و آماده ى جوشكاري شود .

تغيير آمپر در دينام جوشكاري :

تغيير آمپر در دينام هاي جوشكاري بسيار ساده است و به وسيله اي يك رئوستا كه سر راه جريان تحريك مغناطيسي دينام قرار دارد انجام مي گيرد . مي توان اين رئوستا را از دور با سيم رابط به دستگاه وصل كرد تا جوشكار در محل جوشكاري قادر به تنظيم آمپر باشد .

سيكل كاري :

سيكل كاري مدت زماني است كه در يك آمپر مشخص مي توان با دستگاه جوشكاري نمود بدون آن كه دستگاه آسيب ببيند. اين مدت زمان معمولاً در مبناي ۱۰ دقيقه حساب مي شود.

در توضيح اين مطلب بايد ياد آور شد كه وقتي دستگاه جوشكاري داراي خروجي ۵۰۰ آمپر مي باشد ما نمي توانيم بصورت مداوم با ۵۰۰ آمپر جوشكاري نماييم زيرا باعث داغ شدن و سوختن سيم پيچي ها و مدارات داخلي دستگاه مي گردد . بنابراين براي دستگاه ها سيكل كاري تعريف شده است و اين سيكل كاري معمولاً در ۳۰ درصد ، ۶۰ درصد و ۱۰۰ درصد در پلاك مشخصه ى دستگاه قيد شده است . براي مثال وقتي گفته مي شود سيكل كاري دستگاه در ۵۰۰ آمپر ، ۳۰ درصد است يعني ما بايد به مدت ۳ دقيقه با ۵۰۰ آمپر جوشكاري كرده و به مدت ۷ دقيقه دستگاه روشن و يا خاموش بوده ولي جوشكاري انجام نگيرد تا دستگاه خنك شود .

مثال : سيكل كاري دستگاهي در ۳۰۰ آمپر ۶۰ درصد است يعني ما بايد با ۳۰۰ آمپر به مدت ۶ دقيقه جوشكاري نموده و ۴ دقيقه به دستگاه براي خنك شدن استراحت دهيم .

مثال : سيكل كاري دستگاهي در ۲۰۰ آمپر ۱۰۰ درصد است يعني ما مي توانيم بطور مداوم با دستگاه جوشكاري نماييم بدون آن كه به دستگاه صدمه اي وارد گردد .

در جوشكاري با قوس الكتريكي دستي زمان و وقفه اي را كه براي تعويض الكترود و تميز كردن گل جوش ايجاد مي شود ، بايد مد نظر قرار گيرد .

چنانچه در آمپر خاصي سيكل كاري دستگاه را بخواهيم مي توانيم آنرا از فرمول زير محاسبه و استفاده نماييم.

سيكل كاري مورد نظر = سيكل كلري مشخص × (آمپريكه سيكل آن مشخص است)² / (آمپر مورد نظر)²

سئوال : سيكل كاري دستگاهي در ۳۰۰ آمپر ۶۰ ٪ است ، براي ۳۷۰ آمپر سيكل كاري ، چند درصد مي باشد ؟

پلاك مشخصه ى دستگاه جوشكاري :

از روي پلاك دستگاه جوشكاري اطلاعات مختلفي را مي توان بدست آورد. پلاك مشخصه شامل دو قسمت كلي مي باشدكه يك قسمت اطلاعات مربوط به جوشكاري و قسمت ديگر مربوط به برقكار يا تكنسين برق مي باشد. در قسمت اطلاعات مربوط به جوشكار اطلاعات مختلفي شامل منحني ولت آمپر ، نوع فرايند ، نوع دستگاه ، سيكل كاري ،كمترين و بيشترين ولتاژ آمپر خروجي و ولتاژ مدار باز دستگاه را مي توان به دست آورد .

آشنايي با انواع ابزارآلات و متعلقات جوشكاري :

۱ - ترانس جوش : كه انواع مختلفي دارند كه قبلا توضيح داده شده است.

۲ - كابل جوشكاري : بطور كلي اجسام از نظر هدايت الكتريكي دو دسته اند : ۱.) اجسام هادي . ۲.) اجسام عايق .

هادي ها نيز به نوبه ي خود به دو دسته تقسيم مي شوند : ۱.) هادي هاي ضعيف . ۲.) هادي هاي قوي .

هادي هاي ضعيف :

كه در مقابل جريان الكتريسته مقاومت بيشتري از خود نشان مي دهند مانند آلياژ نيكل و كرم كه بعنوان سيم مقاومت در ساختمان اجاق برقي به كارمي روند (نيكرم) . فولاد در مقايسه با مس داراي مقاومتي بيشتر (حدود ۶ برابر مس) است.

هادي هاي قوي :

بعضي از فلزات مثل نقره ، مس و آلومينوم هادي هاي قوي هستند و مقاومت الكتريكي آنها نا چيزاست و آنها را هادي هاي قوي گويند . كابل هاي جوشكاري بايد خاصيت هدايت الكتريكي بالا و استحكام كافي داشته باشند و در عين حال انعطاف پذير باشند تا هنگام وصل شدن به انبر جوشكاري كاملا نرم بوده و به آسان شدن كار كمك كند . بدين منظور ، اين كابلها از چند صد عدد سيم نازك مسي تهيه شده اند و روي آنرا با كاغذ و كتان و سپس پلاستيك نرم مي پوشانند. سطح مقطع كابل هاي جوشكاري متناسب با مقدار آمپري كه بايد از آن عبور كند ، انتخاب شده است . و بديهي است اصولا هر چه طول كابل بيشتر باشد ، افت جريآنرا خواهيم داشت ، لذا طول كابل ها بيش از ۳۰ متر توصيه نمي شود .

مثالی از مقایسه ی هدایت حرارتی چند فلز رسانا :

Ag > Au > Cu > Al

۳ - انبر جوشكاري :

يكي ديگر از وسايل هدايت جريان ، انبر جوشكاري است. كه قسمت هاي خارجي آن از مواد عايق حرارت و الكتريسيته پوشيده شده است و در دهانه ي آن شيارهايي وجود دارد كه مي توان الكترود را تحت زواياي مختلف در آن قرار داد.

انبر جوشكاري طوري ساخته شده است كه به آساني و با فشار كم ، دهانه ي آن باز مي شود و الكترود در آن كاملا ثابت مي گردد. فنر انبر جوشكاري بايد از جنس مرغوب باشد تا در اثر كار زياد و گرم شدن خاصيت فنري خود را از دست ندهد .

اتصال كابل به آن بايد محكم و محل اتصال كاملا عايق باشد. محل اتصال كابل به انبر و محل اتصال كابلها به دستگاه حتماً بايد محكم باشند تا باعث ايجاد جرقه و حرارت نگردد ، پس اگر انبر جوشكاري بيش از حد گرم شود دو دليل مي تواند داشته باشد :

۱.) استفاده از آمپر زياد و كار طولاني . ۲.) شل بودن محل اتصال كابل به انبر.

۴ - چكش گل زني :

براي پاك كردن سرباره روي جوش و زدودن جرقه هاي ميان خط جوش استفاده مي شود .

۵ - برس سيمي :

براي تميز كاري روي قطعات كار از گرد و غبار و زنگ به كار مي رود و طوري ساخته شده كه در برابر سايش مقاوم باشد .

۶ - انبردست :

براي حمل و نگه داشتن قطعات داغ هنگام جوشكاري و بعد ازآن از انبر دست استفاده مي شود .

۷ - سنگ فيبري :

براي پخ زدن يا صاف كردن و آماده نمودن قطعات از اين دستگاه استفاده مي شود .

۸ - چكش :

براي كارهاي عمومي به كار مي رود.

۹ - گيره (تنگدستي) (قيد وبست) :

براي بستن (گرفتن) قطعه كار و جهت جلوگيري از پيچيدگي و تاب برداشتن قطعه كار بكار مي رود.

۱۰ - گونيا وخط كش فولادي :

جهت كنترل زاويه واندازه گيري طول به كار مي روند.

۱۱ - گرد ه سنج :

وسيله اي جهت كنترل و اندازه گيري ارتفاع ، ساق جوش و... بكار مي رود.

۱۲ - وسايل حفاظت فردي :

الف.) ماسك ها:

ماسك ها انواع گوناگوني دارند كه مي توان به نوع كلاهي و دستي اشاره كرد . روي ماسكها سوراخي تعبيه شده به اندازه ی(cm) (۱۰۰×۵۰) يا (۱۱۰×۶۰) كه با يك شيشه ي تيره و يك يا چند شيشه ي روشن پوشيده شده است . اصولا شيشه ي سفيد جهت محافظت از شيشه ي سياه در هنگام جوشكاري است و يا محافظ فرد جوشكار در هنگام گل زني از برخورد گل جوش داغ و يا پليسه ها و جرقه ها بصورت فرد جوشكار مي باشد .

شيشه ی سياه :

اشعه هاي زيان آور مثل اشعه ماوراء بنفش يا مادون قرمز را از خود عبور نمي دهد ، بعلاوه از عبور درصدي از نور مرئي نيز جلوگيري مي كند . اصولا اين نوع شيشه ها از ۰ تا ۱۴ شماره گذاري شده اند و انتخاب درجه ي تاري شيشه به فاكتورهاي مهمي از جمله نوع فرايند جوشكاری ، مقدار آمپر مصرفي ، قطر الكترود مصرفي ، ضخامت قطعه كار و حتي حساسيت چشم جوشكار بستگي دارد. (در جوشکاری به روش قوس الکتریکی دستی ، نمره ی ۹ و ۱۰ مناسب ترین شیشه می باشند) .

جدول انتخاب درجه ی تاری شیشه ی سیاه ماسک های جوشکاری

فرآیند جوشکاری	شدت جریان																			
	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550
SMAW						9		10				11					12				13	14
MIG on Steel									10			11					12				13	14
MIG on Aluminium												11	12				13			14		15
TIG			9		10		11		12						13						14	
MAG								9		10		11		12			13		14		15	
Plasma Cutting											11				12			13				

Arc air gouging		10	11	12	13	14	15

ب.) دستكش چرمي:

براي جلو گيري از سوختن بدن توسط مواد مذاب و اشعه هاي خطرناك و همچنين براي جلوگيري از برق گرفتگي به كار مي رود .

ج.) پيش بند چرمی :

براي جلو گيري از پاچيدن چرقه ها به بدن و لباس كار استفاده مي شود .

د.) آستين بند چرمی :

براي جلوگيري از پاچيدن جرقه و سوختن دست استفاده مي شود كه معمولا در جوشكاري هاي سقفي و سربالا مورد استفاده قرار مي گيرد .

ح.) پا بند چرمي :

براي جلو گيري از ورود جرقه به داخل كفش بكار مي رود و بايستي تمام روي كفش را پوشاند.

خ.) مقنعه ی چرمی :

در جوشكارهاي سقفي براي جلو گيري از پاشيدن جرقه بر روي سر از مقنعه استفاده مي شود.

چ.) لباس كار :

لباس كار جوشكاري بايد از جنس الياف طبيعي همچون كتان باشد كه براي جلو گيري از نفوذ اشعه هاي حاصل از جوشكاري و حرارت حاصل از جوش و پاشش مواد مذاب و جرقه ها بكار می رود ، همچنين ضخامت و رنگ آن (قرمز) نيز در كاهش ورود اشعه به بدن و كاهش احتمال سوختگي موثر است .

مثلا در مورد سوختگي حاصل از جرقه و مواد مذاب ، لباس هاي پلاستيكي كاملا رد شده مي باشند چرا كه در اثر حرارت و سوختن ، به بدن می چسبند و باعث تشديد سوختگي مي گردند .

<u>حفاظت وايمني :</u>

يكي از مسائل مهمي كه همه ی دست اندركاران شاخه ي صنعت بايد به دقت به آن توجه كنند نكات ايمني است كه از نظر مادي و معنوي حائز اهميت می باشد مثلا آسيب رسيدن به كارگران ، خسارات جاني ، نقص عضو و عواقب آنرا نمي توان با معيارهاي مادي سنجيد زيرا اين گونه زيانها جبران ناپذيرند . در كشورهاي صنعتي مختلف،استانداردها و دستور العمل هاي ايمني به دو دسته تدوين و ابلاغ مي شوند .

۱.) ايمني فردي. ۲.) ايمني گروهي.

بطور كلي حوادث و وقايع ناگوار در صنعت دو دليل عمده دارد : ۱.) نبود آگاهي ، وآشنايي و دانش شخصي نسبت به نكات ايمني . ۲.) سهل انگاري و بي توجهي به رعايت نكات ايمني . بنابراين آموزش نكات ايمني الزامي است و اجراي دقيق آنها از واجبات است . توصيه در تمام موارد اين است كه با وسيله اي كه روش كار آنرا نمي دانيد و آموزش نگرفته ايد كار نكنيد

.

ايمني و حفاظت در جوشكاري با قوس الكتريكي :

قبل از آموزش عملي جوشكاري با قوس الكتريكي بايد با دقت نكات ايمني و دستور العمل هاي مربوط به ايمني و حفاظت مورد مطالعه و بررسي قرار گيرد .

خطرات حاصل از جوشكاري :

۱.) تشعشع پرتوهاي مختلف . ۲.) برق گرفتگي . ۳.) سرو صدا. ۴.) خطر آلودگي هاي گازي .
۵.) آتش سوزي و انفجار. ۶.) سوختگي توسط مذاب و آتش. ۷.) خطر امواج الكتريكي.
۸.) خطر ميدان هاي مغناطيسي . ۹.) پاشش جرقه از مذاب .

خطر برق گرفتگي :

جريان برق جوشكاري داراي ولتاژی پايين و از نظر برق گرفتكي كم خطر است ولي بدان معني نيست كه موضوع برق گرفتگي در جوشكاري جدي گرفته نشود.

