

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com







بسمه تعالی

International welding engineer(IWE)

عنوان:

جوشکاری زیرپودری

Section:1-10: Sabmerjed arc welding

ارائه دهنده:

محمد حسین حلاج

سرفصل ها

- اصول و مشخصات جوشکاری قوسي تحت پوشش فلاکس

- تعریف فرآیند طبق DIN 1910
- تفاوت های عمده با سایر پروسه های جوشکاری قوس تحت محافظت سرباره

- تجهیزات اصلی و لوازم جانبی

- تجهیزات اصلی شامل منبع قدرت ، نازل ، سیستم های کنترل آمپر ، ولتاژ ، تغذیه سیم ، تنظیم سرعت ، هدایت پودر و ...
- تجهیزات فرعی شامل سیستم جمع آوری پودر ، بوم و ستون ، فیکسچر های مخصوص ، موقعیت دهنده ، سیستم اضافه نمودن پودر آهن و ...

- منبع قدرت

- مشخصات استاتیکی قوس و منبع قدرت و شیوه های مختلف کنترل طول قوس
- انواع جریان و قطبیت ، شرایط استفاده و اثر آنها روی نفوذ

سرفصل ها

- مواد مصرفي

- سیم جوش : انواع از نظر ترکیب شیمیایی ، شکل و محدوده ابعادي
- پودر جوش: انواع از نظر روش تولید ، دانه بندي و ترکیب شیمیایی
- استاندارد هاي مطرح در زمینه طبقه بندي پودر و سیم جوش
- نکات لازم در خصوص چگونگی نگهداري و مصرف پودر جوش
- تحلیل و تبیین رابطه نوع پودر با واکنش هاي مذاب .سرباره و اثر آن روی خواص جوش

- متغیر هاي فرآیند

- جریان (نوع ، قطبیت و شدت)
- ولتاژ
- سرعت جوشکاری
- سیم جوش (ترکیب ، شکل ، ابعاد ، سرعت راندن ، زاویه ، بیرون زدگی نوک الکترود)

سرفصل ها

- آماده سازي لبه و نکات تکنیکی

- انواع طرح اتصال و اثر آنها روی میزان نفوذ و عیوب احتمالی
- سیستم های پشت بند
- تنظیم دستگاه پیش از جوشکاری
- نکات ایمنی

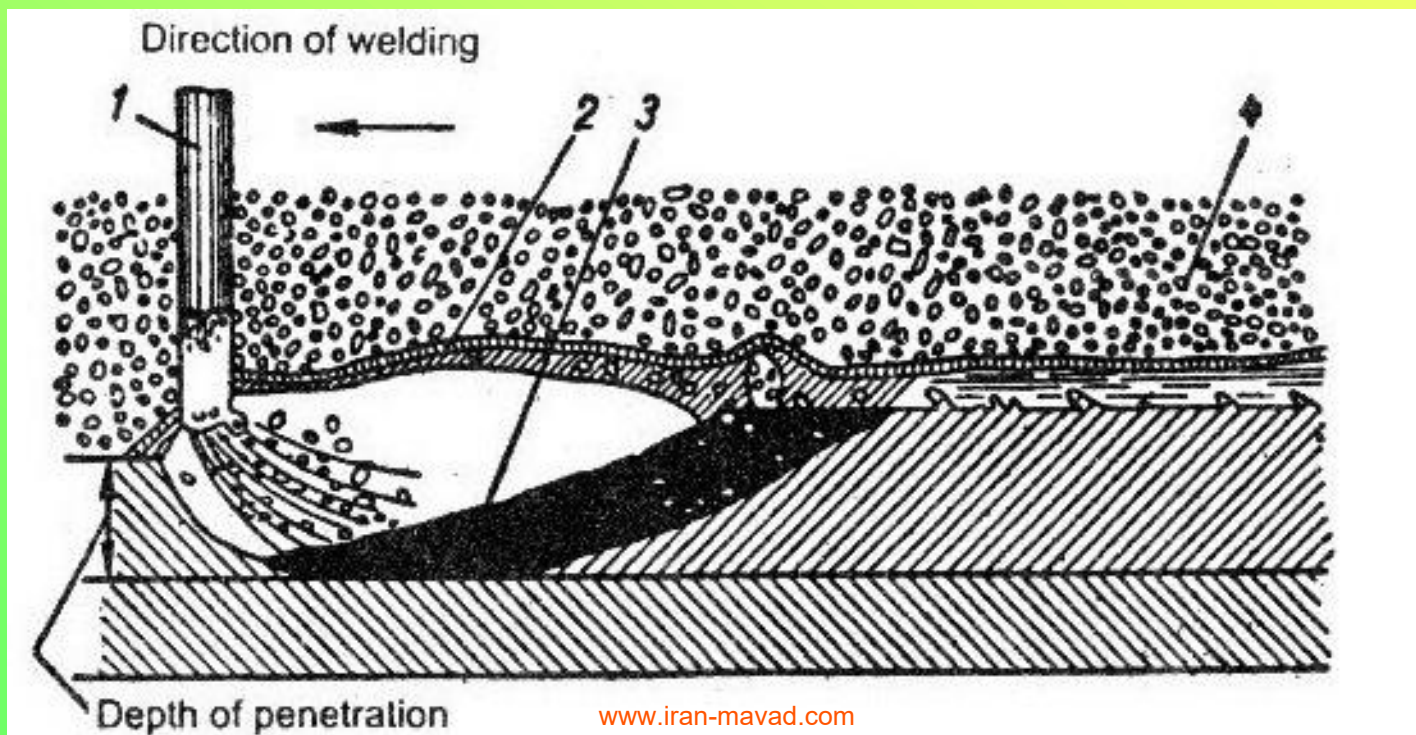
- محدوده کاربرد

- روش های Twin و Tandem
- ساخت لوله و اتصالات جوشی
- ساخت مخازن
- کشتی سازی
- پوشش دهی (پوشش زنگ نزن و پوشش مقاوم به سایش)

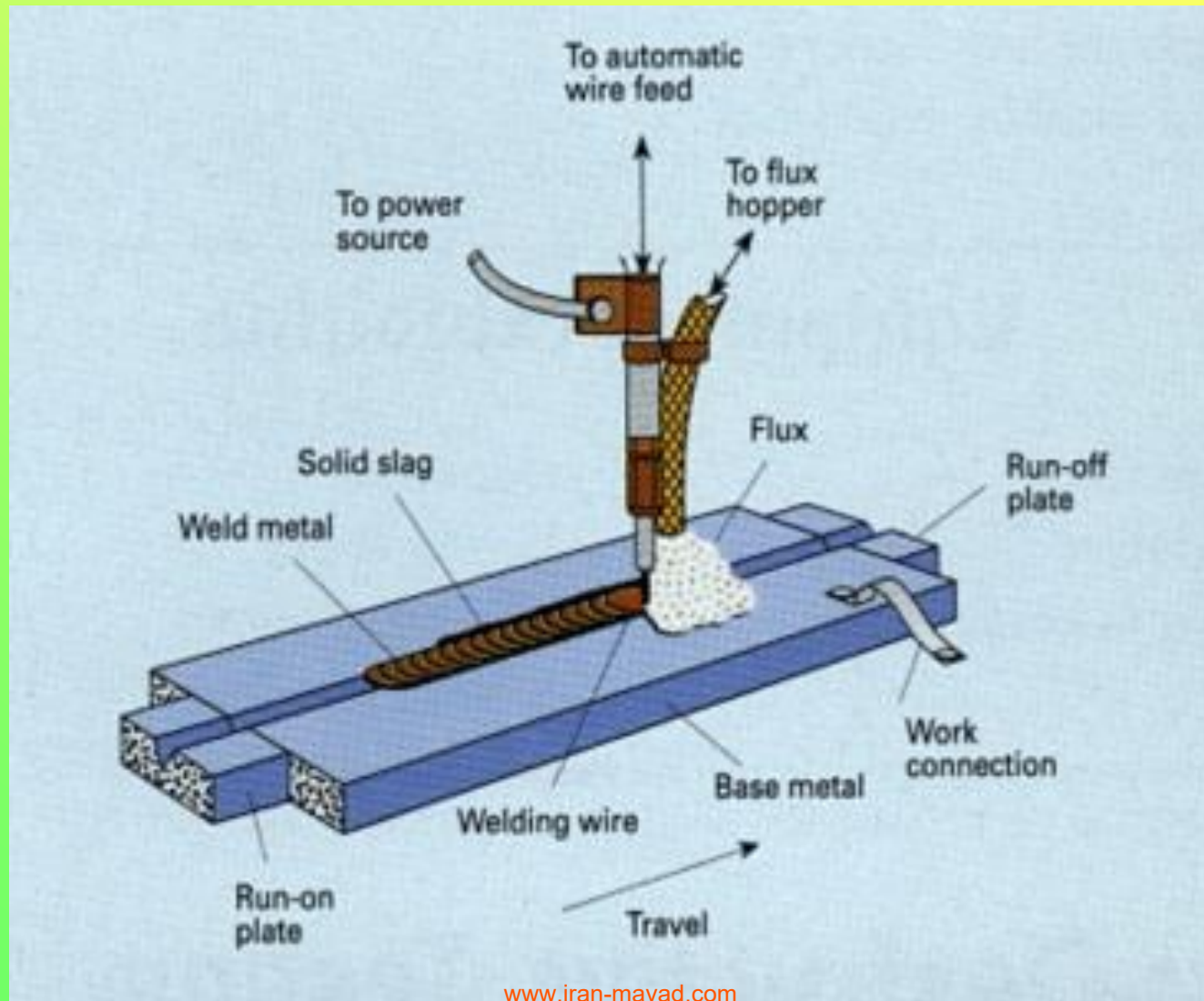
اصول و مشخصات جوشکاری قوسي تحت پوشش فلاکس

تعريف مطابق DIN 1910

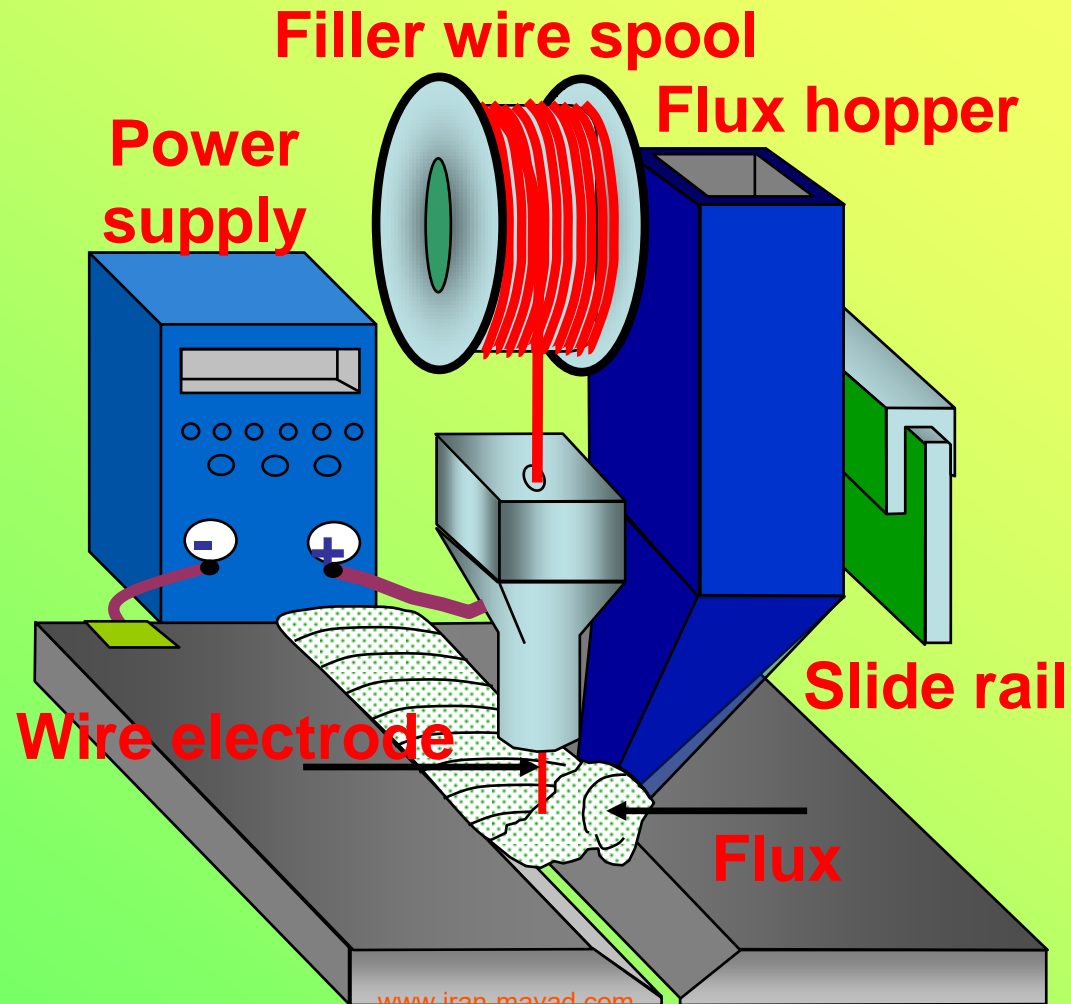
جوشکاری از طریق قوس مخفي میان یک الکترود مصرفي و قطعه کار و یا میان دو الکترود که قوس و منطقه جوش به وسیله یک لایه فلاکس پوشیده شده و حوضچه جوش به واسطه سرباره در مقابل نفوذ اتمسفر محافظت می شود



