激光强化对镀铬层结合性能的影响*

周重光[1],彭林华[2]

(1. 中国兵器科学研究院 宁波分院,浙江 宁波 315103; 2. 中国科学院 力学研究所 激光毛化中心,北京 100080)

摘 要:采用无粘胶膜层结合力测试方法对镀铬层的结合性能进行定量测试。结果表明,钢基体经高重频激光强化处理改善了原基体状态铬层断面的瓷状形貌,断面粗糙,抗破坏能力提高。对两种状态铬层的破坏抗力差异和端面形貌特征的形成原因进行了分析。

关键词:高重频激光;镀铬层;测试

中图分类号:TQ153.1+1 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-244X(2004)06-0035-03

镀铬层与基体的结合性能是影响镀层使用效果的重要因素之一。为了测量铬层的结合特性,对试样进行剪切和拉伸试验测试。Zmihorski[1]曾通过剪切试验,测出钢上电镀厚铬层的结合力在 392~441N/mm² 范围内,同时发现电流密度、溶液温度、铬层厚度的不同,对铬层结合力均有一定的影响。Beams[2]等分别采用"离心力"、"推进-突出"等试验方法测定铬层结合力在 156.8~313.6N/mm² 范围内。本试验采用了先进的高重频激光强化技术[3]对钢基体进行了处理,使基体表面发生了微米量级的几何结构和组织变化,在相同电镀条件下比较了镀铬层结合性能的差异。试验采用赵文轸[2]老师推荐的无粘胶膜层结合力测定拉张试验方法,测定了钢基体表面经不同预处理状态镀铬层性能的定量数据,为镀铬层强化技术研究工作提供了重要依据。

1 试验方法与结果

根据高重频激光强化技术适宜在回转体上实施的特点,对圆筒壁过厚引起销钉拔出时摩擦力过大的问题进行了改进,试验基体设计成 Φ100mm,壁厚 7mm 的 PCrNi3MoVA 钢筒。在筒上由内向外加工 Φ5mm 锥度 1:50 的孔,每组试样 6 个,配磨销钉镶入锥孔内,用 2t 相同静压力压入,外表面用磨床磨光,如图 1a 所示。在圆筒外表面一半采用高重频激光强化处理。YAG 激光器功率 500W,声光 Q 调制脉冲频率 5kHz,微坑直径 100μm,点距 120μm×120μm。另一半保留磨光状态。两种状态均安排镀铬和不镀铬试样组。

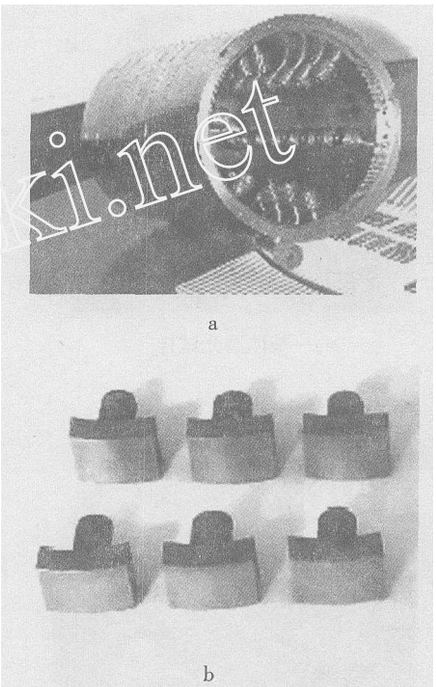


图 1 无粘胶铬层结合力测定试样

为测试铬层的断裂抗力,所设计的铬层厚度在 0.3mm 左右,电镀按某产品现行镀铬工艺实行,并在镀铬后实施去应力回火。在圆筒上用线切割加工成宽 20mm,长 50mm 的试样,如图 1b 所示。卡住矩形端和螺纹端,在万能液压试验机上拉伸,测定不同状态试样的拔出力,测试结果分组计算,铬层结合力由相同基体状态的对比试样组的计算差获得,如表 1 所示。通过光学显微镜实体观察了销钉头断

