新型高韧性全位置用自保护药芯焊丝的研制

天津市金桥焊材集团有限公司 (300300) 侯杰昌 侯永和 杨建东

自保护药芯焊丝在20世纪50年代末最早出现于美国和前苏联，在随后的40余年时间，自保护药芯焊丝以其特有的优越性得到了很大的发展，尤其在高层建筑、输油管道和海洋石油平台等领域得到广泛应用。

自保护药芯焊丝是药芯焊丝中的一类，无气体保护的细直径药芯焊丝通常称为自保护药芯焊丝；无气体保护的粗直径药芯焊丝有时称为明弧管状焊丝。自保护药芯焊丝的主要特点是无需任何气体保护，直接使用电源（专用电焊机）进行焊接，具有使用方便，效率高（自保护药芯焊丝的熔敷效率比焊条高2～4倍），尤其适合户外焊接。如：高层建筑钢结构的焊接，冶金高炉的焊接，冶金轧辊的修复，铁路锰钢道叉的修复，石油管道的全位置焊接，石油储罐的焊接，发电厂磨煤辊的堆焊，不同硬度金属表面的堆焊以及管桩的横焊等很多方面。

我公司经过多年的研究，成功地开发了两种JQ.E501T8—K6、JQ.E501T8—Ni1钢结构用自保护药芯焊丝。该焊丝特点为：熔敷金属中含少量镍，具有优良的低温韧性，抗裂性能好，其熔敷效率高，电弧穿透力大，呈喷射状，飞溅小，操作容易，适宜全位置焊接。该焊丝还有一个显著的特点，当干伸长为25～30mm时，电弧稳定，熔池清晰，渣不下淌，无气孔，焊缝成形美观，脱渣容易。

1. 自保护药芯焊丝的主要成分及作用

（1）配方试验中采用普通低C和低S、P含量的钢带为原材料，钢带规格为0.5mm×10mm。

（2）配方中的主要成分是萤石（CaF_2），它可降低碱性熔渣的熔点、粘度和表面张力，增加熔渣的流动性。焊接时CaF_2的分解产生的HF，有利于降低电弧气氛中氢的分压，从而起到去氢作用。

（3）配粉中还加入多种氟化物（BaF_2、NaF）等，主要作为造渣和稀渣的作用，同时这些氟化物更容易汽化，更好地保护焊缝金属。配方中的BaF_2在焊接时可以支持很短的电弧，这样可带来两个优点：①是在全位置焊接时，在某一给定电流下降低了电弧能量和焊丝燃烧速度，使得操作者可以更好地控制熔池。②电弧电压低、电弧短，这样就减少了自保护药芯焊丝焊接时熔滴吸收氮的含量。

（4）Al－Mg合金中的Al、Mg属于强脱氧剂和脱氮剂，脱氧产物为Al_2O_3和MgO，可与氟化物形成较好的焊接熔渣，保护焊缝金属。有利于稳定电弧和减少飞溅。

（5）Al粉是自保护药芯焊丝中最常用的一种物质，金属中加入适量的铝可以有效地脱氧和提高焊缝韧性的作用；过量的铝会造成焊缝金属在冷却过程中相变推迟，焊缝金属晶粒粗大，冲击韧度大幅度下降。从焊缝气孔来看，铝含量较高时的焊缝气孔敏感性比较低；铝含量较低时，焊缝气孔敏感性比较高。

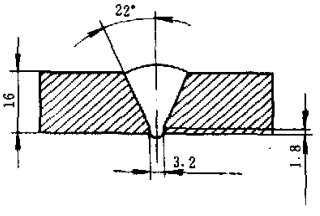
气孔和韧性是自保护药芯焊丝研制的两大难点，二者相互影响，相互制约。主要通过调整渣系的碱度，加入大量的多种氟化物，提高脱氧、脱氮和脱氢能力，降低药粉中铝的加入量，是研制自保护药芯焊丝的关键。

2. 试验方法

选用新研制的两种自保护药芯焊丝JQ.E501T8—K6(AWSE71T8—K6)、JQ.E501T8—Ni1(AWSE71T8—Ni1)和美国生产的自保护药芯焊丝HOBART—Fabshield81N1(AWS—E71T8—Ni1)进行三种焊丝的焊接试验。

试板材质为Q345（16Mn）钢，尺寸为270mm×105mm×16mm，焊接位置：立向下焊，坡口形式见下图。

试验焊机为美国林肯焊机DC—400型。用金



立焊坡口形式

桥实芯焊丝 JQ.MG50—6（AWSER70S—6）ϕ1.2mm，直流反接，电流 140A，电压 20V，在 20L/minCO_2 气体保护下进行打底焊。然后采用直流正接，电流 250A，电压 20V 进行自保护焊接，在不同的试验条件，分别做了五套试件，进行了对比试验。

