

TiN,分布十分弥散,抵抗粗化的能力自然强。TiN可以在接近钢材的熔化温度时保持溶解度基本稳定,对提高热影响区性能有利。由此可见,S能够改变第二相粒子的分布形态,降低溶解温度。因此,提高含Ti微合金钢HAZ韧性,脱S处理是一个重要前提。在笔者的另一项试验中,进行了LF加Ti,ANS精炼炉中加Ti和不加Ti的对比,除LF加Ti韧性较高外,ANS精炼炉中加Ti与不加Ti韧性基本相同,再次证明了通过整体含Ti量判断抗过热能力是不可靠的。

在高温状态下,Ti,N原子部分溶解于奥氏体中,另一部分以TiN的形式析出。而2号试样第二相粒子中含N明显高于1号试样,反证出1号试样固溶N较多。固溶N对韧性极为有害,这也是1号试样冲击低的一个原因。这方面还需做更多的研究工作。

随冷速改变,第二相粒子数量变化不大,说明第二相粒子在1350℃时保持稳定,不溶于奥氏体,在钢的加热

过程中可以充当非自发形核的核心。但第二相粒子的钉扎作用是有一定局限的, $t_{8/5} = 40$  s时冲击韧性的迅速下降,表明该条件下第二相粒子钉扎奥氏体晶界的作用较弱,不能阻止高温过程中奥氏体晶粒的互相吞并。

#### 4 结 论

(1) 试验用的两个钢种热影响区的韧性由淬硬因素与粗化因素共同决定,当 $t_{8/5} = 15$  s时,韧性最高。 $t_{8/5}$ 大于15 s,随冷速降低,韧性下降。

(2) 第二相粒子分布决定焊接热影响区抵抗晶粒粗化的能力。脱S处理是获得理想的第二相粒子分布的重要前提。

(3) 当 $t_{8/5}$ 大于40 s时,第二相粒子钉扎晶界作用减弱,热影响区韧性下降显著。(收稿日期 2005 07 29)

作者简介: 付魁军,1963年出生,工学硕士,高级工程师。

## 连铸辊带极埋弧堆焊烧结焊剂的研制

机械科学研究院哈尔滨焊接研究所(150080) 廖永平 胡晓波 陈绍维  
鞍钢新钢铁公司热轧带钢厂(114021) 陆 军

**摘要** 阐述了用于连铸辊带极埋弧堆焊烧结焊剂SJ315的研制过程,此焊剂与新开发的焊带H0Cr13Ni4MoN匹配堆焊连铸辊,焊接工艺性能和冶金性能良好,堆焊金属力学性能比用传统1Cr13系材料堆焊有明显提高,实际应用效果显著,取得了良好经济效益。

**关键词:** 连铸辊 带极堆焊 烧结焊剂

### DEVELOPING OF AGGLOMERATED FLUX USED FOR STRIP SURFACING ROLLER

Harbin Welding Institute  
Angang Group Co., Ltd.

Liao Yongping, Hu Xiaobo, Chen Shaowei  
Lu Jun

**Abstract** Developing process of agglomerated flux SJ315 used for strip surfacing continuous casting roller was mainly introduced. The usability and metallurgical properties of the flux are excellent, matched with the freshly designed strip electrode H0Cr13Ni4MoN. The mechanical properties of deposited metal are better than those achieved by means of using conventional welding materials such as 1Cr13 series and the applicability is prominent and economic benefits are awarded user.

**Key words:** continuous casting roller, strip surfacing, agglomerated flux

## 0 前 言

带极堆焊技术因其高效率越来越广泛运用于连铸辊的制造或修复,以往连铸辊采用 1Cr13 系材料堆焊,并加入适量的 C, Ni, Mo 等强化元素来提高堆焊层耐高温、耐磨、耐腐蚀和抗疲劳裂纹等性能,但效果并不是很理想,往往使用一段时间后,辊子表面磨损量大和发生龟裂,造成辊子频繁修复或报废,降低生产效率和增加生产成本。由此,提出在焊材中添加适量的 N, 通过焊材过渡到堆焊金属, N 在堆焊金属中作为强化元素之一,来提高辊子使用性能。

鞍钢集团机械制造公司备件强化处理厂采用哈尔滨焊接研究所研制的 H0Cr13Ni4MoN 焊带堆焊连铸辊,因焊带含有 N 元素,使用普通的烧结焊剂 SJ112 堆焊时焊道易出现气孔或麻点。为此,开发了一种配套烧结焊剂 SJ315。该焊剂焊接工艺和冶金性能优良,经工厂使用,取得了良好的经济效益。

