

内 部

技术资料汇编

焊接技术的应用

12462

第七机械工业部第七〇八所编印

一九七五年三月

78-24
1/1
2

编 者 的 话

本汇编中主要收集了氩弧焊, 等离子焊等设备与工艺技术资料, 它是有关单位工人与技术人员多年来生产实践的经验总结。

由于时间仓促和我们水平所限, 汇编中存在的错误和缺点, 欢迎批评指正。

《技术资料编辑组》



A 843356

毛 主 席 语 录

人的正确思想，只能从社会实践中来 只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建成为一个社会主义的现代化的强国。

目 录

一、熔化电极脉冲氩弧焊在LD10材料上的应用.....	(1)
二、铝合金(LD10、LE6)焊点缺陷及其修补.....	(12)
三、氩弧点焊某些问题的探讨.....	(22)
四、熔化电极脉冲氩弧焊机.....	(35)
五、铝合金钨极氩弧点焊的初步总结.....	(46)
六、晶体管脉冲钨极氩弧焊接电源及其应用.....	(57)
七、铝的熔化极氩弧焊设备改装及工艺试验.....	(66)
八、填充丝脉冲氩弧焊工艺.....	(77)
九、等离子弧焊设备及工艺.....	(87)
十、不锈钢薄板钨极脉冲氩弧焊工艺.....	(102)
十一、高温钎焊合金(钎焊料)的钎焊性能.....	(115)
十二、点焊过程的超声波图形.....	(138)

一、熔化电极脉冲氩弧焊在LD10材料上的应用

二 — — 厂

近几年来,随着我国社会主义建设事业的高速发展,许多新材料日益广泛地应用于产品结构中。在铝合金制品中,已开始逐渐用热处理可强化的高强度铝合金来代替热处理不能强化的铝合金,从而大大地减轻了产品的重量,提高了产品的使用性能。我厂近来就接受了一项用LD10材料制成的产品的生产。这种材料具有强度高、屈服点高的优点,但焊接性能比较差。我厂广大工人和技术人员本着伟大领袖毛主席“中国人民有志气、有能力,一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平”的教导,大胆进行了试验,在用熔化电极脉冲氩弧焊接LD10材料方面,摸索到一点经验。下面将我们的一点体会介绍如下。

一、LD10材料的焊接特点

LD10为热处理可强化的高强度铝合金,经淬火人工时效后其强度极限在45公斤/毫米²以上,屈服点在36公斤/毫米²以上,延伸率 $\delta \leq 8\%$ 。其化学成份如表1—1所示。

LD10材料的化学成份 表1—1

Cu (%)	Mg (%)	Mn (%)	Si (%)	Al (%)
4.8	0.8	0.5	0.5	余量

这种材料经焊接后,强度下降很多,特别是接头塑性下降更为严重,致使采用一般焊接方法焊成的产品,经承载后常常产生裂纹破坏。此外LD10材料对应力集中比较敏感,焊缝的背面焊漏过渡的不圆滑会大大降低焊缝的承载能力。

由于产品结构的特点,产品焊后不能进行热处理来提高焊缝的机械性能。而且由于产品的型面比较复杂,焊缝的内应力较大,产品结构对焊缝区塑性要求较高。

焊后强度下降的问题,这可以用化学铣切局部加厚焊缝区的方法来进行补偿。设计对焊接接头强度系数的要求为50%以上。焊接接头发脆的问题,成为产品焊接的一个突出问题。有些产品甚至在焊接过程中,就发生裂纹破坏而造成报废。如何改善焊接接头的塑性,是LD10材料焊接的一个主要关键。

为了提高焊接接头的塑性,我们从两方面着手来改善接头塑性。

首先,从改进焊丝的成份来提高接头的塑性。经过一段摸索我们感到在142焊丝基

础上添加Zr和Ti两种元素，这种焊丝比较好，我们称这种焊丝为378°焊丝。378°焊丝的化学成份列于表1—2。378°焊丝不仅提高了焊缝接头强度，而且大大改善了接头的塑性。