علاوه براين در بعضی از دستگاه ها برق ورودي به ترانس و دينام جوشكاري دارای ولتاژی بالا می باشد كه در بعضی موارد (مخصوصا در شروع قوس) ولتاژ آن بالا تر از ولتاژ برق خانگي است و خطر برق گرفتگي و شوك الكتريكي حتمي است پس بهترين راه ، عايق نمودن شخص و دستگاه است . استفاده از كفش ايمني عايق مناسبی براي جوشكار مي باشد ، چون داراي مقاومت الكتريكي بالايي هست . بعلاوه بايد تمام كابل هاي جوشكاري و برق ورودي كاملا عايق باشند و دستگاه به سيم ارت متصل باشد .

خطر برق گرفتگي با جريان Dc بسيار كمتر از Ac مي باشد.

در استاندارد اروپايی S برروي دستگاه به معني ايمن بودن دستگاه در مقابل برق گرفتگي مي باشد .

تأثير جريان الكتريكي در انسان به پارامتر هاي زير بستگي دارد :

۱- نوع جريان : جريان متناوب خطرناك تر از جريان مستقيم مي باشد .

۲- شدت جريان : عبور جريان هاي الكتريكي با شدت بالاتر از بدن خطرناك تر است .

۳- مسير عبور جريان الكتريكي از بدن : عبور جريان الكتريكي بصورت طولي بسيار خطرناك تر از جريان بصورت عرضی مي باشد .

۴- زمان موثر : جريان بيشتر از 0.3 Sec ثانيه باعث حالت هاي بحراني مي گردد.

خطر اشعله هاي جوشكاري :

از قوس الكتريكي علاوه بر نور مرئي (طول موج بين ۰/۴ الی ۰/۷۵ ميكرومتر) ، دو اشعه خطرناك مادون قرمز و ماوراء بنفش ساطع مي گردد . اشعه ماوراء بنفش باعث سوختگي شبكه چشم و در دراز مدت باعث كوري مي گردد.

اشعه ی مادون قرمز حتي در زمان بسيار كوتاه باعث برق زدگي چشم مي شود كه اين عارضه معمولا چند ساعت بعد از جوشكاري تاثير نموده و مويرگهاي چشم را متورم مي سازد . بطوريكه با ريزش اشك و احساس وجود جسم خارجي در چشم همراه مي باشد و كوري موقت به دنبال دارد . برق زدگي معمولا موقتي بوده و بعد از چند ساعت رفع مي گردد ولي اگر به

دفعات تكرار گردد مي تواند باعث آسيبهاي دائمي به چشم گردد .
براي جلوگيري از تاثير اشعه ها بايد فيلتر مناسب (شيشه سياه ماسك) بكار برد. از ديگر خطرات اشعه مادون قرمز و ماوراءبنفش ، خطر سوختگي پوست مي باشد . برخورد اشعه با پوست بدن باعث توليد گرما و در نتيجه باعث سوختگي پوست مي گردد و در دراز مدت باعث سرطان پوست مي گردد . بنابراين اعضاي بدن نبايد به هنگام جوشكاري بدون پوشش باشند.
ياد آوري : از هيچ فاصله اي نبايد بدون ماسك جوشكاري به قوس الكتريكي نگاه كرد .
سوزش چشم را نمي توان به سرعت معالجه كرد و براي كم كردن درد بهتر است آب سرد روي چشم ها گذاشت و براي درمان بايد به پزشك مراجعه نمود.
در صورت مشاهده برق گرفتگي اولين كار جدا كردن جريان برق توسط يک جسم عايق مانند چوب از بدن مصدوم است و در مرحله ي بعد كمك هاي اوليه و رساندن مصدوم به پزشك مي باشد .

خطر سرو صدا :
كار در صنايعي كه با فلز سرو كار دارند ، هميشه با سرو صدا همراه مي باشد . سروصداي استاندارد براي ۸ ساعت كار مداوم و ۵ روز در هفته معادل ۸۵ دسی بل مي باشد معمولا صداهايي كه شدت آنها بيش از ۸۵ دسي بل و داراي فركانس بين ۳۰۰ تا ۴۸۰۰ ارتعاش باشند براي شنوايي مضر مي باشند.

كنترل سرو صدا :
كاهش صدا شامل سه قسمت است كاهش صدا در منبع توليد ، جلوگيري از انتقال و حفاظت فردي .
در زمينه ي حفاظت فردي مي توان از انواع گوشي از جمله Ear plug و Earmuff استفاده كرد .

استفاده از گوشي هاي محافظ دو مزيت دارد :
الف.) جلو گيري از ورود جرقه هاي حاصل از سنگ كاري و جوشكاري به داخل گوش .
ب.) جلوگيري از كاهش قدرت شنوايي كه ناشي از سرو صدا ی دستگاه هاي جوشكاري و دستگاه سنگ فرز و فرايندهاي ديگر نظير برش پلاسما و برشكاري با الكترود زغالي مي باشد .

آلودگي هاي گازي :
گاز ها معمولا از سوختن روپوش الكترود و انفعالاتي كه در قوس صورت مي گردد يا در نتيجه ی تاثير اشعله ی ماوراء بنفش و مادون قرمز بر هوا توليد مي شوند.
منو اكسيد كربن (CO) گازي است بی رنگ و بي بو كه از هوا سبكتر است و حداكثرمجاز آن 50 تا 55 ميليگرم در m^3 ۱ هوا است .در جوشكاري با قوس الكتريكي به مقدار كم و هنگام جوشكاري با الكترودهاي سلولزي و بعضي روشهاي ديگر مثل جوشكاري MAG گاز (CO_2) زياد توليد مي شود. همچنين در جوشكاري قطعات رنگ شده و از سوختن ناقص مواد سوختني بوجود مي آيد . استنشاق گاز CO موجب سرگيجه وتهوع و استفراق و تاري ديد چشم مي شود .
گاز كربنك CO_2 : به مقدار خيلي زياد در حدود ۵۰۰۰ ميليگرم در متر مكعب در هوا موجود مي باشد و باعث مسموميت مي گردد. اين گاز به مقدار قابل توجه از سوختن و تجزيه روپوش الكترود حاصل مي شود اگر محلي كه در آن جوشكاري صورت مي گيرد تهويه نشود درصد اكسيژن هوا تقليل مي يابد و تنفس دچار اشكال مي گردد.

اکسید هاي ازت (N_2O_3 . NO_2 . NO) : از ترکیب اکسیژن و ازت موجود در هوا و بر اثر حرارت قوس الکتریکي اکسید هاي ازت تولید مي شوند . حد اکثر مجاز این گازها در هوا ۹ میلیگرم در متر مکعب است و هنگام جوشکاري در فضاي بسته و محلهایي که تهویه مناسب ندارد ، مخاطره آمیز است .

ازون(O_3) : ازون از نظر شیمیایي بسیار فعال است و اگر استنشاق شود به ریه ها صدمه خواهد زد اشعه ي ماوراء بنفش ناشي از قوس الکتریکي باعث تبدیل اکسیژن (O_2) به ازون (O_3) مي شود $3O_2$ « $2O_3$ خوشبختانه این گاز بر اثر برخورد و تماس با جامدات دوباره به (O_2) تبدیل مي شود و در صورتي که از فیلتر عبور کند بدون خطر خواهد شد .

بخارات فلز و اکسید هاي فلزي :

بخاراتی که هنگام جوشکاري پدید مي آیند معمولا ازتبخیر الکترود و روپوش آن یا از تبخیر عناصر فلزات مبنا (قطعات مورد جوشکاري) و یا از آلودگي هاي دیگر مشتق مي شوند.

مغز فلزي الکترود از آلیاژ هاي متفاوت است و ممکن است مقداري منگنز و گاهي مولیبدن و تعداد دیگر فلزات مانند : کرم ، تنگستن ،کبالت ، آلومینیوم ، مس ، قلع و... در ترکیب هاي الکترودها وارد شوند.

استنشاق بخارات تازه تشکیل شده ی بسیاري از اکسید هاي فلزي نظیر روي ، کادمیوم ، کرم ، نیکل ، مس و منگنز ممکن است به عارضه اي به نام (تب بخار فلزي) منجر شود . فراوان ترین علت تب بخار فلزي مربوط به فلز روی است که هنگام جوشکاري فلزات گالوانیزه ایجاد مي شود .

بیماري مزمن دیگري که ناشي از تماس طولاني مدت با بخارات فلزي است ، سیدروزیس نام دارد ، در این نوع بیماري ذرات آهن در شش رسوب مي کند و عملکرد ریه را در جذب اکسیژن مختل مي نماید . فلز کادمیوم که بعنوان روکش در بعضي از فلزات بکار مي رود و همچنین در سیم هاي لحیم کاري بعنوان آلیاژ وجود دارد ، فلزي بسیار سمي وخطرناك مي باشد وبخارات حاصل از این فلز مي تواند کشنده باشد. آرگون ، هلیوم و دي اکسید کربن سمی نبوده ولي آرگون و دي اکسید کربن سنگین تر از هوا بوده و در محیط هاي بسته نظیرمخازن و یا مکانهایي که از سطح زمین پایین تر هستند کم کم جایگزین هواي محیط اطراف شده و جوشکار را دچار خطر مي کند . بهترین راه مقابله با خطرآلودگي گاز ، استفاده از تهویه هاي موضعي مي باشد. همچنین مي توان از ماسکهایي استفاده نمود که هواي تصفیه شده را به درون ماسك منتقل نماید و نیز مي توان از ماسك هاي دهني مخصوص جوشکاري استفاده نمود .

نوشیدن شیر پس از کار جوشکاري از متداولترین و معمولترین پیشگیریها و مراقبتها در جوشکاري است .

آتش سوزي و انفجار:

همه ساله آتش سوزي ناشي از جوشکاري و برشکاري و فرآیندهاي وابسته به آن باعث خسارات مالي سنگین و مجروح و کشته شدن افراد مي گردد که اکثر علل آتش سوزي ناشي از عدم آگاهي و آموزش پرسنل مي باشد .

سه عامل اصلي در ایجاد حریق عبارتند از :

گرما (حرارت) ، اکسیژن و مواد سوختني که ازکنار هم قرار گرفتن آنها مثلثي به نام مثلث احتراق بوجود مي آید که در جوشکاري دو عامل از سه عامل فوق وجود دارد ،گرما و اکسیژن.

الف.) گرما : در اثر فرایند هاي جوشکاري از یك منبع گرمایي استفاده مي شود.

ب.) اکسیژن : ۲۱٪ از حجم هواي پیرامون ما را اکسیژن تشکیل مي دهد بنابراین براي ایجاد حریق فقط نیاز به یك ماده ي سوختني مي باشد . عوامل ایجاد آتش سوزي در برشکاري و جوشکاري عبارتند از : پاشش جرقه ، شعله ، هدایت گرمایي توسط فلز ، گل جوش داغ .

براي جلوگیري از آتش سوزي قبل از جوشکاري ، باید کلیه ی مواد قابل اشتعال از محیط جوشکاري خارج شده و یا توسط

چادرهاي عايق حرارتي ايزوله شود .

طبقه بندي انواع آتش :

بر حسب نوع مواد قابل اشتعال كه آتش سوزي را بوجود مي آورند آتش ها و آتش سوزي ها را طبقه بندي مي نمايد . اين طبقه بندي در كشور هاي مختلف متفاوت مي باشد . بطور كلي آتش ها را به چهار طبقه A-B-C-D به شرح زير تقسيم مي كنند.

طبقه A : آتش هايي هستند كه پس از سوختن مواد قابل اشتعال ، از خود خاكستر باقي مي گذارند مانند آتش هايي كه عوامل آنها موادي از قبيل چوب ، پارچه و حتي لاستيك و پلاستيك و نظاير آن مي باشد.

طبقه B : آتش هايي هستند كه از سوختن مايعات قابل اشتعال بوجود مي آيند و پس از سوختن از خود ضايعات و يا خاكستري باقي نمي گذارند مانند آتش هايي كه ازسوختن فرآورده هاي نفتي ، الكل ها و نظاير آن به وجود مي آيند .

طبقه C : آتش هايي هستند كه ناشي از الكتريسيته مي باشند مانند آتش سوزي هاي وسايل برقي يا دستگاه هاي مولد برقي مانند دينام موتور .

طبقه D : آتش هايي هستند كه از سوختن فلزات قابل اشتعال بوجود مي آيند مانند : سديم ، پتاسيم ، منيزيم ، و آلومينيوم و ...

طريقه ى خاموش كردن آتش هاي طبقه بندي شده :

طبقه A : بهترين روش جهت اطفاء حريق هاي اين طبقه از بين بردن ظلع حرارت مثلث آتش و استفاده از روش سرد كردن مي باشد كه اقتصادي ترين و سريعترين عامل ، استفاده از آب است .

طبقه B : بهترين روش جهت اطفاء حريق هاي طبقه B از بين بردن ظلع اكسيژن مثلث آتش يعني خفه كردن مي باشد در اين نوع آتش ها از كپسول هاي پودر و گاز ، ئيدروكربورهاي هالوژنه ، كف ها و ساير روش هاي خفه كردن مانند استفاده از ماسه و شن و پتو و ... مي توان استفاده كرد .

طبقه C : بهترين روش جهت خاموش كردن آتش سوزي هاي برقي ، قطع اكسيژن مثلث آتش به وسيله ى خفه كردن است . در اين طبقه از آتش سوزي ها آب اصلاً قابل استفاده نيست . بهترين نوع كپسول هاي مورد استفاده ، كپسول گاز CO_2 يا ئيدروكربورهاي هالوژنه مي باشند .

طبقه D : جهت اطفاء حريق فلزات قابل اشتعال از كپسول هاي مخصوص به خود كه بستگي به نوع فلز دارد ، استفاده مي شود .

