

电 焊 工 作

〔苏联〕 B. Л. 采格里斯基 著
B. A. 日丹诺夫

科学技術出版社

电 焊 工 作

[苏联] B. Л. 采格里斯基 B. A. 日丹諾夫著

李 登 华 译

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書敘述各式電焊的理論與實際，其中包括自動電焊、原子氬氣焊接，氬弧焊接及接觸焊接等。焊接位置計有平焊、立焊、仰焊等，並詳盡地介紹了蘇聯在立焊方面的最新成就。焊接材料則有普通碳鋼、合金鋼、有色合金及輕合金。書內還介紹了各式焊接設備、維護、檢修等。最後還介紹了各式焊縫缺陷的鑑定，其產生原因與補救辦法等。

本書系供電焊工及工長閱讀，亦可供電焊專科教學之用。

電 焊 工 作

ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ДЕЛО

原 著 者 [蘇聯 В. Л. Цегельский

В. А. Жданов

原出版者 Машгиз • 1954 年版

譯 者 李 登 華

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九號

上海市印刷五厂印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·412

開本 850×1168 1/32 • 印張 13 1/8 • 字數 322,000

一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月第一次印刷 • 印數 1—11,500

定價：(10) 二元二角

序

这一版“电焊工作”，較之一九四四年出版的是大大地修改过了。完全取消了和本書書名沒有直接关系的气焊及气割一章，并增添了新的关于炭弧焊接的一章。

其余各章也均根据苏联电焊技术最新成就重新修改过。

也和上一版一样，本書基本上是打算为工長們和願意提高自己知識的焊工們用的。

限于本書的篇幅，不能比較詳細地講到焊接理論的某些問題和在書中增添大量的插图。

第十八章“接触焊”是技术科学碩士 Г. Ф. 斯卡昆 (Г. Ф. Скакун) 講師編写的。

著 者

目 录

序

第 一 章 焊接的发展及焊接方法	1
§ 1. 电弧焊接是俄国的偉大发明	1
§ 2. 苏联电焊的发展	2
§ 3. 焊接方法	4
第 二 章 电弧	6
§ 4. 弧的物理性質及电气性質	6
§ 5. 电弧的焊接性質	10
第 三 章 弧焊机械及设备	12
§ 6. 对焊机的要求	12
§ 7. 單头直流焊接发电机的綫路	14
§ 8. 單头直流焊机	26
§ 9. 裝有內燃机的焊接联动机	34
§ 10. 多头焊接发电机	37
§ 11. 直流焊接联动机的维护与保养	41
§ 12. 焊接变压器的工作原理及綫路	46
§ 13. 交流單头焊接设备	53
§ 14. 多头焊接变压器	63
§ 15. 三相焊接变压器	64
§ 16. 振荡器	66
§ 17. 交流焊接设备的维护及保养	68
§ 18. 电焊设备型式的選擇	69
§ 19. 焊机的故障及其修复	71
§ 20. 焊接电流的整流	74
§ 21. 焊机的并联工作	79
§ 22. 焊接裝置的導綫計算	81
第 四 章 手勁弧焊工艺	86

§ 23. 焊波的敷焊	86
§ 24. 各种位置焊缝的焊接	88
§ 25. 低碳鋼焊接的冶金	94
§ 26. 焊缝的金属組織及金相	98
§ 27. 直流电焊接及交流电焊接	100
§ 28. 焊接规范	102
§ 29. 高速手动弧焊法	105
§ 30. 弧焊时的热作用	108
§ 31. 焊缝的性质	114
§ 32. 电焊工的工具及附具	116
✓ 第五章 手动电弧焊用焊条	118
§ 33. 焊条分类	118
§ 34. 焊条芯	119
§ 35. 薄涂料焊条	120
§ 36. 厚涂料焊条	125
第六章 結構的电弧焊接	131
§ 37. 焊接接头	131
§ 38. 焊缝的型式	137
§ 39. 焊接結構的型式	141
§ 40. 格構結構的焊接	142
§ 41. 建筑类板結構的焊接	145
§ 42. 管子类及貯器类板結構的焊接	147
§ 43. 工作于压力下的鍋炉及容器的焊接	155
§ 44. 机械制造結構的焊接	158
§ 45. 管道的焊接	161
第七章 特种鋼的焊接	168
§ 46. 一般概念、影响合金鋼及特种鋼可焊性的特殊性質	168
✓ § 47. 焊接合金鋼用的焊条	170
§ 48. 合金鋼的焊接工艺	171
§ 49. 各种合金鋼及特种鋼的焊接	174
§ 50. 高速鋼的焊接	177
§ 51. 硬質合金的鍍焊	179

