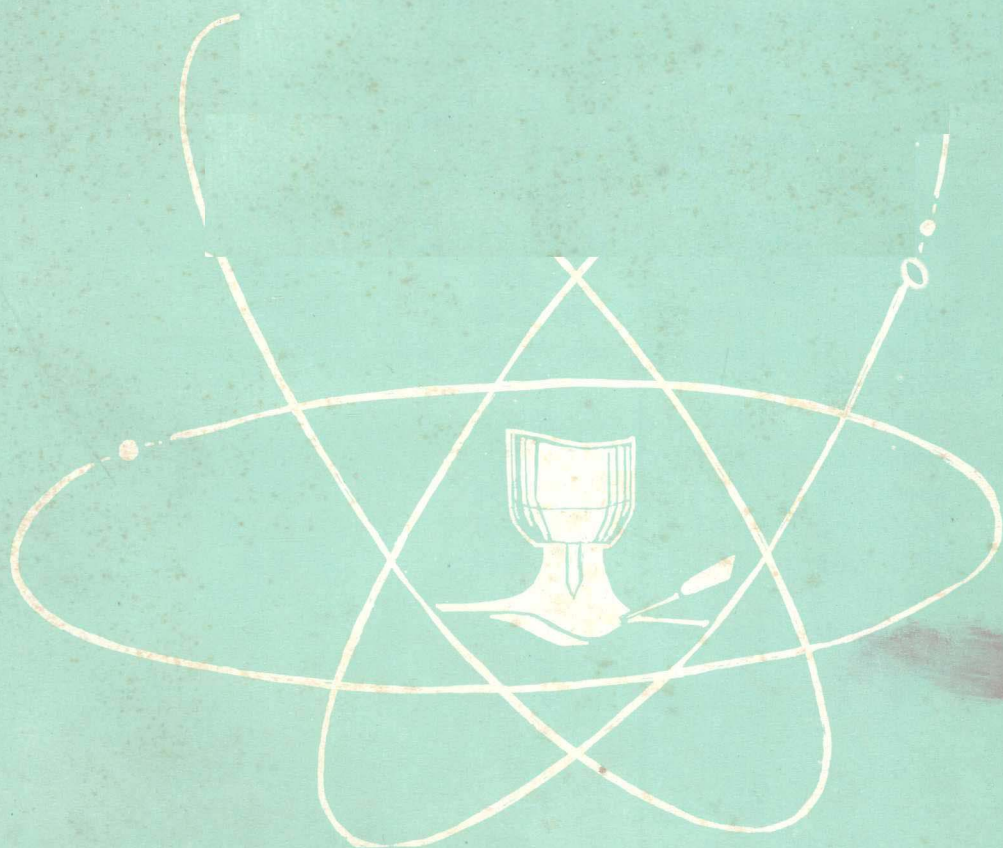


HMC-NZ-87-1

上海市焊接技术协会

1987年年会文集



前 言

上海市焊接技术协会自1981年7月召开了焊接年会以来已有六年了，在这六年中，全市广大焊接工程技术人员和焊接工作者，在各行各业的焊接生产和科研第一线上取得了丰硕的成果。为了更好地总结经验，推广交流，特汇编此文集。

自今年四月份向我协会全体会员发出征文通知后，得到了广大会员的积极支持，来稿非常踊跃，至六月底截稿为止，共收到近70篇文章，但由于篇幅所限，经专业评审，最后录选了较有代表性的55篇。其内容包括有焊接理论探讨、技术论文、科研成果、新工艺、新技术、新设备、新材料，值得指出的是文集中有一些焊接应用技术的基础研究，技术论文著作，均具有国际水平和国内先进水平。并且文集中还包括许多技术改造的成果和生产经验总结，这对焊接理论水平的提高，焊接技术的进步都起了一定的推动作用。

由于时间紧，编辑水平有限，在文集汇编中难免有差错，不足之处恳请广大焊接工作者和阅者批评指正。

最后向对这次文集汇编过程中的积极投稿和热情支持者，向大力支持本文集出版工作的上海市机电设计研究院表示深切的谢意。

上海市焊接技术协会

年会筹备组

1987年11月

年会筹备组

吴宣武 王 钹 宋大有 李荫中 曾 乐
顾孝全 赵桂芝

学术委员会

主 任： 宋大有
副主任： 顾孝全 李荫中 曾 乐
委 员： 邓 键 朱若兰 陈柏贵
 陈根宝 陈家本 忻鼎乾
 顾曾迪 顾溥锦 钱加贤

年会文集责任主编 袁 逸

责任编辑 张柏年 虞维明 陈家本

目 录

I 焊接材料部分

1. 碱性焊条药皮的三种主要成份对焊条交流施焊时熔滴尺寸的影响
顾兴初 李秉忠 (1)
2. 低氢焊条药皮组成成分水份的测定和吸湿性的研究
朱燕萍 王 敏 陈 炜 王 钺 (7)
3. 低氧高韧性 YD504 焊剂的应用性试验研究 陈 伟 吴龙汀 (15)
4. 新结 607CF—CF60 (62) 钢用超低氢高韧性焊条的试验研究
顾建清 王永达等 (24)
5. E5024 重力焊条与高效铁粉焊条的研制 毛信抗 李德保 王昭森等 (32)
6. 无银铜基中温钎料 (QCu12Z) 研究及其应用 宋奋武等 (38)
7. 铜银磷片状钎料的研究 徐 琦 郑丽华 (49)
8. 铜基膏状钎料的研制 郑丽华 徐 琦 (56)

II 喷堆焊部分

1. 不锈钢表面喷焊镍铬硼硅粉末的腐蚀行为探讨 邓 健 江薇华 (62)
2. 金属喷涂结合机理研究(一)纯 MnO 、 Al_2O_3 涂层的结合强度 顾曾迪 (68)
3. 大截面耐垫合金的摩擦焊 沈双铨 (76)
4. 合金粉末等离子弧堆焊枪及电极的研究 黄如孟 (80)
5. 钴基硬质合金堆焊层及熔合线区的性能研究 顾曾迪 (84)
6. QAL9—2 铝青铜在钢基上堆焊试验 黄忠义 许链荣 (90)
7. 200L—VC 电梯电机转子短路环的熔化极自动氩弧堆焊工艺 顾曾迪等 (99)
8. 采用自粘性一次喷涂复合粉喷涂修复机床导轨 付文龙 许惠珍 (104)
9. 合金粉末喷涂工艺在修复铸铁零件中的应用 付文龙 (111)

