
工业技术资料 第114号

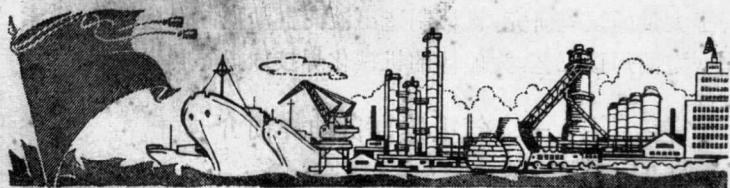
上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

1972年7月第1版 1972年9月第2次印刷 定价0.03元

气电垂直自动焊

上海造船公司垂直自动焊会战组



工业技术资料

第114号

上海人民出版社

气电垂直自动焊

毛主席教导我们：“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。”这一指示极大地鼓舞了广大工人、革命干部和革命知识分子为社会主义祖国多造船、快造船、造好船、造大船的革命意志。

为了打好造船工业的翻身仗，必须克服落后环节。在造船工艺上，焊接工艺，特别是船台的焊接机械化水平还是比较落后的，其中又以船台大接头的焊接更为突出，这种情况不能适应造船工业飞跃发展的形势需要。各厂的焊接老师傅迫切要求改变这种情况。

在上海市造船公司领导下，组织了中华造船厂、沪东造船厂、上海船舶修造厂、求新造船厂、交通大学、第六机械工业部第十一研究所等单位，成立了会战小组。小组的同志们怀着为伟大领袖毛主席争光，为伟大的社会主义祖国争光的豪情壮志，进行了大量的试验研究，设计制造出液面自动控制焊接设备，摸索出一定的焊接工艺，为船体的机械化焊接取得了初步经验。

一、气电垂直自动焊简介

气电垂直自动焊，按成型方式可分为自由成型和强制成型两种。自由成型的气电垂直自动焊，一般采用二根或多根细焊丝进行多层焊。这种工艺对全位置焊缝的适应性强，比较适合于中薄板的焊接。强制成型垂直自动焊，有的用狭坡口细焊丝作多道焊；有的用“V”形坡口作单道焊；有的用“□”形坡口作单

道焊。我们目前所采用的是“□”形坡口的强制成型垂直自动焊工艺。这种工艺对于一般中、大型船板的垂直焊缝（例如板厚为12~25毫米的垂直焊缝），可以一次焊成，它的生产率一般较自由成型焊为高。

焊接时采用氩(Ar)和二氧化碳(CO₂)混合气体作为保护气体。混合比为氩70~80%，二氧化碳20~30%。采用这种比例的混合气体，比较容易获得稳定的射流过渡，电弧燃烧稳定，保护性能也比较好。使用混合气体可以消除或减小使用单一气体时所产生的某些缺点。例如，单纯用二氧化碳作保护气体时，往往成短路过渡，飞溅严重，气嘴容易堵塞，金属的氧化也比较严重；单纯用氩气作保护气体时，电弧飘动较大，弧长不稳定，熔池中部深而窄，熔池中的气体排出比较困难，较易形成气孔。

“□”形坡口强制成型垂直自动焊缝由于焊接过程的线能量较大，焊缝晶粒比较粗大，需要采取措施来提高焊缝的低温冲击性能。为了提高焊缝在-40℃低温冲击性能，我们曾探索过以下方法：(1)炼制专用焊丝，通过焊丝向焊缝掺合金；(2)用管状焊丝，通过管状焊丝中的合金成分和少量造渣成分来提高焊缝质量；(3)在焊件坡口上涂刷药粉（包括合金元素和造渣剂）来提高焊缝质量。在目前条件下，以采用上述第三种方法比较简单易行。实践证明，在焊件坡口上涂药粉，可以大大提高焊缝的低温冲击韧性。但是从长远的观点来看，用管状焊丝，不论在技术上或经济上都可能是比较合适的。

