

# 熔渣成分对气保护不锈钢药芯焊丝脱渣性影响的研究

Study on Effects of Composition and Microstructure of Slag on the Slag Detachability of Gas-shielded Flux Cored Wire for Stainless Steel

栗卓新, 蒋建敏, 魏琪 (北京工业大学, 北京 100022)

LI Zhuo-xin, JIANG Jian-min, WEI Qi  
(Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

**摘要:** 用 EDAX 和 SEM 研究了熔渣成分和显微组织对气保护不锈钢药芯脱渣性的影响, 结果表明, 熔渣中金红石与石英的比例对熔渣的微观组织结构有较大影响。当  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  约为 6.0, 脱渣性最好。当  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  在 1.6~3.2 区间变化时, 脱渣性最差。同时确定了  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-MnO}$  渣系的气保护不锈钢药芯焊丝的最佳脱渣区。

**关键词:** 不锈钢; 药芯焊丝; 脱渣性

**中图分类号:** TG444.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4381 (2003) 01-0030-04

**Abstract:** Effects of composition and microstructure of the slag on the slag detachability of gas-shielded flux-cored wire for stainless steel were studied by means of EDAX and SEM. The results show that the ratio of  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  has an obvious effect on the slag microstructure. The detachability is excellent when  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  is 6.0, It is the worst when  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  is between 1.6~3.2. Finally, the optimum zone of slag detachability of gas shielded flux-cored wire for stainless steel in  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-MnO}$  slag system is determined.

**Key words:** stainless steel; gas-shielded flux-cored wire; slag detachability

气保护不锈钢药芯焊丝电弧焊是高效低成本自动化的不锈钢结构制造技术。在发达国家, 已占焊材的 30% 以上, 有近 50% 的不锈钢设备是采用气保护不锈钢药芯焊丝电弧焊制造的。根据不锈钢焊接的特点及应用场合, 脱渣性、飞溅及焊缝成型是重要的工艺性能指标。不锈钢药芯焊丝由于其含铬量高, 易在熔渣中形成  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  等尖晶石氧化物, 因此脱渣困难。而脱渣性好坏直接影响焊缝质量, 焊接生产率及焊工劳动强度。目前国内外很少进行气保护不锈钢药芯焊丝工艺性能理论的研究, 尚未见到文献报道。在外界条件一定时, 物质的性质取决于物质的内部构造。这种构造就是组成物质的粒子种类和分量, 以及它们在运动中的排列方式, 即物质的成分及组织结构。因此, 可以说熔渣的脱渣性是由熔渣的化学成分及微观组织结构决定的。不同渣系的熔渣具有不同的微观组织结构; 同一渣系的熔渣, 其化学成分发生变化, 微观组织结构也发生变化。在大量的工艺试验的基础上发现, 药芯中金红石与石英的比例对熔渣的微观组织结构影响较大。因此, 本工作在酸性渣系内选择了四种具有代表性的熔渣。采用扫描电镜, 研究了熔渣化学成分、熔渣微观组织结构对脱渣性的影响。确定了

$\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-MnO}$  渣系的气保护不锈钢药芯焊丝的最佳脱渣区。

## 1 试验方法及试验条件

药芯焊丝的脱渣性试验采用平板堆焊及 45° 规定评定脱渣性。钢球重 3000g, 以初速度为零的自由落体状态锤向试板背面, 平板堆焊时焊后停留 1 min 后锤击, 试验架高度 500mm。坡口内焊接时, 试验架高度调至 1000mm, 堆焊后立即用钢球砸击焊道背面, 第一层时砸 5 次, 第二层以后砸 3 次。本研究在酸性渣系内选择了四种具有代表性的熔渣。焊后收集熔渣, 用 EDAX 分析熔渣化学成分, 用 SEM 观察熔渣形貌, 研究熔渣化学成分、熔渣微观组织结构及其与脱渣性的关系。