III 焊接设备部分

1. 类方波弧焊电源的研究 俞尚知 蒋纪康等 (115)
2. NZA—2×500 型双丝窄间隙气体保护弧焊机 方文德 郑 玮 (122)
3. 矩形波交直流两用氩弧焊机的研制 李良泓 (129)
4. 多功能三相次级整流焊机控制设备的研制 董黎明 (134)
5. F01 型真空电子束焊机 蔡敏琦 (139)
6. 一种新颖高效的焊接设备——ML—800型螺栓焊机 田 川 (146)
7. 轻小型交流弧焊机改革成果介绍 余三省 (153)

IV 气焊、气割部分

1. 马鞍形焊接坡口切割设备与工艺 江汉承 徐建销 (157)
2. 气体熔剂在黄铜焊接中的应用 徐伦海 (163)

V 气电焊部分

1. 超薄不锈钢焊接技术研究与发展 朱连生等 (165)

2. 单面焊双面成形试验及应用	顾溥锦 魏 铮 王植贤	(173)
3. Ti 和 B 含量对 217 高温时效合金抗裂性能的影响	陆 伊 林 中	(184)
4. CO ₂ 气体对焊接质量影响初探	吴世初 何中南 张福正	(190)
5. 高压加热器管子与管板自动氩弧焊	顾溥锦 王植贤	(197)
6. 丙稀晴水相纯铝聚合釜焊接工艺试验总结	徐安石 黄忠义 许链荣	(209)
7. 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊丝在柴油机制造中的应用	何铁庆 胡庆群	(216)
8. 钛管钛板密封焊工艺试验	王植贤 顾溥锦	(225)
9. 日本 CO ₂ 焊接技术及在造船中的应用	陈家本	(239)
10. 间隙式电容储能螺柱焊	陈惠敏	(253)
11. 价值工程在柴油机机座、机架装焊中的应用	胡广群 何铁庆 张宏根	(258)
12. CO ₂ 气体保护焊焊接缺陷产生原因及其对策	胡广群 何铁庆	(267)
13. SB—41 砖式衬垫 CO ₂ 半自动单面焊工艺试验及应用	郑永庆 彭金曹	(280)
14. 钛合金铸件的补焊	于镇洋	(285)
15. 手工钨极氩弧焊封底焊接工艺在我厂的应用	刘鸿德	(289)
VI 接触、特种焊部分		
1. 紫铜与碳钢锡磷青铜、黄铜的电阻钎焊	顾曾迪	(292)
2. 管材摩擦封底技术	刘家相	(297)
VII 手工埋弧焊部分		
1. 大接管埋弧自动焊	蔡植平 顾溥锦	(302)
2. 软衬垫单面埋弧焊的推广应用及其效益浅析	宋大有	(310)
3. 单面自动埋弧焊终端裂缝的力学机理及防止方法的研究	芮树祥 楼志文等	(317)
4. 提高焊接合理化率的措施	虞维明	(329)
5. 管极电渣焊在万吨轮挂舵臂上的应用	顾孝全	(333)
6. 立式压力硫化罐裂纹修复	邓少雄 袁 逸	(344)
7. FCB 法压力架式双丝单面自动埋弧焊工艺试验及应用	芮树祥 忻鼎乾	(347)
8. H 型钢制作新法	朱光照 陈永发	(353)
9. 铜结晶器不锈钢窗口的焊接	徐兰藻	(360)
VIII 综合部分		
1. 稀土元素对铬镍奥氏体熔敷金属低温韧性和热裂纹敏感性的影响	王铎等	(365)
2. 低合金强度钢小径薄壁管电焊焊口焊后不作热处理的试验研究		(383)
	吴宣武 郁福祥 邵鞠吾	
3. 振动处理技术的应用	沈良梁 张晓明	(391)

碱性焊条药皮的三种主要组成物 对焊条交流施焊时熔滴尺寸的影响

上海交通大学材料科学与工程系

顾兴初 李秉忠

一、前言:

碱性焊条研制工作中的许多棘手问题迫使人们对手工电焊时各种过程的基础理论越来越给予重视。如果说以往碱性焊条的出现和逐步改进主要依赖于经验和“黑箱”试验,那么,今后碱性焊条质量的进一步提高和新品种的开发将直接依赖于焊条端部——焊接区物理学,化学及冶金学研究的成果。遗憾的是目前这些基础研究还是相当薄弱的。许多文献指出,焊条熔化端向熔池的溶滴过渡作为一种重要的焊接物理现象,与焊条各方面的工艺性能都有较大关系〔1.2.3.4.5.6〕。又可以肯定,在其它条件相同时,不同焊条熔滴过渡形态和尺寸方面的差异完全取决于药皮。所以,研究焊条熔滴过渡很有可能是揭开焊条药皮——焊条工艺性能间奥秘的一种有效途径。

本文在自制装置上,对焊条熔滴过渡的一个重要方面——熔滴尺寸进行了测定,研究了碱性焊条药皮中三种重要组元,大理石,萤石和钛白粉对碱性焊条交流施焊时熔滴尺寸的影响,并结合试验焊条的交流电弧稳定性对试验现象进行了讨论。

二、熔滴尺寸的测定:

