جوشکاری اکسی استیلن

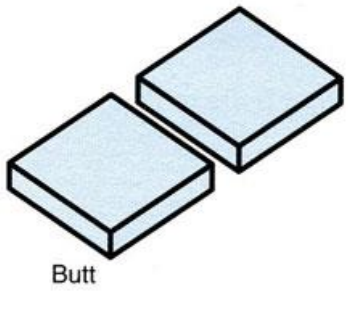
مقدمه

به منظور ایجاد اتصال بین دو یا چند قطعه نیاز به آماده سازی و تمهیدات خاص احساس می شود. برای اثبات این موضوع دو قطعه را در نظر بگیرید که بدون اعمال فشار کنار هم قرار گرفته اند. این دو قطعه در این حالت به هم متصل نمی شوند. دلیل این موضوع آن است که یک سری موانع سر راه اتصال دهی وجود دارند که باید به یک نحوی حذف شوند. این موانع عبارت هستند از:

1- لایه هوا

2- لایه اکسید سطحی

3- زبری سطحی



شکل 1. شماتیک اتصال دو قطعه

این موانع باعث می شوند که اتم های موجود در سطح قطعه 1 نتوانند با اتم های سطح قطعه 2 در فاصله مناسب اتمی برای ایجاد پیوند (که حدود 3 آنگسترم است) قرار گیرند. حال برای ایجاد اتصال بین این دو قطعه چون نیاز به اتصال اتم به اتم داریم باید این موانع را به نحوی حذف کنیم. یک راه برای حذف این موانع آن است که یک منبع حرارتی را بر روی محل اتصال قرار دهیم تا قسمتی از هر دو فلز پایه را ذوب کند. زمانی که مذاب تشکیل شده درز اتصال را پر می کند همراه با آن لایه هوا نیز از درز اتصال بیرون می رود و مذاب جای آن را می گیرد. از طرفی اکسید های سطحی نیز وارد مذاب می شوند، از سطح قطعات حذف می شوند و بسته به چگالی که دارند درون یا روی سطح مذاب قرار می گیرند. از طرفی مذاب چون شکل ظرف را به خود می گیرد، دیگر زبری سطحی نیز معنا پیدا نمی کند و مذاب تمام سطوح ناهمواری را می پوشاند. پس از آن که منبع حرارتی را حرکت می دهیم محل مورد نظر سرد شده و انجماد رخ می دهد، اما این بار دیگر موانع اتصال وجود ندارند و اتصال اتم به اتم رخ می دهد و دو قطعه به هم متصل می شوند. به این روش اتصال دهی اصطلاحا جوشکاری ذوبی گفته می شود.

منبع حرارتی

همان طور که گفته شد برای ایجاد اتصال نیاز به ذوب کردن فلزات پایه داریم و برای ایجاد مذاب باید از یک منبع حرارتی استفاده شود. در جوشکاری ذوبی عمدتا از منبع هایی نظیر : 1- قوس 2- شعله 3- لیزر 4- پرتو الکترونی استفاده می شود که در شکل 2 نمایش داده شده اند.

www.darsnevesht.com

شکل 2. منبع های حراتی مورد استفاده در جوشکاری نوبی

در روش جوشکاری اکسی استیلن، از شعله به عنوان منبع حرارتی استفاده می شود. گاهی در صنعت به این روش جوشکاری، جوش گاز نیز گفته می شود که یک اصطلاح کاملا غلط است. در واقع برای ایجاد شعله نیاز به گاز سوختنی داریم و به همین دلیل به این روش، جوشکاری گاز گفته می شود. این در حالی است که در بسیاری از فرآیند های جوشکاری که کاملا هم با هم متفاوت هستند از گاز استفاده می شود و بنابراین جوشکاری گاز نمی تواند نامی منحصر به فرد برای یک روش جوشکاری خاص باشد. گاز های سوختنی مورد استفاده در جوشکاری با گاز شامل هیدورژن و استیلن است که به ترتیب با نام های اکسی هیدروژن و اکسی استیلن شناخته می شوند.

مفهوم شعله

شعله در واقع همان محصول احتراقی است که در عین آن که دمای زیادی دارد نورانی نیز هست. به منظور آن که محصول احتراق یا همان شعله با دمای بالا داشته باشیم باید سراغ یک واکنش به شدت گرمازا برویم. واکنش های سوختن و یا اکسیداسیون معمولا چنین ویژگی را دارا هستند. اما نباید فراموش کرد که هر واکنش اکسیداسیونی همراه با تولید حرارت فراوان نیست. برای مثال سوختن آهن از طریق واکنش $Fe+1/2\ O_2 \rightarrow FeO$ انجام می شود. ولی آهن جامد وقتی اکسید می شود حرارت فراوانی تولید نمی کند. پس آهن جامد نمی تواند به عنوان یک سوخت مناسب برای تولید حرارت مورد استفاده قرار بگیرد. اما وقتی گاز استیلن می سوزد محصول احتراقی ایجاد کند که دمای آن در برخی قسمت ها به 3200 درجه سانتی گراد می رسد (در شعله خنثی). این دما برای ذوب بسیاری از فلزات و آلیاژ ها دمای مناسبی است و به همین دلیل است که استیلن به عنوان گاز سوختنی در جوشکاری استفاده می شود. البته شرط آن که شعله بتواند برای جوشکاری استفاده شود داشتن دمای بالا، حرارت کافی و تمرکز حرارتی است.