## 1 烧结焊剂研制

### 1.1 焊剂的渣系确定

烧结焊剂渣系主要分为氟碱型,高铝型,硅钙型,硅锰型,铝钛型等五种。氟碱型为碱性渣系,后三种为酸性渣系,高铝型介于二者之间。一般说来,酸性渣系中含有较多的  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  等酸性氧化物,焊剂氧化性强,易氧化熔池中的合金元素,但焊接工艺性较好;碱性渣系中酸性氧化物含量较少,焊剂氧化性低,抗气孔能力强,但焊接工艺性不如酸性渣系。因为 H0Cr13Ni4MoN 焊带中 Cr, Ni, Mo 等合金含量高,综合上述情况,选择弱碱性渣系比较合适,其氧化性弱,对焊带中合金元素烧损少,同时又能保证获得良好的焊接工艺性。

根据国际焊接学会推荐的碱度  $B_{\text{rw}}$  公式(式中各氧化物及氟化物的含量按重量百分比计算):

$$B_{\text{rw}} = [\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + 0.5(\text{MnO} + \text{FeO}) + \text{CaF}_2 + \text{BaO}] / [\text{SiO}_2 + 0.5(\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)]$$

将所研制的焊剂碱度确定在 1.0 ~ 1.3 之间,确定为  $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SiO}_2$  渣系。

### 1.2 焊剂的组分确定

为了有效控制堆焊金属的有害杂质如 S, P 的含量,使堆焊时不易产生裂纹,尽量选用了杂质含量低的原材料。通过大量的配方小样调整,最后获得的焊剂主要组分见表 1。

表 1 烧结焊剂 SJ315 主要组分范围(%)

$\text{CaF}_2 + \text{FeO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MnO}$	$\text{CaO} + \text{MgO}$	$\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$	其它
15 ~ 25	20 ~ 40	20 ~ 40	15 ~ 30	5 ~ 10

### 1.3 焊剂中各组分对工艺性能的影响

焊剂的工艺性能主要包括:焊剂的脱渣性,稳弧性,焊道表面成形等。影响焊剂工艺性能的因素主要有:焊剂的熔点、密度,熔渣的表面张力、线性膨胀率和粘度等。

$\text{CaF}_2$  是一种偏碱性盐类,熔点低(1 360 °C),表面张力小,膨胀系数大,是焊剂中不可缺少的组分,加入一定量时,能有效降低焊剂的熔点、表面张力和粘度,改善焊道的摊开性和熔合性,改善脱渣性,但不宜过多,当加入量大于 25% 时,会造成焊接电弧不稳定,对焊道成形也不利,焊道波纹易形成双波峰形。试验表明焊剂的含量在 5% ~ 25% 范围内较佳。

$\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点高(2 050 °C),表面张力大,在酸性渣中偏酸性,在碱性渣中偏碱性,氧化性小,对堆焊金属成分影响小。焊剂中含量增加愈多,焊道鱼鳞波纹愈细小,当含量超过 40% 时,焊道较光亮平滑,但会使熔渣粘度增大,流动性变差,使焊道两侧边缘与母材熔合处较陡,容易造成夹渣和咬边缺陷。

$\text{SiO}_2$  为酸性氧化物,是焊剂中一种主要的造渣成分,适当加入有利于改善熔渣的流动性, $\text{SiO}_2$  含量多时由于高温冷却到低温有相变过程并伴随体积改变,对脱渣有利。当加入量过多时会使熔渣的氧化性增强,易氧化烧损合金元素。

$\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  为碱性氧化物,较稳定,不易分解。其熔点高,表面张力大,有利于熔渣从熔池中浮出,是良好的造渣材料。当加入量大于 20%,能有效改善熔渣的脆性,对脱渣有利。 $\text{MgO}$  容易吸收水分,转化为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,加入量过多时,焊剂的抗气孔能力会下降,焊道表面易出现麻点,加入量小于 40% 为佳。

### 1.4 关键问题的解决

由于焊带中含有 N,堆焊时容易产生气孔或在焊道表面形成压痕。可能是因为高温时 N 在液态金属中的溶解度很高,熔池吸收了大量的 N,当液态金属凝固时 N 的溶解度急剧下降,过饱和的 N 以气泡的形式从熔池金属中向外逸出,当金属结晶速度大于气泡逸出速度时,就形成气孔;当气泡集聚在熔渣和金属界面时就形成气体压痕。金属元素 Cr, Al,