第八章 有色金属的焊接	181
§ 52. 关于有色金属焊接的一般概念	181
✓ § 53. 铜及其合金的焊接	181
§ 54. 铝的焊接	182
第九章 修理工作中的焊接	184
§ 55. 钎焊	184
§ 56. 钢件的修焊	186
§ 57. 铸铁件的填焊	191
第十章 电弧切割、水下焊接及切割	198
§ 58. 电弧切割	198
§ 59. 水下电弧焊接及切割	200
第十一章 炭极焊接	202
§ 60. 炭极焊接工艺	202
§ 61. 炭极	204
第十二章 气电联合焊接	205
§ 62. 原子氢气焊接	205
§ 63. 氢弧焊接	212
第十三章 自动焊接及半自动焊接	213
§ 64. 弧焊过程的机械化	213
§ 65. 自动焊接的一般原理	215
§ 66. 自动焊头的构造原理	216
§ 67. 自动焊头的构造及电气线路	220
§ 68. 低碳钢焊剂下自动电弧焊接工艺	253
§ 69. 合金钢的焊剂下自动焊接	283
✓ § 70. 铜的焊剂下自动焊接	288
§ 71. 焊剂	289
§ 72. 焊丝	300
§ 73. 自动焊接装置	300
§ 74. 软管焊接	313
§ 75. 自动氢弧焊接	325
第十四章 焊接质量检验	328

§ 76. 焊接缺陷	328
§ 77. 焊缝檢驗方法	331
§ 78. 外觀檢查	332
§ 79. 焊缝密致性試驗	334
§ 80. 机械强度試驗	335
§ 81. 焊缝内部缺陷的确定	340
§ 82. 焊件生产时的質量檢驗	344
第十五章 焊接車間	346
§ 83. 焊接車間的分类	346
§ 84. 焊接設備的布置	347
§ 85. 焊接車間的工作地点	348
§ 86. 檢驗-試驗裝置及輔助裝置	350
§ 87. 对焊接車間的卫生要求	351
§ 88. 起重运输设备及焊接車間的其他設備	352
第十六章 焊接工作的生产組織及技术定額的編制	353
§ 89. 贏利、成本及成本計算	353
§ 90. 生产計劃的要素	354
§ 91. 焊接工作技术定額的編制	355
§ 92. 工作地点的組織	359
第十七章 电弧焊工作时的安全技术	361
§ 93. 預防电弧光綫的損伤	361
§ 94. 預防触电	362
§ 95. 預防灼伤及其他安全技术措施	364
第十八章 接触焊	366
§ 96. 接触焊的基本类型	366
§ 97. 接触焊进行时的电热过程	367
§ 98. 接触焊設備的基本元件及其特性	371
§ 99. 对焊設備及工艺	379
§ 100. 点焊及滾焊的設備与工艺	386
§ 101. 接触焊質量檢驗	400
参考文献	404
中俄名詞对照表	407

第一章 焊接的发展及焊接方法

§ 1. 电弧焊接是俄国的伟大发明

所謂焊接,是一种利用局部加热的方法,把材料加热到液态或塑性状态而使之永久接合的过程.在焊接的过程中,可应用机械压力或不应用机械压力来进行.无论金属或非金属材料——如玻璃、塑料等,都能承受焊接.

在现在技术中,在许多情况下,焊接往往是制造金属结构及构件的主要过程.电弧焊法得到了最大的普及.

