



新型焊接材料无缝无镀铜药芯焊丝的研制

郭纯 张学杰 张文军 朱官朋 李猛

【摘要】 本文针对焊接材料的发展需求将无镀铜实芯焊丝制造技术与无缝药芯焊丝制造技术相结合成功开发出无缝无镀铜药芯焊丝。研制的无缝无镀铜药芯焊丝具有超低氢高韧性，焊接电弧稳定、脱渣容易、飞溅小、可全位置焊接，焊接铜烟雾小、烟尘小、抗生锈钢能力强、有利于焊工健康、减少环境污染等优点，焊丝力学性能尤其是低温冲击韧性优异，实现了较高的强韧性匹配，可用于船舶制造、海洋工程、港口机械、工程机械、LPG储槽、桥梁等领域高强钢焊接。

1. 概述

无镀铜焊丝目前一般指无镀铜实芯焊丝，是新一代的气体保护焊用实芯焊丝，与传统镀铜焊丝相比，具有以下特点：①无镀铜气保护实芯焊丝由于表面没有铜层，因此不会出现镀铜结合力不好，在送丝轮和送丝管中掉铜屑。②无镀铜气保护实芯焊丝使用过程中飞溅量低，能保证客户获得始终如一的高品质焊接，降低焊后清理工作量。③焊接烟尘排放少，加之没有金属铜镀层不产生有毒物质，保护焊工职业健康。④实现清洁化生产，减少污染物排放。以上原因使得无镀铜实芯焊丝的使用日渐广泛，已经在船用集装箱、大型钢结构、汽车制造业中开始大量使用。

近年国内外焊材厂商在无镀铜焊丝研发方面已进行了大量研究。国外伊萨，国内山东恒远、

天津金桥、山东索力得、山东德运、哈焊所华通、中冶宝煊、昆山京群等焊材厂商已经推出无镀铜气保焊实芯焊丝产品。根据文献报道目前国内外无镀铜气保护实芯焊丝主要采用三种生产工艺：一是镀铜焊丝镀前清洗工艺生产无镀铜气保护实芯焊丝，在最后工序涂防锈油；二是水溶性润滑剂生产无镀铜气保护实芯焊丝，表面再涂防锈剂；三是焊丝表面涂层工艺生产无镀铜气保护实芯焊丝，表面涂层达到导电、润滑、防锈的作用。

无缝药芯焊丝作为药芯焊丝中的一类，相比于传统的有缝药芯焊丝具有：超低扩散氢，降低冷裂纹产生率，降低预热温度；无扭曲应力，送丝距离长，焊丝对准性能高；抗吸潮、抗生锈钢能力强，运输、储存方便；填充率稳定，无空管串粉现象。无缝药

芯焊丝在日本、美国、欧洲等发达国家已经成功地应用于焊接领域50多年。目前，广泛应用于海洋工程、大型舰船制造、桥梁、建筑、石油化工等高端技术领域。

本文针对焊接材料的发展需求将无镀铜实芯焊丝制造技术与无缝药芯焊丝制造技术相结合，成功开发出无缝无镀铜药芯焊丝。

研发的无缝无镀铜药芯焊丝既具有无缝药芯焊丝上述扩散氢低，抗吸潮性强的优点，又具有无镀铜焊丝低铜环保，节约成本等优点。无缝无镀铜药芯焊丝是未来药芯焊丝发展的新方向。

2. 制备工艺

(1) 无缝药芯焊丝制备工艺 焊丝外皮采用普通冷轧低碳钢带制作。钢带清洗后经成形机组轧制成“U”形，在线加入药



芯粉, 填充比为 $(14 \pm 0.5)\%$ 。加入药芯粉后的钢带轧制成“O”形, 再经在线焊合、高温退火、细减径, 焊丝最终产品直径为1.2 mm。

(2)无镀铜焊丝制备 $\phi 1.2$ mm无缝药芯焊丝经酸洗, 碱洗, 蒸馏水超声波清洗后经鼓风机干燥机和在线高频感应加热烘干机烘干焊丝表面水分, 最后经过静电涂油设备涂防锈油, 最后层绕包装得到成品焊丝。