根据 1962 年英国电弧物理会议所推荐的焊条熔滴尺寸测定方法——d50 法,自制试验装置如图 1 所示。



图 1 试验装置图

其结构由支撑杆、绝缘横臂、导管、碳棒、水箱五部分所组成。箱体中注满水,箱底置铜网以收集熔滴,熔滴用丙酮洗净,电吹风吹干,然后放在研钵中研去覆在金属熔滴表面的熔渣,用磁铁分离出金属熔滴,用四种规格的标准筛(6目/英吋²、8目/英吋²、10目/英吋²和16目/英吋²)将熔滴分为5组得各组熔滴重量 m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 、和 m_5 、算出熔滴总重量

$$M = \sum_{i=1}^5 m_i$$

在每组熔滴中随机抽取 50 粒称重,求出

各组熔滴中每颗熔滴的名义重量 $\bar{m}_i (i=1.2.3.4.5)$ 。

假定熔滴为实芯球体, $\bar{d}_i$ 是第 i 组熔滴的名义直径,

$$\text{则由 } m_i = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{\bar{d}_i}{2} \right)^3 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{取 } \rho = 7.86 \text{ mg/mm}^3$$

$$\text{得 } \bar{d}_i = 0.624 \sqrt[3]{\bar{m}_i} \quad (\text{mm}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

各组熔滴的重量累积百分比

$$N_i = \frac{\sum_{i=1}^i m_i}{M} \dots\dots\dots (3)$$

采用图 2 所示 d50 法数据处理原理图, 取 $N = 50\%$ 时所对应的 $\bar{d}$ 值, 为而 d_{50} , 作为评价焊条熔滴尺寸大小的标准。

三、试验焊条:

为测定和研究碱性焊条药皮中三种主要组成物大理石, 萤石和钛白粉对交流施焊时熔滴尺寸的影响, 制作三组试验焊条如表 1。文〔3〕对这三组焊条所在系列进行了交流断弧率的测定, 结果见图 3、图 4 和图 5、 η_2 是指交流焊时所记录的电压波形周波数中再引燃电压达到或超过平均电弧电压 2 倍的频率, η_2 越小交流电弧稳定性越好。

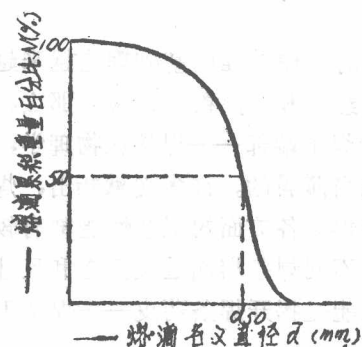


图 2 d50 法数据处理原理图

试验焊条药皮配方

表 1

试验项目	编号	组元在大理石—萤石—钛白粉三元系中的含量 (wt%)		
		大理石	萤石	钛白粉
钛白粉对熔滴尺寸的影响 (大理石/萤石 = 2)	D—1	62	31	7
	D—2	60	36	10
	D—3	58	29	13
	D—4	56	28	16
	D—5	54	27	19
萤石对熔滴尺寸的影响 (大理石/钛白粉 = 4)	D—6	69.6	13	17.6
	D—7	65.6	18	16.6
	D—8	61.6	23	15.6
	D—9	57.6	28	14.6
	D—10	53.6	23	13.6
大理石对熔滴尺寸的影响 (萤石/钛白粉 = 2)	D—11	50	33.3	16.7
	D—12	56	29.3	14.7
	D—13	62	25.3	12.7
	D—14	68	21.3	10.7
	D—15	74	17.3	8.7

注: 药皮中含 30wt% 的铁合金。

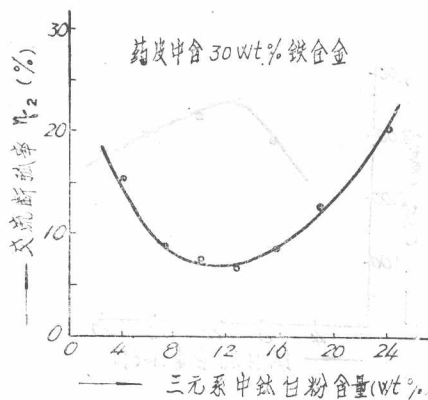


图 3 钛白粉对交流断弧率的影响

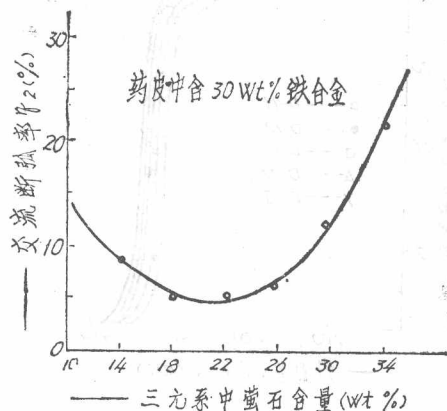


图 4 萤石对交流断弧率的影响

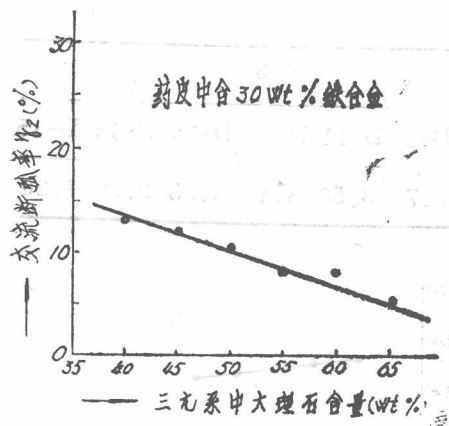


图 5 大理石对交流断弧率的影响

四、熔滴尺寸测试结果:

三组焊条的 $N-\bar{d}$ 图如图 6、图 7 和图 8 所示。各焊条 $\bar{d}_{50}$ 测定结果如表 2 所示。据此得出大理石、萤石和钛白粉对 $\bar{d}_{50}$ 的影响关系如图 9、图 10 和图 11 所示。可以看出:

(一) 随药皮中钛白粉含量增加, $\bar{d}_{50}$ 呈先增大后连续下降的变化趋势。

(二) 随药皮中萤石含量增加, $\bar{d}_{50}$ 连续增大。

(三) 随药皮中大理石含量增加, $\bar{d}_{50}$ 缓慢地减小。

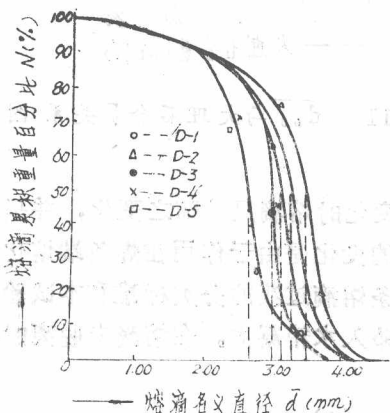


图 6 第一组试验焊条 $N-\bar{d}$ 关系图

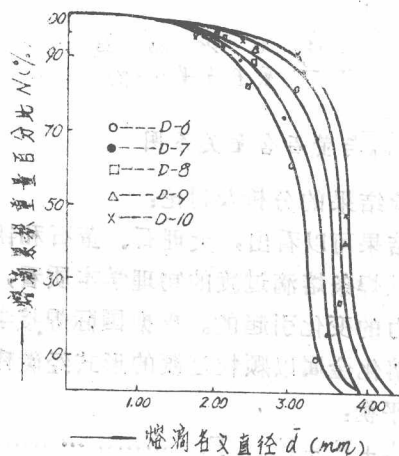


图 7 第二组试验焊条 $N-\bar{d}$ 关系图

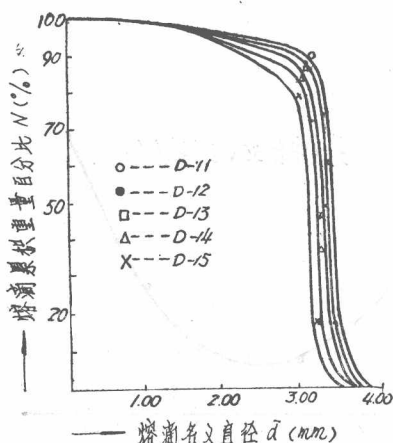


图 8 第三组试验焊条 N—d 关系图

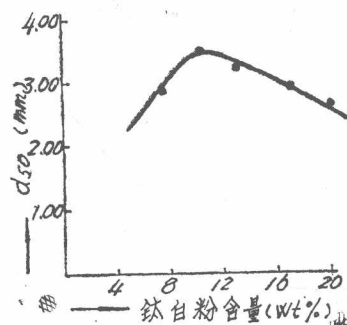


图9 $\overline{d}_{50}$ 与钛白粉含量关系图

试验焊条 $\overline{d}_{50}$ 测试结果

表 2

焊 条	第 一 组					第 二 组					第 三 组				
	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9	D-10	D-11	D-12	D-13	D-14	D-15
$\overline{d}_{50}$ (mm)	2.95	3.50	3.25	3.10	2.6	3.15	3.35	3.53	3.60	3.73	3.50	3.40	3.35	3.30	3.20

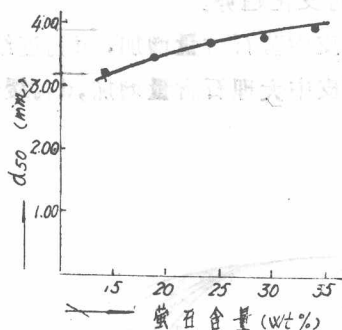


图 10 $\overline{d}_{50}$ 与萤石含量关系图

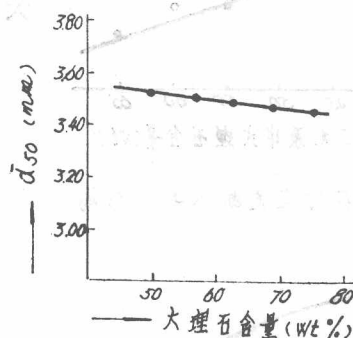


图 11 $\overline{d}_{50}$ 与大理石含量关系图

五、试验结果的分析及讨论:

从试验结果可以看出,大理石、萤石和钛白粉含量变化时熔滴尺寸随之变化,并呈现一定的规律。从焊条熔滴过渡的物理学本质看,熔滴大小的变化是由于作用在焊条端熔化金属上各种作用力的变化引起的。根据国际焊接学会关于焊条熔滴过渡的分类标准和本试验焊接情况,焊条熔化金属以颗粒过渡的形式经碳棒顶端外缘坠入水箱凝固。在熔滴未脱离时,存在如下力的平衡:

$$F_g + F_s + F_{cm} = F_r \quad \dots\dots\dots (4)$$

其中, F_g —— 重力;

F_s —— 气流吹力;

F_{em} —— 电磁力;

F_r —— 表面张力。

当熔滴长大至(4)式左边项大于右边项时,熔滴脱离焊条熔化端,向熔池过渡,焊条端部剩余熔化金属重新处于(4)式表示的平衡力系中。所以熔滴不断过渡的过程便是上述力的平衡周期性地建立和破坏的过程,熔滴大小取决于力平衡破坏瞬时焊条端所悬挂熔滴的长大程度。

(一) 钛白粉对熔滴尺寸的影响:

1. 当钛白粉含量较少时($\leq 10\text{wt}\%$)焊接区反应 $[\text{TiO}_2] + 2\text{CaF}_2 \rightarrow 2[\text{CaO}] + \text{TiF}_4$ 。随药皮中钛白粉含量的增加而加剧,产生更多的 TiF_4 而 TiF_4 极易得到电子成为 TiF_4^- 。 TiF_4^- 聚集在阳极区形成非补偿性的负电性的空间电荷,交流时极性变换后,阳极成为新半周的阴极,此时,其前沿负电性的空间电荷阻碍电子发射。〔3〕为弥补电子发射的不足,电弧电压势必升高,即电弧伏安特性曲线上移,电弧工作电流由 I_1 降到 I_2 ,主要由电弧电流决定的电磁吹力减小,(4)式力平衡的破坏必须更多地依赖 F_g 的增加,即熔滴的长大。图12所示了由于负电性空间电荷引起的电弧工作点变化的情况。

