

用软管自动焊机与 半自动焊机的焊接

伊斯科兹著



机械工业出版社

用 軟 管 自 动 焊 机 与 半 自 动 焊 机 的 焊 接

伊 斯 科 茲 著

龔 焰 譯



机 械 工 業 出 版 社

1 9 5 7

出版者的話

本書闡述使用加大電流密度的細電焊絲在熔劑層下進行電弧焊的理論基礎；對於用軟管自動焊機和半自動焊機的焊接工藝作了詳盡的分析；還介紹了焊接時所需的材料和設備。最後，系統地研討了焊接工作勞動組織的某些問題。

本書供從事焊接工作的工程技術人員閱讀，也可作為高等學校和中等工業學校焊接專業教學參考書；如採用此書作為培訓熟練焊工的教材，則是相當合適的。

蘇聯 Б. Б. Искоз 著 ‘Сварка шланговыми автоматами и полуавтоматами’ (Судпромгиз 1952 年第一版)

*

*

*

NO. 1628

1957 年 11 月第一版 1957 年 11 月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字數 135 千字 印張 $5\frac{3}{8}$ 0,001—1,800 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(10) 1.00 元

目 次

原序	3
第一章 用加大电流密度的細电焊絲在熔剂層下的焊接过程	7
1 熔剂層下焊接的發展史	7
2 軟管焊机焊接方法的要点、焊接过程的实質和焊接方式	9
3 加大电流密度时电弧过程的某些特点	13
4 焊縫的形成和基本金屬与焊着金屬在焊縫形成中所占的比例	17
5 冶金过程的特点	19
第二章 用細电焊絲焊接时的冶金过程	22
6 熔化的液态金屬和熔剂-熔渣之間的反应; 原始濃度的变化	22
7 焊縫金屬中的氧	24
8 焊縫金屬中的硅	25
9 焊縫金屬中的錳	27
10 焊縫金屬中的磷	30
11 焊縫金屬中的硫	33
12 焊縫金屬中的碳	35
13 焊縫金屬化学成分的近似計算	36
第三章 用加大电流密度的細电焊絲在熔剂層下焊接的工艺优点	38
14 熔化系数和焊着系数	38
15 焊透深度	40
16 总的熔化系数和电弧的生产率	43
17 焊絲和电能的消耗量。軟管焊机操作上的优点	44
18 薄板对接焊縫和小尺寸的填角焊縫的焊接。在垂直面上焊接。特种鋼的焊接和堆焊工作	45
19 对抗气孔和热裂縫形成的性能	48
第四章 熔剂和电焊絲	50
20 用細电焊絲焊接时对熔剂的要求。熔剂的分类	50
21 OCU-45-П熔剂的技术条件	53

22 AH-348-III熔剂的技术条件	55
23 半自动焊接用的新牌号熔剂	57
24 熔剂层下焊接用的电焊丝	59
第五章 设备和器具	61
25 软管自动焊机与半自动焊机的工作原理	61
26 软管焊机的主要部件	64
27 收集熔剂和焊丝绕至焊丝盒内用的器具	67
28 焊接电流的电源	69
第六章 软管自动焊机与软管半自动焊机的构造	76
29 电焊研究所设计的软管焊机的构造	76
30 [电工]工厂的软管焊机的构造	86
31 软管焊机的优、缺点与发展远景	98
第七章 用软管焊机焊接填角焊缝	101
32 填角焊缝的分类和准备焊边及焊成焊缝的基本尺寸	101
33 填角焊缝各个参数的计算	104
34 施焊前焊边的准备和装配工作	107
35 填角焊缝的焊接技术	109
36 填角焊缝焊接规范的选择	115
第八章 用软管焊机焊接对接焊缝	123
37 对接焊缝的分类及准备焊边和焊成焊缝的基本尺寸	123
38 施焊前焊边的准备和装配工作	127
39 对接焊缝的焊接技术	127
40 对接焊缝焊接规范的选择	131
第九章 造船业中使用软管焊机的焊接	137
41 全焊接船体的近代建造方法	137
42 构架的焊接及构架与船壳板的焊接	143
43 工作位置上的劳动组织	146
44 软管焊机的使用与维修	149
45 技术定额的制定与时间定额因素	151
46 焊接时间定额的计算	156
47 工资等级标准	158
附录	160

