فصل

۴

استفاده از الکتریسیته در جوشکاری قوسی

عنوان توانایی	زمان آموزش (ساعت)	
	نظری	عملی
آشنایی با طبیعت قوس الکتریکی آشنایی با قوس الکتریکی آشنایی با قدرت قوس آشنایی با الکترود جوشکاری آشنایی با اصول انتقال فلز در محل فلز جوش آشنایی با تشعشعات قوس و بخارات فلزی آشنایی با اصول تشکیل فلز جوش	۲	۱

فراگیرنده پس از پایان این درس باید بتواند

۱ چند کاربرد قوس الکتریکی را در زندگی روزمره بیان کند.

۲ چگونگی ایجاد قوس الکتریکی را در جوشکاری بیان کند.

۳ گاز یونیزه و چگونگی یونیزه شدن آن را بیان نماید.

۴ نقش الکترودهای جوشکاری را بیان کند.

۵ روش‌های مختلف انتقال مذاب از الکترود به قطعه کار را توضیح دهد.

۶ اشعه‌های حاصل از قوس الکتریکی را معرفی کند.

۷ چگونگی تشکیل فلز جوش را بیان نماید.

نمونه سؤالات پیش آزمون

۱- کدام‌یک از شرایط زیر مشابه رعد و برق در آسمان است؟

الف) موقع به سنگ زدن فلزات

ب) جرقه فندک اجاق گاز موقع روشن کردن گاز با فندک اجاق

ج) جرقه شمع در اتومبیل برای انفجار مخلوط هوا و بنزین

د) گزینه‌های ب و ج درست است.

۲- در شرایط عادی به ترتیب کدام‌یک از گازها به صورت اتمی و مولکولی وجود دارند؟

الف) آرگون- اکسیژن

ب) نیتروژن- هلیوم

ج) اکسیژن-ازت

د) هیدروژن- اکسیژن

۳- ترکیب روپوش الکترودها از چه جنسی است؟

الف) براده فلزات

ب) ترکیبات مختلف غیرفلزی

ج) ترکیبات فلزی و غیرفلزی

د) ترکیبات مختلف فلزی

٤- دمای قوس در جوشکاری قوس الکترود دستی نسبت به نقطه ذوب فولاد ..... است.

الف) بیشتر

ب) خیلی بیشتر

ج) مساوی

د) کمتر

۵- چرا به قوس جوشکاری نمی‌توان نگاه کرد؟

الف) نور شدید دارد

ب) اشعه‌های غیر مرئی و نور مرئی زیادی تولید می‌شود

ج) نور و حرارت زیادی تولید می‌شود

د) نور ناگهانی تولید می‌شود

٦- دودی که در حین جوشکاری قوس الکترودستی به وجود می‌آید ناشی از چیست؟

الف) سوختن مغز الکترود

ب) سوختن روپوش الکترود

ج) سوختن هوای اطراف قوس جوشکاری

د) تمام موارد ذکر شده

۱-٤ آشنایی با طبیعت قوس الکتریکی

شکل(۱-۴)

تخلیه بار الکتریکی بین دو توده ابر سبب ایجاد رعد و برق می‌شود.

همه ما پدیده رعد و برق را در آسمان وقتی که هوا بارانی است به‌خاطر داریم(شکل ۱-٤). رعد و برق صدای مهیب ، نور شدید و خیره کننده‌ای دارد. در حقیقت این پدیده حاصل تخلیه بار الکتریکی بین دو توده ابر است. به‌عبارت دیگر تجمع مقدار زیادی الکترون در یک توده ابر و تخلیه این الکترون‌ها در توده ابر مجاور طی لحظه کوتاهی موجب ایجاد نور زیاد و صدای شدید می‌شود. بنابراین اساس کارتخلیه بار الکتریکی بین دو سطح دارای اختلاف پتانسیل است.

امروزه از قوس الکتریکی در زندگی روزمره در موارد زیادی به‌عنوان آتش زنه مثل: اجاق‌های گاز خانگی، فندک‌های دستی و نیز در بخاری‌های گازی برای روشن کردن شعله استفاده می‌شود.

۲-٤ قوس الکتریکی در جوشکاری

شکل(۲-۴)

تخلیه بار الکتریکی بین نوک الکترودو سطح قطعه کار سبب ایجاد قوس می‌شود.

