

دستگاه ها و تجهیزات جوشکاری مقاومتی

صفحه	عنوان
۳	۱-۲- دستگاه های جوشکاری مقاومتی
۳	۱-۱-۳- دستگاه های جوشکاری مقاومتی نقطه ای
۱۲	۲-۱-۳- سایر دستگاه های جوشکاری مقاومتی
۱۵	۲-۲- کنترل جوشکاری مقاومتی
۱۵	۱-۲-۳- کنترل زمانها و توالی جوشکاری
۱۷	۲-۲-۳- کنتاکتور
۱۷	۳-۲-۳- کنترل کننده های کمکی
۱۸	۳-۳- کابل های جوشکاری مقاومتی
۱۹	۴-۳- الکترودهای جوشکاری مقاومتی
۲۰	۱-۴-۳- خواص مورد نظر از یک الکتروده مقاومتی
۲۱	۲-۴-۳- بررسی مواد مختلف مورد استفاده در ساخت الکترودهای مختلف
۲۱	الف) الکترودهای آلیاژی
۲۲	ب) الکترودهای رسوب سختی شده
۲۳	ج) الکترودهای پوشش داده شده بوسیله کاربید تیتانیم
۲۴	۳-۴-۳- بررسی جنس الکترودها مطابق با استانداردها
۲۴	الف) بررسی جنس الکترودها مطابق با کلاس بندی RWMA
۳۰	ب) بررسی جنس الکترودها مطابق با استاندارد ISO
۳۹	۴-۴-۳- سیستم خنک کردن الکترودها
۴۰	۵-۳- نگهدارنده ها

در این فصل به بررسی انواع دستگاه های جوشکاری می پردازیم. البته توضیح کامل جزئیات اجزاء و طرح های مختلف این دستگاه ها و تجهیزات خارج از حوصله این کتاب می باشد. لیکن آشنایی مختصر با کلیات آنها ضروری به نظر می رسد. همچنین درباره تجهیزات جانبی مورد استفاده در فرآیند جوشکاری مقاومتی مباحثی ارائه خواهد شد.

انتخاب تجهیزات جوشکاری بستگی به طرح اتصال، موادی که باید جوشکاری شوند، کیفیت مورد نیاز، برنامه تولید و مسائل اقتصادی دارد. یک دستگاه جوشکاری مقاومتی از سه قسمت اصلی تشکیل می شود:

(۱) یک مدار الکتریکی با یک ترانسفورماتور و یک رگولاتور جریان و یک مدار ثانویه که شامل الکترودهاست که جریان الکتریکی را به قطعه کار منتقل می کنند.

(۲) یک سیستم مکانیکی شامل فریم دستگاه و قسمت های مربوط به نگهداری و اعمال نیروی جوشکاری.

(۳) ابزار کنترل (وسایل زمان سنجی) برای شروع جریان و مدت اعمال جریان. این ابزار ممکن است مقدار جریان، همچنین توالی و ترتیب اعمال آن و سایر زمان های سیکل جوشکاری را کنترل کنند.

دستگاه های جوشکاری مقاومتی از نظر اتوماسیون به دو دسته تقسیم می شوند، دستگاه های نیمه اتومات و دستگاه های اتومات. در دستگاه های نیمه اتومات، اپراور قطعه کار را بین الکترودها قرار میدهد و سوئیچ شروع جوشکاری را فشار می دهد و برنامه جوشکاری اجرا می شود. در دستگاه های اتومات، قطعات بصورت اتوماتیک درون دستگاه قرار داده می شوند، سپس جوش انجام شده و قطعه از دستگاه خارج می شود. بدون اینکه اپراتور دخالتی داشته باشد. دستگاه های جوشکاری از نظر الکتریکی به دو گروه تقسیم بندی می شوند: انرژی مستقیم^۱ و انرژی ذخیره کننده^۲. طراحی هر دو گروه ممکن است بر اساس استفاده از برق تکفاز یا سه فاز باشد. بیشتر دستگاه های جوشکاری از نوع تکفاز انرژی مستقیم هستند. این نوع دستگاه های به دلیل سادگی، هزینه سرمایه گذاری اولیه اندک، نصب و نگهداری آسان بیشترین کاربرد را دارند.

طراحی سیستم مکانیکی و مدار ثانویه برای اکثر دستگاه های جوشکاری تقریباً شبیه به هم است اما تفاوت اصلی در طراحی ترانسفورماتور و سیستم کنترل دستگاه هاست. در یک شرایط ثابت، یک دستگاه جوشکاری تکفاز مقدار ولت - آمپر (KVA) بیشتری از دستگاه سه فاز نیاز دارد.

اصول دستگاه انرژی ذخیره کننده، جمع کردن و ذخیره کردن انرژی الکتریکی و سپس دشارژ آن به منظور ایجاد جوش است. انرژی معمولاً در خازن ها ذخیره می شود. معمولاً برق تک فاز برای این نوع دستگاه ها استفاده می شود. توان مورد نیاز معمولاً کم است زیرا زمان ذخیره سازی نسبتاً از زمان جوشکاری طولانی تر است.

۱-۲- دستگاه های جوشکاری مقاومتی

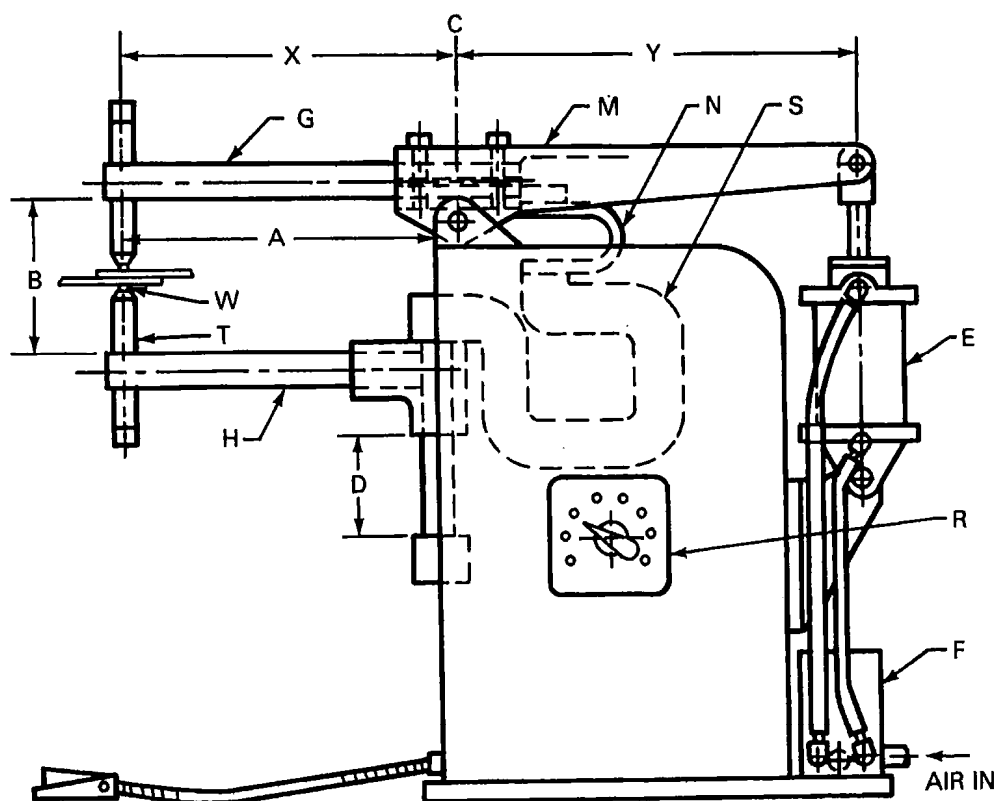
۱-۱-۲- دستگاه های جوشکاری مقاومتی نقطه ای

چندین نوع دستگاه جوشکاری نقطه ای وجود دارد: بازو متحرک، پرس، قابل حمل و نوع چند تایی.

الف) نوع بازو متحرک^۲: ساده ترین و پرکارترین نوع دستگاه جوشکاری نقطه ای، طرح بازو متحرک آن است که به این دلیل بازو متحرک نامیده می شود که حرکتی در بازوی بالایی آن وجود دارد. در حقیقت این دستگاه شامل یک بازو استوانه ای است که نیروی الکتروود و در بیشتر مواقع جریان جوشکاری را نیز منتقل می کند. مسیر حرکت الکتروود بالایی قوسی است به شعاع x (با توجه به شکل ۱-۳). سه روش برای اعمال نیرو وجود دارد: (۱) هوا (۲) پا (۳) موتور.

دستگاه هایی که با هوا کار می کنند (شکل ۱-۳)) کاربرد بیشتری دارند. با عمل هوا، سیکل جوشکاری با استفاده از یک واحد کنترل بصورت اتوماتیک انجام می شود.

¹ - Direct Energy
² - Stored Energy
³ - Rocker Arm Type



- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| A — THROAT DEPTH | H — LOWER HORN |
| B — HORN SPACING | M — ROCKER ARM |
| C — CENTERLINE OF ROCKER ARM | N — SECONDARY FLEXIBLE CONDUCTOR |
| D — LOWER ARM ADJUSTMENT | R — CURRENT REGULATOR (TAP SWITCH) |
| E — AIR CYCLINDER | S — TRANSFORMER SECONDARY |
| F — AIR VALVE | T — ELECTRODE HOLDER |
| G — UPPER HORN | W — ELECTRODE |

شکل ۱-۳:

دستگاه جوشکاری مقاومتی نقطه ای بازو متحرک که با هوا عمل می کند.

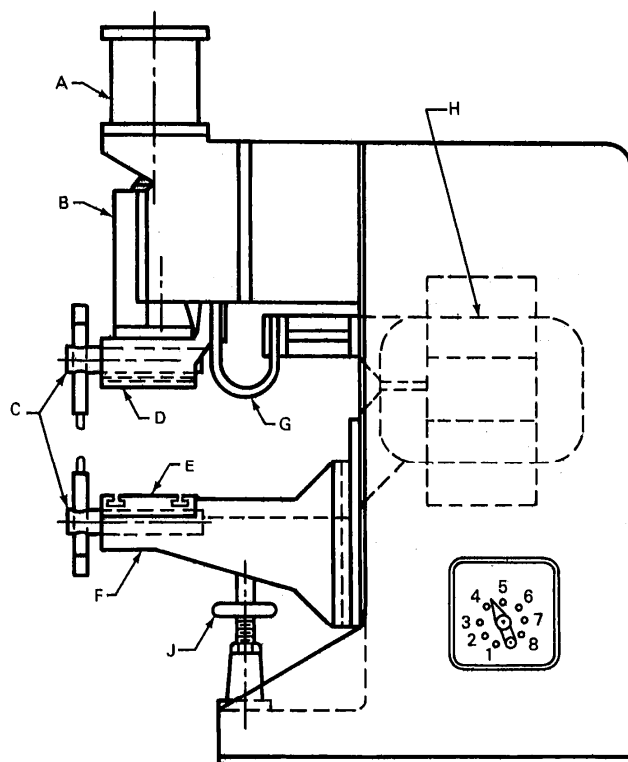
دستگاه هایی که با پا کار می کنند، برای ساخت ورق های فلزی گوناگونی مناسب است خصوصاً در حجم تولید کم و در مواردی که کیفیت ثابتی از جوش انتظار نباشد. دستگاه های جوشکاری نوع موتوری معمولاً در جاهایی که هوای فشرده در دسترس نباشد استفاده می شوند. معمولاً دستگاه های بازو متحرک استاندارد با طول دهانه (A) ۱۲ تا ۲۶ اینچ و ظرفیت ترانسفورماتور ۵ تا ۱۰۰ KVA موجود می باشد. به دلیل حرکت شعاعی الکتروود بالایی این دستگاه ها برای جوشکاری زائده ای توصیه نمی شوند.

فریم دستگاه ترانسفورماتور و سوئیچ تب و اجزاء مکانیکی و الکتریکی را در خود جای می دهد. در دستگاه هایی که با هوا خنک می شوند، در یک قطر سیلندر ثابت، هنگامیکه طول دهانه (A) افزایش می یابد، نیروی جوشکاری کم می شود. نیروی جوشکاری در این حالت حاصل ضرب نیروی پیستون در نسبت بازوی اهرم

$$\left(\frac{Y}{X}\right) \text{ است.}$$

در دستگاه‌هایی که با موتور یا پا کار می‌کنند، به جای سیلندر هوا از فنرهای سفتی^۱ استفاده می‌کنند.

(ب) نوع پرس: این نوع دستگاه‌ها برای جوشکاری نقطه ای بسیاری از قطعات و همه فرآیندهای جوشکاری زائده ای توصیه می‌شوند. در این نوع دستگاه‌ها، هد جوشکاری بر روی یک خط مستقیم در مسیر یا وضعیت مشخصی حرکت می‌کند دستگاه‌های جوشکاری نوع پرس استاندارد که RWMA تعریف کرده، با ظرفیتهای ۵ تا ۵۰۰ KVA در بازار موجود هستند و طول دهانه آنها تا ۵۴ اینچ است. (شکل (۲-۳)).



- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| A — AIR OR HYDRAULIC CYLINDER | F — KNEE |
| B — RAM | G — FLEXIBLE CONDUCTOR |
| C — SPOT WELDING ATTACHMENT | H — TRANSFORMER SECONDARY |
| D — UPPER PLATEN | J — KNEE SUPPORT |
| E — LOWER PLATEN | |

شکل ۲-۳: دستگاه جوشکاری نقطه ای و زائده ای نوع پرس.

از انواع غیراستاندارد و با اشکال متنوع این نوع دستگاه مانند انواع مغناطیسی و نشستنی^۲ آن در صنایع خانگی، الکتریکی و جواهرآلات استفاده می‌شود. دستگاه‌های نوع پرس بر اساس کاربرد و روش اعمال فشار تقسیم بندی می‌شوند. این دستگاه‌ها ممکن است برای جوشکاری مقاومتی نقطه ای، زائده ای و یا هر دو طراحی شوند. نیرو نیز ممکن است از طریق هوا، سیستم‌های هیدرولیکی یا الکترومغناطیسی یا بصورت دستی اعمال گردد. یک راهنمای کلی برای انتخاب دستگاهی از این نوع بصورت زیر است:

^۱ - Stiff

^۲ - Bench Type

(۱) دستگاه‌هایی که با سیستم هیدرولیکی کار می‌کنند معمولاً برای کمتر از ۲۰۰ KVA ساخته نمی‌شوند، زیرا قیمت بالاتری نسبت به دستگاه‌هایی که با سیستم هوا عمل می‌کنند دارند. همچنین این دستگاه‌ها برای جوشکاری زائده‌ای توصیه نمی‌شوند زیرا در مقایسه با سیستم‌هایی که با هوا عمل می‌کنند «follow-up» آهسته‌تری دارند. اصطلاح follow-up یک دستگاه جوشکاری به معنای توانایی مکانیزم نیرو برای عکس‌العمل به تغییرات دینامیکی است که در طول جوش اتفاق می‌افتد و نگه داشتن فشار گیره‌ای مناسب می‌باشد.

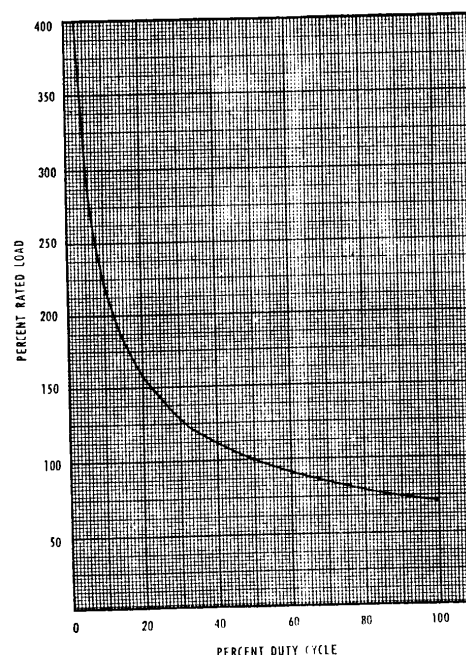
(۲) دستگاه‌های که با هوا کار می‌کنند امکان استفاده در سایزهای مختلف را دارند، هنگامیکه نیروی زیادی مورد نیاز باشد، سیلندر هوا و شیر کاملاً بزرگ خواهند شد و عملکرد دستگاه کند شده و مصرف هوا نیز بالا خواهد رفت. به همین علت، در انتخاب دستگاه‌های جوشکاری با توان ۳۰۰ KVA و پایین‌تر از دستگاه‌هایی استفاده می‌شود که با سیستم هوا عمل می‌کنند و دستگاه‌های با توان ۵۰۰ KVA و بیشتر را معمولاً از نوع هیدرولیکی انتخاب می‌کنند. در بین این دو توان، انتخاب هر یک از دو نوع سیستم آزاد است. گفته شد که یکی از عوامل مهم در جوشکاری مقاومتی سیستم الکتریکی دستگاه جوشکاری است که در این فصل در مورد آن نیز مباحثی ارائه خواهد شد، لیکن آشنایی با دو اصطلاح KVA و ضریب کارکرد^۱ لازم به نظر می‌رسد. در دستگاه جوشکاری باید ولتاژ مناسبی برای تولید جریان کافی در اختیار باشد. این ولتاژ از طریق هندسه مدار ثانویه (مثلاً اندازه حلقه ثانویه) ترانسفورماتور، هدایت الکتریکی کنتاکتور در این مدار و مجموع مقاومت‌های تماسی اتصال و مقاومت کار مشخص می‌شود. این ولتاژ که ولتاژ مدار باز ثانویه می‌باشد وقتی که در جریان جوشکاری (جریان ثانویه) ضرب شود و تقسیم بر ۱۰۰۰ گردد، خروجی (KVA) یک ترانسفورماتور را مشخص می‌کند. جریان جوشکاری در زمان کوتاهی از زمان کل برقرار می‌شود. ضریب کارکرد یک ترانسفورماتور به عنوان زمانی که در یک دقیقه از ترانسفورماتور به طور واقعی جریان عبور می‌کند تعریف می‌شود و از فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد.

فرمول ۱: $\text{زمان برقراری حمله} \% \text{Duty cycle (}\% \text{ ضریب کارکرد)}$

زمان قطع جریان + زمان برقراری جریان

یک ترانسفورماتور ۱۰۰ KVA می‌تواند در یک دقیقه ۳۰ ثانیه توان ۱۰۰ KVA را اعمال نماید. استاندارد این است که مقدار توان ترانسفورماتور جوشکاری را با ضریب کارکرد ۵۰٪ اندازه بگیرند. ضریب کارکرد را می‌توان با استفاده از نمودارهای نشان داده شده در شکل (۳-۳) که توان مورد نیاز را برای ضریب کارکرد‌های مختلف بدست آورد.

¹ - Duty Cycle



شکل ۳-۳: عملکرد ضریب کارکرد در مقابل توان

پس از آشنایی مختصر با توان KVA و ضریب کارکرد به ادامه بحث خویش در مورد دستگاه های جوشکاری پرسبی بازمی گردیم. توجه به این نکته ضروری به نظر می رسد که follow-up سریع الکتروود مشخصاً هنگام جوشکاری نقطه ای یا زائده ای مقاطع نسبتاً نازک به ویژه آلومینیومی و فلزات غیرآهنی مهم است. دستگاه هایی که با هوا عمل می کنند follow-up سریعتری از سیستم های هیدرولیکی دارند زیرا قابلیت فشردگی هوا بیشتر است. در سیستم های هیدرولیکی follow-up از طریق حرکت مایع ایجاد می شود و بنابراین ظرفیت پمپ تعیین کننده است.

ج) نوع قابل حمل: یک دستگاه جوشکاری نقطه ای قابل حمل از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است: ۱) یک گان یا ابزار جوشکاری قابل حمل ۲) یک ترانسفورماتور و در برخی مواقع رکتیفایر ۳) یک کانداکتور الکتریکی و تایمر (توالی زمان) ۴) یک کابل آبگرد بین ترانسفورماتور و گان. یک گان قابل حمل شامل فریم، یک سیلندر هیدرولیکی یا هوایی، گیره هایی که برای گرفتن دستگاه با دست تعبیه شده و سوئیچ دستی می باشد.

دو نوع اصلی گان وجود دارد: گان هایی که با هوا کار می کنند و دسته دوم هیدرولیکی هستند. همچنین ممکن است در یک تقسیم بندی دیگر این گروه از دستگاه ها را مشابه با دستگاه های جوشکاری نقطه ای به دو نوع پرسبی و بازو متحرک تقسیم بندی نمود. طراحی گان بستگی به نیروی مورد نیاز برای الکتروود دارد. برای حداقل کردن اندازه و وزن یک گان، از سیلندرها و هیدرولیکی معمولاً برای تولید نیروهای بیشتر از ۷۵۰ پوند استفاده می نمایند. اگرچه سیلندرها و هوایی تا ۱۵۰۰ پوند نیز به خاطر سادگی تجهیزات گاهی اوقات استفاده می شود.

ترانسفورماتور گان های قابل حمل باید دارای ولتاژ ثانویه مدار باز^۱ دو تا چهار برابر بزرگتر از دستگاه های ایستگاهی باشند. علت این مساله هم اضافه شدن کابل هایی بین گان و ترانسفورماتور است. اضافه شدن این کابل ها سه اثر عمده دارد:

¹ - Open circuit Secondary Voltages

۱- امپدانس^۱ را افزایش می دهد. بنابراین ولتاژ خیلی بالاتری در گان جوشکار نیاز است تا یک جریان ثانویه معادل با حالت ایستگاهی را ایجاد نماید.

۲- باعث افزایش اجزاء مقاومتی امپدانس شد، بطوریکه فاکتور توان خیلی بزرگتر از دستگاه های ایستگاهی می شود. در دستگاه dc ، مقاومت زیاد شده جریان در دسترس را کاهش میدهد. مگر اینکه ولتاژ بصورت متناسبی افزایش یابد.

۳- باعث حداقل شدن اثر امپدانس بر روی خروجی جریان گان و فاکتور توان می شود. نوع دیگری از گان ها که جدیداً استفاده می شود، گان ترانس سر خود^۲ نام دارد. در این مدل، ترانسفورماتور مستقیماً بر روی خود سیستم اعمال نیرو سوار می باشد و دارای چند مزیت است. اول اینکه خیلی فشرده تر و جمع و جورتر از ترانسفورماتورهایی است که قبلاً توضیح داده شد. همچنین فاکتور توان آن می تواند از ۸۵ درصد هم فراتر برود. یک کنترل ترکیبی^۳ برای عملکرد واحد گان در انواع مختلف گان های قابل حمل مورد نیاز است.

سیستم کنترل شامل کنتاکتور^۴ اولیه و تایمر جوش^۵ می شود. در سیستم های جدید بجای کنتاکتور از يك تایریستور استفاده می شود .

(د) نوع جوشکاری نقطه ای چندتایی^۶: این دستگاه ها با اهداف ویژه طراحی می شوند تا یک قطعه مشخص را جوشکاری نمایند. این نوع دستگاه باید هنگامی استفاده شود که حجم تولید و تعداد نقاط یا زائده های جوشکاری یک قطعه آنقدر زیاد باشد که دستگاه جوش (تک) نقطه ای معمولی از نظر اقتصادی جوابگو نباشد. سه مزیت عمده این دستگاه ها عبارتند از: ۱) ایجاد تعداد زیادی جوش در هر با جوشکاری (۲) ابعاد و محل جوش ها منطقاً ثابت است. ۳) تجهیزات قابل اطمینان و آسان برای نگهداری این نوع دستگاه های جوشکاری معمولاً چند ترانسفورماتوره (اکثراً دو ترانسفورماتوره) هستند. شکل (۳-۴) اجزاء استاندارد بکار رفته در دامنه وسیعی از دستگاه های جوشکاری چندتایی را نشان می دهد. نیرو از طریق سیلندرهای هوا یا هیدرولیکی به نگهدارنده ها و از آنجا به الکترودها اعمال می شود.

در طراحی این نوع دستگاه های جوشکاری چند فاکتورها خیلی مهم است که عبارتند از:

۱- اندازه، شکل و پیچیدگی قطعات ۲- ثبات قطعاتی که باید جوشکاری شوند. ۳- ترکیب شیمیایی و ضخامت قطعات ۴- سطح انتظار از ظاهر جوش ۵- مقدار تولید ۶- تجهیزات در دسترس (پرسها، فریم ها و ...) ۷- زمان تعویض قطعات مختلف ۸- فاکتورهای اقتصادی

1 - Impedance

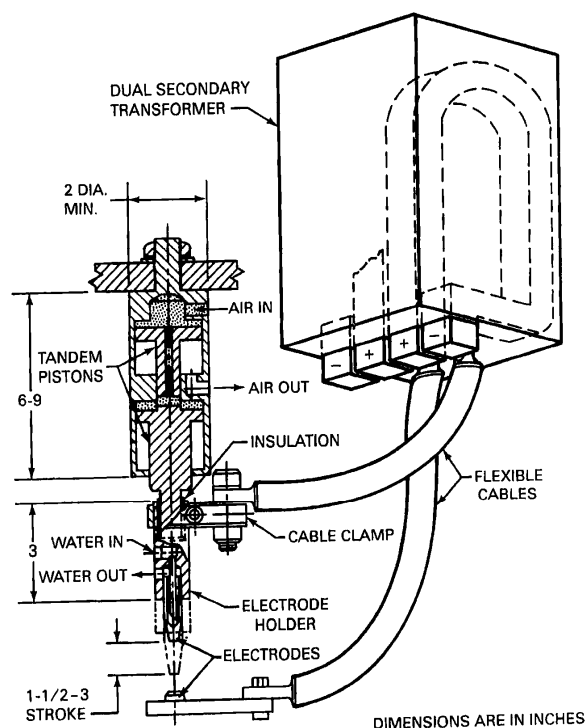
2 - Trans gun

3 - Combination Control

4 - Contactor

5 - Sequence Timer

6 - Multiple type



شکل ۳-۴: اجزاء اصلی یک سیستم جوشکاری نقطه ای چندتایی

در بیشتر موارد، الکترود پایینی از یک قطعه مکعبی آلیاژ مسی ساخته می شود که یک یا چند الکترود درون آن جا زده شده است. در حقیقت این الکترودها هستند که در تماس با قطعه ای قرار می گیرند که قرار است جوشکاری گردد.