ارکان شعله

برای آن که یک شعله پایدار شکل بگیرد 4 جزء باید تامین شود:

www.darsnevesht.com

1- **اکسیژن**: برای آن که واکنش سوختن اتفاق بیافتد و شعله تشکیل شود باید اکسیژن حضور داشته باشد. برای درک این موضوع در نظر بگیرید که قسمتی از یک انبار آتش گرفته است. با ریختن خاک بر روی آن آتش خاموش می شود. دلیل خاموش شدن شعله در این جا جلوگیری از ورود اکسیژن برای ادامه احتراق است.
2- **ماده سوختنی**: گاز سوختنی رکن دیگر واکنش احتراق است. از واکنش گاز سوختنی با اکسیژن شعله حاصل می شود. برای درک ضرورت حضور گاز سوختنی به منظور بقای شعله در نظر بگیرید که یک جنگل آتش گرفته است. در این حالت نمی توان جلوی ورود اکسیژن را گرفت، بنابراین درختان اطراف آن ناحیه ی آتش گرفته را قطع می کنند. در این حالت ماده سوختنی برای بقای شعله حذف می شود و آتش خاموش می گردد. در جوشکاری اکسی استیلن ماده ی سوختنی گاز اکسی استیلن است.
3- **انرژی فعال سازی**: در صورتی که اکسیژن و ماده سوختنی را کنار هم قرار دهیم خود به خود احتراق آغاز نمی شود. در واقع برای هر مخلوط گازی یک دمای احتراق قابل تعریف است. تا زمانی که دمای مخلوط به دمای احتراق نرسد، سوختن اتفاق نمی افتد. لازم نیست که دمای کل مخلوط گازی به دمای احتراق برسد و حتی اگر یک ناحیه بسیار کوچک در حد چند مولکول نیز به این دما برسند احتراق اتفاق می افتد. در واقع انرژی فعال سازی وظیفه رساندن بخش کوچکی از مخلوط گازی به دمای احتراق را دارد. زمانی که یک فندک به مخلوط گازی می زنیم، در بخش کوچکی از مخلوط گازی، دما به دمای اشتعال می رسد و سوختن آغاز می شود. حال چون واکنش سوختن گرمازا است، پس سوختن آن بخش از مخلوط گازی، دمای گاز اطراف آن نیز بالا رفته و گاز کناری نیز به دمای اشتعال می رسد. این سلسله مراتب به همین ترتیب ادامه می یابد تا در نهایت کل مخلوط گازی تبدیل به شعله می شود.
4- **نسبت اکسیژن به استیلن**: می توان یک حد بالایی و یک حد پایینی برای این نسبت تعریف کرد. در صورتی که نسبت اکسیژن به استیلن از حد بالایی فراتر رود یا از حد پایین کمتر شود شعله از بین می رود. در صورتی که این نسبت بسیار کم باشد اتفاقی که می افتد آن است که احتراق به صورت ناقص رخ می دهد. احتراق ناقص همراه با تولید حرارت بسیار کمی است که نمی تواند دمای مخلوط گازی اطراف را به دمای اشتعال برساند بنابراین احتراق متوقف می شود. برای درک بهتر این موضوع یک شمع را در نظر بگیرید که روی آن یک لیوان قرار دهیم. در این حالت اکسیژن در دسترس تمام نمی شود بلکه بسیار کم می شود و به دلیل احتراق ناقص، شعله خاموش می شود. در صورتی که این نسبت از یک حدی بیشتر شود باز هم شعله خاموش می گردد. فرض کنید یک جریان اکسیژن بسیار زیاد به یک شعله وارد شود. در این حالت احتراق کامل انجام می شود، اما به دلیل جریان شدید گاز اکسیژن دما مخلوط گازی در مجاور جایی که شعله ور شده نمی تواند به دمای احتراق برسد. در واقع مشابه آن است که داریم با یک جریان شدید اکسیژن شعله را فوت می کنیم. به عبارت بهتر زمانی که میزان اکسیژن زیادی وارد می شود مدام مولکول های اکسیژن جای یک دیگر را می گیرند و دمای مخلوط گازی مجاور شعله در هیچ قسمتی به دمای اشتعال نمی رسد.

با توجه به آن چه گفته شد برای آن که در جوشکاری اکسی استیلن شعله مناسب داشته باشیم، باید اکسیژن و گاز سوختنی هر دو با نسبت های خاص حضور داشته باشند و انرژی فعال سازی نیز فراهم شود.

نحوه ی انتقال حرارت از شعله به قطعه

اکسیژن و گاز سوختنی با فشار مشخص وارد مشعل جوشکاری اکسی استیلن می شوند. سپس داخل مشعل مخلوط شده و از نوک سر مشعل با فشار به سمت بیرون حرکت می کنند. زمانی که بیرون آمدند با یک فندک مخصوص انرژی فعال سازی برای واکنش

www.darsnevesht.com

فراهم می شود و شعله ایجاد می شود. چون گاز با فشار به بیرون می آید، بنابراین شعله ایجاد شده نیز به سمت بیرون زبانه می کشد. حال این شعله به دو صورت حرارت خود را به قطعه کار منتقل می کند. اول این که شعله همان محصولات احتراق استیلن و اکسیژن است که دمای بالایی دارند و به سمت قطعه کار حرکت می کنند. در اثر برخورد مولکول های این محصولات احتراق با دمای بالا به قطعه کار، حرارت از جایی که دمای بالا دارد (محصولات احتراق یا شعله) به جایی که دمای پایین دارد (قطعه کار) منتقل می شود. بنابراین یک راه انتقال حرارت شعله به قطعه از طریق جریان هم رفت است. دومین راه برای انتقال حرارت تشعشع است. شعله مثل خورشید می تواند حرارت خود را از طریق تشعشع به قطعه کار منتقل کند. انتقال حرارت از طریق تشعشع به مراتب بیشتر از روش اول است.

شکل 3. شعله در جوشکاری اکسی استیلن

واکنش احتراق و انواع شعله ها

همان طور که گفته شد شعله در واقع همان محصولات واکنش احتراق استیلن است. واکنش احتراق کامل به صورت رو به رو انجام می شود: $2H_2C_2+5O_2\rightarrow 4CO_2+2H_2O+Q$

واکنش فوق خود در طی دو مرحله انجام می شود. مراحل اول و دوم در ادامه آمده است. مرحله ی اول را احتراق ناقص می نامیم که در آن به ازای هر یک مول گاز سوختنی یک مول اکسیژن مصرف می شود. طبق واکنش فوق به ازای هر یک مول گاز استیلن به 2.5 مول گاز اکسیژن نیاز داریم تا احتراق کامل شود. بنابراین پس از احتراق ناقص باید 1.5 مول اکسیژن دیگر فراهم باشد تا محصولات احتراق ناقص نیز بسوزند و احتراق کامل رخ دهد که این در واقع همان مرحله ی دوم است.