378° 焊丝的化学成份 表 1—2

Cu (%)	Mg (%)	Ti (%)	Zr (%)	Al (%)
4.3	0.6	0.2	0.25	余量

其次，从工艺措施上改善接头塑性。经过反复试验，我们发现对于LD10材料必须采用小电流、慢速度、多层焊的方法（即所谓软规范），利用焊接本身的热量使在热影响区内形成硬度低塑性高的塑性环（半退火区），从而大幅度的提高了焊接接头的延伸率，弥补了LD10材料焊后发脆的问题。此外采用两面多层焊的方法，消除由于焊漏不圆滑造成的应力集中的现象。

从金相组织分析发现，塑性环的组织与基体金属淬火时效组织没有什么区别，只是相析出不同。LD10退火组织为平衡组织，淬火时效组织为弥散相未充分析出，而塑性环组织介于二者之间，所以称之为半退火区。

二、用熔化电极脉冲氩弧焊焊接LD10材料

熔化电极脉冲氩弧焊是用维弧电源和脉冲电源供给热量，它的电弧热量是可以控制调节的。因而可以根据不同的焊接特点，适当的选择不同的维弧电流和脉冲电流来满足焊接的要求。根据上述LD10材料的焊接特点，恰当地确定维弧电流和脉冲电流的比例焊接LD10材料是可行的。此外，产品结构厚度一般为6~7毫米，这样的材料厚度，采用熔化电极脉冲氩弧焊也是适当的。所以我们决定用这项工艺方法来解决LD10材料的焊接问题。

1. 焊接参数的确定

根据我厂长期使用的情况，铝合金熔化电极脉冲氩弧焊的脉冲电流峰值要超过维弧电流平均值的三、四倍，使焊丝端头的熔化金属在较大的电流密度作用下形成熔滴过渡。它具有高频率、大脉冲、小维弧的特点。我们称这种规范为硬规范。对于LD10材料，为了在热影响区内形成半退火区，就不能采用硬规范。而必须用低频率、小脉冲、大维弧，即所谓软规范。

1，硬规范：

常用的硬规范示于表3。焊接电流波形示于图1—1。

常用的规范

表 1—3

材料 厚度	坡 口 形 式	焊丝 牌 号	焊 接 规 范							焊 缝 宽 度 (毫米)
			维弧 电流 (A)	脉冲 电流 (A)	焊 接 速 度 (M/时)	送 丝 速 度 (米/时)	焊 丝 直 径 (毫米)	氩 气 流 量 (升/分)	频 率 (周/秒)	
LD10 Л6		378*	55 } 60	150 } 160	19	250 } 270	2	20	100	24~25



图1—1硬规范的电流波形(直径2,5的378*焊丝)

采用这种规范生产率高,热量集中,热影响区小,但对于LD10材料的焊接形成不了半退火区。拉力试片断口在焊缝或近缝区内(见图1—2)。焊接时焊丝端头距工件6~7毫米,距喷嘴10毫米左右,如图1—3所示。焊接时有烟雾、飞溅,焊缝表面有局部黑色氧化皮复盖、焊缝宽、鱼鳞纹粗(见图1—4)。电弧击穿能力强、焊缝背面有击穿现象。焊接时熔池搅拌严重,焊缝成型较差。同时氩气消耗量大。这种规范适于焊接中、厚板材或大框接头。