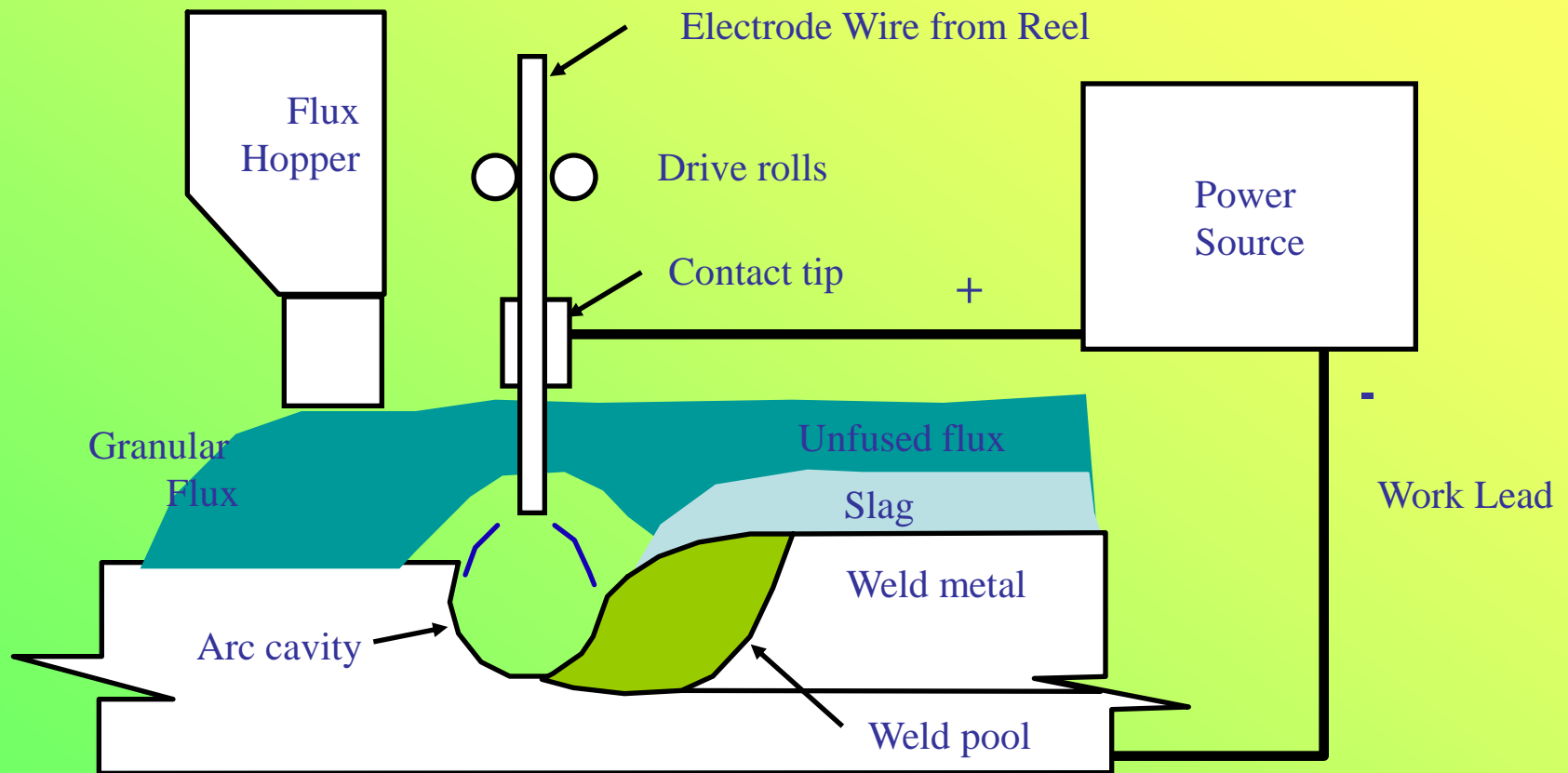
تصویر شماتیک فرآیند



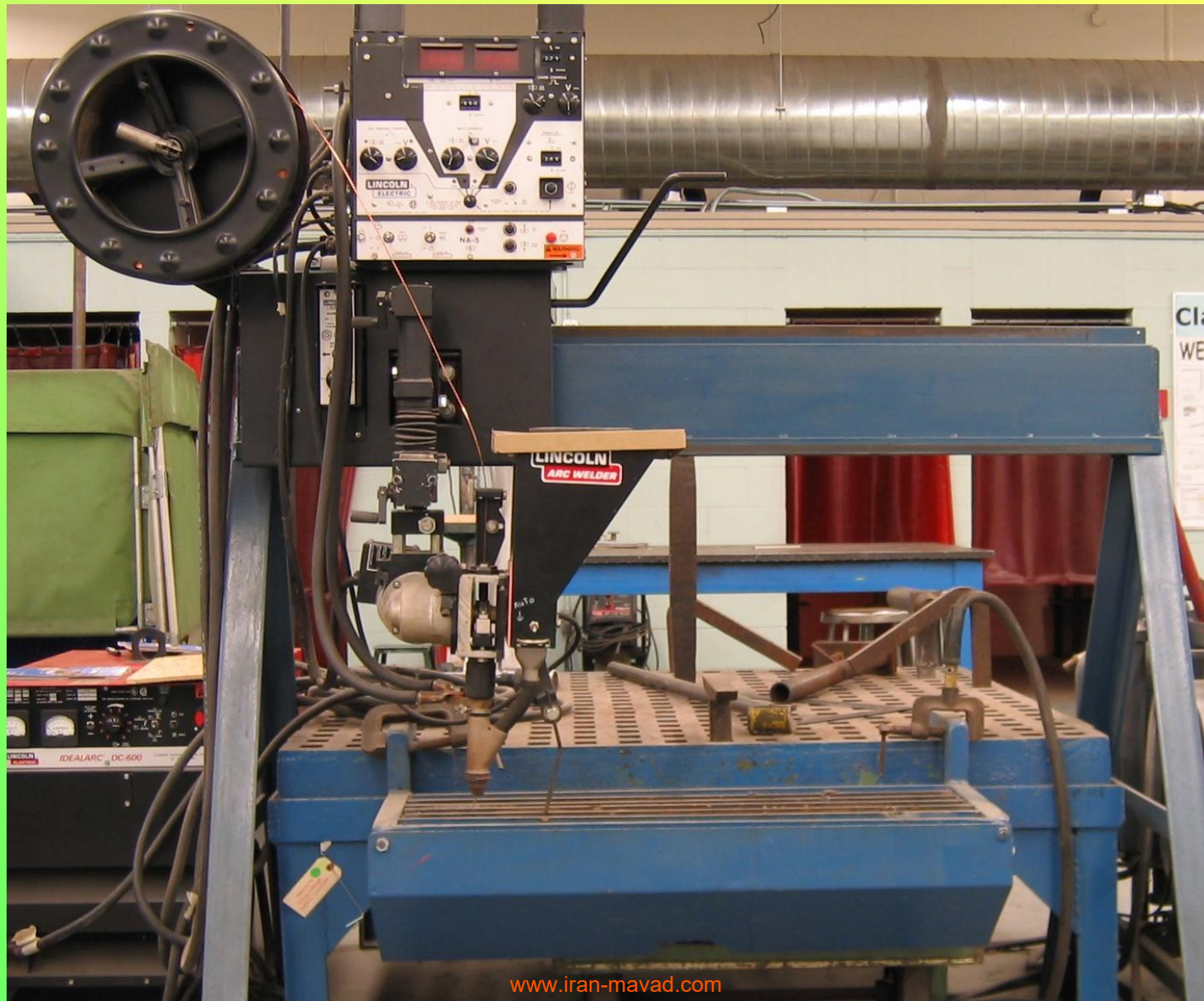
کلیات فرایند



نحو اتصال جریان الکتریکی



نمایی از دستگاه جوش زیرپودری



نمایی از نازل در حال جوشکاری

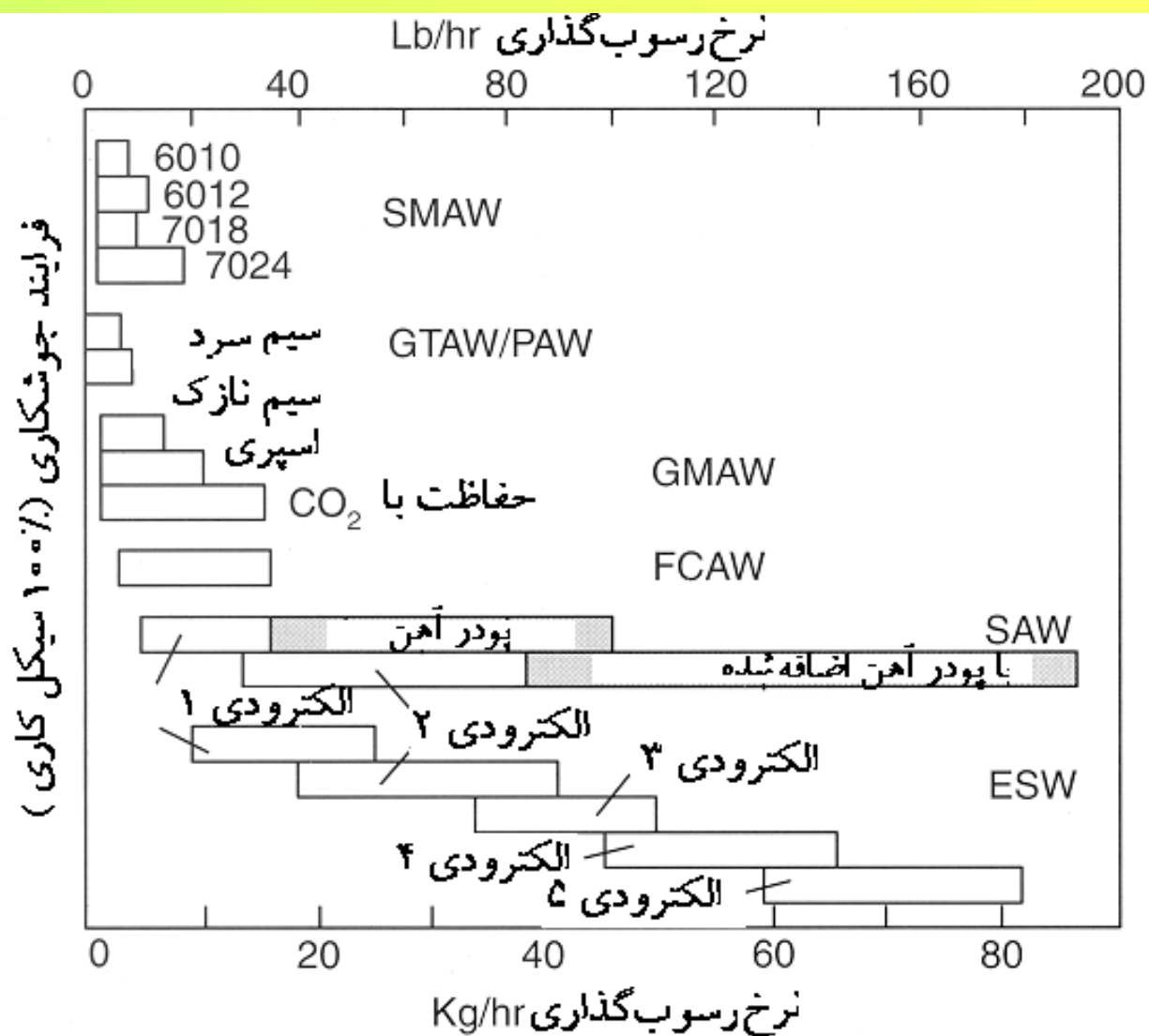


فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)



وجوه تمایز اصلی با سایر پروسه های جوشکاری تحت پوشش سرباره

- نرخ یا بازدهی رسوب بالا (سرعت تولید بالا)
- پیوسته بودن فرآیند (سرعت تولید بالا)
- ماشینی بودن فرآیند (تاثیر کم اپراتور روی کیفیت جوش حاصل)
- راندمان حرارتی بالایی قوس (اتلاف کم) و حرارت ورودی بالا و در نتیجه مقدار نفوذ زیاد (جوشکاری قطعات با ضخامت بالا)



مقایسه نرخ رسوب گذاری در انواع فرایندهای جوشکاری قوسی

www.iran-mavad.com

مرجع علمی مهندسی مواد

کاربردهای اصلی جوشکاری زیرپودری

- مخازن تحت فشار
- کشتی سازی
- ساخت لوله
- سازه های ساختمانی بزرگ

فاکتورهای موثر بر انتخاب یا عدم انتخاب SAW

- ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی مورد نیاز برای جوش
- ضخامت
- شرایط دسترسی اتصال
- موقعیت جوشکاری (Position)
- حجم جوشکاری و تعداد آن

تنوع فرآیند از نظر اتوماسیون

(مطابق تعریف استانداردهای آمریکایی)

- نیمه اتوماتیک (Semiautomatic): تغذیه سیم جوش به صورت اتوماتیک و حرکت Gun با دست انجام می شود.
- ماشینی (Machine): نیازمند اپراتور برای تنظیم و نظارت
- اتوماتیک (Automatic): بدون نیاز به اپراتور

