

建 筑 工 程 部 編 著
上海电焊棒制造厂

焊条和熔剂的制造

建 筑 工 程 出 版 社

焊条和熔剂的制造

建筑工程部上海电焊棒制造厂 編著

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書對焊接基本知識、焊條和熔劑的生產工藝以及塗料配方均作了詳細的敘述。書中用較大的篇幅介紹了新低氫焊條的性能和製造方法；對焊條和熔劑生產中常用的化學分析方法亦有詳盡的闡述。

本書以介紹實際生產經驗為主，但也有理論上的研究，是從事焊條和熔劑生產工作的工人和技術人員的良好讀物。

焊 條 和 熔 劑 的 制 造

建築工程部上海電焊棒製造廠 編著

1959年12月第1版

1959年12月第1次印刷

4,590冊

850×1168 $1/32$ · 200千字 · 印張 $7^{11}/_{16}$ · 插頁1 · 定價(11) 1.45元

建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行 · 書號: 1720

建築工程出版社出版(北京市西郊百方庄)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

前 言

解放以前，我国根本没有电焊条和自动电焊熔剂制造工业，十年来，在共产党和人民政府的领导和关怀下，焊条和熔剂制造工业有了飞跃的发展。目前，除了某些特殊品种还处于试制阶段以外，国内生产的焊条和熔剂在品种和数量上已经基本能够满足我国社会主义建设的需要，不少产品的质量也已接近或达到了国际水平。

我厂自1952年投入生产以来，职工觉悟不断提高，劳动积极性得到了充分的发挥，全厂面貌日新月异，生产管理和技术研究方面都有很大的进步。我们特将几年来在焊条和熔剂制造方面的点滴资料汇集成书，借此总结经验，作为今后更大跃进的基础，并向伟大的建国十周年献礼。

焊条和熔剂制造过程牵涉到冶金、化学、高温物理化学、机械、电气等方面的许多问题，内容错综复杂，远非某一单位或少数人员所能了解和掌握。几年来，我厂虽然生产了数以万吨计的产品，亦曾向国内外介绍了一些我厂创造的新焊条和制造焊条用的机械，但是，对不少问题我们仍然是一知半解，许多现象和事实尚未能达到理论计算的水平，尤其是对涂料粉料中多相多元变化和螺旋式焊条涂粉机中粉料输送压力的变化规律还知道得很少，尚待进一步努力。我们殷切地期待着各有关单位和读者的帮助。

由于我国目前尚无国定焊条标准和熔剂标准，本书在许多地方引用了苏联标准作为衡量比较的依据。

本书还引用了一些兄弟单位对我厂产品所作的试验研究的数据和其他有关资料。我们在此表示感谢。

我们限于水平，又少写作经验，书中不妥之处在所难免，请读者指正。

建筑工程部上海电焊棒制造厂

1959年8月

目 录

前 言

第一章 有关焊接冶金过程的一些問題 (1)

第一节 焊条的熔化及熔潭的产生 (1)

第二节 焊缝金屬的結晶 (3)

第三节 焊缝金屬的合金作用 (4)

第四节 焊缝中气孔的产生 (6)

第五节 焊缝金屬中的白点 (7)

第二章 焊缝金屬和焊接接头的物理性能 (13)

第一节 可焊性、热裂纹和冷裂纹 (13)

第二节 屈服点、抗拉强度、延伸率和断面收缩率 (16)

第三节 冲击韧度 (20)

第四节 冷弯結果和冲击韧度之間的“異常規律” (23)

第五节 抗疲劳試驗 (23)

第三章 焊条的分类和我厂所产焊条性能介紹 (25)

第一节 焊条的分类 (25)

第二节 新低氬焊条性能介紹 (30)

一、新低氬焊条的特点及焊接一般鋼结构的試驗数据 (30)

二、新低氬焊条焊接新型低合金鋼的試驗数据 (38)

三、新低氬焊条焊接高压容器的試驗数据 (43)

第三节 堆焊用合金鋼焊条 (48)

一、耐磨层堆焊的意义 (48)

二、耐磨合金堆焊特点及其冶金过程 (48)

