

金工 現 場 教 学 讲 义

(銲 接 及 鉗 工 部 分)

沈 陽 农 学 院

书 名：金工现场教学讲义
(焊接及钳工部分)

编 者：金工教研室

印 刷：沈阳印刷厂

出版日期：1961年8月

印 数：001~200

0.54

目 錄

一 銲接部分	1
第一章 緒論	2
第二章 电弧銲	6
第三章 气电联合銲接	21
第四章 气銲和气切	26
第五章 电阻銲	39
第六章 鐳銲	51
二 鋸工部分	53
第一章 基劑	54
第二章 金屬的鋸割	60
第三章 銼劑	64

第一章 緒言

1—1 焊接的意義和特點；焊接是一種金屬加工的方法，把兩件相同的或不同的金屬借分子之間和原子之間的聯系和擴散作用，牢固地結合起來成為不能分開的整體，這種作用往往是借熱的方法，加熱和加壓力的方法，或純粹加壓力的方法列述的。

兩件被焊的材料在要結合的部分，局部加熱到熔化，有時還加上第三件金屬來彌補熔化地方的凹坑和增大接合處的厚度，經過熔化合起來而互熔的部分稱為焊縫。所加的第三件金屬稱為填充金屬或焊條，焊縫以外的兩件被焊金屬則稱為基體金屬。

和鍛接比較焊接可以節省材料10~25%，節省時間50%，和鑄造比較則節省材料20~50%，在施工步驟和設備方面都比較簡便。這就意味着可以利用焊接來提高運輸能力，加快我們的國防建設和社會主義工業建設，很好的應用焊接來製造產品就可較大，地簡化施工手續，降低工廠的設備和建築費用。

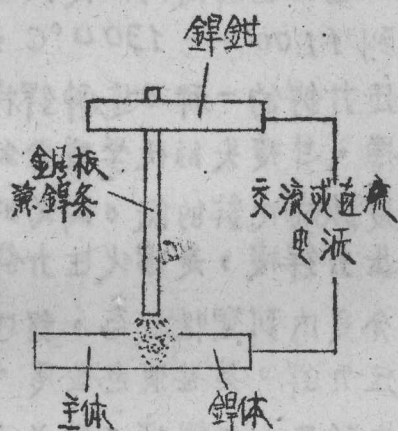
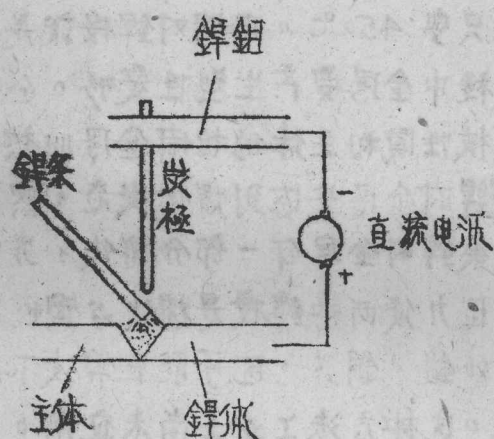
但是由於焊件是局部加熱，金屬漲縮不均，焊接產品的某些部分都存在內應力，有時還可能有變形。金屬經過加熱冷卻的熱循環，內部組織變得不均勻；熔化的金屬在高溫下極易氧化；元素可能部分也損壞。這些因素都使焊接質量降低。焊縫及其周圍的毛病有時是隱藏在內部的，檢驗比較困難。因此應該怎樣隨時注意保證焊接質量便是研究焊接工作中的主要問題。

1—2. 焊接的發展和應用。要廣泛地採用焊接首先就要解決焊接所用的熱源。熱源必須成度量而回熱量集中，能大量廉價供應。

鍛焊（即鍛工接火）古代就有了，但是限於熱源不集中，

不易控制，所以到现在还没有显著的发展。只有发现电弧以后，焊接才在工业上大量应用。

俄国是焊接的发源地。1802年俄国教授彼得洛夫(В. В. Петров)发现电弧，并以电弧熔炼金属。直到1888年才有俄国伟大发明家别纳多斯(Н. Н. Бенардос)发明了以炭弧焊接金属的方法。别纳多斯也提出许多目前实际应用的焊接方法的意见，例如电弧自动焊、电阻焊中的闪光焊和对焊。1888年俄国工程师施拉格安诺夫(Н. Г. Шлаганов)发明了焊接设备，例如自动焊机，电焊机，夹具等。图1-1及1-2表明炭弧焊和金属板电弧焊的情况。



