

电渣焊接在1200吨水压机 制造中的应用

江南造船厂
机械制造与工艺科学研究所
材料研究所
船舶科学研究所

合著

48

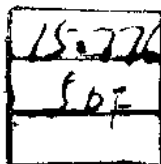


上海科学技术出版社



5011637

8515896



电渣焊接在 1200 吨水压机 制造中的应用

江 南 造 船 厂
机械制造与工艺科学研究所
材 料 研 究 所
船 舶 科 学 研 究 所

合著



T 9448/3



0662960

- 62

上海科学技术出版社

内 容 提 要

电渣焊接在目前还是一项新的先进的焊接技术。由于它能焊接任何厚度的钢铁锻、铸件，是重型机械制造业中一项具有广阔前途的新工艺。

本书系根据实际资料编写而成。书内叙述了用电渣焊焊接1200吨水压机立柱等部件的试验和工艺方法，以及在焊接过程中所制造的土设备。特别是书中还列出了很多经验数据，这些资料对实际生产有一定的实用价值。

本书可供从事电渣焊接方面的技术人员、工程师和研究人員参考。

电渣焊接在1200吨水压机制造中的应用

江南造船厂等合著

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业登记证出093号

[上海市印刷五]印刷 新华书店上海发行所总经售

开本850×1138 1/32 印张2 3/4 字数63,000

1959年4月第1版 1959年4月第1次印刷

印数1—2,000

统一书号：15119·1355

定价：(十二) 0.40元

前 言

在党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的光芒照耀下，从 1958 年以来，我厂工人和技术人员以及协作单位同志们共同在党委的正确领导下，发挥了敢想敢说敢做的共产主义风格，在生产技术上有了很多的创造和革新，1200 吨水压机的立柱和柱套的电渣焊接成功，也是其中的重要成绩之一。这不但为制造重型水压机上广泛的使用电渣焊接提供了良好的证据，而且为我厂制造船舶和其他机械设备使用电渣焊接来克服目前生产上大锻件大铸件不能供应的困难，开辟了宽广而有效的道路。

电渣焊接在苏联还是一项新的先进的焊接技术，我们在学习和掌握它的过程中，经历了一段艰苦曲折的道路。焊接钒锰钢立柱时，在不到一个月的时间中，修改了四次焊接工艺，试验失败了二十次，最后终于获得了成功。如果没有党的总路线，没有党的破除迷信解放思想的伟大号召，没有苦干实干巧于相结合的工作方法，没有协作单位和我們共同研究及大力帮助，试验的胜利成功是不堪设想的。

参加这次试验工作的有焊接工人，有技师，有技术人员。由于本厂的焊接水平不高，在这本小册子中仅仅叙述了试验过程中情况和工艺方法，还不能很好的说明它的理论和实践中的问题，只能供有关电渣焊接技术试验和生产中的参考，故竭诚欢迎各兄弟单位提出批评和指正。

江南造船厂

1959 年 3 月 20 日

目 录

前 言

一、概述	1
1. 电渣焊接及其应用	1
2. 水压机与电渣焊接	4
二、立柱的电渣焊接	8
I. 立柱电渣焊的工艺試驗	8
1. 立柱結構	8
2. 鉗式熔化咀环縫电渣焊	10
(一) 焊接过程分析	10
(二) 焊接設備	12
(三) 焊接工艺	13
(四) 試驗結果分析	15
3. 三相熔化咀电渣焊	15
(一) 焊接方法概述	15
(二) 焊接設備及附件	16
(三) 焊接工艺	17
(四) 試驗結果分析	19
4. 双絲固定环縫电渣焊	20
5. 单焊絲摆动环縫电渣焊	23
(一) 焊接过程分析	23
(二) 焊接规范及焊接結果	23
II. 立柱产品环縫电渣焊	24
1. 焊前准备	24
2. 焊接工艺	29

