

圆盘剪刀的堆焊修复技术

眭向荣, 沈风刚, 王清宝, 张 迪, 聂祯华

(中冶集团建筑研究总院 焊接研究所, 北京 100088)

摘 要: 依据圆盘剪刀使用工况, 选择了 YJ259-S 药芯焊丝作为堆焊材料, 用自动埋弧堆焊工艺对圆盘剪刀进行堆焊修复。堆焊修复后的剪刀, 其强度和韧性与原剪刀相当, 耐磨性比母材提高了 20 %。修复后的圆盘剪刀在实际生产线上进行运行考核, 完全可以满足圆盘剪刀的使用要求。

关键词: 圆盘剪刀; 堆焊修复

中图分类号: TG47; TG455

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2006)03-0040-04

Hard surfacing Rebuilding Technology for Disco-cutting Edge

SUI Xiang-rong, SHEN Feng-gang, WANG Qing-bao, ZHANG Di, NIE Zhen-hua

(Welding Research Institute of Central Research Institute of Building & Construction. MCC, Beijing 100088)

Abstract: According to the service requirement of disc-cutting edge, YJ259-S fluxed-cored wire was selected as surfacing material. With submerged-arc surfacing process, the disc-cutting edge was repaired and strengthened. The strength and ductility of the repaired disc-cutting edge with good shape were close to that of base metal, and the wear-resistance was increased 20% than that of base metal. The experiment results after the application in production line showed that the repaired disc-cutting edge can absolutely meet the service requirement.

Key words: disco-cutting edge; hard surfacing rebuilding

0 引 言

圆盘剪刀是热轧中板厂成品板材剪边的重要备件之一, 目前国内圆盘剪刀大都采用 H13、55CrNiW 等热作模具钢整体淬火制造。圆盘剪刀在剪切热成品钢板的工况下, 其自身温升约在 200 ~ 400 之间, 要求其能够稳定保持各项力学性能, 特别是热强性, 高温硬度, 耐磨性和韧性。一般情况下, 剪刀使用过程中的破坏形式为崩刃和钝边, 要求圆盘剪刀具有足够的韧性和足够的高温强度。只有强度和韧性的完美结合, 才能使圆盘剪刀达到良好的使用性能。

目前多数圆盘剪刀使用到报废尺寸后, 就不再重复利用。由于单个圆盘剪刀价格昂贵, 文中针对圆盘剪刀的高成本和未重复利用的特点, 一方面着眼于堆焊修复用到报废尺寸的旧圆盘剪刀, 以增加圆盘剪刀的使用周期; 另一方面, 从降低成本的角度出发, 采用堆焊方法复合制造圆盘剪刀, 即芯部

采用成本低、韧性较好的母体材料, 表面堆焊一层高强度、高耐磨性和高韧性的堆焊金属, 以提高圆盘剪刀单个使用周期的服役寿命。

1 堆焊方法及堆焊材料选择

文中选择埋弧焊作为圆盘剪刀的堆焊修复方法。为了使圆盘剪刀表面获得高强度、高韧性的耐磨的工作层, 以适合圆盘剪刀在使用过程中的工作条件, 选用了本单位研制生产的 YJ259-S 焊丝堆焊圆盘剪刀工作层, YJ012-S 焊丝作为过渡层, 其熔敷金属的化学成分见表 1。选用 SJ600 烧结焊剂作为堆焊焊剂, 其化学成分见表 2。

2 堆焊修复工艺

2.1 焊前加工及检测

为了保证圆盘剪刀有效工作, 堆焊层的有效厚度应达到 5 mm 以上, 因此, 圆盘剪刀堆焊前必须先加工, 除去旧疲劳层和裂纹。另外, 为保证堆焊质量, 须对圆盘剪刀进行超声和着色探伤, 如发现裂纹等缺陷, 必须全部去除, 再次探伤合格后方可焊接。