مرحله ی اول: $H_2C_2+O_2\rightarrow 2CO+H_2+q_1$

مرحله ی دوم: $2CO+H_2+1.5O_2\rightarrow 2CO_2+H_2O+q_2$

که مجموع حرارت تولید شده در این دو مرحله معادل حرارت حاصل از احتراق کامل است ($Q=q_1+q_2$). حال در فرآیند جوشکاری اکسی استیلن، هم گاز سوختنی و هم اکسیژن از طریق کپسول هایی که با شلنگ به مشعل جوشکاری متصل هستند، وارد مشعل می شوند. این که چه نسبتی از اکسیژن به استیلن وارد مشعل شود تعیین می کند که چقدر از این واکنش در ابتدای مشعل و چه

www.darsnevesht.com

قدر از آن در ادامه انجام شود. در واقع این نسبت روی شکل شعله، میزان حرارت تولیدی و میزان پیشروی احتراق تاثیر می گذارد. حال با توجه به نسبت اکسیژن به گاز سوختنی (استیلن) انواع شعله ها را توضیح می دهیم.

شعله دود زا: این شعله زمانی حاصل می شود که شیر گاز اکسیژن بسته است و صرفا شیر گاز استیلن را باز می کنیم. سپس گاز را با فندک روشن می کنیم. در این حالت استیلن در مجاورت با اکسیژن هوا می سوزد. اما احتراق به صورت ناقص انجام می شود زیرا شیر اکسیژن بسته بوده و اکسیژن به اندازه ی کافی در دسترس استیلن قرار نمی گیرد. آن قدر شعله ناقص می سوزد که دود تولید می شود. دود در واقع تکه های بسیار ریز کربن است که در هوا پخش می شود. به دلیل آن که شیر اکسیژن کاملا بسته است، و احتراق ناقص انجام می شود، دمای شعله پایین بوده و به درد جوشکاری نمی خورد.

شعله کربن ده: یک مقدار شیر اکسیژن را باز می کنیم، به جایی می رسیم که دیگر دوده نیست ولی یک شعله ی قرمز و پر حجم (مثل یک تکه ذغال که می سوزانیم) ایجاد می شود. این شعله نیز به دلیل عدم احتراق کامل، دمای بالایی ندارد و به درد جوشکاری نمی خورد. اما به منظور سخت کاری سطحی مورد استفاده قرار می گیرد.

شعله احیایی: اگر شیر اکسیژن را بیشتر باز کنیم اما هم چنان نسبت اکسیژن به استیلن کوچک تر از یک باشد، شعله احیایی ایجاد می شود. فرض کنید نسبت اکسیژن به استیلن 0.7 باشد. در این حالت به ازای هر 0.7 مول اکسیژن، 1 مول استیلن وجود دارد. حال اکسیژن و استیلن به محض خروج، با هم واکنش می دهند و به ازای 0.7 مول اکسیژن، 0.7 مول استیلن نیز می سوزد و احتراق ناقص انجام می شود (قسمت مخروط میانی). در ادامه 0.3 مول گاز استیلن باقی مانده است که با 0.3 مول گاز اکسیژن که از هوای مجاور تامین می شود عمل احتراق ناقص را انجام می دهد (قسمت بال استیلن). در ادامه محصولات احتراق ناقص با اکسیژن هوا واکنش داده و احتراق کامل انجام می شود (هاله ی بیرونی). بنابراین شعله احیایی از سه قسمت تشکیل شده است و از روی ظاهر شعله می توان به نوع شعله احیایی پی برد. در این شعله دما در قسمت هایی می تواند به 3200 درجه ی سانتی گراد برسد که این دما به اندازه ی کافی برای ذوب فلزات مناسب است. لذا در جوشکاری چدن و لحیم کاری مورد استفاده قرار می گیرد. شماتیک شعله احیایی و پروفیل دمای شعله ی آن در شکل 4 آمده است.

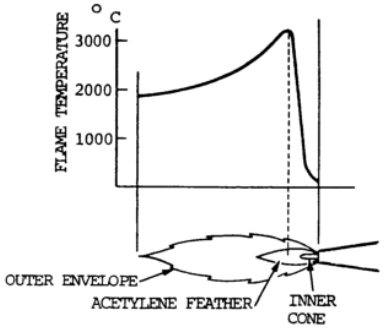


Figure 11-1. The temperature of the flame.

شکل 4. شماتیک شعله و پروفیل دمایی شعله احیایی

شعله خنثی: در این حالت نسبت گاز اکسیژن به استیلن 1 است. یعنی به ازای هر یک مول گاز اکسیژن، یک مول گاز استیلن نیز وجود دارد. حال به محض خروج گاز از مشعل، یک مول گاز استیلن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می دهند و مرحله اول واکنش سوختن استیلن به اتمام می رسد (مخروط میانی). در ادامه محصولات احتراق ناقص با اکسیژن هوا واکنش داده و واکنش کامل می شود (هاله بیرونی). بنابراین شعله خنثی از دو قسمت تشکیل شده است. در شعله خنثی، 1 مول اکسیژن مورد نیاز برای احتراق

www.darsnevesht.com

کامل از طریق کپسول و 1.5 مول آن از طریق هوای مجاور تامین می شود. در این حالت چون مقدار اکسیژن مورد استفاده بیشتر بوده، دما افزایش می یابد. در جوشکاری غالبا از این شعله استفاده می شود. طرح شماتیک و شکل واقعی شعله خنثی در شکل 5 آمده است.