3. 焊接后变形及控制	32
4. 焊缝超音波探伤	34
5. 热处理工艺	35
三、模的电渣焊接	37
1. 动模结构	37
2. 柱套焊接工艺	38
3. 焊缝质量及其热处理	41
4. 焊接土设备介绍	48
(一) 螺杆导板式电渣焊机	48
(二) 无导轨式电渣焊机	51
四、电渣焊接中的若干问题	54
1. 裂缝形成及消除	54
(一) 关于应力裂缝	54
(二) 关于结晶裂缝	59
2. 滑块与水冷模的结构及水冷系统	64
(一) 滑块结构及水冷系统	64
(二) 三相熔化咀电渣焊时的水冷模结构及其水冷系统	64
(三) 环锭焊时内水冷模	65
3. 立柱焊后热处理及物理鉴定	67
(一) 立柱材料的物理性能	67
(二) 锻焊(电渣焊)结构的热处理, 金相组织及机械性能	69
(三) 铸焊(电渣焊)结构的热处理, 金相组织及机械性能	74
4. 小内径环缝电渣焊之特性	78
5. 关于电渣过程的建立问题	79
五、结束语	81

一、概 述

1. 电渣焊接及其应用

电渣焊是最近二、三年来在工业中获得广泛应用及迅速发展的一种焊接方法。它能焊接任何厚度的钢铁锻、铸件，是重型机械制造业中一项具有广阔前途的新工艺。

近一、二年来在我国工业部门中先后试验及使用了电渣焊接，并获得了不少的成就，为轧钢机、水压机、水轮机、汽轮机、高压反应筒、锅炉等大型设备的制造，创造了新的有利条件。

电渣焊接是一种借电流通过液体熔渣（即熔化焊剂）所产生的电阻热来完成金属连接的焊接过程。它的热源是一个具有极高温度的渣池，温度达到 $1800 \sim 2000^{\circ}\text{C}$ ，所以能焊接各种钢铁及其合金（如 CT-3, CT-45, CT-4, 25Л, 35Л, 22K, 20K, 20ГC, 30ГA, 30XГC, 15XMA, 1X18H9T, ЭИ481, ЭИ-435, ЭИ-437Б, ЭИ-654, 30X2H3MA 等）。在特殊的情况下，可以焊接钛及其合金或球墨铸铁。

液体焊剂（熔渣），是以离子形式存在的，它具有导电的特性，电流从中通过即按下式产生很大的热能：

$$Q = 0.24IVt \text{ 卡/秒}$$

式中：I——焊接电流（安）；

V——焊接电压（伏）；

t——通电时间（秒）。

通常在电渣焊中熔化焊丝与基本金属所需的热能，约占整个发热量的 90.9~93.4（焊接金属厚度在 200~450 公厘时），而损

耗(包括水冷却之热损失及大气的散热)仅占 6~9%。从而可见电渣焊接具有最高的热效率。用一根直径 3 公厘焊丝焊接时,若不摆动可焊 60 公厘厚的金属;而焊丝作横向摆动时则能焊 150 公厘厚的金属;当用三根焊丝作横向摆动时,能焊 450 公厘厚的金属。

电渣焊接的主要优点是:

(1)能焊接任意厚度的铸钢、锻钢及轧钢件;

(2)电渣焊具有很大的经济效益,生产率高于自动电弧焊 5 倍以上,而成本仅为自动焊的五分之一左右,同时焊缝边缘可不必机械加工(开割口),在气割后即可施焊。在焊接厚工件时,焊丝及焊剂的消耗量大大降低;

(3)由于电渣焊独特的加热特性,使电弧焊很难进行的易淬火合金钢及中碳钢,也能用电渣焊接(如含碳量超过 0.25% 的碳钢,及 30XTC, 30H2M2A 等)。

由于电渣焊具有上述的优越性,使它在工业中获得迅速的推广。但在目前它还存在一定的缺点。

(1)焊接时渣池使近焊缝区的基体加热到超过 A_{c3} 的温度(达 1000°C 以上),并保持 2~6 分钟,这样便促使该区的奥氏体晶粒激烈长大,最后导致近焊缝区的冲击韧性显著降低,而焊缝金属本身的铸造组织使塑性激烈降低,这就是经电渣焊之焊件必需进行热处理的主要原因。

(2)在电渣焊时,要使基体焊透,需将液体渣剂加热至接近其沸点的温度,所以在电渣焊的开始部分有未焊透现象;此外在焊缝的结束处有缩孔及严重偏析。故需将起焊及结束处的焊缝从焊件中剔出,这就对生产带来一系列的麻烦。

