

金属表面的喷砂污染

廖孟豪¹, 杨庆富², 徐永明², 叶峰², 张坤¹, 陈光南¹

(1. 中国科学院力学研究所; 2. 贵州红湖机械厂)

[摘要] 喷砂是常用的金属表面处理方法,可起毛化和清洁作用,如作为热喷涂涂层的预处理工艺。然而,喷砂用砂粒如果残留在金属表面,反倒会形成表面污染甚至后续涂层的界面污染。本文结合某航空涂层工艺规范,采用不同粒度的磨料对高温合金、钢、钛、铝等不同基材进行喷砂处理,用扫描电镜分析表面/界面污染特征,用定量金相软件计算污染度,表明喷砂污染普遍存在,砂粒冲击基材时发生的破碎或折断应是残留砂粒的原因。

[关键词] 金属; 喷砂; 污染; 涂层

[中图分类号] TG356.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-1560(2008)增刊-0040-03

Metal surface contaminated by grit blasting

Menghao Liao¹ Qingfu Yang² Yongming Xu² Feng Ye² Kun Zhang¹ Guangnan Chen¹

(1. Institute of Mechanics Chinese Academy of Sciences; 2. Guizhou Honghu Machine Works)

Abstract: As a conventional surface process, grit blasting can be used to clean and roughen metal surface. However, if unattended, this process may leave grits on the metal surface, and then re-contamination occurs. This type of surface contamination can even divert to interfacial contamination when coating is applied subsequently. This paper examines one formularized blasting process used in aeronautic industry, with an aim to reveal the status and reason of grits left on various commercial alloys including nickel, titanium, steel and aluminum. The combination of scanning electron microscope inspection and corresponding quantification clearly show the residual grits with a high contaminated area fraction, up to 35.8% for titanium alloy. These grits have an obvious smaller size than the original. It is thus believed, when impinging metal surface, some of hard grits are unexpected broken and trapped by relatively soft metal.

Key words: metal, grit blasting, contamination, coating

0 前言

干式喷砂处理工艺非常普及,其原理是将磨料颗粒(砂粒)经高压空气带动后高速喷射在金属基体表面,利用砂粒与基体的撞击来增加表面粗糙度和去除表面变质层,如氧化皮等。但已有研究表明,这些高速运动的砂粒在去除基体材料的同时,自身也会部分残留在基体表面,形成新的表面污染。如果后续还有涂层工艺,这种表面污染就成为涂层与基体间的界面污染,从而对界面性能产生不利作用^[1-3]。

本文采用某航空涂层工艺规范,对比研究了不同粒度的砂粒在不同基材表面的喷砂残留状态,重点分

析了镍基高温合金基材的表面污染状态及喷涂涂层后的界面污染状态,进而探讨砂粒残留的机理。

1 材料与方法

试验所用的基体有五种:镍基高温合金(GH3044)、铁基高温合金(GH1016)、不锈钢(1Cr18Ni9Ti)、钛合金(TC6)、工业纯铝(1035);尺寸规格均为 $20 \times 20 \times 5 \text{mm}^3$ 。喷砂磨料为某航空专用棕刚玉砂,其成分见表1。采用吸入式喷砂机进行喷砂处理,具体参数见表2。

表1 喷砂磨料名义成分

成分	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO
含量/%	95-97.5	<1	1.5-3.9	<0.25	<0.25

[收稿日期] 2008-05-15

表2 喷砂参数

喷管直径	空气压力	喷砂角度	喷砂距离	喷砂时间
10mm	0.3MPa	90°	150mm	3s

所有基材在喷砂前均用200号金相砂纸磨平,然后分别用16#磨料(粒度为0.84~1.2mm)、54#(粒度为0.25~0.3mm)及混合砂(将16#磨料和54#按等重量混合)进行喷砂,随后用0.3MPa的干燥压缩空气清洗表面浮砂。

当基体为GH3044时,还采用UniCoat等离子喷涂设备(9MB喷枪)喷涂热障涂层,底层及面层材料分别为KF-113NiCrAlY复合粉以及KF-230氧化钇部分稳定氧化锆粉。表面及界面污染状态采用Zeiss EVO60场发射扫描电镜进行污染分析,对喷砂面可直接进行表面污染分析,界面污染则是在喷涂涂层后切取样品横截面进行检测,样品在标乐公司的ECOMET3000自动研磨/抛光机进行研磨抛光。