همان‌طور که گفته شد وقتی تخلیه بار الکتریکی یا جابه‌جایی سریع الکترون‌ها بین دو قطب مثبت و منفی صورت می‌پذیرد، قوس الکتریکی ایجاد می‌شود. در این شرایط الکترون‌ها در یک فضای گازی از یک قطب به قطب دیگر جهش می‌کنند و نور، حرارت و صدا تولید می‌شود که به آن قوس الکتریکی می‌گویند.

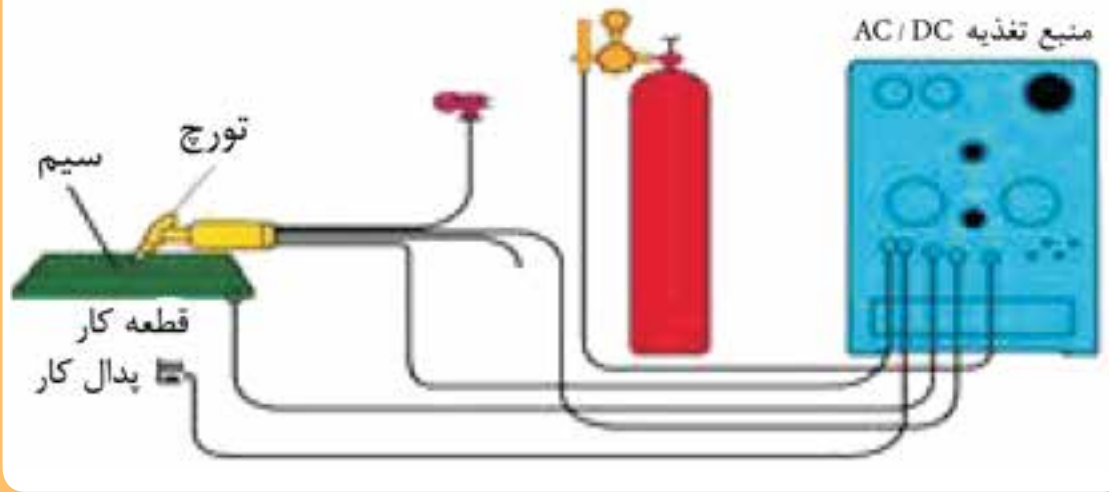
به زبان علمی‌تر تخلیه بار الکتریکی بین دو قطب مثبت و منفی در فضای گاز یونیزه شده[1] قوس الکتریکی نامیده می‌شود. در فرآیندهای جوشکاری‌های قوسی برای ذوب کردن لبه‌های فلز پایه و ماده فلزی پرکننده درز اتصال از گرمای قوس الکتریکی استفاده می‌شود. شکل(۲-٤) قوس الکتریکی را در فرآیند جوشکاری با الکترود روپوش‌دار نشان می‌دهد.

در فرآیندهای جوشکاری قوسی تخلیه الکتریکی بین دو قطب جریان (الکترود و قطعه کار) موجب تشکیل قوس می‌شود که از طرف نوک الکترود به طرف سطح قطعه کار یا درز اتصال می‌وزد. بر این اساس در فرآیندهای متداول جوشکاری دو نوع قوس الکتریکی وجود دارد

الف- ایجاد قوس الکتریکی بین الکترود مصرف نشدنی و قطعه کار

در این حالت انتقال مذاب از الکترود به قطعه کار صورت نمی‌گیرد مثل: فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن تحت پوشش گاز محافظ که در شکل (۳-٤) نمای شماتیک فرآیند مذکور نشان داده شده است.

شکل(۳-۴)



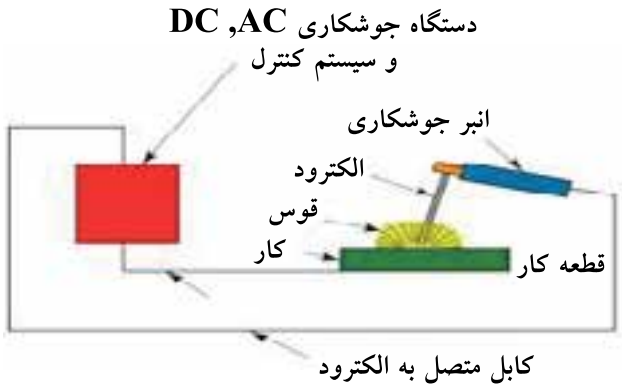
در فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود تنگستنی، الکترود ذوب نمی‌شود

۱- گاز یونیزه گازی است که اجزاء تشکیل دهنده آن باردار هستند. این حالت در شرایط قوس جوشکاری بدلیل یونیزه شدن اتم‌ها و مولکول‌های گازی در اثر دمای بالای قوس الکتریکی ایجاد می‌شود.