我们可以设想,这些缺点将会随着生产与研究的进展一一消除的。

目前,电渣焊具有六种不同的形式(图 1): (1)焊丝电渣焊; (2)板板电渣焊; (3)熔化咀电渣焊; (4)气体保护电渣焊; (5)棒极

电渣焊; (6) 接触电渣焊等。在这些方法中, 还有手工、半自动或自动之分, 但方法实质仍无改变, 故不另叙。

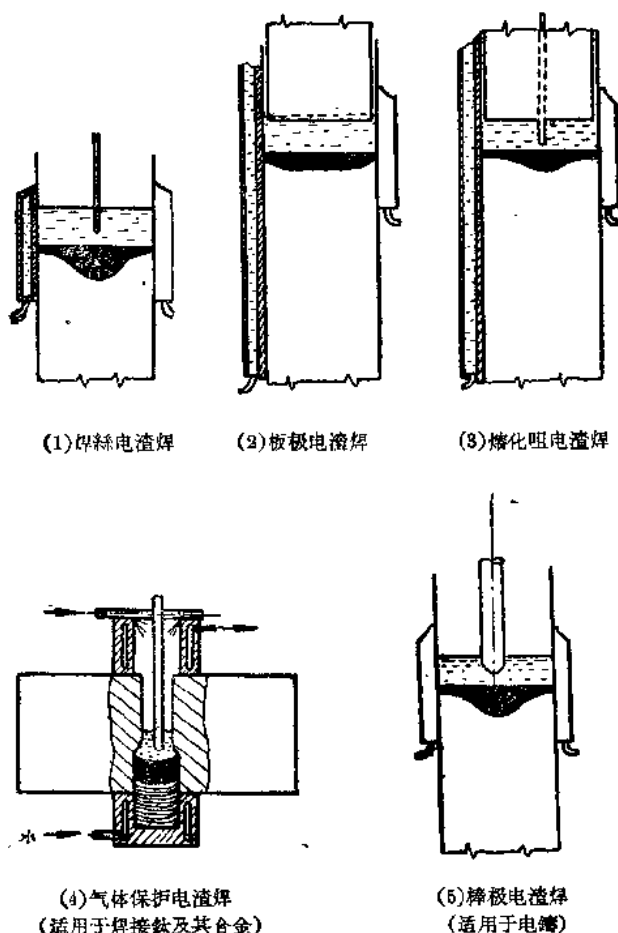


图 1

在这些电渣焊方法中, 各种电渣焊接方法都具有它的不同特性及适用范围。其中接触电渣焊、气体保护电渣焊尚处于研究阶

段,棒极电渣焊(又称电铸)适用于去除铸件之冒口、及鑄合金。其余各种焊接方法在国内外国都获得了比較广泛的应用。

在苏联电渣焊接获得了十分迅速的发展,曾用焊絲电渣焊焊成了4000吨、6300吨鍛压机机架;直徑2220、厚350公厘的水压机压力缸之环縫焊;直徑530厚40公厘(內徑450公厘)的16MA鋼反应筒之环縫焊;用三相板极电渣焊完成了軋鋼机机架中 800×800 公厘、 750×520 公厘截面的25Л鑄鋼的焊接;此外还用焊絲电渣焊焊成了尺寸为 $30200 \times 2500 \times 200$ 公厘重93吨鍛制的矩形水压机立柱;以及重达160吨的CT-35Л鑄鋼橫樑。

在国内去年曾先后用焊絲电渣焊完成了直徑420厚90公厘氮肥高压反应筒的环縫焊接(錳鈹鋼);直徑1120厚100公厘的72500瓩水輪机主軸的环縫焊接(CT-3);42公厘厚鍋炉汽包焊接(20K, 22K鋼)。同时用板极电渣焊完成了 750×800 公厘軌梁軋鋼机机架焊接;250公厘厚的灰鑄鉄及300公厘厚球墨鑄鉄的焊接;并初步試驗了板极环縫电渣焊;在熔化工电渣焊方面,曾在各地焊成了厚40和100公厘的鋼板及其他变断面工件。

所有这些成就都对巨型水压机的制造,提供了良好的范例。

2. 水压机与电渣焊接

1959年我国准备制造几台重型鍛造水压机。万吨以上的鍛造水压机,目前在全世界只有二十台左右,制造国家也不过三、四个。今年我国就要制造这种設备,确实是一件不寻常的事情。巨型鍛造水压机本体淨重通常約在四千吨上下,一般都具有四根立柱和上、中(动)、下三个樑。立柱每根淨重将近一百吨,一般是用二百吨左右的特大鋼錠鍛制而成。上樑約重三百吨左右,中(动)樑約二百吨,下樑約四百到五百吨,一般是用几个一、二百吨的巨大鑄鋼件拼制而成。因此,按照一般常規,要制造重型水压机,就非拥有特大的鑄鋼、鍛压和加工能力不可,这在我国目前条件下,是比較因