۳-۲-۱- سایر دستگاه های جوشکاری مقاومتی

- دستگاه های جوشکاری نواری: مشابه دستگاه های جوشکاری نقطه ای هستند به جز در شکل الکترودهایی که استفاده می شوند. چندین نوع دستگاه جوشکاری نواری در بازار موجود هستند که انتخاب آنها بستگی به شرایط سرویس دارد. در برخی دستگاه ها قطعه کار در یک محل فیکس شده و الکترود غلطکی از روی آن عبور می کند. این دستگاه در حقیقت از نوع قابل حمل است. در دستگاه جوشکاری ثابت، الکترود ثابت می باشد و قطعه کار حرکت می کند. دستگاه جوشکاری نواری بایستی زمان های قطع و وصل جریان و چرخش الکترودها را کنترل کند. اجزاء یک دستگاه جوشکاری استاندارد شامل یک فریم اصلی است که در آن محلی برای ترانسفورماتور و سوئیچ tap قرار دارد. یک هد جوشکاری شامل سیلندر هوا، یک بازو و یک پایه برای سوار شدن الکترود بالایی و سیستم محرکه است. یک پایه برای سوار کردن الکترود پایینی و سیستم محرکه (اگر استفاده شود) اتصالات مدار ثانویه، کنترل الکترونیکی و کانداکتورها و الکترودهای غلطکی می باشد. سه نوع دستگاه جوشکاری نواری وجود دارد (به شکل (۸-۱) مراجعه نمایید).

(۱) **مدور^۱**، که چرخش الکترودها در این دستگاه ها عمود بر سطح جلوی دستگاه می باشد. این نوع دستگاه ها برای مسیرهای طولانی در قطعه کارهای مسطح و برای جوشهای محیطی مانند جوشکاری یک هد به ظرفش بکار می رود.

(۲) **دستگاه های طولی^۲**: که محور چرخشی الکترودها موازی با دستگاه است. این نوع دستگاه ها برای جوشکاری هایی مانند جوش درز پهلویی یک ظرف استوانه ای و مسیرهای کوتاه در قطعات مسطح بکار می روند.

(۳) **نوع عمومی^۳**: که الکترودهای غلطکی در آنها ممکن است در هر دو موقعیت فوق قرار بگیرند. مکانیزم های حرکت الکترودها غلطکی نیز به دو صورت است: در حالت drive Gear نیروی موتور مستقیماً به مرکز الکتروود وارد شده و آن را به چرخش درمی آورد. در حالت دوم چرخش غلطک های هموار یا دندانه داری^۴ که در تماس با الکترودهای اصلی می باشند، آنها را به حرکت درمی آورند. در برخی موارد دستگاه هایی نیز برای اهداف و کاربردهای خاص طراحی می شوند: مانند دستگاه نوع الکتروود متحرک، نوع فیکسچر متحرک و قابل حمل.

- **دستگاه های جوشکاری جرقه ای**: یک دستگاه جوشکاری جرقه ای شامل فریم اصلی، ورقهای ساکن، ورق های متحرک، سیستم گرفتن و فیکس کردن قطعه، یک ترانسفورماتور، یک سوئیچ tap، کنترل های الکتریکی و یک سیستم جرقه زدن و سر به سر کردن است. الکترودهایی که قطعه را نگهداری می کنند و جریان جوشکاری را به آن منتقل می کنند بر روی صفحات سوار می شوند.

- **دستگاه های جوشکاری زائده ای**: الکترودها یا قالب های جوشکاری زائده ی سطوح مسطح با سطح تماس بزرگتری از الکترودهای جوش نقطه ای دارند. دستگاه مقاومتی نوع پرسبی معمولاً برای جوشکاری زائده ای بکار می رود.

- **دستگاه های جوشکاری سر به سر**: که خیلی شبیه دستگاه های جوشکاری جرقه ای می باشند، شامل یک فریم اصلی است که ترانسفورماتور و سوئیچ tap درون آن قرار دارند. الکترودهایی برای نگهداشتن قطعات و انتقال جریان به آنها و وسیله ای برای سر به سر کردن اتصال است. یک کنتاکتور اصلی برای کنترل جریان جوشکاری استفاده می شود. دستگاه های جوشکاری سر به سر ظرفیت کمتری نسبت به دستگاه های جوشکاری جرقه ای دارند.

- **دستگاه های جوشکاری فرکانس بالا**: دستگاه های این فرآیند کاملاً اتومات است و تجهیزات مورد استفاده ویژه ای در طراحی آن بکار می رود.

- **دستگاه های جوشکاری ضربتی**: در این فرآیند از دو نوع دستگاه استفاده می شود. دشارژ مغناطیسی و خازنی. دستگاه های آن معمولاً شبیه به دستگاه جوشکاری مقاومتی نوع پرسبی است که مقداری اصلاح شده تا برای این فرآیند متناسب گردد. مثلاً ترانسفورماتورها و کنترل کننده ها و ابزارهایی از آن تغییر نموده اند.

1 - Circular

2 - Longitudinal

3 - Universal

4 - Knurl or Friction Roller

۲-۲-۲- کنترل جوشکاری مقاومتی

وظایف عمده کنترل کننده های جوشکاری مقاومتی عبارتند از: (۱) تولید سیگنالهایی برای کنترل عملکرد دستگاه (۲) شروع و متوقف کردن جریان جوشکاری (۳) کنترل میزان جریان سه قسمت کنترل در سیستم جوشکاری مقاومتی وجود دارند. کنترل زمان و توالی^۱ جوشکاری، کنتاکتورهای جوشکاری و کنترل کننده های کمکی.

۲-۲-۱- کنترل زمان ها و توالی جوشکاری

- تایمر جوش: این تایمر وسیله ای است برای کنترل توالی و مدت زمان اجزاء مختلف یک سیکل جوشکاری. همچنین ممکن است سایر حرکات مکانیکی دستگاه را نیز کنترل نماید. تایمرهای توالی در جوشکاری مقاومتی نقطه ای، نواری و زائده ای استفاده می شوند. چهار مرحله اصلی سیکل جوشکاری نقطه ای، نواری و زائده ای عبارتند از:

۱- زمان قبل از جوش squeeze ۲- زمان جوش ۳- زمان نگهداری ۴- زمان قطع که در مورد آنها قبلاً بطور مفصل صحبت شد.

تایمرهای جوشکاری چند پالسه برای کنترل تعداد پالس جریان با یک فاصله زمانی معین بین هر پالس ساخته می شوند. این تایمرها در حقیقت مدت زمان هر پالس که زمان حرارت^۲ نامیده می شود، همچنین فواصل زمانی بین آنها را که زمان خنک کردن^۳ نامیده می شود را نیز کنترل می کنند. مجموع این زمانها (زمان های حرارت و خنک شدن) زمان جوشکاری نامیده می شود. تایمرها و کنترل کننده های ترکیبی که در حال حاضر استفاده می شوند بیشتر از نوع کنترل کننده های فازی بسیار دقیق و سنکرون با برق ورودی^۴ هستند. کنترل کننده های غیرسنکرون تقریباً از رده خارج شده و کمتر مورد استفاده قرار می گیرند.

طبقه بندی تایمرهای توالی جوش طبق نظر RWMA^۵ بصورت زیر است:

۱- نوع 1A و 1AS که فقط زمان جوشکاری را کنترل می کند.

۲- نوع 1BS که زمان های حرارت و خنک شدن را برای جوشکاری چند پالسه کنترل می کند.

۳- نوع A3B که زمان squeeze زمان نگهداری و زمان قطع را نیز کنترل می کند.

۴- نوع A3C که مشابه A3B است منتهی زمان شروع squeeze را کنترل می کند. Pre squeeze که در حقیقت زمان حرکت الکترود تا موقعی که به سطح کار برخورد کند. این نوع تایمرها برای جوشکاری تکراری با سرعت بالا استفاده می شود.

۵- نوع A5B که مشابه A3B است ولی برای استفاده در جوشکاری چند پالسه طراحی می شود و زمان حرارت، خنک شدن و جوش را به جای زمان جوش کنترل می کند.

۶- نوع 7B که تایمر توالی است و به همراه تایمر نوع 1AS برای کنترل زمان squeeze، جوش، نگهداری و قطع جریان بکار می رود.

۷- نوع 9B که مشابه 7B است ولی به همراه تایمر جوش 1BS مورد استفاده قرار می گیرد.

در نشانه گذاری SRWMA نشان دهنده تایمر بسیار دقیق همزمان است و A نشان دهنده یک تایمر سیکل کامل است.

¹ - Sequence

² - Heat

³ - Cool

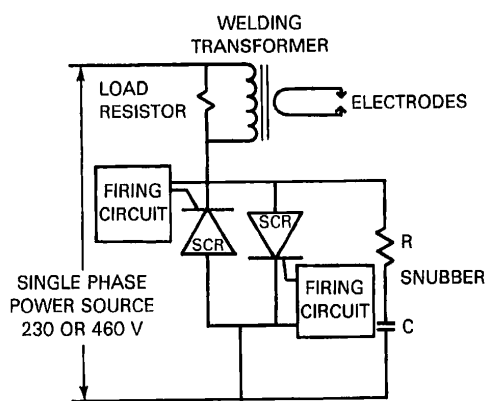
⁴ - Synchronous Precision Phase Cont

⁵ - Resistance Welder Manufactures Association



۲-۲-۲-۲- کنتاکتور^۱

یک کنتاکتور وسیله ای است که برای باز و بستن جریان اولیه ترانسفورماتور جوشکاری بکار می رود. کلمه کنتاکتور یک نام بی مسمی برای این وسیله است که از کنتاکتورهای مکانیکی (مغناطیسی) که اوایل برای کنترل ترانسفورماتور جوشکاری در کنترل کننده های جوشکاری غیرهمزمان استفاده می شده، باقی مانده است. کنترل کننده های مدرن جوشکاری عموماً از مجموعه ای SCR (یکسو کننده کنترل شده سیلیکونی^۲) استفاده می کنند که از یک مجموعه سوئیچ های نیمه هادی که بجای کنتاکتور عمل می کند ساخته شده. در تجهیزات تکفاز فقط از یک جفت SCR در خط اصلی مدار استفاده می شود. (شکل (۲-۵)).



شکل ۲-۵: دستگاه جوشکاری تک فاز با کانداکتورهای با جفت SCR در حقیقت با استفاده از کانداکتورها میزان توان ورودی به مدار را کنترل کرده و با کنترل توان جریان و ولتاژ ورودی و مورد نظر را به مدار اولیه ترانسفورماتور انتقال داد.

۲-۲-۲-۳- کنترل کننده های کمکی

شامل ابزارهای کنترل حرارت، کنترل شیب صعودی جریان (در ابتدای جوشکاری) و شیب پایانی جریان جوشکاری و کنترل جریانهای کوئیچ و تمیز کردن می باشد که با استفاده از تغییراتی در سوئچ tap ترانسفورماتور یا روش های دیگری مانند رگلاتورهای جریان و ولتاژ و ... این کنترل کننده ها عمل می کنند. کنترل کننده نیرو نیز بایستی مقدار نیروی اصلی جوشکاری و نیروی فورج را کنترل نماید. همچنین در طول فرآیند ممکن است نیاز باشد جریان جوشکاری یا نیرو را اندازه گرفته و نیاز به کنترل آن داشته باشیم. در این مواقع می توان از آمپرسنج ها و نیروسنج های که برای فرایندهای جوشکاری مقاومتری طراحی می شوند استفاده نمود. همچنین ممکن است نیاز به تراشکاری نوک الکترود باشد، در این مواقع معمولاً از دستگاه های خاصی (dresser) که دارای تیغه های مخصوص این کار می باشد، استفاده می شود.