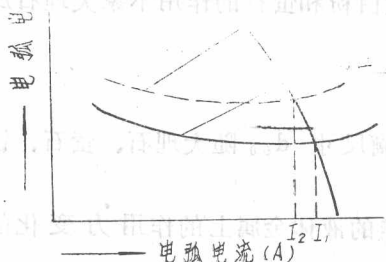


图 12 由于负电性空间电荷引起
电弧工作点变动情况

2. 钛白粉含量进一步增加时,由于两方面的原因使熔滴尺寸呈减小趋势。一是反应 $[\text{TiO}_2] + 2[\text{CaF}_2] \rightarrow 2[\text{CaO}] + \text{TiF}_4$ 趋于缓和(钛白粉增加的同时萤石量减少),二是 TiO_2 作为非极性键物质在含量大时对(4)式右项阻碍熔滴过渡的表面张力的作用加剧,使 F_r 迅速下降,(4)式力的平衡在不需较大的 F_g 时即可破坏〔4〕。

以上所述,可解释为什么随钛白粉含量增加,熔滴尺寸呈先增大后减小的变化趋势。

(二) 萤石对熔滴尺寸的影响:

熔滴尺寸随萤石含量增加而增大(如图10所示)的原因在以下三个方面:

1. 萤石含量的增大,使(4)式右项 F_r 增大〔4〕;
2. 随萤石含量增加,电弧气氛中氟化物含量增加,电弧收缩程度增大,电流密度增大,从而阻碍熔滴过渡的蒸气反作用力增大;
3. 萤石含量增大引起药皮熔点逐渐下降,药皮套筒随之缩短,从而使电弧吹力发散,不利于金属熔滴的过渡。〔3〕

(三) 大理石对熔滴尺寸的影响:

由图11看出,随大理石含量的增大,熔滴尺寸是逐渐减小的。这是以下三方面原因所造成的综合结果:

1. 高温下反应 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ 生成的 CO_2 气体增大电弧吹力 F_s ,细化熔滴;
2. CaO 是离子型化合物,增大表面张力;
3. CO_2 气体增加了气氛的氧化性,促进金属熔滴内部气泡的形成及爆破,从而造成

所测熔滴尺寸细小。

(四) 电弧交流电弧稳定性与熔滴尺寸关系初探:

许多研究者认为, 熔滴过渡过程毋庸置疑地影响着交流电弧稳定性。很明显地, 由于熔滴过渡造成的弧长突变, 焊条熔化端电弧斑点的“内迁”和“外移”, 焊条端悬挂着的熔化金属的振荡, 摆动等都程度不同地影响着交流电弧稳定性〔5.6〕。一般说来, 不计其它因素, 熔滴尺寸越小, 电弧稳定性越小, 如反映交流电弧稳定性的指标——交流断弧率 η 越小但实际上, 交流电弧稳定性绝不仅仅取决于熔滴过渡, η 指标更主要地取决于电弧电离——反电离性质、阴极电子发射和负电性空间电荷阻碍电子反射的性质, 所以 η 和熔滴尺寸之间不可能始终存在普遍, 一致的关系, 本文没有找到这种关系。当考察某一组元的影响时, 如果这种组元的所有物理, 化学行为在细化熔滴和改善交流电弧稳定性两方面是协调的, 则熔滴的细化和交流电弧稳定性的改善呈一致趋势, 如本文测得, 随药皮中大理石含量的增加, η 下降 $\overline{d_{50}}$ 减小。这是因为大理石高温分解产物之一CaO降低阴极电子逸出功, 有利于稳弧, 分解产物之二CaO气体增加电弧吹力, 有利于细化熔滴。如果考察的组元的物化行为在细化熔滴和改善交流电弧稳定性两方面不协调甚至相互矛盾, 则随组元的含量变化, 两方面性能变化难以一致, 甚至比较混乱。如本文测得, 随药皮中钛白粉含量增加, 熔滴尺寸呈先增大后减小的变化趋势, 而 η 的变化趋势正相反; 随药皮中萤石含量的增加, 熔滴尺寸增大, 而 η 的变化趋势是先减小后增大。原因就在于钛白粉和萤石的作用不象大理石那样是协调的。

六、结论:

(一) 碱性焊条交流施焊时, $\overline{d_{50}}$ 法所测得的熔滴尺寸 $\overline{d_{50}}$ 随大理石、萤石、钛白粉含量的变化而变化。

(二) 熔滴尺寸的变化是作用在焊条熔化端所悬挂的液体金属上的作用力变化的结果。

(三) 熔滴尺寸对交流电弧稳定性有影响, 但难以找到两者间的确定关系。

谢辞

本文试验和整理过程中, 得到王钺副教授的指导, 在此致以由衷的谢意!

参考文献

1. J. F. LanCaster 《Physics of welding》
2. W. LuCas 《Arc Physics and weld pool Behaviour》
3. 顾兴初 《碱性焊条交流电弧稳定性的研究及50kgf/mm²级交直流两用型碱性焊条的研制》 交大86年硕士学位论文。
4. 樊厂 《手工焊条熔滴过渡过程的研究》 甘肃工业大学84年硕士学位论文。
5. 《碱性焊条焊接时电弧燃烧稳定性及金属过渡特性的研究》
《国外焊接》 No 1 1985
6. 陆文雄《焊条金属过渡形态及其工艺特性分析》

低氢焊条药皮组成分水份的测定 和吸潮性的研究

上海交通大学

朱燕萍、王伟、陈敏、王锐

一、前言

氢致延迟裂纹是一种容易引起焊接产品破坏性事故的缺陷,产生氢致延迟裂纹的三大因素之一是氢,因此,对于焊接熔敷金属往往限制其扩散氢含量。

对于焊条来说,扩散氢的来源主要为焊条药皮中的有机物质和所含水份。对于低氢焊条来说,焊条药皮几乎是不含有机物质的,所以其熔敷金属扩散氢含量主要来自焊条药皮的水份。试验证明:焊条熔敷金属扩散氢含量与焊条药皮含水量之间确实存在着良好的对应关系,见图1

