

钢结构抛丸(喷丸)清理用金属磨料的对比分析

刘如伟 李胜利

张来斌 宋淑洪 吴成民 宋庆安

(山东大学 材料科学与工程学院 济南 250061) (山东开泰金属磨料有限公司 邹平 256217)

摘 要 对钢结构涂装防腐过程中,钢材的抛丸(喷丸)清理(除锈),即钢材预处理过程所用金属磨料的种类、硬度、显微组织、磨料材料的颗粒形状、粒度分级、宏观、微观组织及密度作了对比分析,指出了判断金属磨料质量的简易方法及正确选用磨料的原则。

关键词 钢结构 表面预处理 抛丸(喷丸)清理 磨料

COMPARATIVE ANALYSIS OF ABRASIVE FOR SHOT BLASTING STEEL STRUCTURE

Liu Ruwei Li Shengli

(Institute of Material Science & Material Engineering, Shandong University Jinan 250061)

Zhang Laibin Song Shuhong Wu Chengmin Song Qingan

(Shandong Kaitai Metal Abrasive Co., Ltd Zouping 256217)

ABSTRACT It is analyzed comparatively that the sort, hardness, microstructure, particle shape, size distribution, macrostructure, density of an abrasive for shot blasting steel structures during their coating and anticorrosion, i.e. the pretreatment of steel. A simple method of judging the quality of abrasive and the principles of selecting correctly abrasives are also pointed out.

KEY WORDS steel structure surface pretreatment shot blasting abrasive

近年来,随着钢结构业的发展,人们对防腐性能的要求日益增加,钢材的预处理日益受到重视,经冷轧或热轧过程处理的钢板及型材,在长期存放过程中表面一般都有氧化皮、铁锈、油脂及其他杂质存在,在涂装前必须将它除尽。表面进行良好的预处理可以保证与涂料系统的永久结合,使被保护的钢结构得到长期保护,预处理过程还可增加表面粗糙度,增加涂料与钢板的接触面积,以及涂料与被涂物体的结合力^[1]。

在瑞典腐蚀协会、美国材料试验学会和美国钢结构涂装委员会共同制订 ISO 55900 - 1967 和 ISO 8501 - 1 - 1988 《涂装前钢材表面除锈》标准之后,1988 年我国又制订了《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB 8923 - 88)。

1 磨料的种类、硬度及显微组织

1.1 磨料的种类

磨料的材质可分为两类:非金属类与金属类。

非金属磨料一般有铜矿砂、石英砂、河砂、刚玉、玻璃等。由于非金属类磨料破碎率极高,灰尘多,污染严重且效率低,除了少数还继续延用外,大多数已逐步由金属类磨料代替。

金属磨料根据材质可分为:白口铸铁丸(砂)、脱碳退火铸铁丸、铸钢丸(砂)及钢丝切丸。其化学成分见表 1。

1.2 硬 度

对磨料的硬度要求可根据工件的表面状态而定,一般来说硬度值应高于钢材表面硬度 HRC5 ~ HRC30。磨料的硬度见表 2。

白口铸铁丸(砂)经回火处理后,硬度虽可降为 HRC53 ~

表 1 金属磨料材质的化学成分^[2~4]

种类	C	Si	Mn	S	P
白口铸铁丸(砂)、 脱碳退火铸铁丸	2.20~3.60	≤2.20	≤0.5	≤0.25	≤0.20
铸钢丸(砂)	0.85~1.20	0.40~1.50	0.60~1.20	≤0.05	≤0.05
钢丝切丸	0.45~0.70	0.10~0.30	0.60~1.20	≤0.05	≤0.045

表 2 金属磨料材质的硬度^[2~4]

类别	硬度(HRC)范围					
	25~35	35~40	40~45	48~52	53~57	55~64 ≥64.5
白口铸铁丸(砂)					✓	✓
脱碳退火铸铁丸	✓	✓				
铸钢丸(砂)				✓	✓	✓
钢丝切丸		✓	✓	✓		