收稿日期: 2006-04-20; 修回日期: 2006-04-30

作者简介: 眭向荣 (1975-), 男 (汉), 山西昔阳人, 工程师, 硕士。

2.2 预热温度和层间温度的确定

在堆焊过程中，如果圆盘未预热或预热温度不够高，保温时间不够长，堆焊层会形成较大的热应力，产生裂纹，而圆盘表层在堆焊时也会发生马氏体相变，形成薄的脆硬层，从而导致堆焊层开裂和剥落，故堆焊前圆盘应彻底预热并在堆焊时保持焊道层间温度稳定。预热温度的高低由圆盘材料和堆焊材料的合金体系来综合确定，一般碳含量和合金元素总含量越高，则预热温度也越高。预热保温时间则和圆盘的大小和直径有关，圆盘越大，直径越大，保温时间越长，以保证轧辊内外均温。堆焊开始后，焊道层间温度一般应保持在比预热温度略低的水平上，但不得低于 50 。

堆焊层组织的均匀性决定硬度的均匀性。影响组织均匀性的工艺因素包括堆焊过程中工艺参数的稳定性、相邻焊道合适的搭接量、预热温度、层间温度。如果焊前不预热，焊后不缓冷，也不控制层温，冷焊时由于堆焊基体金属的温度低，焊道的冷却速度快，焊道温度很快降到马氏体转变点(M_S) 以下，组织转变成马氏体。随着焊接过程的进行，后面的焊道对前面的焊道起了淬回火作用，而且回火温度沿焊道热影响区宽度方向不等，从而最终造成了堆焊层的硬度不均匀。由此可见，要获得好的硬度均匀性，除焊丝本身成分要均匀外，一定要有预热、控制层间温度和焊后热处理这 3 个步骤，预热温度和层间温度要高于堆焊材料的 M_S 点，避免在焊接过程中产生马氏体转变，使整个堆焊层焊完之后在炉中同时进行马氏体转变。同时预热温度和层间温度尚需视工件刚性大小和堆焊材料的抗裂性而定。在本研究所采用的模具钢成分的堆焊合金中，由于合金含量较高，实际轧辊堆焊修复时，预热温度确定为 350 ~400 ，焊道层间温度控制在 250 ~350 范围内。

2.3 堆焊工艺的确定

堆焊工艺参数是指堆焊时所采用的焊接极性、焊丝直径、焊接电流、焊接电压以及堆焊速度等。堆焊工艺参数主要取决于圆盘直径、焊丝直径和焊丝的合金元素含量。焊丝直径由圆盘直径的大小来确定，一般在 $\phi 2.4\sim 4.0$ mm 范围内。通常，小轧辊选择小直径焊丝，大轧辊选择大直径焊丝。焊丝合金元素含量高的情况下，选择较低堆焊工艺参数；反之，则选择较高堆焊工艺参数。在文中研究进行

的轧辊堆焊修复中，采用 $\phi 3.2$ mm 的药芯焊丝，典型的堆焊工艺参数详见表 3。

表 1 堆焊材料熔敷金属化学成分（质量分数，%）

Table 1 The chemical composition of hard surfacing metal

序号	材料牌号	C	Si	Mn	Cr	Ni	其他
1*	YJ259-S	0.25	0.62	1.78	5.20	/	≤ 5.00
2*	YJ012-S	0.12	0.42	1.84	/	1.51	≤ 2.00

注*: 1-圆盘剪刀工作层; 2-圆盘剪刀过渡层

表 2 埋弧堆焊配用的烧结焊剂

Table 2 Sinter welding flux for Submerged arc surfacing

企业 牌号	粒度/ μm	化学成分（质量分数，%）			
		CaO+MgO+ CaF ₂	MnO+ FeO	Al ₂ O ₃ +TiO ₂ + ZrO ₂	SiO ₂
SJ 600	246~1397	60	4	21	14

表 3 堆焊工艺参数

Table 3 Typical welding parameters

焊接极性	焊丝直 径/mm	焊接电 流/A	焊接电 压/V
直流反接	3.2	300 ~ 400	25 ~ 35
焊接速 度/ $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$	焊道接 搭量	层间温 度/	焊后 状态
20 ~ 25	$\geq 50\%$	250 ~ 300	缓冷