1—1 炭弧板电弧焊示意图， 1—2 金属板电弧焊示意图

在十月革命以后苏联大量在工业上应用焊接。第一个五年计划就开始大力发展焊接工业。1940年已有10万焊接工人，1950年已有数千个自动电焊机。1933年焊接结构为18%，但1950年上升为83%，其余为铆接结构。

应用焊接的工业部门很多，主要的有机车，矿，起重运输设备，

造船，汽車拖拉机，重型机械，桥樑，房屋結構，石油工业，冶炼设备等等。鐸接也大量应用于修理设备。

1 — 3. 鐸接方法分类；两件金属在即鐸鐸接前所处的状态不外是熔化的，塑性的固体。两件金属皆达到熔化而鐸接称为熔化鐸，例如一般的钎鐸和电弧鐸。显然金属被加热到熔点以上，鐸縫金属的性质和化学成分与主体金属不同。鐸縫厚的金属（例如已公厘以上厚度）常要加鐸条，这样，鐸縫金属的性质主要就决定于鐸条的性质了。这一类的方法应用最广。

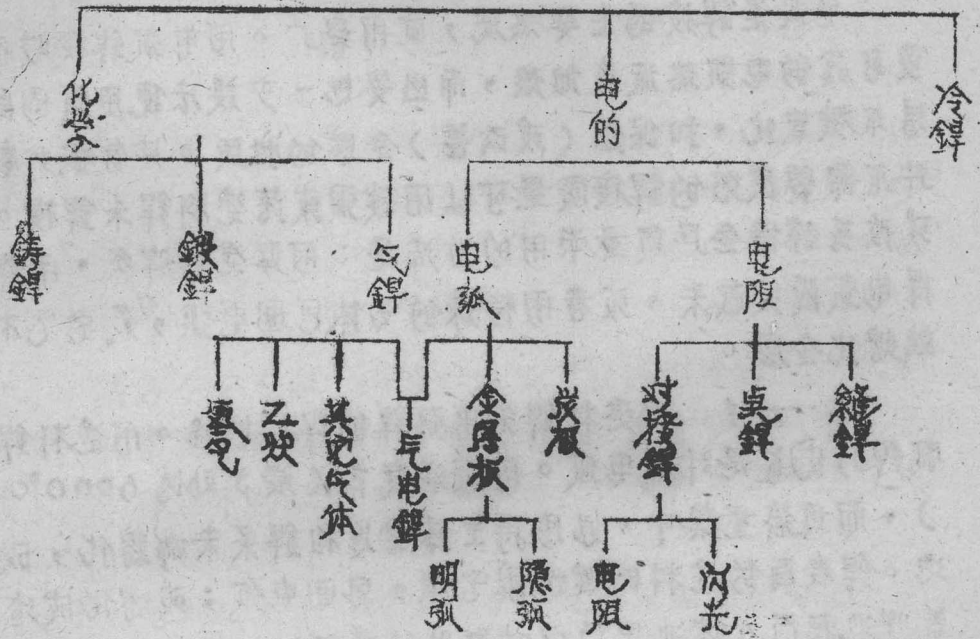
只把金属加热到塑性状态，然后在加压力的称为塑性压力鐸，金属应加热到一定温度（鐸接温度）后方可鐸接。钢要加热到 $1100 - 1300^{\circ}\text{C}$ ，铝只要 450°C 。电阻对鐸接就是塑性压力鐸的一种。这种鐸接过程中金属要产生塑性变形。全类金属，其接头的化学成分和机械性质和主体的相同金属加热的温度较熔化鐸的低。闪光时鐸鐸时金属先达到熔化状态，然后加压力鐸接，是为熔化压力鐸。真鐸时金属有一部分熔化，另一部分只达到塑性状态，经过加压力使两件鐸接是为熔化与塑性兼有压力鐸。某些有色金属，例如铝，铜等，还可能在常温下加较大的压力而鐸接，称为冷鐸。这种方法工业上尚未应用。