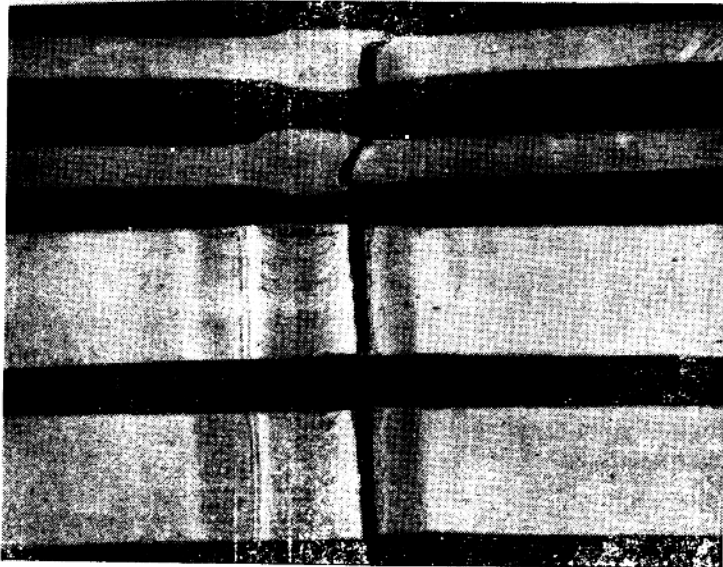


图1—2 拉力试片断口情况

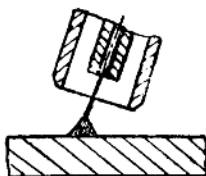


图1—3 硬规范下射流过渡的情形

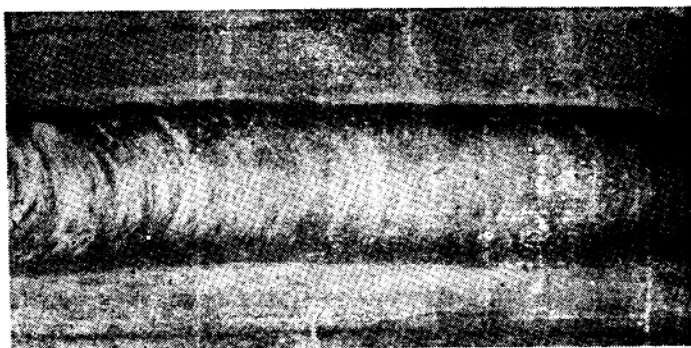


图1—4 硬规范焊接的焊缝外形 (LD10, J16)

1, 软规范:

如前所述, 为了使LD10材料在焊接时得到一个塑性好的半退火区, 在规范上须采用高电弧、慢速度、小电流。对于熔化电极脉冲氩弧焊如何来适应这个要求, 我们曾经历反复的试验、摸索。因为对于高电弧, 由于氩气流动作用, 破坏了电弧的稳定性、使焊缝带来较多的缺陷, 影响了接头质量。而对于慢速度, 焊缝往往容易过宽, 加强高度过大, 造成金属晶粒疏松, 影响了延伸率的提高。而小电流对焊接时射流过渡影响很大, 容易形成大滴过渡, 破坏了氩气保护, 降低了焊缝的机械性能。

经过我们多次试验, 不断认识, “由物质到精神, 由精神到物质, 即由实践到认识, 由认识到实践这样多次的反复”。终于找到了一个合适的焊接规范, 就是低频率、小脉冲、大维弧 (维弧电流比脉冲电流大二、三倍)、高电弧、慢速度、形成软规范, 从而解决了LD10材料的焊接问题。采用此规范焊接, 焊接时无烟雾、无飞溅。焊后焊缝表面无黑色氧化物。电弧击穿能力弱。焊缝较窄, 过渡较园滑, 表面光亮, 焊纹细, 缺陷较少 (见图1—5)。焊接电弧高, 焊丝端头距工件14~16毫米, 与喷嘴大致齐平 (见图1—6), 电弧稳定。氩气消耗量小。

软规范的电流波形示于图1—7。

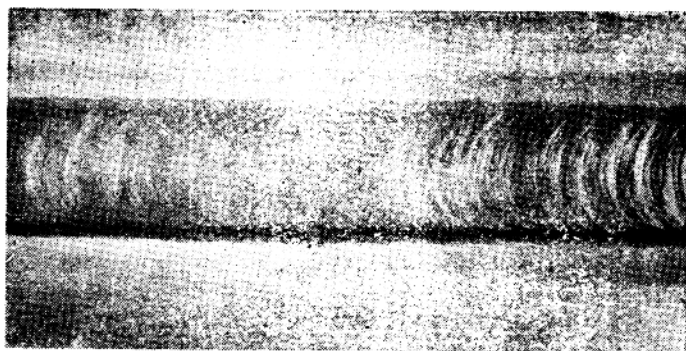


图1—5 软规范焊接的焊缝外形 (LD10, Л6)

