

网络出版时间:2014/11/6 15:25:50

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.14024/j.cnki.1004-244x.2014.06.034.html>

工艺参数对氩弧熔覆焊缝尺寸及组织影响的研究

时海芳, 柳凤恩, 柳鑫恩, 王禹, 白榆, 王义伟

(辽宁工程技术大学 材料科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要 通过控制氩弧熔覆的焊接电流、焊接速度、氩气流量、电弧长度等参数,在Q235钢上以镍基合金粉末来制备预制块进行氩弧熔覆。利用DSM200型读数显微镜测量每个试样焊缝熔池的熔深及熔宽;在LEICA DM4000M的立式金相显微镜上观察其金相组织。通过对比各参数可以发现,焊接电流影响最大,焊接速度和氩气流量对焊缝尺寸及组织的影响较小,进而确定Q235钢氩弧熔覆的最佳工艺参数为:焊接电流160 A,焊接速度115 mm/min,氩气流量9 L/min,电弧长度3.5 mm。

关键词 焊接电流;焊接速度;氩气流量;电弧长度;焊缝尺寸;焊缝组织

中图分类号 TB333

文献标志码 A

文章编号 1004-244X(2014)06-0055-04

Effect of process parameters on size and microstructure of argon arc cladded weld

SHI Haifang, LIU Feng'en, LIU Xinen, WANG Yu, BAI Yu, WANG Yiwei

(School of Material Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract Through the control of welding current, welding speed, argon flow rate and other parameters in argon arc cladding, the precast block prepared with nickel base alloy powder was cladded on Q235 steel. Penetration depth and weld width of weld pool for each sample were measured using DSM200 type reading microscope. The vertical metallographic microscope of LEICA DM4000M was used for metallographic observation. It is found that the influence of welding current on weld size and microstructure is most, while welding speed and argon gas flow are less, and the optimal technological parameters of argon arc cladding for Q235 steel is as follows: welding current 160 A, welding speed 115 mm/min, argon flow rate 9 L/min, and arc length 3.5 mm.

Keywords welding current; welding speed; flow rate of argon; arc length; weld size; weld microstructure

近年发展起来的钨极氩弧熔覆技术,因其设备结构简单、操作方便、成本低廉、能源利用率高、方便调节等优点,在国内外得到广泛的应用^[1-2]。目前关于氩弧熔覆技术原理及应用的研究较多^[3-5],但关于如何确定最佳的氩弧熔覆工艺参数,从而获得焊缝尺寸及组织良好且综合性能优异的熔覆层的研究报道较少。氩弧熔覆工艺参数主要包括焊接电流、焊接速度及氩气流量等。选择适当的焊接电流可以得到稳定的焊接过程,焊缝美观、接头质量好。焊接电流较大时,焊缝的熔深熔宽都会增大,热影响区也会增大;焊接电流较小时,焊缝的熔深和熔宽都会减小,会产生未熔合和未焊透等焊接缺陷。焊接速度的大小直接影响焊接热源的移动速度,从而影响焊缝质量。氩气流量的选择是保证焊缝成形质量的关键,流量过大会导致气体流速增加,难以保持稳定的层流,且带走过多的热量,影响电弧稳定燃烧;而过小时,又达不到保护效果。因而,如何确定最优的焊接工艺参数,对于能否获得性能优异

的熔覆层至关重要。

1 实验

1.1 材料

基体采用Q235碳素结构钢,试件尺寸为100 mm×30 mm×6 mm,焊前用砂纸对其进行表面除锈,并用丙酮清洗除油。熔覆层材料选用镍基合金粉末,所选镍基成分的质量分数为:0.8%~1.0% C, Fe<14%, 14%~18% Cr, 3.5%~4.5% B, 3.5%~4.5% Si, 余量Ni。为了能把金属粉末均匀地黏结在一起,用模数为2.5的钠水玻璃,利用水玻璃具有一定的黏度,从而能够使合金粉末在预置压力下形成具有一定强度的熔覆块。

1.2 氩弧熔覆层

将总质量为10 g的混合合金粉末置于研钵中,研磨至颜色均匀,无明显颗粒团聚。然后添加一定量的水玻璃为黏结剂,充分搅拌后放入制备好的模具中,利用WE-30液压式万能试验机在一定压力下将合金粉