钢带化学成分和药芯粉的主要成分分别如表1、表2所示。

焊接使用Panasonic KR II 500型气保焊机, 按照AWS A5.20标准和GB/T 17493进行试板制备与试样加工, 焊接试板选用Q420, 规格为 $350\text{mm} \times 150\text{mm} \times 20\text{mm}$ 。焊接参数为电弧电压28V, 焊接电流260A。根据GB/T 2650—2008《焊接接头冲击试验方法》和GB/T 2652—2008《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》取样测熔敷金属力学性能, 试验分别在SINTECH20/G拉和ZBC2302—B冲击试验机上进行。

取熔敷金属横截面做金相试样, 经磨光、抛光后, 试样用4%硝酸酒精溶液刻蚀, 按照标准GB/T 13298—1991《金属显微组织检验方法》采用Observer Z1m金相显微镜观察熔敷金属显微组织, 用SPECTROLAB型直读光谱仪分析熔覆金属化学成分。

按ISO3690:2000标准要求采用气相色谱法测扩散氢, 测试4个试样取平均值, 环境温度和湿度 $28^\circ\text{C} \times 45\%\text{RH}$ 。

表1 钢带的化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	S	P
0.03	0.01	0.12	0.005	0.005

表2 焊丝药芯主要组成 (质量分数) (%)

TiO ₂	Al ₂ O ₃ +SiO ₂	Mn—Si	Al—Mg	ZrO ₂	Ni	Fe
46	6	12	5	2	3	余量

表3 焊丝熔敷金属化学成分 (质量分数) (%)

	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	V
标准值	0.12	0.90	1.75	0.03	0.03	0.50	0.20	0.30	0.08
例值	0.05	0.329	1.42	0.005	0.011	0.44	0.02	0.0056	0.014

表4 焊丝熔敷金属力学性能

焊材牌号	R_{el}/MPa	R_{m}/MPa	A (%)	Z (%)	$-40^\circ\text{C}, \text{KV (J)}$
标准值	≥ 390	490~670	≥ 22	—	≥ 27
SRSF81Ni1	462	523	28	71	125

3. 结果分析及讨论

表3和表4分别给出了典型配方熔敷金属的化学成分和熔敷金属的力学性能。熔敷金属主要合金元素含量为: $w_{\text{C}}=0.050\%$ 、 $w_{\text{Si}}=0.329\%$ 、 $w_{\text{Mn}}=1.42\%$ 、 $w_{\text{S}}=0.005\%$ 、 $w_{\text{P}}=0.011\%$ 、 $w_{\text{Ni}}=0.44\%$ 、 $w_{\text{Cr}}=0.02\%$ 、 $w_{\text{Mo}}=0.0056\%$ 、 $w_{\text{V}}=0.014\%$ 。屈服强度462 MPa, 抗拉强度523 MPa, -40°C 冲击吸收能量均值125J, 力学性能尤其是低温冲击韧性较好, 实现了较高的强韧性匹配。熔敷金属的化学成分和力学性能符合AWS A5.20 / A5.20M—2015《Specification for Low-Alloy Steel Electrodes

for Flux Cored Arc Welding》中E71T—1CJ H4的要求。熔敷金属的力学性能结果说明, 研制的无缝无镀铜药芯焊丝冲击韧性高具有较好的力学性能。

图1是研制的无缝无镀铜药芯焊丝熔敷金属的金相组织。由图1可知, 熔敷金属的金相组织主要为针状铁素体+先共析铁素体+块状铁素体组织。

表5给出了研制的无缝无镀铜药芯焊丝扩散氢含量测试结果。从表5可以看出, 研制的无缝无镀铜药芯焊丝经气相色谱法检测, 扩散氢均值为2.80 mL/100g, <H4, 达到了超低扩散氢水平, 超低的扩散氢有