原 序

金屬的焊接是俄國偉大的發明，這個發明應歸功於彼得洛夫 (В. В. Петров)、別納爾道斯 (Н. Н. Бенардос) 和斯拉汶諾夫 (Н. Г. Славянов) 諸學者。在斯大林各五年計劃年代里，新式的焊接設備豐富了焊接技術。焊接已成為金屬加工的主要工藝之一。焊接的應用大大地促使社會主義事業順利地發展。從焊接的應用範圍和多样化方面來說，蘇聯占世界第一位。

熔劑層下焊接是最先進的焊接方法，它與手工焊接比較起來能提高勞動生產率，改善質量，並提高文明生產的水平。

近來，廣泛應用加大電流密度的細電焊絲在熔劑層下進行的自動焊與半自動焊的新方法。本書專門研討這一方法。

本書是根據我國書報雜誌上發表的技術成就和本人的實際經驗寫成的。

本書篇幅只限於論述那些關於用加大電流密度的細電焊絲在熔劑層下焊接的電弧焊理論要點；特別著重於用軟管自動焊機與半自動焊機和加大電流密度的細電焊絲在熔劑層下焊接的實際問題。本書不討論用細電焊絲焊成焊缝金屬的機械性能，因為它們與利用直徑為 4~6 公厘的焊絲由自動焊機焊成的焊缝機械性能相似。

作者感覺到如要把這種新型的、發展很快的細電焊絲焊接的全部內容由本書來概括，顯然是不可能的。同時，這樣的一種書在第一版中不免有許多缺點。作者將以深刻的謝意來接受所有有關本書的意見和批評。

勃·伊斯科茲 (Б. Искос)

第一章 用加大电流密度的細电焊絲 在熔剂層下的焊接过程

1 熔剂層下焊接的發展史

金屬極电弧焊的發明人尼古拉·格符里洛維契·斯拉汶諾夫（Николай Гаврилович Славянов）远在我們以前所写的著作中，便闡述了熔剂層下的焊接方法，这是利用一种他在当时称做「电熔器」的自动焊机进行的。他采用搗碎的窗玻璃和鉄合金的混合物作为熔剂。斯拉汶諾夫就因这一卓越的發明，于1893年在美国芝加哥（Чикаго）世界展覽会上得到了獎狀和金質獎章；但是这一發明过分超越了那个时代，因而沒有获得工業上的应用。

1929年，努力从事于發展自动焊接的苏联發明家季米特里·安东諾維契·杜里契夫斯基（Дмитрий Антонович Дульчевский）获得了熔剂層下自动电弧焊接法的發明証。杜里契夫斯基的發明，为金屬新的結合方法的發展，即自动焊接的發展奠定了基础。

熔剂層下自动焊接的現代形式的創立和發展是与社会主义劳动英雄叶夫盖尼·奧斯卡洛維契·巴东院士的名字分不开的。它亲自領導着烏克蘭科学院巴东院士电焊研究所的全体人員，作了很多工作来研究熔剂層下自动焊和在工業上运用这一方法。1941年3月，政府以一級斯大林獎金嘉獎了这一电焊研究所关于創造新的具有高度生产率的熔剂層下自动焊法的工作。

而今致力于發展熔剂層下自动焊接事業的有「电工」Электр-ик）工厂、中央机器制造及工艺科学研究所（ЦНИИТМАШ）和其它單位的工作人員。

1942年，符拉季米尔·依凡諾維奇·佳特洛夫（Владимир Иванович Дятлов）所提出的制造自动焊机的新原理（即以等速傳

送电焊絲，而与电弧电压无关），在熔剂層下自动焊接的發展上起了重大的作用。

党和政府过去和現在一直認為發展自动焊接具有重大的意义。1940年12月20日苏联人民委员会和联共（布）中央委员会頒布了特別決議，責成20个国家工厂在六个月的時間內掌握自动焊接。这个決議不仅扩大了工業上应用熔剂層下自动焊接的范围，并在苏联进一步發展自动焊接上也起了很大的作用。