收稿日期:2013-11-22;修回日期:2013-12-24

作者简介:时海芳,男,硕士生导师,教授;主要研究方向为金属材料加工及表面改性技术。E-mail:535970199@qq.com。

末压制成 100 mm×10 mm×2 mm 的预制块,阴干 24 h,放入烘干箱中,升温至 150 ℃,烘干 3 h 后备用。用 WS-500 逆变式直流氩弧电焊机进行熔覆。

1.3 氩弧焊接头组织结构分析

在试样的焊缝两侧垂直焊接方向上分别切割 16 mm×10 mm×6 mm 的试样,对其进行粗磨、细磨、抛光、腐蚀,用 DSM200 型读数显微镜测量每个试样焊缝熔池的熔深熔宽,进行对比分析。用 3% 的硝酸酒精溶液腐蚀后,在 LEICA DM4000M 的立式金相显微镜上观察其金相组织,分析焊缝表面形貌尺寸及组织变化。

2 结果与分析

2.1 焊接电流对焊缝尺寸及组织的影响

采用 100、120、140、160、180、200 A 6 组电流进行焊接,氩气量为 7.5 L/min,电弧高为 4.5 mm,钨极直径选 2.0 mm,焊接速度选 115 mm/min。

2.1.1 焊接电流对熔池熔深、熔宽及深宽比的影响

经测量,得出熔深熔宽及深宽比,见表 1。可以明显看出,随着电流的增加,焊接接头的熔深、熔宽均增加。这是因为随着电流的增加,电弧中的电磁收缩力和等离子流力同时增加,致使电弧力增加,即电弧的挺直性增加,增加了电弧对焊缝金属的搅动,从而获得较大的熔深和熔宽。但熔宽增加的速度略大于熔深增加的速度,因此深宽比先随电流的增加而增加,增加到 180 A 时有所降低,然后又开始增加。当电流为 160、200 A 时,熔池的深宽比最大,但 200 A 时电弧不稳定,焊缝成形也不好,说明电流不是越大越好,要选择最合适的电流,综合熔深熔宽数值及其比值,故选择焊接电流为 160 A。

表 1 电流对焊缝尺寸影响

Table 1 Effect of electric current on dimensions of welded beam

电流/A	熔深/mm	熔宽/mm	深宽比
100	0.69	3.82	0.18
120	1.36	4.86	0.27
140	1.73	5.52	0.32
160	2.52	7.37	0.34
180	2.59	8.08	0.32
200	3.42	8.98	0.38

2.1.2 焊接电流对焊接接头显微组织的影响

图 1 为不同焊接电流对接头显微组织的影响。

普通碳素结构钢因含碳量较低,其一般平衡态组织为铁素体+珠光体组织,如图 1 中各图下部为基体组织。经焊接后,焊缝接头主要由两个区域组成,即焊缝

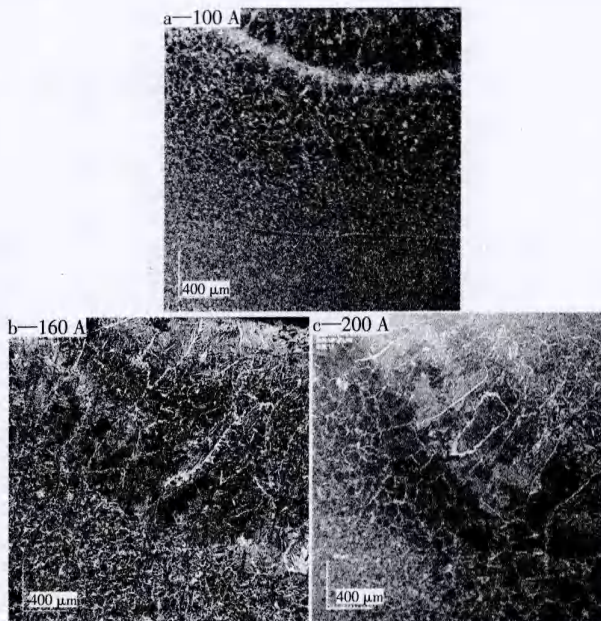


图 1 电流对焊缝组织的影响

Fig.1 Effect of electric current on microstructure of welded beams

区和热影响区(Heat Affected Zone,简称 HAZ)。热影响区又可细分为熔合区、过热区、相变重结晶区、不完全重结晶区。可以看出,当电流为 100 A 时,焊缝区窄而小,内部无明显的柱状晶组织,且熔合区明显,熔合区下方粗晶区较窄;随着电流增加,热输入增加,焊缝区的宽度逐渐增大,柱状晶也逐渐长大,当电流增加到 200 A,焊缝内部有粗大的柱状晶,在焊缝外还有大量晶粒尺寸和数量也远大于电流为 160 A 时的组织,使焊缝韧性下降,严重影响焊接接头的力学性能,因此,选择焊接电流为 160 A 是可行的。