ب- ایجـاد قـوس الکتریکی بین الکترود مصرف شدنی و قطعه کار

در این حالت مطابق شکل (٤-٤) مذاب جدا شده از الکترود طول قوس را طی می‌کند و به قطعه کار منتقل می‌شود. مثل: فرآیندهای جوشکاری قوس الکترود دستی، MIG/MAG و زیر پودری.

شکل(۴-۴)



ایجاد قوس در اثر تخلیه بار الکتریکی بین نوک الکترود رو پوش‌دار و سطح قطعه کار

۳-٤ قدرت قوس در جوشکاری

دمای قوس در فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن تا حدود ۲۰/۰۰۰ درجه سانتیگراد و در فرآیند جوشکاری قوس با الکترود روپوش‌دار تا حدود ٦۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. این دما قادر است ترکیبات فلزی و غیر فلزی را به اتم‌های تشکیل دهنده آن تجزیه کند و یا یونیزه نماید.

یاد آوری می‌شود که مرکز ستون قوس بالاترین درجه حرارت را دارا می‌باشد و هرچه از مرکز دور شویم، دما کاهش پیدا می‌کند. با این شرایط می‌توان گفت در مرکز قوس مقداری بخار فلز نیز تشکیل می‌شود که در تماس با الکترون‌های جاری در ستون قوس باعث یونیزه شدن اتم‌های فلزی می‌شود و به آن پلاسمای فلزی می‌گویند. در ستون قوس جوشکاری چون الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت منتقل می‌شوند، بنابراین برخورد الکترون‌ها به قطب مثبت باعث تولید حرارت می‌شود از این رو در قطب مثبت گرمای بیشتری توزیع می‌شود. از حرارت تولید شده در قوس، حدود ٦۰ تا ۷۰ درصد صرف گرم شدن و ذوب شدن الکترود و فلز پایه می‌شود و بقیه به صورت‌های مختلف زیر تلف می‌شود:

الف- اشعه‌های مرئی و نامرئی قوس

ب- جابه‌جایی بوسیله گازهای موجود در قوس

ج- تشعشع حرارتی

د- ذوب پوشش الکترود

۱-۳-٤ نیروهای موجود در قوس

در قوس الکتریکی نیروهایی مختلفی مانند: نیروی الکترومغناطیسی و نیروی هیدرودینامیک (در اثر وجود میدان الکترومغناطیسی و حرکت گازها در ستون قوس) وجود دارند که باعث می‌شوند مذاب از الکترود جدا شده و به قطعه کار منتقل شود. در جوشکاری حالت‌های عمودی یا سقفی نقش این نیروها کاملاً مشهود است و جهت این نیروها به طور معمول از طرف نوک الکترود به طرف سطح قطعه کار می‌باشد. به این ترتیب نیروهای فوق در ستون قوس باعث راندن مذاب و سرباره الکترود به طرف جلو قوس می‌شوند و به عملیات جوشکاری کمک می‌کنند.

٤-٤ الکترودهای جوشکاری

به‌طور کلی الکترود به میله‌ای گفته می‌شود که هادی جریان الکتریسیته باشد و جریان برق از آن عبور کند. الکترودهای مربوط به فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود روپوش‌دار که در شکل(٥-٤) نشان داده شده است از دو قسمت تشکیل شده‌اند.

شکل(٥-۴)

الکترودهای مورد استفاده در فرآیند جوشکاری قوس الکترودددستی

۱-٤-٤ میله فلزی

وظیفه آن هدایت جریان الکتریکی، تشکیل، تداوم و پایداری قوس است که از آن به عنوان ماده پرکننده درز اتصال یکپارچگی قطعات نیز استفاده می‌گردد.