سوختگي توسط مذاب و آتش :

در اثر بي احتياطي فرد جوشكار يا اطرافيان ،گهگاهي مذاب حاصل از جوشكاري يا قطعه ى داغ جوشكاري شده و يا حتي آتش سوزي حاصل از جوشكاري باعث سوختگي هايي در بدن شخص جوشكار يا اطرافيان شده كه بايد در وهله ي اول با كمكهاي اوليه ، فرد مصدوم را نجات داد و در اولين فرصت او را به پزشك رسانيد .

امواج الكتريكي :

امواج الكتريكي با فركانس هاي مختلف از قوس الكتريكي ساطع مي گردند بعضي از فركانس ها با طول موج معيني مي توانند جذب بدن شده و باعث توليد گرما گردند كه در برخي از نقاط بدن مانند مغز ، دستگاه توليد مثلى ، عدسي چشم ، ايجاد گرما مي تواند باعث اختلال در عملكرد آنها شود .

ايجاد گرما در مغز مي تواند باعث اشكال در كنترل بدن و در دستگاه توليد مثلى باعث از بين رفتن اسپرمها و در عدسي

چشم باعث ایجاد آب مرواریدگردد .

پاشیدن جرقه از مذاب:

جوشكاري با قوس الكتريكي همواره با پرتاب جرقه به اطراف همراه است . برخورد اين جرقه ها به لباسهاي قابل اشتعال ، پوست بدن و مواد قابل اشتعال ديگر مي تواند توليد خطركند پس لازم است حتي الامكان هنگام كار از لباس هاي نخي و كتاني سبك استفاده شود ، لباس كار بدون جيب باشد و از پوشيدن لباس هايي با آستين گشاد خودداري شود در صورتيكه از لباس هاي جيب دار استفاده شود از قرار دادن اشياء قابل اشتعال مانند كبريت در جيب خودداري گردد و همچنين از دستكش چرمی يا نسوز با ساق بلند استفاده گردد. استفاده از پيشبند چرمي بويژه در مواقعي كه در حالتهای غير سطحي جوشكاري مي كنيم و يا در حالت سنگ زدن بسيار ضروري است . همچنين پوشيدن كفش ايمني با كف ضخيم توصيه مي شود .

<u>الکترودها و شناسایی آنها :</u>

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

الکترود ها به دو دسته تقسیم می شوند :

۱) الکترود های غیر ذوب شونده : این الکترودها هنگام عمل جوشکاری ذوب نمی شوند و به عبارت دیگر ذرات آنها در هنگام جوشکاری به فلز مبنا منتقل نمی گردد از این رو بایستی جنس آنها از مواد دیر گداز مانند تنگستن یا آلیاژهای تنگستن و کربن باشد مانند الکترود تنگستنی در جوشکاری تیگ و الکترود زغالی در برشکاری و شیار زنی با قوس الکتریکی (گوجینگ) . نوعی الکترود ذوب نشدنی دیگر وجود دارد که جنس آن از مس یا آلیاژ مس و کادمیوم است که کاربرد آن در جوشکاری مقاومتی است .

۲) الکترودهای ذوب شدنی : در بعضی از فرآیندهای جوشکاری الکترود ذوب می شود و به فلز مبنا منتقل می گردد این الکترود ها در جوشکاری دارای دو نقش اساسی هستند . الف) تامین انرژی حرارتی برای مذاب شدن فلز . ب) بعنوان فلز پرکننده در حوضچه ی مذاب رسوب می کند و درصدی از فلز جوش را تشکیل می دهد.

این الکترودها به سه دسته تقسیم می شوند :

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

۲) الکترود های روپوشدار : مانند الکترود جوشکاری قوس الکتریکی دستی.

۳) الکترود های توپودری : که در روش جوشکاری میگ ، مگ بکار می روند (FCAW).

روش ساخت الکترود :

الکترود های ذوب شدنی به یکی از سه طریق زیر ساخته می شوند :

۱) روش E یا Solid extrusion.

۲) روش R یا Reinforcement.

۳)روش D یا Dipping.

روش E : در این روش فلاکس را بصورت خمیر در می آورند و با فشار روی الکترود می کشند . کنترل ضخانت پوشش

بسیار ساده است و بوسیله ی قالب هایی که مفتول از داخل آنها رد می شود انجام می گیرد از جمله معایب این روش استحکام کم پوشش در شرایط حمل و نقل است .

روش R : در این روش تقویت کننده هایی در پوشش بکار می برند که سبب می شود الکترودها اولا در شرایط حمل و نقل بیشتر مقاوم باشند و در مواقع خم کردن (اگر ضرورت باشد) پوسته از فلز جدا نشود . این الکترود ها را بیشتر در دستگاه های اتومات یا نیمه اتومات بکار می برند وطول آنها استاندارد شده نیست. اگر کاربرد الکترود در دستگاه های نیمه اتومات باشد تقویت کننده را از جنس فلز الکترود و بصورت سیم نازک انتخاب می کنند وآنرا بصورت مارپیچ در اطراف فلز می پیچند در الکترود های دستی از نخ تابیده شده ی مخصوص استفاده می کنند و سپس پوشش را روی آن می کشند .

روش D : با اینکه این روش قدیمی است ولی بعضی از انواع الکترود ها مانند آلومینیوم و آلیاژهای آن و منیزیم و آلیاژهای آنرا به این روش می سازند زیرا روش E نمی تواند کاربرد درستی برای این نوع آلیاژ ها داشته باشد. عمل پوشش دادن به این صورت است که مفتول الکترود را چندین مرتبه ولی به تناوب در محلول فلاکس می گذارند و هر بار تقریبا آنرا خشک می کنند تا به تدریج پوسته ی نسبتا ضخیمی بر روی آن کشیده شود .

الکترود های روپوشدار :

در جوشکاری قوس الکتریکی دستی از الکترود های 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 ی اصلی روپوش الکترود جلوگیری از ورود اکسیژن ، نیتروژن ، هیدروژن و بخار آب موجود در هوا به محیط قوس الکتریکی و حوضچه ی جوش به هنگام جوشکاری می باشد. این عمل با ایجاد هاله ای از گاز در هنگام سوختن روپوش الکترود انجام می گیرد .

ورود اکسیژن باعث اکسید شدن و نیتروژن باعث نیترید شدن و هیدروژن باعث ایجاد مک و ترک هیدروژنی و در مجموع باعث کاهش استحکام جوش در فولاد می گردد. بخار آب در محیط قوس به اکسیژن و هیدروژن تجزیه می گردد . وظایف دیگر روپوش الکترود عبارتست از پایداری قوس ، تصفیه ی فلز جوش ، اضافه نمودن عناصر آلیاژی و جلوگیری از زود سرد شدن فلز جوش می باشد.

نقش فلاکس ها (پوشش الکترود ها) :

پوشش شیمیایی الکترود بسیار متنوع است و نوع آن به شرایط فلز مبنا بستگی دارد . ترکیب شیمیایی الکترود ها بطور وسیع مخلوتی است از مواد معدنی و آلی که درصدی از آن مشخص و درصدی هم از نظر مصرف کننده پوشیده است و جزء مسائل سری هر کارخانه ی سازنده به حساب می آید .

اصولا پوشش دارای سه نقش اساسی است :

۱) نقش الکتریکی. ۲) نقش فیزیکی. ۳) نقش متالورژیکی.

نقش الکتریکی پوشش : وجود یک قوس مناسب به شرایط یونیزه شدن گاز های بین کاتد و آند ارتباط دارد . قوسهای فلزی بعلت خاصیت منفی بودنشان ناپایدارند و به عبارت دیگر ، با افزایش آمپر بر سطح مقاومت الکتریکی قوس کاهش می یابد و بدین علت ، از ثبات بی بهره می شود. برای رفع این نقیضه لازم است که در مدار یعنی در ناحیه ی قوس یک رزیستانس و بکار برده شوند (رزیستانس از تغیرات ناگهانی شدت جریان جلوگیری می کند) در عمل ، فلزی را نمی توان یافت که بتواند

این وظیفه را در قوس انجام دهد ، زیرا درجه حرارت بالای قوس آنرا منهدم می کند.
در جریان AC فاکتور های گفته شده را می توان از طریق پوششی که محتوی سدیم – پتاسیم باشد ، عملی کرد یا اینکه از مواد دیگر مانند سیلیکات ها ، کربنات ها ، اکسید ها و غیره استفاده نمود .

نقش فیزیکی پوشش : الکترود بایستی شرایط ساده ای را برای عمل جوشکاری فراهم کند ، برای مثال می توان در حالت قائم یا بالای سر عمل جوشکاری را انجام داد (حرکت مذاب بر خلاف جاذبه ی زمین).

نقش متالورژیکی پوشش : علاوه براینکه پوشش در ثبات قوس ، تشکیل سرباره ، ایجاد گاز برای حفاظت و غیره موثر است ، محتوی موادی است که می تواند عناصر تجزیه شده در جوش را که در اثر حرارت زیاد بوجود می آیند جبران کند در غیر اینصورت ، فلز جوش از نظر مکانیکی ضعیف خواهد شد و نیز نرخ سرد شدن را در جوش کاهش می دهد.

الکترود ها اصولا از نظر نوع مغزی شامل موارد زیر می شوند :
فولاد کربنی - فولاد کم آلیاژی - فولاد آلیاژی - مس و آلیاژهای آن - نیکل وآلیاژ های آن - آلومینیوم و آلیاژهای آن .
الکترود ها از نظر ابعاد :
قطر مغزی الکترود شامل اندازه های (mm) ۲ ، ۲/۵ ، ۳/۲۵ ، ۴ ، ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و بالاتر و از نظر طول در اندازه های (mm) ۲۰۰ ، ۲۵۰ ، ۳۰۰ ، ۳۵۰ ، ۴۵۰ و . . . . و ۹۰۰ می باشند .

طبقه بندی پوشش الکترود ها :

کلاس اول یا سلولزی یا C :
پوشش این الکترود ها از مقدار زیادی سلولز (حدود ۴۰٪) تشکیل شده که در اثر سوختن آن مقدار زیادی هیدروژن و اکسید کربن بوجود می آید که قوس و حوضچه ی جوش را از اتمسفر محافظت می کند. حضور این گاز ها در قوس با قدرت یونیزه شدن بالا ، ایجاد ولتاژ بالایی در قوس کرده و در نتیجه انرژی تولید شده زیاد بوده و موجب ایجاد نرخ بالای سوختن و عمق نفوذ جوش خوب می شود. به هنگام سوختن مواد روپوش ، سرباره ی بسیار نازکی بجا می ماند که براحتی از سطح جوش جدا می شود و دود و جرقه ی زیادی تولید می کند . با این الکترود نفوذ جوش بالا بوده و در همه ی حالت ها می توان جوشکاری نمود . پاس نفوذی لوله ها و مخازن را با این الکترود جوشکاری می کنند . روپوش این الکترود مقاوم به رطوبت بوده و نیاز به خشک کردن در کوره ندارد (حتی به روایتی وجود مقدار کمی رطوبت در این الکترود به جوشکاری آن کمک می کند) .
الکترود E 6010 نمونه ی معروفی از این الکترود می باشد.
مزیت : ۱- نفوذ جوش الکترود سلولزی زیاد است. ۲- سرعت ذوب الکترود بالاتر است. ۳- با آمپر کمتری جوشکاری می شود. ۴- گل جوش کمی بر جای می گذارد. ۵- در حالت سرازیر قابل جوشکاری می باشد.

معایب : ۱- کار کردن با این الکترود مشکل تر است . ۲- دود و جرقه ی زیادی ایجاد می شود.
۳- مقدار هیدروژن حاصله بسیار بالا می باشد.

کلاس دوم و سوم یا روتیلی یا R :
در روپوش این الکترود حدود ۴۵٪ اکسید تیتانیم یا روتیل (TiO_2) وجود دارد . روتیل یک ماده ی سرباره ساز بوده و براحتی از سطح جوش جدا شده و همچنین در شکل دادن گرده ی جوش و در برقراری قوس مفید می باشد. این الکترود دارای مصارف عمومی بوده و برای اسکلت سازی و درو پنجره سازی کاربرد دارد . روپوش این الکترود مقاوم به رطوبت بوده و نیاز به خشک کردن در کوره ندارد . مقدار نفوذ الکترود های روتیلی کم بوده بنا براین می توان ورق های نازک را بدون احتمال سوراخ شدن جوشکاری نمود . این الکترود ها به الکترود های معمولی یا همه کاره معروف می باشند .
الکترود E 6013 نمونه ی معروفی از این الکترود می باشد.

مزایا : ۱- شروع و نگه داری قوس آسان می باشد. ۲- با هر دو جریان AC و DC قابل جوشکاری می باشد. ۳ – کار کردن با آن آسان می باشد . ۴- در همه ی حالات قابل جوشکاری می باشد . ۵ – گل جوش براحتی از سطح فلز جدا می شود . ۶ – حساسیت به جذب رطوبت ندارد.

معایب : ۱- برای جوشکاری ورق های با ضخامت بالای 20 mm مناسب نمی باشد. ۲- مقاومت به ضربه ی فلز در دماهای زیر صفر خیلی کم است. ۳ – مقدار هیدروژن ایجاد شده در این الکترود ها بالا می باشد. ۴- برای فولاد های با کربن بالا تر از 0.2 % مناسب نمی باشد.

کلاس چهارم یا اسیدی یا A :
پوشش این نوع الکترودها شامل اکسید ها و کربنات های منگنز و آهن و مقداری سیلیسیم می باشد این پوشش یک سرباره ی حجیم و روان تولید می کند که نتیجه ی آن جوش با ظاهر بسیار صاف و تمیز می باشد. سرباره براحتی از روی جوش جدا می شود همچنین از وقوع ذرات سرباره ی محبوس شده در جوش چند پاسه می کاهد. با این الکترود می توان از جریان یکنواخت و متناوب استفاده کرد.
الکترود E 6020 مثالی از این الکترود می باشد.

