

图4 试样热障涂层的氧化动力学曲线

Fig.4 Oxidation kinetics curves of the sample with thermal barrier coating

层结构的热障涂层,试验证明喷涂后的试样高温抗氧化能力显著提高。

#### 参考文献:

[1] 程正勇,程正翠,李江苏,等.热喷涂技术及陶瓷涂层[J].

热处理,2003,18(1):5-8.

- [2] 黄建平,等.热喷涂陶瓷涂层[J].机械工程材料,2000,(1):24-26.
- [3] 邓世军,等.热喷涂高性能陶瓷涂层[J].材料保护,1999,(1):32-34.
- [4] 张玉娟,孙晓峰,管恒荣,等.NiCrAlY涂层的表面状态对高温氧化行为的影响[J].中国有色金属学报,2002,12(6):1099-1104.
- [5] Evans A G, Hutchison J W. On the mechanics of delamination and spalling in compressed films [J]. Int. J Solids Structures, 1993, 74(2):1321.
- [6] Luthra K L, Briant C L. Mechanism of adhesion of alumina on MCrAlY alloys [J]. Oxid. Met., 1986, 26:397.

## 粉末冶金泥浆泵缸套材料的研究

梁补女<sup>1</sup>,张振宇<sup>2</sup>,王智平<sup>2</sup>,苏义祥<sup>3</sup>

(1.兰州工业高等专科学校 基础学科部,甘肃 兰州 730050;2.兰州理工大学 材料科学与工程学院,甘肃 兰州 730050;3.兰州理工大学 合金材料总厂,甘肃 兰州 730050;)

**摘要:**开发了一种化学成分为Fe-Ni-Cr-RE粉末冶金泥浆泵缸套的材料,通过对该合金的组织及稀土元素含量对耐磨性影响的研究,结果表明添加稀土元素,可获得致密化程度较高、合金元素分布较为均匀的组织,并具有较高的硬度和良好的耐磨性能。

**关键词:**粉末冶金;泥浆泵;硬度;耐磨性

**中图分类号:**TF124 **文献标识码:**A **文章编号:**0254-6051(2004)10-0019-03

### Study of P/M Cylinder Liner of Mud Pump

LIANG Bu-nü<sup>1</sup>, ZHANG Zhen-yu<sup>2</sup>, WANG Zhi-ping<sup>2</sup>, SU Yi-xiang<sup>3</sup>, (1.The Basic Courses Department of Lanzhou Polytechnic College, Lanzhou Gansu 730050, China; 2.College of Materials Science & Engineering, Lanzhou University of Science & Technology, Lanzhou Gansu 730050, China; 3.Alloy Materials Works, Lanzhou University of Science & Technology, Lanzhou Gansu 730050, China)

**Abstract:** A sort of P/M material consisting of Fe-Ni-Cr-RE used in cylinder liner of mud pump was developed. The effects of microstructure and content of rare earth elements on wear resistance of Fe-Ni-RE alloy was studied. The result shows that by adding rare earth elements the higher density and uniform microstructure can be obtained in the material, and the material possesses high hardness and good wear resistance.

**Key words:** P/M; mud pump; hardness; wear resistance

泥浆泵是石油钻机中的配套设备,缸套是泥浆泵的核心配件,用来储存泥浆,承受泥浆压力,使往复活塞在缸套内做往复运动来完成吸、排泥浆的功能。泥浆泵缸套一般要承受6MPa~18MPa的压力,还要受到介质中酸碱度腐蚀和介质中磨料在高压高速下的机械磨损<sup>[1]</sup>。因此,泥浆泵缸套作为易损件,最突出的要求是耐高压、耐磨损、抗腐蚀,其次是配合尺寸精度要

求较高<sup>[2]</sup>。由于缸套属于不可重复使用的一次性易损零件,其寿命的长短将直接影响钻井成本。从统计数字看,国产缸套的使用寿命一般<200h,而国外产品一般在600h左右,因此国产缸套很难在海洋钻井平台及国际市场上占有一席之地。采用新技术、新材料研制高性能的泥浆泵缸套,对立足国产,节能降耗,提高缸套耐磨性,具有重要意义。