۲-٤-٤ روپوش الکترود

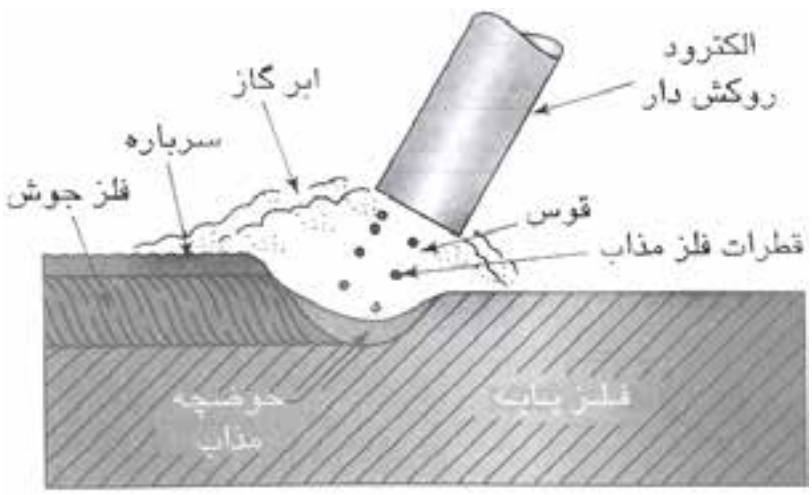
وظیفه روپوش الکترود ایجاد فضای گازی مناسب در قوس و اطراف آن است، به‌طوری‌که در اثر ذوب یا تجزیه شدن از طریق تشکیل فضای گازی یونیزه ضمن کمک به تشکیل و پایداری قوس، حوضچه مذاب، قوس و نوک الکترود را نیز از آسیب در مقابل اتمسفر مصون سازد. ضمن اینکه وظیفه دیگر روپوش الکترود نقش سرباره سازی است که به حذف ناخالصی‌ها از فلز جوش، کنترل سرعت سرد شدن و ظاهر مطلوب فلز جوش کمک می‌کند.

مغز فلزی الکترودهای روپوش دار از جنس متفاوت و در ابعاد مختلف ساخته می‌شوند و دارای دسته‌بندی‌های متنوعی از نظر مواد تشکیل‌دهنده پوشش می‌باشند که برای جوشکاری فلزات و آلیاژهای مختلف در وضعیت‌های متفاوت جوشکاری تولید و در بسته‌بندی‌های گوناگون به بازار عرضه می‌گردد.

٥-٤ انتقال مذاب در قوس جوشکاری

فلز جوش به قسمتی از اتصال گفته می‌شود که از مخلوط شدن مذاب لبه‌های اتصال و مذاب مغز فلزی الکترود بوجود می‌آید و به صورت ترکیب فلزی در درز اتصال رسوب می‌کند. در حین جوشکاری ذرات مذاب مطابق شکل(٦-٤) از الکترود جدا شده و به حوضچه مذاب اضافه می‌شوند.

شکل(۶-۴)



انتقال قطرات فلز مذاب از نوک الکترود به طرف سطح قطعه کار در فضای گازی ستون قوس الکتریکی

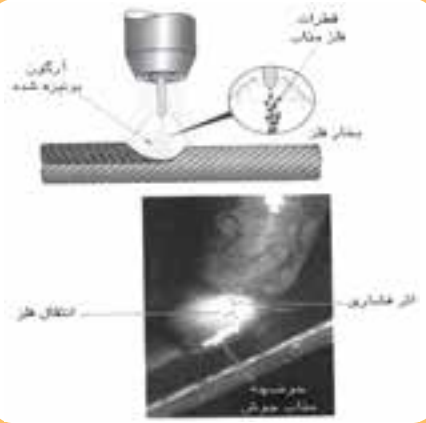
شیوه انتقال فلز مذاب از نوک الکترود مصرفی به طرف حوضچه مذاب در سطح قطعه کار در فرآیندهای مختلف جوشکاری قوسی به حالت‌های مختلفی صورت می‌گیرد که بستگی به نوع گاز محافظ، شدت جریان و ولتاژ دارد که در ادامه به بررسی شیوه‌های متداول‌تر پرداخته می‌شود.

۱-۵-٤ انتقال اسپری یا پرواز آزاد[۱]

در این روش ذرات به صورت اسپری از الکترود جدا شده، ستون قوس را طی می‌کنند و وارد حوضچه مذاب می‌شوند (شکل۷-٤).

در این حالت امکان انتقال فلز مذاب از الکترود به قطعه کار برخلاف نیروی ثقل (جاذبه زمین) عملی است.