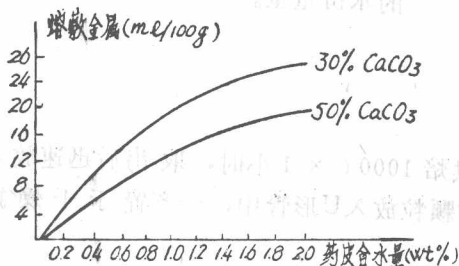


图1 低氢焊条熔敷金属扩散氢含量
与焊条药皮含水量的关系

去除;后者则要加热到摄氏八、九百度能去除。因此,选用不含结晶水的药皮组分配制低氢焊条,并在制成焊条以后,给予一定温度的烘焙,就可以把药皮含水量降到规定的限度。

然后,问题不止于此,焊条烘干以后,仍然会重新吸收周围环境的水份而使含水量增加。因此,防止烘干后的焊条药皮重新吸潮,就成为当前国内外大力研究的一项课题。

本文探讨低氢焊条药皮常用组分的含水量以及药皮耐吸潮的一、二条途径。

二、试验方法:

目前,测定条药皮含水量方法主要有:

1. 重量法〔2〕
2. 卡尔费休电位滴定法
3. 焙烧——吸收法

重量法准确度差,卡尔费休电位滴定法在国内虽已研究和鉴定,但市场上尚无设备可买,因此我们采用焙烧—吸收法。所用设备是南京焊条厂制造的NH—1型焙烧——吸收法水份测定仪。

(一)基本原理

焙烧—吸收法的装置如图2所示。

把被试的药皮试样置于试样舟8中,放在管式加热炉6的加热管7内,在规定的温度下

确。氧气进入加热管后，把药皮释放出的 H_2O 携带进入 U 形管 12，药皮释放出的氢气也与氧气化合成 H_2O ，而被一并携带进入 U 形管 12。U 形管内放有强吸湿剂，把氧气携带来的 H_2O 全部吸收在这一管内。称出吸湿以前和吸湿以后的 U 形管的重量，两次重量的差值就是强吸湿剂吸收的水份重量，也就是试样舟 7 中药皮释放出的水份重量。

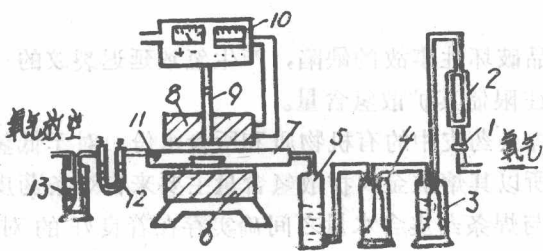


图 2 焙烧吸收法水份测定装置示意图

(二) 测定方法;

1. 准备工作:

将放置药皮试样用的空的瓷舟预先在箱形炉中烘焙 $1000^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时, 取出后迅速放入干燥缸中备用。把高氯酸镁捣碎成直径 $1 \sim 3 \text{ mm}$ 的颗粒放入 U 形管中, 一齐置于干燥缸中备用。

2. 测定空白值 Δ :

先将图2所示管式加热炉6的炉温恒定于 940°C ，氧气流量恒定于 $200\text{ml}/\text{min}$ ，加热一小时，然后把前述已烘焙的空瓷舟放于加热管7中，测定空白值 Δ 。空白值 Δ 是指这种空瓷舟在 $940^{\circ}\text{C} \times 30\text{min}$ 加热后释放出来的水份重量。由于种种因素的影响，起初空白值往往波动较大，经过5~7小时反复测定以后，空白值趋于稳定。将比较稳定的空白值反复测定几次，取几次稳定值的平均作为这一批药皮水份测定试验的空白值 Δ 。

3. 测定药皮含水量:

空白值 Δ 稳定以后,取待试的药皮4克左右称重后装入已烘焙而待用的瓷舟,送进加热管7中在9.40℃烘焙30min,按照前述原理测定药皮含水量:

$$H_2O\% = \frac{A-B-\Delta}{G} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中: A —— 试验后U形管重量; (克)

B——试验前U形管重量；（克）

Δ ——空白值 Δ ;

G——药皮试样重量；（克）

三、试验结果和分析:

(一) 影响空白值 Δ 的因素:

式(1)的分子(A-B)项实测数据的数量级往往为毫克, Δ 项也为毫克级, 而分母G的数量级为克, 所以, 式(1)分子(A-B- Δ)精确与否, 对于最后计算出的水份(H₂O%)

精确度至关重要，而 $(A-B-\Delta)$ 值中，关键的又是空白值 Δ ，一些因素会影响这一数值的大小，即使是同一批药皮试样有时也波动甚大，因此对影响空白值的因素进行了测试。

1. 空白值 Δ 与瓷舟在大气中露置时间的关系：

测定药皮水份时，由于操作过程的关系，瓷舟从干燥缸取出以后往往露置于大气中一段时间。这一露置的时间对空白值的影响见图3。根据药皮水份测定的具体情况我们把瓷舟露置在大气中的时间控制为3~5 min，测空白值时控制为5 min。

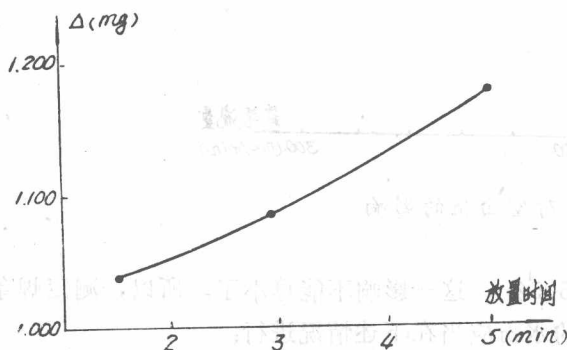


图3 瓷舟在大气中露置时间对空白值的影响

2. 空白值与测定水份保温时间的关系：

瓷舟放入加热管中后测定水份，其保温时间与空白值的关系见图4。由图4可知，当保温时间 ≥ 30 min以后，空白值已经稳定，因此，测定水份过程中我们采取保温时间为30 min。