### 1 试验材料、方法和结果

#### 1.1 粉末冶金泥浆泵缸套材料的化学成分和制备、成形工艺

研制的粉末冶金泥浆泵缸套材料的化学成分(质

**作者简介:**梁补女(1972-),女,山西岚县人,讲师,主要从事CAD/CAM、材料加工工程及新材料研究。联系电话:0931-2851168(H),13139279628 Email:zhzhy9876@sina.com

**收稿日期:**2004-02-17

量分数, %)为: 2.0~3.0C, 16~19Cr, 3.0~4.0B, 2.5~3.5Si, 18~22Ni, 0.20~0.25RE, 余量 Fe, 杂质 $\leq$ 1.0。泥浆泵缸套材料的粉末采用惰性气体雾化法制备, 其流程为: 配料—熔化—加稀土精炼—气雾化—沉淀干燥—分级检验—成品。主要工艺参数: 雾化压力为 10MPa, 过热度为 250℃, 浇注温度为 1460℃~1500℃, 雾化气体为 Ar, 导流嘴内径为 3.5mm。采用氧乙炔二步法火焰喷涂工艺, 将研制的泥浆泵缸套材料粉末喷涂到由 45 钢制造的 6 件泥浆泵缸套内, 形成厚度为 1.5mm 的抗磨涂层。

## 1.2 粉末冶金泥浆泵缸套材料的性能测试方法及结果

由于所研制的泥浆泵缸套粉末属自熔合金粉末,

表 1 磨损试验结果(g)

Table 1 Result of abrasion test(g)

牌号	磨损前				磨损后				磨损量
	试样 1	试样 2	试样 3	平均值	试样 1	试样 2	试样 3	平均值	
缸套材料	11.6715	11.4867	11.6917	11.6166	11.6541	11.4695	11.6768	11.6001	0.0165
Ni60	11.5611	11.0039	11.2430	11.2693	11.5418	10.9850	11.2174	11.2481	0.0212

## 1.3 工业性试验

对 6 件泥浆泵缸套样件进行工业应用试验, 其中 3 件在上海海洋钻井工程公司钻探 2 号平台 10-P-130 泥浆泵上进行了试验, 平均使用寿命达到 677.67h, 超过从美国进口的钢套寿命; 另外 3 件在玉门青西油田和天津大港油田集团钻井工程公司进行了试验, 平均运行时间 $>$ 1000h, 比原用钢套寿命提高 3 倍以上。

## 2 分析讨论

### 2.1 泥浆泵缸套材料粉末的物理性能

泥浆泵缸套材料粉末的物理性能: 松散密度为 4.12(g/cm<sup>3</sup>), 流动性 $>$ 40(s/50g), 氧含量(质量分数, %)为 0.02%~0.08%, 粒度范围 $<$ 115 $\mu$ m。由于稀土元素对合金熔液具有强烈的脱氧作用, 可与合金液中的氧及液面的浮渣起作用, 在整个熔炼池表面形成保护层, 有利于提高合金液的纯度, 因此粉末的氧含量比较低<sup>[3]</sup>。而不含稀土的相同材料粉末的氧含量(质量分数, %)为 0.13%~0.19%, 由此可见含稀土元素合金粉末的抗氧化性好于不含稀土元素的合金粉末<sup>[6~8]</sup>。

### 2.2 稀土对 Fe-Ni-RE 合金组织及性能的影响

图 1 为加稀土和不加稀土的泥浆泵缸套表面金相组织。由图 1 可见, 当合金材料中含有稀土时, 其组织均匀, 晶粒细化。众所周知, 在一定体积内的晶粒数目就愈多, 同样的变形量由较多晶粒来承担时, 就不致造成严重的应力集中, 从而改善了材料的塑性<sup>[4~6]</sup>。另

服役是在原始状态下使用, 硬度通常作为检验依据。6 件泥浆泵缸套内套测定的硬度结果分别为: 1 号样—62HRC, 2 号样—63HRC, 3 号样—61HRC, 4 号样—64HRC, 5 号样—65HRC, 6 号样—64HRC。