جوشکاری نیمه توماتیک زیر پودری



تجهيزات اصلي و كمكي فرآيند

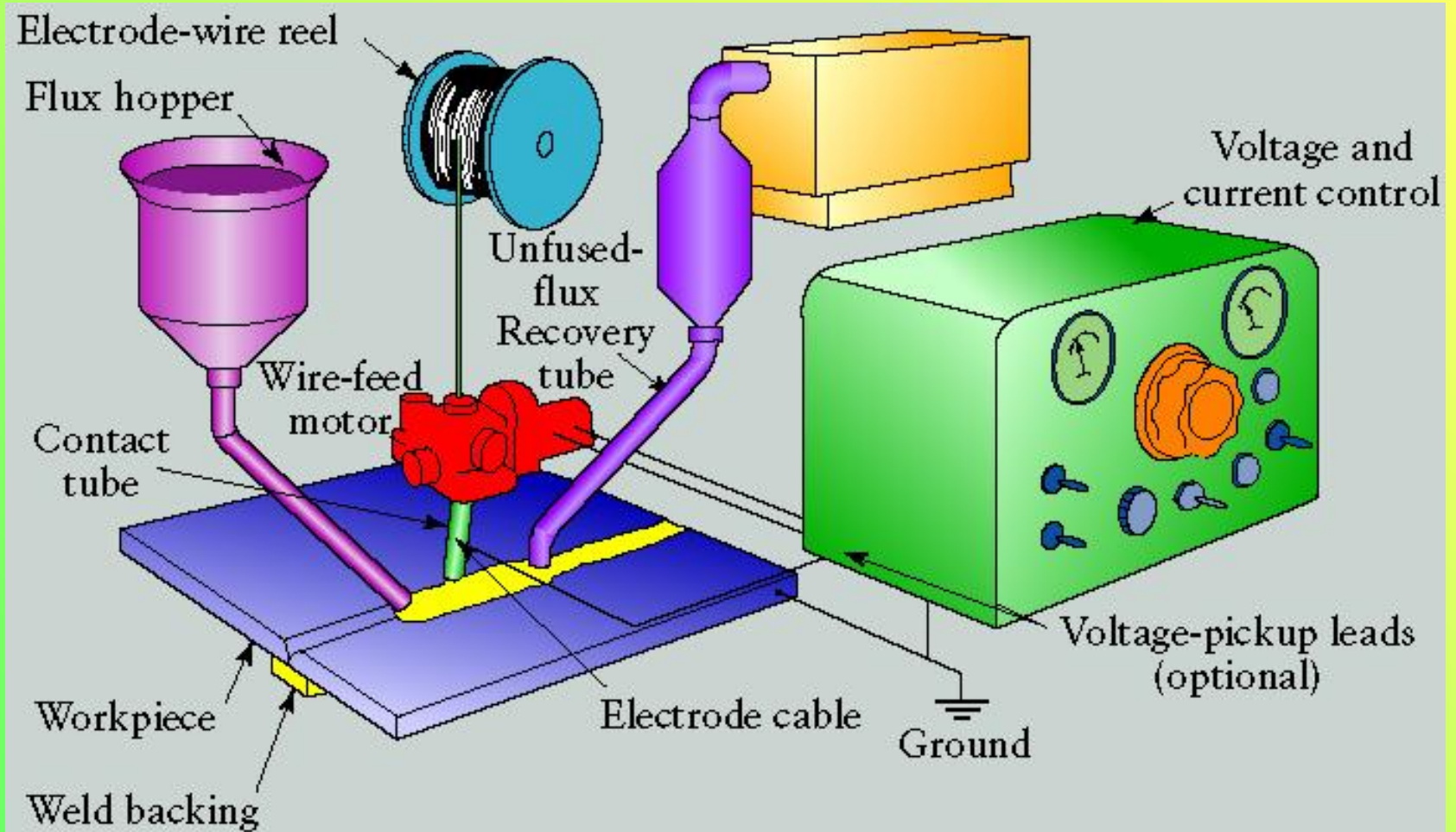
تجهيزات اصلي

- منبع قدرت
- سيستم تغذيه الكتروود
- سيستم توزيع فلاكس
- سيستم ايجاد حركت در جهت جوشكاري (Travel)
- سيستم كنترل

تجهيزات كمكي متداول

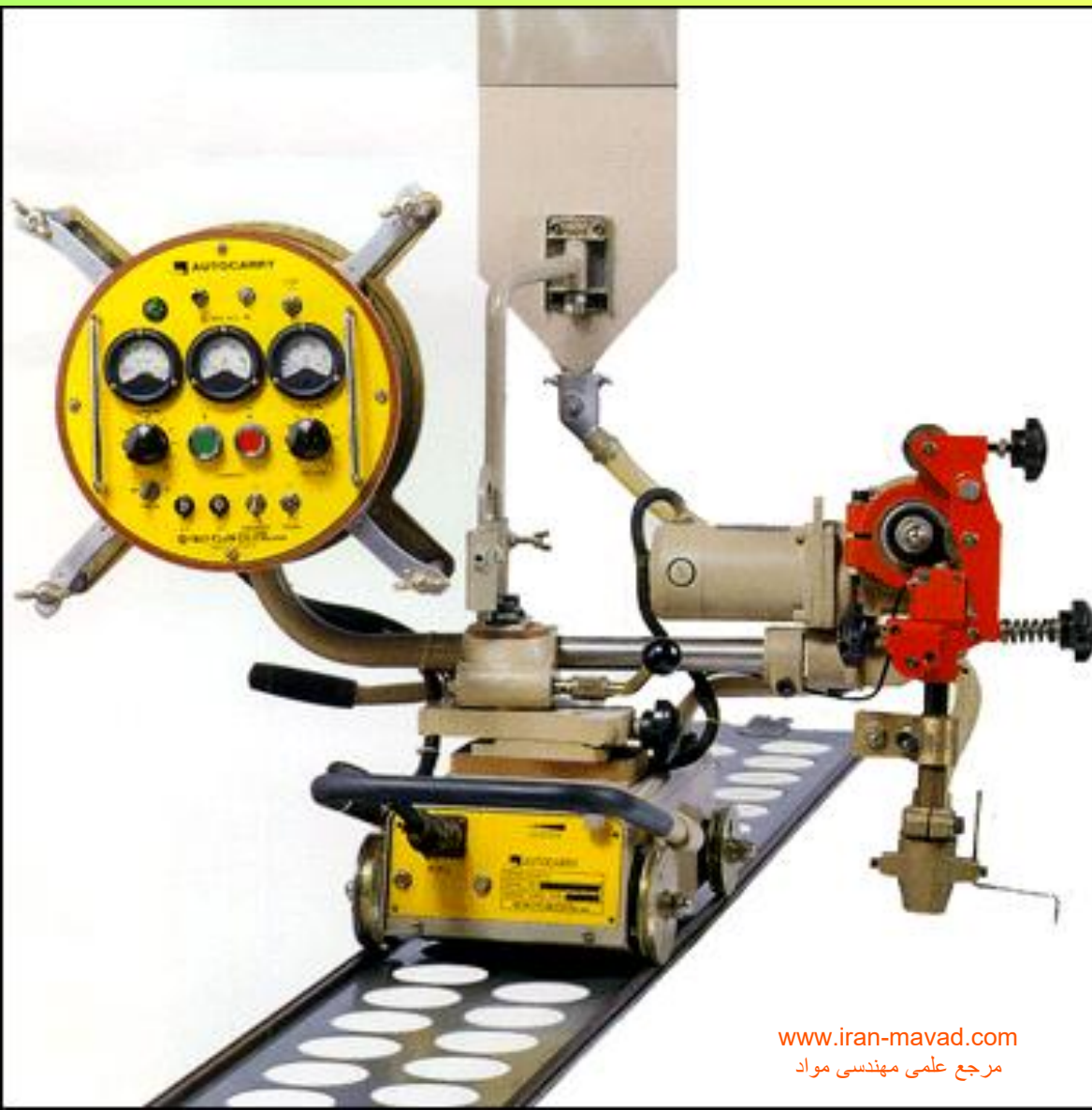
- سيستم بازيايي فلاكس
- تجهيزات مربوط به Positioning (موقعيت دهنده ها و چرخاننده ها)
- تجهيزات مربوط به Manipulating (مانند بوم و ستون)
- فيكسچر هاي مخصوص
- سيستم اضافه نمودن پودر آهن

تجهيزات اصلی فرایند

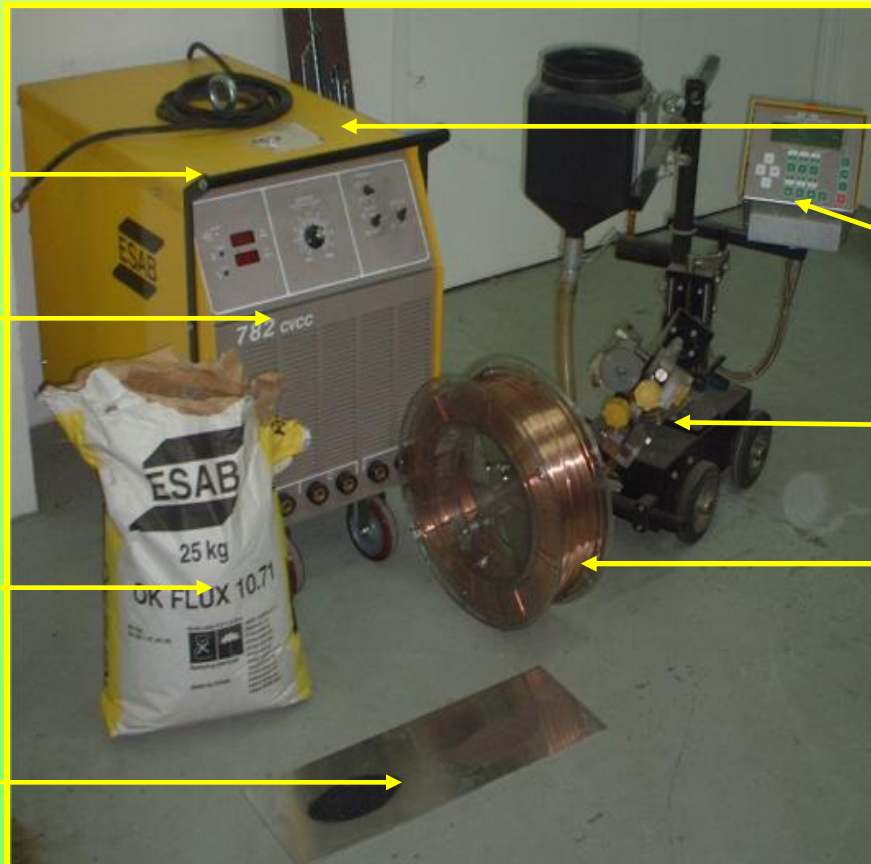


فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)

❖ تجهیزات فرایند



نمایی از یک دستگاه ساده زیرپودری



**Power return
cable**

**Power control
panel**

**Granulated
flux**

**Granulated
flux**

**Transformer/
Rectifier**

**Welding carriage
control unit**

Welding carriage

**Electrode wire
reel**

بوم و ستون جوشکاری



موقعیت دهنده



چرخاننده



Turn Rollers

عملکرد بوم و ستون و چرخاننده



Column & Boom Machine with Saw

انواع منابع قدرت

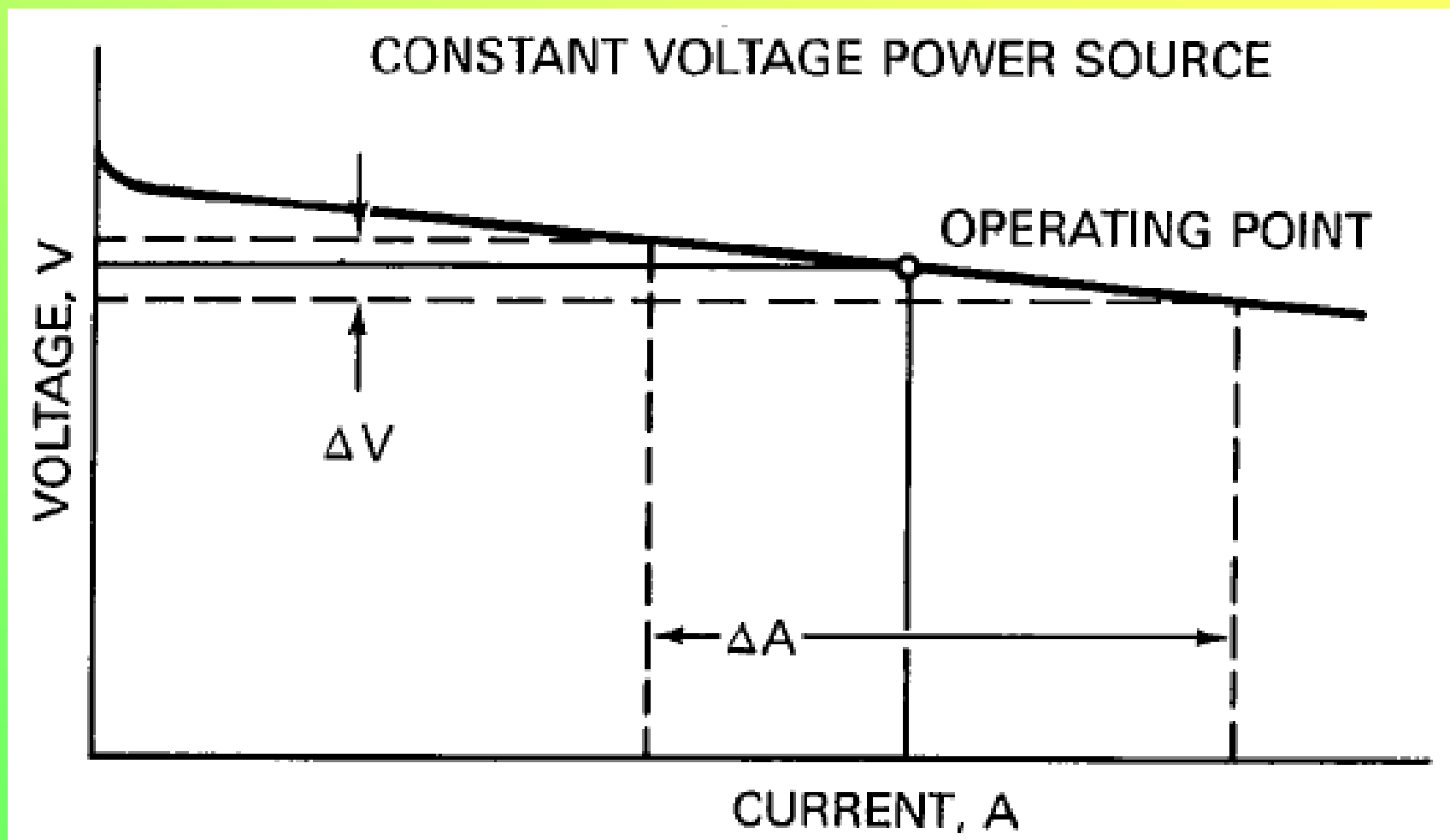
- جریان مستقیم (CC، CV، یا CC/CV)

- جریان متناوب (CC یا CV)

منبع قدرت جریان مستقیم ولتاژ ثابت

- ترانسفرمر .رکتي فاير يا ژنراتور
- 400 تا 1500 آمپر
- سیستم Self Regulating جهت کنترل ولتاژ
- منبع قدرت ولتاژ قوس را کنترل مي کند
- قطر سیم و سرعت تغذیه جریان را کنترل مي کنند.
- در جریانهایی بالا (مخصوصاً بالای 1000 آمپر) وزش قوس تولید مشکل می کند.