¹ - Contactor

² - Silicon Controlled Rectified

۳-۲- کابل های جوشکاری مقاومتی

کابل های جوشکاری مقاومتی را می توان به سه دسته تقسیم کرد: کابل های تک آبگرد^۱، کابل های تک هوا خنک^۲ و کابل های بدن ضربه^۳ هستند.

جنس رشته بافته شده درون کابل و ترمینالها مس C11000 می باشد که بیشترین هدایت الکتریکی را داراست. جنس شیلنگ کابل نیز باید طوری انتخاب شود که در برابر سایش و خراشیدگی مقاومت کافی داشته باشد. شیلنگ ها را از مواد عایق می سازند. بر حسب نوع استفاده که قرار است از کابل صورت بگیرد، ابعاد دو نوع کابل باید طوری انتخاب شود که متناسب با مقاومت مدار کلی و عمر الکترودها باشد. در هنگام انتخاب کابل باید نوع سر کابل، gauge کابل و طول آن را مشخص کرد. در پیوست (۱) کتاب انواع انتهای کابل و اندازه های آنها برای کابل هایی که با آب خنک می شوند و نیز انواع کابل هایی که با هوا خنک می شوند، آورده شده است. این کابل ها تولید شرکت T.J.Snow می باشد.

در کابل هایی که با آب خنک می شود (W.J) طراحی باید طوری صورت پذیرد که از جریان کامل آب در همه طول کابل اطمینان حاصل شود. همچنین خمش و تابیدگی کابل نباید باعث کاهش فلوی آب در کابل شود. در این نوع کابل ها می توان با کنترل فلو و دمای آب عمر کابل را افزایش داد. و معمولاً فلوی دو گالن بر دقیقه برای کابل های تک و ۲/۵ گالن بر دقیقه برای کابل های دوپل متناسب می باشد. در مورد کابل هایی که با هوا خنک می شوند، متاسفانه اکسیداسیون زیاد است. استفاده از یک ترمینال نقره اندود (داخل و بیرون) می تواند فرآیند اکسیداسیون را کاهش دهد.

علاوه بر عوامل فوق، عمر یک کابل به دو عامل دیگر نیز وابسته است، اتصال رشته مسی به ترمینال خروجی، که معمولاً مجموعه رشته مسی را به ترمینال پرس جوش یا لحیم کاری می کنند تا حداقل مقاومتی الکتریکی ممکن در این نقطه به وجود آید، همچنین اتصال مناسبی بین این دو جزء بوجود آید. عوامل مکانیکی مانند فشار و ضربه شیلنگ نیز بر روی عمر کابل اثر گذار می باشد.

۴-۲- الکترودهای جوشکاری مقاومتی

الکترودهای جوشکاری مطمئناً یک جزء حیاتی سیستم های جوشکاری را تشکیل می دهند. بدین منظور بایستی سه هدف ذیل را تامین نمود: ۱- اعمال فشار تا از چفت شدن مناسب ورق ها در طول جوشکاری مطمئن شویم. ۲- باید جریان مورد نیاز برای جوشکاری را حمل کنند. ۳- بایستی خنک شدن جوش را تسهیل کنند و دکمه جوش را به گونه ای تحت پوشش قرار دهد که میزان پاشش در فصل مشترک الکتروود ورق به حداقل برسد.

۳-۴-۱- خواص مورد نظر از یک الکتروود مقاومتی

الکترودهای جوشکاری مقاومتی نقطه ای که به منظور اتصال فلزات سبک یا ورق های فولادی عملیات سطحی شده بکار می روند، بایستی دارای برخی خواص شامل مقاومت حرارتی، هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی و مقاومت سایشی متناسب با کاربردها باشند. علاوه بر آن لازم است که ماده الکتروود دارای ساختار هموزن با قابلیت ماشینکاری و فرم دهی باشد.

¹ - Air- cooled Jumper Cables

² - Water- cooled Jumper Cables

³ - Kick Cables

در حالت کلی می توان گفت که الکتروده جوش نقطه ای به عنوان یک هدایت کننده جریان اعمالی به ماده جوشکاری استفاده می شود. بنابراین الکتروده مورد استفاده برای جوشکاری مقاومتی نقطه ای بایستی با توجه به شرایط جوشکاری و ماده ای که جوش داده می شود، از خواص مناسبی برخوردار باشد. در اغلب فرآیندهای جوشکاری مقاومتی نقطه ای الکترودها بایستی خصوصاً مقاومت حرارتی و هدایت الکتریکی در دمای بالا داشته باشند. زیرا این الکترودها بطور پیوسته تحت شرایط دما و فشار بالا قرار دارند. ماده الکتروده باید پاشندگی کمی داشته باشند و بر روی ماده تحت جوشکاری ذوب نشوند (هنگامیکه الکتروده تحت شرایط دما و فشار بالا به مدت زیاد مورد استفاده قرار می گیرند).

تغییر در ترکیب شیمیایی الکتروده می تواند در کارکرد نهایی آن موثر باشد. به عنوان مثال، یک ماده سخت تر ممکن است که مقاومت سایشی بهتری داشته باشد، اما با افزایش مقدار این آلیاژ و در نتیجه، افزایش استحکام ماده معمولاً هدایت الکتریکی ماده کاهش می یابد. لذا یک ماده الکتروده مناسب بایستی علاوه بر ترکیب هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی خوب، استحکام مکانیکی و سختی کافی در دمای عملیات را داشته باشد.

۲-۴-۲- بررسی مواد مختلف مورد استفاده در ساخت الکترودهای مختلف

عنصر اصلی مورد استفاده در الکترودهای مقاومتی مس است، زیرا هدایت الکتریکی بالا و میزان مقاومت کمی دارد. اما مس خالص استحکام مکانیکی پایینی دارد. به همین دلیل بصورت آلیاژ یا پراکنده سخت شده و یا پوشش داده شده مورد قرار می گیرد تا علاوه بر هدایت خوب از استحکام بالایی نیز برخوردار شود. الف - الکترودهای آلیاژی: معمولاً فلزاتی از قبیل کروم، زیرکونیوم، سیلیسیم یا نیکل را در مقادیر بسیار اندک به فلز پایه مس اضافه می کنند تا یک آلیاژ ایجاد شود که این آلیاژ به عنوان ماده الکتروده مصرف می شود. و هرچند هنگامیکه چنین آلیاژی به عنوان الکتروده مصرف می شود، ممکن است که تمام خواص مورد نظر نظیر مقاومت حرارتی، هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی و مقاومت سایشی در حد مطلوب نباشد و برخی از آنها بطور جزئی در الکتروده موجود باشند. به عنوان مثال در آلیاژ مس - کروم که بطور گسترده ای به عنوان الکتروده جوشکاری مقاومتی نقطه ای بکار می رود و توسط یک روش ریخته گری معمولی تولید میشود از مس به عنوان فلز پایه به همراه ۰/۲ درصد وزنی کروم استفاده می شود و این آلیاژ به دلیل وجود ذرات کروم ریز پراکنده شده در زمینه مسی، خواص مکانیکی بهبود یافته ای دارد، هنگامیکه الکتروده ساخته شده از این آلیاژ تحت شرایط جوشکاری قرار می گیرد، پایداری حرارتی و مقاومت سایشی آن تضعیف می شود. علت این موضوع افزایش اندازه ذرات کروم رسوب کرده به دلیل گرم شدن الکتروده حین جوشکاری می باشد. و به همین دلیل اخیراً سعی بر استفاده از الکترودهای کامپوزیتی متشکل از مس و اکسید فلز می باشد که بعداً بطور مفصل به توضیح آن خواهیم پرداخت.

الکترودهای Cu-Cr و Cu-Cr-Zr ساختار کار سرد شده با دانه های به شدت کشیده شده و ممتد دارند و در داخل آنها فاز رسوب کرده و پراکنده شده بصورت ریز و ظریف موجود است. اندازه دانه های الکترودهای Cu-Zr خیلی بزرگتر است. در بین الکترودهای آلیاژی، الکتروده مس - کادمیم دارای بیشترین هدایت حرارتی (۸۰ درصد حداقل مقدار استاندارد بین المللی برای مس آنیل شده) و کمترین سختی (حداقل RB ۶۵) هدایت الکتروده مس - کروم اندکی کمتر است (۷۵٪) ولی سختی بالاتری دارد تا با این الکترودها جوش های طولانی تری را می توان انجام داد زیرا سختی بالاتری دارند.



ب- الکترودهای رسوب سختی شده

این الکترودها معمولاً شامل مس و اکسید فلز می باشند. برخی از این آلیاژها عبارتند از: $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ و Cu-SiO_2 ، Cu-ZrO_2 و Cu-BeO_2 .

مشخص شده است که آلیاژ $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ خواص فوق العاده دارد. این آلیاژ توسط ترکیبی از روش متالورژی پودر و روش اکسیداسیون داخلی تولید می شود. مقاومت خزشی، هدایت الکتریکی و پایداری حرارتی (در دمای اتاق و دماهای بالا) این آلیاژ نسبت به انواع دیگر برتر است و به همین دلیل به عنوان ماده الکترود مناسب است.

کمپانی نیپرت^۱ نوع پیشرفته تر الکترودهای مس رسوب سخت شده گیلدکاپ^۲ را عرضه کرده که این الکترودها برپایه فرمول A160 می باشند که حاوی ۱/۱ درصد وزنی اکسید آلومینیم می باشد. این آلیاژ در حدود ۸۰-۷۰٪ هدایت الکتریکی مس خالص را دارا می باشد. اما قیمت بالای آن موجب محدود شدن مصرف آن شده است. شرکت نیپرت برای مصرف کننده های که قیمت برایشان چندان مطرح نیست، یک تکنولوژی جدید کلاهدک^۳ را ابداع کرده است. این فن آوری جدید از یک بدنه زیرکونیومی بر روی یک گیلدکاپ تشکیل شده است که معروف به کلاهدک مرکب نیترو^۴ می باشد.

برخی از خواص مکانیکی چند نوع آلیاژ رسوب سختی شده آزمایش شده از جدول (۳-۱) آورده شده است. d اندازه متوسط ذرت آلیاژی، Δf منفی انرژی آزاد تشکیل اکسید σ تنش شکست در دمایی در حدود $^{\circ}\text{C}$ ۲۰ و δ تغییر طول نسبی می باشد.

Alloying metals	d (nm)	ΔF (cal/g · atom)	Type of oxide particle	σ (MPa)	δ (%)
Cu-0.2%Be	13	115,250	BeO	400	4
Cu-0.2%Al	25	103,133	Al_2O_3	300	20
Cu-0.4%Al	30	103,133	Al_2O_3	360	13
Cu-0.2%Ti	20	86,945	TiO_2	230	16
Cu-0.4%Zr	21	103,700	ZrO_2	290	18
Cu-0.2%Si	70	76,100	SiO_2	180	17
Cu-0.2%Al-0.05%Ti	20	-	Al_2O_3 , TiO_2	320	9
Cu-0.4%Al-0.05%Be	20	-	Al_2O_3 , BeO	-	-
Cu-0.2%Al-0.05%Si	20	-	Al_2O_3	340	10
Cu-0.2%Si-0.05%Be	30	-	BeO	270	6
Cu-0.2%Si-0.05%Ti	56	-	TiO_2	290	7

جدول ۳-۱ خواص مکانیکی برخی از آلیاژهای رسوب سختی شده

ج - الکترودهای پوشش داده شده بوسیله کاربید تیتانیوم: این الکترودها عمر طولانی تری

دارند، کمتر به قطعه کار می چسبند و محدوده جوشکاری وسیعتری دارند. به دلیل هدایت بالاتر تیتانیوم مقداری صرفه جویی در هزینه های جانبی خواهیم داشت. همچنین مهندسين دریافته اند که در مورد این

^۱ - Nipper

^۲ - Gild cop

^۳ - Cap-tip

^۴ - Nit rode Composite Cup

آلیاژها نیازی به پاکسازی سطح نداریم. تعداد زیادی از کارخانجات اتومبیل سازی گزارش داده اند که هنگام استفاده از کلاhek های پوشش داده شده با TiO الکترودها نمی چسبند. پوشش کاربید تیتانیوم با استفاده از یک فرآیند کم ولتاژ ابداعی به کلاhek جوش می خورد و یک پیوند متالورژیکی بین پودر کاربید تیتانیوم زینتر شده و آلیاژ مس برقرار می شود. این نوع الکترودها بیشتر برای فولادهای پوشش داده شده استفاده می شود.

۳-۲- بررسی جنس الکترودها مطابق با استانداردها

صنایع با تولید بالا متمایل به انجام جوشکاری های مداوم و در حجم بالا بوده و لذا نیاز به الکترودهای خاصی دارند، که این امر باعث گردیده که طراحان الکترودها توجه زیادی به قابلیت ها و محدودیت های جنس بکار رفته در الکترودها نموده و الکترودها را بنا به جنس آنها مورد دسته بندی قرار دهند. لذا در این قسمت به بررسی انواع الکترودها بنا به جنس بکار رفته در آنها می نماییم که این بررسی مطابق با کلاس بندی RWMA و ISO صورت گرفته است.