کلاس پنجم یا اکسیدی یا O :
اکسید آهن به مقدار زیاد در پوشش آن وجود دارد و بعلت ایجاد سرباره ی سنگین ، مقدار نفوذ جوش کم بوده اما جوش حاصل صاف می باشد که در کل دارای استحکام کمتری نسبت به جوش حاصل از الکترودهای دیگر است. الکترود E 7024 مثالی از این الکترودها است .

کلاس ششم یا قلیایی یا بازی یا B :
احتمالا مهمترین نوع الکترود از نظر متالورژیکی است ، پوشش الکترود شامل مقدار قابل ملاحظه ای کربنات کلسیم ، سیلیکات پتاسیم و فلورید و آهک و فلوراسپار می باشد بعلت میزان رطوبت کم در پوشش الکترود جوش حاصل دارای کمترین مقدار هیدروژن نسبت به الکترود های دیگر است (این الکترودها قبل از مصرف باید در دمای ۲۵۰ الی ۳۵۰ درجه

ی سانتیگراد به مدت ۲ الی ۳ ساعت در کوره ی الکترود خشک کنی باز پخت شوند تا رطوبت آنها تبخیر شوند) این نوع الکترود ها بنام الکترود های کم هیدروژن نیز شناخته می شوند.

بعلت تولید فلز جوش با هیدروژن کم ، این نوع الکترود برای جوشکاری فولاد های کم آلیاژی که در مقابل ترک برداشتن منطقه ی مجاور جوش (HAZ) حساس هستند ، بسیار مناسب می باشد . همچنین جوش حاصل مقاومت خوبی در برابر ترک برداشتن گرم دارد و برای فولاد های ضخیم و کربن بالا نیز مناسب است . بهترین کیفیت جوش با این الکترود حاصل می گردد و دارای مقاومت به ضربه ی بالا یی در دمای زیر صفر درجه می باشد . جوش حاصل عاری از هرگونه مک 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 گردد و نباید آنرا خم کرد .

اضافه نمودن پودر آهن در پوشش الکترود ها چندین اثر مثبت در کار این الکترود ها دارد که مقدار آن بین ۵ تا ۵۰ درصد می تواند باشد.

به دو دلیل پودر آهن به روپوش الکترود اضافه می شود :

الف) بالا بردن نرخ رسوب . ب) بهتر کردن رفتار قوس.

در الکترودهای معمولی جریان الکتریکی فقط توسط هسته ی الکترود هدایت می شود اما در الکترود های پودر آهنی ، پوشش علاوه بر کارهای ذکر شده نقش هدایت کننده ی جریان الکتریکی را نیز دارد که در نتیجه قوس پهنتر شده و رسوب در سطح بیشتر و با نفوذ کمتری انجام می گیرد .

عبور جریان الکتریکی در پوشش الکترود اتصال کوتاه بین الکترود و کار را محدود کرده و مقدار ترشح را کاهش می دهد این اثر موجب پایداری قوس و صاف تر شدن سطح فلز جوش می شود همینطور شکل جوش پهنتر و بدون بریدگی گوشه ای یا under cut خواهد شد. برای رسیدن نرخ رسوب بالاتر مقدار پودر آهن در پوشش این نوع الکترود ها باید در حدود ۵۰ درصد باشد البته بالاتر از این مقدار تاثیر منفی بجا می گذارد ، بالا رفتن نرخ رسوب ، نتیجه ی مستقیم وجود پودر آهن در پوشش نیست بلکه امکان می دهد تا جریان بالاتری استفاده شود. آزمایش نشان داده است با بالا رفتن شدت جریان مقدار ترشح افزایش می یابد که این ترشح در الکترود های پودر آهنی به مراتب کمتر از الکترود های معمولی است .

مزایا : ۱) استحکام مکانیکی جوش بالاتر است . ۲)کمترین مقدار هیدروژن را تولید می کند . ۳) برای هر نوع ضخامت مناسب می باشد.

معایب : 1) جوشکاری با این نوع الکترود بسیار مشکل است . ۲) اکثرا با جریان مستقیم قابل جوشکارینـد. ۳) عمل جدا شدن سرباره ی آن از سطح جوش مشکل تر می باشد . ۴) بسیار جاذب رطوبت می باشد . ۵) روشن شدن مجدد قوس مشکل تر است .

خشک کردن یا باز پخت الکترود ها در کوره :

الکترودهای قلیایی یا کم هیدروژن (الکترود هایی که رقم آخر آنها ۵ ، ۶ ، ۸ می باشد) بایستی همیشه قبل از مصرف در کوره باز پخت شوند تا رطوبت آن به کمترین حد ممکن برسد که باعث ایجاد ترک هیدروژنی و مک در فلز جوش نگردد ، بعد از باز نمودن درب جعبه ی الکترود بایستی الکترود ها را داخل کوره قرار داد و بسته به توصیه ی کارخانه ی سازنده ی الکترود ، دمای کوره را بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ درجه ی سانتیگراد تنظیم نموده و به مدت ۲ تا ۳ ساعت در این دما الکترود ها

را خشک می کنیم سپس دمای کوره را روی ۷۰ تا ۱۰۰ درجه ی سانتیگراد تنظیم نموده و به اندازه ی مصرف الکترود را از داخل کوره ی اصلی خارج نموده و به داخل کوره های دستی (آون) منتقل نموده ، دمای کوره ی دستی نیز باید بین ۷۰ تا ۱۰۰ درجه ی سانتیگراد باشد . در پایان کار روزانه الکترودهای مصرف نشده بایستی مجددا به داخل کوره ی اصلی منتقل شوند سایر الکترود های مختلف نیاز به پخت ندارند فقط در صورت تماس بایستی در دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه ی سانتیگراد خشک شوند .

چون پوشش الکترودها مورد بحث است بد نیست به موضوع هیدروژن و رطوبت در مواد پوشش نیز اشاره ای شود که برای محدود کردن هیدروژن در جوش ، کنترل رطوبت در الکترود لازم می باشد ، هیدروژن از ۴ منبع ناشی می شود :

الف) رطوبت جذب شده . ب) آب موجود در مواد چسبنده . ج) تجزیه ی ترکیبات ارگانیکی که همراه با آب یا هیدروژن هستند مثل سلولز. د) آب تبلور همراه با کریستالهای مینرالها (کانی ها)

مواد تشکیل دهنده ی روپوش و تاثیر آنها

نوع سلولزی	نوع اسیدی	نوع روتیلی	نوع قلیایی
سلولز ۴۰٪ ، روتیل ۲۰٪ ، کوارتز ۲۵٪ ، فرو منگنز ۱۵٪ ، چسب وشیشه	اکسید آهن ۵۰٪ ، کوارتز ۲۰ % سنگ آهک یا (کربنات کلسیم) ۱۰٪ ، فرو منگنز ۲۰٪ ، چسب وشیشه	روتیل ۴۵٪ ، کوارتز ۲۰٪ کربنات کلسیم ۱۰٪ ، فرو منگنز ۲۰٪ ، چسب شیشه	فلور اسپار ۴۰٪ ، کربنات کلسیم ۲۰٪ ، کوارتز ۲۵٪،فرو منگنز ۱۵٪ ، چسب شیشه
اندازه ی قطرات مذاب متوسط	اندازه ی قطرات مذاب بصورت ریز و اسپری	اندازه ی قطرات مذاب متوسط تا ریز	اندارزه ی قطرات مذاب متوسط تا درشت
مقاومت به ضربه ی خوب	مقاومت به ضربه ی معمولی	مقاومت به ضربه ی خوب	مقاومت به ضربه ی بسیار عالی

شناسایی و نامگذاری الکترود های روپوش دار فولادی کربنی(مطابق با استاندارد AWS) :

در استاندارد انجمن جوشکاری آمریکا (AWS) از یک حرف E به معنی الکترود (Electrod) و یا روش ساخت (Extrosion) و یک عدد چهار رقمی یا پنج رقمی برای شناسایی الکترود استفاده می گردد .

چهار رقمی : Exxxx مانند E6013 و E7018

پنج رقمی : Exxxxx مانند E12018 و E11018

دو رقم اول از سمت چپ در الکترود های ۴ رقمی (Exxxx) و سه رقم اول از سمت چپ در الکترود های ۵ رقمی (Exxxxx) نشان دهنده ی مقاومت کششی فلز جوش ضربدر ۱۰۰۰ بر حسب واحد پوند بر اینچ مربع (PSI) می باشد مانند :

E 6013 ⟶ 60 × 1000 = 60000 PSI

E 11018 ⟶ 110 × 1000 = 110000 PSI

برای تبدیل واحد PSI به واحد Kg/mm^2 می توانیم بجای عدد ۱۰۰۰ در ۰/۷ ضرب نماییم . مانند :

E 6013 ⟶ 60 × 0.7 = 42 Kg/mm^2

این عدد به معنی آن است که اگر از فلز جوش حاصل یک مفتو ل مربع به ابعاد mm ۱ × ۱ تهیه شود بایستی به آن kg ۴۲ نیرو اعمال نمود تا آن مفتول پاره شود .

رقم دوم از سمت راست نشان دهنده ی حالت جوشکاری است .

این رقمها شامل اعداد ۱ ، ۲ و ۴ می باشد . در استاندارد جدید عدد ۴ جایگزین عدد ۳ شده است . رقم ۱ نشان دهنده ی جوشکاری در تمام حالات بجز سرازیر می باشد. رقم ۲ نشان دهنده ی جوشکاری در حالت تخت و سپری در وضعیت افقی (2F) می باشد . رقم ۴ نشان دهنده ی جوشکاری در تمام حالات با سرازیر می باشد .

نکته : حالت های جوشکاری عبارتند از : الف) تخت (F = flat) ، ب) عمودی (V = VERTICAL) شامل سربالا (V UP = VERTICAKL UP) , سرازیر (V DOWN = VERTICAL DOW) ج) افقی (H = HORIZONTAL) ، د) سقفی (OH = OVER HEAD) می باشد .

رقم اول از سمت راست نشان دهنده ی نوع روپوش الکترود و جریان برق مصرفی می باشد .

مثال هایی از انواع الکترود های روپوش دار فولاد کربنی موجود :

E 6010 , E 6011 , E 6012 , E 6013 , E 6027 , E7014 , E 7015 , E 7016 , E 7018 , E 7020 ,

رقم	نوع روپوش	جریان متناوب AC	جریان مستقیم با قطب مستقیم DCSP	جریان مستقیم با قطب معکوس DCRP
۰	سلولزی سدیم دار	_	_	+
۱	سلولزی پتاسیم دار	+	_	+
۲	روتیلی سدیم دار	_	+	_
۳	روتیلی پتاسیم دار	+	+	+
۴	روتیلی پودر آهن دار	+	+	+
۵	قلیایی سدیم دار	_	_	+
۶	قلیایی پتاسیم دار	+	_	+
۷	اکسید آهن + پودر آهن	+	+	_
۸	قلیایی+ پودر آهن	+	_	+

E 7024 , E 7028 , E 7048 , E 8010 , E 8016 , E 8018 .....

<u>شناسایی الکترود های روپوش دار فو لادی کم آلیاژ :</u>

تعریف فولاد کم آلیاژ : فولادی که مجموع عناصر آلیاژی آن کمتر از ۵ % باشد را فولاد کم آلیاژ و بیشتر از ۵ % را فولاد پر آلیاژ می نامند.

شناسایی الکترود های فولادی کم آلیاژ مشابه شناسایی الکترود های فولاد کربنی می باشد فقط یک حرف و یا یک حرف و یک عدد اضافه در انتهای شماره شناسایی وجود دارد . مانند : E xxxx-x یا E xxxx-xx

الکترود فولاد کربنی مولیبدن دار	E xxxx-AL
الکترود فولاد کربنی مولیبدن دار (حرف L به معنی درصد کربن بسیار پایین می باشد)	E xxxx-B_1 , E xxxx-B_2 , E xxxx-B_2L E xxxx-B_3 , E xxxx-B_4L , E xxxx-B_5
الکترود فولاد کربنی نیکل دار	E xxxx-C_1 , E xxxx-C_2 , E xxxx-C_3
الکترود فولاد کربنی منگنز و مولیبدن دار	E xxxx-D_1 , E xxxx-D_2
الکترود مخصوص صنایع نظامی	E xxxx-M , E xxxxx-M
سایر الکترود های کم آلیاژی که دارای حداقل ۱ % منگنز و درصدهای مختلفی از نیکل ، کرم ، مولیبدن و وانادیوم باشد.	E xxxx-G

شناسایی و نامگذاری الکترود های روپوش دار فولادی زنگ نزن(مطابق با استاندارد AWS) :

در این استاندارد از یک حرف E به معنی الکترود و یک عدد سه رقمی که معمولا نشان دهنده ی نوع فولاد زنگ نزن طبق استاندارد AISI (انجمن آهن و فولاد آمریکا) می باشد و همچنین بعد از خط تیره دو رقم (عدد) می آید که نشان دهنده ی نوع الکترود زنگ نزن از نظر روپوش می باشد.

E XXX – XX

سه رقم اول می تواند ۲۰۰ ، ۳۰۰ ، ۴۰۰ و یا ۵۰۰ باشد که مثلا اگر ۳۰۰ باشد نشان دهنده ی فولاد زنگ نزن آستنیتی می باشد و یا ۴۰۰ نشان دهنده ی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی می باشد . و اما دو رقم بعد از خط تیره می توانند اعداد ۱۵ ، ۱۶ و یا ۱۷ باشند که عبارتند از :

عدد ۱۵ نشان دهنده ی الکترود با روپوش آهکی (قلیایی) می باشد که برای جوشکاری با جریان مستقیم و قطب معکوس بکار می رود . عدد ۱۶ یعنی الکترود دارای روپوش روتیلی بوده و برای جوشکاری با جریان متناوب یا جریان مستقیم با قطب معکوس بکار می رود ، این الکترود ها جوشکار پسند می باشند یعنی جوشکاری آنها آسان می باشد. عدد ۱۷ نیز نشان دهنده ی الکترودی با مشخصات روتیلی- آهکی می باشد.