شکل 5. شعله خنثی

شعله اکسیدی: در این حالت نسبت اکسیژن به استیلن بیش تر از 1 است. برای مثال فرض کنید این نسبت 1.5 باشد. یعنی در این حالت به ازای هر 1.5 مول اکسیژن، 1 مول استیلن وجود دارد. حال به محض خروج این دو گاز، گاز استیلن با یک مول از گاز اکسیژن احتراق ناقص را تجربه می کند (مخروط میانی) و 0.5 مول گاز اکسیژن باقی می ماند. حال در ادامه برای آن که مرحله ی دوم واکنش انجام شود کافی است صرفا یک مول گاز اکسیژن از محیط مجاور وارد شود تا با 0.5 مول باقی مانده بتوانند 1.5 مول اکسیژن مورد نیاز برای کامل کردن احتراق را فراهم کنند(هاله بیرونی). بنابراین زمانی که برای اتمام واکنش احتراق کامل، نیاز به اکسیژن مجاور داریم، باز هم شعله از دو قسمت تشکیل شده است. شعله در این حالت دمای بالاتری نسبت به شعله خنثی دارد ولی باز هم در جوشکاری زیاد مورد استفاده قرار نمی گیرد. علت آن است که اکسیژن اضافی می تواند منجر به اکسیداسیون فلز پایه و کاهش خواص مکانیکی آن شود. این شعله بیشتر برای برش کاری مورد استفاده قرار می گیرد. شماتیک و شکل واقعی شعله اکسیدی در شکل 6 آمده است. همان طور که در شکل 6 نشان داده شده است، شعله در این حالت متمرکز تر و جمع تر می شود. در واقع طول شعله کوتاه تر، شعله باریک تر و صدا دار خواهد بود.

شکل 6. شعله اکسیدی

شعله جدا شونده: اگر اکسیژن را بیش از حد باز کنیم شعله جدا شونده خواهیم داشت که عملا شعله پایداری نیست. در این حالت شعله از مشعل جدا شده و همراه با یک صدا خاموش می شود. این اتفاق گاهی هنگام خاموش کردن مشعل نیز رخ می دهد.

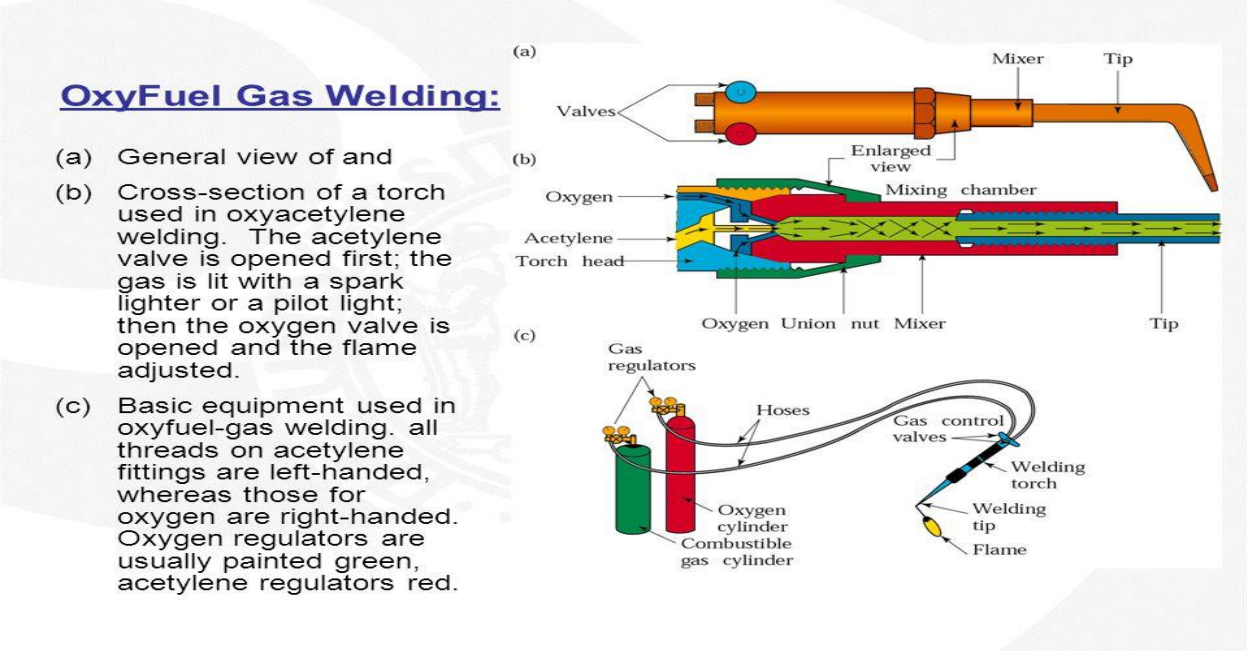
www.darsnevesht.com

سوال) یکی از مهارت های جوشکار اکسی استیلن تعیین نوع شعله از روی شکل آن است. حال با توجه به آن چه گفته شد، شعله ی خنثی و اکسیدی حدوداً شبیه هم هستند. حال با احتساب به این موضوع جوشکار با تجربه چگونه می تواند نوع شعله را تشخیص دهد؟

پاسخ: درست است که هر دو شعله از دو قسمت تشکیل شده اند اما هنگامی که شعله اکسیدی داریم، شعله باریک تر و طول آن کوتاه تر است. از طرفی شعله اکسیدی همراه با صدا می باشد. این در حالی است که شعله خنثی بی صدا است.