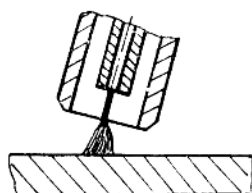


图1—6 软规范下射流过渡的情形



图1—7 软规范的电流波形 (直径2.5毫米的378°焊丝)

2. 规范参数对焊缝成形的影响

正确、合理的选择焊接规范,对电弧的稳定性,焊接保护和接头质量具有重要的意义。下面我们简述一下维弧电流、脉冲电流、送丝速度、氩气流量、焊枪角度对焊接的影响。

I, 维弧电流:

维弧电流是维持电弧的稳定燃烧和焊丝端头的加热熔化。维弧电流超过脉冲电流二、三倍是为了拉长电弧,软化电弧,形成软规范。

我们曾做过调节维弧电流的试验,试验的板材为厚度4.5毫米的LD10,焊丝直径为2毫米的378°焊丝。

把脉冲电流保持在35安培不变。当维弧电流为85安培，电弧电压28伏，焊接速度9米/时时，焊缝光亮，焊纹细，整条焊缝的宽度、加强高度、焊漏均匀、保护区良好，属于正常规范。焊缝外形示于图1—8。

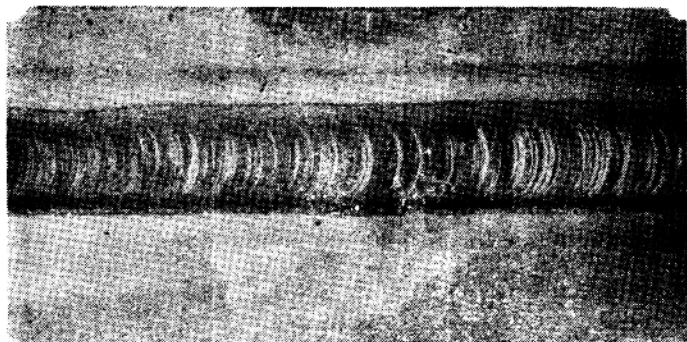


图1—8 正常规范下的焊缝外形。

若把维弧电流逐步减少到65安培时，电弧电压由28伏降到23伏。这时焊接成大滴状过渡，焊缝表面成形差，焊纹粗，有局部氧化物复盖在焊缝上。形成的焊缝高而窄，焊漏少。这种规范不宜于焊接。

若把维弧电流逐步增大到105安培时，电弧电压由28伏到32伏。这时电弧变硬，飞溅较多，颗粒较大。焊缝表面及保护区局部有黑黄色氧化物复盖。焊缝过宽，焊漏较多。这种规范也不宜于焊接。

维弧电流的增大或减小，对焊接质量都有一定影响。所以对应一定的脉冲电流就有一定的维弧电流。

I，脉冲电流：

小于维弧电流二、三倍的脉冲电流加在电弧上，使焊丝端头熔化的金属，在一定的电流密度作用下，进行熔滴过渡。每相应一个脉冲就会出现一次熔滴过渡。成为“可控的射流过渡”。

我们也曾做过调节脉冲电流的试验。试验也是在厚度为4.5毫米的LD10上，用2毫米的378°焊丝进行的。

当维弧电流保持在85安培时，当脉冲电流35安培，电弧电压28伏，焊接速度9米/时为正常焊接规范。

若脉冲电流减小到25安培时，电弧电压由28伏下降到26伏，这时电弧不稳定，熔滴成大滴过渡。焊缝表面局部有黑色氧化物斑点，焊纹粗。焊缝窄，加强高大，焊漏少。这种规范不宜于焊接。

若脉冲电流增大到85安培时，这时电弧电压由28伏上升到30伏，电弧很硬，击穿能力强，飞溅多，焊缝表面有黑色氧化物，焊缝宽，加强高小，焊漏多。这种规范也不宜于焊接。

从上述试验可知，脉冲电流的数值必须与维弧电流相一致，才能得到正常的焊接。

I, 送丝速度:

一定的维弧电流和脉冲电流就有一定的送丝速度。如焊接厚度为6毫米的LD10板材, 焊丝为2.5毫米的378°焊丝, 送丝为105~115米/时为正常规范。这时焊缝成形良好(见图1—5), 电弧稳定, 没有“噼啪”响声, 只能听到平稳的呼呼声。低于此数值则无法获得稳定的射流过渡。高于此值, 虽可获得射流过渡, 但有飞溅产生。

IV, 氩气流量:

适当的氩气流量, 可使得到足够的气流挺度, 从而得到可靠的保护效果。氩气流量在15—30升/分时为适宜。流量过大会造成对电弧压缩作用过强, 破坏了电弧的稳定。流量对小则气流挺度不够, 经不住外界的干扰。

V, 焊枪角度:

经试验表明, 焊枪角度大小直接影响焊缝成形和气体保护。一般取15°左右为宜。这样既便于焊工观察, 保护性能也较好。

VI, 合适的焊接规范:

表4中列出了我们常用的几种焊接规范。

常 用 的 焊 接 规 范

表 1—4

材料厚度 (毫米)	坡口 形式	焊 接 规 范							焊 缝 宽 度 (毫米)
		维弧电流 (安)	脉冲电流 (安)	电弧电压 (伏)	焊接速度 (米/时)	焊丝直径 (毫米)	氩气流量 (升/分)	频 率 (周/秒)	
4.5		85	35	28	9	2	14~17	50	12~14
5.5		110	35	29	9	2.5	17~20	"	16~18
6		120	37	30	9	2.5	20~24	"	19~21
7		130	42	31	8	2.5	24~30	"	21~23

采用上述焊接规范焊接的试片, 机械性能都符合要求, 其机械性能列于表1—5。而且接头均断在基体上, 见图1—9。图1—10为硬规范和软规范的焊缝金相组织图片。

焊 缝 的 机 械 性 能

表 1—5

材料厚度 (毫米)	焊丝直径 (毫米)	机 械 性 能		设计要求的 σ_b
		σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	
6	2	29—31.5	6~8	>22.5公斤/毫米 ²

3. 焊枪的改进

由于LD10材料需采用高电弧, 软规范, 对于焊接的保护提出了更高的要求。原来使用的焊枪已不适于LD10材料的焊接, 必须设计新型焊枪来满足焊接需要。经过不断改进, 我们设计如图1—11所示的新焊枪。

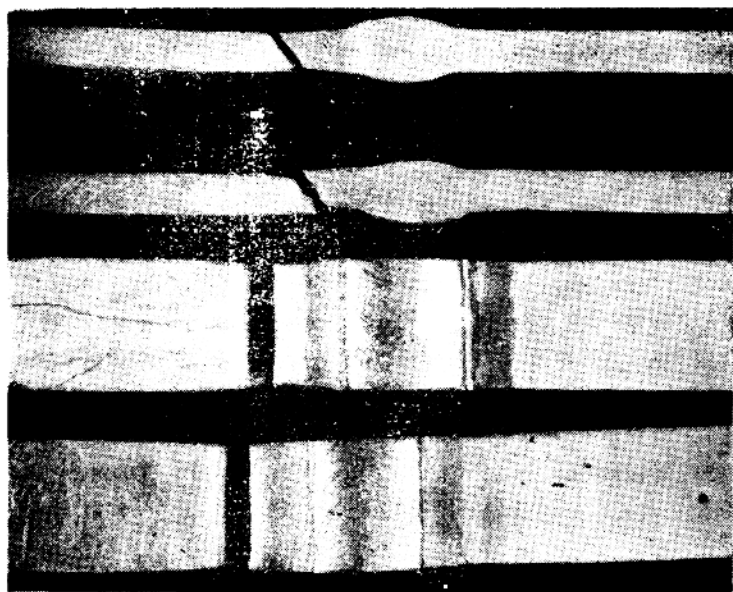
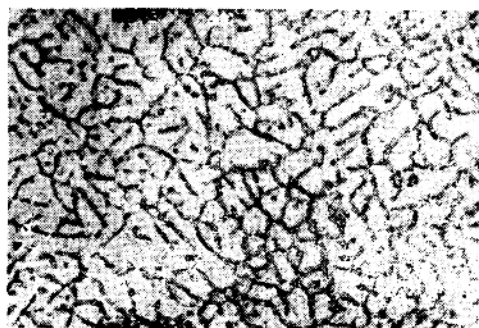
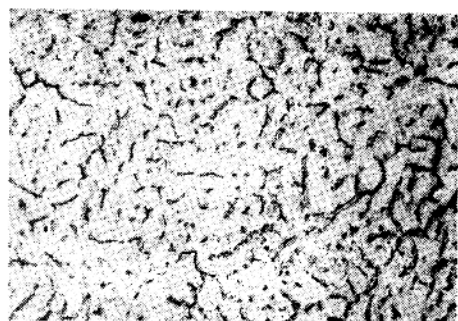