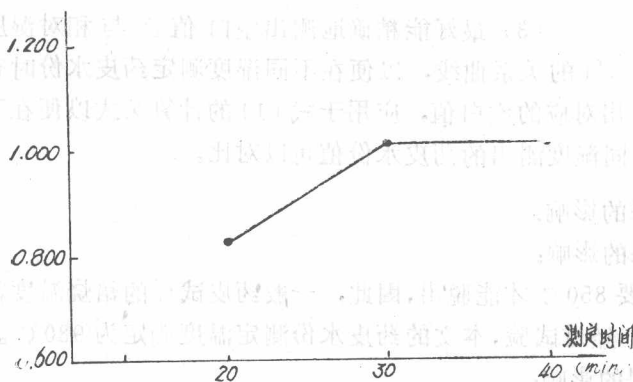


图4 测定水份保温时间与空白值的关系

3. 空白值与氧气流量的关系：

由图5可知，氧气流量愈小，空白值愈低则对于式(1)的 $H_2O\%$ 值的影响应当愈小。但是，氧气流量低于150 ml/min时图5的曲线较陡，氧气流量稍有波动，则空白值波动较大，稳定性较差。当氧气流量为200 ml/min左右时，空白值比较稳定，为此，我们测定药皮水份时，控制氧气流量为200 ml/min。

4. 空白值与大气相对湿度的关系：

试验结果见图6。

由图6可知，大气相对湿度值对空白值的影响较大，相对湿度45%与76%时，空白值分别为1.180 mg和1.630 mg，相差0.450 mg，误差率为 $\frac{0.450}{1.180} = 38.14\%$ ，如果测定药皮水份时药皮试样重量为4 g，那么相对湿度为76%时测得的水份会比相对湿度45%时高出0.45 mg，也就是高出 $\frac{0.45 \text{ mg}}{4 \text{ g}} = \frac{0.45 \text{ mg}}{4000 \text{ mg}} = 0.00011 = 0.011\%$ 。对于高强度钢焊条来说，药皮水份的上限往往规定为0.2%，而空白值如果误差0.011%，则占0.2%

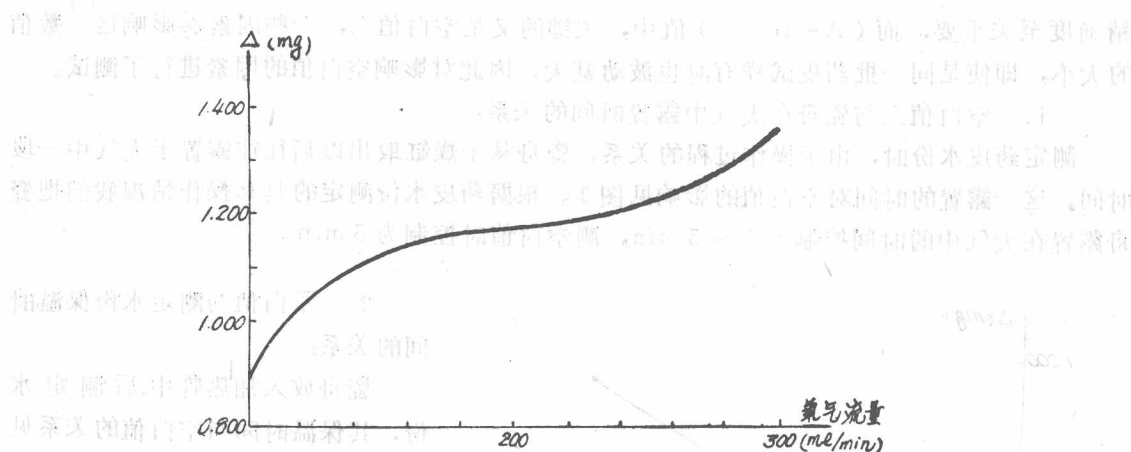


图 5 氧气流量对空白值的影响

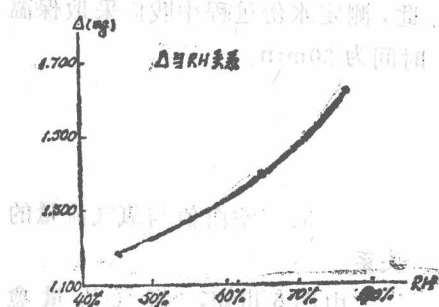


图 6 空白值与大气相对湿度RH关系

的 5.5%，这一影响不能算小了。所以，测定焊条药皮的水份应当在下述情况进行：

- (1) 尽可能在低湿度环境下进行测试。
- (2) 尽可能保持测试环境的湿度稳定，以提高测试数据的相对精度和可比性。

(3) 最好能精确地测出空白值 Δ 与相对湿度 RH 的关系曲线，以便在不同湿度测定药皮水份时查出对应的空白值，应用于式 (1) 的计算公式以便在不同湿度测出的药皮水份值可以对比。

(二) 其它因素对水份测定结果的影响：

1. 药皮焙烧湿度对水份测定结果的影响：

常用焊条药皮组分的结晶水，往往要 850°C 才能脱出，因此，一般药皮试样的焙烧温度都要高出 850°C ，在 $900 \sim 980^{\circ}\text{C}$ 之间。经过试验，本文的药皮水份测定温度确定为 980°C 。

2. 药皮试样重量对水份测定结果的影响：

当被测水份的试样为药皮的单一组元的粉剂时，由于比重不同，很难确定千遍一律的重量，即使为多组元组成的药皮，也可能由于各组元比重不同，以致在混和过程中组元偏析而不均匀。所以试样不能太小，经过试验，一般以装满瓷舟为宜。这对于多组元的药皮来说，彼此重量可以大致一样，减少数据离散。

3. 吸湿剂颗粒对水份测定结果的影响：

本试验中采用无水高氯酸镁 (MgClO_4) 作为吸湿剂。当其颗粒度为 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 时，可以充分吸收水份。如果颗粒度增大为 $3 \sim 5 \text{ mm}$ ，则 U 形管内间隙增大，存留的 H_2O 量增加而吸湿剂的表面的总和数值减小，不利于充分吸收水份，因而药皮水份测定值下降。如果吸水剂颗粒过小，小于 1 mm ，则吸水剂使得 U 形管内气流通道闭塞，透气性差，气体在吸水剂粉粒之间的粘滞力增大，而不利于吸湿的进行。通过试验，本文的测水试验所用的吸水剂颗粒规定为 $1 \sim 3 \text{ mm}$ 。