تجهیزات جوشکاری اکسی استیلن

تجهیزات جوشکاری اکسی استیلن عبارت هستند از: کپسول گاز اکسیژن، سیستم تامین گاز استیلن، شلنگ، فشار سنج، رگولاتور، مشعل جوشکاری و نازل. همان طور که در شکل 7 نمایش داده شده است اکسیژن و استیلن در داخل دو کپسول مجزا قرار دارند. بر روی هر کپسول یک فشار سنج وجود دارد که فشار داخل کپسول را مشخص می کند. از طرفی هر کپسول یک رگولاتور نیز دارد که به وسیله ی آن می توان فشار خروجی گاز را تنظیم کرد. گاز های اکسیژن و استیلن با فشار تنظیم شده وارد شلنگ می شوند و این شلنگ ها وارد مشعل جوشکاری می شود. در داخل مشعل یک محفظه ی اختلاط وجود دارد که دو گاز در داخل آن با هم ترکیب می شوند. سپس از طریق نازل از نوک مشعل خارج می شوند. با یک فندک گاز روشن شده و سپس شعله تنظیم می شود تا عملیات جوشکاری انجام شود.



شکل 7. تجهیزات جوشکاری اکسی استیلن

در ادامه به طور مفصل هر کدام از این تجهیزات را معرفی می کنیم.

www.darsnevesht.com

سیستم تامین گاز اکسیژن و استیلن: معمولا از کپسول های حاوی گاز اکسیژن و استیلن برای تامین سوخت در جوشکاری اکسی استیلن استفاده می شود. استیلن گازی است که نمی توان تحت فشار زیاد در سیلندر نگه داری کرد و اگر فشار از یک حدی بیشتر شود انفجار رخ می دهد. برای آن که بتوانیم حجم مشخصی از گاز استیلن را درون سیلندر نگه داری کنیم باید مواد اسفنجی شکل در بدنه سیلندر قرار گیرد و سپس استون را داخل سیلندر تزریق کنیم. در ادامه گاز استیلن به داخل کپسول تزریق می شود. استیلن و استون با هر نسبتی در هم قابلیت انحلال دارند. با افزایش فشار، حد اشباع استیلن در استون بیشتر می شود و به این ترتیب حجم قابل قبولی استیلن داخل سیلندر قرار می گیرد.

مشعل: در جوشکاری اکسی استیلن مشعل نقش بسیار کلیدی دارد. در واقع قبل از آن که گاز سوختنی و اکسیژن از نوک نازل خارج شوند باید به خوبی با هم مخلوط شوند. عمل مخلوط شدن در داخل محفظه ای که درون مشعل جوشکاری است انجام می شود. اگر عمل اختلاط به خوبی انجام نشود گاز خروجی به خوبی نمی سوزد و حرارت کافی برای احتراق فراهم نمی شود. بدنه بیرونی مشعل معمولا از جنس برنج است و دارای دو شیر ظریف اکسیژن و استیلن می باشد. با چرخاندن این شیر ها نسبت اکسیژن به استیلن تنظیم می شود ولی فشار اصلا تنظیم نمی شود و از طریق رگولاتور تنظیم فشار امکان پذیر است.

نازل (سر مشعل-افشانک): اکثرا از جنس مس است و یک سوراخ در نوک آن وجود دارد. گاهی سر مشعل از طریق قطر سوراخ و گاهی از طریق یک عدد بدون واحد معرفی می شود. سر مشعل های مختلف برای ضخامت های مختلف به کار می روند. اگر ضخامت فلز پایه زیاد باشد، باید سراغ سر مشعل های بزرگ تر برویم. وظیفه اصلی نازل متمرکز کردن شعله به میزان دلخواه است. اگر حرارت شعله در یک قسمت کوچک روی سطح نمونه متمرکز نشود، یا اصلا نمونه ذوب نمی شود و یا ناحیه ی وسیعی تحت تاثیر حرارت شعله قرار می گیرد که مطلوب جوشکاری نیست.

سوال) دو وظیفه اصلی مشعل و سر مشعل جوشکاری اکسی استیلن را توضیح دهید.

1- مشعل: مخلوط شدن گاز سوختنی و اکسیژن

2- سر مشعل: متمرکز کردن حرارت برای جوشکاری

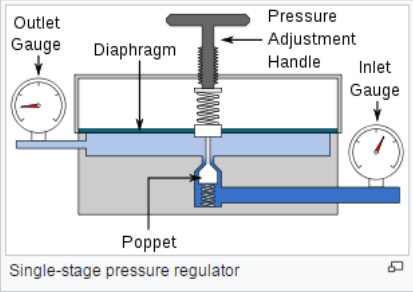
سوال) معیار های انتخاب سر مشعل را بنویسید.

1-متناسب با ضخامت قطعه انتخاب شود

2-بر اساس این که جوش ظریف می خواهیم یا نه

رگولاتور: از این وسیله برای تنظیم فشار خروجی استفاده می شود. در واقع فشار داخلی سیلندر همان فشار مورد نیاز برای جوشکاری نیست و به مرور زمان نیز افت می کند. بنابراین به یک وسیله برای تنظیم فشار نیازمند هستیم. شماتیک رگولاتور در شکل 8 نمایش داده شده است.

www.darsnevesht.com



شکل 8. شماتیک رگولاتور

گاز درون سیلندر از طریق دریچه ورودی (inlet) وارد فضای رگولاتور می شود. زمانی که وارد شد، از طریق روزنه ای که در قسمت پایینی وجود دارد وارد قسمت بالایی رگولاتور می شود و به زیر دیافراگم فشار وارد می کند. ناشی از این فشار دیافراگم (diaphragm) به بالا حرکت می کند و به فنر بالایی خود نیرو وارد می کند. زمانی که فشار خروجی را بر روی رگولاتور تنظیم می کنیم، در واقع فشار فنر بالایی بر دیافراگم تنظیم می شود. حال پاپت (poppet) و دیافراگم به هم متصل هستند. با بالا رفتن دیافراگم، پاپت هم به بالا کشیده می شود و به تدریج روزنه ی ورود گاز به قسمت بالایی محفظه رگولاتور بسته می شود. در این زمان فشار گاز زیر دیافراگم نیز با فشار فنر به حالت تعادل رسیده و دریچه خروجی باز می شود. گاز خروجی دارای فشار تنظیم شده بر روی رگولاتور است. حال با خروج گاز دوباره دیافراگم و در نتیجه پاپت به پایین بر می گردد و دوباره گاز وارد می شود و تعادل بین فشار گاز و فشار فنر مدام تنظیم می گردد. رگولاتور هایی که برای اکسیژن و استیلن به کار می روند با هم متفاوت هستند.