三、普通堆焊焊条 (49)

四、管状堆焊焊条 (51)

第四节 水下焊接用焊条 (55)

第五节 焊接不銹鋼用的焊条	(56)
一、鉻鉍奧氏体合金鋼的冶金特点	(56)
二、焊接过程中各元素的氧化情况	(57)
三、焊接X13型高鉻鋼用的焊条	(59)
四、焊接X18H 8型鉻鉍鋼用的焊条	(59)
第六节 鋼芯鑄鉄焊条	(61)
第四章 焊条生产工艺过程及 涂料配方	(68)
第一节 焊接一般結構鋼用焊条生产工艺过程及 涂料配方	(68)
一、本厂一般焊条制造工艺	(68)
二、焊条鋼絲加工	(68)
三、焊条涂料原料的加工	(69)
四、藥粉湿配	(70)
五、水玻璃的調制	(71)
六、焊条的涂制	(72)
七、一般焊条的烘焙	(76)
第二节 低氫焊条生产工艺过程及涂料配方	(77)
一、鉄合金的純化处理	(77)
二、原料的干燥	(78)
三、配料、篩粉和干拌	(79)
四、水玻璃溶液的制备	(81)
五、湿拌和預压粉团	(81)
六、低氫焊条的涂制和干燥	(82)
第三节 各种原料的性能、成分和規格	(84)
一、金屬矿物类	(84)
二、非金属矿物类	(87)
三、鉄合金类	(93)
四、有机化合物及化工产品	(93)
五、水玻璃	(95)
第四节 焊条檢驗标准	(102)
第五章 自动焊接和熔剂	(108)

第一节 熔剂层下自动焊	(106)
一、熔剂层下自动焊和半自动焊的冶金特点	(106)
二、熔剂层下自动焊接的优点	(107)
第二节 熔剂层下自动焊和半自动焊用的熔剂	(108)
一、对熔剂性能的要求	(108)
二、熔剂的分类	(109)
三、熔剂的组成成分	(110)
第三节 熔剂层下自动焊和半自动焊用的焊丝	(112)
第四节 我厂所产各种熔剂介绍	(114)
一、AH-348-A自动电焊熔剂	(114)
二、上海高猛一号自动电焊熔剂	(115)
三、上海高猛二号自动电焊熔剂	(116)
四、上海无猛一号自动电焊熔剂	(117)
五、上海低猛一号自动电焊熔剂	(118)
六、AH-22电渣焊熔剂	(118)
七、AH-8电渣焊熔剂	(119)
八、高碱度电渣焊熔剂	(119)
九、导电熔剂	(119)

第六章 熔剂生产工艺

第一节 我厂生产熔剂所用的原料	(120)
一、原料技术条件概述	(120)
二、锰矿中各种成分对熔剂的影响	(121)
三、镁砂与菱镁矿	(124)
四、陶土、白泥和铝矾土	(124)
第二节 我厂制造熔剂所用的设备	(125)
第三节 熔剂的化学成分和配方计算	(129)
一、成品熔剂的化学成分	(129)
二、熔剂的配方标准	(129)
三、熔料的计算	(129)
第四节 熔剂的熔炼	(132)
一、加料	(133)

二、熔煉過程的控制	(134)
三、熔煉的變化過程	(136)
四、出爐顏色的掌握及其對熔劑性能的影響	(137)
五、熔劑的粒化和烘干	(138)
六、熔劑生產過程的安全事項	(139)
第五節 熔劑的檢驗	(140)

第七章 我廠在化學分析方面所用的一些經驗方法 .. (143)

第一節 原材料的化學分析	(143)
一、鋼絲	(143)
二、礦類物質	(158)
三、鐵合金	(175)
四、有機物質	(177)
五、化工原料	(179)
第二節 焊條塗料的化學分析	(182)
一、金屬元素及其氧化物的測定	(182)
二、非金屬元素及其它化合物的測定	(200)
第三節 自動電焊熔劑的化學分析	(202)
一、熔劑的正常分析法	(203)
二、熔劑的快速分析法	(206)