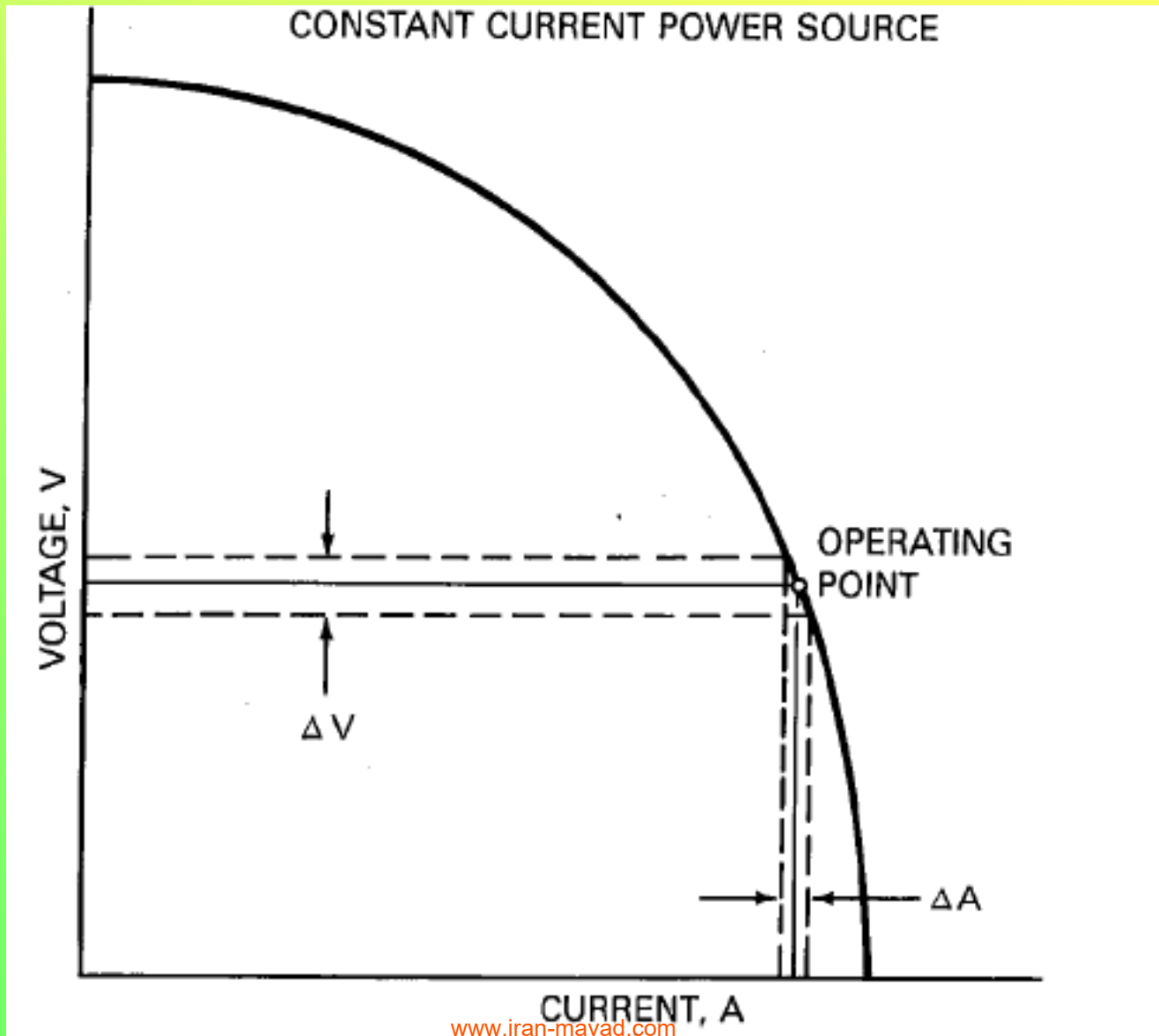
مشخصه ولت . آمپر ولتاژ ثابت



منبع قدرت جریان مستقیم جریان ثابت

- ترانسفرمر .رکتي فاير يا ژنراتور
- تا 1500 آمپر (معمولاً در جريانهاي بالا)
- منبع قدرت جريان قوس را کنترل مي کند
- در جريانهاي بالا (مخصوصاً بالاي 1000 آمپر) وزش قوس توليد مشکل مي کند.

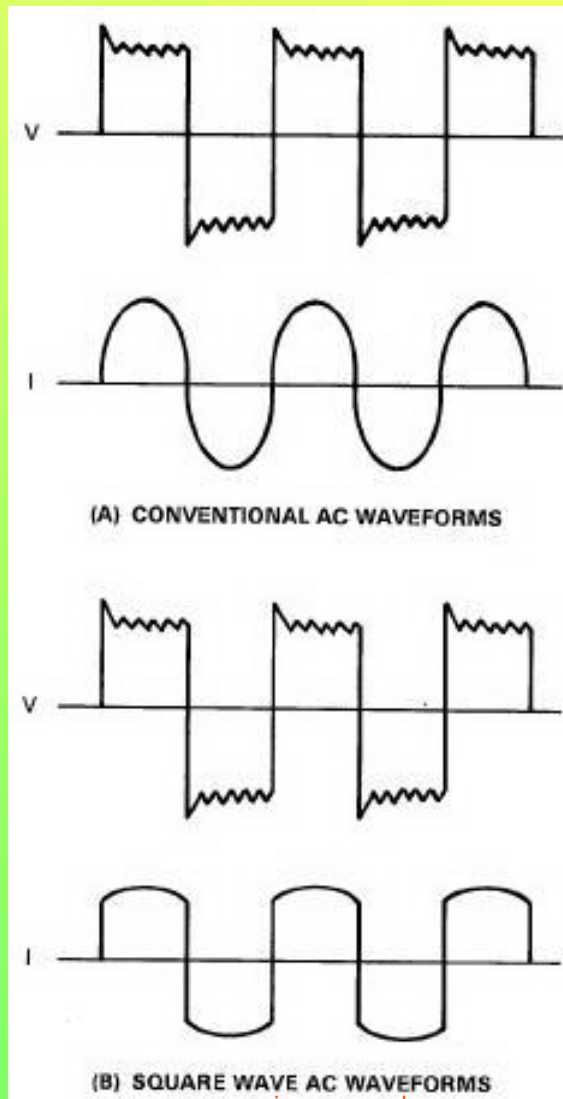
مشخصه ولت . آمپر جریان ثابت



منبع قدرت جریان متناوب

- ترانسفرمر
- معمولاً بین 400 تا 2000 آمپر
- نوع عمومی به صورت **CC** بوده ، خروجی ولتاژ مربعی و خروجی جریان سینوسی دارد. چون در هنگام تغییر قطبیت جریان به صفر می رسد یک **OCV** بالا نیاز داشته و با بعضی از فلاکس ها خوب کار نمی کند.
- نوع خاص آن به صورت **CV** بوده ، خروجی جریان و ولتاژ مربعی است و شروع و پایداری قوس بالاتر.

خروجي دستگاهايي جريان متناوب



کَلْگي جوشکاري

- کَلْگي جوشکاري زیرپودري داراي سه قسمت عمده است:

– Gun جوشکاري

– موتور تغذيه و غلطک ها

– نازل فلاکس (در بیشتر موارد)

انواع سیستم های حرکت دهنده کلگی جوشکاری

- تراک جوشکاری (Tractor type carriage)
- حرکت دهنده خطی (Side beam carriage)
- حرکت دهنده در سه محور (Manipulator)

وظایف سیستم بازیابی فلاکس (Flux recovery unit)

- جمع آوری سرباره های ذوب شده و فلاکس ذوب نشده از پشت کلگی
- گرم کردن فلاکس در Hopper به منظور خشک نگاه داشتن آن
- جداسازی ذرات نامناسب جهت استفاده مجدد از فلاکس مصرف نشده
- نکته: معمولاً سیستم شارژ نیوماتیکی است.

مواد اصلي قابل جوشكاري با زيرپودري

- فولادهاي كربني
- فولادهاي كرم .موليبدن
- فولادهاي زنگ نزن
- آلياژهاي پايه نيكل

انواع الکتروود زیرپودري

- توپر (Solid)، توپودري (Composite) و تسمه اي (Strip)
- الکتروود فولادهاي کربني عمدتاً پوشش مسي دارند.
- الکتروودهاي با مقطع گرد از $1/6$ تا $6/4$ ميلي متر (معمولاً $2/4$ ، $3/2$ ، 4 و $4/8$ ميلي متر)
- تسمه ها در عرض هاي 3 ، 4 ، 6 و 9 سانتي متر با ضخامت تا یک ميلي متر متداول هستند

وظایف عمده فلاکس

- کمک به ایجاد و پایداری قوس
- تشکیل سرباره:

— محافظت از قطرات مذاب و حوضچه جوش

— جلوگیری از سریع سرد شدن

- تاثیرات متالورژیکی:

— واکنش های سرباره و مذاب

— اکسیژن زدایی و گوگردزدایی

— تبادل عناصر آلیاژی میان سرباره و فلز جوش

انواع فلاکس از نظر روش ساخت

- فلاکس ذوب شده (Fused flux)
- فلاکس چسبانده شده (Agglomerated or Bonded Flux)
- فلاکس مخلوط شده به روش مکانیکی (Mechanically mix flux)

فلاکس ذوب شده (Fused flux)

- ترکیبات اولیه در کوره ذوب و پس از انجماد در آب یا قالب های فولادی خرد و دانه بندی می شوند.
- خواص:
 - یکنواختی از نظر ترکیب شیمیایی
 - جذب هیدروژن پایین
 - بدون تغییر در ترکیب و سائز قابل بازیابی است (استحکام بالایی ذرات)
- محدودیت:
 - عدم امکان افزودن اکسیژن زداهای و فروآلیاژها

فلاکس چسبانده شده

(Agglomerated or Bonded Flux)

- به مواد اولیه پس از خرد شدن چسب (مانند سیلیکات پتاسیم یا سیلیکات سدیم) اضافه و پس مخلوط شدن به حالت گندله پخته و سپس خرد و دانه بندی می شوند.

• خواص:

- امکان افزودن اکسیژن زداها ، فروآلیاژها و عناصر آلیاژی
- چگالی کمتر (در عمق بستر مساوی با یک پودر ذوب شده ، وزن کمتری دارند)

• محدودیت:

- تمایل بالا به جذب رطوبت
- تغییر در ترکیب شیمیایی و سائز حین مصرف (بازیابی پودر عملاً غیر ممکن است)
- احتمال بیشتر در تولید تخلخل (ترکیبات شیمیایی)

فلاکس مخلوط شده به روش مکانیکی (Mechanically mix flux)

- دو یا چند فلاکس ذوب شده یا چسبدار در نسبت مشخص با هم ترکیب تا خواص بهتری به دست آید.

- محدودیت اصلی:

— جدایش حین حمل و انبارداری

اندازه ذرات فلاکس (Mesh or Screen)

- معمولاً با دو عدد مشخص می شوند (مثلاً 150*18) که اولی مربوط به الکی است که همه ذرات از آن عبور می کنند و دومی مربوط به الکی است که هیچ کدام عبور نمی کنند.
- اندازه ذرات باید بهینه باشند. وقتی سطوح جوشکاری تمیز نباشند از ذرات با اندازه بزرگتر و در آمپر بالا (برای محافظت بیشتر) از ذرات کوچکتر استفاده می کنند.
- نسبت فلاکس به جوش به خصوص در فلاکس های حاوی عناصر آلیاژی بسیار اهمیت دارد و منجر به تغییر ترکیب شیمیایی فلز جوش خواهد شد.

انواع فلاکس از نظر ترکیب شیمیایی

Type-design	mineralogical type	main components	other possible components	main components total
MS	manganese - silicate	manganese oxide - MnO_2 quartz - SiO_2	bauxite - Al_2O_3 fluorspar - CaF_2	> 50%
CS	calcium - silicate	quartz - SiO_2 lime stone - CaO magnesite - MgO	bauxite - Al_2O_3 manganese oxide - MnO fluorspar - CaF_2	> 60%
AR	aluminate -rutile	bauxite - Al_2O_3 rutile - TiO_2	quartz - SiO_2 manganese oxide - MnO zirconium oxide - ZrO_2	> 45%
AB	aluminate basic	bauxite (min. 20%) - Al_2O_3 lime stone - CaO magnesite - MgO	quartz - SiO_2 manganese oxide - MnO	> 45%
FB	fluoride basic	lime stone - CaO magnesite - MgO manganese oxide - MnO fluorspar - CaF_2 (min. 15%)	quartz (max. 20%) - SiO_2 bauxite - Al_2O_3	> 50%

خواص انواع فلاکس ها

type properties	manganese silicate	calcium silicate	aluminate rutil	aluminate basic	fluoride basic
current capacity	+++	+++	++	++	+
weldability on AC	+ (+)	++	+++	++	(+)
safety against porosity	+++	++	++	++	++
weldability in fillets	+	++	+++	++	+
bridgeability for gaps	+	++	+++	++	++
welding speed	++	++	+++	++	+
slag removal	+	+++	+++	++	++
bead appearance	+++	+++	+++	++	+
crack resistance	+	+	+	++	+++
mechanical properties	+	+	+	++	+++