الف) بررسی جنس الکترودها مطابق با کلاس بندی RWMA:

با گذشت سالیان بسیار از کلاس بندی RWMA که برای اولین بار به منظور بهبود کیفیت الکترودهای پایه مس بکار رفته، هنوز تغییرت عمده ای در جنس الکترودها صورت نگرفته است. جدول (۳-۲) میزان حداقل خواص آلیاژهای مختلف کلاس بندی RWMA را نشان میدهد.

گروه A: آلیاژهای پایه مس

کلاس ۱: این گروه آلیاژهای مس - کادمیم (Cu-Cd) هستند که دارای ۱٪ کادمیم و مابقی مس هستند. از این گروه بطور عمومی در مواردی که نیاز به انتقال حرارت و یا انتقال جریان بالایی است استفاده می شود. مثلاً در جوشکاری های مقاومتی نقطه ای و نواری که این نکته مهم باشد؛ از این الکترودها استفاده می کنند. این کلاس برای جوشکاری نقطه ای و نواری برای فلزاتی مانند آلومینیم، منیزیم و فولادهای گالوانیزه استفاده می شوند از آنجا که مواد این دسته دارای هدایت الکتریکی و حرارتی بالایی هستند باید توسط سیستم های خنک کننده مناسب دمای آنها را همواره زیر دماهای بحرانی نگهداشته شود. به عنوان مثال آلومینیم تمایل بسیار زیادی به آلیاژ شدن با مس و نتیجتاً چسبیدن الکترودها به قطعه کار را دارد و این آلیاژهای ایجاد شده شباهتهای بسیار کمی با فلزات اصلی این کلاس دارند. لذا این سیستم های خنک کننده باید مانع تشکیل این آلیاژها و چسبندگی الکترودها و تمایل به این چسبندگی کردند. همچنین این سیستم های خنک کننده امکان نفوذ بین دانه ای برای مواد با نقطه ذوب پایین موجود در الکترودها را بسیار کاهش می دهند. مواد کلاس ۱ قابلیت عملیات حرارتی را نداشته و باید خواص خود را از طریق عملیات کار سرد مانند کشش سرد، نورد سرد و فورج سرد بدست آورند. این کلاس مزیت خاصی نسبت به مس معمولی ریخته شده نداشته و کمتر مورد استفاده قرار گرفته و به این صورت ساخته می شوند.

کلاس ۲: این گروه آلیاژهای مس - کروم (Cu-Cr) هستند که ترکیب ۰/۸ درصد وزنی کروم و مابقی مس می باشد. مواد این کلاس دارای خواص مکانیکی بهتری نسبت به گروه کلاس ۱ بوده ولی هدایت حرارتی و هدایت الکتریکی آنها نسبت به کلاس ۱ کمتر است. این گروه خواص فیزیکی خوبی داشته و مقاومت آنها در برابر تغییر شکل در زیر فشارهای نسبتاً بالا آنها را به بهترین کلاس این نوع مواد تبدیل کرده است. اگر بخواهیم که انواع مختلفی از مواد را در حالت های گوناگون تنها با یک نوع الکترودها خاص جوش دهیم، الکترودهای کلاس ۲ انتخاب ایده آلی به حساب می آیند. این گروه کاربرد وسیعی در تولیدات انبوه در جوشکاری های نقطه ای و نواری در فولادهای کم آلیاژی، برنج و برنز دارند که شامل قسمت عمده ای از کاربرد جوشکاری مقاومتی می شود.



این گروه همچنین برای میله ها، پیچ ها، نگهدارنده ها، صفحه ها، گیره ها و انواع گوناگون اجزاء سیستم انتقال جریان در تجهیزات جوش مقاومتی مناسب هستند.



Group A Copper-Base Alloys	Proportional Limit Tension, psi			Hardness, Rockwell B			Conductivity, % ^a			Ultimate Tensile Strength, psi			Elongation, % in 2 in. or 4 diameters		
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3
Rod Diam., In.															
Round Rod Stock (Cold Worked)															
Up to 1	17,500	35,000	50,000	65	75	90	80	75	45	60,000	65,000	100,000	13	13	9
Over 1 to 2	15,000	30,000	50,000	60	70	90	80	75	45	55,000	59,000	100,000	14	13	9
Over 2 to 3	15,000	25,000	50,000	55	65	90	80	75	45	50,000	55,000	95,000	15	13	9
Thickness, In.															
Square, Rectangular, and Hexagonal Bar Stock (Cold Worked)															
Up to 1	20,000	35,000	50,000	55	70	90	80	75	45	60,000	65,000	100,000	13	13	9
Over 1	15,000	25,000	50,000	50	65	90	80	75	45	50,000	55,000	100,000	14	13	9
Thickness, In.															
Forgings															
Up to 1	20,000	22,000 ^b	50,000	55	65	90	80	75	45	60,000	55,000	94,000	12	13	9
Over 1 to 2	15,000	21,000 ^b	50,000	50	65	90	80	75	45	50,000	55,000	94,000	13	13	9
Over 2	15,000	20,000 ^b	50,000	50	65	90	80	75	45	50,000	55,000	94,000	13	13	9
Castings															
All	-	20,000	45,000	-	55	90	-	70	45	-	45,000	85,000	-	12	5
Group A															
Copper-Base Alloys		Proportional Limit Tension, psi		Hardness, Rockwell		Conductivity, % ^a		Ultimate Tensile Strength, psi		Elongation, % in 2 in. or 4 Diameters ^c					
Class 4 Alloys															
Cast	60,000	33C	18 (Average)	90,000	0.5										
Wrought	85,000	33C	20 (Average)	140,000	1.0										
Class 5 Alloys, cast															
Type H	16,000	88B	12	70,000	2										
Type S	12,000	65B	15	65,000	12										
Group B Refractory Metals															
				Ultimate Compression Strength, psi											
Class 10 - Rods, bars, and inserts				135,000											
Class 11 - Rods, bars, and inserts				160,000											
Class 12 - Rods, bars, and inserts				170,000											
Class 13 - Rods, bars, and inserts				200,000											
Class 14 - Rods, bars, and inserts				—											

a. International Annealed Copper Standard.

b. Hot worked and heat treated but not cold worked.

جدول ۲-۳ حداقل خواص مواد الکترودهای RWMA

آلیاژهای کلاس ۲ قابلیت عملیات حرارتی را داشته و لذا برای ریخته گری مناسب هستند. این کلاس برای رسیدن به خواص اصلی بصورت قابل ملاحظه ای مورد عملیات کار سرد قرار گرفته تا با این عملیاتها بعد از عملیاتهای حرارتی به خواص نهایی خود دست یابند.

کلاس ۲: این گروه آلیاژهای مس - بریلیم (Cu-Be) با مقادیر کمی بریلیم هستند. ترکیب شیمیایی آنها ۵/۰٪ بریلیم، ۱٪ نیکل و یا ۱٪ کبالت و بقیه مس می باشند. مواد کلاس ۲ دارای خواص مکانیکی بهتری نسبت به کلاس ۲ بوده ولی هدایت الکتریکی آنها نسبت به کلاس ۲ پایین تر است. از الکترودهای این کلاس خصوصاً در مواردی که در آنها مقاومت الکتروود در برابر تغییر شکل بسیار مهمتر از خواص هدایتی آن باشد، استفاده می شود. لذا این الکتروودها ارزش زیادی در جوشکاری های نقطه ای و نواری در فشارهای بالا دارند. همچنین در مواردی که در آنها مقاومت حرارتی قطعه کار بالاست از این الکتروودها استفاده می شود که به عنوان مثال از کاربردهای این الکتروودها در جوشکاری فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای استحکام بالای فولاد و آلیاژهای آنیونل استفاده می شود.

این کلاس خصوصاً برای انواع جوشکاری تحت فشار و جوشکاری مواد پوشش دار و آستردار یا لوله ها در دستگاه های جوشکاری نواری مناسب هستند.

خواص نهایی این گروه با خواص قطعه ریخته تفاوت چندانی نداشته زیرا خواص مکانیکی بسیاری از این مواد بستگی شدید به عملیات حرارتی انجام شده روی این مواد دارند. این امر در مواد کلاس ۲ کمتر مشاهده می شود. مواد کلاس ۳ ممکن است که مورد کشش سرد و یا نورد سرد به مقدار ناچیزی قرار بگیرند ولی این عملیات ها تنها حدود ۵٪ از خواص مکانیکی مورد نظر را به ماده ما می دهند و قسمت قابل توجهی از هدف این فرآیند ها برای ثابت کردن اندازه قطعه و آماده سازی نهایی (عملیات تمام کاری) آن می باشد.

کلاس ۴: این گروه آلیاژهای بریلیم - مس با مقادیر بالای بریلیم (۱/۸٪) است که حدود ۳/۰٪ نیز کبالت دارند. مواد این کلاس قابلیت پیرسختی داشته و بیشترین مقدار سختی و مقاومت را در میان الکترودهای پایه مس دارا می باشند. توانایی بسیار پایین این مواد در انتقال حرارت و جریان الکتریکی و همچنین تمایل آنها به شکنندگی داغ موجب گردیده که مواد این کلاس برای جوشکاری هایی که در آنها سطح برخورد نسبتاً کوچک است مانند جوشکاری نقطه ای و نواری مناسب نباشند و بیشتر برای جوشکاری های با سطح تماس زیاد مانند جوشکاری تحت فشار یا در قالب های جوشکاریهای جرقه ای کاربرد زیادی دارند.

آلیاژهای کلاس ۴ قابلیت عملیات حرارتی داشته و امکان انجام این عملیات در هر مرحله ساخت و در انتهای مراحل تولید موجود است.

کلاس ۵: این گروه آلیاژهای آلومینیم - برنز هستند که ترکیب آنها شامل ۱۲ درصد آلومینیم و مابقی مس می باشد. این مواد در الکترودهای جوشکاری جرقه ای و در قالبهای دستگاه های جوشکاری لب به لب^۱ استفاده می شوند. استحکام بالا و مقاومت بالای این مواد در برابر ساییدگی و جرقه های پیوسته آنها را برای استفاده در بسیاری از اجزاء سیستم انتقال جریان یا اجزاء ماشین های جوشکاری مقاومتی و نگهدارنده ها سودمند نموده است.

آلیاژهای خاص مانند مس - زیرکونیوم از زمانی که به عنوان یک ماده با ارزش ها و قابلیت های خاص به عنوان الکتروود مورد استفاده قرار گرفته اند با استقبال زیادی مواجه شده اند و بسیار بکار برده می شوند. خصوصاً در جوشکاری نقطه ای و نواری برای موادی با پوشش های کامل یا آبکاری شده مانند ورق های گالوانیزه شده آهنی و فولادی این الکتروودها بکار برده می شوند. اگر چه خواص این مواد چنان به نظر می رسد که شرایطی مانند ترکیب کردن آلیاژهای کلاس ۱ و ۲ را ایجاد می کنند. اما اختلاف مشاهده شده در این خواص به اندازه اختلاف در نتایج بدست آمده ای نیست که توسط مصرف کننده های مختلف به علت های مختلف

¹ - Butt

و نامعلوم و غیرقابل پیش بینی و بحث انگیز در صنعت و به خصوص در کارخانه های بزرگ تولیدی به وجود آمده است.

- گروه B : ترکیبات فلزات دیرگداز

این دسته از فلزات دیرگدازها نامیده می شوند زیرا بر خلاف گروه A که آلیاژهای پایه مسی هستند، این فلزات تحت تاثیر حرارت ناشی از عمل جوشکاری قرار نگرفته و تحریک نمی شوند. فلزات این گروه بصورت آلیاژی ساخته نمی شوند. بلکه به روش متالورژی پودر تهیه می شوند. مهمترین خاصیت و کاربرد این گروه در جوشکاری های با دمای بسیار بالا و همچنین جوشکاری های با مدت زمان طولانی و جوشکاری های بدون سیستم خنک کننده و یا تمرکز حرارتی بالا و یا تمرکز فشار بالا برای تسریع تغییر شکل می باشد. کلاس های ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ مخلوطی از مس و تنگستن هستند که سختی، استحکام و دانسیته آنها بیشتر و هدایت الکتریکی آنها کمتر از کلاس های دیگر می باشد. این مواد برای پوشش دادن نوک الکترود های جوشکاری نقطه ای برای جوشکاری فلزات با سختی و مقاومت بالا مانند فولاد زنگ نزن استفاده می شوند. همچنین این مواد در جوشکاری جرقه ای، زائده ای، سر به سر به عنوان قالب های جوشکاری استفاده می شوند.