HRC57,但脆性仍较大,不耐冲击,破碎率高;脱碳退火铸铁丸硬度较低,并有孔洞,不耐磨,用时易扁;铸钢丸(砂)硬度有 4 种范围,能适合于各种金属表面的清理、除锈及表面强化工况的要求,也是唯一满足理论硬度要求的磨料;此外,铸钢丸(HRC40~HRC45)及钢丝切丸在重复打击钢材的过程中,磨料自身发生加工硬化,工作 40h 后表面硬度可提高到 HRC42~HRC46,工作 300h 后表面硬度可提高到 HRC48~HRC50。

在使用磨料进行清理、除锈过程中,若磨料硬度过高,则

第一作者:刘如伟 男 1962 年 3 月出生 副教授

收稿日期:2003 - 12 - 10

打到钢材表面上易破裂,并吸收能量,降低冲击功,且粉尘量大,这就是白口铸铁丸(砂)不能重复使用的原因。当磨料硬度太低时,磨料受冲击时易变形,特别是脱碳退火铸铁丸,自身变形时吸收了冲击能量,降低冲击功后,清理及表面强化效果不理想。只有使用硬度适中的磨料(如铸钢丸、铸钢砂、钢丝切丸),才能延长磨料使用寿命,达到理想的清理、表面强化效果。

另外,若磨料硬度适中反弹性好,起二次冲击作用,清理、除锈、刻蚀及表面强化效果好,铸钢丸、钢丝切丸反弹效果最好,清理及表面强化效果亦最好。金属表面预处理时,最好是用硬度稍高的棱角形的铸钢砂,其硬度为 HRC53~HRC57,可起到微刮削作用,增加表面粗糙度,从而增加涂装材料的附着力。

1.3 显微组织

磨料的抗破碎性及耐磨性,即使用寿命,除与硬度有关外,还与其显微及宏观组织结构及密度有关。磨料的显微组织、密度及性能见表 3。如铸钢丸及钢丝切丸的寿命比白口铸铁丸高,铸钢砂寿命比白口铸铁砂高,其原因是白口铸铁丸(砂)组织为亚共晶白口铸铁组织,脆性大,冲击韧性低,易破碎,寿命低;脱碳退火铸铁丸组织为铁素体与团絮状石墨组织,硬度低,不耐磨,寿命低;而铸钢丸(砂)组织为回火屈氏体或回火马氏体、弥散分布碳化物、无网状碳化物,综合机械性能高,冲击韧性好,硬度适中,耐磨性好,不破碎,寿命长;钢丝切丸由钢丝切割制成,组织为形变珠光体、铁素体,硬度适中,耐磨性好,不破碎,寿命长。

表 3 各种磨料的显微组织、密度及性能^[2~4]

类别	显微组织	密度/ (g·cm ⁻³)	性能
白口铸铁丸(砂)	亚共晶 白口铸铁	6.8	脆性大、破碎率高、寿命低
脱碳退火铸铁丸	铁素体及 团絮状石墨	6.8	硬度低、不耐磨、寿命低
铸钢丸(砂)	回火马氏体 + 弥散分布碳化物	7.4	综合机械性能好、冲击韧性好、硬度适中、耐磨性好
钢丝切丸	形变珠光体 及铁素体	7.6	硬度适中、耐磨性好、寿命长

2 磨料颗粒形状、粒度分级及宏观组织与密度

2.1 磨料颗粒形状

磨料颗粒形状,可分为圆形、棱角形和柱形三种基本形状。圆形的有白口铸铁丸、脱碳退火铸铁丸、铸钢丸;棱角形的有白口铸铁砂、铸钢砂;柱形的有钢丝切丸。圆形白口铸铁丸、铸钢丸经破碎机破碎可分别得到棱角型的白口铸铁砂、铸钢砂。

清理、除锈钢材预处理时,最好采用硬度稍高的棱角形磨料,亦可采用圆形与棱角形或棱角形与柱形的混合磨料。新的柱形及棱角形磨料具有锐利的棱角,经过反复使用磨损后,也会逐渐变为圆形的。但高硬度铸钢砂(HRC53~HRC57或HRC≥64.5)在使用过程中不断破裂,可始终保持锋利的棱角,可用于粘着力强的黑色薄氧化层的快速清理。