附 录

附录一 焊條鋼絲固定全蘇標準	(211)
附录二 製造焊條用各種鐵合金的技術要求、 加工特性及儲存	(217)
附录三 蘇聯有關焊條的技術標準摘要	(222)
附录四 鈦型焊條塗料配方	(235)
附录五 錳型焊條塗料配方	(235)
附录六 低氫型焊條塗料配方	(236)
附录七 電堆堆焊條塗料配方	(237)
附录八 電極塗料的直徑規格	(238)

第一章 有关焊接冶金过程的一些問題

第一节 焊条的熔化及熔潭的产生

在电弧焊接过程中，熔化焊条金属和基本金属的热源是焊条和基本金属之间的稳定放电，电能变为热能，并把这种热能集中于不大的范围内，产生非常高的温度。弧柱温度与电能有关，当焊接电压变化不大时，电流强度为100安培，其弧柱强度约为 $5,550^{\circ}\text{C}$ ；电流强度为200安培，弧柱温度约为 $5,750^{\circ}\text{C}$ ；电流强度为300安培，弧柱温度约为 $6,000^{\circ}\text{C}$ （准确度达 200°C ）。

为了达到某些焊接工艺的要求，在焊条涂料中加入了具有低电离电位的钾、钠等元素。这些元素在焊接过程中使弧柱温度降低至 $4,000^{\circ}\text{C}$ 左右。电极表面通过电流的部分，通常被加热到接近电极材料蒸发的温度。

电弧的总热量可按下式计算：

$$Q = 0.2391VI,$$

式中： Q ——电弧热量（卡/秒）；

V ——电弧电压（伏特）；

I ——焊接电流强度（安培）。

焊接时，电弧发出的热量，不可能全部用来加热工件，一部分热量消耗于加热电极的未熔化部分，一部分因对流和辐射消失在周围空气中，所以我们不能直接利用上式来计算焊接时的实际热量。电弧加热工件过程中的有效热功率 Q_0 ，是指单位时间内给予工件金属的热量（卡/秒），可用下式计算：

$$Q_0 = \eta_0 0.239VI,$$

式中： η_0 为电弧加热工件过程的实际有效系数，在手工电弧焊接

时，其值为0.70~0.85。

在电弧中还可能发生化学反应，无论是吸热反应或是放热反应，对电弧的热平衡都有很大的影响。苏联专家雷卡林（Н.Н. Рыкалин）在手工电弧焊接方面关于电弧热平衡曾作了以下的实验。焊接电流强度 $I = 150 \sim 250$ 安培，电压 $V = 20 \sim 25$ 伏特，其热的分配情况如图1所示。

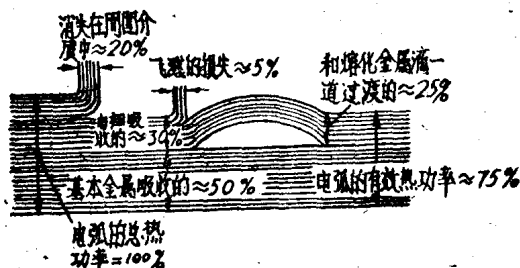


图1 手工电弧焊接时热的扩散分布图

焊条涂料对热的传递关系也起着很大的作用。涂料的熔化迟于焊条芯时，在焊条末端会形成一个未熔化的涂料套筒，这种套筒的形成及其长短，对焊接工艺有很大的影响。所以，我们在决定涂料厚度时一定要将这一因素估计在内。涂料中的某些成分，如淀粉、木纤维、大理石、白云石等，在焊接过程中分解和离析出气体，这些气体具有极高的温度，它们一面膨胀，一面以气流的形式喷向焊件，起到了电弧向金属焊件补助传热的作用。

在电弧燃烧和气体传热的作用下，焊条芯、涂料及焊件的加热边缘便开始熔化，构成金属熔潭（图2）。熔潭的尺寸决定于焊接规范（电流及电压）、焊接速度和电弧在燃烧过程中的热物理性质。在手工电弧焊时熔潭尺寸： $l = 1.0 \sim 3.0$ 厘米； $b = 0.8 \sim 1.5$ 厘米； $h = 0.1 \sim 0.7$ 厘米。