2.4 焊后去应力回火工艺参数的确定

焊后去应力回火的主要目的是去除在堆焊过程中产生的热应力和组织应力，同时使堆焊组织产生“二次硬化”，进一步提高和改善堆焊金属的耐磨性及耐热疲劳性。回火工艺见图 1，其参数通常根据以下几方面因素来综合考虑设定：

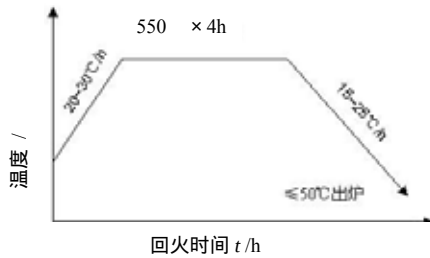


图 1 圆盘剪刀焊后热处理回火工艺

Fig.1 The post weld heat treatment of Disc-cutting edge

- (1) 堆焊层材料的化学成分 如含碳量以及 Cr、Mn、Mo、W、V、Nb 等合金元素的含量，以设定回火温度；
- (2) 堆焊层的厚度，考虑设定保温时间；
- (3) 堆焊辊的大小，考虑设定保温时间。

依据文中研制的药芯焊丝堆焊金属以及圆盘剪刀母材的合金成分，回火温度设定在 550 。而保温时间通常要略长一些（4 h），一方面能使应力充分释放，另一方面可促进基体组织中细小碳化物的弥散析出，增加堆焊层的耐磨性及耐热疲劳性。

3 熔敷金属组织和性能分析

3.1 金相组织及其分析

用研制生产的药芯焊丝 YJ259-S 在 25 mm×250 mm× 200 mm 的 Q235 试板上堆焊五层，作堆焊试验，在 560 ×2 h 回火后，随炉冷却到室温。堆焊层横截面金相试样用 4 %硝酸酒精溶液腐蚀，结果如下：

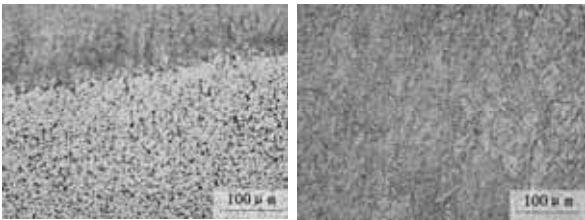
图 2(a)为底层焊缝和热影响区的分界，分界上晶粒明显长大大部分为热影响区，组织为铁素体和少量珠光体；在热影响区上面的母材组织为铁素体和呈带状分布的珠光体。图 2(b)为底层焊缝，焊缝组织呈柱状晶分布，组织为马氏体，少量残余奥氏体及回火马氏体。

图 3(a)为盖面焊缝，组织为回火马氏体和碳化物，碳化物析出量明显增多；图 3(b)是(a)的局部放

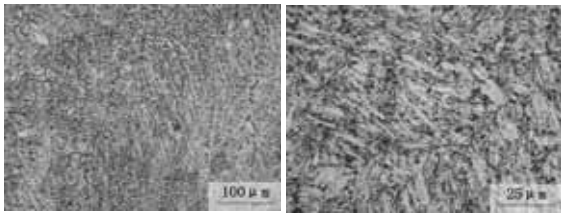
大，可以明显看到基体组织上的碳化物颗粒。

3.2 熔敷金属的力学性能

- (1) 硬度测试 采用 HL-160A 里氏硬度计测量堆焊试样（两组）的硬度值。结果见表 4：
- (2) 耐磨性试验 采用 ML-10 磨粒磨损试验机进行试验，结果见表 5。



(a)堆焊底层与热影响区 (b) 堆焊底层组织
图 2 堆焊底层与热影响区(a)及其底层焊缝(b)金相组织
Fig.2 Surfacing bottom metal and heat-affected zone



(a)盖面焊缝 (b) 盖面焊缝的高倍组织
图 3 盖面焊缝 200 倍(a)和 800 倍(b) 的金相组织
Fig. 3 Metallographs of welding bead at (a) 200X and (b) 800X magnification