شکل(۷-۴)



انتقال ذرات مذاب از نوک الکترود مصرفی به‌طرف حوضچه مذاب به صورت اسپری

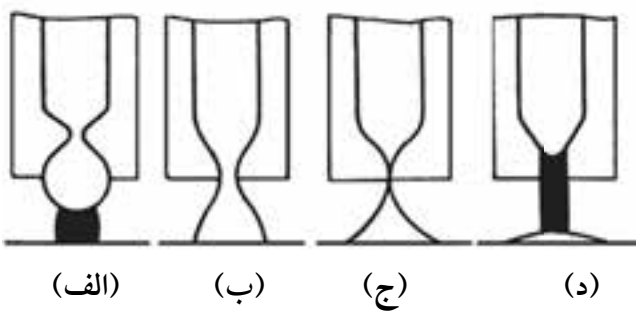
۲-۵-٤ انتقال مدار بسته یا اتصال کوتاه[۲]

در این روش قطره مذاب در نوک الکترود شکل می‌گیرد و ضمن رشد قبل از جدا شدن کامل از الکترود با حوضچه مذاب تماس پیدا می‌کند (شکل ۸-٤).

در این شرایط یک حالت مدار بسته یا اتصال کوتاه به‌وجود می‌آید که به‌صورت لحظه‌ای قوس خاموش می‌شود و شدت جریان افزایش می‌یابد.

شکل(۸-۴)

روند تشکیل قطره مذاب و جدا شدن آن از نوک الکترود در اثر اتصال مدار کوتاه



انتقال مذاب از نوک الکترود به طرف حوضچه جوش از طریق اتصال کوتاه

در نتیجه دما بالا می‌رود و قطره مذاب به داخل حوضچه جوش کشیده می‌شود. در حالت اتصال کوتاه شرایط برای بخار شدن قطره مذاب به‌دلیل افزایش شدت جریان و بالا رفتن دما وجود دارد. لذا در این حالت احتمال ایجاد جرقه و پاشش به اطراف درز اتصال افزایش می‌یابد.

۱- Free Flight

۲- Short Circuit

٤-٦ تشعشعات قوس جوشکاری

اشعه‌هایی که در قوس جوشکاری تولید می‌شوند را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم نمود.

الف- نور قابل دیدن

ب- اشعه ماوراء بنفش

ج- اشعه مادون قرمز

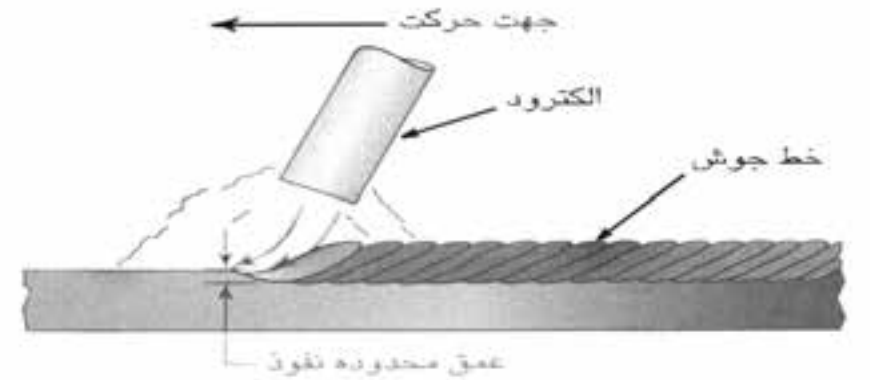
اشعه مادون قرمز مانند اشعه‌هایی است که از اجسام گداخته مثل شیشه یا فولاد گداخته ساطع می‌شود و برای پوست و مو مضر است. اشعه ماوراء بنفش یکی دیگر از اشعه‌هایی است که از قوس ساطع می‌شود و با توجه به انرژی زیاد آن نسبت به اشعه‌های دیگر بیش‌ترین صدمه را به بافت‌های بدن وارد می‌کند. ضمن اینکه موجب تشکیل ذرات خطرناکی مثل اوزن (O_3) می‌گردد که برای انسان زیان‌آور است. هم‌چنین در قوس نور مریی شدید تولید می‌شود که به‌دلیل شدت آن، برای چشم مضر است.

علاوه بر اشعه‌های مذکور به‌دلیل حرارت زیاد قوس، مقداری بخارات فلزی در حوضچه جوش بوجود می‌آید. هم چنین در صورت آلوده بودن قطعه کار به رنگ یا بتونه و یا ناخالصی‌های دیگر بخاراتی تولید می‌شود که برای انسان زیان‌آور است؛ از طرف دیگر پوشش الکترود نیز مقداری گاز و بخارات سمی تولید می‌کند که هم برای جوشکار و هم برای کسانی‌که در کارگاه‌های جوشکاری کار می‌کنند زیان‌بار است. لذا جوشکاران همواره باید نکات ایمنی را رعایت کرده و از و سایل ایمنی استفاده کنند تا خود و دیگران را از آسیب‌های احتمالی مصون سازند.