电弧是电焊时热能的主要来源.电弧现象是俄国学者、彼得堡外科医学院物理学教授 B. B. 彼得洛夫(B. B. Петров 1761~1834)于 1802 年首先发现的.彼得洛夫在他的著作中叙述他所发现的电弧的性质时,曾指出了电弧应用于照明和熔化金属的可能性,虽然当时的技术水平,还不允许利用彼得洛夫的电弧来达到这些目的.

一直过了 80 年,彼得洛夫的发明才首次用来熔化金属和焊接金属.杰出的俄国发明家 Н. И. 别那杜斯(Н. И. Бенардос 1842~1905)于 1882 年研究出了一种借电流的直接作用使金属接合和分离的方法.他称这种方法为“电捷非斯特”^①.按照这种方法,焊接是借发生在金属焊件与炭极间的彼得洛夫电弧来进行的.别那杜斯电焊法在 1888 年得到了首次工业应用于里高奥尔劳夫斯基(Риго-Орловский)铁路工厂为修理車輛之用.

① 捷非斯特(Гефест)是希腊神话中的火神和以利用火为基础的艺术及技艺的保护者——著者

俄国工程师 Н. Г. 斯拉夫亞諾夫 (Н. Г. Славянов 1854~1897) 于 1888~1890 年間研究出了另一种弧焊法。他曾經应用了金屬极来代替炭极。按照斯拉夫亞諾夫焊法, 金属极同时用作补充金屬, 焊縫基本上是由它来構成的。

斯拉夫亞諾夫在彼米尔大炮工厂曾經进行的焊接工作的特点是极其多样化和优等的質量。他曾是該厂的厂長。

在沙皇俄国条件下, 俄国的发明在当时得不到广泛的傳播, 而只是由于发明者的热情才被保留下来。发明者死后, 电焊在俄国几乎被人忘記了, 但是, 在国外电焊却得到了很大的发展, 特别是在第一次帝国主义战争期間。

只有在偉大的十月社会主义革命以后, 电焊才在我国^①重新被恢复起来, 并且無論在焊接結構的数量上, 或其質量上, 都已經达到了高度的水平。

§ 2. 苏联电焊的发展

二十年代末期我国电弧焊接便在广大的工业範圍內开始应用了。

和鉚接及鑄造比較起来, 焊接的下列巨大优点促成了它在工业中的广泛运用。

1. 节省金属 当以电焊代替鉚接时, 在結構强度相等的情况下, 节省的金属重量达 15~20%。这是由于縮减联接元件 (角鋼、角板、盖板等) 的数量和尺寸以及由于沒有因鉚接鑽孔而使联接件强度削弱的緣故。以焊件代替鑄件时, 节省的金属可达鑄件重量的 40~50%。节省金属是靠减小焊件的厚度来达到的, 因为焊件的强度較高。

2. 提高强度 現代电焊法, 無論是手动的或自动的, 特别是自动电焊, 使所得到的焊縫能够在質量上不亞于基体金属。因此, 在

^① 此处我國系指苏联, 以下同此——譯者

制造工作于动负载下的和在高压、高温下的最重要构件时,采用电焊就成为可能的了。

3. 减少劳动量 由于焊接结构制造的工艺过程较之铆接结构的工艺过程需要较少的工序,所以,花费在制造焊接结构的总时间和工时数较之制造同样的铆接结构者为少。焊接结构的成本也相应地被降低。

电焊的应用,在第一个五年计划期间开始有了蓬勃的增长。在这几年里,曾经采取了一些促进焊接发展和提高焊接工作技艺至更高层次的措施。专业化的焊接托拉斯和曾经在许多建筑物上进行过焊接工作的营业所被组织起来了,建立了焊接科学研究机关和焊接实验室,在一些高等学校里和中等技术学校里出现了为造就焊接专家的教师,从事出版“焊接工作”杂志,出现了许多焊接方面的技术文献,为造就焊工和焊工工长的训练班曾经被组织起来。全苏焊接工作者工程技术协会(ВНИТОС)曾进行过许多焊接的培植工作。