Ti, Zr 易与 N 形成氮化物, 通过向焊剂中添加一些合金使之与 N 形成氮化物固溶在堆焊金属中, 并加入一些化合物调节熔渣的熔点和粘度, 此问题得到了改善。

## 2 焊剂的性能试验

### 2.1 堆焊金属化学成分和力学性能

按表 2 的堆焊工艺参数, 焊带为 H0Cr13Ni4MoN, 焊

表 2 带极堆焊参数

焊带尺寸/mm <sup>2</sup>	电源极性	堆焊电流/A	堆焊电压/V	堆焊速度/(mm·min <sup>-1</sup> )	焊带伸出长度/mm
0.4 × 50	直流反接	750 ~ 800	27 ~ 30	190 ~ 220	35 ~ 38

剂 SJ315。焊带和堆焊金属化学成分见表 3。SJ315 焊剂对有益合金元素 Cr, Ni, Mo 不烧损, 堆焊金属中 N 含量较高, 杂质元素 S, P 含量低。堆焊金属力学性能见

表 4, 由表 4 可知, H0Cr13Ni4MoN/SJ315 与 H1Cr13NiMo/SJ112 的力学性能对比, H0Cr13Ni4MoN/SJ315 的力学性能优良。

表 3 焊带和堆焊金属化学成分(%)

材料	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N
焊带	0.044	0.22	1.33	0.008	0.015	13.07	3.60	0.28	0.11
堆焊金属	0.043	0.50	1.01	0.009 2	0.018	13.17	3.58	0.27	0.13

表 4 堆焊金属力学性能

焊带牌号	焊剂牌号	堆焊层数	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$A_{kv}$ /J	硬度(HRC)	热处理状态
H0Cr13Ni4MoN	SJ315	3	1 250	930	4	43	46	焊态
H0Cr13Ni4MoN	SJ315	3	890	750	19	48	38	620℃ × 2h
H1Cr13NiMo	SJ112	3	1 140	870	2	46	41	焊态
H1Cr13NiMo	SJ112	3	850	680	16	52	30	620℃ × 2h

### 2.2 堆焊金属的金相组织

焊剂 SJ315 与焊带 H0Cr13Ni4MoN 匹配的堆焊金属显微组织为低碳马氏体基体上均匀分布细小条状  $\delta$  铁素体, 见图 1。

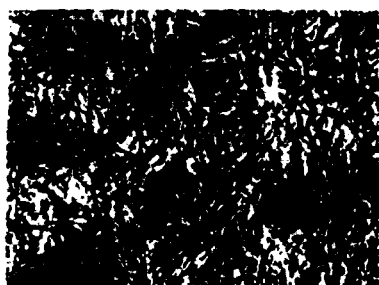


图 1 堆焊金属金相组织 200 ×

## 3 焊剂实际应用

鞍钢集团机械制造有限公司使用 SJ315 焊剂匹配 H0Cr13Ni4MoN 焊带堆焊连铸辊, 焊剂的工艺性能良好, 脱渣性好, 渣壳会自动翘起。焊道平滑熔合好, 堆焊时不出现裂纹和气孔。

堆焊辊子 160 多支, 在大板坯连铸机上使用寿命达 18 个月。下线后经外观检查, 无龟裂, 使用磨损量小于 1 mm(直径方向)。而使用传统的 H1Cr13NiMo 焊带堆焊的连铸辊一个周期, 其表面磨损、龟裂严重。

## 4 结 论

(1) SJ315 为弱碱性烧结焊剂, 具有良好的焊接工艺性和冶金性能, 氧化性小, 抗气孔能力强, 焊道成形美观, 脱渣容易, 焊道熔合好。

(2) SJ315 焊剂匹配 H0Cr13Ni4MoN 焊带堆焊连铸辊, 堆焊金属有益元素 Cr, Ni, Mo 等氧化烧损少, 堆焊金属中含 N, 有效地提高了堆焊金属的硬度, 延长了辊子的使用寿命; 堆焊金属杂质元素 S, P 含量低, 有效地防止了焊接时产生裂纹。

(3) SJ315 焊剂匹配 H0Cr13Ni4MoN 焊带堆焊连铸辊提高了使用寿命, 为用户节约资金, 创造更大的经济效益。

(收稿日期 2005 05 09)

作者简介: 廖永平, 1977 年出生, 学士, 焊接工程师, 主要从事焊接材料的研制工作。