## 2 试验结果

四种熔渣表面的 EDAX 成分分析结果见表 1, 相应的熔渣内表面 (邻焊缝面) SEM 微观形貌见图 1。表 2 是四种熔渣内表面各相 EDAX 成分分析结果。四种熔渣内表面各相的显微组织特征及其脱渣率见表 3。从表 1 熔渣化学成分分析结果可以看出: 四种焊丝熔

渣内表面化学成分相差较大，其中变化最明显的是TiO<sub>2</sub>及SiO<sub>2</sub>。从1<sup>#</sup>到4<sup>#</sup>内表面的SiO<sub>2</sub>量逐渐增加，而TiO<sub>2</sub>量逐渐减少；四种熔渣外表面的化学成分极为接近，均是由MnO为主的氧化物构成。比较内外表面化学成分，差别最大的是MnO，TiO<sub>2</sub>，SiO<sub>2</sub>及Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。外表面的MnO，SiO<sub>2</sub>含量明显高于内表面，而内表面TiO<sub>2</sub>，Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量明显高于外表面。从表2可以看出，熔渣内表面的白色第二相与黑色基体相的成分比较接近，主要成分均是TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-MnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。由表3可以看出，TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>比例对熔渣内表面的显微组织结构及脱渣性影响较大1<sup>#</sup>，4<sup>#</sup>脱渣性好。

3 分析与讨论

3.1 熔渣化学成分对熔渣微观组织结构特征的影响

表1 熔渣内表面（邻焊缝面）及外表面的EDAX成分分析结果（质量分数，%）

Table 1 Composition of inner and outer surface of melting slag by EDAX (mass fraction, %)

	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	NaO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO
1 <sup>#</sup> 内表面	49.06	8.25	16.45	13.34	3.17	4.32	4.02	0.70	0.41	0.02	0.01	0.49
2 <sup>#</sup> 内表面	38.41	12.42	16.52	16.30	4.25	5.38	4.56	0.92	0.37	0.09	0.02	0.57
3 <sup>#</sup> 内表面	30.03	18.53	17.32	15.21	5.02	6.42	5.90	0.55	0.31	0.13	0.04	0.31
4 <sup>#</sup> 内表面	24.41	20.88	18.19	17.63	5.48	6.12	5.04	0.85	0.24	0.16	0.06	0.72
1 <sup>#</sup> 外表面	18.99	16.36	30.36	10.48	2.25	5.40	5.64	0.26	1.04	0.00	4.14	5.08
2 <sup>#</sup> 外表面	17.16	17.42	30.88	10.17	2.45	5.49	5.34	0.36	0.59	0.00	3.16	4.98
3 <sup>#</sup> 外表面	17.49	20.37	31.42	9.98	3.78	6.02	5.92	0.29	0.76	0.00	3.17	4.78
4 <sup>#</sup> 外表面	16.60	22.27	30.83	8.13	4.64	6.00	4.59	0.09	0.16	0.00	2.02	4.09

由表1可知熔渣内外表面化学成分差别大，其原因一方面是由于脱氧产物的密度小于液态焊缝金属的密度，所以氧化物在液态金属及液态熔渣中上浮。细小球状液态或固态质点在互不相溶的第二液相介质中上浮的速度，遵守斯托克斯定律，可用下式表示<sup>[1]</sup>：

$$V = \frac{2}{9} \times \frac{g}{\eta} r^2 (\rho_l \rho_s)$$

式中：g为重力加速度；η为液体的粘度；ρ<sub>l</sub>、ρ<sub>s</sub>为液体、脱氧产物的密度；r为脱氧产物的半径。

脱氧产物密度的减小及半径的增大均有利于脱氧产物上浮。MnO及TiO<sub>2</sub>的密度小于SiO<sub>2</sub>，MnO及SiO<sub>2</sub>在液态时可聚合为尺寸较大的质点，因此有利于MnO及SiO<sub>2</sub>上浮。另一方面，液态熔渣与正在结晶的焊缝金属表面还要继续进行反应，反应产物则