二、气电垂直自动焊设备

1. 垂直自动焊机

垂直自动焊机如图1所示。主要由升降机构、行走轧轮、送丝机构、强制成型装置、光导管以及焊丝盘等几部分组成，各个

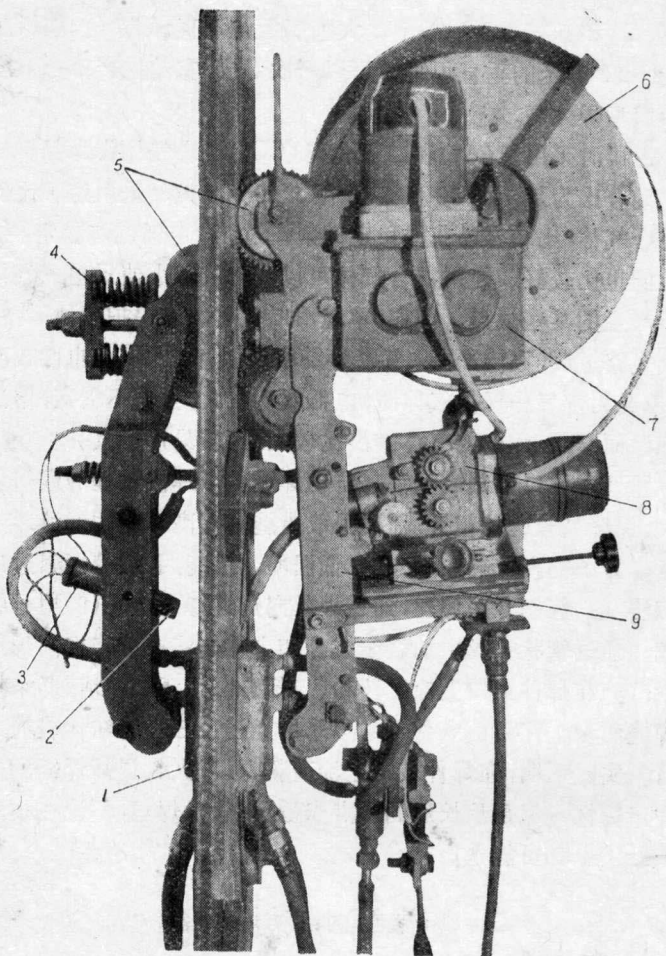


图 1 垂直自动焊机

1—强制成型装置； 2—后支架； 3—光导管； 4—拉杆和弹簧； 5—行走轮； 6—焊丝盘； 7—升降机构； 8—送丝机构； 9—前支架。

部分分别装置在前后支架上，并用拉杆和弹簧夹紧在焊件的两边。

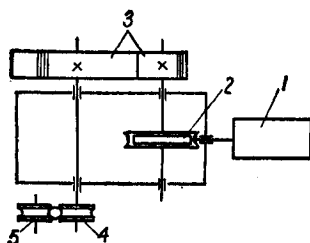


图 2 送丝机构传动原理图

1—电动机； 2—蜗轮对； 3—变換齿轮对； 4—焊丝轧送轮；
5—送丝压紧轮。

送丝机构 送丝机构必须保证焊接过程焊丝恒定输送。主要由电动机、减速箱、导电管、送丝轧轮对、调节拖板等几部分组成。传动原理见图2。电动机通过蜗轮对、变換齿轮对带动送丝轧轮运送焊丝。电动机调速则由可控硅控制。