錫鐸时基体金属并未熔化，只有鐸料（相当于鐸条）熔化将主体金属鐸接。破其合金刀头是用紫铜片为鐸料鐸在碳刀把上。刀头和刀把都没有熔化。这两种鐸接都称为鑢鐸。前者加热温度低称为低温或软鑢鐸，后者称为高温或硬鑢鐸。显然，这种的鐸接接头只能在比鐸料低若干度的温度下才能保持其结合强度。鐸接温度低，变形，内应力以及主体金属组织变化都较小。适用于鐸接小件硬件和接头强度要求较低的零件。

上述各类鐸接方法是根据被鐸部分在瞬时結合前所处的状

态区别的。同样区分，易于了解接头性质判断它的质量。至于用什么方法或用什么热源加热则概未考虑，假如按所用的热源分类。那么就是另一种的系统。焊接用的热能一般分为由化学反应的和由电转变的，由电转变的热流具有高温和热能集中的优点，控制方便，所以应用愈来愈广。下面便是第二种分类表。可以看到在每一类热源系统下面又有许多因加热方法或保护焊件不被氧化的方法不同而产生的各种焊接方法。

焊接方法（金属在外）



1—4 选择焊接方法；在进行设计产品时，或决定修配和制造部件时，首先要考虑用什么方法来加工或制造，有时同一部件可以用锻压，用铸造，用切削或用焊接制造，或兼用数种方法制造。这时不但要理论上分析用不用焊接方法，而且还应利用实际条件和技术要求综合考虑实际条件包括焊接设备，热源，技术条件，原料，时间，成本等。在技术要求中更应注意

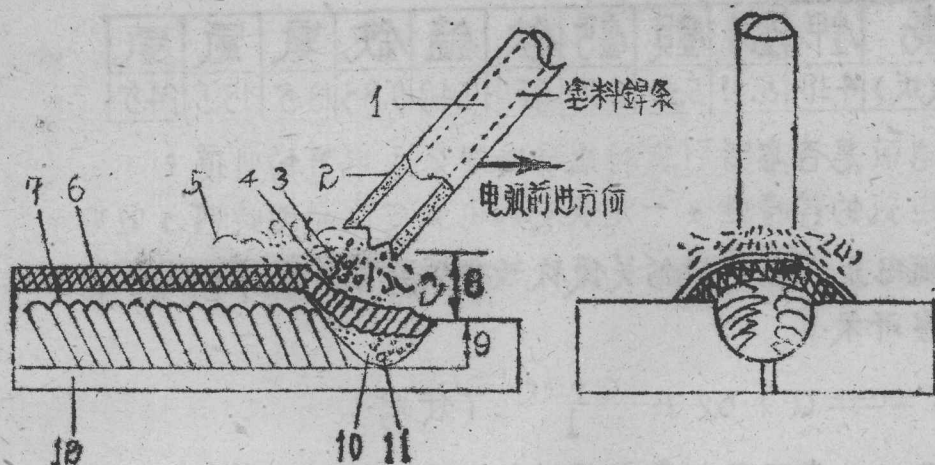
产品的工作情况，（在怎样场合承受怎样载荷时），准确度，产量，材料性质等。

当然不但要放虑是否焊接方法。而且同时要同时或且接着就要放虑用那一种焊接方法，这就要求对各种焊接方法的本质，它的应用范围，所需的设备等，能够熟悉，能够比较。这样的选择的目的在于能够根据现有可能条件做到质量好，成本低，节省时间和人力。

第二章 电弧焊

电弧是焊接的主要热源，应用最广。用电弧焊接时不以需要可靠的电弧热源来加热，而且还要进一步设法使电弧周围的金属不被氧化，和保存（或改善）金属的性质。只有极少数的焊件不需要良好的焊接质量可以用碳弧或涂料焊条焊接。保证或改善焊接金属质量常用的方法是：用厚涂料焊条，用焊剂层将电弧隐埋起来，或者用特殊的气体包围电弧，使空气不能接触熔化金属。

2—1 用涂料焊条电弧焊的焊接过程。用涂料焊条电弧焊时实质上是引燃电弧。电弧温度高（最高处达 6000°C 左右），而且热量集中，迅速将主体金属和焊条末端熔化，成为熔池。焊条表面的涂料则燃烧成气体，包围电弧；或熔化成渣，覆盖熔池表面。熔池里面同时进行着各种化学反应，产生气体和杂质，不断的从金属中浮出。少数则可能未及逸出，变成焊缝金属中的夹杂或气孔。当电弧继续向前移动时，熔池即继续凝固成焊缝。熔渣亦凝固，掩盖在焊缝上面。参看第2—1卷，2—2卷，电弧。