+ = normal
 ++ = good
 +++ = excellent

بازیسته

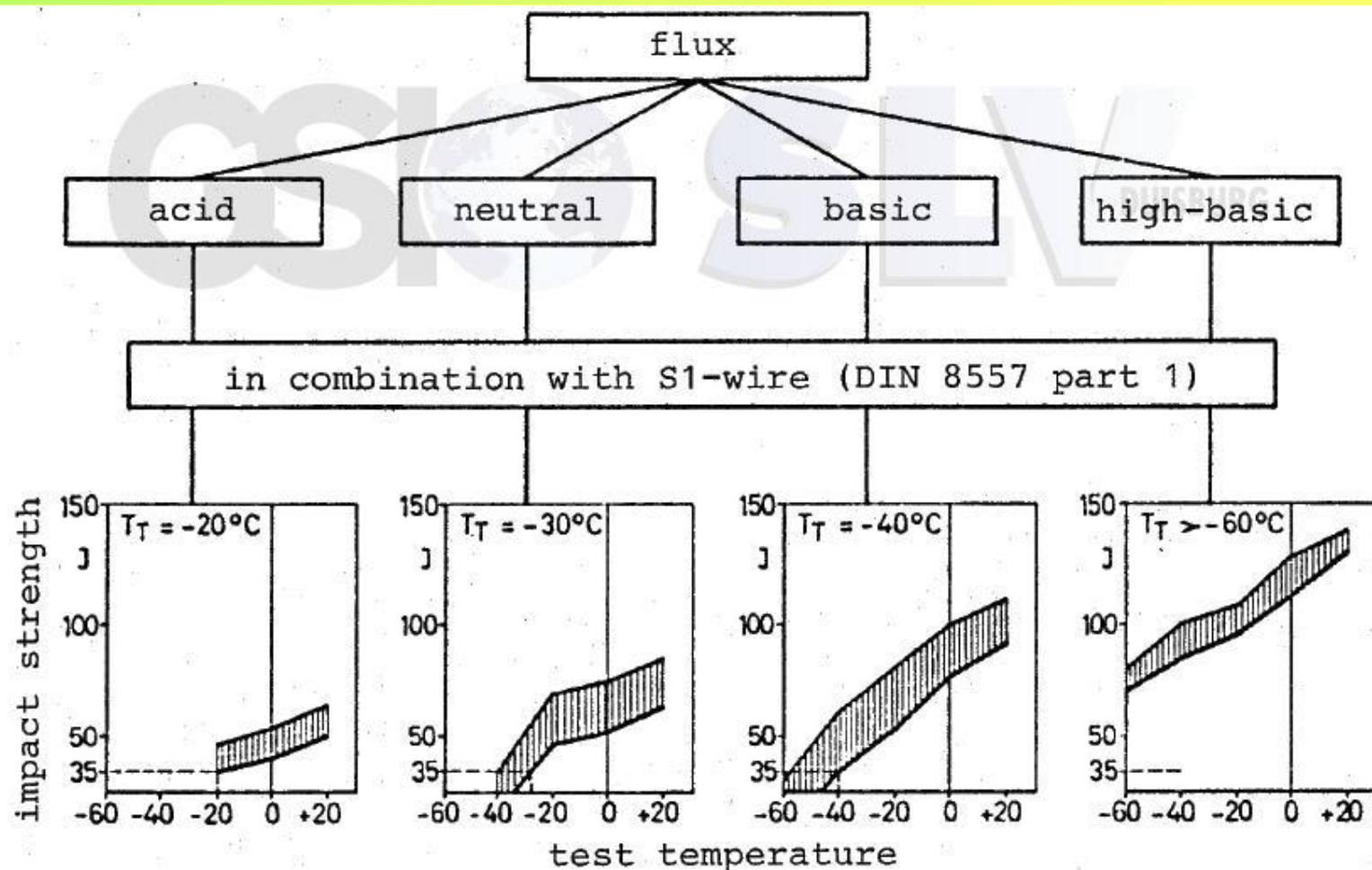
- گاهی اوقات پودرها بر حسب عدد بازیسته به سه دسته تقسیم می شوند:

- بازیسته کمتر از 9/ : اسیدی
- بازیسته بین 9/ و 1/2 : خنثی
- بازیسته بین 1/2 و 2 : قلیایی
- بازیسته بالاتر از 2 : بسیار قلیایی

- با بالا رفتن بازیسته تمایل سرباره به تبدیل ترکیابت اکسیدی و تولید یون فلزی مثبت بالاتر می رود (بازیابی بالاتر عناصر آلیاژی) همچنین زدودن ناخالصی ها بهتر انجام می شود (خواص مکانیکی بهتر).
- نمونه ای از فرمول های مربوط به عدد بازیسته:

$$B = \frac{CaO + CaF_2 + MgO + K_2O + Na_2O + \frac{1}{2}(MnO + FeO)}{SiO_2 + \frac{1}{2}(Al_2O_3 + TiO_2 + ZrO_2)}$$

اثر عدد بازیسته بر خواص مکانیکی



T_T = transition temperature for 35 J

نام گذاري فلاکس و الکترود طبق AWS A5.17/23

Indicates flux

Indicates the minimum tensile strength (in increments of 10 000 psi (69 MPa)) of weld metal made in accordance with the welding conditions given, and using the flux being classified and the specific classification of electrode indicated.

Designates the condition of heat treatment in which the tests were conducted: •A• for as-welded and •P• for postweld heat treated. The time and temperature of the PWHT are as specified.

Indicates the lowest temperature at which the impact strength of the weld metal referred to above meets or exceeds 20 ft-lb (27 J).

E indicates a solid electrode; EC indicates a composite electrode.

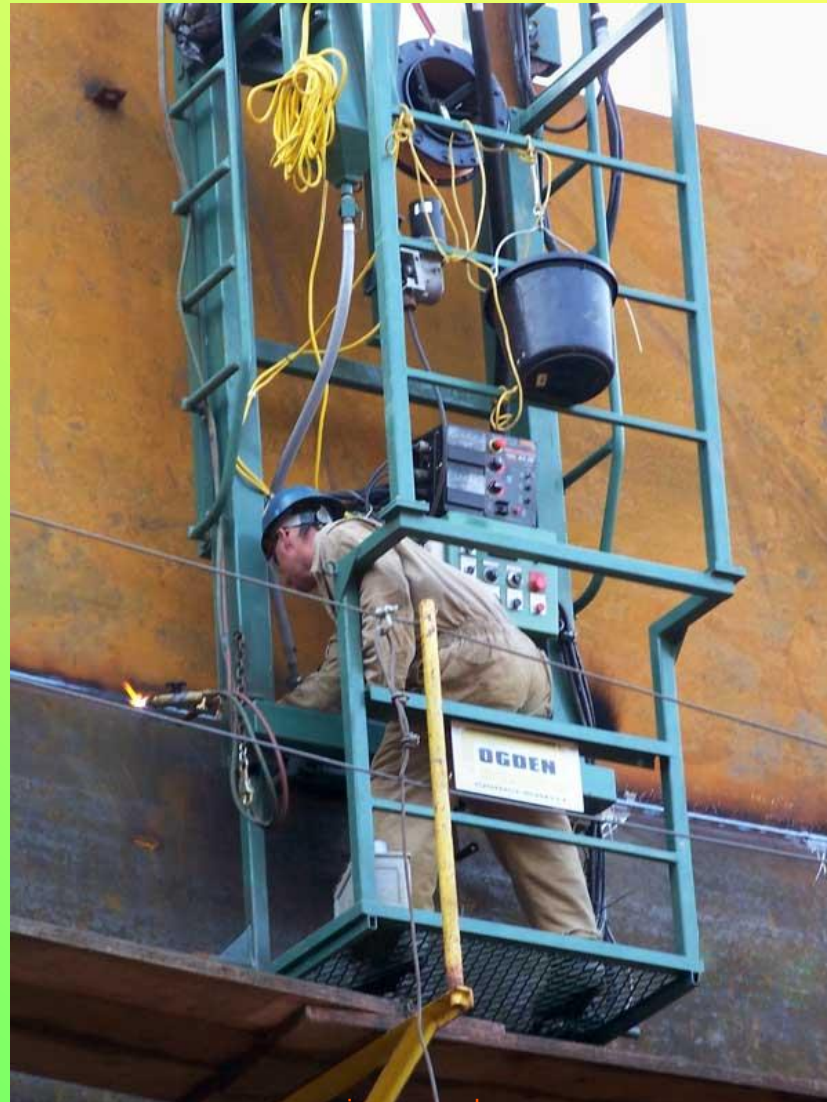
FXXX-EXXX

Classification of the electrode used in producing the weld referred to above.

موقعیت های جوشکاری

- جوشکاری لب به لب (Butt Welding): در حالت Flat و با تمهیدات خاصی در حالت Horizontal (معروف به جوشکاری ساعت سه). در حالت Flat با Backing به صورت Square تا 13 میلی متر و بدون Backing (با Root opening برابر صفر) یک طرف تا 8 و دوطرفه تا 16 میلی متر
- جوشکاری فیلت: به صورت Flat و Horizontal (با یک پاس تا 9 میلی متر گلوئی جوش) در حالت Horizontal
- عملیات سطحی: در حالت Flat