焊丝给送速度用变换齿轮对和改变电动机转速进行粗略调节。送丝机构能保证焊丝在0~537米/时范围内无级调速。

升降机构

升降机构系通过前后支架来牵引送丝机构和强制成型装置，并保证焊机沿焊缝方向均匀上升。

目前采用的机械自行式升降机构如图3所示，

主要由电动机经过减速箱带动主动平轮和主动尖轮，并通过拉杆、双弹簧

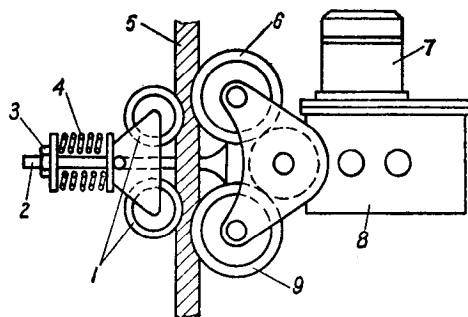


图 3 升降机构示意图

1—从动平轮对； 2—拉杆； 3—螺母； 4—双弹簧； 5—被焊钢板； 6—主动平轮； 7—电动机；
8—减速箱； 9—主动尖轮。

轮和从动平轮对轧紧在钢板坡口上。这样依靠两对轧轮和钢板边缘的摩擦力，由电动机驱动机构上升。

升降速度可以在0~6.9米/时范围内无级调速。

强制成型装置主要由成型铜滑块、冷却水套、滑块固定螺栓、横向调整螺母以及导向弹簧片等几部分组成(见图4)。

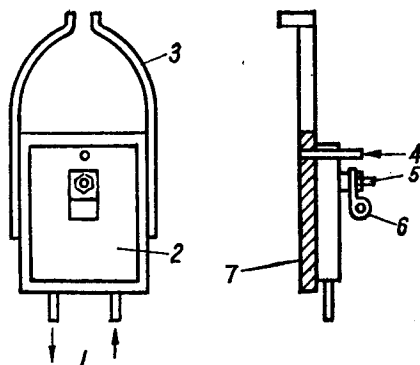


图4 强制成型装置示意图

1—冷却水进出口； 2—冷却水套； 3—导向弹簧片； 4—进气口； 5—滑块固定螺栓； 6—横向调整螺母； 7—成型铜滑块。

2. 焊接电源设备和控制线路

焊接电源 在气体保护焊情况下，采用等速送丝系统时，要求平特性的焊接电源。我们采用经过改装的AB-500型电焊机。

原来的AB-500型电焊机(结构图见图5)是差复激电焊机(串激绕组是退磁的)，现在改为加复激(串激绕组变成增磁，串激磁场随焊接电流的增大而增大)，而将并激绕组改成它激，接线原理见图6。电弧电压是通过可控硅控制系统改变它激绕组的电流来控制的。经过改装后的AB-500型电焊

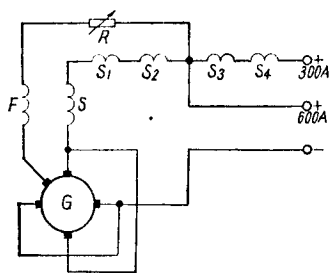


图5 原AB-500型焊接发电机接线图

机的外特性曲线见图 7。从图上可以看出, 在常用的焊接电流范围内(300~400 安), 特性曲线是接近于平的, 基本上能够满足焊接工艺要求。

控制线路

(1) 气电垂直自动焊机控制线路(原理图见图 8)包括供电电源、继电器控制线路、送丝可控硅调速线路、行走光电—可控硅自动调节装置和电焊机激磁电流可控硅调节线路等部分。