1—焊条芯

2—药料

3—金属滴落

4—电弧流

5—保护气氛

6—凝固焊缝

7—焊匙金属

8—电弧长

9—熔化的深度

10—熔场内的杂质

11—，，，气泡

12—主体金属

第2——1 参 用涂料焊条电弧焊的过程

1. 引弧在两电极之间的介质中产生持久的放电现象造成大量的集中的热流，称为电弧。一般焊接用的电弧其电流在几十安培以上。

要使电弧引燃并继续存在（燃烧），需要在两极之间有一定的电位差，使电子可以从一极自动发射，电极温度高，电子动能增大就容易发射，介质温度高时同样也就易于产生离子便于导电，某些物质如钾、钠、钙等需要的电子逸出功较小亦即可以在较低的电位差时发射电子，利用这些物质就可以使电弧容易引出和维持。介质不同，离子难易就不同。水银蒸汽最容易离子化。氢气、氦气等则不易离子化。气体压力愈小，就愈易离子化。各种元素发射电子所需电位举例于下表。

各种元素离化电位

元素	鉀	鈉	鋁	鈣	鈦	錳	鐵	氫	氫	氫
离化电位(伏)	4.38	5.11	5.19	6.10	6.80	7.40	7.83	13.5	13.5	24.5

銲接电弧是否容易引燃和维持内决定于电弧的性质。

2. 电弧的静特性；一定长度的电弧在稳定地燃烧时，它的电压（燃弧电压）与电流的关系称为电弧静特性，如下列式子和第2-2图所示；

$$V = Q + bl + \frac{c+de}{I} \quad (\text{伏特})$$

式中：Q——电弧两极表面层的电压降的总和，由电极材料决定，铜电极约为8—12伏特。

b——每一公厘长的空间的电弧电压降，决定于气体成分，约为2—3伏特。

l——电弧长度，公厘，一般约为2—5公厘。

I——銲接电流，安培。

c, d, e——常数。

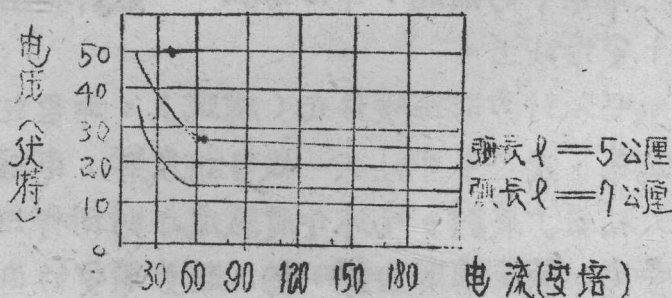
当电流大于30—50安培时 $\frac{c+de}{I}$ 又为一、二伏特。在銲接电弧中可以略去。

因此，近似地

$$V = Q + bl$$

也就是说銲接

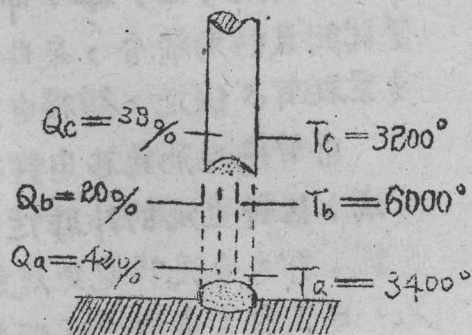
时电弧的电压不因电流大小而变化。一定的电极，气体介质和压力时电弧的电压仅随弧长变化。弧愈长，电压就愈大。一般



第2-2图，电弧的静特性。

金属极的电弧，电弧，其电压约在80伏特左右，碳极电弧的电压则为35—55伏特，它的弧长也较金属极的大。

3. 电弧的热量与温度，电弧热量大小决定于电弧的电压降和电流，电压降愈大热量就愈多，易于熔化的材料（电极）电压降较小，所以电弧的熔化金属生产率小。热量分佈于两板和电弧柱中。用直流加炭极时两板的热量