2 结果与讨论

2.1 残留砂粒的检测

图1是GH3044试样喷砂表面在扫描电镜下的检测结果,可以看出,二次电子像虽能够较为清晰的显示喷砂表面的三维形貌,并可以观察到表面存在异质颗粒,但仍无法准确探测颗粒的尺寸形状等特征;图1(b)所显示的区域背散射像则能够获得较为理想的效果,图中的暗黑色斑块经能谱分析证实其成分为 Al_2O_3 ,即为喷砂砂粒。图2为同一试样喷涂涂层后横截面的背散射照片,可以看出界面含有砂粒。

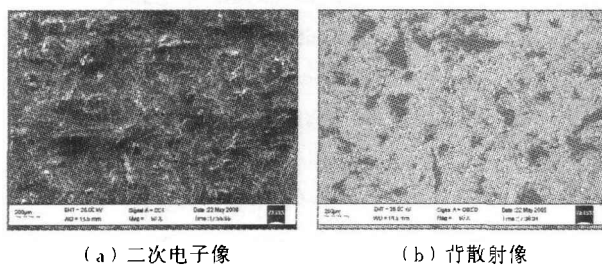


图1 GH3044 喷砂后表面状态(16#磨料)

另外,对16#磨料喷砂所导致的残留砂粒尺寸进行统计分析,发现其普遍分布在0.3mm以下,远小于原始磨料尺寸。

2.2 不同材质基体在不同磨料粒度下的表面污染状态

表面污染度即为试样喷砂表面上残留砂粒所占的面积分数,是表征喷砂表面污染状态的重要参量^[4]。

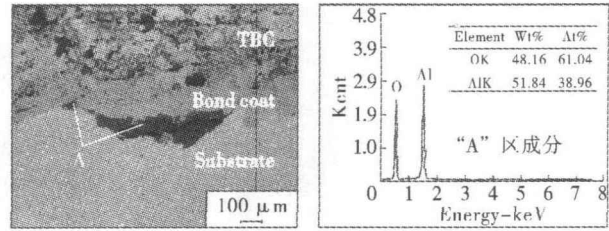


图2 涂层/GH3044界面上残留砂粒形态(背散射)

本文通过定量金相软件Image-Pro Plus对背散射照片进行分析计算得出。图3、图4分别显示了不同材质的试样经不同磨料粒度喷砂后表面宏观形貌和污染状态。图4中各图片所对应的表面污染度见表3,其中1035由于为工业纯铝,在背散射像中与残留砂粒区分模糊,因此未计算其表面污染度。

对比分析图4中各试样的表面污染状态可以得出:对于同种材料,与54#相比,16#喷砂磨料所导致的残留砂粒尺寸明显更大且数量更少,而混合砂磨料的结果则处于中间状态;在同一磨料粒度下,从残留砂粒的尺寸和数量上看,GH3044、GH1016、1Cr18Ni9Ti三者差异不大,而TC6污染最为严重。

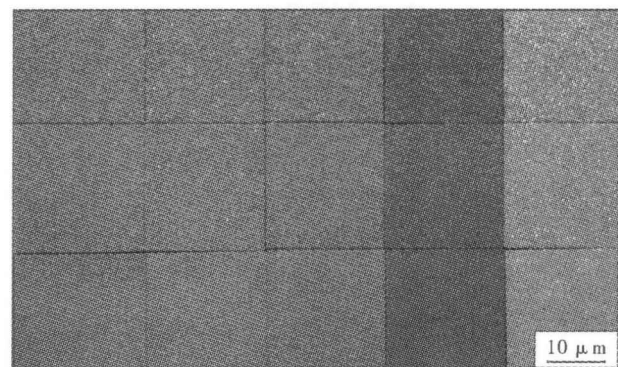


图3 各试样喷砂表面宏观形貌

图中从左到右依次是GH3044、GH1016、1Cr18Ni9Ti、TC6、1035;从上到下依次是16#磨料、混合砂、54#磨料

表3 各试样喷砂表面污染度

表面污染度/%	GH3044	GH1016	1Cr18Ni9Ti	TC6	1035
16#	21.7	14.3	19.0	30.3	/
混合砂	20.6	14.9	16.7	30.1	/
54#	18.1	16.4	20.2	35.8	/