表 4 硬度测试结果

Table 4 The hardness measures

试样组别		硬度实测结果/HRC					平均值/HRC	状态
a	47.9	47.9	48.5	48.3	48.0	48.2	48.2	焊态硬度
b	51.1	50.9	50.5	50.6	50.9	50.8	50.8	560 ×1.5 h

表 5 磨损试验结果(磨损量/mg)

Table 5 The results of abrasion test

材料 编号	试样编号	磨损 前重量	磨损 后重量	磨损前后重 量差	失重比	平均 失重比	相对 耐磨系数
0#	1	9.2619	9.1543	0.1076	1.1617	1.6769	1
	2	8.9370	8.7411	0.1959	2.1920		
1#	1	8.6003	8.4621	0.1382	1.6069	1.3944	0.8315
	2	8.7406	8.6373	0.1033	1.1818		

其中：0#为圆盘剪刀原母材；1# 为 YJ259-S 堆焊熔敷金属。从结果可以看出堆焊后圆盘剪刀的耐磨性提高了 20 %。

(3) 拉伸和冲击试验结果

熔敷金属拉伸试验按 GB/T2652 进行，常温冲击试验采用 GB/T 2650 的方法进行；熔敷金属拉伸试验的抗拉强度为 1610 MPa，圆盘母材抗拉强度为 1 680 MPa。冲击试验试验结果见表 6，其中 YJ259-S 熔敷金属试样编号为 A，圆盘母材的试样编号为 B。

从以上结果可以看出堆焊金属的强度和冲击韧性与母材大体相当，能够满足圆盘剪刀的使用要求。

4 圆盘剪刀堆焊修复现场和上机使用情况

图 4(a)和(b)分别为圆盘剪刀的堆焊现场和堆焊后在热处理炉中的照片。修复后通过机加工和磨削加工，探伤无裂纹、气孔等缺陷。通过在首钢秦皇岛板材公司和太钢五轧厂的上机试验结果，能够满足使用性能要求，见图 4(c)。

表 6 冲击韧性试验结果

Table 6 The experimental results of impact toughness

试样 编号	试样尺寸/cm		断面 积/cm ²	冲击 功/J
	高	宽		
A ₁	1	0.8	0.8	8.0
A ₂	1	0.8	0.8	7.0
A ₃	1	0.8	0.8	7.0
A ₄	1	0.8	0.8	8.0
A ₅	1	0.8	0.8	8.0
B ₁	1	0.8	0.8	8.0
B ₂	1	0.8	0.8	8.0
B ₃	1	0.8	0.8	10.0
B ₄	1	0.8	0.8	8.0
B ₅	1	0.8	0.8	8.0



(a) 堆焊现场 (b) 焊后热处理炉中 (c) 修复后上机使用中

图 4 圆盘剪刀堆焊修复的堆焊(a)热处理(b)和上机使用情况(c)

Fig.4 Hard surfacing(a), heat treatment(b) and working situation (c) of disc-cutting edge

5 结 论

(1) 结合圆盘剪刀的工作条件，通过自行研制的 YJ012-S 和 YJ259-S 药芯焊丝，对圆盘剪刀进行堆焊修复。堆焊后的剪刀无缺陷，其强度和韧性与母材金属相当，耐磨性比母材提高了 20 %。

(2) 堆焊修复后的圆盘剪刀在生产线上进行了运行考核，完全满足使用性能要求，大大降低了生产成本。

参考文献：

[1] 陈清. 5CrW2Si 大型圆盘剪剪刀的热处理 [J]. 热加

工工艺，2005，(12):46-47.

[2] 刘耀民. 圆盘剪剪刀崩豁的原因及改进 [J]. 焊管，2002，(3): 49-51.

[3] 王建国，王贵，刘晓刚. 热剪机剪刀修复工艺 [J]. 金属热处理，1999，(3):34-35.

[4] 姚树玉，李惠琪. 采煤机截齿堆焊高速钢涂层的研究 [J]. 金属热处理，2004，(8):51-54.

作者地址：北京市海淀区西土城路 33 号 100088

中冶集团建筑研究总院焊接研究所

Tel：(010) 82227326；13701282079

E-mail：sui_xiang_rong@sohu.com