金属熔潭存在时间的长短和熔潭长度及焊接速度有关，可用下式计算：

$$t = \frac{l}{V}。$$

式中: l —— 熔潭長度 (厘米);
 V —— 焊接速度 (厘米/秒)。

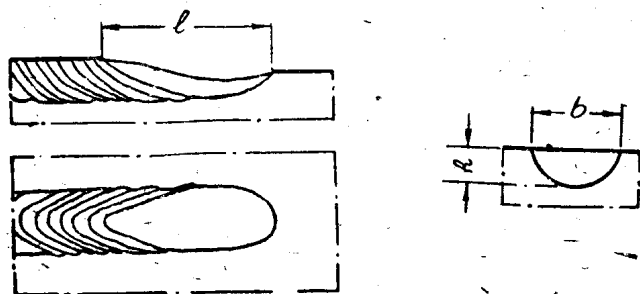


图 2 液体金属熔潭

手工电弧焊接速度为3~20米/小时, 所以 l 值在2~36秒的范围内。焊条熔化金属基本上是以熔滴形式向熔潭过渡的。从熔潭中热效应的分布情况来看, 基本金属所占的比例是不大的, 在手工焊接时(电弧运动速度不大时), 焊缝金属65~85%都是由焊条金属构成的。

第二节 焊缝金属的结晶

焊接时, 焊条金属和基本金属借助于电弧的热量而熔化, 形成金属熔潭, 随着它们之间的相互结晶, 两种金属便熔合在一起, 这样就达到了焊合的目的。因此, 焊接过程大体可分为熔化和结晶两个步骤。在焊接过程中, 由于加热区的移动, 熔潭液体金属因受基本金属和周围冷空气的热扩散影响而开始结晶。此时, 基本金属边界上未熔化的结晶粒子就成为结晶中心。结晶中心向着冷却面的垂直方向以枝状形式生长(图3), 结晶组织的合成形式和焊接质量有密切的关系。熔焊金属以波浪形式向前推进。波浪的大小和均匀与否, 同焊接时的气体压力、焊工技术等因素有关。

焊接时的結晶过程与澆注到金屬模中的金屬結晶过程有下列不同之处:

(1) 焊接熔潭既受焊接火焰的加热作用, 同时又受固体金屬的冷却作用;

(2) 焊接熔潭液体金屬被周围加热到不同溫度之固体金屬所包圍, 焊接熔潭金屬周圍的基本金屬的加热程度比熔潭后壁焊縫金屬的加热程度小;

(3) 焊縫金屬的冷却速度很大, 它的結晶速度也大, 結晶速度等于熔潭移动速度, 也即焊接速度。在手工焊接时, 焊条的縱向移动速度为3~20米/小时(5~33厘米/分鐘), 鋼錠在澆注入模后的結晶速度約为0.5~20厘米/分鐘。由此可見, 焊縫金屬的結晶速度远远地超过了鋼錠的結晶速度。

焊接熔潭的結晶过程是連續进行的。这个連續結晶的过程, 由各个先后依次进行的阶段所組成, 各阶段在時間上几乎是相等的。这种周期性的結晶过程与冷却的周期性有关。熔潭金屬和基本金屬交接处冷却得很快, 因此, 对基本金屬层的渗透厚度并不太大。渗透厚度与焊接速度无关, 而与金屬的热物理性質和液体金屬的过热溫度有关。在熔潭体积小、冷却速度快的情况下, 晶粒与晶粒之間的薄层在化学成分上差別很小, 因此在金相研究时很难看出它們之間的界綫。

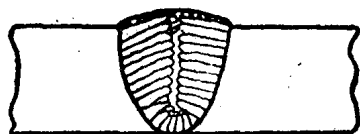


图 3 焊縫金屬的結晶情况

第三节 焊縫金屬的合金作用

在焊接过程中渗入合金元素一般为了达到两个目的: 一种是作为脱氧剂, 另一种是为了补足金屬在焊接高溫作用下某些特种

元素的燒損，或者是為了保證某種合金元素的過渡而加入另一種對氧有較強親和力的元素。某些元素對焊縫金屬的合金化有着極大的意義，加入這些元素能改善焊縫的機械性能及其它特殊性能。