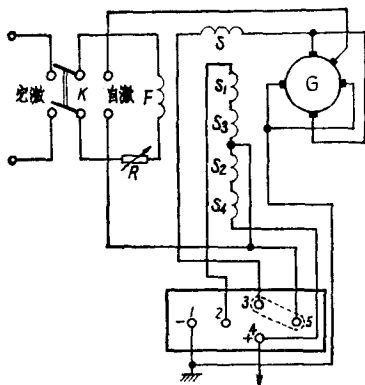


图 6 改装后的 AB-500 型焊接发电机接线图

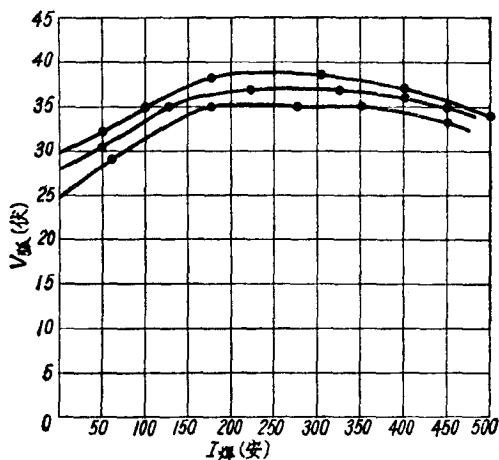


图 7 改装后的 AB-500 型电焊机外特性



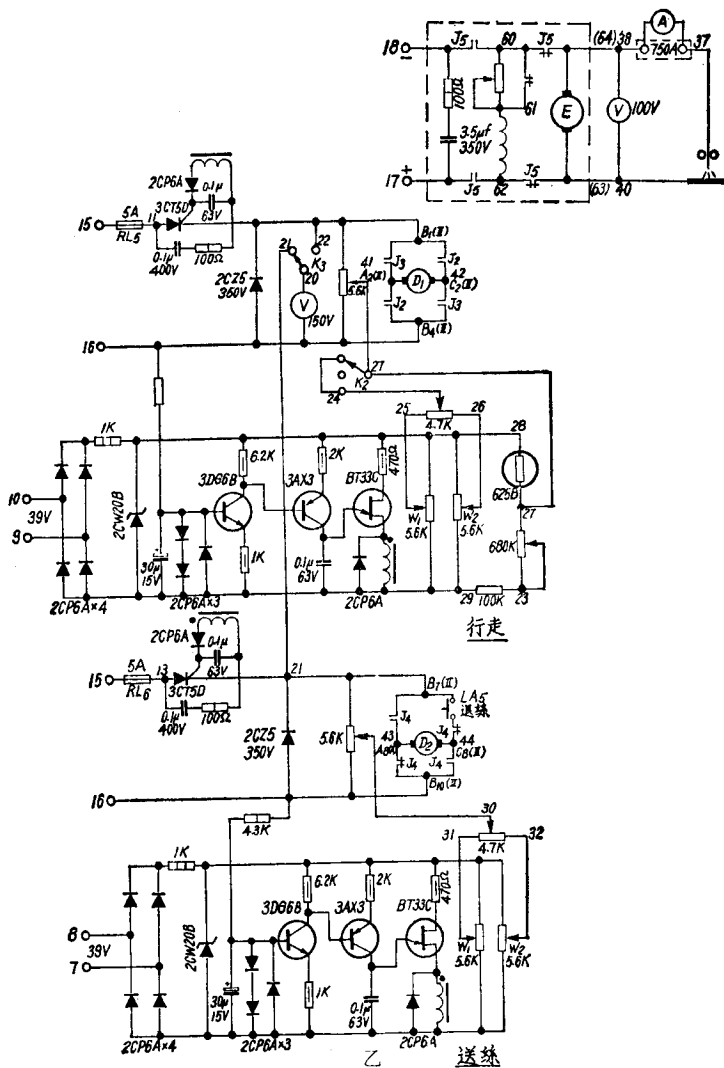


图 8 气电垂直自动焊机电气原理图

(2) 送丝系统考虑到采用平特性电源，选择了等速送丝方式，即依靠电弧自身调节原理保持焊接电弧的稳定燃烧。

在送丝电机的可控硅调速线路中选取了 10% 的电枢电压负反馈，提高了电机的机械特性硬度，保证了送丝的稳定性。

光电—可控硅自动调节系统 在气电垂直自动焊接过程中，要经常观察熔池液面位置，并据此来调节焊机的上升速度，以保持熔池液面与进气口（喷嘴）的相对距离为一固定值。实践证明，要用手工作来完成这项任务是很难的。