如果說，1941年苏联工厂中只有15台焊接裝置进行工作，那末到1950年工業上就有几千台自动焊机在运轉了。

就以自动焊接的技术水平及其应用的規模上來說，苏联超过了所有的資本主义国家。

熔剂層下自动焊接在各工業部門中都采用了：例如在車廂制造、船舶制造、桥梁建筑、煤气管制造和鍋爐制造等部門。

自动焊接根本改变了焊工的劳动条件，它比手工焊接的劳动生产率要高好几倍，能够組織焊接結構的流水生产，能够改善焊接接头的質量等等。

但是，虽然这样广泛地应用着熔剂層下自动焊接，可是一直到最近，手工焊接还是保持巩固的地位，因为用自动焊机施焊的焊縫，一般不会超过金屬結構全部焊縫的1/3。

曾經多次試制各种类型的熔剂層下焊接用的半自动焊机〔例如，以巴东院士命名的电焊研究所制造的APC型和РП型半自动焊机，叶果洛夫（С. А. Егоров）設計制造的小型焊接拖拉机、航空工艺科学研究所（НИИТ）設計制造的、有撓性軸的半自动焊机等等〕，由于万能性和撓性不够，工作时不可靠，構造复杂、外形尺寸和重量太大等等因素而沒有获得工業上的应用。

〔电工〕工厂还在1935年就制造了用直徑为4~5公厘的电焊絲进行明弧焊接用的軟管半自动焊机，但是由于軟管的撓性不够，以致这种半自动焊机沒有获得工業上的应用。

在1948~1949年間，制造出熔剂層下焊接用的軟管自动焊机

与半自动焊机以后，情况就为之一变。由于软管机的机动性大、便于携带、构造不复杂、操作可靠、使用软管机的培训工作简单，这种焊接方法立即在许多工业部门中获得广泛的应用，而且在很多地方可以代替手工焊接。苏联部长会议曾对使用软管机的熔剂层下自动焊接予以很高的评价，并于1949年以斯大林奖金奖励了一大批软管机创造者。

软管机焊接是根据勃洛赫（И.А. Блох）和捷密则维契（В. П. Демянцевич）所提出的利用加大电流密度的细电焊丝在熔剂层下施焊的方法制出的（1949年1月21日颁发的№80426发明证书）。应用细电焊丝不仅在电焊机中引起了根本的变化，而且在熔剂层下自动焊接技术和工艺上也发生了变化。由于利用细电焊丝，就有可能使填角焊缝的焊接在很大的范围内机械化，有可能掌握厚为1~3公厘的钢材进行自动和半自动焊接，并且能解决许多牌号的特种钢的焊接问题。合理地利用与焊接拖拉机相配合的软管焊机能使船舶制造工业的工厂有70~80%的焊接工作可以机械化。

软管焊机焊接在各个工业部门中飞跃的发展和广泛的应用，这是与巴东电焊研究所全体人员、各部门的科学研究所和先进工厂的全体工作人员的工作分不开的。研究工作是在研究所的科学工作者们和工厂工作人员密切结合的创造性的友谊中进行的。

由于党和政府以及斯大林同志的关怀，在我们国家里为顺利地发展机械化的焊接形式创造了一切条件。在各工厂里造就了无数有经验的焊接干部——焊接专家。他们有能力独立解决各项复杂的焊接技术问题；现已着手大量生产各种型式的新颖的焊机、熔剂和电焊丝，并且广泛地建立了焊接科学研究所的联络网，而在这些研究所里都配备有先进的技术和相当熟练的干部。

2 软管焊机焊接方法的要点、焊接过程的实质和焊接方式

软管焊机自动焊和半自动焊是熔剂层下焊接形式之一。这一

方法的特点在于用软管焊机焊接时,要应用直径为1.2~2.0公厘的细电焊丝和电流密度达200安培/公厘²以上;而在自动焊接时,正常规范所采用的电焊丝直径为3~6公厘,电流密度为30~50安培/公厘²,即使在采用加强规范时,电流密度也不过是100安培/公厘²。在熔剂层下燃烧的电弧,熔化着一部分熔剂,并且造成在电弧区内由物质蒸气和气体所充满的气泡。熔剂层下焊接过程是不能直接观察到的,只能借助X射线照相法和示波法(осциллографирование)等加以研究。电弧在熔剂层下燃烧的示意图(在焊缝的纵剖面)如图1所示。