1940年,工业上开始了焊剂下高速自动电焊的培植工作。这种焊法是在E. O. 巴顿院士(Е. О. Патон)领导下的乌克兰科学院电焊研究所研究出来的。在伟大的卫国战争年代里,需要提高我国的生产力以满足前线的需要,焊接在军备及弹药生产中以及战时破坏了的结构修复中都起了巨大的作用。

在战后的年代里,焊接在苏联是更大规范地被应用着,并且特别扩大了自动焊接的应用范围;新的半自动焊法已被研究出来;手动焊接设备及自动焊接设备大大地被改进了;焊接质量已被提高。现在,我国在完成的焊接工作中,无论在数量上或在质量上,都在世界上占第一位。

电焊的主要应用范围如下:

1. 机械制造业 在运输机械制造业中,当制造铁路车辆时,焊接是主要的工艺过程。在力能机械制造厂里,有各种型式的全焊蒸

汽鍋炉、渦輪机和发电机的焊成元件。焊接在石油、化工仪器与設備的生产中，在起重运输机械(起重机、运输机、电梯等)的制造中和在农业机械制造业中都已占有重要的地位。

2. 建設事业 当制造工业建筑和高楼骨架的金属結構时，焊接是作为主要的工艺过程来应用的。在貯器制造中，煤气管及各种管道的架設中，当修建公路桥梁时，在石油提炼厂和冶金工厂(高炉炉壳、热风炉、煤气除尘器等)的建設过程中，焊接也都是作为主要的工艺过程来应用的。

在其他工业領域內也是大規模地应用焊接，并且，不仅是用来制造新产品，而且也用来进行修理。

§ 3. 焊接方法

在現在技术中，有許多不同的金属焊接法被应用着，人們可以把所有这些方法分为化学焊法及电焊法两大类。

在化学焊法时，为实现焊接过程起見，金属的加热是靠化学反应的热能来进行的；这时，金属可被加热到轉变为塑性状态的溫度，或到轉变为液态的溫度。在第一种情况下，为进行焊接，必須应用机械力压力；在第二种情况下，焊接时不需应用机械压力来进行，而是借被連接部分金属的熔合和随后的凝固来进行的。

化学焊法 以下列方法来实现：

1. 鍛焊 是古老的焊接方法，在这种焊法中，金属在鍛炉火焰內加热到轉变为塑性的状态，随后用錘击施压力于被加热过的部分上来进行鍛焊。

2. 水煤气焊 是鍛焊的一种变换形式：用特殊的焊炬来加热，也是把金属加热到塑性的状态，并随后用滾輪挤压或用錘迅速的击打被加热过的部分。

3. 热鋁焊 是利用热鋁焊剂燃燒时发出来的热使焊接处加热。热鋁焊剂是一种由金属鋁粉和氧化鉄粉組成的粉末剂。热鋁焊

差不多完全是用于铁路及电车轨道的对焊、钢电报线及电话线的对接和某些修理工作中。

4. **(氧)气焊** 是利用燃料气体(乙炔、氢气等)在工业纯氧中燃烧时所形成的火焰,在焊接处把金属加热到转变为液态或塑性状态来进行的。这种焊法在现在技术中极为普遍,它主要是用于薄壁构件(例如,飞机制造)和有色金属零件的焊接中及铸铁件和铸铝件的修理中。

电焊在现代技术中是最普遍的,它可以分为电弧焊及接触电焊(电阻焊)两种。

1. **电弧焊** 具有最大的广泛性。金属极电弧焊(斯拉夫亚诺夫焊法),无论手动焊法或者焊剂下自动焊法的特点,是对于从最小到最巨大笨重的焊件,有着很大的通用性。炭极电弧焊(别那杜斯焊法),仅应用于有色金属薄构件的焊接中。

2. **接触电焊** 在现代工业中占重要地位,尤以大批或大量生产各种机械制造业的零件的时候为然,这种焊法要求使用机械力。该种焊法是广泛地自动化了的,且多半是在特种的、适合于特种工序的、有时是十分复杂的机械上来进行,例如,为焊接薄壁管子用的机械和为焊接汽车车身用的机械等等。