根据表4的数据,混合砂所导致的表面污染度在数值上明显更接近于16#磨料。

2.3 砂粒残留机理探析

根据Levy的锻造挤压理论,在砂粒冲击基体的初期,粒子通过施加挤压力使基体出现凹坑及凸起的唇

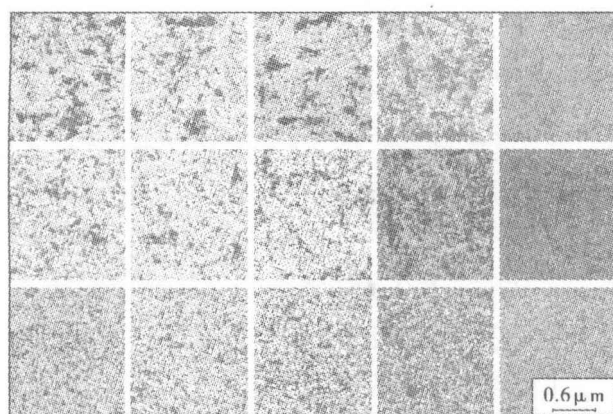


图4 各试样喷砂表面宏观形貌,图中从左到右依次是GH3044、GH1016、1Cr18Ni9Ti、TC6、1035;从上到下依次是16#磨料、混合砂、54#磨料

片,随后的粒子再对唇片进行“锻打”并最终导致靶材呈片屑从表面流失^[5]。本文使用16#磨料对GH3044试样进行瞬时喷砂,以观察喷砂初期时单个砂粒首次冲击基材所得到的表面状态。图5(a)清晰的显示了在喷砂最初期,砂粒撞击基材后形成的凹坑及唇片。同时观察到,砂粒的一部分在冲击后嵌入基材表面,形成残留砂粒。

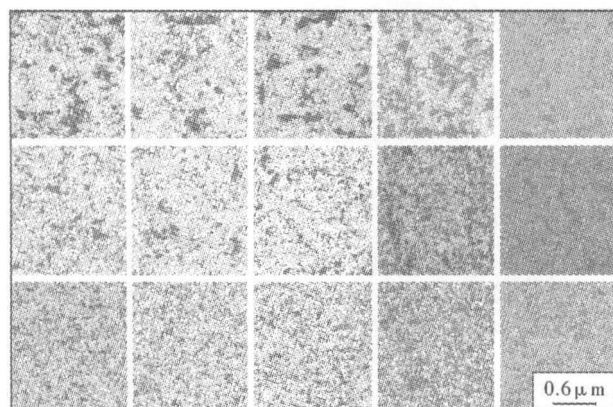


图5 GH3044在16#磨料喷砂初期的表面状态

图5(a)中的残留砂粒尺寸远小于喷砂所用的原始砂粒。另外,对正常喷砂时间情况下所导致的表面、界面残留砂粒尺寸也进行了统计分析,结果发现其普遍分布在0.3mm以下,也远小于原始磨料尺寸。这说明砂粒在与基材的冲击过程中发生了破碎或折断,并且在这一破碎或折断过程中,砂粒最先接触并嵌入基材的小部分才得以脱离其余未嵌入的大部分而残留在基材表面,形成尺度上远小于原始砂粒的表面残留砂粒。

[致谢]:感谢国家自然科学基金(50471087、50531060)和贵州红湖机械厂《等离子热障涂层界面污染度分析与研究》科研项目的资助,并由衷感谢贵州红湖机械厂翟辉和徐雷两位工程师在喷砂试验的实施过程中给予的大力帮助。

3 结论

(1)在现有的某航空涂层工艺规范情况下,干式喷砂在不同基材表面均会有砂粒残留,其原因应该是砂粒冲击基材时发生的破碎或折断。

(2)对于同种材料,大粒度磨料所导致的残留砂粒尺寸明显更大但数量更少,而混合有大小两种粒度的磨料其结果则处于中间状态;在同一磨料粒度下,从残留砂粒的尺寸上看,GH3044、GH1016、1Cr18Ni9Ti三者差异不大,而TC6污染则最为严重。

(3)从表面污染度的数据上看,GH1016表现出相对最好的抗喷砂污染性能,而TC6相对最差;经大小两种单一粒度磨料等重混合制得的

[参 考 文 献]

- [1] A. F. Harris and A. Beevers, The Effects of Grit - Blasting on Surface Properties for Adhesion, [J]. Int. J. Adhes. Adhes. , Vol 19, 1999, p 445 ~ 452.
- [2] A. Amada and T. Hirose, Planar Fractal Characteristics of Blasted Surfaces and its Relation with Adhesion Strength of Coatings, [J]. Surf. Coat. Technol. , Vol 130, 2000, p 158 ~ 163.
- [3] M. H. Staia, E. Ramos, A. Carrasquero, A. Roman, J. Lesage, D. Chicot, and G. Mesmaque, Effect of Substrate Roughness Induced by Grit Blasting upon Adhesion of WC -17% Co Thermal Sprayed Coatings, [J]. Thin Solids Films, Vol 377 ~ 378, 2000, p 657 ~ 664.
- [4] S. Amada, T. Hirose, and T. Senda, Quantitative Evaluation of Residual Grits Under Angled Blasting, [J]. Surf. Coat. Technol. , Vol 111, 1999, p 1 ~ 9.
- [5] Antler, [M], Wear, Vol. 81(1982), P. 303.