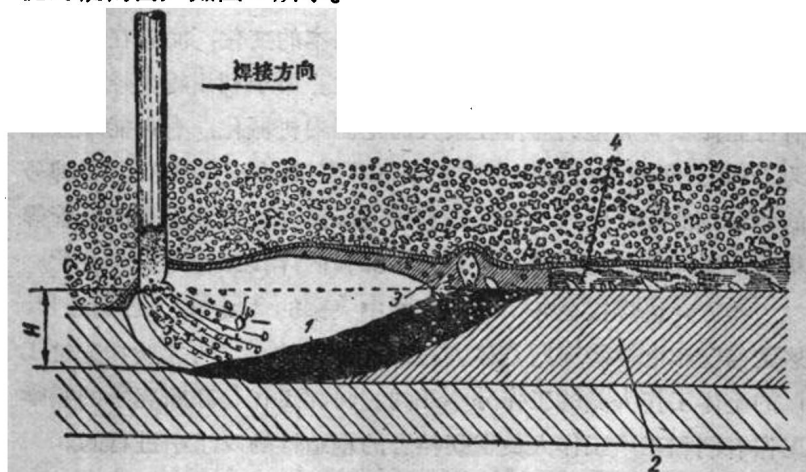


圖1 熔剂层下焊接过程示意图:

1—液态金属; 2—凝固的焊缝金属; 3—液态熔渣; 4—固态熔渣。

在用细电焊丝进行熔剂层下焊接时,由于增大了电流密度,使进入焊件的热量更加集中,这就造成焊缝成形的某些特点,特别是大大地增大了熔化深度。熔剂主要的功用,除保护熔化金属免受空气的化学作用以及改善焊缝金属的质量外,就是在用加大的焊接电流(加大的电流密度)时,也就是在用强大的电弧时,能保证焊缝的成形正常。大家知道,随着电焊丝中的电流密度和焊接电流强度的加大,电弧空间的气体压力也增大,这就会剧烈地增加金属飞溅和烧损的损耗量,并破坏焊缝的正常成形。这就成

为明弧焊接时加大电流强度的一个障碍。

熔剂层对液态金属熔潭的压力能消除金属的飞溅，并保证焊缝的成形良好。根据赫列诺夫 (К. К. Хренов) 的资料，熔剂层对液态金属的静压力为 $6 \sim 9$ 克/公分²。这样微小的压力一望而知是足以使在熔剂层下燃烧着的强大的电弧熔化金属的过程相当平静。当电弧在熔剂层下燃烧时，金属在飞溅和烧损上的损耗总量不超过 $1 \sim 2\%$ ，这在实际上可不去计算。

能够大大地增加焊接电弧的功率，就能使熔剂层下的焊接生产率高于明弧焊接的生产率。

美国人所记载的熔剂层下的焊接，乃是在电流通过熔剂时，依靠被剧烈加热的熔化了了的熔剂进行传热的过程。而且认为根本没有电弧。

苏联研究人員佳特洛夫和克涅斯科夫 (Г. Д. Князьков) 所进行的研究结果，认为在熔剂层下的焊接过程进行时，不仅依靠电流通过熔化的熔剂时所析出的热能，而且也依靠电弧的热能。终于在最近，大多数作者，包括乌克兰科学院、巴东院士电焊研究所的工作人员在内，都认为熔剂在焊接区中参与电力过程的作用根本很小，焊接过程主要是依靠彼得洛夫的电弧热能进行。就以电流和电压的