تاثیر مخرب هیدروژن در جوشکاری :

هیدروژن بصورت اتمی دارای شعاع بسیار کوچکی بوده و براحتی می تواند به داخل فلزات نفوذ کند که اتمهای هیدروژنی را بوجود می آورند . وقتی هیدروژن از حالت اتمی به حالت مولکولی تبدیل می شود ، شعاع مولکولی آن افزایش یافته و فشار بسیار بالایی را تولید می نماید .در مخازن ذخیره ی مواد نفتی در اثر فعل و انفعالات شیمیایی ، هیدروژن بصورت اتمی آزاد شده و به داخل فلز نفوذ می نمایند ، تجمع اتمهای هیدروژن در جداره با تاول زدن دیواره همراه می باشد . در جوشکاری تاثیر هیدروژن بصورت مک و ترک ظاهر می شود که به آن ترکها ، ترک هیدروژنی یا ترک سرد (ترک تاخیری) گفته می شود .

برای ایجاد ترک هیدروژنی باید ۳ عامل وجود داشته باشد :

الف) وجود هیدروژن . ب) ساختار سخت (مارتنزیت). د) تنش کششی .

هیدروژن : هیدروژن می تواند از طریق رطوبت روکش الکترود ، چربی ها ، رطوبت موجود در هوا ، زنگ زدگی سطح فلز و طول قوس بلند وارد حوضچه ی جوش شود .

ساختار سخت : فولاد هایی که قابلیت سخت شدن دارند مانند فولاد های با کربن بالا و یا فولاد های کم آلیاژی در اثر سریع سرد و گرم شدن ناشی از عمل جوشکاری ، نواحی اطراف فلز جوش ساختار سخت مارتنزیتی تشکیل می گردد .

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 کششی در فلز باقی می ماند که باعث ایجاد تنش کششی می گردد .
حضور سه عامل قید شده می تواند باعث بروز ترک هیدروژنی شود . این نوع ترک در جوشکاری معمولا در مجاورت فلز جوش یا فلز پایه ایجاد می گردد. این ترک معمولا چند روز پس از اتمام جوشکاری ایجاد می شود و دلیل آن حرکت اتمهای سرگردان هیدروژن داخل فلز و تجمع آن داخل عیوب میکروسکپی و تشکیل مولکول هیدروژن و در نهایت فشار بیشتر و ایجاد ترک می گردد .

راه های جلوگیری از ایجاد ترک هیدروژنی :
چنانچه یکی از سه عامل را حذف نماییم ترک ایجاد نمی گردد. عامل رطوبت را می توان با خشک نمودن الکترود در کوره و یا تمیز نمودن سطح فلز با مواد چربی بر مناسب برطرف نمود. ساختار سخت را می توان با پیشگرم کردن فلز قبل از جوشکاری برطرف نمود . عامل تنش کششی را می توان با کوبیدن (ضربه زدن) روی پاسهای جوش و یا استفاده از تکنیکهای جوشکاری بصورت یک گام به عقب و کم کردن درجه مهار قطعات جوشکاری برطرف نمود.
دلیل استفاده از الکترود های قلیایی در جوشکاری فولادهای حساس به ترک هیدروژنی ، کم کردن مقدار هیدروژن در مواد روپوش این الکترود ها می باشد که طریقه ی مصرف آنها ذکر شده است .
در مواقعی که احتمال ترک هیدروژنی وجود دارد استفاده از الکترود سلولزی و روتیلی توصیه نمی گردد چون در روکش این نوع الکترود ها مقادیر زیادی ترکیبات هیدروژنی وجود دارد . برای جوشکاری پاس نفوذی وقتی الکترود سلولزی را نتوان بکار برد از روش جوشکاری TIG استفاده می گردد که جوشی کم عیب ایجاد می کند .

<u>عیوب جوش :</u>

در جوشکاری رعایت نکردن بعضی اصول منجر به پیدایش یکسری عیوب می گردد ، به هر عاملی که باعث کاهش استحکام قطعه گردد عیب یا discontinuity اطلاق می گردد .
Defect = عیب ← این عیب قابل گذشت از نظر استاندارد نیست مثل ترک و سوختگی کنار جوش.
Flow = عیب ← این عیب قابل گذشت از نظر استاندارد است مثل پروسیتی کم .

در کل عیوب بر سه نوع هستند :

۱) از نظر طراحی . ۲) از نظر فرآیند جوشکاری . ۳) از نظر متالورژیکی .

انواع عیوبی که در جوشکاری ایجاد می شوند عبارتند از :

۱ – لکه قوس (Arc stricke) : به محل اثر برقراری قوس که خارج از محیط درز اتصال در برخورد نوک الکترود با سطح کار بوجود می آید ، لکه قوس می گویند . این عیب ممکن است در اثر قرار دادن انبر معیوب روی سطح کار و یا در اثر شل بودن انبر اتصال ایجاد گردد . در فولاد های سختی پذیر ، لکه ی قوس باعث ایجاد ساختار سخت و ترک در سطح قطعه می شود که به مرور زمان این ترکها رشد کرده و باعث شکست سازه می گردد. همچنین لکه ی قوس می تواند باعث کاهش استحکام خستگی فلز و استحکام خمشی فولاد گردد .

۲ – گرده ی جوش بیش از حد (Excessing forme) : جوشکاری با سرعت پیشروی کم در پاس نهایی باعث افزایش ارتفاع گرده ی جوش می گردد . گرده ی جوش با ارتفاع زیاد باعث تمرکز تنش شده و خطر شکست را افزایش می دهد . همچنین در بارهای سیکلی و تناوبی ، گرده ی جوش زیاد باعث کاهش عمر مفید و استحکام سازه می گردد ، در ضمن گرده ی جوش بیش از حد از نظر زمان و مواد مصرفی نیز به صرفه نیست .

۳ - نفوذ زیاد : علت نفوذ زیاد ، سرعت جوشکاری کم در پاس ریشه ، آمپر زیاد و یا تغذیه ی سیم جوش زیاد در پاس ریشه (جوشکاری Tig) می باشد. تاثیر نفوذ اضافی مانند تاثیر گرده ی زیاد جوش می باشد . نفوذ زیاد در داخل لوله هایی که سیال با سرعت زیاد جریان دارد باعث ایجاد اغتشاش در مسیر حرکت شده و جریانهای گردابی را ایجاد می نماید و باعث تشدید خوردگی در مجاورت نفوذ با فلز پایه با سرعت خوردگی چند برابر حد معمولی می گردد .

۴ – عدم نفوذ (LOP) : علت عدم نفوذ ،کم بودن زاویه ی اتصال ، زیاد بودن پاشنه ی اتصال و کم بودن فاصله ی بین دو قطعه و سرعت جوشکاری زیاد و آمپر کم می باشد .

۵ – شره نمودن فلز جوش : ایجاد حوضچه ی مذاب بزرگ به هنگام جوشکاری در وضعیت افقی و یا در بالا و یا پایین لوله در وضعیت ۴۵ درجه می تواند باعث شره نمودن فلز جوش به سمت پایین شود .

۶ – عدم ذوب دیواره ی اتصال (LOF) یا (Lock of fusion) : چنانچه بین جوش و دیواره ی اتصال عمل ذوب صورت نگیرد به آن عیب عدم ذوب دیواره گفته می شود که علت آن می تواند عوامل زیر باشد : ۱) استفاده از آمپر کم . ۲) سرعت جوشکاری زیاد . ۳) ضخیم بودن قطعات . ۴) قطر کم الکترود . ۵) نامناسب بودن زاویه ی الکترود . عدم ذوب همچنین می تواند بین پاسهای مختلف نیز ایجاد شود . عدم ذوب در پاس ریشه نیز ممکن است بوقوع بپیوندد (L.O.R.F) و علت آن می تواند الف) یکسان نبودن ریشه ی اتصال (Root Face) . ب) نامناسب بودن زاویه ی الکترود و ج) ناقص سوختن الکترود باشد .

۷ – سوختگی نفوذ جوش (Burn Throgh) : مکث زیاد به هنگام جوشکاری و یا استفاده از آمپر بالا در پاس ریشه موجب سوختن فلز در نفوذ جوش می گردد و باعث ایجاد مخروط های تو خالی سیاه رنگ در پشت قطعه می گردد .

۸ – خوردگی در کنار جوش (Under Cut) : جوشکاری با آمپر بالا و طول قوس بلند و عدم مکس در کناره های درز اتصال باعث ایجاد خوردگی کنار جوش می گردد . این عیب اگر بصورت شیار نوک تیز ایجاد شود می تواند خیلی خطرناک باشد و باعث شکست سازه گردد .

۹ – آخالهای فلزی (مانند آخالهای تنگستنی و مسی) (Meltel inclusion) : در اثر برخورد الکترود تنگستن با حوضچه ی جوش ، قسمتی از الکترود ذوب شده و وارد حوضچه ی جوش می گردد و در رادیوگرافی بصورت نقاط بسیار روشن دیده می شود . در جوشکاری میگ/ مگ یا زیر پودری در اثر برخورد نازل مسی با حوضچه ی جوش ، نازل مسی ذوب شده و وارد حوضچه ی جوش می شود . بخاطر عدم امتزاج فلز مس و تنگستن با فلز جوش عیوب مختلفی نظیر ترک و عدم چسبندگی ایجاد می گردد .

۱۰ – بالا و پایین بودن لبه های اتصال (Misaligment or high-low) : در اتصال لب به لب قطعاتی که طولشان زیاد است در صورت عدم هم ترازی ، لبه ها در یک امتداد قرار نمی گیرند و یا در هنگام حمل و نقل لوله ها در اثر ضربه و یا فشار ، مقطع لوله از حالت دایره خارج شده و باصطلاح دو پهن می گردد . وقتی این لوله ها برای جوشکاری کنار هم قرار می گیرند ، لبه های اتصال بصورت بالا و پایین قرار می گیرد که به آن عیب high-low گفته می شود .

۱۱ – عدم پر شدن درز اتصال (Lack of fill) : چنانچه سطح فلز جوش از لبه های اتصال پایین تر باشد به آن عیب عدم پر شدن اتصال گفته می شود ، این عیب را می توان با جوشکاری روی آن قسمت برطرف نمود .

12 – تقعر پاس ریشه (Root Concavity) : جوشکاری با آمپر بالا در پاس نفوذی و یا بخاطر فاصله ی زیاد بین لبه های اتصال درز جوشکاری سقفی باعث ایجاد فرو رفتگی در سطح فلز جوش پاس نفوذی می گردد که به آن تقعر پاس ریشه گفته می شود .

۱۳ – سر رفتگی جوش یا روی هم افتادگی سرد گرده ی جوش (Over lapping) : چنانچه مذاب باعث ذوب سطح فلز پایه نگردد به آن سررفتگی جوش گفته می شود که معمولا علت آن در جوشکاری گوشه ای ، ایجاد حوضچه ی جوش بزرگ می باشد و یا در جوشکاری لوله در وضعیت 6G این عیب در قسمت بالا و پایین لوله دیده می شود . سرعت خیلی کم جوشکاری ، زاویه نامناسب الکترود و قطر بالای الکترود نسبت به آمپر مصرفی نیز از عوامل بوجود آمدن آن می باشند .

۱۴ - چاله ی انتهایی جوش (Crater pipe) : در انتهای جوش چنانچه الکترود را سریعا از حوضچه ی مذاب دور نماییم ، چاله ی جوش بوجود می آید که سطح آن از گرده ی جوش پایین تر بوده و با یک حفره ی توخالی همراه می باشد . در بعضی مواقع در چاله ی جوش ترک هایی نیز مشاهده می گردد که ترک چاله ی جوش یا ترک ستاره ای نامیده می شود (Crater Crack) ، برای جلوگیری از ایجاد این عیب قبل از خاتمه ی جوشکاری باید الکترود را 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 قطع نمود. در جوشکاری ورقها می توان یک ورق اضافه ی کوچک به انتهای درز اتصال وصل نموده و عمل جوشکاری را روی آن خاتمه داد .

15- سوراخهای تونلی شکل (Hollow Bead) : این عیب بخاطر حبس مقادیر زیادی گاز در فلز جوش ایجاد می شود و معمولا در پاس نفوذی دیده می شود و علت آن مرطوب بودن الکترود ، کثیف بودن سطوح کار و زود سرد شدن فلز جوش می باشد بطوری که گاز ها فرصت خروج از مذاب را پیدا ننمایند .

16 – ترک (Crack) : ازخطرناکترین عیوب جوشکاری ترکها می باشد که در اثر اعمال نیرو ترک رشد نموده و باعث انهدام سازه می گردد . ترکها به دو قسمت تقسیم می گردند : الف) ترک گرم . ب) ترک سرد . علت ترک گرم وجود ناخالصی هایی نظیر گوگرد و فسفر در فلز جوش یا فلز پایه می باشد و این ترک در وسط فلز جوش ایجاد می گردد . ترک سرد (ترک تاخیری یا ترک هیدروژنی) در اثر ورود هیدروژن به فلز جوش ایجاد می شود . ترکها در جوش بصورت طولی ، عرضی و یا ستاره ا ی دیده می شوند . این عیب از مهمترین و خطرناکترین عیوب جوش می باشد که در تمام استانداردها و حتی در کوچکترین اندازه ها مردود می باشد.

۱۷ – پاشش جرقه (Spatter) : پاشش جرقه ی زیاد می تواند دلیل استفاده کردن از الکترود های مرطوب ، انتخاب قطبیت نادرست و یا آمپر بالا باشد . علاوه بر اینکه جرقه ها به سطح فلز چسبیده و ظاهر جوش را بد جلوه می دهد در سطح فلز یعنی در جایی که جرقه چسبیده ، به دلیل گرم و سرد شدن ناگهانی ، ترکهایی ایجاد می گردد .