第2-3条电弧中热量分佈

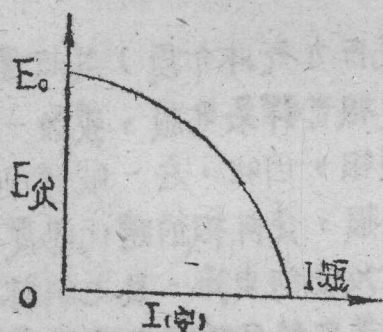
不同。在某些条件下（例如电流压力气体介质）其热量和温度分佈如参第2—3）所示。炭极光焊条电极，或为一炭极另一为金属极时正极的热量大于负极，因此，在一般情况下，钳件因为比焊条大所以应该接于正极，使两板的熔化速度可以相称。这种接法称为正接。电流称为正何电流，反之则称为反接和反向电流。用涂料焊条时涂料产生的气体将影响热量的分佈。因此，电极的接法就不一定是正接，有时可能是反接，用交流时热量分佈的平均值最均匀的瞬时间上其热量的分佈最好，是相等的，此时当然显正接反接的问题。

电弧的热量当然不能全部用于熔化金属。热量的一部分散佈在电弧柱的周围，另一部分则被金属飞溅而损失，不能传达到主体金属。损失的大小主要决定于焊接方法，电弧长短和接头的型式，炭弧，光焊条和带涂料焊条的焊接只有50~60%的热量加热基本金属，而带涂料焊条却有70~85%，随弧自动焊则有85~90%。

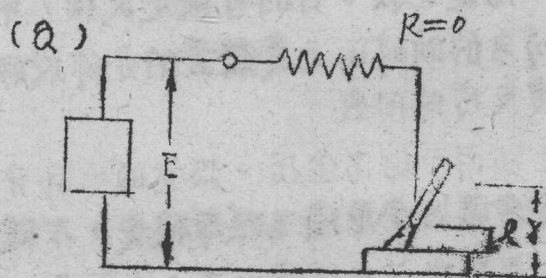
2—3，电弧焊所用的电流；电焊时电弧必须容易引出，

稳定地燃烧，不容易熄灭。这种稳定的电弧不但使钎接顺利进行，保证了生产率；而且由于电弧经常稳定，使熔池内的金属能够良好地融合，杂质和气体有充分机会逸出，钎缝金属的质量就有了保证，钎接电流是决定电弧稳定性的的重要因素。

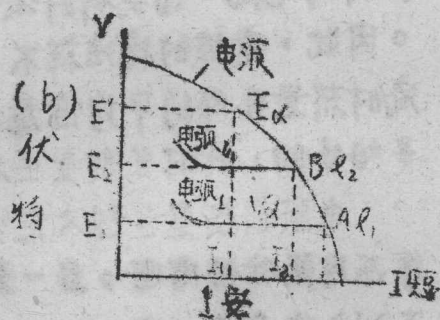
由普通电源通过电焊机产生特殊性质的钎接电源（直流或交流）这种电源的外特性（或静特性）是具有坡度很大的下降曲线；即当电流稳定地流通时电压愈小，电流电压即愈大；反之，电流愈大电压即愈小。参看第2—4参。开路时电压为零电压为 E_0 （最大值）。短路时 E 为0， I 增加到最大值。



第2—4参 电焊机的外特性



用这种电源钎接时电路中的主要载荷是电弧。此时电路各点电压与电弧特性的关系可分别参看第2—5参。b参。



第2—5参 电焊时的电路参(a)和电流电弧静特性关系参(b)。

2—4. 电焊机；电焊机是供给钎接用^用电流的设备，有交流和直流两种。交流电焊机是一种特殊的变压器；直流电焊机是一种供给特殊的直流电流的发电机，由电动机或内燃机带动。

可分为单站的和多站的。电焊机不但要具备坡度较大的下降曲线外特性，而且要便于调节电流，要有一定的动特性要简单，简单和耐用。

下降曲线中开路电压的范围已知为1—3千伏，短路电流不应大于1.2—1.4 额定电流。用同样设备应具有多种的下降曲线可以调节，这样就可以得到各种大小的电流。例如2—6条，按焊接弧长不变（实际上弧长随焊条直径大小而有增减），则由于电焊机下降曲线不同，可以得到 I_1 、 I_2 或 I_3 值的电流。简单的电焊机所能调节的电流是级数增加，级数有限；有的电焊机可以连续调节，比较方便。