*收稿日期:2004-04-29;修订日期:2004-08-26

作者简介:周重光(1953-),高级工程师,从事金属材料和抗烧蚀材料研究

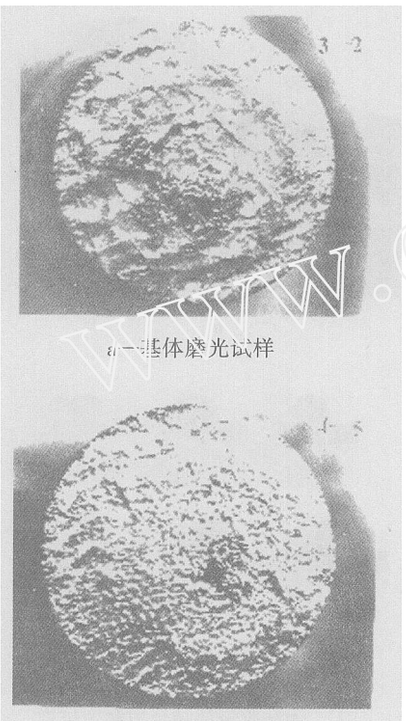
© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1 结合力测试结果

试验组	铬层厚度/mm	销钉拔出力/kN	平均值/kN	铬层结合力/kN
磨光	不镀	3.4、6.5*、3.0、1.6、1.4*、2.6	2.65	0.275
	0.43	4.4*、2.4、2.0*、3.2、3.8、2.3	2.925	
激光强化	不镀	2.7、2.7、1.4*、2.5、2.4、4.4*	2.575	1.05
	0.38	2.1*、5.2*、3.2、4.5、3.6、3.2	3.625	

注:带"*"号的为最大和最小波动值,计算时排除。

面，如图2所示。并对不同断口进行扫描电子显微镜观察。销钉头断口显微照片如图3所示。



a—基体磨光试样

b—基体高重频激光处理试样

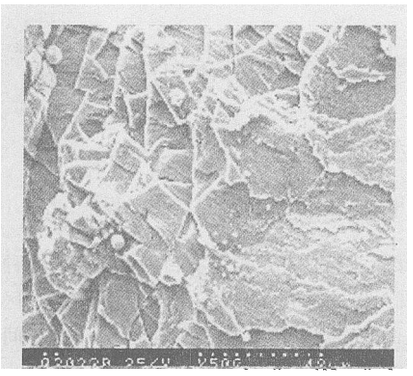
图2 销钉端头实体形貌 50×

2 结果分析

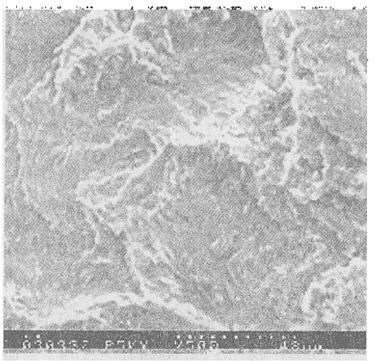
在数据处理中为避免每组数据波动，去除了其中最大和最小值后，计算出各试样组的算术平均值，表1中计算结果其数据规律性明显，两种状态试样铬层抗破坏能力差异较大。基体磨光试样镀铬层的破坏力仅为275N,基体经高重频激光强化处理后铬层的破坏力高达1 050N,说明铬层的抗破坏能力获得大幅度提高。结合销钉头部的断口形貌分析，销钉在拔出时要克服铬层与基体的结合力和自身结构强度的共同作用，所测到的抗力反映了这两部分的抗拉张破坏的能力。