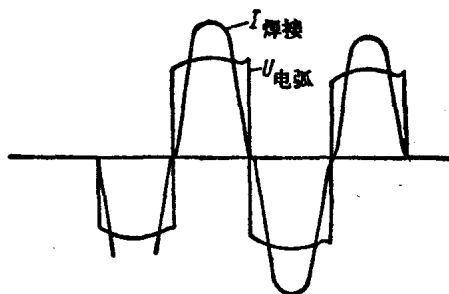


圖 2 采用細电焊絲进行熔剂層下焊接时的电流和电压的示波圖。

数值不变以及明弧焊及埋弧焊时的焊接过程的示波记录的一致性，即可证实电焊研究所工作人员的意见是正确的。

作者采用細电焊絲和规范为 $I_{焊接} = 340 \sim 360$ 安培和 $U_{电弧} = 32 \sim 34$ 伏特所作出的熔剂层下的焊接过程的示波圖 (圖 2)，表明在每半个周期的始点和終点發生电压急剧地增高和降低。电压

这样的变化就是电弧放电的征象。埋弧焊接时，直接观察焊接区近旁的熔剂，即可看出焊接区中存在着炽热的过程，这时候有气体冲出来，并且出现电弧透过熔剂薄层的特有的光彩。

由奥斯泰宾科 (Н.Г.Остапенко) 和密道瓦尔 (Б.И.Медовар) 所摄制的焊接区的 X 射线照相 (рентгенограмма)，就是熔剂层下焊接时电弧过程存在的最有力的证明。在 X 射线照相上的焊接区是以光亮的白色斑点出现，显然是电弧空间充满着各种气体和蒸汽的缘故 (圖 3)。假定基本金属和焊丝金属在熔剂层下的熔化过程是依靠电流通过熔化了了的熔剂进行的，那末所看到的焊接区在比较明亮的底片上将出现暗色的斑点出现。

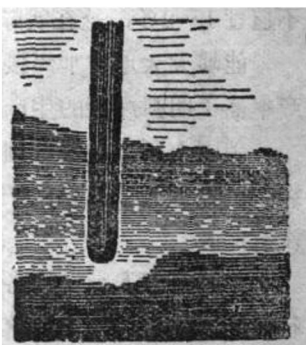


圖 3 焊接区的 X 射线照相。

根据很多已发表的实验资料，在今天可以肯定地认为，在熔剂层下的焊接乃是彼得洛夫电弧连续燃烧的过程，只有一小部分电流通过熔化了了的熔剂。根据某些通过熔化熔剂的资料，所通过的电流约为焊接电流的 5~10%。

使用软管焊机的熔剂层下焊接可用圖 4 来说明。埋弧焊丝 1 借传送机构 2 从焊丝盘 3 通过软管 4 送到施焊处。软管末端装有焊接机头 5。施焊处密密地撒有来自料斗 6 的熔剂。电弧随着焊缝的焊合而沿着焊件移动。