2.2 焊接速度对焊缝尺寸及组织的影响

采用焊接电流为 160 A,氩气量为 7.5 L/min,电弧高为 4.5 mm,钨极直径选 2.0 mm,焊接速度为 75、95、115、135、155 mm/min 进行焊接。

2.2.1 焊接速度对熔池熔深、熔宽及深宽比的影响

经测量,得出熔深、熔宽及深宽比,见表 2。可以看出,随焊接速度的增加,焊接接头熔深、熔宽逐渐减小。这是由于随焊接速度的增大,焊接热源的移动加

表 2 焊接速度对焊缝尺寸影响

Table 2 Effect of welding speed on dimensions of welded beam

焊接速度/(mm·min ⁻¹)	熔深/mm	熔宽/mm	深宽比
75	3.40	13.23	0.26
95	2.82	12.90	0.22
115	2.56	7.22	0.36
135	1.87	6.98	0.27
155	1.99	7.07	0.28

快,焊接热源与焊件作用时间减少,焊接热输入减小,因此获得的熔深和熔宽均减小。当焊接速度为115 mm/min,熔池深宽比最大,焊接效果最好,因此选取焊接速度为115 mm/min。

2.2.2 焊接速度对焊接接头显微组织的影响

图2为不同焊速对焊缝组织影响的金相照片。可以看出,当焊接速度为75 mm/min,焊缝熔合线处柱状晶尺寸普遍较大,沿柱状晶向内生长的羽毛状魏氏体组织也较大。从金相学角度上分析该组织对焊件最终力学性能会有很大影响:针状的魏氏组织铁素体在受力时极易产生应力集中,从针状组织尖端产生裂纹进而导致材料产生宏观断裂,而较大的柱状晶将会为裂纹的开展提供通道,因此柱状晶尺寸越大,羽毛状魏氏组织铁素体越多,材料的性能越差。不仅如此,由于焊接速度过慢,造成靠近柱状晶根部的晶粒异常长大,该部分宽度约为1 mm;当焊接速度增加至115、155 mm/min,熔合线处柱状晶尺寸相差不大,说明线能量输入的降低不会很大程度上影响柱状晶的尺寸。而焊接速度为115 mm/min,其柱状晶根部仅有很窄部分过热组织,其宽度范围不超过0.8 mm;随焊接速度的逐渐提高,柱状晶根部的过热组织宽度进一步减少,但是幅度较小。因此,综合考虑,选取焊接速度为115 mm/min是合理的。

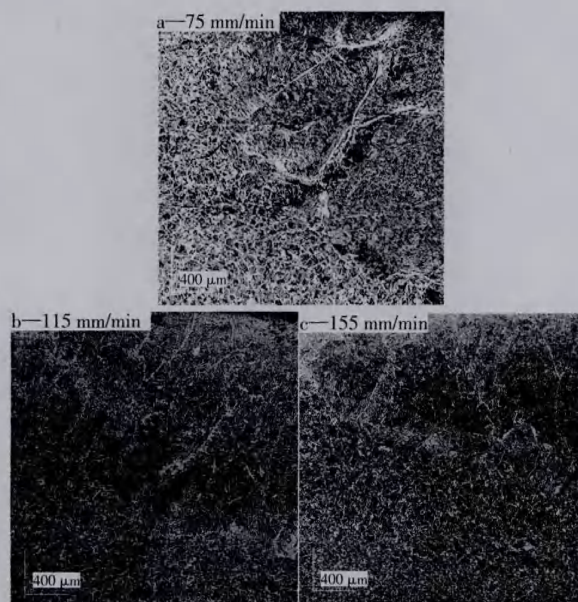


图2 焊接速度对焊缝组织的影响

Fig.2 Effect of welding speed on microstructures of welded beams

2.3 氩气流量对焊缝尺寸及组织的影响

用焊接电流为160 A,焊接速度为115 mm/min,电弧长为3.5 mm,钨极直径为2.0 mm,氩气流量为4.5、6、7.5、9、10.5、12 L/min进行实验。