۱۸ – حبس سرباره (Slag Inclosion) : عدم تمیز کاری مناسب بین پاسها باعث حبث سرباره در فلز جوش می گردد . در پاسهای نفوذی که با الکترود سلولزی انجام شده ، بعلت عدم سنگ کاری گرده ی جوش ، حبث گل جوش بصورت دو خط موازی در دیواره مشاهده می گردد که در رادیوگرافی این عیب را Vagon track می نامند.

۱۹ – اکسید شدن ریشه ی جوش : در جوشکاری پاس نفوذی فلزاتی که به اکسیژن حساس می باشند ، اگر از پشت قطعه عمل دمیدن گاز (Purging) صورت نگیرد نفوذ جوش بشدت اکسید می شود . این عیب در جوشکاری Tig فولادهای زنگ نزن بیشتر دیده می شود .

۲۰ – مک و تخلخل : چنانچه گازهای حاصل از سوختن روپوش الکترود وارد فلز مذاب شده و مذاب سریع سرد شود ، گازها فرصت خروج پیدا ننموده و در فلز جوش باعث ایجاد حفره های گاز (تخلخل) می گردد .

موارد ذیل می تواند باعث ایجاد مک و تخلخل در جوش شود :

جوشکاری در وزش باد ، جوشکاری با طول قوس بلند ، استفاده از الکترود مرطوب ، کثیف بودن سطح فلز به چربی و رنگ و رطوبت ، مک و تخلخل در محل تعویض بصورت متمرکز در طول مسیر جوشکاری دیده می شود و علت آن عدم محافظت مناسب روپوش در لحظه ی شروع قوس می باشد . 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 می شود .

<u>عملیات حراتی :</u>

به مجموعه ای از گرم و سرد کردن های قطعات فلزی در محدوده های فاز جامد که به منظور ایجاد یک یا چند ویژگی در فلز انجام شود ، عملیات حرارتی گفته می شود .

مزایای عملیات حرارتی روی فولاد :
بهبود انعطاف پذیری ، افزایش مقاومت به ضربه ، افزایش قابلیت ماشین کاری ، افزایش استحکام کششی ، افزایش سختی و در نتیجه افزایش مقاومت سایشی ، افزایش مقاومت خوردگی و حذف تنش در فلز می باشد

انواعی از عملیات حرارتی مهم :
۱) نرمال کردن : عبارت است گرم کردن و نگهداری فولاد در دمای حدود ۹۷۰ تا ۱۰۰۰ درجه ی سانتیگراد و سپس سرد نمودن آن در هوای آزاد . در اثر این عملیات ، سرد کاری فولاد پدید می آید که با سختی بیشتر و انعطاف پذیری کمتر همراه است .

۲) آنیل کردن : که عبارتست از نگه داشتن فولاد در دمای بین ۷۰۰ تا ۷۵۰ درجه ی سانتیگراد و سپس آهسته سرد نمودن آن در کوره که بستگی به ضخامت و درصد عناثر آلیاژی دارد .

۳) کوئنچ کردن : که سرد شدن ناگهانی است و به آن آب کاری هم گفته می شود ، مانند فرو بردن فولاد در آب سرد که موجب پدید آمدن فولاد مارتنزیتی می شود که ساختاری سخت و شکننده دارد .

نکته : در خصوص فولادها می توان گفت که هرچه سرعت سرد شدن و درصد کربن موجود در فولاد بیشتر باشد ، فولاد سخت تر ، شکننده تر و دارای انعطاف پذیری کمتر خواهد بود .

<u>HAZ یا منطقه ی حرارت دیده (منطقه ی متاثر از حرارت) :</u>

منطقه ی مجاور جوش را که تحت تاثیر مستقیم و غیر مستقیم حرارت ناشی از جوشکاری (حوضچه ی مذاب) است را منطقه ی حرارت دیده گویند . فولاد در این منطقه به دلیل مجاورت با موضع جوش حرارت بالایی را جذب کرده و آستنیته می شود . این منطقه در فاصله ی دمایی ۱۵۳۶ تا ۹۱۰ درجه ی سانتیگراد می باشد .

ضخامت فلز (mm)	اندازه ی گرده ی جوش

اندازه ی گرده جوش برای فلزات مسطح :

تا ۱۲	1. 5
12 _ 25	2. 4
25 _ 50	3
50 به بالا	4

برای فلزات با ضخامت زیاد ارتفاع جوش (گرده ی جوش) نباید از 4 mm افزایش پیدا کند ، زیرا اگر افزایش پیدا کند : ۱ - در گوشه ها تنش بوجود می آید .
۲ - الکترود اضافی مصرف شده که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد. ۳ – منطقه ی HAZ حرارت زیادی دیده و سخت و شکننده تر می شود .

پیچیدگی در قطعات جوشکاری شده Distorsion :

در اثر حرارت حاصل از جوشکاری و انقباض و انبساط های بوجود آمده ، قطعه تغییر شکل می دهد که به این تغییر شکل ، پیچیدگی یا اعوجاج گویند که مقدار آن بستگی به میزان انبساط پذیری (جنس قطعه) و همچنین ضخامت قطعه دارد .
تنش پسماند : قطعاتی که از طریق آهنگری ، ماشینکاری ، برشکاری ، ریخته گری و جوشکاری تولید می شوند ، تنشهایی در آنها ایجاد می شود که به تنش پسماند معروف می باشد .
در صورتی که در هنگام جوشکاری به اینگونه تنش ها دقت نکنیم ، قطعه پس از جوشکاری یا پیچیده می شود و یا اگر نتواند بپیچد ، ترک برمی دارد.

راههای جلوگیری از پیچیدگی در قطعات :
۱ – پیشگرم کردن Preheating ۲ – پسگرم کردن Post heating ۳ – جوشکاری بصورت منقطع ۴ – استفاده از قید و بند و گیره ۵ – کنترل حرارت بین پاسی interpass ۶ – چکش کاری قطعات بعد از جوشکاری ۷ – استفاده از پخ لاله ای بجای پخ جناقی ۸ – پیش نشاندن (زاویه دادن) و . . . .

آزمایشات جوش :

انواع آزمایشات : ۱- آزمایشات مخرب (DT). ۲- آزمایشات غیر مخرب (NDT) .

آزمایشات مخرب :
بعد از انجام اینگونه تست بر روی جوش همانگونه که از اسم آن مشخص می باشد ، فلز جوش آسیب می بیند . هدف از انجام اینگونه آزمایش ، تعیین و مشخص کردن خواص مکانیکی قطعه مانند استحکام کششی ، سختی ، نرمی ، ضربه و

غیره می باشد که انواع آنها عبارتند از :
تست خمش ، تست کشش ، تست پیچش ، تست شکست ، تست ضربه ، متالوگرافی و غیره می باشد . اصولا انجام اینگونه از آزمایشات احتیاج به آزمایشگاه و تجهیزات ویژه ای دارد .

آزمایشات غیر مخرب :
بعد از انجام اینگونه تست بر روی جوش همانگونه که از اسم آن مشخص می باشد ، به فلز جوش آسیبی وارد نمی شود . هدف از انجام اینگونه آزمایش ، مشخص کردن انواع عیوب جوش می باشد که انواعی از آن عبارتند از :

۱- تست چشمی (بازرسی چشمی یا عینی) (VT) : در این روش سطح جوش با استفاده از ابزارهای ساده ای با چشم مورد بازرسی قرار می گیرد و تنها می توان عیوبی که سطحی هستند را شناسایی کرد . این روش اولین بازرسی ای است که باید بر روی جوش انجام گیرد و از جمله بازرسی های کم هزینه می باشد.

۲ – تست مایعات نافذ (PT) : در این روش با استفاده از سه نوع اسپری (نفوذکننده ، تمیز کننده ، ظاهرکننده) می توان عیوب سطحی و عیوبی که به سطح راه دارند را شناسایی کرد .

۳ – بازرسی به روش ذرات مغناطیسی (MT) : در این روش با استفاده از مغناطیس کردن موضعی و با استفاده از پودر و یا محلول ذرات آهن ، می توان عیوب سطحی و زیر سطحی جوش را شناسایی کرد . این روش تنها برای قطعات آهنی که می توانند مغناطیسی شوند ، استفاده می گردد.

۴ – بازرسی با استفاده از امواج ماوراء صوت (التراسونیک) (UT) : در این روش بازرسی با استفاده از ارسال امواج صوتی (در حد چندین KHz) به داخل قطعه و بررسی و تجزیه و تحلیل بازگشت صوت با استفاده از دستگاه های خاصی می توان اکثر عیوب جوش را چه در سطح قطعه و چه در داخل قطعه تشخیص داد .

۵ – تست رادیوگرافی (RT) : در این روش بازرسی با استفاده از بعضی از اشعه ها (ایکس و گاما) از جوش عکس گرفته می شود و پس از ظاهر کردن فیلم رادیوگرافی می توان انواع عیوب سطحی و داخلی قطعه را شناسایی کرد . این روش یک تست پر هزینه ای می باشد ولی مدارک بدست آمده ازآنرا می توان بصورت یک سند نگه داری کرد .

<u>جوشکاری گاز OFW (Oxygen-Fuel Welding) - OAW (Oxy-Acetylen Welding) :</u>

جوشکاری گاز یکی از روشهای قدیمی جوشکاری بوده که بخاطر خصوصیات منحصر به فرد خود ، هنوز در صنعت دارای کاربردهای وسیعی می باشد.
جوشکاری گاز به هر نوع احتراق گاز سوختنی با اکسیژن که بعنوان یک منبع گرمایی برای جوشکاری باشد اطلاق می شود. در این روش با استفاده از شعله ی حاصل از سوختن گاز سوختنی با اکسیژن که در سر مشعل ایجاد می شود جهت ذوب فلز پایه و سیم جوش استفاده می گردد. در این روش گاز سوختنی با اکسیژن با نسبت مناسب وارد محفظه ی اختلاط مشعل شده و پس از مخلوط شدن از سر نازل مشعل خارج شده و محترق می شود.

حرارت حاصل از سوختن گازها در صنعت دارای کاربردهای گوناگونی می باشد که عبارتند:

۱- جوشکاری ۲- لحیم کاری سخت و نرم ۳- برشکاری ۴- شیارزنی ۵- صافکاری ۶- پیشگرم کردن ۷- تمیزکاری سطوح ۸- فلز پاشی ۹- سخت کاری

مزایای جوشکاری گاز:

۱- تجهیزات آن ساده و ارزان قیمت می باشد.

۲- قابل حمل و نقل می باشد.

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

۴- امکان لحیم کاری سخت و نرم وجود دارد.

5- درجه ی رقت آن کم می باشد (Dilllution) .

معایب جوشکاری گاز:

۱- سرعت جوشکاری کم است.

۲- حرارت ورودی به قطعه کار بالا می باشد.

۳- جوشکاری ورقهای ضخیم بجز در کارهای تعمیراتی مقرون به صرفه نیست.

۴- خطر پس زدن شعله و امکان انفجار وجود دارد.

۵- همه نوع فلزی را نمی توان با این روش جوشکاری نمود.

گازهای مورد استفاده در جوشکاری گاز :

گازهای مصرفی به دو دسته تقسیم می شوند : ۱- گاز سوختنی ۲- گاز عامل اشتعال (اکسیژن)

گازهای سوختنی :

گازهای سوختنی که برای جوشکاری مورد استافاده قرار می گیرد ، باید دارای خصوصیات زیر باشد :

۱- دمای شعله ی حاصل بالا باشد.

۲- سرعت احتراق زیاد باشد.

۳- انرژی حرارتی بالایی تولید نماید.

۴- دارای کمترین اثر مخرب بر روی جوش باشد.

۵- تهیه ی آن ساده و ارزان باشد.

در بین گازهای موجود ، گاز استیلن دارای همه ی خصوصیات ذکر شده می باشد و بیشتر در جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد. گازهای دیگری نظیر پروپان ، بوتان ، متان و غیره وجود دارند ولی سرعت احتراق آنها پایین می باشد.

<u>گاز استیلن</u> C_2H_2 :

گاز استیلن یک گاز گاز هیدروکربنی می باشد که درصد وزنی کربن آن بیشتر از گازهای دیگر هیدروکربنی است . این گاز بدون رنگ و سبکتر از هوا بوده و دارای بوی نامطبوعی می باشد . بدبو بودن آن بخاطر ناخالصی هایی نظیر سولفور

هیدروژن و فسفر هیدروژن می باشد . گاز استیلن را از تماس آب بر روی سنگ کاربید به دست می آید .

طرز تهیه ی کاربید کلسیم (سنگ کاربید) C_2Ca :

کاربید کلسیم با نام تجاری سنگ کاربید ، ماده ی اولیه ی تولید گاز استیلن برای مصارف جوشکاری و برشکاری محسوب می شود. این ماده را از ترکیب کک (C) با اکسید آهک (CaO) تولید می نمایند . عمل ترکیب این مواد در کوره های قوس الکتریکی ویژه ای در دمای ۳۰۰۰ درجه ی سانتیگراد صورت می گیرد . فعل و انفعال شیمیایی حاصل بصورت زیر می باشد:

$$3C + CaO \longrightarrow CaO + 3CO \quad \text{حرارت}$$

در پایان واکنش ، کاربید کلسیم بصورت مذاب به داخل بوته های ویژه ریخته می شود و پس از سرد شدن ، آنرا آسیاب نموده و در اندازه های مختلف در شبکه های آب بندی شده ، به بازار عرضه می شود.