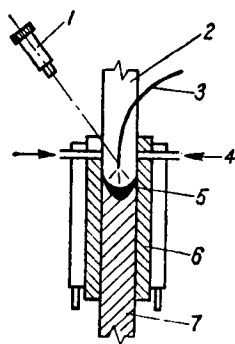


图 9 上升速度自动调节示意图

- 1—光导管；2—被焊件；3—焊丝；4—进气口；5—熔池液面；6—成型滑块；7—焊缝。

液面过低时影响气体保护，同时增加了焊丝伸出长度，焊丝中心位移，焊接过程不稳定，甚至烧坏滑块；相反，液面过高时，气体保护也被破坏，电弧燃烧不稳定，以致使进气口堵塞，焊接中断。

为此，采用了熔池液面的光电自动调节系统，其原理见图 9。

自动调节系统方框图见图 10。

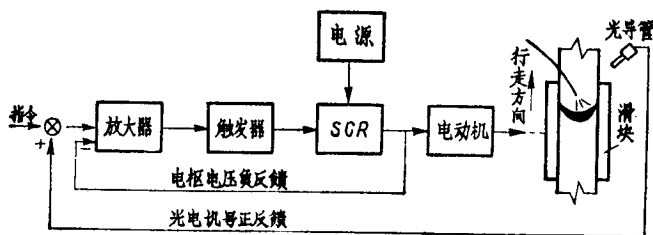


图 10 自动调节系统方框图

系统的自动调节原理简述如下:在焊接过程中,固定于焊机滑块上的光导管,其所接受的光照强度将由熔池表面与光导管之间的相对位置来决定。例如,当焊丝不断熔化或其他原因使液面升高时,上述相对位置缩短,光导管内阻减小,正反馈信号增大,从而使可控硅导通角加大,行走电机速度提高,使光导管与熔池间距离增大,以恢复到指令的数值。

反之,如果相对位置增大,机头将自动降低行走速度。缩短相对位置以此完成焊接速度的自动调节过程。

操作盒 操作盒上主要包括升降、送丝和电焊机激磁控制线路印刷板、电流表、电压表、指示灯、调节电动机转速和电流大小的电位器以及各种操作按钮。操作盒通过多芯电缆与垂直自动焊机头和电焊机联接。

设备安装图见图 11。

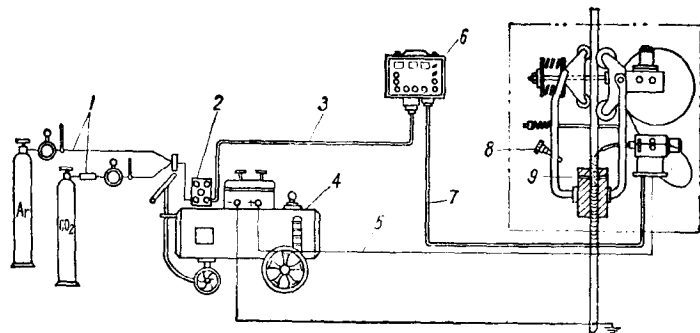


图 11 气电垂直自动焊机安装示意图

- 1—供气装置; 2—电源配电箱; 3—多芯控制电缆; 4—直流电焊机; 5—焊接电缆; 6—手提式操作盒; 7—多芯控制电缆;
8—光导管; 9—进气口。

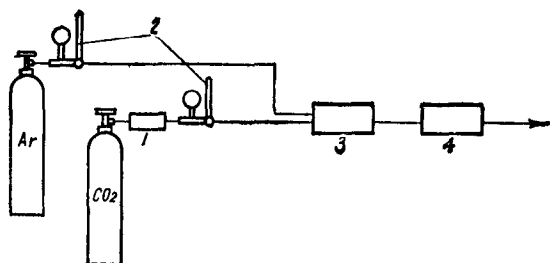


图 12 供气装置示意图

1—预热器； 2—流量计； 3—气体混合室； 4—电磁气阀。

3. 供气装置

用氩和二氧化碳混合气体进行气电垂直自动焊时，供气装置如图 12 所示。

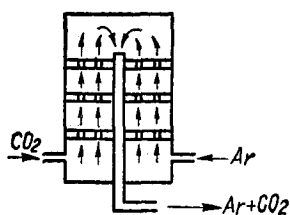


图 13 气体混合室原理图

气体混合室工作原理如图 13 所示。氩和二氧化碳气体从切线方向进入圆筒容器的底部，此时氩和二氧化碳气体一边混合，一边在筒体内回旋上升，通过几块多孔板，然后通过中间的管子向下流出。