2.2 磨料的粒度分级

磨料中的圆形及棱角形的粒度分级,是根据筛选后筛网尺寸确定的。其规格与筛网尺寸有关,钢丝切丸的粒度是根据其直径确定的。具体粒度分级见美国汽车工程师协会标准(国际通标)《铸钢丸、铸钢砂的粒度》(SAE-J444)、《铸钢丸》(YB/T 5149-93)、《铸钢砂》(YB/T 5150-93),规格对照见表 4。

磨料粒度的选择不宜太小,也不宜太大。直径太小,则冲击力也小,钢材表面的粗糙度(弹痕)减小,涂装后涂料的附着力也小,易剥落;直径过大,单位时间内喷打在工件表面的颗粒数就少,也会降低效率,并使钢材表面的粗糙度(弹痕)增大,增加其后涂装过程中涂料的消耗量。最佳磨料的直径应根据表面粗糙度(弹痕)要求选择,见表 5。

表 4 SAE 标准与冶标(YB/T)铸钢丸、铸钢砂规格对照^[5~9]

铸钢丸		铸钢砂	
SAE 标准	YB/T/mm	SAE	YB/T/mm
S660	2.0	G10	2.4
S550	1.7	G12	2.0
S460	1.4	G16	1.4
S390	1.2	G18	1.2
S330	1.0	G25	1.0
S280	0.85	G40	0.85
S230	0.71	G50	0.6
S170	0.55	G80	0.35
S110	0.40	G120	0.18
S70	0.30		

表 5 磨料的粒度与粗糙度关系

磨料的粒度/ mm	表面粗糙度/ μm	磨料的粒度/ mm	表面粗糙度/ μm
2.0	70	1.0	25
1.7	50	0.8	12
1.4	42	0.6	8
1.2	30	0.4	4

注:抛丸速度为 60 m/s,只添加单一规格铸钢砂与铸钢丸(各占 50%),混合使用达到粒度分布不变。

使用时,磨料因磨损,直径不断减小,有利于照顾到较小的内圆角的清理、除锈、刻蚀及表面强化。

2.3 磨料的宏观组织及密度

磨料的密度见表 3,白口铸铁丸(砂)、脱碳退火铸铁丸的密度较低,这是由于气孔、缩松、裂纹缺陷及石墨较多所致;钢丝切丸经锻造、冷拔处理后,无气孔及缩松,密度较高。所以,白口铸铁丸(砂)、脱碳退火铸铁丸气孔率高,寿命短;而铸钢丸(砂)及钢丝切丸气孔率低,寿命长。

3 判断磨料质量的简易方法及磨料的正确选用

3.1 判断磨料质量的简易方法

判断磨料质量的标准可参照“冶标”(YB/T5149-93)、(YB/T5150-93)、美国汽车工业工程师协会标准 SAE-J827,SAE-J1993。

判断铸钢丸(砂)磨料质量的简易方法之一是采用在强度试验机上进行静压力试验,某种直径的磨料在能承受的压力极限下,不破碎时,即为合格;方法之二是凭经验进行锤击试

(下转第 5 页)

未显现出类似美国在空气支承膜结构冷落后提出“索穹顶”结构时的创造性。日本在总结空气支承膜结构失败教训的基础上,从不同方面继续研究开发新型空气膜结构^[7]的求索精神,也是值得我们学习的。

我国在空间结构领域取得了不少成果,拥有了较坚实的理论与技术储备以及力量较雄厚的技术队伍。随着研究工作的不断深入以及大型膜结构工程实践的增开,广开思路,突破原有的思维模式,更新一些概念与观点,一定会开拓出具有原创性的理论研究新成果,创造出更为先进合理的结构体系。

3.3 重视设备更新,加速工艺改革

随着我国膜结构市场的活跃,膜结构企业在数量上呈不断增加的趋势,其中不少已属具有一定规模的骨干企业,但也有装备低劣、技术素质较低的企业混迹其间,他们常以低廉的价格,“灵活”的手段获取工程,以低价、低等级膜材替代设计要求的膜材,其结果只能是交出一个加工粗糙、留有缺陷的工程。这种现象在网架行业也曾出现过,年轻的膜结构行业更需引以为鉴。

膜结构拥有较高的技术含量,面对市场的激烈竞争,膜结构企业更应摆脱粗放型的施工与管理,提高施工水平,重视设备更新,加快工艺改革的步伐。

(上接第 71 页)

