

矿用易磨损备件材料的研究^①

刘方云

(江西铜业公司德兴铜矿, 德兴 334224)

张怀亮 任立军

(中南工业大学机电工程学院, 长沙 410083)

摘 要 在广泛收集易磨损备件材料技术资料的基础上结合 10 余年耐磨材料研究的经验, 综述了我国渣浆泵过流件、球磨机衬板与磨球和破碎机备件等易磨损备件材料最新动态, 同时提出根据磨料和料浆性质来选用该方法。

关键词 易磨损备件 材料 动态

中图法分类号 TF125

根据统计, 机械零件的失效主要有磨损、断裂和腐蚀等三种形式, 而磨损失效占 60%~80%^[1]。仅据我国冶金、矿山、建材、电力等部门的粗略统计, 每年因磨损消耗的钢材总计达数百万吨, 耗资 20~30 亿元, 由于磨损失效引起设备发生故障造成的重大事故的损失更是不可估量。渣浆泵、球磨机、破碎机等设备是工业界主要易磨损设备, 提高这些设备的易磨损备件的寿命、选用合适的耐磨材料已成为人们长期以来的研究课题。本文拟结合德兴铜矿四种易磨损设备的实际, 对易损件的选材问题进行比较系统的综述。

1 渣浆泵过流件

矿山输送矿浆、冶金厂输送料浆、火力发电厂输送煤渣, 一般需要使用渣浆泵(或砂泵、灰渣泵、泥浆泵等)。渣浆泵的过流件主要是指叶轮、护套、护板等。渣浆泵过流件的使用寿命往往只有一个星期, 频繁地更换备件既影响生产又使备件费用过高。

70 年代, 我国渣浆泵过流件主要使用灰口铸铁、普通铸钢、低合金白口铸铁。80 年代开始大力推广镍硬铸铁和高铬铸铁。

镍硬铸铁是含 4%~6% 镍, 2%~9% 铬的

白口铸铁。Ni 的加入, 使这类铸铁的基体组织在铸造状态下就已成为马氏体, 硬度达到 HRC55 以上, 因此具有较高的耐磨性。

高铬铸铁是含 12% 以上铬的白口铸铁。大量铬的加入, 使这类铸铁中的碳化物大部分成为 $(Cr \cdot Fe)_7C_3$ 型的, 这类碳化物的硬度高达 HV1800, 比许多磨料(如石英、石灰石、煤)的硬度高得多, 因此, 高铬铸铁具有更高的耐磨性, 被誉为第三代抗磨材料^[2]。

在磨料磨损条件下具有优良耐磨性的钢铁材料称为抗磨材料。在一般情况下, 抗磨铸铁的耐磨性优于抗磨铸钢。这是因为抗磨铸铁中含有更多的碳化物。

目前我国渣浆泵过流件主要使用以下 6 种抗磨白口铸铁:

KmTBCr2MoCu, KmTBCr4MnCuMo, KmTBNi4Cr2, KmTBCr15Mo3, KmTBCr26, KmTBCr18Mn2W。

KmTBCr2MoCu 是普通的低铬的白口铸铁, 热处理后硬度可达 HRC56 以上, 用作叶轮使用寿命一般可比普通白口铁高一倍以上。缺点是淬透性较差, 淬透直径约 30 mm, 可用于 3.5 cm 以下过流件。

KmTBCr4MnCuMo 是较高含铬量的低铬白口铸铁, 性能略优于 KmTBCr2MoCu, 用途

① 收稿日期: 1999-02-28, 修回日期: 1999-04-05 刘方云, 男, 35 岁, 工程师

相同。

KmTBNi4Cr2 是镍硬铸铁, 硬度一般为 HRC55~ 60, 用于壁厚 50 mm 以下的过流件。使用寿命一般为普通白口铁的 3 倍。

KmTBCr15Mo3 是典型的高铬铸铁, 在国际上被认为是抗磨材料的“王牌”。该材料是美国研制的, 70 年代在美、德、日等国得到迅速推广, 80 年代在我国得到广泛应用。大量的 $(\text{Cr}_2\text{Fe})_7\text{C}_3$ 型碳化物使该材料具有优良的耐磨性, 这些碳化物呈块状弥散分布又使该材料具有较高的韧性。在退火状态, 该材料的硬度在 HRC40 左右, 可较容易地进行切削加工。在淬火状态, 该材料的硬度为 HRC58~ 66, 并且内外硬度均匀。淬硬直径约为 100 mm, 可制作各种尺寸的过流件。使用寿命约为普通白口铁的 4~ 6 倍。我国生产这种材料, 往往加入钒、钛、铌等元素进一步细化晶粒、提高耐磨性。