2.3.1 氩气流量对焊缝熔深、熔宽及深宽比的影响

经测量,得出熔深、熔宽及深宽比,见表3。可知,当氩气流量小于7.5 L/min,随氩气流量值的增加,熔深降低明显,当氩气流量大于7.5 L/min,熔深变化幅度较小,其波动值不超过0.2 mm;氩气流量对熔宽影响也较不明显,一般为6~8 mm。当氩气流量过小时,气体挺度较差,排除周围空气的能力弱,对焊缝保护效果不好,使其容易生锈;随着氩气量增加,保护效果渐增,但氩气流量过大,会形成紊流,导致空气的卷入,还会造成成本浪费,因此应该在保证焊缝质量的前提下选择较低的氩气流量。由表3得,当氩气流量分别为6、9、12 L/min,其熔深熔宽比值分别为0.38、0.22、0.22。可以看出,采用氩气流量为9 L/min和12 L/min的深宽比相差不大。综合考虑,氩气流量选择9 L/min为佳。

表3 氩气流量对焊缝尺寸影响

Table 3 Effect of argon flow on dimensions of welded beams

氩气流量/(L·min ⁻¹)	熔深/mm	熔宽/mm	深宽比
4.5	3.49	6.83	0.51
6.0	2.79	7.31	0.38
7.5	1.56	7.46	0.21
9.0	1.69	7.67	0.22
10.5	1.76	6.26	0.28
12.0	1.64	7.35	0.22

2.3.2 氩气流量对焊接接头显微组织的影响

图3为氩气流量值变化对焊缝熔池组织的影响。可见,氩气流量的增加对熔池柱状晶尺寸影响不大,仅当氩气流量为12 L/min,柱状晶尺寸稍有减小,且热影响区宽度变化不大,故氩气流量对熔池组织影响较

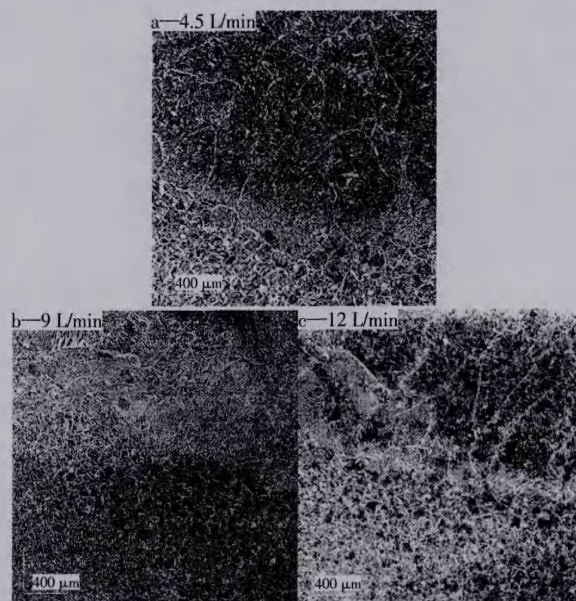


图3 氩气流量对焊缝组织的影响

Fig.3 Effect of flow of argon on microstructures of welded beams

小。综合焊缝成形、尺寸、组织等考虑,以及为后续活性焊接做准备,应选择较小氩气流量,以免活性剂被吹跑,降低其利用率,故选择氩气流量为9 L/min合理。

2.4 电弧长度对焊缝尺寸及组织的影响

采用焊接电流为160 A,焊接速度为115 mm/min,氩气流量为7.5 L/min,钨极直径选2.0 mm,6组电弧长为2.5、3.5、4.5、5.5、6.5、7.5 mm进行焊接。