مواد مصرفی

در جوشکاری اکسی استیلن از گاز استیلن و گاز اکسیژن همیشه استفاده می شود ولی استفاده از فلز پرکننده و فلاکس (روان ساز) در برخی موارد الزامی است. برای مثال به منظور جوشکاری فلزاتی که واکنش پذیری بالا دارند، مانند آلومینیوم، باید از فلاکس استفاده شود تا با ایجاد یک لایه ی لعاب مانند بر روی مذاب از اکسیداسیون آن جلوگیری کند. همچنین در مواردی که ضخامت قطعه زیاد است و درز اتصال باریک نیست، باید از فلز پرکننده برای پر کردن درز اتصال استفاده شود.

فلز پرکننده: در فرآیند جوشکاری قوس با الکترود روکش دار، ضمن جوشکاری علاوه بر آن که فلز پایه ذوب شود، الکترود نیز ذوب می شود و به پر کردن درز اتصال کمک می کند؛ اما در فرآیند جوشکاری اکسی استیلن به دلیل استفاده از شعله، صرفا فلز پایه ذوب شده و الکترودی وجود ندارد که به حوضچه مذاب بپیوندد. حال در مواردی که درز اتصال نسبتا پهن داریم ذوب فلز پایه برای پر کردن درز اتصال کافی نیست و باید از یک فلز پرکننده استفاده شود. برای این منظور از سیم جوش یا مفتول عمدتا هم جنس با فلز پایه استفاده می شود. با قرار دادن شعله روی قطعه کار و ایجاد حوضچه ی مذاب بر روی آن، مفتول نیز به طور متناوب به حوضچه ی مذاب نوک زده می شود تا ذوب شود و به حوضچه مذاب اضافه گردد. شکل 9 نحوه ی استفاده از فلز پرکننده به هنگام جوشکاری نمایش داده شده است.

www.darsnevesht.com

شکل 9. طریقه قرارگیری فلز پرکننده نسبت به مشعل و زاویه ی آن

در استاندارد AWS A5.2 فلز های پرکننده مورد استفاده در جوشکاری اکسی استیلن لیست شده اند. در جدول 4 ترکیب شیمیایی این فلزات پر کننده آورده شده است. با توجه به ترکیب شیمیایی فلز پایه، باید فلز پرکننده ای استفاده شود که ترکیب شیمیایی آن نزدیک فلز پایه باشد. در ادامه جدول 4 آمده است.

Table 4
Chemical Composition Requirements for Welding Rods and Rod Stock

AWS Classification		UNS	Amount, Percent by Weight[b]									
A5.2	A5.2M	Number[a]	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	A1
R45	RM30	K00045	0.08	0.50	0.10	0.035	0.040	0.30	0.20	0.30	0.20	0.02
R60	RM40	K00060	0.15	0.90 to 1.40	0.10 to 0.35	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.20	0.02
R65	RM45	K00065	0.15	0.90 to 1.60	0.10 to 0.70	0.035	0.035	0.30	0.40	0.30	0.20	0.02
R100	RM69	K12147	0.18 to 0.23	0.70 to 0.90	0.20 to 0.35	0.025	0.025	0.15	0.40 to 0.60	0.40 to 0.70	0.15 to 0.25	0.02
R(X)XX-G[c]	RMXX-G[d]	◄ Not Specified ►										

[a] SAE HS-1086/ASTM DS-56, *Metals & Alloys in the Unified Numbering System.*
[b] Single values are maxima.
[c] Designators "(X)XX" correspond to minimum tensile strength of weld metal in ksi (see Note b of Table 1).
[d] Designators "XX" correspond to minimum tensile strength of weld metal in multiples of 10 MPa (see Note c of Table 1).

این فلزات پر کننده نیز مانند الکترود های مورد استفاده در جوشکاری قوس با الکترود روکش دار دارای قطر استاندارد هستند. جدول 5 قطر استاندارد به همراه تلورانس آن را نمایش می دهد.

www.darsnevesht.com

Table 5
Standard Filler Metal Sizes[a]

Standard Package Form	Diameter A5.2 (in)		Diameter A5.2M (mm)	Tolerance in	Tolerance mm
Straight lengths[b]	1/16	(0.062)	1.6	±0.002	±0.05
	3/32	(0.094)	2.4		
	—	(0.098)	2.5		
	1/8	(0.125)	3.2		
	5/32	(0.156)	4.0		
	3/16	(0.188)	4.8[c]		
	—	(0.197)	5.0		
	—	(0.236)	6.0		
	1/4	(0.250)	6.4[c]		

[a] Other sizes may be supplied as agreed upon between the purchaser and supplier.
[b] The standard length of the welding rod shall be 36 in +0, −1 /2 in [900 mm +15 mm, −0 mm]. Other lengths may be supplied as agreed upon between the purchaser and supplier.
[c] All sizes in mm are standard in ISO 544 except 4.8 mm and 6.4 mm.

بسته به حرارت شعله و حجم درزی که قرار است پر شود، از مفتول با قطر مناسب استفاده می شود. در صورتی که قطر بیش از حد بزرگ باشد مفتول به قطعه می چسبد و اگر خیلی باریک باشد، سرعت جوشکاری را پایین می آورد و مرتبا باید جوشکار عملیات جوشکاری را متوقف کند و از فلز پرکننده جدید استفاده کند.