还有其他的电焊法,如原子氢气焊、间接电弧焊等等,不过这些方法都有着比较狭小的应用范围。

电焊在我国工业中已广泛地被运用起来,且其应用范围和规模逐年也在扩大,因为现时建设中的水电站给予我国以丰富廉价的电能,并且电能是电焊的基础。苏联共产党(КПСС)第十九次党代表大会对于生产过程的自动化予以十分的注意。不断的扩大电焊过程的自动化和机械化,将促进生产率的显著增加和电焊质量的提高。

第二章 电 弧

§ 4. 弧的物理性質及电气性質

电弧是两电极間气流中的連續放电現象。电极間的电压在放电时比較小,而电流可能是十分大。

为了发生电弧放电現象,必須使电极間的空气成为导体,空气在正常的状态下是电的不良导体。为此,电极間的气隙应该是电离的。

离子被認為是一种这样的原子,这种原子由于电子及質子的数目不同而帶有电荷,如果原子中的电子占多数,則离子帶負电荷;如果电子少于質子,則帶正电荷。

从原子分出来的、并不与任何原子軌道有联系的电子称为自由电子,該自由电子帶有原始的負电荷。

进入电場中的离子及自由电子进入电場时便会发生运动。負离子或自由电子向正极移动,而正离子向負极移动。电极間气隙中有着离子及自由电子存在的这种状态称为电离状态。在这种情况下有电場存在时,电流就会出现于气隙中。

在正常状态下,空气中离子及电子的数量很少。反之,金属中总是有着某些数量的自由电子,該些电子能使金属具有导电性,而且电子也是电流的傳导者。除自由电子以外,在金属中同时也形成正离子。正离子由于質量大,所以运动得慢。自由电子互相排斥,并为正离子所吸引。

靠近电极表面的电子,經受着正离子的吸引,該正离子并能維持住电子。为使电子从电极表面脱离出来,必須为克服正离子的吸力而完成一定的功。电子在运动时,具有一定的动能(运动能)。随着物体溫度的上升,电子的运动能在增加。当物体的溫度相当高

时,电子就具有能够克服正离子吸力的那样的动能,于是,电子便从电极顶端飞离出来。

电弧的发生机构如下。当电极接触时,由于接触处欧姆电阻大的缘故,电极顶端的接触处所,和其间的气隙一样,受到强烈的加热。电子开始从负极飞出。由于这些电子具有相当大的动能,所以,在与气体(例如,空气)的分子和原子相撞击时,就能使它们分解,因此,电子就从它们中间分离出来,而形成离子及自由电子。电极间的气隙就变成导电体。负离子或电子撞击阳极(正极),而正离子撞击阴极(负极)。因此,离子的动能就转变为热,使阴极及阳极保持高温。

在引弧的最初瞬间,当时电极及其间的气隙尚未充分加热,电极间须有增高的电压,以便传递具有较大动能的电子,因而,加强气体的电离作用。

随后,当气隙正常地受热和被电离时,引弧所需要的电压就要变得低些。

人们可以把燃烧于阳极(正极)和阴极(负极)间的电弧分为阴极区、弧柱和阳极区三主要部分。

阴极区 位于靠近阴极之处。电子在这里从阴极出走而向阳极移动,所以,该区又称为电子流区。

弧柱 是电荷运动的场所,其大小差不多与弧长相等。气体的分子和原子在弧柱中发生电离作用。

阳极区 位于阳极的直接近处,该区是正离子高度聚集的场所。从阴极移动来的电子也是在这里击中阳极。

为使电弧燃烧,必须在电极上保持一定的电压值。该电压值依电极材料、弧长及气体的种类而改变。该气体指电弧在其中燃烧的气体。

指明弧中电流强度与电压变化的关系曲线,称为**电弧的静特性**。

电弧电压(金属极、空气間层、基体金属)随着电流强度的增加約被降低到 30 伏(图 1)。

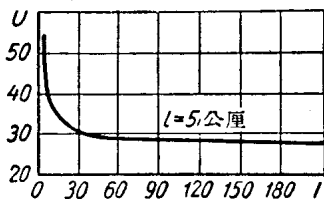


图 1. 电弧的静特性

繼續增加电流强度, 并不显著地影响到电弧电压的高低。

为了引出电弧, 必須有某一等于 on (图 2) 的开始电压, 該电压然后下降为 $o'n'$ 值, 且当弧長由零值增加到工作長度时, 电压上升到額定电压 $o''n''$ 。