کلاس های ۱۲ و ۱۴: آلیاژهای ساده تجاری تنگستن و مولیبدن هستند. این مواد به طور کلی به عنوان تنها الکترودهایی که کیفیت کار ارائه شده و عمر جوش بسیار بالایی دارند برای جوشکاری و لحیم کاری فلزات غیرآهنی با هدایت الکتریکی نسبتاً بالا بکار برده می شوند و از آنجا که میل ترکیبی بسیار پایینی با قطعه کار دارند می توانند برای جوشکاری فلزاتی که هدایت بیشتری از آنها دارند بکار روند. بدون اینکه به قطعه کار بچسبند. در بسیاری از این فرآیندها جوش به جای اینکه از سطوح داخلی شروع شود عملاً از سطوح دیگر آغاز شده و کاملاً در قطعه کار نفوذ می کنند. در جوشکاری کلافهای سیم های مسی و یا سیم های مسی - برنجی به یکدیگر و یا به گونه های دیگری از انواع برنرها و برنج ها عموماً از الکترودهای پوشش داده شده با مواد کلاس ۱۲ و ۱۳ استفاده می شود.

ب (بررسی جنس الکترودها بنا به استاندارد ISO

کلاس بندی استاندارد ISO 5182 تقریباً مشابه کلاس بندی RWMA بوده، لذا برای جلوگیری از تکرار مطالب به این توضیح بسنده می کنیم که در این استاندارد نیز هر دو گروه A و B با خواص ذکر شده و کلاسهای تقریباً مشابه کلاسهای گفته شده موجودند. لازم به ذکر است که در این استاندارد آلیاژ مس - زیرکونیوم در کلاس ۲ که آلیاژهای مس - کروم قرار دارند جا گرفته است و خواص آن با این آلیاژها بررسی شده است. همچنین در گروه B یک کلاس اضافه نسبت به RWMA وجود دارد که کلاس ۱۵ می باشد و آلیاژ تنگستن و نقره می باشد که بالاترین هدایت الکتریکی را در گروه B داراست ولی دمای نرم شدن آن و سختی کمتری نسبت به بقیه مواد این گروه دارد. جدول (۳-۳) جنس الکترودها را طبق طبقه بندی ISO نشان می دهد. همچنین این استاندارد کاربردهای مرسوم هر کدام از این مواد را در فرآیندهای مختلف جوشکاری مقاومتی آورده است که در جدول (۳-۴) ملاحظه می نمایید.

Material								Softening temperature °C min.
Group	Type	Number	Designation	Nominal composition ¹⁾ %	Forms available (values in mm)	Hardness HV (30 kg) mm.	Electrical conductivity S/m. mm.	
A	1	1	Cu-ETP	Cu (+ Ag) min. 99,90	drawn > 25 drawn < 25 forged cast	85 90 90 40	56 56 56 50	150
		2	Cu Cd1	Cd 0,7 to 1,3	drawn > 25 drawn < 25 forged	90 95 90	45 43 45	250
		2	Cu Cr1	Cr 0,3 to 1,2	drawn > 25 drawn < 25 forged cast	125 140 100 85	43 43 43 43	475
			Cu Cr1 Zr	Cr 0,5 to 1,4 Zr 0,02 to 0,2	drawn > 25 drawn < 25 forged	130 140 100	43 43 43	500
			Cu Cr Zr	Cr 0,4 to 1 Zr 0,02 to 0,15	hardened ground < 45	180 160	43 43	500
			Cu Zr	Zr 0,11 to 0,25	hardened ground < 30	130 130	47 47	500
	3	1	Cu Co2 Be	Co 2,0 to 2,8 Be 0,4 to 0,7	drawn > 25 drawn < 25 forged cast	180 190 180 180	23 23 23 23	475
		2	Cu Ni2 Si	Ni 1,6 to 2,5 Si 0,5 to 0,8	drawn > 25 drawn < 25 forged cast	200 200 168 154	18 17 19 17	500
		4	Cu Ni1 P	Ni 0,8 to 1,2 P 0,16 to 0,25	drawn > 25 drawn < 25 forged cast	130 140 130 110	29 29 29 29	475
			Cu Be2 Co Ni	Be 1,8 to 2,1 Co-Ni-Fe 0,20 to 0,60	drawn > 25 drawn < 25 forged cast	350 350 350 350	12 12 12 12	300
		3	Cu Ag6	Ag 6 to 7	forged < 25 forged 25 to 50	140 120	40 40	400
		4	Cu Al10 Fe5 Ni5	Al 8,5 to 11,5 Fe 2,0 to 6,0 Ni 4,0 to 6,0 Mn 0 to 2,0	forged cast	170 170	4 4	650
B	10		W75 Cu	Cu 25		220	17	1 000
	11		W78 Cu	Cu 23		240	16	1 000
	12		WC70 Cu	Cu 30		300	12	1 000
	13		Mo	Mo 99,5		150	17	1 000
	14		W	W 99,5		420	17	1 000
	15		W65 Ag	35 Ag		140	29	900

¹⁾ The nominal composition of materials is for information only. The material shall be manufactured to the properties shown in the table

جدول ۳-۲ : جنس الکتروود بنا به استاندارد ISO

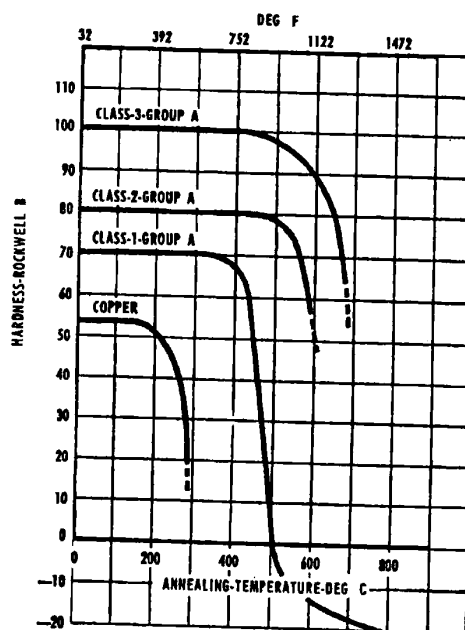
Material	Spot welding		Projection welding	Flash or butt welding	Auxiliary application
A 1/1	Electrodes for welding aluminium	Electrode wheels for welding aluminium			Unstressed current-carrying parts; laminated shunts
A 1/2	Electrodes for welding aluminium Electrodes for welding coated steel (zinc, tin, aluminium, lead)	Electrodes for welding aluminium Electrode wheels for welding coated steel (zinc, tin, lead, etc.)		Dies or insert for welding mild steel	Electrodes for high-frequency resistance welding of non-ferrous metals
A 2/1	Electrodes for welding mild steel Holders and shafts and back-ups	Electrodes for welding mild steel	Large dies	Dies or inserts for welding mild and carbon steels, stainless steels and heat-resistant steels	Stressed current-carrying parts Backing for sintered electrode materials of Group B
A 2/2	Electrodes for welding mild steel and coated steel	Electrode wheels for welding mild steel and coated steel	Dies and inserts		Stressed current-carrying parts Parts for guns, e.g. holders, shafts
A 2/3	Electrodes for welding mild steel, coated steel and high strength low alloy steel	Electrode wheels for welding mild steel and coated steel	Dies and inserts		Stressed current-carrying parts Parts for guns, e.g. holders, shafts
A 2/4	Electrodes for welding mild steel, coated steel, and high strength low alloy steel	Electrode wheels for welding mild steel and coated steel	Dies and inserts		Stressed current-carrying parts
A 3/1	Electrodes for welding stainless and heat-resistant steels Stressed electrode holders, shafts and arms	Electrode wheels for welding stainless and heat-resistant steels Shafts and bushings	Dies or inserts	Dies or inserts under high clamping force	Stressed current-carrying parts
A 3/2	Stressed electrode holders, shafts and arms	Shafts and bushings			Stressed current-carrying parts
A 4/1	Electrode holders and bent arms	Shafts and bushings			Stressed current-carrying parts

Material	Spot welding	Seam welding	Projection welding	Flash or butt welding	Auxiliary application
A 4/2	Electrode holders and shafts under extreme mechanical stress	Machine arms under extreme mechanical stress	Dies or inserts under high electrode forces	Long dies for flash welding	
A 4/3	—	Electrode wheels for welding mild steel under high thermal stress			
A 4/4	Electrode holders	Shafts and bushings under light electrical loading	Plattens and dies		
B 10	—	—	Inserts for welding mild steel	Inserts for welding mild steel under high stress	Inserts for hot riveting and hot up-setting
B 11	—	—			Inserts for hot riveting and hot up-setting
B 12	—	—	Inserts for welding stainless steel	Small dies or inserts for welding steel	Inserts for hot riveting and hot up-setting
B 13	Inserts for welding copper-based high conductivity materials	—	—	—	Inserts for hot riveting and hot up-setting Inserts for resistance brazing
B 14	Inserts for welding copper-based high conductivity materials	—	—	—	Inserts for hot riveting and hot up-setting Inserts for resistance brazing
B 15	—	—	—	—	Electrodes for high-frequency resistance welding of ferrous materials

جدول ۳-۴ : کاربردهای مهم مواد مختلف الکترودها در فرآیندهای جوشکاری مقاومتی

هرچند برای تعیین جنس الکترودها باید به کلاس بندی های رایج (مثلاً RWMA و ISO) که مربوط به بررسی جنس الکترودها هستند، مراجعه کرد. اما مشکل زمانی رخ می دهد که در شرایط خاص و موردهای ویژه ای جنس الکترودها مصرفی و مورد نیاز در این گروه ها موجود نباشد و جنس الکترودها خارج از این کلاس بندی ها قرار گیرد (مثلاً الکترودهای که برای جوشکاری جرقه ای آلومینیم مورد استفاده قرار می گیرند). همچنین در شرایطی که تعریف های متداول تغییر نماید زیرا این تعریف ها در شرایط خاصی قرار گرفته، در صورتی که اندازه قطعه کار حالت آن و بسیاری از عوامل دیگر که در کیفیت و ظاهر جوش نقش موثری دارند، در انتخاب الکترودها مشکل ایجاد خواهد شد. همچنین ممکن است که جنس مطلوب برای الکترودها در یک

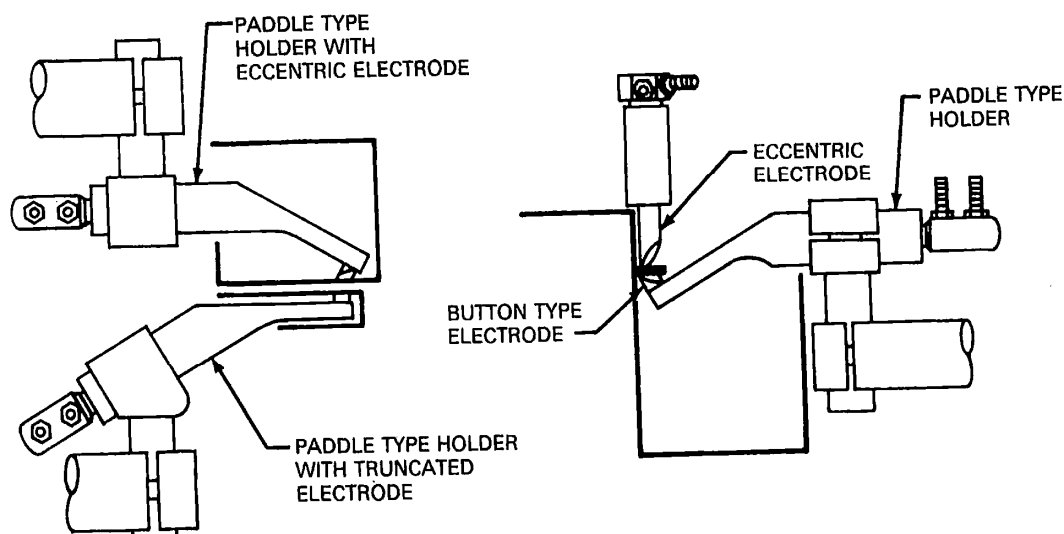
جوشکاری موجود نباشد که در این موارد تنها باید با استفاده از تجربه بالا و خلاقیت انتخاب الکترود نسبتاً مناسبی را انجام داد. و همچنین ممکن است که دادن جواب مناسب برای انتخاب جنس الکترود ممکن نباشد. سختی، هدایت الکتریکی و مقاومت در برابر تغییر شکل تحت حرارت و فشار خواصی هستند که میانگین آنها می تواند نوع مصرف الکترود را مشخص نماید. اما اشتباهی که باید از آن پرهیز کرد ارزیابی مثلاً عمر الکترود نسبت به سختی آن در دمای اتاق و یا هدایت الکتریکی آن به تنهایی است. این خواص شاید اهمیت داشته باشند اما بری آنها در شرایط خاص و کاربرد آنها در آن شرایط باید در رتبه اول اهمیت قرار گیرد. چنانکه برآیند این خواص در شرایط کاربردی باید تعیین کننده میزان توانایی الکترود باشد. نیاز به پایین نگهداشتن دمای الکترودهای گروه A زمانی مشخص می شود که مشاهده می شود که این آلیاژها خواص خود را در دماهای بالا از دست می دهند (شکل ۳-۶)). آلیاژهای کلاس ۱ (طبق طبقه بندی RWMA) تنها سختی خود را با افزایش دما از دست می دهند اما پیرسختی آلیاژهای کلاس ۲ و هدایت الکتریکی کلاس ۳ با افزایش دما شروع به کاهش می نماید. تاثیرات دما باید در ساخت الکترودهای که با آلیاژ گروه A و یا گروه B قرار است ساخته شوند، در نظر گرفته شود. هرچند که آلیاژهای گروه B بر خلاف گروه A نشان نمی دهند که خواص شان تابع میزان حرارت و مدت زمان حرارت دیدن است. بنابراین می توان گفت که یک قانون مناسب برای کاربرد آلیاژهای گروه A استفاده از آنها در دماهای پایین و مدت زمان کوتاه کاری است.