图1—9 焊缝拉力试验情形



硬规范



软规范

图1—10 焊缝金相组织图片

新焊枪具有下列优点：

1. 焊枪重量轻，重量为0.35公斤。
2. 为了使气体分布均匀，在焊枪充气室内增加了内环和外环，这样气体在充气室内经过几个反复，气流更稳定、均匀。
3. 可根据不同的焊接规范来选择不同的导流环和喷嘴，促使气体流出后呈层流分布，有效地保护焊接区。
4. 中心杆的冷却对导丝咀的冷却是个关键。为了提高中心杆的冷却效果，我们在组合焊件中心杆时，在流水的两铜管之间，从上端直到距下端10毫米处加两根铜丝（详见

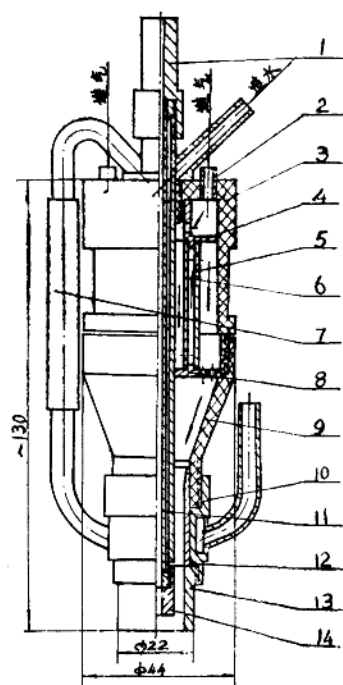


图1—11 焊枪结构图

14	导丝咀	1	" "
13	喷咀	1	" "
12	导流环	1	黄铜
11	中心杆	1	" "
10	冷却环	1	焊件
9	镇静室	1	夹布胶木
8	下分气环	1	黄铜
7	皮管	1	全胶管
6	内环	1	"
5	外环	1	"
4	上进气环	1	黄铜
3	充气室	1	夹布胶木
2	接气咀	2	"
1	导丝杆	1	黄铜
件号	名称	件数	材料

图1—12)，这样从上端进入中心杆的冷却水，必须经过下端10毫米的环道，才能流出来，有效地冷却了中心杆的最下部，从而保证了导丝咀的冷却。经试验表明，对软规范、高电弧，一次可连续焊接2小时。

5. 氩气消耗量小。

6. 操作灵活，清理、维修、拆装方便。

4. 我厂目前生产使用情况

我厂用熔化电极脉冲氩弧焊已成功焊接了用LD10材料制成的产品，这种产品厚度为6~7毫米。经试验表明，产品完全符合设计要求。下面谈谈生产中的一点肤浅体会。

1. 产品的焊前清理与边缘准备。

经化学清理的产品都须进行机械打磨。我们用 $\phi 0.15$ 毫米的转动钢丝刷清理，直到待焊处呈乳白色为止。最后应刮削对接端面，因对接端面常有较厚的氧化皮，钢丝刷清理不掉，必须用刮刀刮削。

对6~7毫米的对接，一般采用V形坡口，坡口形式见图1—13。对接间隙一般应在0.5~2毫米之间。当大于2毫米时，虽然电弧过渡形式正常，但焊缝表面成形较差；当小于0.5毫米时，容易造成错缝。