根据电弧沿焊件移动的方法，用软管焊机的焊接可分为两类：

软管焊机的自动焊接，就是在焊接时软管自动焊机的机头及其一起的电弧借助特殊机构自动地沿着焊接处移动；

软管焊机半自动焊接，就是软管半自动机的机头及其一起的电弧借助焊工的手沿着焊接处移动。

焊接电流是通过软管 4 供应电弧的，同时焊丝也经软管送出。焊接规范的检查是根据电流表和电压表进行的。所获得的焊缝具

有平滑的或細鱗狀的表面，并且是电焊絲和基本金屬以及熔剂中金屬元素相化合成的合金。熔化的熔剂在凝固后形成的渣壳，很易从表面上除去。

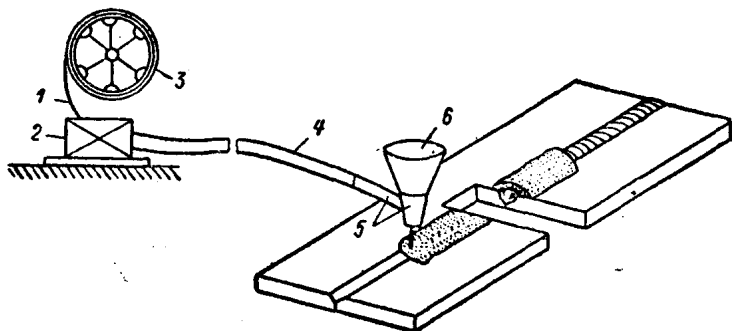


圖 4 使用軟管半自动焊机的熔剂層下焊接示意图。

从上述焊接过程示意图中可以看出，使用軟管自动焊机的焊接不同于一般的自动焊接，因为傳送機構和自动焊机的机头分为两个部件，兩者之間用軟管連接。軟管自动焊机規定用小直徑（1.2~2.0公厘）的电焊絲。在用軟管焊机半自动焊接时，焊接机头借助焊工的手沿焊接处移动。这些，从使用直徑为3~6公厘的电焊絲所进行的熔剂層下的自动焊接过程这一方式而言，看起来是小小的改变，但是却造成这种焊接过程的許多特点，我們在下节各节中將逐一地加以論述。

3 加大电流密度时电弧过程的某些特点

对于电弧放电性質曾进行过很好的研究，并且發表了很多的論文[●]。因此，本节中仅闡述在焊絲中加大电流密度时电弧燃燒

● 洛尚斯基(Д.А.Рожанский)著，‘气体放电物理’，科学技术联合出版社，1937。
赫列諾夫(К. К. Хренов)和雅尔霍(В. И. Ярхо)著‘电弧焊接工艺学’，国立机器制造書籍出版社，1940。

卡波卓夫(Н. А. Капцов)著‘在气体和真空中的电現象’，国家出版社联合会，1947。

赫列諾夫(К. К. Хренов)著‘焊接电弧’，国立机器制造書籍出版社，1949。

的某些特点。

金屬的細滴轉移 大家知道，用金屬焊條明弧焊接時，金屬從焊條轉移到熔潭內會發生二種情況，這與電弧長度有關。當電弧長度小於熔滴直徑，而熔滴達到最大尺寸後，就使電弧短路。在這種情況下，電流和電壓的示波圖表明電流發生周期重複的脈動，同時發生電壓降。當用相當長的電弧焊接時就沒有短路發生。用細電焊絲以中等規範進行熔劑層下焊接時，在所取得的示波圖上，並沒有發現電流局部峰巔及與它相應的電壓降。這就說明，在用細電焊絲的熔劑層下焊接時金屬從焊絲轉移到熔潭中沒有短路現象。

熔滴是受重力、電動力和化學反應等作用而自焊絲上滴出。液態導體（熔滴）中的電動力的方向是由小截面轉向大截面，同時對熔滴自焊絲上滴落起着最大的作用。電動力的數值與電焊絲的橫截面面積成正比，也就是隨着電流的加大和電焊絲直徑的減小而急劇地增大。

巴東曾發表過見解，就是轉移到熔潭中去的金屬熔滴的尺寸與電流密度有關，它是隨着電流的加大而減小。的確，當我們研究了在焊接規範為 $U_{\text{電弧}} = 32 \sim 34$ 伏特和 $I_{\text{焊接}} = 110 \sim 120$ 和 370 安培時所取得的電流和電壓的示波圖（圖 5）後，就可以看出，隨着電流的加大，電壓變化的周期也增大，這就是因為轉移的熔滴尺寸減小的緣故。