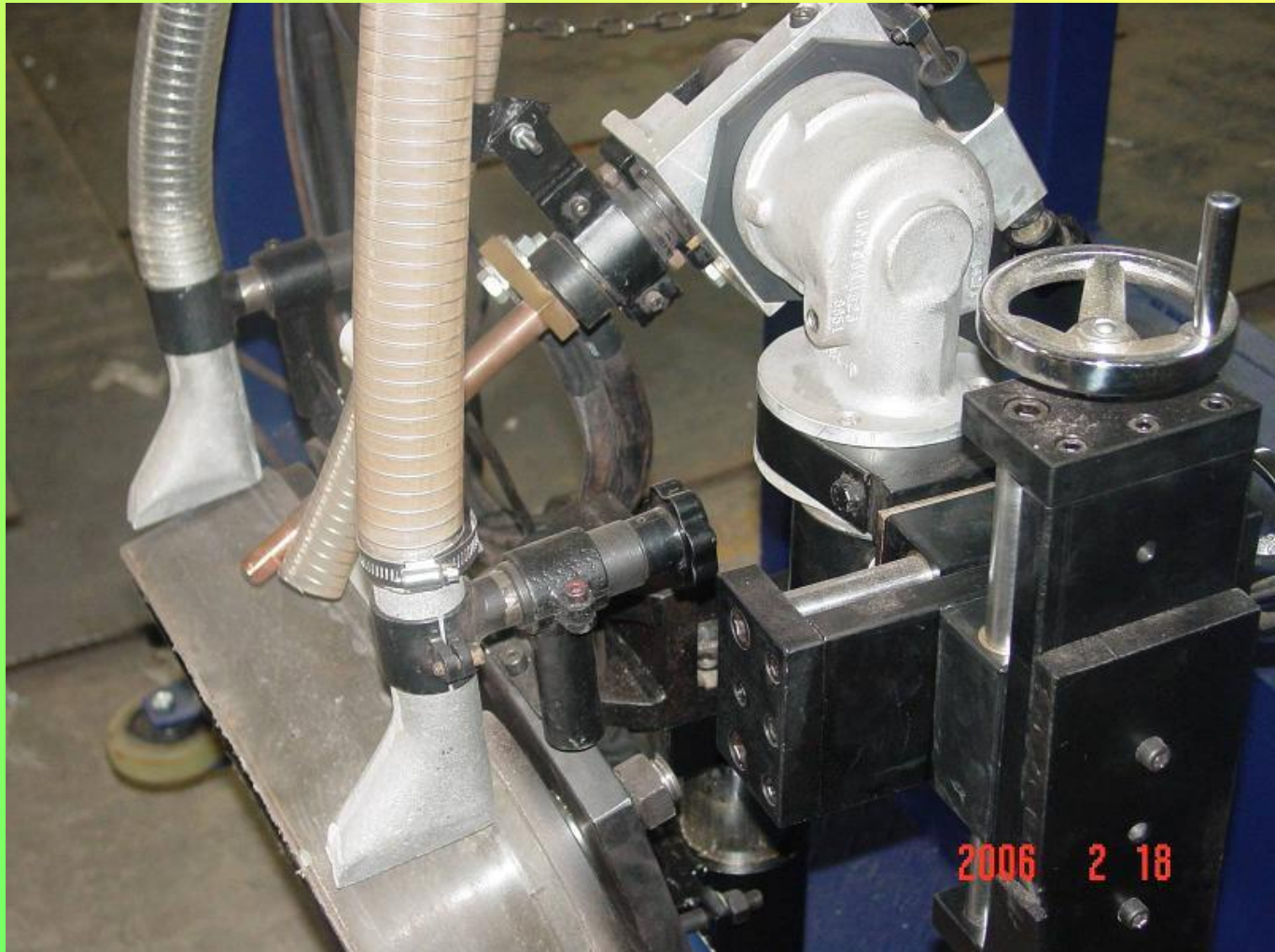
تجهيزات جوشکاری لب به لب افقی



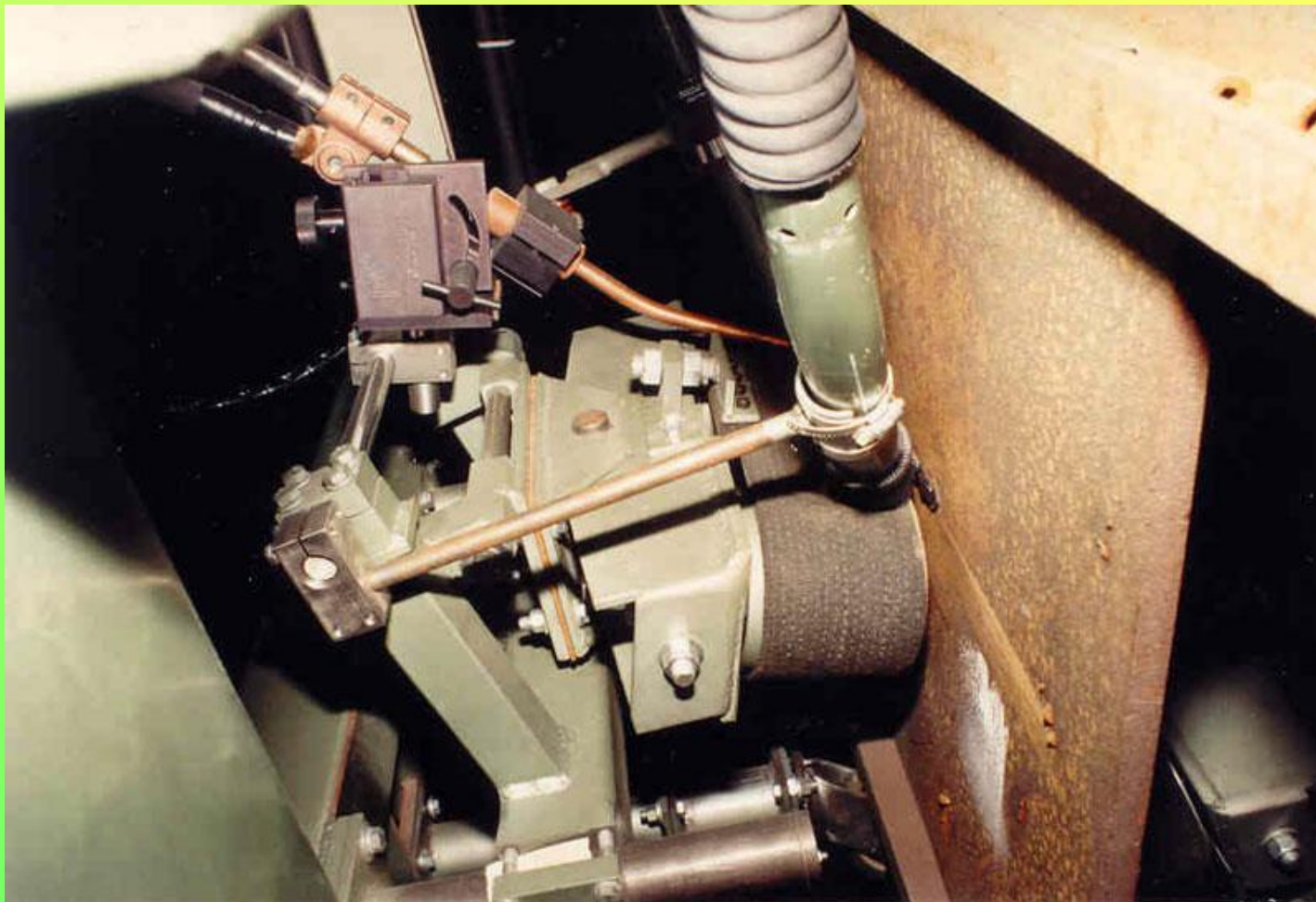
تجهيزات جوشکاری لب به لب افقی



تجهيزات جوشکاری لب به لب افقی



تجهيزات جوشکاری لب به لب افقی

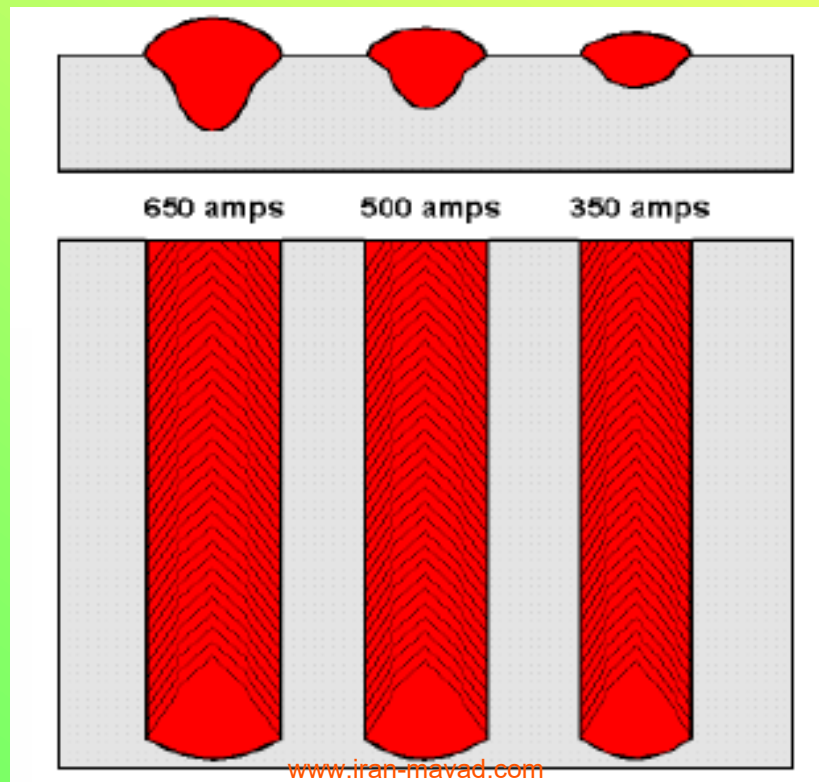


متغیرهای جوشکاری

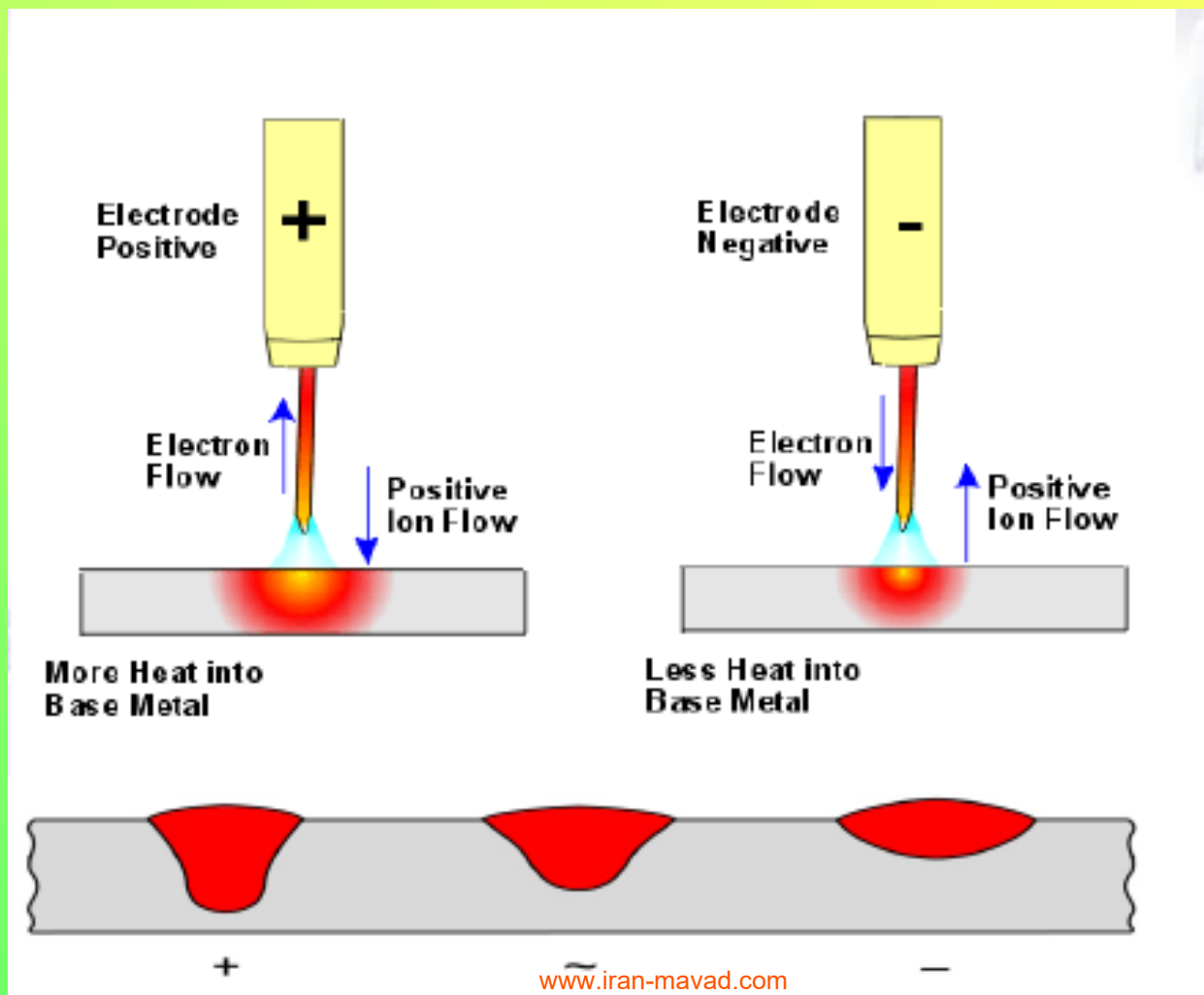
- جریان
- ولتاژ
- سرعت جوشکاری
- نوع و توزیع ذرات فلاکس
- اندازه الکتروود
- بیرون زدگی نوک الکتروود
- عرض و عمق لایه فلاکس

جریان

- نرخ رسوب ، نفوذ و درجه رقت را کنترل می کند
- با بالا رفتن جریان نرخ ذوب و نفوذ افزایش می یابند
- پایین آمدن بیش از حد جریان سبب ایجاد قوس ناپایدار و عدم نفوذ می شود



تأثير قطبيت جريان

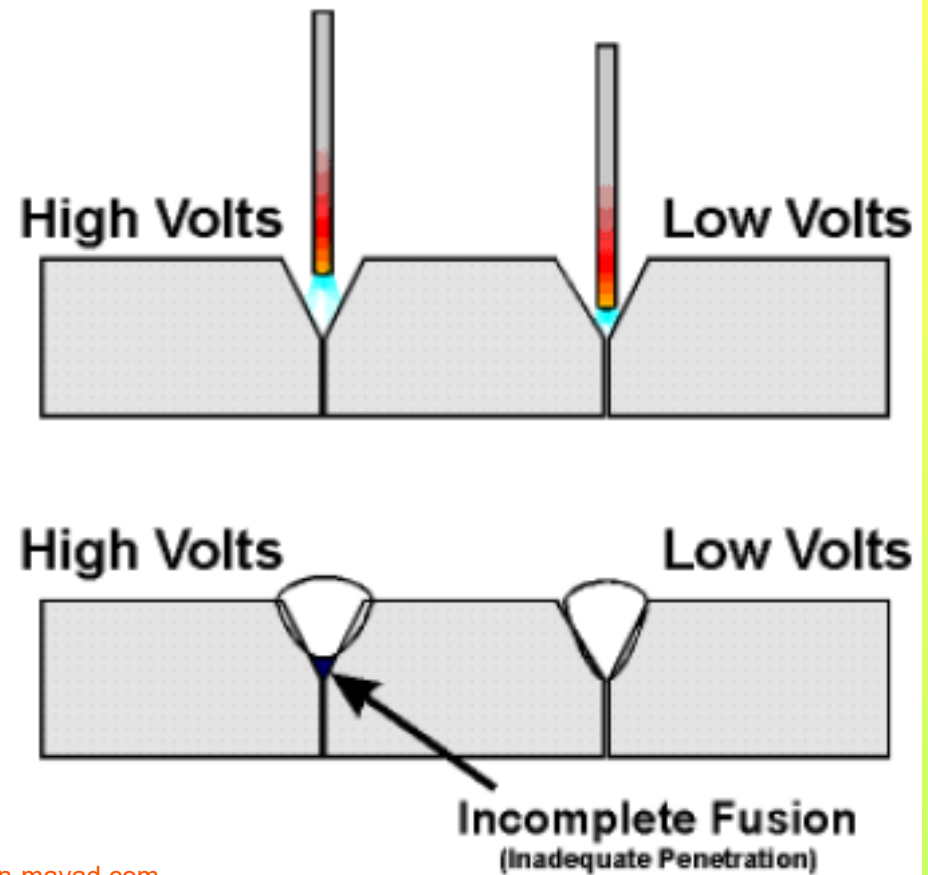
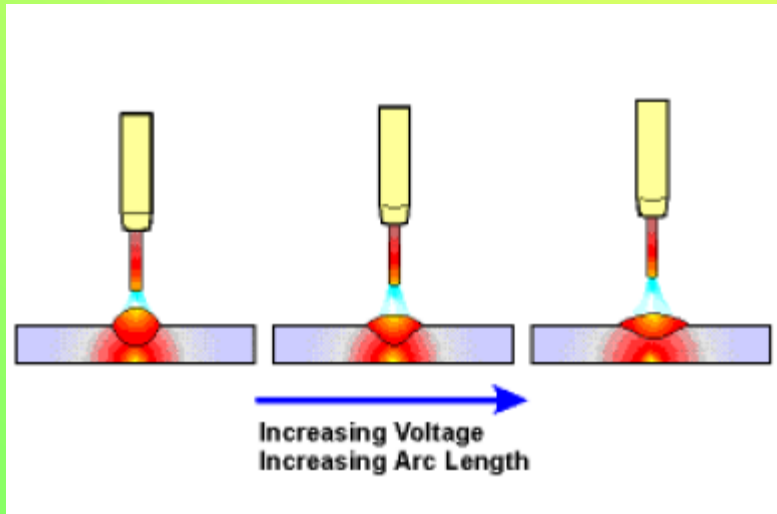


ولتاژ

- با بالا رفتن ولتاژ:

- جوش صاف تر و عریض تر
- مصرف فلاکس بالاتر (ورود عناصر آلیاژی (در صورت وجود) به فلز مذاب افزایش می یابد)
- کمک به Bridge welding در جوشهایی با root opening زیاد
- تمایل به ایجاد گرده مقعر

تأثير ولتاژ



سرعت جوشکاری



Effect of Arc Travel speed
(All other parameters unchanged)

- با بالا رفتن سرعت جوشکاری:

- مقدار حرارت ورودی کاهش می یابد

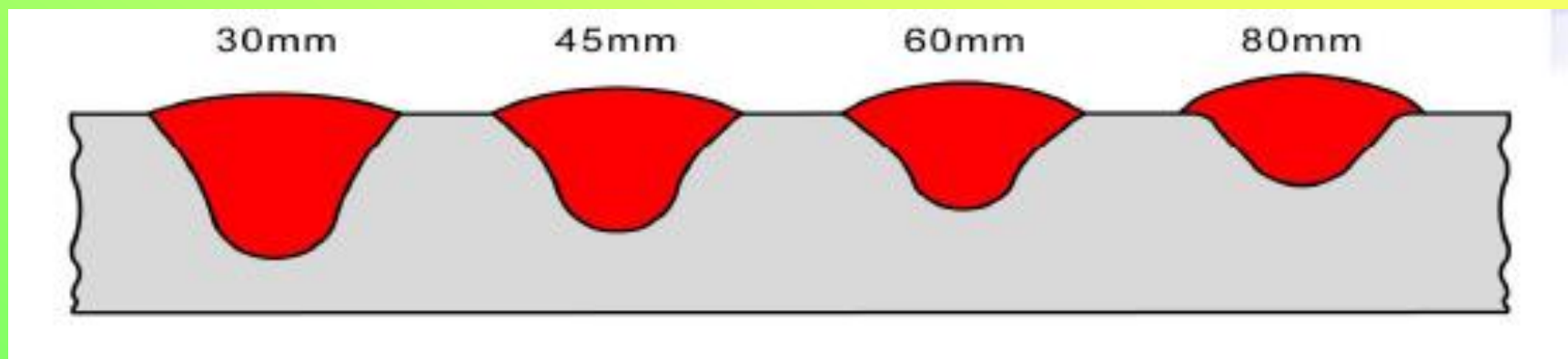
- گرده جوش کوچکتر می شود

- نکته: وقتی سرعت خیلی کم شود قدرت نفوذ قوس کاهش می یابد چون قوس کاملاً روی مذاب متمرکز می شود.