فلاکس: زمانی که مفتول را خریداری می کنیم روان ساز مخصوص آن نیز توسط فروشنده توصیه می شود. در استاندار AWS نیز روان ساز های مربوط به هر مفتول آورده شده است. روان ساز ها معمولا ترکیبات کلریدی، بورایدی یا فلوریدی هستند. نقش آن ها روان کردن، سیالیت و کمک به محافظت از حوضچه مذاب است. حال برای یک فولاد معمولی ساختمانی ممکن است آنقدر اهمیت نداشته باشد ولی برای آلومینیوم حتما باید به کار رود. یعنی برای آلومینیوم نمی توانیم بگوییم با شعله حفاظت به خوبی انجام می شود چون اگر ضمن گرم شدن قطعه، اکسید آلومینیوم در لبه ها ایجاد شود ادغام مذاب و در نتیجه اتصال دهی رخ نمی دهد. روان ساز با ایجاد ترکیبی با اکسید آلومینیوم دمای ذوب آن را پایین می آورد و ترکیب حاصله چگالی کمی نیز دارد پس روی سطح مذاب قرار می گیرد. روان ساز معمولا به صورت پودر مورد استفاده قرار می گیرد، به این صورت که ابتدا نوک مفتول گرم می شود سپس وارد روان ساز می شود؛ در نتیجه ی این کار روان ساز به نوک مفتول می چسبد و آن را در درز اتصال قرار می دهیم و جوشکاری می کنیم.

محافظت از حوضچه مذاب

گاز های حاصل از احتراق می توانند CO_2 و H_2O (در صورت احتراق کامل) یا CO و H_2 (در صورت احتراق ناقص) باشند. این گاز ها به صورت یک هاله اطراف مذاب را می گیرند و اجازه ی ورود اکسیژن و نیتروژن به مذاب را نمی دهند. بنابراین عمل محافظت را محصولات احتراق انجام می دهند. اما در برخی موارد مانند جوشکاری آلومینیوم علاوه بر محصولات احتراق، فلاکس یا روان ساز نیز به محافظت کمک می کند که نحوه ی کار روان ساز در قسمت مواد مصرفی-فلاکس توضیح داده شده است. علاوه بر حوضچه مذاب که نیاز به محافظت دارد، نوک مفتول (فلز پرکننده) نیز به دلیل دمای بالایی که دارد باید محافظت شود. بنابراین در مواردی که از فلز پرکننده استفاده می شود باید نوک فلز پرکننده نیز در هاله گازی باقی بماند.

سوال) در صورتی که فلز پر کننده ای که ضمن جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد را بیش از حد از ناحیه ی جوش خارج کنیم چه مشکلاتی پیش می آید؟

www.darsnevesht.com

اکسیداسیون نوک فلز پرکننده: اولین مشکلی که پیش می آید اکسید شدن نوک مفتول است. نوک مفتول دمای بالایی دارد و در صورتی که از هاله گازی خارج شود اکسید می شود. حال در ادامه زمانی که مفتول در داخل حوضچه قرار می گیرد این اکسید های فلزی وارد حوضچه می شوند و بر خواص مکانیکی تاثیر منفی می گذارند.

سرد شدن آن و چسبیدن به قطعه: در صورتی که نوک مفتول در هاله ی گازی و در تماس با محیط شعله باشد همواره گرم می ماند. اما در صورتی که از هاله خارج شود، مفتول سرد می شود. حال موقعی که مفتول سرد دوباره به حوضچه اضافه می شود ممکن است کل حرارت حوضچه را بگیرد و حوضچه جامد شود. در این حالت مفتول به قطعه کار می چسبد.

سوال) در صورتی که مفتول را در محل مناسب قرار می دهیم ولی باز مفتول به قطعه می چسبد علت چه می تواند باشد؟

اگر مفتول در هاله گازی باشد باز هم در یک حالت ممکن است مفتول به قطعه کار بچسبد. این بار دلیل چسبیدن، سرد بودن نوک مفتول نیست بلکه قطر آن است. در واقع قطر مفتول باید متناسب با ضخامت و پهنای جوش مورد نیاز (ضخامت قطعه) و حرارت شعله باشد. در صورتی که شعله کوچک داشته باشیم و مفتول قطور استفاده کنیم چون حجم مذاب کوچک و قطر مفتول بزرگ است کل حرارت حوضچه توسط مفتول جذب شده و حوضچه به یکباره جامد می شود. مفتول هم به حوضچه و در نتیجه قطعه می چسبد. بنابراین باید قطر مفتول به درستی انتخاب شود.

برگشت رو به عقب شعله (back fire)

زمانی که به دلیل تشعشع، سر مشعل گرم شده و دمای مخلوط گازی در داخل خود مشعل به درجه حرارت اشتعال می رسد، جبهه اشتعال به داخل کشیده می شود و باعث انفجار مشعل می شود. این موضوع هم برای مشعل های بزرگ و هم مشعل های کوچک می تواند رخ دهد.

سوال) جوشکاری با استفاده از سر مشعل 2.5 میلی متری بر روی یک قطعه فولادی با ضخامت 2 میلی متر جوشکاری انجام می دهد. حال برای جوشکاری یک قطعه ی 5 میلی متری نیز می خواهد از همان سر مشعل استفاده کند. آیا امکان برگشت شعله به عقب وجود دارد یا نه؟

بله. زمانی که می خواهیم با همان سر مشعل 2.5 میلی متری بر روی قطعه ی 5 میلی متری جوشکاری انجام دهیم باید شیر اکسیژن و استیلن را بیشتر باز کنیم تا شعله ی قوی تری داشته باشیم. حال این شعله بسیار پر حرارت است ولی سر مشعل ظریف است. در اثر تشعشع حاصل از شعله سر مشعل گرم می شود و گاز داخل مشعل به دمای احتراق می رسد. در نتیجه قبل از خروج گاز از سر مشعل، در خود مشعل احتراق رخ می دهد. بنابراین باید سر مشعل متناسب با ضخامت قطعه کار عوض شود.