KmTBCr26 是含铬量最高的高铬铸铁。过高的含铬量, 使碳化物的类型主要成为 $(\text{Cr}_2\text{Fe})_{23}\text{C}_6$ 型, 硬度有所降低(HV1 600), 但基体中的铬量增加使这类高铬铸铁具有较高的耐腐蚀性能, 在酸性或碱性矿浆条件下, 这类高铬铸铁的过流件具有更高的使用寿命。

KmTBCr18Mn2W 是我国研制的新型高铬铸铁。它以锰和钨取代高铬铸铁中的钼, 使生产成本降低约 3 000 元/t, 钨的碳化物具有更高的硬度(HV2 400), 使高铬铸铁的耐磨性进一步提高。同时, 锰和钨的共同作用还使韧性大幅度提高。这类高铬铸铁的硬度为 HRC60~ 66, 冲击韧性为 7~ 12 J/cm², 过流件的使用寿命为普通白口铁的 5~ 7 倍^[3]。

面对众多的渣浆泵过流件新材质, 在选用上可以从以下 2 个方面来考虑:

(1) 磨料性质

磨料呈尖角且粒度较粗, 应尽量选用高铬铸铁, 这样的选择会使备件的寿命最长, 备件费用最低。

磨料呈圆角且粒度很细, 应尽量选用衬胶过流件。

磨料硬度(指磨料的显微硬度)过高且粒度

较粗, 则选用低铬铸铁更经济。

(2) 料浆性质

料浆酸性过强, 可考虑选用陶瓷过流件。

料浆 pH 值为 4~ 5, 可考虑选用 KmTBCr26。

料浆温度较高, 可考虑选用耐磨铸钢。例如氧化铝厂的渣浆泵过流件往往在 200 °C 左右工作, 使用铸铁可能会因铸铁的导热性差造成护套开裂, 使用锰钨钛耐磨铸钢过流件效果好, 使用寿命可达 600 h 左右。

2 球磨机衬板

使用球磨机的行业较多, 衬板消耗量较大, 加之更换衬板的工作量较大, 因此, 提高衬板的使用寿命是人们较为关心的事情。80 年代以来, 我国衬板材质方面所做的工作比较多。

以前, 球磨机衬板几乎是高锰钢一统天下。高锰钢的优点也确实很显著, 它的韧性最高, 高达 147 J/cm²。

高锰钢的改进, 较为成功的是在高锰钢中加入 2% 的铬, 牌号为 ZGMn13Cr2。铬的加入, 主要是提高屈服强度, 使衬板磨薄后不易变形。同时, 铬的碳化物均匀分布在钢中, 使耐磨性得到提高, 一般情况下 ZGMn13Cr2 的使用寿命比 ZGMn13 高 30% 左右^[4]。

温磨条件下的大型球磨机衬板使用 ZGMn13 或 ZGMn13Cr2, 一般都具有最佳的经济性。

氧化铝厂使用高锰钢衬板, 有时会出现“碱脆”现象, 控制好高锰钢的成分及热处理可消除这种碱脆现象。

高锰钢具有冲击硬化特性。中小型球磨机衬板往往因为所受冲击很小, 冲击硬化现象不明显, 造成衬板寿命过低。下面介绍几种适用的衬板新材质。

(1) 低合金马氏体钢

主要有 ZG30MnSiTi, Zn40Cr2MnSiXt。少量合金元素的加入, 主要是为了提高淬透性或

细化晶粒,使衬板在淬火后得到韧性较好的马氏体。这类钢的硬度一般为HRC40~45,冲击韧性一般为15~30 J/cm²,耐磨性比高锰钢高50%左右,适于制做3 m以下直径的球磨机衬板,衬板的厚度最好不超过40 mm^[5]。

(2) 中合金马氏体钢

主要有ZG40Cr5Mo, ZG40Cr5MoNb等。这类钢具有更高的淬透性,可制作厚度80 mm以下的衬板。硬度一般为HRC45~50,冲击韧性一般为15~20 J/cm²,耐磨性比高锰钢高一倍左右,适于制作3 m以下干磨条件下使用的球磨机衬板。也可用于直径5 m、厚度较大的球磨机衬板^[6]。

(3) 珠光体耐磨钢

主要有ZG70Cr2V, ZG80Cr2MnMo等。这类钢加入合金元素主要是为了细化珠光体。钢的硬度一般为HRC35~40,冲击韧性一般为15~20 J/cm²,耐磨性比高锰钢高50%左右,衬板的厚度不受限制,最好用于直径2 m以下的球磨机,干磨与湿磨均可^[7]。