بیرون زدگی نوک الکتروود

- برای شروع مقدار حدود 8 برابر قطر الکتروود پیشنهاد می شود که با شروع جوشکاری متناسب با طول قوس تنظیم می شود.
- با بالا رفتن آن:
 - اولاً: حرارت مقاومتی و در نتیجه نرخ ذوب افزایش می یابد (تا 50 درصد)
 - ثانیاً: بر اثر اتلاف حرارت بیشتر (قبل از قوس) انرژی قوس کاهش یافته و مقدار نفوذ کم می شود.
- نتیجه:
 - در جایی که می خواهیم از مزیت افزایش نرخ ذوب استفاده کنیم باید مقدار ولتاژ را بالاتر ببریم تا طول قوس مناسب ایجاد گردد.

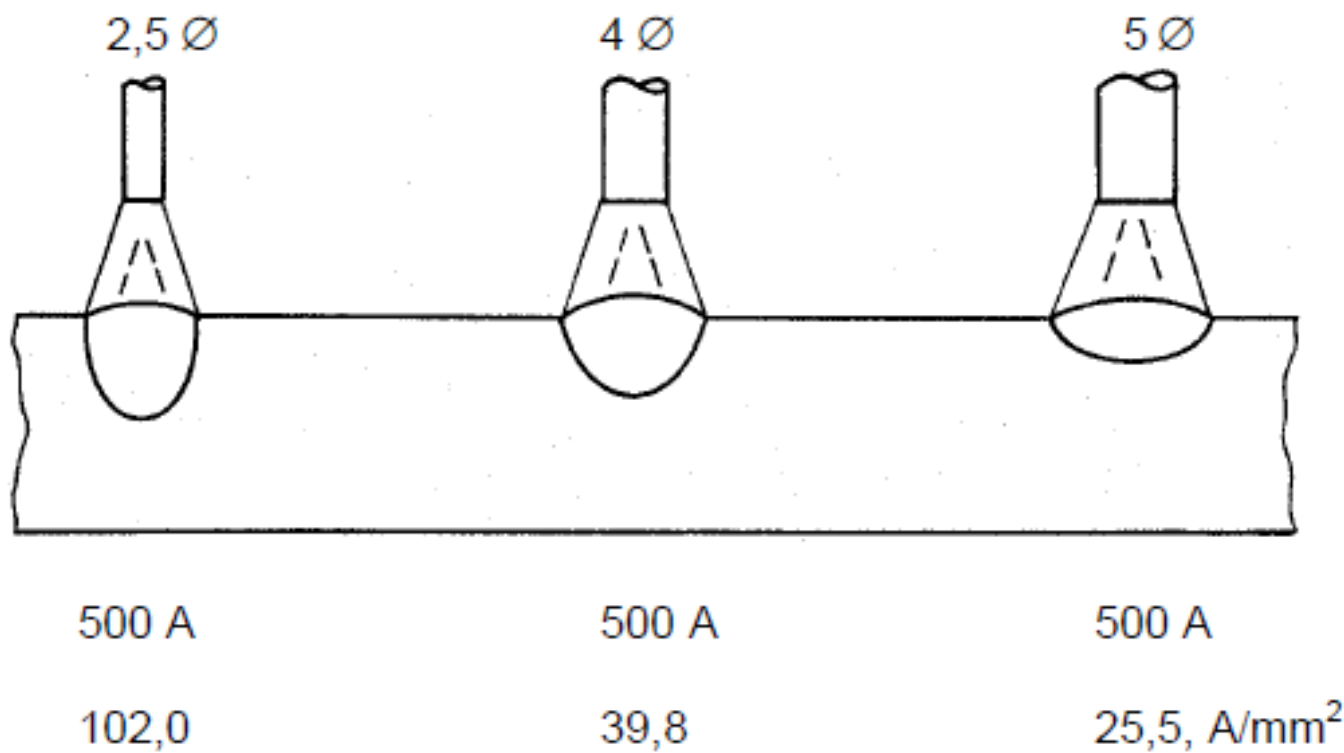
طول مؤثر الکتروود



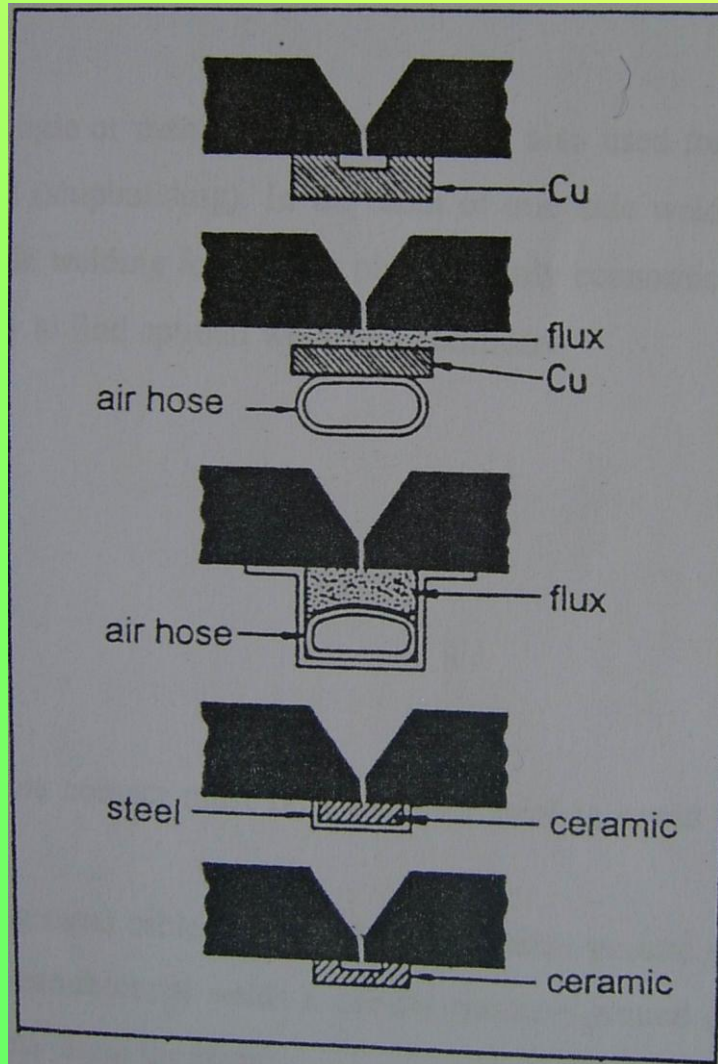
دانه بندي و عمق فلاکس

- دانه ریز و عمق زیاد: عدم امکان خروج گازها و تخلخل
- دانه درشت و عمق کم: پاشش و عدم محافظت کامل

قطر الكتروود



انواع اصلي پشت بند (Backing)



Backing strip •

Backing weld •

Copper backing •

Flux Backing •

Ceramic Backing •

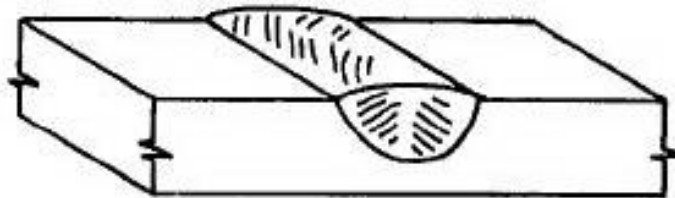
انواع روش های اصلی شروع قوس

- استفاده از پشم فولادی (Steel Wool): با قطر حدود 10 میلی متر در زیر الکترود قرار می گیرد و تا نیمه فشرده می شود و پس از شارژ فلاکس جوشکاری آغاز می شود.
- خراش (Scratch): الکترود آرام پایین می آید تا به سطح برخورد کند. سپس فلاکس شارژ و جوشکاری انجام می شود.
- سیستم فرکانس بالا (High frequency): در یک لحظه فرکانس و ولتاژ بالا اعمال می شود تا جرقه زده شود و گاز پلاسما تولید گردد.

اثر زاویه الکتروود

- زاویه در جهت Downhill مقدار نفوذ را کاهش می دهد
- زاویه در جهت Uphill مقدار نفوذ را افزایش می دهد
- در جوشکاری محیطی لوله ها می بایست جوش قبل از رسیدن به ساعت 6 و 12 منجمد شده باشد.
- در لوله های با قطر پایین امکان ریزش فلاکس و عدم محافظت قوس وجود دارد که می توان از نازل هایی که فلاکس را به صورت هم مرکز از اطراف قوس شارژ می کنند استفاده نمود

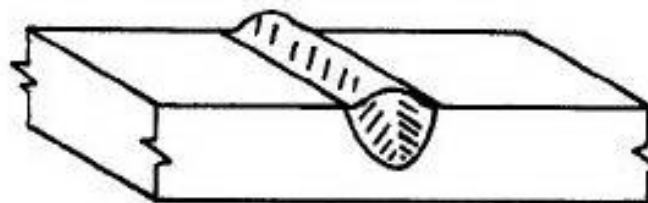
اثر زاویه الکتروود روی ظاهر جوش و نفوذ



(A) FLAT POSITION WELD

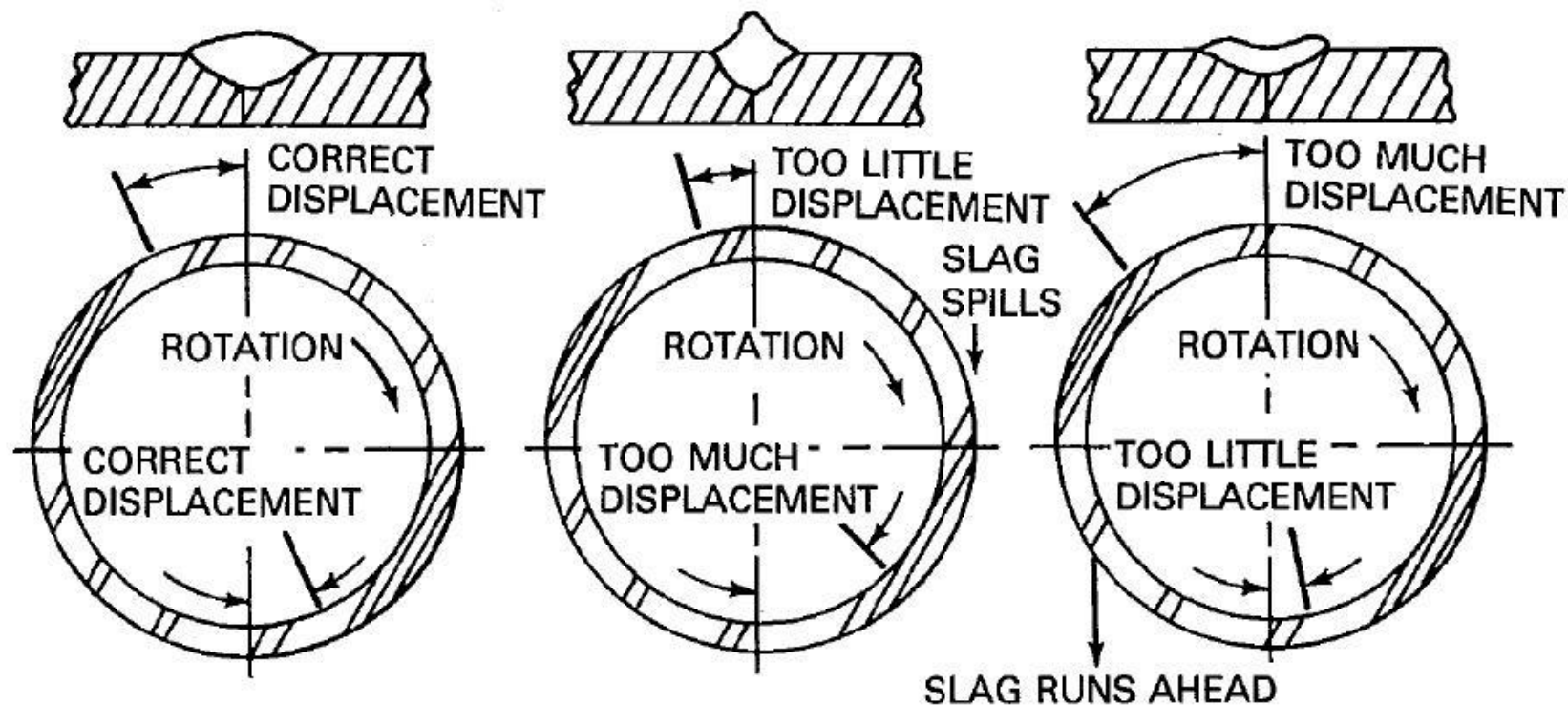


(B) DOWNHILL WELD (1/8 SLOPE)



(C) UPHILL WELD (1/8 SLOPE)