شکل ۳-۶: نمودار سختی بر حسب دمای آنیل برای کلاس های مختلف آلیاژهای مس

در هر حال مساله پر اهمیت در انتخاب جنس الکترود، عمر بیشتر آن می باشد. عمر الکترود عموماً به تعداد جوشهایی که بدون تمیز کردن نوک الکترود پیش از پایین آمدن اندازه جوش از یک حد معقول می توان بر روی قطعه داد، اطلاق می شود. و اگر عمر الکترود کم باشد می تواند باعث محدود شدن نرخ تولید شود، بدین صورت که به دلیل نیاز به تعویض و یا لکه گیری مکرر الکترودها از سرعت تولید کاسته می شود. در حال حاضر تولید بر اساس تنظیم یک شرایط اولیه جوشکاری است که این شرایط در طول عمر الکترود جوشکاری ثابت نگاهداشته می شود. اما تلاش بر این است که تولید آینده بر اساس تغییرات مرحله ای جریان و افزایش

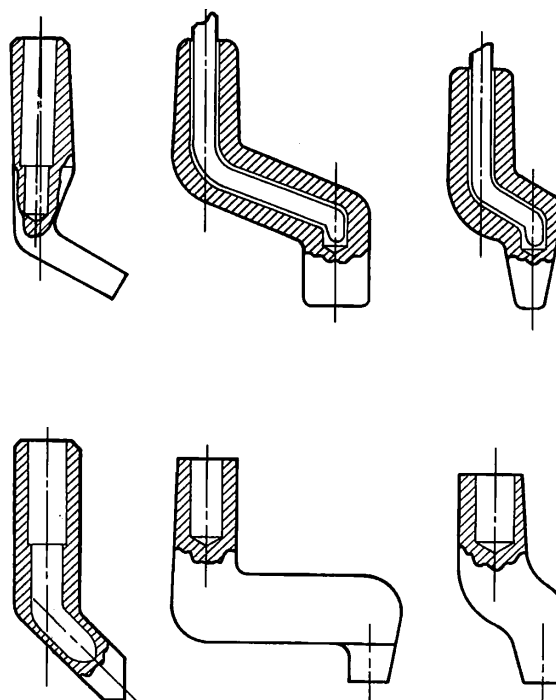
تدریجی نیروی الکترود در طول عمل الکترود باشد. هر چند در عمل، تعیین نرخ افزایش جریان و نیروی الکترود مشکل است و کاهش نیروی الکترود ناشی از افزایش قطر آن معمولاً در محاسبات در نظر گرفته نمی شود. برخی فاکتورهای مهم و موثر در عمر الکترودها عبارتند از: هندسه الکترود، شرایط سطحی ورق، فاصله لبه، جفت شدن قطعات و خنک کردن الکترود، تغییر شکل الکترود و آلیاژ شدن بین الکترود و پوشش. مثلاً اثبات شده است که الکترودهای گنبدی شکل یا سرگرد عمر کمتری نسبت به الکترودهای پخ زده شده مخروطی دارند. در مورد اشکال متنوع نوک الکترودهای جوشکاری مقاومتی نقطه ای در فصل دوم مطالبی گفته شده است. در شکل (۷-۳) دو نوع ترکیب الکترود و نگهدارنده نمایش داده شده است.



شکل ۷-۳: ترکیب های متفاوت الکترود و نگهدارنده

البته توجه به این نکته ضروری است که ممکن است ساقه (بدنه)^۱ الکترود بصورت مستقیم باشد و یا خمیده که الکترودهای خمیده ممکن است یک خم داشته باشند یا دو خم. انتخاب شکل بدنه بستگی به محل جوشکاری دارد. در شکل (۸-۳) انواع مرسوم بدنه الکترودهای جوشکاری نقطه ای تک خم و دو خم را ملاحظه می کنید.

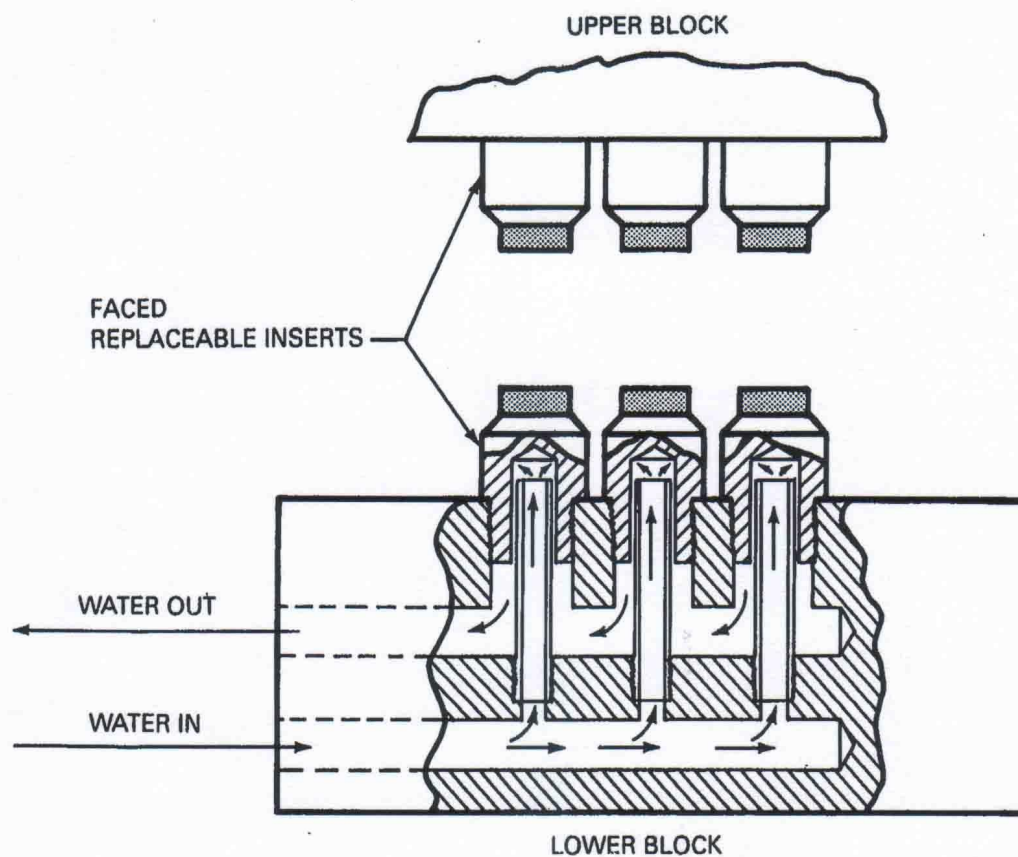
^۱ - Shank



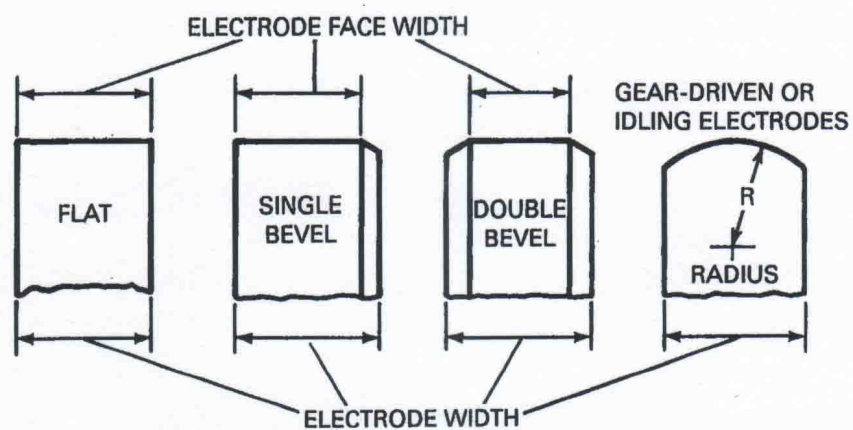
شکل ۳-۸: انواع متداول بدنه الکترودهای جوشکاری نقطه ای تک خم و دو خم

الکترودهای جوشکاری زائده ای باید سطوح صاف داشته باشند که بزرگتر از قطر زائده باشد. معمول این است که از الکترودهای مسطح بزرگ یا میله های مستطیلی شکل به عنوان الکترود استفاده می شود. و در شکل (۳-۹) ساختار متداول الکترودهای جوشکاری زائده ای را ملاحظه می کنید. اما در جوشکاری نواری همانطور که گفته شد الکترودها بصورت دیسکی یا غلطکی می باشند. شکل سطح غلطک های متنوع (شکل ۳-۱۰) می باشد که بسته به توزیع فشار و جریان مورد نیاز در دکمه جوش و نوع مکانیزم حرکت تعیین می شود.

RESISTANCE WELDING EQUIPMENT



شکل ۹-۳- ساختار متداول الکترودها و نگهدارنده ها در جوشکاری مقاومتی زائده ای چند تایی



شکل ۱۰-۳- انواع سطوح غلطکی الکترودهای جوشکاری نواری

۴-۴-۲- سیستم خنک کردن الکترودها

معمولاً توصیه می شود که برای جوشکاری مقاومتی نقطه ای ورق های فولادی غیر پوشش دار تا ضخامت ۳ میلیمتر (۱/۸ اینچ) حداقل فلوی آب در الکترودها ۴ لیتر بر دقیقه (۱/۱ گالن بر دقیقه) باشد. برای ورق های پوشش دار فلوی آب بالاتری پیشنهاد می شود. لوله تغذیه آب خنک کننده داخلی باید طوری تنظیم شود که آب را دقیقاً به منطقه سطح پشت الکترودها که در تماس با قطعه کار است برساند. در اکثر موارد این تیوب جزئی از نگهدارنده^۱ الکترودها می باشد. ضخامت گوشه الکترودها در منطقه ای که در تماس با قطعه کار است نیز نباید از مقادیر استاندارد که در RWMA و ISO داده شده است فراتر برود. دمای آب ورودی نباید از ۲۰°C (۶۸°F) و دمای آب خروجی از ۳۰°C (۸۵°F) بیشتر شود.

برای اطمینان از اینکه دمای آب بالاتر از مقادیر فوق نشود، بایستی منبع آب خنک کننده الکترودها را از مدار آب خنک کننده ترانسفورماتور و تایریستورها جدا کرد. برای الکترودهای بالایی و پایینی نیز مدارهای جداگانه در نظر گرفت. در جوشکاری نواری، آب خنک کننده می تواند بصورت داخلی و خارجی باشد. سیستم های خنک کاری داخلی غلطک های را خنک می کنند ولی جوش را نه. مزیت عمده این روش آن است که فرآیند بصورت خشک است و از هزینه های مربوط به سیستم فاضلاب و آلودگی آب جلوگیری می شود. همچنین هزینه مربوط به خشک کردن آب روی قطعه که در برخی موارد ضروری است دیگر در این روش وجود ندارد (مثلاً باک بنزین اتومبیل). اگرچه قیمت دستگاه هایی که با این سیستم کار می کنند ممکن است بالاتر باشد. بنابراین قیمت عملیات خنک کاری داخلی ممکن است بالاتر از خنک کاری خارجی شود. در بعضی از سیستم های خنک کاری داخلی نباید آب مستقیماً غلطک را خنک کند و فقط شفت غلطک خنک شود کافی است. از طرف دیگر در سیستم های خنک کننده بیرونی، نازل های پاشش نقاط جدایش غلطک - قطعه کار را هدف قرار می دهند.