采用 RRT-III 型往复式摩擦磨损机测试试样的耐磨性能, 试样尺寸为  $\phi$ 8mm $\times$ 30mm, 试样表面粗糙度为 0.8 $\mu$ m~0.4 $\mu$ m。对偶件为 70mm $\times$ 13.7mm $\times$ 10mm 的白刚玉砂条, 粒度为 80 $\mu$ m。测试速度为 150r/min, 压力为 25MPa, 测试时间为 10min, 每个试样测试 1500 次, 测试温度为 18℃, 相对湿度 25%, 无润滑干摩擦试验, 磨损量采用万用电子分析天平测试。试验结果及与 Ni60 合金进行对比结果见表 1。

外, 当稀土元素均匀分布在合金粉末中时, 与基体相的相界明显增加, 在相界附近发生晶格严重畸变, 从而起到晶界强化作用, 使合金粉末制备材料的强度有所提高<sup>[7,8]</sup>。

通过 X 射线衍射分析, 泥浆泵缸套材料表层主要物相有(Cr, Fe) $\gamma$ C<sub>3</sub>、CrB、Ni<sub>3</sub>Fe、Ni<sub>3</sub>B、Fe<sub>23</sub>B<sub>6</sub>, 随着稀土

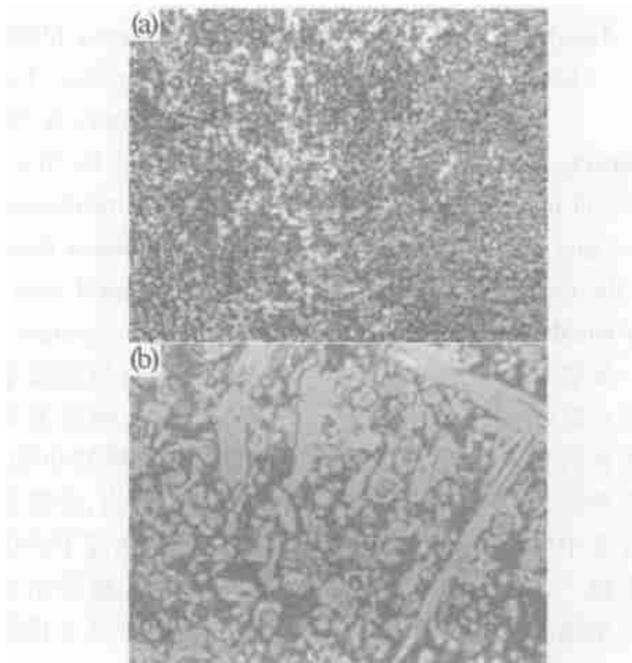


图 1 泥浆泵缸套材料金相组织

(a)加稀土 (b)不加稀土  $\times$ 400

Fig.1 Microstructure of the mud pump materials for cylinder liner

(a)with rare earth (b) without rare earth  $\times$ 400

元素加入量的增加(稀土含量 $<3\%$ ),合金碳化物(Cr, Fe) $\gamma$ C<sub>3</sub> 中铬的含量也增加,硬度明显提高。一方面减小了元素的扩散阻力,另一方面也有利于提高基体与碳化物的结合强度,提高材料的冲击韧度<sup>[9]</sup>。同时稀土元素为表面活性元素,加入后可以降低体系中碳的活度,阻碍其脱溶到内应力区及晶体缺陷中,促使其溶于基体和碳化物中,提高基体和碳化物的显微硬度<sup>[10]</sup>。另外,稀土元素有较大的电负性,因而具有活泼的化学性质,极易与硫、氧等元素发生化学反应,生成稳定的稀土硫氧化物。在粉末冶金制品的制备过程中,加入适量的稀土元素,还会发生一些独特的物理化学变化,如降低亚稳共晶转变温度,使冷却过程中结晶过冷度加大,从而提高了奥氏体的形核率,使晶粒细小。另一方面,由于稀土的氧(硫)化物具有 NaCl 型点阵结构<sup>[5]</sup>,其原子间距与奥氏体原子间距非常接近,两者的错配度很小,可以作为异质晶核起到细化晶粒的作用,对材料的性能尤其是冲击韧性有利。可以缓解粉末材料的高耐磨、高硬度与韧性的矛盾<sup>[11]</sup>。