在焊條塗料中加入適量的合金元素或採用含有適量合金元素的焊條鋼絲，都可以使焊縫金屬發生合金作用。前一種方法的優點是靈活性大，因為要製造必要成分的焊絲比在塗料中加入適量的鐵合金要複雜得多。但是，合金元素經由焊絲發生合金作用也有很大的優點，這種方法能使焊縫金屬的化學成分穩定，同時過渡系數也較大。為了使塗料中合金元素有較大的過渡系數，可以採用管狀夾心焊條的形式。用普通焊條鋼製造焊接特殊合金鋼用的管狀焊條具有很大的經濟意義。

電弧的燃燒過程，也是各元素進行激烈氧化的過程。酸性塗料中含有大量能使鐵合金氧化的氧，焊接時合金元素的燒損很大，因此，這類塗料一般僅用來製造焊接結構鋼和低合金鋼的焊條。

焊條製造中常用的脫氧劑有錳、矽、鈦和鋁；合金劑則有鉻、鉬、鈳等等。焊接時對氧親和力較強的元素燒損較多。按各種不同元素對氧親和力的強弱程度，可粗略地排成以下順序：鋁、鈦、矽、錳、鈳、鉻、鐵、鉬、鎳和銅。要使得焊縫金屬合金化，原則上可以用所需要的合金元素作為基本金屬的還原劑。為了使得某一個合金元素有更大的過渡系數，就不應當僅僅靠這種元素來完成還原作用，還要加用另一種與氧有更大的親和力的合金元素。合金元素的過渡系數，是指在焊縫中某合金元素的實際含量和該元素理應從塗料及基本金屬中滲入焊縫金屬中的總量之比。不管採用什麼方法，總有一部分元素要被氧化，所以過渡系數總是小於1。如果焊接條件不變，合金元素對氧的親和力越大，它的過渡系數越小；所用的還原劑元素對氧的親和力越強，則合金元素的過渡系數也越大。通常合金元素是以純金屬或鐵合金磨碎後加到塗料中去的，有時也可用元素的氧化物加到塗料中。

去，不過在高溫作用下，用從氧化物還原進入焊縫中去的方法所得的合金滲入量很小，如塗料組成物二氧化鈦中的鈦，其滲入量一般僅為焊縫金屬的0.01%。

第四節 焊縫中氣孔的產生

焊縫產生氣孔的原因很多，是一個錯綜複雜的問題，蘇聯專家卡普琴柯等曾經搜集了許多論證，寫成“焊縫的氣孔及其防治法”一書，對氣孔作了系統性的探討，可惜未能得出完全一致的結論。

根據數年來我們在實踐中所獲得的感性知識，認為多數現象是與已經發表的一些理論相符合的，但也有一些現象則因我們水平所限，尚不能加以解釋。

先談焊縫內部的氣孔。作丁字形焊接試驗時，往往可從焊縫斷面上看到氣孔。這些氣孔大都位於焊縫深處（近根部），常成斜長孔，亦即所謂蟲形氣孔；也曾發現圓球形或略帶斜長形的氣孔存在於焊縫的近表面處。且不論這些氣孔的生成主因是 H_2 還是 CO ，首先可以肯定，這些氣孔在焊縫中的位置和液態金屬的粘度有關，而液態金屬的粘度又和金屬的化學成分、溫度及夾雜物有關。這就進一步牽涉到焊接電流的大小、母材厚薄、散熱條件以及焊條塗料在燃燒熔化時的發熱和吸熱情況等問題。我們認為，增加熔潭液態金屬的溫度，是幫助這些氣孔上浮的好辦法，而增加塗料中錳鐵的用量可以得到顯著的效果。