电弧的每一条特性曲綫只有一个稳定的电弧燃烧点。电弧的靜特性能推测到曾經規定了的电弧规范。人們只有在电流变化十分小的情况下才可能用实验的方法来得到它。

当弧中电流迅速而突然的波动时, 电弧气隙中的电离作用赶不上规范的变化。这种在焊弧中实际发生的现象, 能够反映出电弧的动特性来。

焊接过程中可能由于下列原因使电弧电阻发生改变, 或使电弧完全中断: 1)

大量气体的形成; 2) 由于熔敷处形成大量熔渣而使电弧电阻显著增加; 3) 磁場的作用; 4) 当充实焊缝剖口时电弧的“跳越”。

所有这些原因都是在极短的时间內起作用, 所以, 如果在該瞬間能提高电弧电压, 电弧就可能被拉長而不熄灭。因此, 供应焊弧的电源, 应该对于焊弧规范的变化具有迅速調整的性能。

如果电弧位于具有与弧柱相同方向的磁場里, 即在縱向磁場里, 如果是順着磁場方向看去的話, 那么弧柱在該磁場的影响下, 开始繞着自己的軸綫以反时針的方向旋轉。弧柱的断面被縮小, 电弧变成比較“硬”的了, 因此, 加热比較集中。

縱向磁場能提高焊弧的工艺价值, 这在炭弧焊接时利用之。

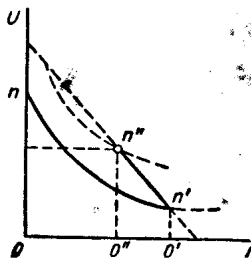


图 2. 引弧的特性曲綫

如果有横向磁场作用在电弧上,那么电弧在该磁场的影响下将会偏斜。

电弧本来的磁场和焊接电路的磁场能激起名为“磁吹”的现象。磁吹经常使焊接发生困难,特别是在高电流强度的情况下。焊接电流的磁流分布如图3所示。

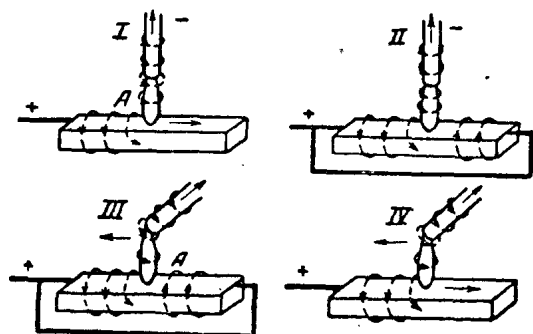


图3. 焊接电流的磁流分布略图

从点A一面连接焊接导线(第I位置),磁力线被密集,并使电弧向焊接导线连接处相反的一面偏斜(箭头示出电弧偏斜方向)。如果焊接导线从电弧的两面接到焊件上(第II位置),那么磁力线就会被集中在电弧的两面,因此,电弧不发生偏斜。

当倾斜电极时,(第III位置),磁力线在电极与构件所构成的角度内呈现密集现象。在这种情况下,磁力线的密集现象使得电弧在电极的顶端向左偏斜,即向电极倾斜相反的方向偏斜。当焊接导线从电弧的一面连接并倾斜电极时(第IV位置),弧柱在靠近电极顶端处向左偏斜,而在靠近构件处向右偏斜。所以,人们利用电极对焊件表面的倾斜度就能把电弧的偏斜调整到相当的程度。

除了焊接导线相反的连接位置和倾斜电极以外,很大的磁铁物质靠近焊弧也能影响到电弧的偏斜。

在电弧与磁铁物质(铁、钢)之间能出现电磁吸力,该吸力力求使弧柱和磁铁物质靠近,因此,电弧向磁铁物质方面偏斜。