٤-٧ تشکیل فلز جوش

مغز فلزی الکترود که به دلیل گرمای قوس ذوب می‌شود، به صورت ذرات ریز و درشت به قطعه کار منتقل می‌گردد و با مذاب لبه‌های اتصال درمی‌آمیزد و فلز جوش را تشکیل می‌دهد(شکل ٩-٤). قسمتی از پوشش الکترود نیز در اثر سوختن یا تجزیه شدن گازهای محافظ را تولید می‌کند و بخش دیگر روپوش تشکیل سرباره می‌دهد که روی حوضچه مذاب و گرده جوش را می‌پوشاند.

شکل(۹-۴)



تشکیل فلز جوش در اثر آمیخته شدن مذاب ناشی از مغز فلزی الکترود و سطح قطعه کار

چون جرم حجمی آن از جرم حجمی سرباره مذاب کمتر است در نتیجه روی مذاب قرار می‌گیرد و فرم و شکل مناسبی به گرده جوش می‌دهد. هم‌چنین قسمتی از مغز الکترود به‌صورت جرقه و ذرات ریز به اطراف فلز جوش پاشیده می‌شود که جزء تلفات و ضایعات جوشکاری است. در الکترودهای معمولی حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن مغز فلزی الکترود، به‌صورت ذرات جرقه و ته الکترود به ضایعات تبدیل می‌شود. بنابراین حدود ۷۰ درصد وزنی مغز الکترود، گرده جوش را تشکیل می‌دهد.

در بعضی از انواع الکترودها به روپوش الکترود مقداری پودر آهن اضافه می‌کنند تا نرخ رسوب افزایش یابد و بازده الکترود بیشتر شود. در مواردی هم بعضی از ترکیبات روپوش الکترود عمل آلیاژسازی را بر عهده دارند و استحکام فلز جوش را بالا می‌برند.

نمونه سؤالات آزمون پایانی

۱- گرمای قوس جوشکاری در چه حدودی است؟

الف) تقریباً دو برابر نقطه جوش فولاد

ب) حدود دو برابر درجه ذوب فولاد

ج) چند درجه بیشتر از دمای جوشیدن فولاد مذاب

د) مساوی دمای ذوب فولاد

۲- چرا بخار فلزی و گازها در فضای قوس یونیزه می‌شوند؟

الف) برخورد الکترون‌های جاری در فضای قوس با ذرات موجود در ستون قوس

ب) حرارت شدید قوس

ج) نور شدید موجود در قوس

د) به برخورد اتم‌های فلز با اتم‌های عناصر موجود در پوشش الکترود

۳- شکل قوس چگونه است و کجا تشکیل می‌شود ؟

الف) شکل استوانه دارد و بین سطح قطعه کار و نوک الکترود ایجاد می‌شود.

ب) شکل مخروط ناقص دارد و از نوک الکترود به طرف سطح قطعه کار شکل می‌گیرد.

ج) شکل مخروط ناقص دارد. که نوک آن به طرف قطعه کار است

د) شکل‌های متفاوتی به خود می‌گیرد.

٤- بیشترین دمای قوس مربوط به کدام ناحیه از قوس است؟

الف) در نزدیک قطب منفی

ب) در جوار قطب مثبت

ج) در مرکز قوس

د) در کناره‌ها

۵- نیروی هیدرودینامیکی در قوس ناشی از ..... است؟

الف) حرکت الکترون‌ها

ب) حرکت گازها

ج) فوران الکترونی

د) نور مرئی شدید

۶- کدام یک از وظایف روپوش الکترود به حساب نمی‌آید؟

الف) پایداری قوس　　ب) تشکیل فلز جوش

ج) محافظت از مذاب　　د) سرباره سازی

۷- انتقال به صورت مدار بسته یا اتصال کوتاه یعنی اینکه:

الف) قطره مذاب بین نوک الکترود و سطح قطعه کار پل ایجاد می‌کند.

ب) مذاب از نوک الکترود جدا شده به طرف سطح قطعه کار جهش می‌کند.

ج) مذاب از نوک الکترود به صورت بخار جدا می‌شود و به سطح قطعه کار می‌رسد.

د) بخار فلزی، ستون قوس را تشکیل می‌دهد.

۸- در قوس کدام‌یک از اشعه‌های زیر تولید می‌شود؟

الف) ماوراء بنفش　ج) نور مرئی　ب) مادون قرمز　د) تمام موارد