کاربید کلسیم به شدت جاذب آب است و به محض رسیدن مختصری رطوبت به آن ، گاز استیلن متساعد می شود . حتی رطوبت هوا هم با کاربید کلسیم ، گاز استیلن تولید می نماید . بنابراین کاربید کلسیم را همیشه در ظروف در بسته و در جای خشک نگه داری می کنند . هر کیلوگرم سنگ کاربید در صورت خالص بودن ۳۵۰ لیتر گاز استیلن تولید می نماید ولی بخاطر همراه بودن با بعضی ناخالصی ها ، این مقدار تا ۲۵۰ لیتر کاهش می یابد.

تولید گاز استیلن :

از تماس سنگ کاربید با آب ، گاز استیلن متصاعد می شود ، واکنش شیمیایی حاصل یک فعل و انفعال گرمازا می باشد . بطوریکه از هر کیلوگرم کاربید کلسیم ۴۰۰ کیلو کالری گرما تولید می شود.

$$C_2Ca + 2H_2O \Rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2 + 400\ Kcal$$

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 رگولاتورها و لوله های انتقال از ۱ بار بالاتر نرود.

<u>گاز عامل اشتعال (اکسیژن) :</u>

همه ی مواد برای سوختن نیاز به گاز اکسیژن دارند بطوریکه بدون اکسیژن هیچ عمل سوختنی انجام نمی شود . در هوای اتمسفر ۲۱٪ حجمی اکسیژن وجود دارد . گاز اکسیژن را بصورت خالص برای مصارف جوشکاری و برشکاری مورد استفاده قرار می دهند .

طرز تهیه ی اکسیژن :

ابتدا هوا را از صافی های ویژه عبور داده تا گرد و غبار ، چربی و بخار آب آن گرفته شود .

پس مراحل ذیل بطور متوالی انجام می گیرد .

۱ - هوا بوسیله کمپرسور تا فشار ۲۰۰ بار تحت فشار قرار می گیرد .

۲ - هوای متراکم شده از داخل کویلهایی عبور نموده و باعث سرمازایی و در نتیجه تبدیل هوای متراکم به مایع می گردد (

مانند سیستم سرماساز در یخچال) . در این حالت فشار گاز افت نموده و به 4 bar کاهش می یابد و دمای هوای مایع به - 200 درجه ی سانتیگراد می رسد.

۳ - هوای مایع را مجددا حرارت داده و در 196- درجه ی سانتیگراد گاز نیتروژن جدا شده و در 183- درجه ی سانتیگراد گاز اکسیژن تبخیر و جدا می گردد . گاز اکسیژن خالص را در داخل کپسولها بصورت فشرده یا بصورت مایع در داخل کپسولهای مخصوص به بازار عرضه می کنند.

کپسولهای ذخیره ی گاز :

کپسول اکسیژن :

چون اکسیژن با فشار بالایی در داخل کپسول ذخیره می گردد ، لذا برای ساخت کپسول اکسیژن از فولادی با استحکام 80 کیلوگرم بر میلیمتر مربع استفاده می گردد . این کپسولها از طریق اکستروژن تهیه شده و بدون درز می باشد . ضخامت دیواره ی کپسول در حدود ۸ تا ۹ میلیمتر و ارتفاع آن ۱۸۰۰ میلیمتر می باشد . وزن خالی کپسول ۷۵ کیلوگرم و گنجایش آن معادل ۴۰ لیتر آب می باشد (البته کپسولهای با ظرفیت بیشتر و کمتر نیز وجود دارد) در قسمت پایین کپسول یک حلقه ی تبدیل دایره به مربع وجود دارد که برای جلوگیری از غلطیدن کپسول در حالت خوابیده می باشد . کپسولهای اکسیژن را معمولا تا فشار 150 bar پر می کنند.

برای محاسبه ی حجم گاز موجود در کپسول ، می توان فشار کپسول را در حجم کپسول ضرب نمود :

$$150 \times 40 = 6000 \text{ Lit} = 6 \text{ m}^3$$

کپسول استیلن :

کپسول اکسیژن از ورق فولادی و بروش جوشکاری ساخته می شود.بخاطر فشار کمترگاز استیلن (15 bar) ضخامت جداره ی کپسول در حدود ۴ تا ۵ میلیمتر می باشد. 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 مایع استن حل می نمایند . مایع استن می تواند تا ۲۵ برابر حجم خود گاز استیلن را در خود حل نماید ، برای توزیع یکنواخت مایع استن درداخل کپسول و انحلال بهتر گاز استیلن ، داخل کپسول از مواد اسفنجی شکل پرشده است. درصد تخلخل این مواد در حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد می باشد . کپسول گاز استیلن باید همیشه بصورت ایستاده مورد استفاده قرار گیرد تا مایع استن از داخل کپسول خارج نگردد .

محاسبه ی حجم کپسول استیلن در حالت پر : $V = 16 \times 25 \times 15 = 6000 \text{ Litr}$

حجم گاز باقیمانده ی کپسول استیلن را نمی توان دقیقا محاسبه نمود چون گاز بصورت حل شده در داخل کپسول می باشد . بصورت تقریبی می توان حجم کپسول را در فشار و عدد ثابت ۱۰ ضرب نمود و مقدار گاز را محاسبه نمود .

برای مثال : ظرفیت کپسول ۴۰ لیتر، فشار باقیمانده 8 bar

$8 \times 10 \times 40 = 3200 \text{ Litr}$ حجم گاز موجود

حمل و نقل کپسولها :

کپسولها را باید همیشه با احتیاط حمل و نقل نمود و نکات ذیل را درنظر داشت .

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

۲ - از وارد شدن شوک یا ضربه به کپسول خودداری شود.

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

۴ - برای حمل کپسولها در مسیر طولانی از گاریهایی استفاده نمایید که مجهز به بست یا زنجیر برای نگهداری کپسول باشد.

۵ - از حمل و نقل کپسول توسط زنجیر خودداری شود .

۶ - از انتقال سیلندرهایی که دارای نشتی گاز می باشند خودداری شود .

نگهداری و انبار کردن کپسولها :

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

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

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

۴ - برای اطمینان از نشت نکردن اتصالات ، از کف صابون استفاده گردد .

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

۶ - کپسول پر و خالی را بصورت مجزا از هم نگه دارید و با تابلو محل آنرا مشخص نمایید .

۷ - هیچگاه شیر و اتصالات کپسولها مخصوصا کپسول اکسیژن را به روغن و گریس آلوده ننمایید زیرا که امکان انفجار وجود دارد .

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

۹ - از بکار بردن اتصالات مسی در مسیر گاز استیلن بعنوآنرابط جدا خودداری نمایید .

<u>رگلاتورهای فشار شکن :</u>

فشار گاز در داخل کپسولها بسیار بالا می باشد و نمی توان 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 می شود. رگلاتور علاوه بر کاهش فشار گاز ، میزان فشار گاز را در هنگام کار ثابت نگهداشته و از نواسانات آن جلوگیری می نماید . با کاهش فشار کپسول در هنگام مصرف ، فشار خروجی رگلاتور ثابت می ماند .

توسط اهرمی که در رگلاتور وجود دارد ، می توان فشار خروجی گاز را بسته به نوع کار تنظیم نمود. رگلاتورها دارای دارای دو فشار سنج می باشند که فشارسنج سمت چپ ، فشار داخل کپسول را نشان داده و فشار سنج سمت راست فشار خروجی تنظیم شده را نشان می دهد .

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

هنگام بستن رگلاتور به کپسول از سالم بودن واشر رگلاتور اطمینان حاصل نمایید و برای باز و بستن مهره ی رگلاتور از آچار تخت مناسب استفاده گردد . پس از بستن رگلاتور به کپسول و قبل از باز نمودن شیر کپسول اهرم تنظیم فشار گاز را به سمت چپ چرخانده تا مسیر ورود گاز به محفظه ی تقلیل فشار مسدود شود در غیر این صورت احتمال پاره شدن صفحه ی لاستیکی دیافراگم وجود دارد .

<u>مشعل جوشکاری :</u>

وضیفه ی مشعل جوشکاری این است که گاز اکسیژن و گاز سوختنی را به میزان معینی با هم مخلوط نموده و آنرا با سرعتی بیشتر از سرعت احترق گاز از سر مشعل خارج سازد .

مشعل جوشکاری از قسمتهای زیر تشکیل شده است :

۱ – شیرهای اکسیژن و استیلن . ۲ – دسته ی مشعل ۳ – لوله ی اختلاط ۴ – نازل

دو نوع مشعل جوشکاری وجود دارد ، نوع اول مشعل های انژکتوری یا فشار ضعیف و نوع دوم مشعل فشار مساوی یا فشار مساوی می با شد.

مشعل انژکتوری :

انژکتور در قسمت وسط دارای سوراخ ریزی می باشد که از آن گاز اکسیژن با فشار ۲/۵ تا ۳ بار خارج می شود 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 ی اختلاط می کشد و پس از اختلاط گاز اکسیژن و استیلن در محفظه ی اختلاط از سر نازل برای اختلاط خارج می شود .

مشعل فشار قوی یا فشار مساوی :

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

نازل مشعل (سر پیک) :

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

شعله ی جوشکاری اکسی استیلن :

از شعله ی اکسی استیلن برای گرم کردن و ذوب فلزات استفاده می گردد . حرارت حاصل از شعله ی اکسی استیلن در حدود ۳۲۰۰ درجه ی سانتیگراد بوده و بیشترین حرارت در فاصله ی ۲ تا ۵ میلیمتری در نوک هسته ی آبی قرار دارد و همچنین فاصله ی منلسب بین نوک مخروط آبی رنگ تا سطح قطعه کار در حدود ۱ تا ۳ میلیمتر می باشد .

مراحل احتراق گاز استیلن و اکسیژن :

عمل سوختن مخلوط گاز اکسیژن و استیلن در دو مرحله انجام می گیرد :

در مرحله ی اول سوختن ، یک حجم از گاز اکسیژن با یک حجم از گاز استیلن با هم ترکیب می شوند .

$$C_2H_2 + O_2 \Rightarrow 2CO + H_2$$

محصول این مرحله از احتراق ، گاز منو اکسید کربن و هیدروژن می باشد . دو سوم کل حرارت در این مرحله از احتراق ایجاد می گردد .

در مرحله ی دوم ، محصولات مرحله ی اول با اکسیژن هوا ترکیب شده و می سوزد .

$$2CO + 2H + 1.5O_2 \Rightarrow 2CO_2 + H_2O$$

در مرحله دوم ، گاز و بخار آب تولید می شود . یک سوم کل حرارت نیز در این مرحله تولید می شود .

فرمول کلی سوختن اکسیژن و استیلن بصورت زیر می باشد .

$$C_2H_2 + 2.5O_2 \Rightarrow 2CO_2 + H_2O$$

مطابق معادله ی فوق برای سوختن گاز استیلن نیاز به ۲/۵ برابر گاز اکسیژن می باشد که از این مقدار یک حجم اکسیژن در مرحله ی اول سوختن از کپسول تامین شده و در ۱/۵ حجم بعدی از اتمسفر تامین می گردد .

انواع شعله در جوشکاری گاز :

بسته به میزان نسبت گاز سوختنی به گاز اکسیژن ، شعله های مختلفی حاصل می شود که عبارتند از :

شعله ی احیاء کننده ، شعله ِی اکسید کننده و شعله ی خنثی .

۱ – شعله ی احیاء کننده : چنانچه نسبت گاز سوختنی به گاز اکسیژن بیشتر از یک باشد ، شعله ی حاصل احیاء بوده و بصورت یک هاله ای اضافه تر در جلوی هسته ی آبی مشخص می گردد. دراین شعله مقداری کربن و هیدروژن نسوخته وجود دارد که می تواند باعث افزایش کربن در هنگام جوشکاری فولاد شود . کاربرد شعله ی احیاء کننده :

از شعله ی احیاء کننده ی قوی برای عمل روکش کاری سخت بر روی فولادها استفاده می گردد. از شعله ی احیاء کننده ی ضعیف تر برای لحیم کاری و جوشکاری آلومینیوم و دیگر فلزات غیر آهنی استفاده می گردد استفاده از این شعله در مواقعی است که وجود کمی اکسیژن در شعله می تواند مشکل ساز باشد.

۲ – شعله ی اکسید کننده : چنانچه نسبت گاز سوختنی به گاز اکسیژن کمتر از یک باشد ، شعله ی حاصل اکسید کننده می باشد .در این شعله مقداری اکسیژن اضافه تر وجود دارد که می تواند باعث اکسید شدن فلز جوش گردد . هسته ی آبی در شعله ی اکسید کننده روشن تر بوده و نوک آن تیز تر می باشد.

کاربرد شعله ی اکسید کننده :

از شعله ی اکسیدی قوی برای جوشکاری برنج و آلیاژهای روی استفاده می گردد . از شعله ی اکسیدی ضعیف تر برای جوشکاری فلزاتی که دارای روکش روی می باشند استفاده می گردد .

نحوه ی تنظیم شعله ی احیاء کننده از شعله ی خثی :

در شعله ی خنثی با افزایش مقدار گاز سوختنی و یا با کاهش گاز اکسیژن می توان شعله ی احیاء را ایجاد کرد.

نحوه ی تنظیم شعله ی اکسیدی از شعله ی خنثی :

در شعله ی خنثی با افزایش مقدار گاز اکسیژن و یا با کاهش گاز سوختنی می توان شعله ی 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 پتک و در ادامه با یک صدای هیس یا جیغ کشیدن همراه می باشد . 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 می باشد. علت معکوس

شدن جریان گاز ، کم بودن سرعت گاز خروجی از سر نازل ، نامناسب بودن فشار گاز با توجه به اندازه ی 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 - سریعا شیرهای مشعل مخصوصا شیر استیلن را ببندید تا از تشکیل دوده در مشعل جلوگیری شود .

۲ - سریعا شیرهای کپسول را ببندید .