通过观察试样熔覆后表面形貌可以发现,当电弧长度较小时,焊缝呈鱼鳞状,成形美观,且焊道宽度变化较小,这是由于焊接过程中氩气通过钨极与工件间电弧周围形成良好的保护气氛,且其受周围空气对流的影响较小,保护气氛稳定,因此对熔池金属冷却过程中起到良好的防氧化生锈作用,但较小的电弧长度极易造成焊接过程中钨极与工件直接接触短路,导致焊接过程终止,且会产生钨极熔化,造成焊件表面产生钨夹杂,从焊接质量角度讲,应该杜绝该现象的发生。随电弧长度的增加,鱼鳞状逐渐均匀,熔宽逐渐增加,氩气保护气氛形成的弧柱长度也不断增加,导致弧柱与周围气体接触面积的增加,其受到空气对流的影响较大,同时较大的接触面积增加了高温弧柱与周围低温介质热交换频率,弧柱热量损失,造成焊接效率低下,该现象尤其在电弧长超过5.5 mm时变化明显。鉴于此,电弧长度不应超过5.5 mm。

2.4.1 电弧长度对焊缝熔深、熔宽及深宽比的影响

经测量,得出具体熔深、熔宽及深宽比,见表4。可以看出,随电弧长度的增加,熔深稍有增加,但是变化不大,而熔宽增加较为明显。这是因为,随电弧长度增加,焊接电弧作用于焊件的面积逐渐增大,因此受热面积逐渐增加,所以熔宽增加明显。由于总热源输入不变,因此熔深增加不是十分明显。当电弧长为3.5、4.5 mm,熔池熔深达到最大值,但采用4.5 mm电弧长会大幅增加焊缝宽度,因此选择3.5 mm电弧长为后续焊接工艺参数。

表4 电弧长度对焊缝尺寸影响

Table 4 Effect of arc length on weld size

电弧长/mm	熔深/mm	熔宽/mm	深宽比
2.5	1.93	6.49	0.29
3.5	2.56	7.22	0.36
4.5	2.34	9.51	0.25
5.5	2.46	7.44	0.33
6.5	2.51	11.52	0.22
7.5	1.60	7.87	0.20

2.4.2 电弧长度对焊接接头显微组织的影响

图4为电弧长度对焊接接头金相组织的影响。

电弧长度的增加直接导致焊件热输入降低,但其对熔池柱状晶数量和大小影响较小,当电弧长为3.5 mm,其柱状晶尺寸为1 mm左右,而电弧长度增加到7.5 mm,其柱状晶尺寸也达到0.8 mm,两者相差不大。可见,电弧长度对柱状晶生长过程影响不明显。当电弧长为3.5 mm,热影响区宽为1.2 mm左右,而电弧长为7.5 mm,热影响区宽仅为0.8 mm左右,可见电弧长度对焊缝热影响区面积影响较大。这是因为电弧较短,电弧受到周围气体热交换以及紊流程度较轻,热量更集中,注入深度和加热时间更长,因此热影响区面积更大;而电弧长度增加,紊流现象加剧,对电弧注入深度和加热时间均有较大影响,故热影响区面积和晶粒尺寸相应较小。

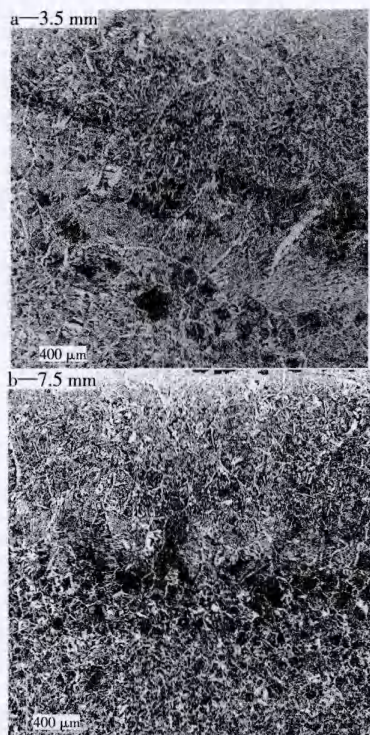


图4 电弧长度对焊缝组织的影响

Fig.4 Effect of arc length on microstructures of welded beams

3 结论

1) 在陶瓷喷嘴和钨极材质、直径及尖角等条件相同情况下,焊件熔池形状主要受热量影响。

2) 焊接工艺参数中,焊接电流、电弧长度对焊缝尺寸及显微组织影响较大,而焊接速度、氩气流量等影响较小。

3) 综合以上参数的影响,确定Q235钢氩弧熔覆的最优焊接工艺参数为:焊接电流160 A,焊接速度

网络出版时间:2014/10/21 13:39:53

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.14024/j.cnki.1004-244x.2014.06.006.html>