سوال) جوشکاری با استفاده از سر مشعل 4 میلی متری بر روی یک قطعه فولادی با ضخامت 4 میلی متر جوشکاری انجام می دهد. حال برای جوشکاری یک قطعه ی 2 میلی متری نیز می خواهد از همان سر مشعل استفاده کند. آیا امکان برگشت شعله به عقب وجود دارد یا نه؟

بله. اما این بار به یک دلیل دیگر امکان برگشت شعله وجود دارد. زمانی که می خواهیم روی قطعه ی 2 میلی متری با همان سر مشعل 4 میلی متری جوشکاری انجام دهیم باید شیر اکسیژن و استیلن را کمتر باز کنیم. در این حالت شعله کوچک داریم که تشعشع آن زیاد نیست ولی از طرفی جریان گاز نیز کم است. جریان گاز به خنک کردن سر مشعل کمک می کند و اکنون چون جریان گاز کمی داریم عمل خنک کاری به خوبی انجام نمی شود. درست است که تشعشع کمتر شده و نرخ گرمایش کاهش یافته

www.darsnevesht.com

ولی نرخ سرمایش نیز به دلیل جریان کم گاز خروجی کاهش یافته و نرخ گرمایش غالب می شود. جوشکار ها اصطلاحا می گویند زمانی که فشار گاز کم است برگشت شعله رخ می دهد. که دلیل آن کاهش نرخ سرمایش است.

سوال) گاهی اوقات گفته می شود اگر مشعل ضمن جوشکاری اکسی استیلن گرم شود، شعله را خاموش کنید و مشعل را داخل آب خنک کنید و دوباره جوشکاری را ادامه دهید. نظر شما در این باره چیست؟ آیا با درست تنظیم کردن متغییر ها اصلا نیاز به این کار خواهد بود یا نه؟

خیر. در صورتی که درست متغییر ها را تنظیم کنیم، نیاز به خنک کردن مشعل نباید باشد. در واقع همان اکسیژن و استیلن ضمن خروج عمل خنک کاری شعله را باید بتوانند انجام دهند. از طرفی مشعل اگر تا حدودی گرم شود (نه این که به دمای اشتعال برسد) خوب هم هست زیرا گاز قبل از سوختن عمل پیش گرم را تجربه می کند.

مراحل کار برای جوشکاری اکسی استیلن

- ✓ ابتدا فشار گاز اکسیژن و استیلن را باید تنظیم کنیم. باید اول شیر اکسیژن یا استیلن را روی مشعل باز کنیم و بعد فشار را تنظیم کنیم. در صورتی که ابتدا تنظیم کنیم و بعد شیر را باز کنیم فشار تغییر می کند
- ✓ روشن کردن مشعل مرحله ی بعدی است. به نظر می رسد شیر اکسیژن و استیلن را باز می کنیم و یک فندک هم می زنیم تا روشن شود. اما باید شیر اکسیژن را ¼ دور و شیر استیلن را ½ دور باز کنیم. در این حالت شعله ای که با فندک روشن می شود به اندازه یک شعله کبریت است. سپس به تدریج شیر اکسیژن و استیلن را زیاد می کنیم تا شعله تنظیم شود. یا می توان صرفا گاز استیلن را باز کرد و شعله را روشن کرد.
- ✓ تنظیم شعله مرحله ی بعد است. برای شعله احیایی باید سه ناحیه ی متمایز ببینیم و برای خنثی و اکسیدی دو ناحیه مجزا داریم. فرق شعله اکسیدی با خنثی در صدای آن و کشیدی شعله است.
- ✓ انتخاب فلز پرکننده و روان ساز متناسب با جوش
- ✓ شعله را در مسیر جوشکاری حرکت می دهیم. سرعت جوشکاری به صورت تجربی توسط جوشکار تعیین می شود. زاویه جوشکاری معمولا بین 45 تا 60 درجه است. باید قسمت هسته داخلی در تماس با نمونه جوشکاری قرار گیرد.
- ✓ اضافه کردن مفتول و روان ساز حین جوشکاری
- ✓ موقع خاموش کردن شعله اگر شیر اکسیژن را سریع ببندیم، تا بیاییم شیر استیلن را ببندیم شعله دود زا محیط را کثیف می کند. اگر شیر استیلن را ببندیم همراه با صدای خیلی بد شعله خاموش می شود. پس باید دوباره به تدریج اکسیژن و استیلن را کم کنیم تا به یک شعله خیلی کم برسیم. حال دیگر فرقی ندارد اکسیژن را اول ببندیم یا استیلن.

نکات تکنیکی و ایمنی

- ❖ اطمینان حاصل کنید که نوک مشعل تمیز است. در صورتی که تمیز نباشد از تجهیزات ویژه برای تمیز کردن آن استفاده کنید (فیلم آموزشی)
- ❖ برای استفاده از فلاکس باید نوک مفتول را که گرم شده درون پودر بزنیم و این کار را مدام تکرار کنیم

www.darsnevesht.com

- از عینک و لوازم ایمنی متناسب با فرآیند جوشکاری استفاده شود
- جهت جوشکاری برای افراد راست دست از راست به چپ و برای افراد چپ دست از چپ به راست است.

تکلیف دوم

فرض کنید شعله تنظیم نیست و حرارت زیادی دارد. حال می خواهیم جوش ظریفی هم ایجاد کنیم. جوشکار ادعا می کند که شعله را نزدیک می گیرد و وقتی ذوب می خواهد بریزد آن را عقب می کشد و به این ترتیب جوش موفقیت آمیز ایجاد می شود. در صورتی که با این روش به عمق نفوذ کامل برسیم آیا می توان گفت جوش حاصله با کیفیت است؟

لینک فیلم های آموزشی اکسی استیلن

1)

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjqIj8ycfTAhVGXSwKHWmBBxIQtwIIJTAA&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DkPW06n-27FY&usg=AFQjCNEPcJmRnWQs2dBXZYakSFWu3eUmYg

2)

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjN2ZCsysfTAhWCkCwKHaWRDLkQtwIIIzAA&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3Dy_QMD6uDLP8&usg=AFQjCNH5FFxeyfTNvvGqvNq_fV72DyfPJA

www.darsnevesht.com