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

۴ - 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 می شود . علت اصلی پس زدن عمقی شعله ، جریان یافتن گاز اکسیژن در مسیر گاز استیلن می باشد که باعث تشکیل مخلوط گازی قابل انفجار در شیلنگ گاز استیلن می شود و اکثرا با ترکیدن شیلنگ گاز استیلن همراه می باشد. چنانچه کپسول استیلن فاقد تجهیزات ایمنی لازم باشد ، ممکن است که 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 می یابد .

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

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

۴ - فشار اکسیژن اگر بیش از حد تنظیم شود ، می تواند در مسیر گاز استیلن جریان یابد .

۵ - مقدار خروجی گاز زیاد نسبت به سوراخ نازل .

تجهیزات ایمنی :

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

چک والو Cheek Valve و فلاش بک اریستور Flash Back Arestors

چک والو : این وسیله در پشت مشعل در مسیر ورودی گاز اکسیژن و استیلن بسته می شود ، چک والوها از معکوس شدن جریان گاز جلوگیری می نماید .

فلاش بک : این وسیله بعد از رگلاتور و قبل از شیلنگ بسته می شود و از کشیده شدن شعله به داخل کپسول جلوگیری می نماید . فلاش بک همچنین در پشت مشعل نیز متصل می گردد و از معکوس شدن جریان گاز و هم از پس زدن شعله به داخل شیلنگ ها جلوگیری می نماید. داخل فلاش بک ، یک فیلتر متخلخل از جنس فولاد زنگ نزن وجود دارد . در این حالت گاز فقط از یک طرف فیلتر جریان یافته و بخاطر خاصیت خنک کنندگی ، شعله نمی تواند به داخل سیستم کشیده شود .

انواع تکنیکهای مورد استفاده در جوشکاری گاز :

در جوشکاری گاز از دو تکنیک (روش) استفاده می گردد :
الف) روش جوشکاری پیش دستی ب) روش جوشکاری پس دستی

روش پیش دستی : از این روش برای جوشکاری ورق های کمتر از 3 mm استفاده می شود . امتداد شعله به سمت درز اتصال جوشکاری نشده می باشد . در این روش تا ضخامت 1.5 mm ، مشعل بدون حرکت نوسانی و از ضخامت 1.5 تا 3mm به مشعل حرکت نوسانی داده می شود .
روش پس دستی : از این روش برای جوشکاری ورقهای ضخیم تر از 3 mm استفاده می گردد. امتداد شعله به سمت درز اتصال جوشکاری شده می باشد . بیشترین حرارت بر روی حوضچه ی جوش و فلز جوشکاری شده بوده و باعث آرام سرد شدن فلز جوش شده و از سخت شدن جوش جلوگیری می شود.

برشکاری و روشهای دیگر آماده سازی قطعات (Cutting) :

فرآیندهای برشکاری برای بریدن ، تکه برداری ، پخ سازی لبه های اتصال و برداشتن قسمتی از جوش که دارای عیب می باشد کاربرد دارد.
عملیات برشکاری به روشهای زیر تقسیم بندی می گردند :
الف) براده برداری : شامل ۱- اره کاری ۲- ماشین کاری ۳- سنگ کاری ۴- برشکاری با آب .

ب) حرارتی : شامل ۱- برشکاری با شعله ی گاز ۲- برشکاری با قوس الکتریکی (الکترود ذغالی - الکترود فلزی - پلاسما) ۳- برشکاری با فلاکس شیمیایی ۴ - برشکاری با شعله و پودر فلزی
۵- برشکاری با شعله و فلاکس ۶- برشکاری لیزر ۷- برشکاری الکترون بیم .

ج) تخلیه ی الکتریکی (وایر کات).

برشکاری با شعله ی گاز Flame cutting :

در این روش ناحیه ای از فلز تا بالای دمای احتراق گرم شده سپس اکسیژن خالص به آن محل دمیده می شود و باعث سوختن فلز و تبدیل آن به اکسید آهن می گردد . اکسید آهن به خاطر سیالیت و فشار بالای جت اکسیژن به بیرون رانده شده و باعث ایجاد شیار در بین فلز می گردد . بخاطر حرارت حاصل از واکنش اکسید آهن ، ادامه ی برشکاری با حرارت کمتر و حتی بدون شعله ی پیشگرم می توان مسیری را برشکاری نمود .

تجهیزات برشکاری :
تجهیزات برشکاری با شعله عبارتند از منبع گاز سوختنی ، کپسول اکسیژن ، رگلاتورها (مانومتر یا فشار سنج) ، شیلنگ

دوقلو ، مشعل برشکاری .

گاز سوختنی :

گاز سوختنی برای شعله ی پیشگرم مورد نیاز است و از گازهای استیلن ، پروپان و گازهای طبیعی استفاده می گردد. نوع گاز سوختنی بر روی سرعت برشکاری تاثیرگذار است. انتخاب نوع گاز سوختنی بستگی به قیمت گاز ، قابلیت تولید و دسترسی و ارزش حرارتی و دمای حاصل از سوختن گاز دارد.

اکسیژن :

اکسیژن لازم برای برشکاری همانند جوشکاری با شعله ی گاز ، از کپسول تامین می شود. درجه ی خلوص اکسیژن اثر قابل ملاحظه ای بر روی سرعت برشکاری دارد . درجه ی خلوص اکسیژن باید بالا باشد و این خلوص بین ۵/۹۹٪ تا ۷/۹۹٪ می باشد.

مشعل برشکاری :

مشعل برشکاری دقیقا شبیه به مشعل جوشکاری بوده با این تفاوت که یک مسیر اضافی برای خروج اکسیژن برش وجود دارد .

مشعل برشکاری از قسمتهای زیر تشکیل شده است : ۱- دسته ی مشعل ۲ - شیرهای تنظیم گاز اکسیژن و گاز سوختنی ۳ - اهرم یا شیر اکسیژن ۴ - لوله ی اختلاط ۵- نازل برش .

نازلهای برش در انواع مختلفی وجود دارند که بسته به نوع گاز سوختنی و ضخامت فلز مورد برشکاری ، انتخاب می گردند. در اطراف نازل سوراخهایی برای ایجاد شعله ی پیشگرم و در وسط نازل سوراخی برای خروج اکسیژن برش وجود دارد .

نحوه ی تشخیص و تفکیک اتصالات و تجهیزات گاز سوختنی و اکسیژن :

کپسول : کپسول اکسیژن یک تکه و معمولا به رنگ آبی و کپسول استیلن با جوشکاری ساخته شده و معمولا به رنگ نارنجی می باشد .

شیلنگ : شیلنگ اکسیژن به رنگ آبی با قطر داخلی و شیلنگ استیلن به رنگ قرمز با قطر داخلی می باشد .

اتصالات : پیچهای اکسیژن راست گرد و پیچهای استیلن چپ گرد و دارای شیارهایی روی آن می باشد.

نحوه ی انجام برشکاری :

ابتدا فشار مناسب برای برشکاری را تنظیم می نماییم سپس شیرهای اکسیژن و گاز سوختنی شعله ی پیشگرم را کمی باز نموده و توسط فندک شعله را ایجاد می نماییم و نوک مخروط آبی شعله را در بالای سطح کار نگه می داریم ، وقتی سطح کار به درجه ی سرخ شدن رسید ، اکسیژن برش را باز نموده و با سرعت مناسب به سمت جلو حرکت می نماییم.

قابلیت برشکاری فلزات با شعله ی گاز :

همه ی فلزات قابلیت برشکاری با شعله ی گاز را ندارند ، فلزاتی که براحتی توسط شعله برشکاری می گردند باید دارای خصوصیات ذیل باشند :

۱- نقطه ی ذوب اکسید فلز باید کمتر از نقطه ی ذوب فلز باشد .
۲- سرباره ی حاصل باید دارای سیالیت زیاد باشد تا براحتی با فشار اکسیژن به بیرون رانده شود .
۳- هدایت حرارتی فلز پایین باشد .
۴- دمای احتراق فلز باید کمتر از دمای ذوب فلز باشد (مثلا : چدن خاکستری ۳٪ کربن دارای دمای اشتعال ۱۲۵۰ و دمای ذوب ۱۵۰۰ درجه ی سانتیگراد می باشد که در نتیجه برای برشکاری با شعله مناسب نمی باشد .

برش پلاسما :

در فرآیند برش پلاسما ، فلز در منطقه ای محدود توسط حرارت حاصل از یک قوس بسیار متمرکز ذوب می شود. پلاسما جریانی از گاز یونیزه شده بوده که دارای سرعت و حرارت بسیار بالایی می باشد . در این فرآیند ، قوس الکتریکی توسط نازل در مقطع عرضی فشرده شده و این کار باعث افزایش نیروی قوس ، ولتاژ و درجه حرارت قوس می شود . قوسی که در حال عبور از نازل می باشد ، سرعت بالایی گرفته و به شدت داغ شده و در راستای معینی قرار می گیرد . در برش پلاسما دما تا ۲۰۰۰۰ درجه ی سانتیگراد بالا می رود و می تواند هر نوع فلزی را ذوب و حتی تبخیر نماید که در نهایت باعث برشکاری می گردد.

برشکاری با لکترود زغالی به کمک هوا (AAC) :

وقتیکه منطقه ی مورد نظر از قطعه کار ذوب شد ، اگر یک عامل وجود داشته باشد که فلز مذاب را با فشار از محل خارج کند ، نحوه ی انجام کار سریعتر و راحت تر می شود . برای این کار می توان از طریقه ی زیر استفاده کرد. در قسمتی از الکترود گیر الکترود زغالی یا گرافیتی ، یک سوراخ کوچک تعبیه شده که از داخل آن هوا با فشار به طرف بیرون رانده می شود. کنترل جت هوا بوسیله ی یک شیر دستی که در روی دسته ی الکترود گیر تعبیه شده انجام می گیرد.
فشار هوا ، فلز ذوب شده را با سرعت از منطقه ی مذاب به بیرون می راند و معمولا مقطع تمام شده ی کار طوری است که قطعه را می توان بدون آماده سازی مجدد جوشکاری نمود.
فشار هوای دستگاه بین Psi ۱۰۰ تا ۶۰ تغییر می کند . استفاده کردن از هوای متراکم ارزان بوده چون قسمت زیادی از هوای معمولی از نیتروژن تشکیل می شود و N یک گاز خنثی می باشد ، کیفیت برشکاری معمولا خیلی عالی می باشد .
بطور کلی الکترود ها را به دو دسته تقسیم می کنند : 1) زغالی ۲) گرافیتی

در موقع کار ، الکترود لخت زغالی یا کربنی در تمام طول خود داغ می شود ، چون کربن در برابر عبور جریان الکتریسیته از خود مقاومت نشان می دهد ، به این ترتیب سطوح داغ الکترود کربنی اکسید شده و قطر آن به تدریج کم می شود . برای کاهش دادن دما و به لحاظ کم کردن اکسیداسیون ، بعضی اوقات از الکترودهای زغالی مس اندود استفاده می کنند .گرمای ایجاد شده در این الکترودها کمی کمتر از الکترودهای لخت مشابه است زیرا پوشش مزبور ، اکسیداسیون آنها را کاهش می دهد.

مراحل انجام کار به شرح زیر است :
۱- با توجه به قطر الکترود ، جریان مناسب را انتخاب می کنیم.

۲ - کمپرسور هوا را روشن کرده و بوسیله ی رگلاتور دستگاه ، فشار مناسب را تنظیم می کنیم. فشار هوا را در کمترین حد ممکن قرار می دهیم ، فشار مزبور باید طوری باشد که فقط فلزمذاب را از منطقه ی برشکاری دور کند .

۳ - الکترود را در الکترودگیر قرار می دهیم . الکترود باید طوری قرار بگیرد که حداکثر ۶ اینچ از طول آن بیرون از گیره بماند . نکته ی مهم این است که نوک الکترود باید کاملا تیز باشد .

۴- قوس را روشن کرده سپس شیر هوا را باز می کنیم ، الکترود را در داخل دو شکاف V شکل قرار می دهیم و آنرا می توان تحت هر زاویه ای تنظیم نمود .

۵- قوس الکتریکی و سرعت حرکت الکترود را بسته به شرایط و نوع کار برشکاری کنترل نمایید.

۶- در موقع برشکاری کارگر باید مراقب ترشحات فلز مذاب به اطراف که از قطعه کار کنده می شود باشد.

این برشکاری را می توان در تمام حالات از قبیل سربالا ، تخت و یا افقی انجام داد .

<u>شیار زنی بوسیله ی الکترودهای زغالی و هوا :</u>

در بسیاری از موارد برای شیار در آوردن در قطعات فلزی ناچاریم از این سیستم استفاده کنیم . برای مثال می توان آماده سازی صفحا ت فلزی برای انجام جوشکاری را نام برد .

برای شروع و انجام شیار زنی ، الکترود را در خلاف جهت حرکت بصورت مایل نگهدارید در این حالت جت هوا دقیقا در امتداد الکترود و قوس الکتریکی است . طرح و عمق کار را می توان بوسیله ی زاویه دادن الکترود و سرعت حرکت کنترل نمود. عرض شکاف را نیز می توان بوسیله ی قطر الکترود انتخابی کنترل نمود . در حالت کلی عرض شکاف معمولا ۱/۸ اینچ بیشتر از قطر الکترود مصرفی است .

برای برشکاری با ایجاد شیارهای کم عمق ، زاویه ی الکترود نسبت به سطح قطعه کار باید تقریبا نزدیک به حالت افقی باشد . شدت جریان لازم و سرعت حرکت هم به عمق شکاف بستگی دارد. هرچه سرعت حرکت الکترود کمتر باشد ، شیار ایجاد شده عمیق تر خواهد بود .

منابع و مأخذ :

۱- تکنولوژی جوشکاری ، تألیف مهندس علی رمضان خانی

۲- کتاب درسی هنرستان ، نظام قدیم – رشته صنایع فلزی

۳- کتاب جوشکار سازه فولادی ، چاپ سازمان آموزش فنی و حرفه ای