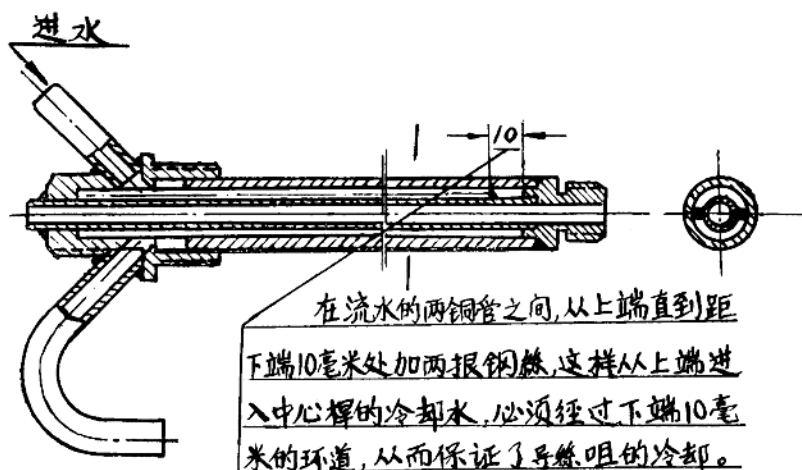


图 1—12 中心杆的冷却方式

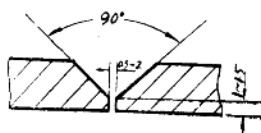


图1—13 坡口形式

I, 焊丝的清理和准备。

化学清理后的焊丝不得带有油污、水份及化学反应物。焊丝绕到焊丝盘上, 应紧挨着顺绕, 不允许出现弯折、交叉、扭曲和打结。

II, 焊接直焊缝应附加引弧板和收弧板。焊接环焊缝应尽量预热起弧区。焊接需中途停止时, 应减小维弧电流和脉冲电流, 焊速适当加快, 然后停止焊接; 若再焊时, 需用机械方法, 铲除收弧处的缺陷, 再行焊接。

IV, 焊接垫板应采用不锈钢, 由于不锈钢的缓冷, 有利于形成半退火区, 提高接头机械性能。

V, 由于频率的降低, 引弧较困难。为了易于起弧, 我们用斜口钳在焊丝头部切一斜度较大的尖角, 并在尖角后端再切几个较深的缺口, 这样起弧较容易。

三、结 论

1. LD10材料为铝—铜系高强度铝合金, 但可焊性较差, 焊后强度下降很多, 焊缝接头发脆。同时我厂接受的产品型面复杂, 焊缝的内应力较大, 对焊缝区塑性要求较高。因此, 如何提高接头的塑性是我们在LD10材料焊接时的主要关键。

2. 在焊丝中填加Zr和Ti元素; 在规范上采用小电流、慢速度, 多层焊的方法, 可以在热影响区内获得塑性好的半退火区, 从而解决了LD10材料的焊接问题,

3. 用熔化电极脉冲氩弧焊焊接LD10材料, 需采用低频率、大维弧、小脉冲、慢速

度，高电弧的软规范。按此规范焊接，焊缝强度系数超过50%，延伸率 δ 可达6~8%，满足了设计的需要。

4.为满足LD10焊接时对气保护效果要求较高的需要，我们设计了新焊枪，新焊枪具有重量轻，气保护效果好，冷却效果高等优点。

5.用熔化电极脉冲氩弧焊已成功地焊接了LD10材料制成的产品，经试验表明，完全符合设计要求。

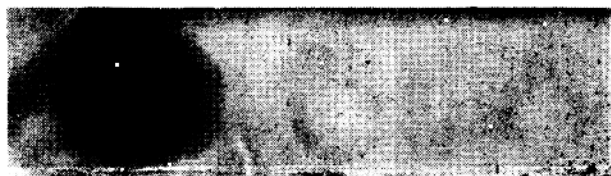
(李锡山、崔可浚)