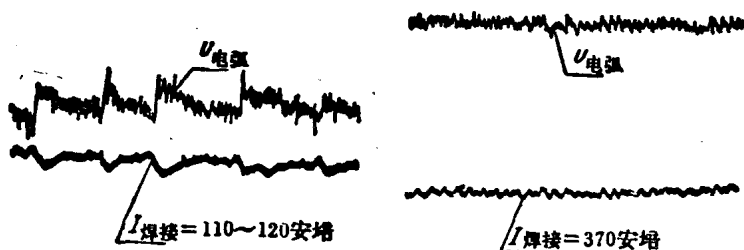


圖 5 用直徑為 2 公厘的電焊絲焊接時，電流和電壓的波形圖（根據巴東的資料）。

由此可以作出結論：在用細電焊絲和通常应用的焊接規範施焊時，金屬從電焊絲轉移到熔潭內是以不發生短路現象的細熔滴進行的，隨着電流密度的增大，熔滴尺寸減小。

增大的電壓電流特性曲綫 對於在各種不同條件下燃燒的電弧來說，焊接電流值、電弧電壓和電弧長度之間的關係可用各種經驗公式來表示，其中最常用的一個簡式為：

$$U_{\text{電弧}} = a + bL。 \quad (1)$$

式中 a 和 b ——用實驗方法為每種電焊絲和電弧中氣體成分作出的係數。係數 a 相當於陰極和陽極電壓降的总和。係數 b 表示弧柱中電弧單位長度的電壓降；

L ——電弧長度，公厘。

在明弧焊接時，實驗證明公式（1）有相當好的成績。

從高壓的技術中知道，在封閉空間中燃燒的電弧，如加大氣壓，則有升高的特性曲綫。佳特洛夫在研究熔劑層下的自動焊接過程中曾指出，焊接電弧在這種情況下的特點是功率相當大（比起手工焊接時的電弧功率來要好幾倍）和氣泡中的氣壓很高。電弧的電壓安培特性的變大是因為隨着電弧功率的加大，溫度增高，因而使電弧柱的電離程度也增強。當電弧柱中的電流密度超過 100 安培/公厘² 時，即將造成氣體分子幾乎全部電離，由於離子和電子的運動速度增大，流過電弧柱的焊接電流也更加增多。離子和電子的運動速度與電場強度成正比例。因此，隨着荷電質點運動速度的增加，電弧電壓也增大。因而電壓電流特性曲綫升高了。

對於升高的電壓電流特性曲綫，佳特洛夫提出了新的經驗公式，在此式中已考慮到電流密度加大的影響

$$U_{\text{電弧}} = (a + \alpha) + (d + g) L, \quad (2)$$

式中 $U_{\text{電弧}}$ ——電弧中的電壓降；

a, α, d, g ——由實驗求得的與焊絲材料、介質及其他條件有關的係數；

i —— 电流密度;

L —— 电弧长度。

这个公式的物理意义可以下列方式来讨论。可以把电弧中的整个电压降 (падение напряжения) 分成二部分: 第一部分是与电弧长度无关, 这是电极范围内的电压降; 第二部分是随电弧长度的增大而变大, 这是电弧柱中的电压降。

将用试验方法所得出的数据代入公式 (2) 即可构成各种不同直径的电焊丝的电压电流特性曲线 (图 6)。从图 6 中的曲线

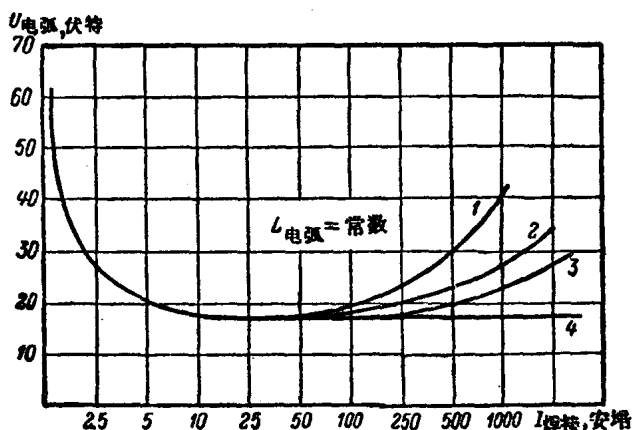


图 6 在熔剂层下燃烧的焊接电弧的电压电流特性曲线

(根据佳特洛夫的资料):

- 1 — 直径为 3 公厘的电焊丝; 2 — 直径为 5 公厘的电焊丝;
- 3 — 直径为 10 公厘的电焊丝; 4 — 明弧焊接。

上可以看出, 电压电流特性曲线升高的程度随着电焊丝的直径减小而增加。这种电压电流特性曲线的升高, 可能是因为当电流强度不变时, 由于电焊丝直径的减小, 电弧柱的温度增高, 并在小电流时电弧柱气体分子全部电离 (ионизация)。事实果真是这样, 基尔道 (И.В.Кирдо) 以光谱分析熔剂层下燃烧的电弧时, 明确地指出当用直径为 5 公厘的电焊丝, 以 $I_{焊接} = 450$ 安培和 $U_{电弧} = 36$ 伏特的焊接规范在熔剂层下焊接时的电弧柱温度为 7000°K , 而用直