但是，當塗料中錳鐵用量過多時，例如鈦劑塗料焊條（以上海43-3號焊條為例）用量超過14%或錳劑塗料焊條（以上海45-2號焊條為例）用量超過22%時，焊縫內部氣孔雖然沒有了，但又會形成表面凹洞或至少形成表面麻點，表面凹洞和內部氣孔同樣是有危險的缺陷，它們促使應力集中。表面凹洞有時還會成漩渦狀。表面麻點的每一點都和覆蓋着它的熔渣內側面的洞眼位置相

对应，这充分说明，如果熔渣凝固得稍为晚一点，让气泡全部浮升到渣内，此时渣内侧面便结成全封闭的光滑美观的波纹表面，而麻点则可彻底消除。这条路是走得通的。

过去一直认为干燥焊条不易生气孔而潮湿焊条易生气孔，多次试验证明，这并不是绝对的。我们曾经多次将原来易生气孔和表面凹洞的锰剂涂料焊条浸在水中，隔一天取出烧焊，气孔和凹洞不再产生。这和水的分解、氧的生成、氧和氢之间的溶解度等因素有关。原来认为，电弧下焊接熔潭温度很高，水蒸汽分解并吸热，促使熔潭冷却，粘度随之增高，将会有碍气体的逸出，产生大量气孔和凹洞；而事实上却因气体溶解度的变化，气孔和凹洞反而减少，甚至消除。当然，低氢型涂料焊条愈干燥愈好。

此外，在熔剂层下自动电焊试验方面，我们发现对铁锈敏感性的数据异乎寻常的好，铁锈最高允许量比一般文献所载可放宽五倍至十倍。氢被认为焊接有锈金属时产生气孔的主要原因，这里似乎也存在着氧对氢的影响。

对于电渣焊焊肉内的气孔，我们观察得还不够多。几次试样（钢件和铸铁件）都出现大型的特殊气孔。

总之，气孔的生成大致有两种原因：一种是大量气体来不及从液态金属中跑出来，我们曾经多次地发现有些大气孔中含有熔渣夹杂物，这一事实充分证明了这一点；另一种就是许多文献上一再讨论的，因金属被气体过饱和，金属中气体含量在结晶温度时大大超过了溶解度，以致产生气孔。

第五节 焊缝金属中的白点

关于焊缝中产生白点的原因，有许多不同的说法。大多数人认为，白点主要是由于氢气的作用而引起。氢原子溶于钢，它在钢的缺陷（即气孔、夹渣或裂缝等）处聚集，形成氢分子，造成巨大的压力，因而形成白点。在我厂所产各种焊条焊成的焊缝金

屬拉伸試樣中亦曾發現白點。個別冷彎（折斷）試樣中曾有大白點出現；而在動擺沖擊試樣的斷面上，則七年來未曾見到白點。有白點的拉伸試樣，其延伸率都較低。

只有緩慢變形試樣（例如拉伸和冷彎）才會產生白點。這一事實充分地說明了氫脆作用的过程及其危害性。圖4~8為全熔質拉伸試樣斷面的典型白點實例，其中圖4為拉伸試樣中在氣孔處形成的白點（放大2倍）；圖5為拉伸試樣中在粗大夾渣處形成的白點（放大2倍）；圖6為拉伸試樣中在微細夾渣處形成的白點（放大2倍）；圖7為冷彎試樣中的白點（放大10倍）；圖8為放大25倍的圖7中的白點；中心部分是氣孔。



圖4 拉伸試樣中在氣孔處形成的白點（放大2倍）

圖5 拉伸試樣中在粗大夾渣處形成的白點（放大2倍）



圖6 拉伸試樣中在微細夾渣處形成的白點（放大2倍）



图 7 冷弯试样中的白点 (放大10倍)



图 8 放大25倍的图 7 中的白点

大連工礦車輛廠在制造高压化肥容器時采用了我廠生產的、上海67-1号低氫焊條(Э60A)，該廠在哈爾濱焊接研究所配合之下，曾經對上海67-1号低氫焊條的焊縫白點作了詳細的研究，並以УОНИ-13/55焊條同時試驗比較。他們的試驗，主要是研究焊接工藝因素對焊縫生成白點的敏感性。焊接工藝因素為焊條的烘乾，工件預熱，焊後緩冷和焊後熱處理。蘇聯專家基德洛