二、铝合金(LD₁₀、LF₆)焊点缺陷及其修补

二——厂

一、前言

我厂生产的箱子产品上，在液压试验时发现前底支架上有三个焊点漏水。对三个支架上的焊点进行X光透视，发现所有焊点均有内部裂纹（图2—1）。有的焊点还有表面缺陷（图2—2）



左1是漏水焊点，已用手工氩弧焊进行了完全熔透的补焊。

图2—1



表面裂纹 表面凹坑
焊点的内部缩孔、裂纹和表面裂纹，表面凹坑（斜照的）8×

图2—2

再对其它箱底进行X光透视发现90%以上的焊点均有类似的内部裂纹（图2—3）。这样严重的问题在产品生产过程中还是首次发现。

我们遵照毛主席关于要认真调查研究和科学实验的教导，结合实际情况进行了技术调查和一定的研究实验工作，找出了点焊内部缺陷的原因，提出了解决办法，焊接了新产品，并运用两次点焊的新方法，补焊了有缺陷的焊点，经液压试验质量符合要求。

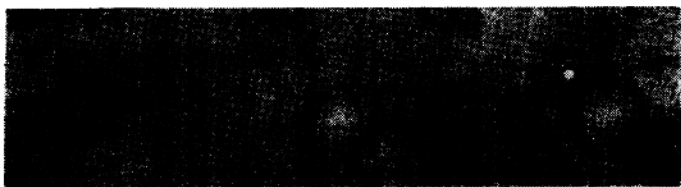
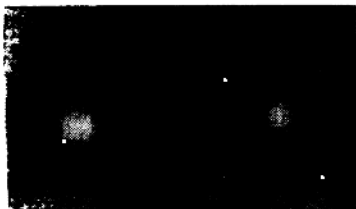


图 2—3

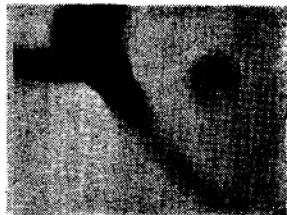
二、裂 纹 的 实 质

要解决矛盾必须认识矛盾，因此，我们对X光底片上所示的裂纹进行了分析。

由经铣削（焊点的LF6面不同深度铣削，最深的把这面板材铣掉）和手工氩弧焊补焊（仅熔化LF6板材）的焊点进行X光透视得知，有很多焊点仍有裂纹（图2—4）只有完全熔透到焊点才没有裂纹（图2—1），这说明主要是内部裂纹（有的也有表面裂纹，目视可见），而且两块板材上都有。



（甲）铣削的焊点



（乙）手工氩弧焊补焊点

图 2—4

为进一步认清内部裂纹的特征，用模拟件模拟产品上焊点的内部裂纹进行了低倍金相分析。由图2—5可知，焊点内部缺陷实际上不仅是内部裂纹，还有疏松和缩孔。内部缺陷基本上都在焊点核心里面，有的也超出核心区，更严重的则穿透到表面（图2—2），这样的焊点在箱子承受一定的内压时最容易漏水。

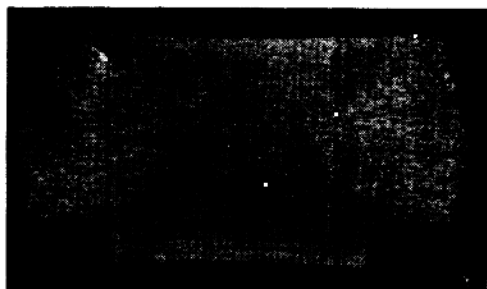


图 2—5 8 ×

三、缺陷产生原因及解决方法

开始考虑到这些产品是夏天焊的，当时因电极内外的温差较大，焊接时由电极表面流到产品上的水较多，认为裂纹是由于水的冷却所造成的。为验证当时的想法，进行水冷试验，分别在试片和模拟件上用同一焊接规范模拟夏天电极上凝结水的情况（试验是秋天做的）进行了无水冷，小水冷，大水冷的焊接试验。结果表明，水的冷却对产生内部缺陷无明显影响，而焊接规范的不同却有不同结果。遵照毛主席关于“事物发展的