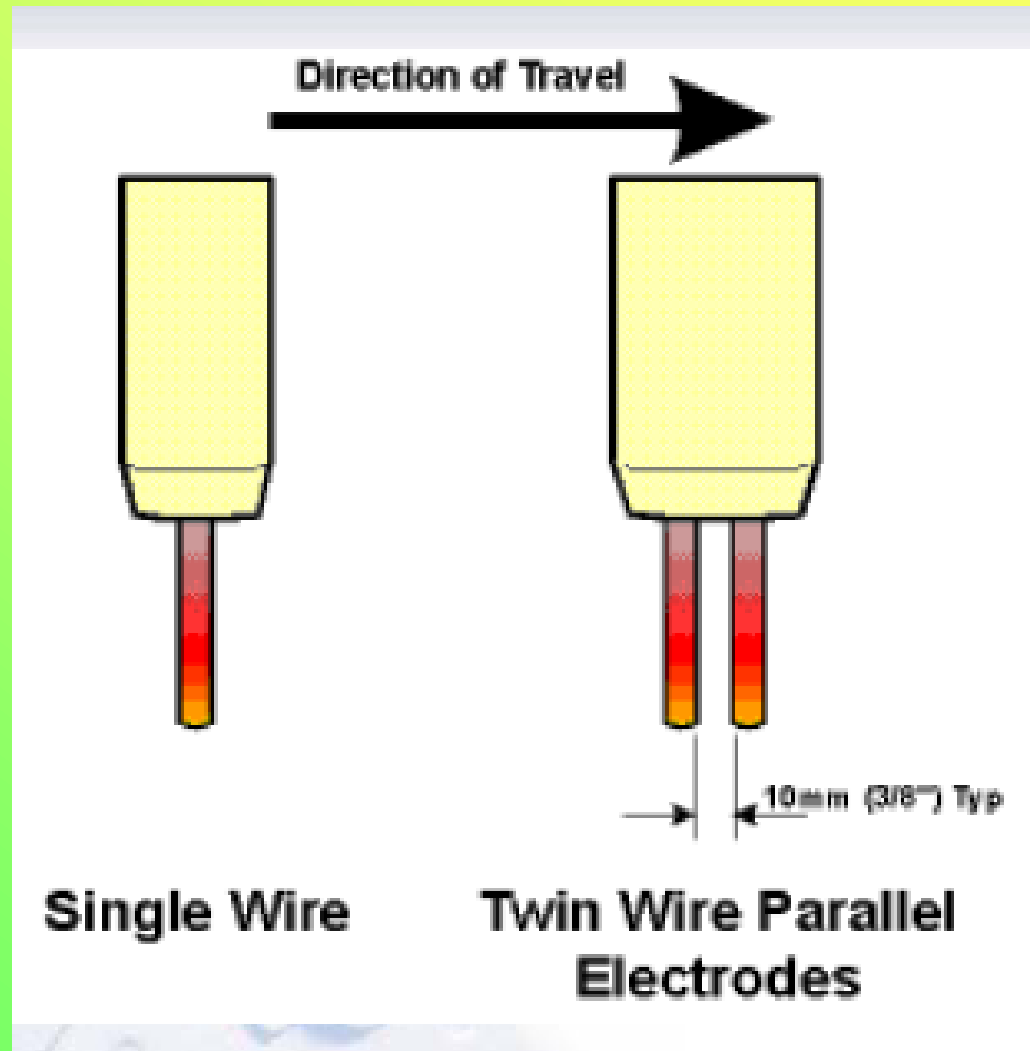
زاویه الکتروود در جوش محیطی لوله



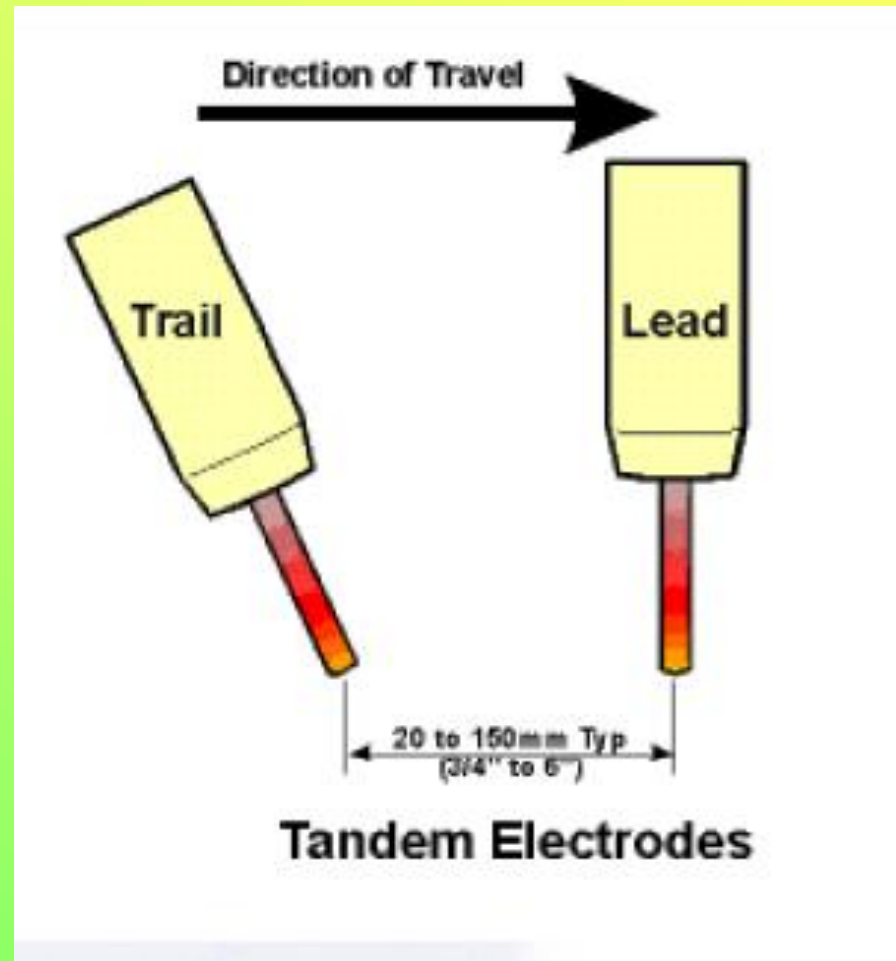
انواع سیستم های زیرپودری بر مبنای نوع و چگونگی ترکیب نازل و منابع قدرت

- سیستم تک سیمه با یک منبع
- سیستم دو سیمه با یک منبع (Twin): دو الکترود و یک منبع قدرت که معمولاً DC است و عموماً موازی هم
- سیستم چند سیمه با چند منبع (Tandem): یک Lead Electrode داریم که معمولاً DC است و یک یا چند Trail Electrode که AC هستند. فاصله (حدود 15 تا 20 میلی متر)
- سیستم جوشکاری با تسمه: برای پوشش دهی
- همراه با سیستم اضافه نمودن پودر آهن: می تواند تا 70 درصد نرخ رسوب را بالا ببرد
- Narrow Gap Welding: تک سیمه، DCEP (گاهی AC)، فلاکس مخصوص برای جدا شدن راحت تر سرباره، Root opening بین 13 و 35 و زاویه یخ بین صفر تا 8 میلی متر

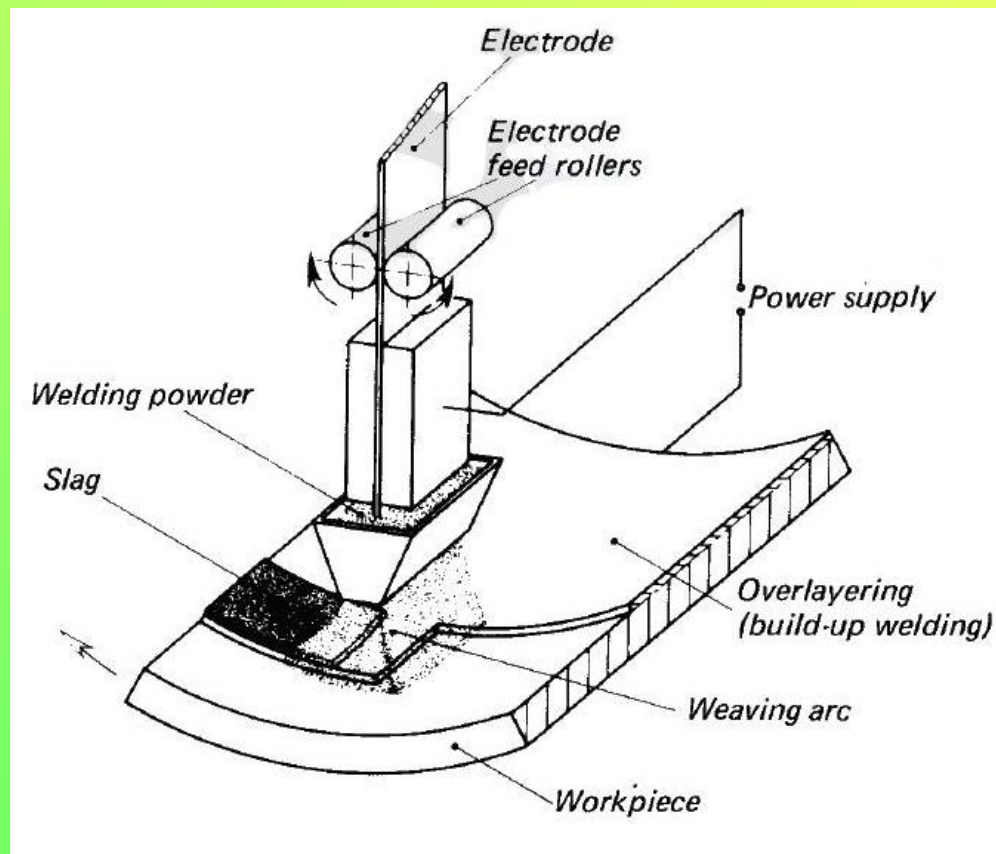
سیستم دو سیمه با یک منبع (Twin)



سیستم چند سیمه با چند منبع (Tandem)



تصویر شماتیک پوشش دهی با زیرپودری



نمایی از دستگاه پوشش دهی



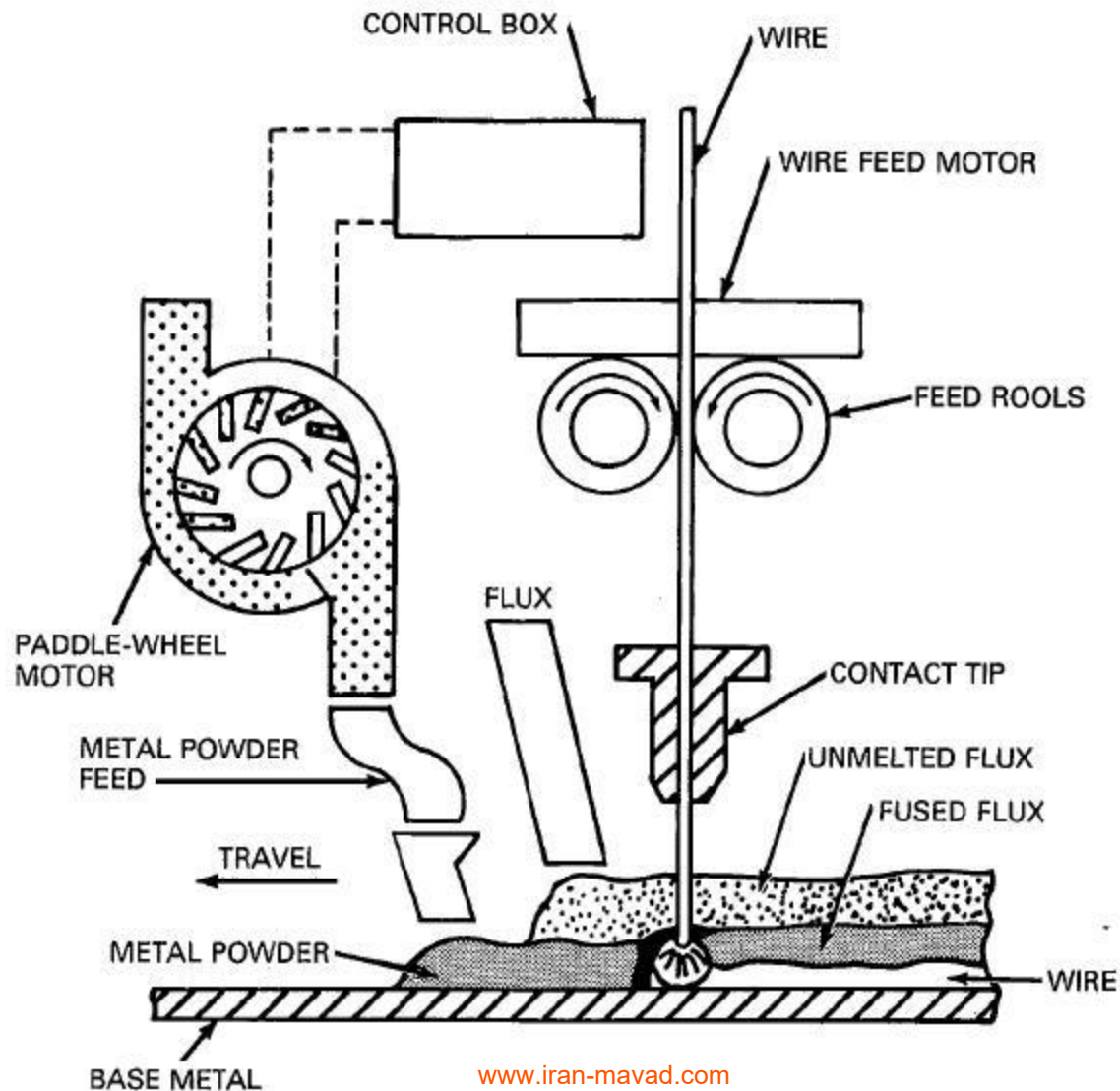
Narrow Gap Welding



Narrow Gap Welding



سیستم اضافه نمودن پودر آهن



نمونه ای از پارامترهای جوشکاری (فولاد)

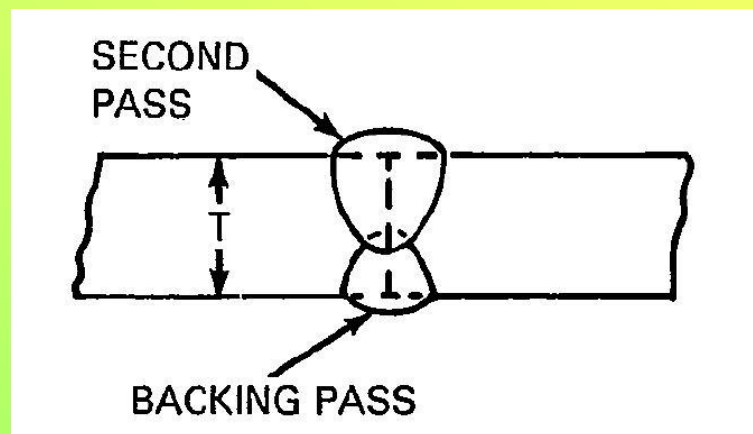


Plate Thickness T		Second Pass				Backing Pass								Electrode Consumption	
		DCEP Current	DCEP Voltage	Travel Speed		Electrode Diameter		DCEP Current	Voltage	Travel Speed		Electrode Diameter			
in.	mm	A	V	in./min	mm/s	in.	mm	A	V	in./min	mm/s	in.	mm	lb/ft	kg/m
Machine Welding															
1/4	6.4	575	32	48	20	5/32	4.0	475	29	48	20	5/32	4.0	0.11	0.164
3/8	9.5	850	35	32	14	5/32	4.0	500	33	32	14	5/32	4.0	0.23	0.343
1/2	12.7	950	36	27	11	3/16	4.8	700	35	27	11	3/16	4.8	0.34	0.506
5/8	15.9	950	36	22	9	3/16	4.8	900	36	22	9	3/16	4.8	0.50	0.745



پایان

www.iran-mavad.com

مرجع علمی مهندسی مواد