是在金属表面及熔渣内表面间形成氧化膜，直到熔渣凝固为止。如果焊缝中存在对氧具有较大亲和力的合金元素，由于其选择性的氧化作用，所形成的中间层就是这些元素的氧化物，因此使得表1中熔渣内表面的Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量明显高于熔渣外表面。

从图1a，b，c，d可以看出：四种熔渣内表面微观组织结构相差较大。因此熔渣化学成分对熔渣微观组织结构的影响较大。同时可以看出，熔渣内表面的微观组织形貌具有不均匀性。每种渣的内表面均是由三种相组成，即黑色基体相、白色第二相及白色球状相。其中白色第二相的数量最多，它组织结构的变化使熔渣的微观形貌产生变化。

由表2可见，熔渣内表面的白色第二相与黑色基体相的成分比较接近，主要成分均是TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-MnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。2<sup>#</sup>，3<sup>#</sup>，4<sup>#</sup>熔渣内表面的第二相分两种结构，两种结构中TiO<sub>2</sub>及SiO<sub>2</sub>相对含量发生变化。白色球状相主要成分均为FeO。

由表3可见，2<sup>#</sup>熔渣内表面，TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>约为3.1，TiO<sub>2</sub>相对含量下降，而SiO<sub>2</sub>含量增加，熔渣内表面第二相由两种组织构成，一种为树枝状组织，另

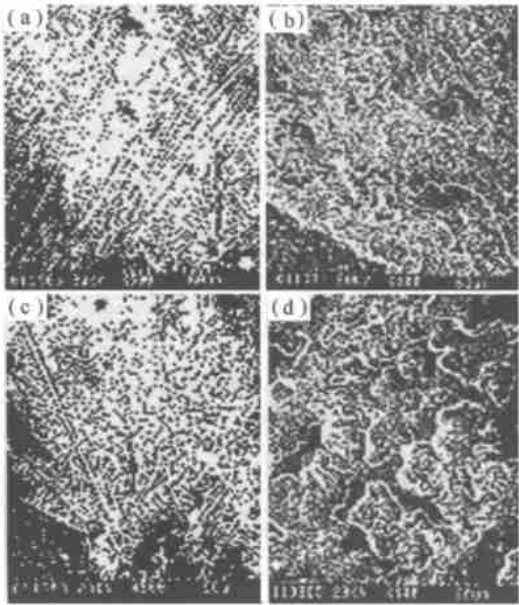


图1 熔渣的SEM微观形貌 (a) 1<sup>#</sup>内表面；  
(b) 2<sup>#</sup>内表面；(c) 3<sup>#</sup>内表面；(d) 4<sup>#</sup>内表面  
Fig. 1 Microstructure of slag by SEM (a) 1<sup>#</sup> inner surface;  
(b) 2<sup>#</sup> inner surface; (c) 3<sup>#</sup> inner surface; (d) 4<sup>#</sup> inner surface

一种为石花状组织<sup>[2]</sup>。3<sup>#</sup> 熔渣内表面 TiO<sub>2</sub>/ SiO<sub>2</sub> 约为 1. 6, 第二相为白色羽毛状组织及孤岛状组织组成, 羽毛状组织细小, 数量多, 密度大, 而孤岛状组织尺寸大, 数量少。前者 TiO<sub>2</sub> 与 SiO<sub>2</sub> 比例与基体相当, 后者 TiO<sub>2</sub> 与 SiO<sub>2</sub> 比例下降至接近 1. 4, 白色球状相数量相对较多, 尺寸较大。4<sup>#</sup> 熔渣内表面 TiO<sub>2</sub>/ SiO<sub>2</sub> 约为 1. 2, 熔渣第二相为连续的网络玻璃状组织, 占第二相中较大的数量, 网络分割的部位则为石花状组织。白色球状相尺寸较大, 数量较多。可以看到随 TiO<sub>2</sub> 比