升，通过几块多孔板，然后通过中间的管子向下流出。

三、气电垂直自动焊工艺

1. 焊接规范

焊接电流 焊接电流对熔滴过渡状态、焊接过程的稳定性、焊缝成型及焊接生产率等，起着决定性的影响。在气电垂直自动焊选用的电流密度较大，焊丝直径为 2 毫米时，电流为

350~420 安, 在这种电流密度下, 电弧稳定, 飞溅极小, 焊接过程稳定, 焊缝成型良好。

电弧电压 气电垂直自动焊与平焊时的规律一样, 电弧电压增大, 焊缝熔宽增大; 反之, 熔宽减小。

电弧电压须和焊接电流相适应。电压过小, 爆声剧烈, 电弧燃烧不稳定; 电压过高, 焊接过程也不稳定。

焊接时, 在保证焊接过程稳定的前提下, 应选用较低的电弧电压, 这对于防止气孔、减少合金元素烧损都有好处。

当焊接电流为 350~420 安时, 电弧电压以 35~36 伏较佳。

电源极性 电源极性为反极性, 反极性有利于防止气孔产生。

焊接速度 气电垂直自动焊的焊接速度即机头上升速度, 当焊接电流和电压确定后, 则由光电控制系统按熔池液面上升速度而自动调节, 毋须手工控制。

对于 18 毫米厚度的钢板, 装配间隙为 18~20 毫米时, 焊接速度约为 3.2~3.5 米/时。

气体混合比及流量 保护气体的混合比及流量对焊缝中出现气孔的可能性影响很大, 特别是在冬天气温较低的情况下更加明显。试验说明, 从防止气孔的观点来说, 氩和二氧化碳气体的混合比以 70:30 较 80:20 为好。例如, 当气温为 2~9°C, 焊接规范和气体流量 (15~17 升/分) 基本相同的情况下, 氩与二氧化碳的混合比为 80:20 时会出现大量气孔, 而混合比为 70:30 时, 则不会出现气孔 (见表 1)。

气体流量的大小对气孔生成的可能性也有显著的影响。流量太大或太小, 都同样会降低气体保护效果, 并可能引起气孔。例如, 当氩和二氧化碳的混合比为 80:20 时, 气体总流量为 10 升/分的情况下, 不会出现气孔, 如果把总流量增至 15~22 升/分

时,便出现大量气孔,而且流量越大,气孔越多。又如,氩和二氧化碳的混合比为 70:30 时,总流量从 10~17 升/分的情况下都不会出现气孔,而如果把总流量增大至 20 升/分时,便出现密集气孔(见表 1)。

表 1 氩与二氧化碳混合比和总流量对焊缝中气孔的影响

试验 编 号	焊 接 规 范						焊缝X光透视结果
	焊接电流 (安)	电弧 电压 (伏)	焊接 速度 (米/时)	保 护 气 体			
				Ar (%)	CO ₂ (%)	总流量 (升/分)	
96-1	390~400	38	5.4	80	20	22	严重密集气孔
96-2	440~450	36.5	3.6	82	18	17.6	有较多密集气孔
96-3	410~420	39	3.3	80	20	15	有连续分散气孔
96-4	405~415	39	3.1	80	20	10	无气孔
96-5	440~450	39	3.7	70	30	20	有较多密集气孔
96-6	410~420	38	2.6	70	30	17	无气孔
96-7	410~420	38	2.9	70	30	15	无气孔
96-8	360~390	39	3.4	70	30	13	无气孔
96-9	340~350	39	3.6	70	30	10	无气孔

注: 1) 试验在 2~9°C 气温中进行;