验,一般在中等用力下击 3~4 下,如硬度 \geq HRC64.5 时,碎裂时成 4~6 瓣为合格;硬度在 HRC53~HRC57 时,碎裂成 2~3 瓣为合格;硬度在 HRC48~HRC52 时,砸扁后有径向裂纹 3~4 条为合格;硬度在 HRC40~HRC45 时,砸扁后无径向裂纹或有径向裂纹 1~3 条为合格。

3.2 磨料的正确选用

正确地选用磨料至关重要,磨料选择合理,不但金属表面抛丸清理、除锈效果好,效率高,磨料寿命长,而且设备易损件的寿命大大延长,从而可显著降

一些有条件的骨干企业应争取拥有自控加工设备,实现由 CAD 向 CAM 转化,进一步改善、提高加工制作手段,全面提高技术水平,抓好管理水平,树立品牌形象,以产品质量竞争、服务水平竞争替代以价格为主要手段的低层面竞争。

3.4 健全行业组织,促进膜结构的健康发展

当前我国膜结构正处于迅速发展时期,具有广阔的发展前景。为促进膜结构的健康发展,中国钢结构协会空间结构分会膜结构专业委员会于 2002 年 12 月在北京成立。这是膜结构行业的一件盛事。

相信膜结构将在我国充分展现出它的魅力。

参考文献

- 1 蓝天,刘枫.中国空间结构的二十年.见:第十届空间结构学术会议论文集.北京:2002
- 2 李中立,张文英,等.青岛体育场膜结构挑蓬.见:第九届空间结构学术会议论文集.萧山:2000
- 3 刘锡良.现代空间结构.天津:天津大学出版社,2003
- 4 刘文光.杭州游泳馆膜结构工程.工业建筑,1999(11)
- 5 聂世华,钱若军,等.膜结构技术评述.空间结构,1999(6)
- 6 唐泽靖子.用于膜结构建筑的膜材料.世界建筑,2002(3)
- 7 Kazuo I. Membrane Designs and Structures in the World. Tokyo: Shinken-chiku-sha Co., Ltd., 1999

低清理费用。从表 6 的对比可知,铸钢丸(砂)及钢丝切丸寿命最长,抛丸、喷丸设备易损件的寿命最长,费用最低,综合效果最好。

参考文献

- 1 刘道忠.集装箱涂装技术.涂料工业,1994(1):27~30
- 2 Moore John. Metallic Abrasive in the German Foundry Industry. Foundry Trade Journal, 1993(16):346~347
- 3 Moore John. Special Hard Abrasive Aid Found Profitability. Foundry Trade Journal, 1984(7):324
- 4 Metabrase Limited. Metallic Abrasives Product in the West Midland. Foundry Trade Journal, 1982(5):349
- 5 YB/T 5149-93 铸钢丸
- 6 YB/T 5150-93 铸钢砂
- 7 SAE-J827 铸钢丸
- 8 SAE-J1993 铸钢砂
- 9 SAE-J441 钢丝切丸
- 10 Metabrase Limited. New Facilities at Metabrase Improve Productivity and Materials Handling. Foundry Trade Journal, 1989(12):566
- 11 Shot-Making Company Improves Shot Life by Thirty Percent. Foundry Trade Journal, 1982(5):706
- 12 方博武.受控喷丸与残余应力理论.济南:山东科技出版社,1991
- 13 王仁智.金属材料的表面喷丸强化.北京:国防工业出版社,1981

表 6 相同抛射条件下的磨料寿命、易磨损件磨损速度及综合费用对比^[10~13]

磨料种类	白口铸 铁丸(砂)	脱碳退火 铸铁丸	铸钢丸 (砂)	钢丝切丸
硬度(HRC)	53~64	25~36	40~50	35~52
使用寿命/次	50~150	200~600	2 000~2 900	2 000~2 900
清理速度	中	慢	快	快
易损件磨损 速度(倍)	10~15	1	1	2~3
相对价格/元	2 000~2 500	2 200~2 700	3 600~4 200	3 300~4 000
综合评价	差	差	优	良

注:表中价格为 2003 年 12 月对应价格。