例的下降, 第二相中粗大的棒束状组织逐渐细化成较小的树枝状组织, 进而变成更细小的羽毛状组织; 随 SiO<sub>2</sub> 比例的增加, 第二相中细小的石花状组织逐渐变成尺寸较大的孤岛状组织, 进而变成连续的网络状玻璃相组织。

综上所述, 熔渣的化学成分对熔渣的显微组织结构有较大的影响, 在本研究的气保护不锈钢药芯焊丝的酸性渣系内, 熔渣中 TiO<sub>2</sub> 与 SiO<sub>2</sub> 相对含量对熔渣的微观组织结构影响最大<sup>〔3〕</sup>。

表 2 熔渣内表面各相化学成分 (质量分数, %)

Table 2 Phase compositions in the inner surface of the slag (mass fraction, %)

	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zr O <sub>2</sub>	NaO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M gO	FeO
1 <sup>#</sup> 黑色基底相	50. 98	7. 59	13. 97	14. 42	4. 08	4. 18	4. 17	0. 12	0. 45	0. 02	0. 00	0. 02
白色第二相	49. 02	8. 12	12. 07	14. 53	4. 54	4. 97	3. 92	0. 07	0. 48	0. 00	0. 02	0. 00
白色球状相	10. 00	0. 47	0. 00	7. 59	1. 43	3. 17	2. 07	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	75. 3
2 <sup>#</sup> 黑色基底相	40. 32	11. 32	15. 78	4. 30	5. 52	6. 73	4. 92	0. 70	0. 31	0. 04	0. 05	0. 28
白色树枝第二相	39. 47	11. 58	17. 41	15. 42	4. 37	5. 62	4. 87	0. 34	0. 47	0. 06	0. 00	0. 39
白色石花第二相	20. 18	19. 72	16. 30	16. 01	5. 92	6. 09	4. 36	0. 45	0. 49	0. 05	0. 01	0. 42
白色球状相	10. 82	0. 12	0. 00	8. 18	1. 54	2. 98	0. 98	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	75. 3
3 <sup>#</sup> 黑色基底相	31. 47	16. 52	18. 64	14. 21	5. 97	6. 04	6. 07	0. 43	0. 38	0. 09	0. 00	0. 17
白色羽毛第二相	28. 96	18. 56	19. 03	14. 88	6. 47	5. 87	5. 17	0. 60	0. 20	0. 14	0. 04	0. 18
白色岛状第二相	29. 98	20. 72	17. 5	13. 98	3. 98	6. 62	5. 25	0. 53	0. 30	0. 17	0. 01	0. 12
白色球状相	8. 21	0. 42	0. 00	9. 87	2. 04	4. 02	0. 82	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	74. 5
4 <sup>#</sup> 黑色基底相	25. 73	24. 96	18. 98	9. 21	9. 02	7. 01	4. 01	0. 74	0. 25	0. 09	0. 00	0. 01
白色网络第二相	24. 88	22. 89	18. 21	8. 98	9. 99	8. 09	5. 86	0. 68	0. 23	0. 16	0. 00	0. 03
白色石花第二相	26. 43	20. 17	17. 65	8. 62	8. 89	8. 63	4. 94	0. 69	0. 31	0. 04	0. 01	0. 01
白色球状相	11. 53	0. 38	0. 00	9. 12	0. 08	2. 09	1. 24	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	73. 7

表 3 四种熔渣内表面各相的显微组织特征

Table 3 Characteristic of microstructure in inner surface of four types of slag

TiO <sub>2</sub> / SiO <sub>2</sub>		组织特征		主要组成物	脱渣率%
		白色第二相	白色球状相		
1 <sup>#</sup>	6 1	粗大长棒束晶体	尺寸较小数量较少	TiO <sub>2</sub> -Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -MnO-SiO <sub>2</sub>	100
2 <sup>#</sup>	3. 1 1	粗大树枝+ 石花状晶体	尺寸较小数量较少	TiO <sub>2</sub> -MnO-Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -MnO-Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	85. 8
3 <sup>#</sup>	1. 6 1	细小羽毛+ 孤岛状晶体	尺寸较大数量较多	TiO <sub>2</sub> -MnO-SiO <sub>2</sub> -Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -MnO-Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	64. 4
4 <sup>#</sup>	1. 2 1	连续网状玻璃相	尺寸较大数量较多	TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -MnO -Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -MnO -Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99. 0