用已经调节好的电焊机还可以借改变弧长来调节时间有限的电流和起弧的调节，来控制焊接时金属的熔化率。这种方法为焊接工人经常应用的，其原理读者可试行推断。

焊接进行时，电弧长度常常变化，电弧甚至因短路而熄灭。灭弧的时间愈短愈好。这就要求电焊机在短路之后能较快地恢复电压。苏联规定电焊机应在0.05秒之内使电压由零恢复到25伏特。这种反应称为电焊机的动特性。相反，在燃弧期间，电流则不应因弧长的微小变化而忽增忽减。

无论是直流或交流电焊机都应具备上述各种要求。

直流电焊机制造复杂，种类繁多，成本较高，及电耗消耗都较大；所以目前应用较少。

2—5. 电焊条和焊料

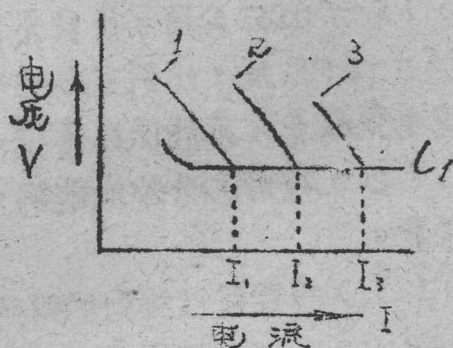


图2—6 调节电流的方法

1. 电焊条概述；金属板电弧焊时焊条兼有引燃电弧和填充焊缝的作用。焊条应该使焊接时电弧稳定燃烧，并使焊缝金属有良好的机械性质。

根据焊件的厚度采用各种大小的焊条。一般焊条直径由一公厘至12公厘不等。长度则随直径变化，直径2公厘以下长度为300公厘，2—3公厘时为350公厘，大于3公厘时为450公厘。长度愈大工作愈不方便，愈短则夹钳部分的焊条另头消耗比率愈加。一般另头长度为总长的15%大量焊接时这一部分的废料数量是很可观。

焊接的工作情况，焊条的性质和技术要求千变万化。必须有各种焊条应当适应这些要求。焊条可根据各种特征分类。

(1) 按涂料分为薄涂料和厚涂料焊条。薄涂料的厚度为0.15—0.25公厘，值焊条芯重量1—2%。厚涂料厚度在0.75—2.5公厘，值焊条芯重量30—75%。薄涂料的作用仅为使电弧稳定，不能保证质量。

(2) 按用途分为低碳钢，铸铁，水底焊接，切割，镀锌等焊条。

(3) 按焊条就焊到的焊缝强度分，例如苏联ГОСТ-34，ГОСТ-10，ГОСТ-70等焊条。计算焊缝强度时以此为依据。

(4) 按焊接的位置分为平焊，立焊，仰焊等类型，或各种位置都能焊接的通用焊条。平焊的焊条可以用厚涂料和大直径大电流，生产率方。仰焊则须避免金属下滴，对熔渣的要求不同生产率低。

涂料焊条应该保存在干燥地方，避免被潮气侵袭。湿度太大的焊条于焊接时放出水蒸气；破坏电弧的稳定，产生气孔减低焊缝金属的质量。焊条在潮湿地方过久，涂料可能因受潮失去应有的性质，甚至从药芯脱落，条心生锈，失去应有作用。

0. 鋁接，头的机械性质与基本金属相近。除非简单鋁件，一般由于鋁屑产生内应力，主体金属组织发生变化，鋁縫不均匀，内部已含杂质或某些化学元素损失，结果使接头强度可不及主体金属。鋁縫的均匀程度和机械性质主要是决定于鋁条的质量。