### 3 结论

研制的泥浆泵缸套材料组织致密,晶粒细化,具有较高的硬度和耐磨性,提高了泥浆泵钢套使用寿命,降低了成本,具有明显的经济与社会效益。

### 参考文献:

- [1] 张万福,肖长顺.高铬-钨合金白口铸铁在泥浆泵缸套上应用[J].煤矿机械,1999,(5):41-42.
- [2] 方孝福,李承欧.高铬铸铁在泥浆泵上应用研究[J].山东机械,1989,(6):19-23.
- [3] 周庆德.铬系抗磨铸铁[M].西安:西安交通大学出版社,1987:167-211.
- [4] 杜 挺.稀土元素在金属材料中的一些物理化学作用[J].金属学报,1997,(1):69-76.
- [5] 刘英才,刘俊友,尹衍升,等.钕对铁基烧结制品中合金元素分布的影响研究[J].中国稀土学报,2001,19(3):281-283.
- [6] 张金旺,符长璞,等.2Cr12MoVNbNiNB 耐热钢时效态硬度与抗拉强度关系[J].机械工程学报,1996,32(3):102-106.
- [7] 苏义祥,门志慧,王维东.稀土对高 Ni-Cr 合金组织的影响[J].铸造,2003,52(7):519-520.
- [8] 李隆盛.铸造合金及熔炼[M].北京:机械工业出版社,1990:93-108.
- [9] 宋月鹏,许 斌,冯承明.钢的硼铬稀土共渗层耐蚀性研究[J].热加工工艺,1999,(5):5-7.
- [10] 刘俊友,刘英才,尹衍升,等.稀土在铁基高铬合金粉末球磨过程中的应用[J].中国稀土学报,2000,18(4):348-351.
- [11] 孙 景,王 波,李宝银,等.添加稀土的 WC-20(FeCoNi)硬质合金的研究[J].粉末冶金技术,1998,16(4):267-269

## 自组装纳米多层膜吸波性能和机理的研究

毕云飞,陶 冶,刘培英

(北京航空航天大学 材料科学与工程学院,北京 100083)

**摘要:**配制了钡铁氧体和 PSS(poly sodium 4-styrenesulfonate)溶胶,并利用静电自组装的方法在普通玻璃板上组装了 A/B 型纳米多层膜。考察了纳米多层膜的吸波性能,利用紫外-可见分光光度计测量了纳米多层膜的层厚。结果表明,总层数为 30 个双层、总厚度为 200nm 左右的纳米多层膜有显著的吸波效应,在频率为 8GHz~18GHz 范围内,最大吸波率达到 16.85dB。从量子理论出发探讨了吸波机理。

**关键词:**钡铁氧体;静电自组装;吸波性能;量子理论

中图分类号:TQ327.3 文献标识码:A 文章标号:0254-6051(2004)10-0021-04

## Investigation on the Wave-Absorbing Property and Mechanism of Self-Assembled Nano Multi-Layers

BI Yun-fei,TAO Ye,LIU Pei-ying

(College of Materials Science and Technology, Beihang University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Colloidal barium ferrite and colloidal PSS (poly sodium 4-styrenesulfonate) were prepared and a nano multi-layers film of A/B type was formed on the surface of glass plate by electrostatic self-assembly. The wave-absorbing property of the film was measured and the results show that the radar wave is absorbed between 8GHz and 18 GHz and the reflectivity reached 16.85dB. The thickness of the film and the relation between thickness and self-assembling time are measured by UV-VS spectrophotometer. The wave-absorbing mechanism of nano multi-layers film was discussed based on quantum theory.

**Key words:** barium ferrite; electrostatic self-assembly; wave-absorbing property; quantum theory