3. 2 熔渣化学成分和微观结构对脱渣性的影响

熔渣脱渣性的本质就是熔渣质点内部结合力及熔渣与焊缝金属间结合力的综合体现。凡是减弱熔渣与金属间结合力及增强熔渣质点内部结合力的因素均会改善脱渣性。

TiO<sub>2</sub> 含量高的酸性渣趋向于形成棒束状及树枝状晶体组织, 而 SiO<sub>2</sub> 含量高的渣趋向于形成非晶体

玻璃状组织。在钛型酸性渣系中, 随着含钛量增加, 熔渣中钛酸盐的含量也随着增加, 且钛酸盐以 FeTiO 和 CrTiO 等形式存在<sup>〔4〕</sup>。当熔渣中钛量较高时, 熔渣的微观组织呈方向性较强的棒束状, 见图 1 a。这种粗大的较长的棒束状组织的结晶方向垂直于等温线, 而沿焊接方向并呈一定角度指向焊缝中心, 因此增加了固态熔渣的纵向结合力, 增加了熔渣质点间纵向内聚

力,使熔渣整体脱离焊缝金属。同时由于晶粒粗大,增大了熔渣组织的不均匀性,从而使熔渣在结晶过程中产生较大的内应力而使熔渣产生横向裂纹,使熔渣成段脱落,轻碰即可脱离焊缝金属,脱渣性极佳。

随着熔渣中 $\text{TiO}_2$ 含量的减少, $\text{SiO}_2$ 含量的增加,由于 $\text{SiO}_2$ 趋向于形成玻璃状非晶体组织,打乱了 $\text{TiO}_2$ 棒束状组织的方向性,并使粗大组织细化成较小的树枝状晶体,进一步细化成细小的羽毛状组织,同时由于 $\text{SiO}_2$ 量还不足以形成连续的网络玻璃状组织,从而形成了图1b的树枝状晶体组织和石花状组织及图1c的羽毛状组织和孤岛状组织。由于这些细小组织交叉分布,方向性差,熔渣内部结合力较弱,焊后渣壳自身先破碎,部分渣在冷却过程先蹦离焊道,另一部分渣则粘在焊道上,造成严重的粘渣。因此这一成分范围的熔渣脱渣性极差。

随着熔渣中 $\text{TiO}_2$ 量继续下降, $\text{SiO}_2$ 含量继续增加,直到 $\text{SiO}_2$ 含量足够多以形成连续的网络玻璃状组织,如图1d,这时熔渣整体性强,内部结合力较大,渣壳密实,熔渣整体脱离焊缝金属,脱渣性较好。分析表3中熔渣内表面白色球状相对脱渣率的影响可以认为<sup>[5]</sup>:白色球状相的主要成分是 $\text{FeO}$ ,而 $\text{FeO}$ 造成粘渣则主要是因为 $\text{FeO}$ 的晶格结构为体心立方晶格, $\text{FeO}$ 搭建在焊缝金属中的 $\alpha\text{-Fe}$ 立方晶格上,从而使熔渣牢固地粘在焊缝表面上造成粘渣。