2. 鋁条芯：鋁条芯的化学成分应与主体金属相当。钢铁鋁条芯含碳约为 0.10% 。含碳过多可使鋁条淬大硬化，在鋁接过程中产生气体，造成气孔，减低条芯熔透，和熔深。其它铁以外的元素，为锰，硅，硫，磷。其中锰是有利的元素，能还原 FeO ，和防止 S 的浸透。锰从鋁条传到熔池时散失一部分。因此，鋁条芯锰的含量要比基体的多，约在 $0.35 \sim 0.60\%$ 之间。但是锰过多将使钢铁硬化性增加， S ， P ，均属有害的元素，应尽量少含，约为 $0.03 \sim 0.04\%$ 。铁心有时熔化不均匀，产生强烈的飞溅。电弧在这种情况下便不能稳定燃烧。这可能是因为含硅太多。产生大量的还原熔渣氧化硅。这样的铁芯只可在有涂料遮盖时使用。铁芯表面必须无油污无污。内部组织要均匀，使电弧稳定。

3. 涂料鋁条：涂料鋁条的主要功用是保护熔化的金属防止空气氧化和氮化。鋁条金属中含硅超过 0.2% 或含氮超过 0.15% 时，其塑性将显著降低。例如用光鋁条鋁接，所得的鋁縫延伸率仅为 $4-12\%$ 冲击值为 $3-8 \text{ 呎—磅}$ ，但是用涂料鋁接时则可分别达到 $25-35\%$ 和 $40-60 \text{ 呎—磅}$ 。

薄涂料鋁条并不能防止空气的氧化和氮化作用。涂料只为稳定电弧，使容易引出和维持。绝大部分是电离涂料。最普遍的是用白瓷 ($CaCO_3$) $80-85\%$ 和水玻璃 (Na_2O-SiO_2) $15-20\%$ 组成。只有不重要的鋁件或承受较低静载荷的鋁

材料用这种焊条。拉伸强度只有34 公斤/公厘²。熔焊率低。厚涂料焊条的涂料好抵罗方百的功用。

(1) 稳定电弧。用容易离化的材料，例如 CaCO_3 , K_2CO_3 , NaNO_3 , K_2CrO_3 , TiO_2 的高价物质，其中以 CaCO_3 最便宜。

(2) 保护熔渣不受空气氧化。保护的方法是利用涂料生产大量的气体包围电弧，或因造成一定性质的熔渣覆盖熔池，全时使焊缝缓慢冷却。

生产气体的涂料成分是木末，绵纱，淀粉等。这些材料燃烧成大部分是 CO 和 H_2 的气体。产生熔渣的涂料成分是锰矿，长石，大理石，古碳土，花岗石等。

(3) 还原氧化金属。利用铁合金（锰铁，钨铁，钛铁等）或铝，碳，石墨等。

(4) 合金作用，加入某些合金元素以补充元素在电中的损失，或者加入新的元素使焊缝金属成为合金钢。

焊成涂料的成分除上列各项外还包括黏结各种涂料成分的黏结剂。最常用的是水玻璃。

保护性的熔渣应该具备某些性质，主要的是：

(1) 熔渣比重和熔渣应该合适，使能适合于任何焊接位置的工作。

(2) 热时塑性大，冷时要脆，膨胀系数与金属相同，使易于去除。

(3) 有一定的黏度使能防止空气侵袭熔渣。但不应妨碍焊接工作的进行。

苏联 HM-7 焊条拉伸强度可达 40 公斤/公厘²，能承受柱多交变载荷。YOH-13 则适用于焊更重要的碳钢和合金钢结构。我国目前已能制造相当于 40 公斤/公厘² 强度的焊条。

上述两种焊条的配料成分如下表UMT,

		UMT — УОНИЗ145	
1 大理石	(白里)	—	53
2 花岗岩		32	—
3 石英砂		—	9
4 萤石		—	18
5 錳 鉄		30	2
6 矽 鉄		—	3
7 鈦 鉄		—	15
8 赤鉄矿		33	—
9 澱 粉		5	—
10 水玻璃 (按其他成分 总重量的 %)		10-12	10-15
11 熔化系数 克/安培小时		11	—

2-6. 电焊接头型式, 电弧焊常用的接头型式是: 缘接, 角接和对接, 缘接, 仅用于厚度在3公厘以下的金属。此时大半不用焊条, 而更多用炭弧直接将边缘熔化合接。

角接施焊比较困难。下稿的金属不规则等地分佈于角的两侧; 垂直也分水平也受热和散热情况不同, 垂直也易咬边; 而四角根不易焊透。如果施焊时能将焊件绕焊轴旋转45°, 类似船的位置, 上列毛病可以减少。后一种焊法称及船形焊。