难的。能不能用另外一种方法造一台重型水压机呢？这是值得研究的题目。有人这样设想，立柱能不能不用整锻结构，而用分段铸焊的方法代替呢？三个横梁能不能不用铸钢件而用钢板焊接的方法代替呢？这是一个大胆积极的建议，这种方法若能成功，不仅水压机，其他重型机械也可以采用类似的方法，在全国各地进行制造，这对我国经济建设的大跃进是有极大好处的。党和政府积极地支持了这个建议，并且决定在上海先作一个试验。

试造重型水压机之前，要求先造一个试验机。试验机是“麻雀虽小，肝胆俱全”，它的结构形式和应力状态和重型水压机几乎完全一样，不过压力吨位只有重型水压机的十分之一。试验机立柱外径 330 公厘，内径 170 公厘，加工后净长 6645 公厘，用四段 20MnV 铸钢焊接而成。试验机的上横梁和动横梁都是用 30，40 和 50 公厘的三号钢板焊成的。试验证明，立柱的铸焊结构和横梁的轧焊结构，都是令人满意的。

水压机的这种制造方法，一方面有效地克服了巨型锻铸件的困难，一方面大大提高和扩展了焊接工艺在重型机械制造中的应用。“用焊接代替铸锻”是这种方法的关键所在。在选择焊接方案时，采用了两条腿走路的方法，新方法（电渣焊）和老方法（电弧焊）同时并举。四根立柱中，两根采用电渣焊接，两根采用电弧焊接。上横梁用电弧焊接，动横梁柱套采用电渣焊接。电弧焊接在我国已有几十年历史，搞起来比较有把握，但是焊接 100 公厘左右甚至 300 公厘左右厚度的工件经验也还不多，同时也不经济。电渣焊接是个新东西，掌握起来比较困难，但它却是焊接厚工件的发展方向。在重型水压机的制造中，电渣焊将成为主要的焊接方法。在本书中我们着重介绍电渣焊接在水压机制造中的试验和应用情况。

试验机立柱和动横梁柱套的电渣焊接，是经过反复的试验才正式投入生产的。在试验过程中遇到了很多困难，但是经过江南造船厂，一机部工艺研究院，材料研究所，上海船舶科学研究所等

单位几十位同志，几个月来日以繼夜的苦战，终于克服了种种困难，胜利地完成了各项試驗任务。

在劲樑柱套焊接方面，先后采用了三种焊絲（ 15Γ ， $10\Gamma_2$ ， $10\Gamma C$ ）和两种焊剂（AH-8M，AH-348A），在各种规范下进行了試驗，最后采用 $10\Gamma_2$ ， $10\Gamma C$ 焊絲和 AH-8M 焊剂投入生产，经过“ γ ”射线透视，焊缝质量是优等的。

主柱的电渣焊接，经过了一段相当曲折的試驗过程，先后采用了四种方法作了将近 20 次的試驗，才投入了生产。最初为了尽量避免小内徑长工件的轉动，我們試用了鉗式熔化咀电渣焊接法，经过三次試驗，发现在工件下半部有未焊透现象。接着又用三相熔化咀电渣焊法作了八次試驗，解剖开来，焊缝出现了严重的裂痕。后来迫不得已采用了工件轉动的环縫电渣焊法，用二根焊絲不摆动进行焊接，結果收口处仍有裂縫。最后采用了单焊絲摆动的环縫电渣焊，终于获得了成功。用这种方法焊好的两根立柱，经过超声波探伤的严格檢查，六个焊缝中有五个全部是好的，只有一个在近收口处的焊缝边缘上，存在一条細小裂紋的怀疑，現在在作进一步的研究。

在試驗电渣焊接的摸索过程中，吃了不少苦头，但也摸到了不少經驗，积累了不少宝贵的資料，特别是其中有些經驗和資料是在一般文献中不易查到的。

在电渣焊设备方面，自己动手創造了土设备，掌握并改装了洋设备，发现并改进了不少洋设备的缺陷，并且提出了不少改进的意见。

試驗表明，小内徑空心圓柱体也可以采用环縫焊，并且在水冷却系統和引弧板安放角度等方面取得了一些經驗。

在建立电渣过程方面，作了不少試驗，最后是先石墨坩堝中将熔剂熔化，然后将液态熔剂注入焊缝以建立电渣过程。这是解决大断面熔化咀电渣焊时引弧及建立稳定的电渣过程，最有把握的