温度和相变效应对超高速碰撞数值模拟中碎片云质量特性的影响

董士伟^{1,2}, 冷雪³, 李宝宝², 汤文辉⁴, 蒋林承¹

(1.国防科学技术大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073; 2.总参工程兵科研三所, 河南 洛阳 471023;
3.凯迈(洛阳)测控有限公司, 河南 洛阳 471000; 4.国防科学技术大学 理学院 工程物理研究所, 湖南 长沙 410073)

摘要 为研究温度的升高和相变的出现对材料在超高速碰撞中行为的影响, 采用考虑温度和相变效应的GRAY三相物态方程与未考虑相关效应的Tillotson物态方程, 对超高速碰撞碎片云的质量特性进行数值模拟对比研究。结果表明: 当碰撞速度在5 km/s以下时, 由两种物态方程给出的碎片云质量数据基本一致, 但当碰撞速度在7 km/s及以上时, 两种物态方程给出碎片云质量数据有较大差别; 而在碰撞速度为7.8 km/s, 两种物态方程给出的前向碎片云质量随方位角 α 的分布有明显区别。这说明在较高速度的碰撞中, 温度和相变的相关效应对碎片云运动及其后续破坏能力有较大影响。

关键词 超高速碰撞; GRAY三相物态方程; 碎片云质量特性; 数值模拟

中图分类号 V520.7; V475.2

文献标志码 A

文章编号 1004-244X(2014)06-0059-04

Effect of temperature and phase-change on mass characters of debris clouds in numerical simulation of hypervelocity impacts

DONG Shiwei^{1,2}, LENG Xue³, LI Baobao², TANG Wenhui⁴, JIANG Lincheng¹

(1.College of Information Systems and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;
2.The Third Engineer Institute of the Headquarters of the General Staff, Luoyang 471023, China;
3.Kaimai Measurement and Control Technology Limited Company, Luoyang 471000, China;
4.Institute of Engineering Physics, College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract The temperature rising and the phase-change will affect the materials behaviors under hypervelocity impacts. The GRAY three-phase equation of state which takes into account the thermodynamic influence and the Tillotson equation of state which does not take the thermodynamic influence into account were adopted to carry out numerical simulation on hypervelocity impacts, and the mass character of the debris clouds was studied by comparing the results of the two equations of state. The simulation results show that when the impact velocity is under 5 km/s, there are no obvious differences between the debris clouds mass given by the two equations of state, but when the impact velocity exceeds 6 km/s, there are notable differences between the debris clouds mass given by the two equations of state. And when the impact velocity is at 7 km/s or 8 km/s, the mass distribution of the front debris clouds versus the location angle (α) given by the two equations of state differentiates. The study results show that temperature and phase changes under higher impact velocity have obvious influence on evolvement and destruction capability of the debris clouds.

Keywords hypervelocity impacts; the GRAY three-phase equation of state; the mass characters of the debris clouds; numerical simulation

收稿日期:2014-01-07;修回日期:2014-05-24

基金项目:国家自然科学基金资助(10772199)

作者简介:董士伟,男,硕士研究生在读,助理工程师;主要从事高速碰撞领域相关工作。E-mail: dongshiwei1011@126.com。

通信作者:蒋林承,男,硕士在读;主要从事高速碰撞领域以及计算机领域相关工作。E-mail: lincchengjiang08@163.com。

115 mm/min, 氩气流量9 L/min, 电弧长3.5 mm。

4 参考文献

- [1] 张景德, 尹衍升, 李静, 等. 陶瓷涂层材料的应用与发展[J]. 机械工程材料, 2002, 26(11): 5-7.
- [2] 刘喜明. 氩弧熔覆Fe-Cr-Si-B系熔覆层的物相分析[J]. 金属热处理, 1998(12): 22-25.

- [3] 郝建军, 马跃进, 李建昌. 氩弧熔覆原位合成Ni基耐磨层在犁铧上的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 117-120.
- [4] Martini C, Palombarini G, Poli G, et al. Sliding and abrasive wear behaviour of boride coatings [J]. Wear, 2004, 256: 608-613.
- [5] 陈冰泉. 45钢表面Fe2B增强层的氩弧反应合成研究[J]. 中国机械工程, 2003, 14(14): 1255-1257.