综上所述,当熔渣内表面 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 约为6.0时,熔渣内表面第二相为粗大的棒束状组织,熔渣的脱渣性最好,脱渣率达100%。焊接工艺试验中发现,这种成分熔渣焊后渣壳整体脱落,并伴有横向裂纹,一碰即脱。 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 在一定范围内变化,熔渣微观组织均为粗大的棒束状,脱渣性好,当 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 约为3.1时,熔渣内表面第二相为树枝状晶和石花状晶双相组织,脱渣性不好,熔渣不能整体脱落,有部分微小粘渣。当 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 约为1.6时,熔渣内表面第二相为细小羽毛状晶和孤岛状晶双相组织,脱渣性最差,当 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 约为1.2时,熔渣内表面为连续的网络状玻璃状组织,熔渣整体脱落,脱渣性好,脱渣率达99%。四种熔渣的白色球状相对脱渣率的影响无规律性。1<sup>#</sup>熔渣与2<sup>#</sup>熔渣的白色球状相均为尺寸较小,数量较少,但两者脱渣率有差别;3<sup>#</sup>熔渣与4<sup>#</sup>熔渣的白色球状相均是尺寸较大、数量较多,但两者的脱渣率却差别较大。熔渣质点间结合力足够大,以使熔渣能整体或成段脱离焊缝金属是脱渣性优良的关键,否则,熔渣自身先破碎,产生蹦渣,从而造成粘渣,使熔渣的脱渣性恶化,白色球状相对脱渣性的影响要视熔渣整体结构而定,熔渣整体性强内聚力大,白色球状相对脱渣性影响不大,反之熔渣整体性差则白色球状相对脱渣不利,产生粘渣。

## 4 结论

(1) 熔渣内外表面化学成分差别大,其原因一方面是由于脱氧产物的密度小于液态焊缝金属的密度,氧化物在液态金属及液态熔渣中上浮;另一方面是由于焊缝中存在对氧具有较大亲合力的合金元素,发生选择性的氧化作用,在金属表面及熔渣内表面间形成氧化膜。

(2) 熔渣化学成分对熔渣的外表面微观组织形貌影响不大,熔渣的外表面均为等轴状晶体;而对熔渣内表面微观组织结构影响较大。熔渣内表面的微观组织形貌具有不均匀性。每种渣的内表面均是由三种相组成,即黑色基体相、白色第二相及白色球状相。

(3)  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 比值是通过影响熔渣微观组织结构而影响脱渣性的。 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 从6.0下降到1.2,熔渣内表面的显微组织结构发生较大的变化。当 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 约为6.0,熔渣内表面第二相为具有较强方向性的粗大的树枝状组织,密度大,数量多,而白色球状相则尺寸小,脱渣性最好。而当 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 从1.6到3.2变化时时,熔渣为细小、交错、不连续的羽毛晶、针状晶及孤岛状组织,熔渣内部质点间结合力弱,整体性差,脱渣性差。当 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 约为1.2时,熔渣内表面为连续的网络状玻璃状组织,熔渣整体脱落,脱渣性好,脱渣率达99%。

## 参考文献

- [1] 孟庆森. 钛铁焊条脱渣性改善的研究[J]. 焊接, 1993 (7): 2—5.
- [2] Pokhodaya I. K. The interaction of molten slag with weld pool metal and the peculiarities of the slag crust adhesion mechanism [A]. In: weld pool chemical metallurgy and meta[C]. London: British Welding Society, 1980: 33—39.
- [3] Li Zhuoxin. Study on effects of physical and chemical properties of melting slag on detachability of SSFCE (Chinese) [J]. Journal of Mechanical Engineering, 1996, 9, (3): 254—260.
- [4] Masaharu Kumagai, et al. Fundamental studies on slag adherence to submerged arc weldment [J]. Trans of J W S, 1986, 17 (2): 7—11.
- [5] Li Zhuoxin. Study on slag detachability and stick slag mechanism of SSFCE [J]. Transactions of Tianjin University, 1997 (1): 79—84.

基金项目: 北京市优秀人才项目 (I090301-02); 北京市自然科学基金 (2022006) 资助项目

收稿日期: 2002-09-13; 修改日期: 2002-11-01

作者简介: 栗卓新 (1963-), 男, 博士, 北京工业大学材料学院副教授。研究方向: 高效、低成本、自动化的焊接技术。承担并完成国家及省部级十多项科研课题, 发表论文四十多篇, 联系地址: 北京工业大学材料学院 (100022)。