措施。

如何消灭裂纹是电渣焊中的一个大关，在这方面虽然还缺乏深入的分析，但却提供了不少资料可供参考。

如何控制焊接变形是电渣焊中另一个大关，在立柱的环缝焊中，摸索了变形的规律，进行了有效的反变形措施。

在焊后热处理方面，也进行了一系列的试验和研究。试验证明，对某种钢材来讲（如 20MnV 钢），在正火处理有困难时，完全退火也可以十分有效地改善焊缝过热区的晶粒过大和冲击韧性过低现象（ α_k 值由 1 左右提高到 15 左右），并不一定非用正火和回火工艺不可。这样可以简化重大工件的热处理工艺和设备，避免巨大工件的正火变形。

经过了数百块试棒的观察、分析和测验，焊缝质量是令人满意的，它的各种机械性能都比母材好。

我们还把立柱的铸焊结构和锻焊结构，进行了比较，最后得出的结论是：铸焊并不一定比锻焊差。

这一系列的试验，都充分地说明了电渣焊可以大量地应用到重型水压机的制造中去。下面我们将分别把试验情况作一详细介绍。

二、立柱的电渣焊接

I. 立柱电渣焊的工艺試驗

1. 立柱結構

立柱是水压机最主要部件之一。通常是整根鍛制而成，但是重型鍛造水压机的四根立柱，外徑将近 1 公尺，內徑 300~400 公厘，长度接近 20 公尺。加工后淨重每根接近 100 吨，若采用整根鍛制的方法，就需要用 200 吨左右的鋼錠，在万吨的鍛造水压机上鍛造，这在上海目前条件下是根本不可能的。如果用整根鑄造的方法，在上海亦难办到。现实条件促使我們不得不采用分段鑄焊的方法。立柱用这种方法制造，还是一种大胆的嘗試，这需要經過慎重的試驗才能正式投入生产。在試驗水压机上，每根立柱由四段 20Mn-V 鑄鋼件，用电渣焊或电弧焊焊成。

試驗机立柱加工后外徑为 330 公厘，內徑 170 公厘，长达 6645 公厘。毛坯外形及焊縫布置，如图 2 所示。

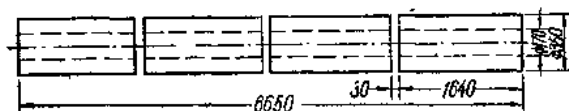


图 2

20-Mn-V 鋼鑄件的化学成分如表 1 所示(这种鋼和捷 $L_0Mn25+V$ 以及德 K_2M 相似)。

立柱鑄件的两端經硫印表明硫化物以点状分布，尚称均匀，但

表 1

项 目	C	Mn	Si	S	P	V
立柱基体 20Mn-V 鋼	0.15	1.35	0.18	0.015	0.025	0.21
	0.15	1.34	0.28	0.007	0.035	0.10
	0.16	1.39	0.24	0.006	0.030	0.11
	0.22	1.38	0.17	0.021	0.041	0.12
	0.25	1.40	0.18	0.014	0.037	0.15
要求规格	0.15~0.25	1.30~1.50	0.15~0.30	≤0.03	≤0.04	0.10~0.20
捷 克 I _{omn} 25+V 德 国 K ₃ M	0.17~0.25	1.20~1.50	0.25~0.50	≤0.035	≤0.035	0.10~0.15
	0.22~0.28	1.20~1.50	0.30~0.40	≤0.045	≤0.045	0.15~0.20

内徑处略有硫化物的集中现象(图3)。

基体經超声波鑑定,发现个别处有疏松及夹渣现象。基体热处理前后的机械性能,見表2。在基体的金相检查中发现鑄件进厂前未經充分的退火处理(据鋼厂报告曾經 850°C 保温三小时退