在图3的断口形貌显微照片中，基体表面磨光试样销钉头部铬层脱落形貌是由脆性小平面组成，呈现层状织构组织脆性断裂形貌特征，尤其在试样边缘处反映得更为突出。在电沉积过程中，因为镀层在不同晶面上沉积电位不同、金属的沉积速率不同，不同晶面上原子排列方式和原子数量的不同，吸附原子与不同晶面结合键能不同以及不同晶面生长速度的差异。在平滑基体金属的表面上，沉积铬层的外延生长形式会很快消失，形成有结晶取向的织构镀层。这种镀层的结构强度有十分明显的方向性，使铬层抗破坏能力变差。激光处理的基体表面在极快速熔化、凝结和冷却过程的作用下发生相变，其位错密度可高达$10^{12}/cm^2$个以上，使铬层在金属基体表面以原位生长形式沉积，能有效提高结合性能。高重频激光处理在基体表面形成高密度的微坑(50~100个/mm^2)的几何形貌,增强了镀层外延生长的条件。在两种效果的共同作用，镀铬层外延生长的厚度增加，可以获得各向同性的镀铬层，克服铬层结构强度较低的缺陷。在销钉头部实体形貌照片图2中可以见到：基体经高重频激光强化处理后消除电沉积铬层织构结构，铬层表面出现许多颗粒状的外形特征，表现出铬层多方向结晶；基体磨光试样的铬层表面平滑，呈现典型的织构特征。对两种试样销钉端头断口对比分析，基体经高重频激光强化处理试样的铬层断裂斜面圆环较窄，断口细腻，基本消除了层状脆性断口特征，铬层保留较好。基体磨光试样的残存铬层不规则，斜面圆环带宽，铬层被大面积拉脱。说明了基体经高重频激光强化后镀铬层的结构特征发生了变化，铬层与基体的结合性和镀层自身强度得到改善，铬层的结合力

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



a—基体磨光试样



b—微坑粗糙断口形貌

图 3　铬层断口显微形貌

和结合强度都有明显提高。

试验中的镀铬层受到沿厚度方向的剪切和销端头的拉伸两种形式的作用力而破坏。销钉中间部分铬层呈层状脆性断裂，对抵抗拉伸破坏的贡献相对较小。在靠近平台的边缘处有一圈斜面过渡带，是拉伸过程中铬层脱离基体断裂形成的，是断裂抗力的主要地带，对抗破坏的贡献较大。由于这两部分断裂区域的存在，目前还无法定量区分各断裂区域的作用，测试结果仅反映了整个销钉上铬层对抗拉伸破坏的贡献。

4　结论

(1) 采用无粘胶膜层结合力测试可以为电镀铬层结合强度分析提供定量试验依据。

(2) 基体经高重频脉冲激光毛化后，镀铬层断口细腻，为非脆性断裂形貌。

(3) 基体经高重频脉冲激光毛化后，断口上的铬层平台在销钉拉脱后保留较好，抗脱落性能明显提高，铬层的结合力提高了约 3 倍。

参考文献:

[1] Zmihorski E. Electrodepasitors[J]. Tech Soc, 1948, 203:23.

[2] Beams J W. Froc am electroplut[J]. Tech Soc, 1956, 211: 43.

[3] 周重光. 高重频脉冲激光处理对电镀铬层特性的影响[J]. 材料科学与工程, 2003(5).

[4] 赵文轸. 材料表面工程导论[M]. 西安交通大学出版社, 2001:350 - 351.

Influence of laser treatment on chrome clad

ZHOU Chong - guang[1], *PENG Lin - hua*[2]

(1. Ningbo Branch of China Academy of Ordnance Science, Ningbo 315103, China;
2. Institute of Mechanics Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: The joining strength between chrome cladding materials and steel matrix has been quantitatively measured for the specimens without glue. Super high - frequency laser treatment coarsens the fracture surface and improves anti - destroying property of cladding materials. The cause has been analyzed which makes a difference of anti - destroying property and fracture surface feature of chrome clad.

Key words: super high - frequency laser; chrome clad; measuring

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net