试验中选择了三种不同的试验条件来进行焊接试板，试验条件及层间温度见表 1。

表 1 试验条件及层间温度

试验条件	环境	温度/℃	风力	层间温度/℃
①	室外	-5	3~4级	60~70
②	室内	13	—	150±5
③	室外	3	3~4级	60~70

3. 试验结果

三种焊丝的熔敷金属化学成分见表 2。在三种试验条件下进行的立向下焊试板焊缝力学性能见表 3。

表 2 焊缝金属的化学成分（质量分数）（%）

焊丝牌号	C	Mn	Si	S	P	Al	Ni
JQ.E501T8—K6	0.073	0.76	0.16	0.005	0.02	0.77	0.7
JQ.E501T8—Ni1	0.068	0.78	0.20	0.004	0.02	0.8	0.9
Fabshield 81N1	0.072	0.82	0.18	0.005	0.02	0.81	0.72

表 3 不同试验条件下焊缝金属的力学性能

试验条件	焊丝牌号	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 (%)	A_{KV}/J		
					-20℃	-30℃	-40℃
①	JQ.E501T8—K6	556	464	26	134、128、141	—	—
	JQ.E501T8—Ni1	564	470	27	168、160、169	—	—
②	JQ.E501T8—K6	531	425	30	—	142、136、143	125、134、128
	JQ.E501T8—Ni1	541	435	30	—	162、158、165	131、138、146
③	Fabshield 81N1	488	402	26	160、168、160	—	—

4. 试验分析

自保护药芯焊丝焊缝金属的低温韧性一直是人们所关心的问题。尤其是高强管道（X70 等石油管道）焊接用自保护药芯焊丝，不仅要求工艺好，而且对力学性能有很高的要求。要求在室外焊接，层间温控制在 70~80℃，屈服强度 $\sigma_s \geqslant 400$MPa，-20℃冲击吸收功单值不能小于 56J，平均值不能小于 76J。自保护药芯焊丝不同于电焊条和气保护焊丝，要想获得以上的韧性指标，试制困难较大。原因有两点：其一，焊丝填充的药粉仅占焊丝的 15%~25%；其二，自身产生的保护效果相对较差。以上两点造成了对熔敷金属保护作用不足，易使金属熔滴直接与空气接触，冶金反应不全等问题。

在户外焊接条件下，如何解决其保护效果，完善冶金反应，提高熔敷金属的韧性是我们研究的重点。我们对美国 E71T8—Ni1 自保护药芯焊丝的特性进行了研究与分析，它属于氟化物-Al-Mg 型自渣系保护药芯焊丝。其渣系具有很强的脱氧、脱氮和脱氢能力，能起到很好的保护作用，可获得高质量的焊缝。试验中我们对该渣系各种药粉的成分含量，进行了多次配方试验，确定了各种原材料的最佳范围，使之满足细熔滴喷射过渡，具有一定的熔透深度，熔渣覆盖均匀，飞溅少，易脱渣。通过提高熔渣的碱度，以及药粉中加入大量多种氟化物，提高脱氢能力。降低熔敷金属中的含铝量和含硅量，加入少量微量元素，焊缝金属获得较高的低温韧性，达到了国外同类焊丝的水平。焊接时产生的烟雾少于同类产品。

另外，我们还用新研制的自保护药芯焊丝在廊坊管道局焊培中心进行了“西气东输”钢管的全位置对接工艺试验，获得成功。焊接工程师对新焊丝的焊接工艺给予很高的评价。随后该焊丝又分别在胜利油田二、三、五公司，辽河油田油建一公司焊接培训学校和中油管道局四公司焊接培训中心应用，均获得用户好评，实现了焊丝的小批量生产。

5. 结语

为获得自保护药芯焊丝的高韧性，熔敷金属中 $w_{Al} < 0.9\%$，$w_{Si} < 0.30\%$。药粉中加入大量多种氟化物和碱性氧化物，增强了脱氧、脱氮和脱氢能力，再添加一些微量元素如 Ni 等，就能获得较高韧性的焊缝金属。天津金桥公司生产的自保护焊丝 JQ.E501T8—Ni1，在低温-30℃的条件下冲击吸收功达到 140~170J，说明该配方可靠，生产工艺成熟，可进行批量生产。同时可以满足输油（气）管线、海洋平台等重要钢结构的户外焊接，特别适用于对低温韧性有严格要求的工程项目。

(20030618)