(三) 常用药皮组成分原材料的含水量:

药皮组成分所用矿物粉料的水份可以有三种形式:

1. 吸附水:

指吸附于矿物表面吸附层, 扩散层的水份, 通常加热到 100°C 以上经过一段时间即可排除。

2. 结晶水:

以水的分子 (H_2O) 形式存在于矿物晶体格架的一定位置, 与矿物的连接力大于吸附水, 需要较高温度才能将这水份排除。

3. 结构水:

以 H^+ 和 OH^- 离子的形式存在于矿物晶体格架的一定位置, 与矿物的连接力更大, 需要更高的温度才能将这种水份以不可逆形式排除。一部分常用药皮组成分原材料的含水量, 经我们测定如表 1 所示。

药皮组成分原材料的含水量 表 1

原材料名称	含水总量 (mg)	其中吸附水含量 (mg)
萤石	0.060	0.011
大理石	0.0174	0.050
白云石	0.0246	0.068
长石	0.667	0.384
天然云母	3.91	0.21
合成云母 (A)	0.082	
合成云母 (B)	0.058	
白 泥	4.47	
石英砂	0.071	
人造金红石	0.091	
锆英砂	0.141	
菱苦土	0.626	

从表 1 知, 天然云母和白泥所含水份最多, 其中大量为结晶水或结构水, 无法在焊条的烘干温度去除, 所以不宜用于低氢焊条。为此, 我们选取大理石、萤石、金红石、石英、硅铁、锰铁、钛铁等含水少的材料, 研制了一种焊条, 试验结果证明药皮所含水份是低的。

(四) 焊条药皮的吸潮性:

焊条药皮组成分原材料的含水量低, 制成的焊条含水量也可以很低, 这是指焊条在规定温度下烘焙以后的结果。实际上, 问题不止于此, 而是焊条烘焙以后药皮仍会重新吸潮, 往往在烘干以后放置二小时, 低氢焊条药皮含水量就会达到不合格的程度, 所以高强度钢低氢焊条必须在烘干以后的 2 小时之内使用, 否则就必须放在保温干燥箱或干燥筒贮藏, 随以携带, 随用随取, 这是一种解决的途径。除此以外, 目前, 国际上还采取另一途径保证焊条施焊以前含水量合格, 这就是降低药皮的吸潮性。在焊条生产厂制造焊条、烘干并妥善包装以

后, 焊条的药皮含水量始终保持在规定的限度内, 当用户打开焊条包装, 使用焊条时, 药皮可以在两小时内基本不吸潮, 在八小时内吸潮很少, 仍然在规定范围内。

本文就焊条药皮粘结剂水玻璃对吸潮性的影响作了一些试验, 试验中测定了:

1. 不同种类的水玻璃 (钠水玻璃, 钾水玻璃和锂水玻璃) 的作用。
2. 上述水玻璃不同配比的作用。
3. 改变水玻璃模数的作用。

本文所用水玻璃种类、配比和模数见表 2。

不同水玻璃种类、配比和模数对药皮吸潮性的影响

表 2

粘 结 剂编号 №	水 玻 璃 种 类 和 配 比	水玻璃 模 数 (M)	焊 条		
			烘干后未吸 潮含水量 (mg)	烘干后吸潮 4 小时含水量 (mg)	净吸水量 (mg)
1	纯钾水玻璃100%	2.8	0.614	1.31	0.696
2	钾水玻璃：钠水玻璃 = 3 : 1(摩尔比)	2.6	0.363	0.584	0.221
3	钾水玻璃：钠水玻璃 = 2 : 1(摩尔比)		0.293	0.367	0.074
4	钾水玻璃：钠水玻璃 = 1 : 1(摩尔比)	2.6	0.212	1.10	0.888
5	纯钠水玻璃 100 %	3.24	0.143	0.389	0.247
6	纯钾水玻璃 100 %	3.3	0.382	0.614	0.232
7	中性钠水玻璃 100 %	2.6	0.134	0.395	0.261
8	中性钠水玻璃：锂水玻璃 = 50 : 50		0.109	0.211	0.102
9	中性钠水玻璃：锂水玻璃 = 70 : 30		0.122	0.238	0.116
10	中性钠水玻璃：锂水玻璃 = 85 : 15		0.162	0.269	0.107
11	中性钠水玻璃：锂水玻璃 = 95 : 5		0.204	0.270	0.066
12	钾水玻璃：钠水玻璃 = 3 : 1	2.9	0.403	0.751	0.348

注：(1) 表中的配比除表明为摩尔比外，都是体积比。

(2) №. 3 粘结剂所用钾水玻璃模数为 2.8 钠水玻璃模数为 2.6。

(3) 焊条都是在 450℃ 烘干 2 小时，于 100℃ 烘箱中保温待用。

从上述结果可以看出：

1. № 8. 9. 10 和 11 四种含锂水玻璃的药皮吸湿性都较低这说明锂水玻璃对于降低焊条吸湿能力是有明显作用的。

2. 含锂水玻璃的四种药皮中，并非锂水玻璃含量高其抗吸潮能力就好。例如，№11 药皮含锂水玻璃仅 50%，抗吸潮能力却比其它三种都好，这在实用中具有重要意义，因为锂水玻璃价格昂贵，药皮中锂水玻璃含量愈低成本愈低，则这类焊条愈容易推广面愈有实用价值。

3. 不含锂水玻璃的药皮中№3粘结剂配比，亦即纯钾水玻璃：纯钠水玻璃 = 2 : 1 (体积比) 时，吸潮也很低仅次于№11。这说明，即使不加锂水玻璃，通过调整钾、钠水玻璃的配比，也可改善焊条药皮的抗吸潮能力。钾、钠水玻璃的配比不同，药皮吸潮性能也不同，其中№3 的配比，亦即纯钾水玻璃：纯钠水玻璃 = 2 : 1 的吸潮性最低。