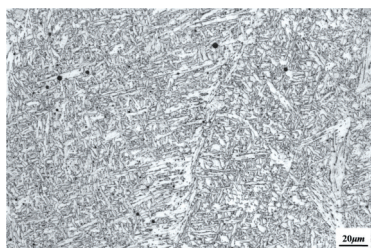


图1 熔敷金属的金相组织

表5 熔敷金属扩散氢含量

试样编号	扩散氢含量mL/100g	
	单个试样值	平均值
1	3.15	2.80
2	2.55	
3	2.62	
4	2.86	



铝合金动车组侧墙板平面度尺寸超差控制

王波 赵卫

【摘要】 本文主要针对铝合金动车组带弧度通长侧墙板焊接平面度尺寸超差控制进行工艺分析，通过采用合理的焊接顺序、操作方法及工艺等措施进行改善，有效地解决了侧墙板平面度尺寸超差控制问题。

关键词： 机器人焊接；焊接参数；工艺措施；变形控制

1. 概述

随着全球轨道交通装备的快速发展，现代轨道交通列车时速在不断提速，高速动车、地铁及城际轻轨等已成为国内客运的主要车辆，特别是高速动车、地

铁车辆的轻量化生产制造是铁道运输现代化研究与探讨的主要议题。经过大量的理论与反复试验证明，目前采用铝合金材料是实现车辆轻量化的最有效途径。它以其自重轻、耐腐蚀性能

好等优越性成为轨道车辆的首选材料。由于铝合金的热传导率高、焊接变形大，且工艺复杂，所以成为车辆制造中的工艺难点。

本文主要针对铝合金动车组

利于高强钢焊接时减少冷裂纹的发生率，提高焊接质量。

图2是采用研制的无缝无镀铜药芯焊丝工艺性评定焊出的焊缝。由图2可以看出，研制的无缝无镀铜药芯焊丝飞溅很小，众所周知，飞溅小从一定程度上也可以反映出焊丝焊接过程中电弧稳定；焊后渣壳可以大块整体脱落，说明焊丝脱渣容易；焊道和母材过渡平滑，说明焊丝熔池浸润性好、铺展好。以上结果可以看出，研制的无缝无镀铜药芯焊丝具有优异的焊接工艺性。

4. 结语

研制的无缝无镀铜药芯焊丝

具有超低氢高韧性，焊接电弧稳定、脱渣容易、飞溅小、可全位置焊接，焊接铜烟雾小、烟尘小、抗生锈能力强、有利于焊工健康、减少环境污染等优点。焊丝力学性能，尤其是低温冲击韧性优异，实现了较高的强韧性匹配。可用于船舶制造、海洋工程、港口机械、工程机械、LPG

储槽、桥梁等领域高强钢焊接，焊丝性能满足AWS A5.20 E71T-1CJ H4要求。

作者简介：郭纯等，中船重工725所洛阳双瑞特种合金材料有限公司。

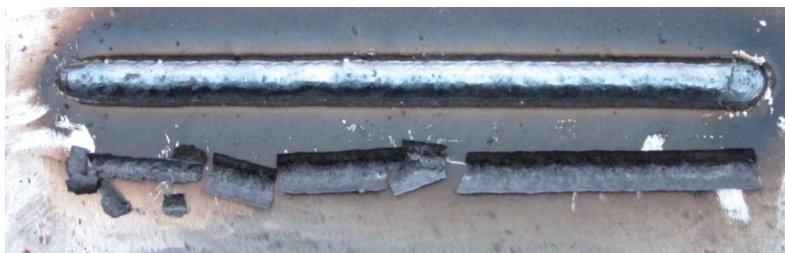


图2 熔敷金属的金相组织

MW 20170405