فواید خنک کاری خارجی عبارتند از:

- تخریب های حرارتی سطوح جوش و پوشش کاهش یافته بنابراین قابلیت جوشکاری زیاد می شود.
- پیچش جوش کم می شود.
- خروج گازها و بخارات کمتر می شود.
- بهبود تمیز کاری غلطک ها به دلیل اینکه آب مستقیماً به داغ ترین نقطه غلطک برخورد می کند و باعث تولید یک عمل خنک کاری / کوئچ کردن روی سطح غلطک ها می شود.
- سختی جوش زیاد می شود و استحکام جوش تحت شرایط بارگذاری بهبود می یابد (توجه برای بعضی موارد که با کوئچ کردن ترد می شوند خنک کاری بیرونی مجاز نمی باشد).

۴-۵- نگهدارنده ها^۲

در دستگاه های جوشکاری نقطه ای الکترودها بر روی نگهدارنده هایی نصب می شوند طرح های نگهدارنده ها بسیار متنوع است که دلیل این تنوع نیز امکان موقعیت دهی مناسب الکترودها به قطعه کار می باشد. نگهدارنده ها به بازوهای دستگاه جوشکاری با قید و بست متصل می شوند. بیشتر آنها طوری طراحی می شوند که آب خنک کننده را به الکترودها هدایت کنند و برخی مکانیزمهای خاصی برای بیرون انداختن الکترودها دارند. سه طرح اساسی در نگهدارنده ها وجود دارد. مستقیم^۳، آفست و عمومی یا آفست تنظیمی^۱. این سه نوع می توانند

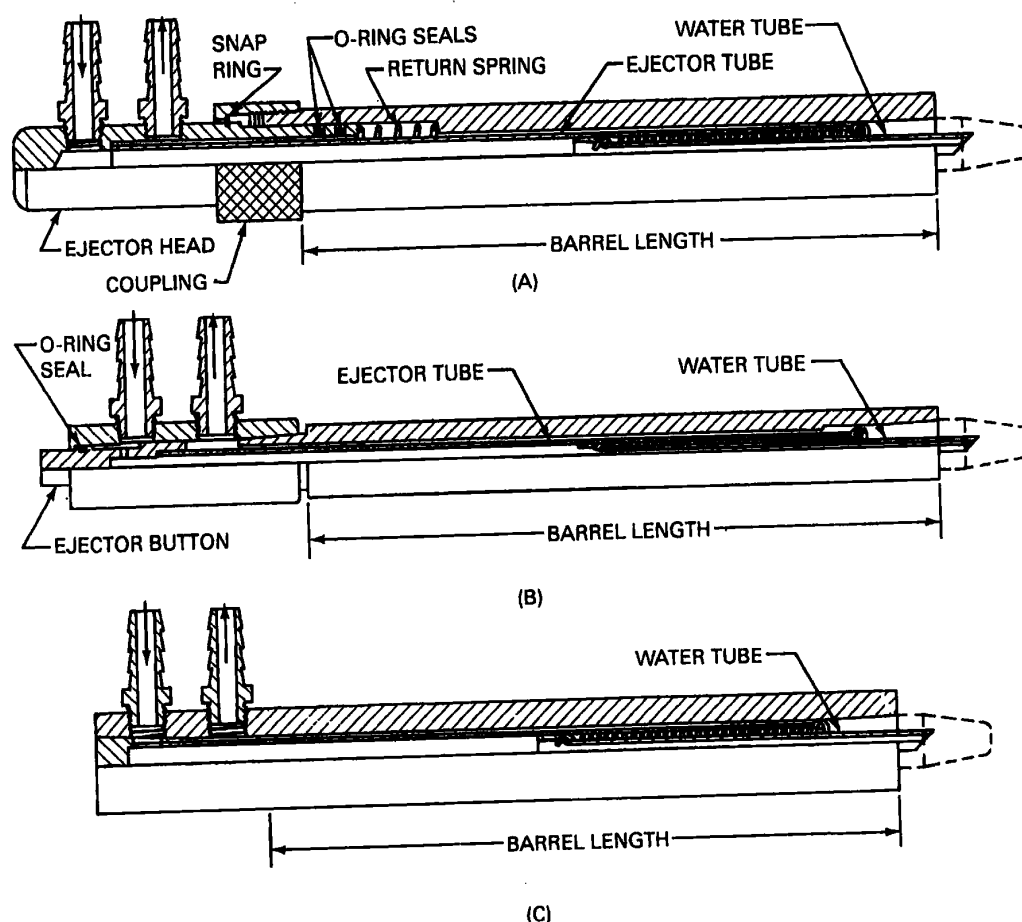
^۱- Holder

^۲- Holders

^۳- Straight



مکانیزمهایی برای بیرون انداختن الکترود داشته باشند یا فاقد آن باشند. نگهدارنده های مستقیم از هر دو نوع (با مکانیزم بیرون انداز و بدون آب) در شکل (۳-۱۱) نمایش داده شده اند.



شکل ۳-۱۱: نگهدارنده های مستقیم متداول الکترودهای جوشکاری نقطه ای. نوع (A) و نوع (B) بیرون انداز و نوع (C) بدون بیرون انداز

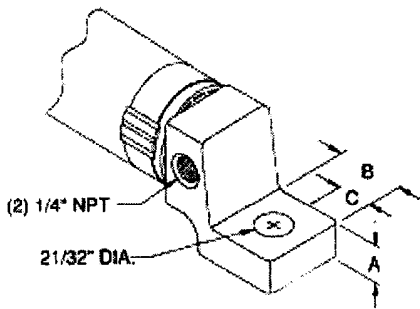
در سیستم هایی که از مکانیزم بیرون انداز الکترود استفاده می کنند، بیرون انداز الکترود را با ضربه نوک بیرون انداز یا دکمه ای چکش مانند به بیرون پرتاب می کند. در سیستم هایی که بیرون انداز ندارند، بوسیله آچار فرانسه و با چرخاندن الکترود را بیرون می آورند. نگهدارنده ها در طول و قطرهای متنوعی موجود می باشند. نگهدارنده های آفست و عمومی با هدهای 30° و 90° تولید می شوند، همانطور که در شکل (۳-۷) نمایش داده شده است.

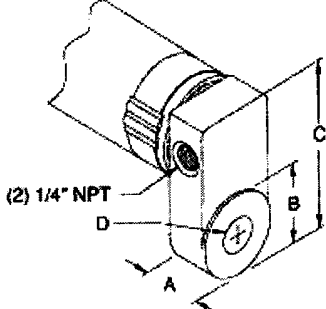
در برخی از نگهدارنده ها از یکسری فنر برای حرکت سریع تر سیستم استفاده می شود. نگهدارنده های الکترودهای چندتایی برای تولید دو یا بیشتر جوش نقطه ای بصورت همزمان در قطعه نیز موجود می باشند. این نگهدارنده ها الکترودهای چندتایی دارای سیستم های اعمال نیرو بصورت هیدرولیکی، مکانیکی یا فنری هستند. الکترود پایینی ممکن است یک بلوک مسطح باشد که در برابر همه الکترودهای بالایی قرار می گیرد و یا یکسری الکترود که بر روی یک بلوک نصب شده اند. از آنجا که جوش ها با استفاده از مدار موازی ساخته می

¹ - Adjustable offset

شوند، تقسیم مناسب جریان برای هر جوش بستگی به مقاومت نسبی مسیرها دارد. مسیرهایی که امپدانس کمتری داشته باشند، جریان بیشتری را عبور خواهند داد و همانطور که می دانید اندازه جوش نیز به مقدار جریان عبوری وابسته است.

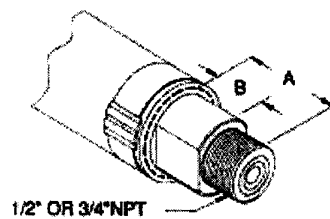
پیوست ۱ : انواع سرکابلهاي و سايز مربوط به هر کدام (ساخت شرکت T J.Snow)

Type B				
				
MCM	A	B	C	
350/400	9/16"	1-15/16"	9/16"	
500/600	9/16"	1-15/16"	5/8"	
750	5/8"	1-3/8"	11/16"	
1000	3/4"	1-1/2"	3/4"	

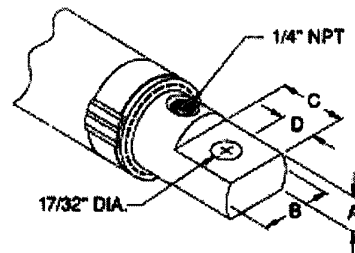
Type B-2				
				
MCM	A	B	C	D
350/400	11/16"	1-1/16"	2-11/16"	17/32"
500/600	13/16"	1-3/8"	2-7/8"	17/32"
750	13/16"	1-5/8"	3-1/8"	21/32"
1000	15/16"	1-7/8"	3-1/4"	21/32"

Type B-4				

Type B-5				

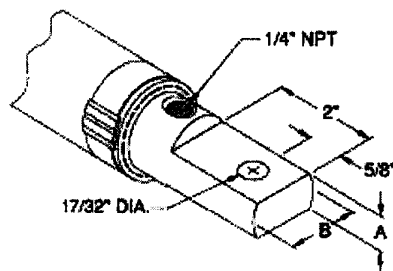


MCM	A	B
350/400	1-3/8"	1/2"
500/600	1-7/8"	5/8"
750	1-7/8"	5/8"
1000	2"	11/16"



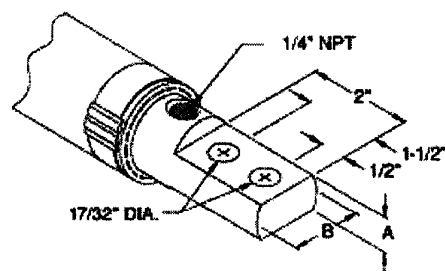
MCM	A	B	C	D
350/400	9/16"	1-1/8"	1-1/4"	1/2"
500/600	5/8"	1-1/4"	1-3/8"	5/8"
750	5/8"	1-3/8"	1-3/8"	5/8"
1000	5/8"	1-5/8"	1-3/8"	5/8"

Type B-6



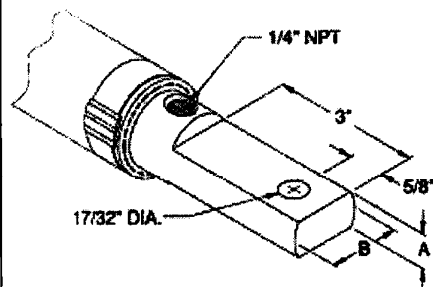
MCM	A	B
350/400	9/16"	1-1/8"
500/600	5/8"	1-1/4"
750	5/8"	1-3/8"
1000	5/8"	1-5/8"

Type B-6 (2 hole)



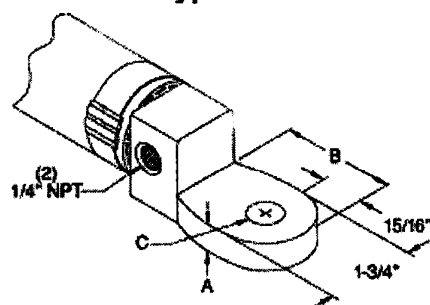
MCM	A	B
350/400	9/16"	1-1/8"
500/600	5/8"	1-1/4"
750	5/8"	1-3/8"
1000	5/8"	1-5/8"

Type B-7



MCM	A	B
-----	---	---

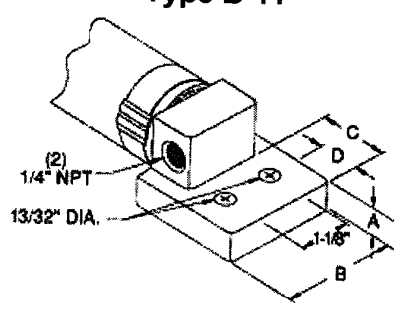
Type B-9



MCM	A	B	C
-----	---	---	---

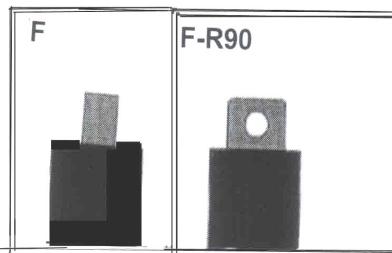
350/400	9/16"	1-1/8"	350/400	9/16"	2-1/8"	17/32"
500/600	5/8"	1-1/4"	500/600	9/16"	2-1/8"	17/32"
750	5/8"	1-3/8"	750	9/16"	2-5/16"	21/32"
1000	5/8"	1-5/8"	1000	5/8"	2-3/8"	21/32"

Type B-11



MCM	A	B	C	D
350/400	3/8"	2"	1-1/8"	9/16"
500/600	3/8"	2"	1-1/8"	9/16"
750	5/8"	2-1/2"	1-1/2"	7/8"
1000	3/4"	2-1/2"	1-1/2"	7/8"

MCM Size	Outer Diameter	Terminal Diameter
300	2"	1-7/16"
400-450	2-1/4"	1-11/16"
500	2-7/16"	1-7/8"
650	2-9/16"	1-7/8"



انواع انتها (سرکابل)

ترکیبات مختلف