图 3

表 2

名 称	机 械 性 能				
	强度极限 σ_b (公斤/公厘 ²)	屈服点 σ_s (公斤/公厘 ²)	延伸率 δ (%)	收缩率 ψ (%)	冲击韧性 α_k (公 斤·公厘/公厘 ²)
鑄件底部 (排渣状态)	51.5~54.0	30.0~30.0	7.0~11.5	19.5~30.0	6.4~2.0
	52.5	30.0	9.0	26.3	7.6
鑄件底部 (退火)	44.5~58.0	35.5~40.5	15.0~16.5	22.0~42.0	11.3~12.0
	42.6	37.5	15.55	29.0	11.6
鑄件底部 (正火+回火)	55.5~63.5	44.5~47.5	8.0~15.0	20.0~61.5	9.5~6.8
	58.5	45.0	10.0	37.0	6.7

火),組織粗大而不均勻。

我們考虑到将来重型水压机立柱既重又长,在焊接时回轉困难,因此在試驗机立柱的焊接中,采用了两种工件不轉动的焊接方法:即鉗式熔化咀环縫电渣焊及三相熔化咀电渣焊。經過几次試驗,未获成功,由于時間紧迫,試驗沒有繼續下去。最后仍采用了工件轉动的环縫电渣焊,先用双焊絲固定施焊,收口处发现裂縫,后用单絲摆动施焊終获成功,投入了生产。

2. 鉗式熔化咀环縫电渣焊

(一)焊接过程分析

熔化咀电渣焊之特点是能焊接变断面的工件,但是要焊接环形焊縫我們还未找到这方面的資料。我們试图用簡易的土设备,在工件不回轉的条件下焊接环縫,但是到目前为止結果尚不理想,現提出来希望大家进一步試驗。焊件装置及焊接过程概况,如图4所示。

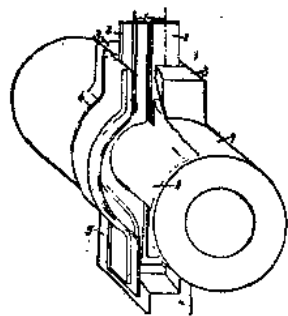


图 4

焊接过程的建立,先在引弧槽中以焊絲点弧,焊剂熔化后即可建立比較稳定的电渣过程。当渣池水平面升至工件底部时,熔化咀之水平截面(即与渣池平面相接触的截面)开始变化,則其所通过的电流密度也逐漸变化(图5和6)。

由图中可以明显看出,在环縫底部的两侧,由于渣池平面的上昇,引起了熔化咀水平截面面积的变化,在电流恒定时便导致了熔化咀电流密度的激烈改变,这种变化規律在开始时使电流密度降低(距底部90公厘前),然后才恢复到原有的电流密度值。上述演变的最後結果是促使环縫底部两侧未焊透。

当渣池平面超过水平軸綫后,稳定的电渣过程可能又开始轉

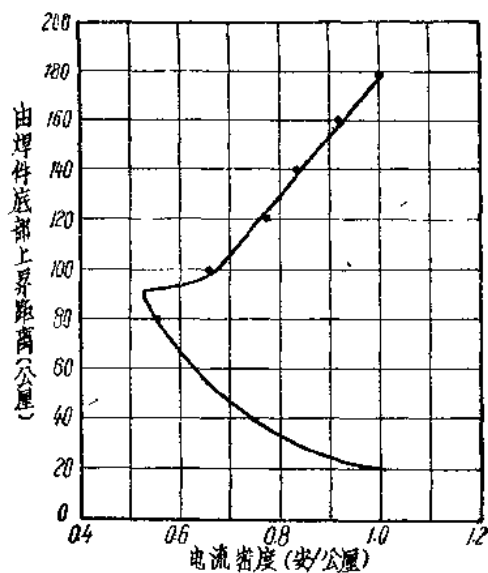


图 5 焊接过程电流密度的变化

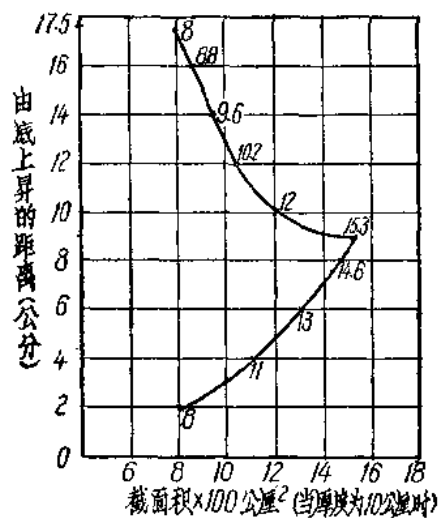


图 6 焊接过程熔化型截面的变化