2) 焊接速度由光电自动控制。

从上述试验结果,得出较合适的氩和二氧化碳混合比为 70:30;保护气体的总流量为 13 升/分。

2. 焊接材料的选择

由于强制成型单道垂直自动焊的焊接线能量较大,用 08Mn₂Si 焊丝焊成的焊缝,晶粒比较粗大,在 -40°C 时的低温冲击性能较低。为了提高焊缝的低温冲击性能,我们用水玻璃调成的药粉涂在待焊的坡口上,药粉配方见表 2。药粉涂刷量(对 18 毫米厚度的钢板,装配间隙为 18 毫米时)为每米焊缝 21 克(不包

括水玻璃重量)。板厚和装配间隙不同时,应按填充金属量的比例增减。

表 2 药粉配方

名 称		数 量 (%)
钛	铁	25
钼	铁	17
大 理 石	石	33
萤	石	25

坡口涂过药粉的焊缝,其低温冲击性能有显著提高(见表3、表4)。

表 3 焊缝机械性能比较表

试验 编 号	特 征	焊 接 规 范			焊 缝 机 械 性 能						
		电 流 (安)	电 压 (伏)	焊接速度 (米/时)	σ_s (公斤/毫米 ²)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ_5 (%)	ψ (%)	冲击韧性 (公斤·米 /厘米 ²)		
									常温	-40°C	
26	坡口 不涂药	400~	39~	4	40	55	27.8	64.7	11.6	1.6	
		440	40		39.5	54.5	28.6	67.4	14.4	2.62	
115	坡口 涂药 (室内)	400~	38	3	42	59.3	30	60	11	4.52	
		420			42.8	60.01	26.8	59	11.5	9.02	
					42	61.4	28.4	61	11.8	9.45	
117	坡口 涂药 (室外)	400~	37~	3	47	61	28	55	13.6	4.9	
		410	38		47.5	62.5	26.6	52	11.7	5.9	
					45	60	26	55	12.9	4.1	

注: 1) 母材为 3C 钢, 18 毫米厚;

2) 焊丝为 08Mn2Si, $\phi 2$ 。

在提高焊缝低温冲击性能的试验过程中, 我们曾采用过含硅量较低的低合金焊丝(如 08Mn2Mo、08Mn2Ti 等), 但含硅量低的焊丝, 焊接工艺性能较差(熔池流动性差), 焊缝氧化较严

重,并出现较多气孔。也曾采用过含钼的 08MnSiMo 焊丝,结果虽能提高焊缝的低温冲击性能,但工艺性能仍较差,焊缝成型不良(与 08Mn₂Si 比较)。因此,这些焊丝都不能满足要求。

表 4 焊缝的化学成分

试验编号 \ 成分	碳 (C)	锰 (Mn)	硅 (Si)	硫 (S)	磷 (P)	铬 (Cr)	镍 (Ni)	钼 (Mo)
26	0.12	1.34	0.62	0.02	0.016	~0.02	0.03	—
116	0.18	1.41	0.63	0.02	0.021	—	—	0.13
117	0.13	1.40	0.53	0.017	0.017	—	—	0.13

考虑到用管状焊丝来改善焊缝的化学成分和机械性能比较机动,因此曾经在兄弟厂的协助下配制过 20 余种管状焊丝,经过试验比较,得出较满意的管状焊丝配方,见表 5。

表 5 管状焊丝配方

焊丝编号 \ 成分	中碳锰铁	硅铁	钼铁	铁粉	大理石	萤石	电解锰
管17	—	5	1	81.7	1.5	0.8	10
管26	9	—	1	82.7	0.8	1.5	—

注: 1) 钢带采用 08 钢,截面为 17.5×0.25 毫米;

2) 药芯重量为焊丝的 21%;

3) 制成管状焊丝直径为 3 毫米。

采用管状焊丝焊接,焊缝的机械性能,包括 -40°C 低温冲击韧性,可以显著提高(见表 6)。但是,由于目前制造的管状焊丝比较疏松,刚性和挺直性较差,原有送丝机构难以适应,焊接过程较难控制,因此暂时未能得到实际应用。