球磨机衬板的选材原则为在衬板不发生断裂的情况下尽量选用硬度高的材质。材料的硬度高则衬板的寿命长,衬板的备件费用相对也比较低。在具体选择时,要考虑球磨机直径的大小、衬板的形状及厚度、干磨还是湿磨、磨料的性质、衬板的安装部位等因素。例如长而薄的衬板,所选材料的韧性要比较高;湿磨条件下使用的衬板,所选材料的韧性要比较高,耐腐蚀性要比较好;磨料的显微硬度很高,衬板选材主要考虑价格低(例如耐火材料厂磨制刚玉粉的衬板选珠光体钢为好,因为在这样的条件下提高衬板硬度不能明显提高衬板寿命);安装在球磨机端部的衬板,所选材质的韧性可以比较低,硬度却要尽量高,许多情况下可以考虑使用高铬铸铁衬板。

目前正在试用的橡胶衬板、磁性衬板,效果如何要密切注意。有的矿山使用了几年橡胶衬板又放弃了,原因是磨矿效率低。估计磁性衬板也会存在磨矿效率低的问题。对此问题也许以后会有可行的解决方案。

在衬板的结构改进方面,有两点较有意义。减少衬板尺寸,便于使用较高硬度的材料来制作衬板,虽然固定衬板的螺栓增多了,但衬板的寿命提高的幅度很大,从美国进口的球磨机有这样的改进:端衬板上增设两条筋条,有效地提高了端衬板的使用寿命,许多单位已采取这个办法。

3 破碎机备件

破碎机种类繁多,相应地各种备件也就比较多,但其主要备件所用的材料种类并不多。

圆锥式破碎机的轧白壁使用高锰钢是很合适的。为提高其使用寿命,可把含碳量提高到1.6%,把含锰量提高到15%,水韧处理后再进行时效处理。颚式破碎机的齿板采用ZGMn13Cr2,具有良好的效果。

锤式破碎机的锤头可选用多种材质。直径1 m以上的破碎机锤头使用ZGMn13Cr2较好,直径0.8 m的破碎机锤头使用中合金马氏体钢或锰钨钛钢为好。直径0.6 m的破碎机锤头可用高铬铸铁锤头。锤头破碎机的衬板和筛条使用中合金马氏体钢或ZGMn13Cr2都有较好的效果^[8]。

对辊式破碎机的辊套,采用高铬铸铁或中合金马氏体钢为宜。

反击式破碎机的板锤,也适于选用高铬铸铁或中合金马氏体钢。

上述新材料在提高备件使用寿命、降低备件费用方面的作用都比较明显。尤其是高铬铸铁备件,往往可能使寿命达到ZGMn13的5倍,备件费用降低50%左右。

在破碎机结构方面,环锤式破碎机、立式反击破碎机的优势较为明显,它们的破碎比大,能耗低,产量大,并且备件的消耗较少。

4 球磨机磨球

许多厂矿把磨球列入材料范围,不作为备

件。因磨球的正确选用较有意义, 这里顺便介绍一下。

过去磨球多使用普通锻钢, 球耗很大。

目前磨球多使用铸铁, 主要有低铬白口铁、高铬白口铁、贝氏体球墨铸铁。

低铬球所用的材质为 $KmTBCr2MoCu$, 硬度可达 $HRC50\sim 55$, 有用冲天炉生产的, 也有用电炉生产的, 有进行淬火处理的, 也有不进行淬火处理的, 因此生产成本及性能均有较大的差别。在选用方面较为麻烦, 以次充好现象较为严重。从质量上讲, 电炉熔炼且经过淬火处理的较好, 干磨、湿磨条件下都可采用。由于价格较低, 一次性购买费用较低, 因而使用量较大。

高铬球所用材料一般为 $KmTBCr12Mn2Mo$, 硬度可达 $HRC60$ 左右。其生产成本较高, 但球耗很低, 一次性购买费用较高, 总的使用费用最低, 因此应尽量采用。高铬球适于干磨条件下使用, 在碱性湿磨条件下使用效果也很好。

贝氏体铁球所用材料为低硅、低锰、低铬球墨铸铁, 用冲天炉生产, 进行了淬火处理。在达到生产技术要求的情况下, 该球硬度大于 $HRC55$, 冲击韧性达 $10J/cm^2$, 是生产成本低、碎球率低、球耗较低的产品, 目前的使用量也较大, 干磨、湿磨条件下均可采用。

此外, 磨球还有贝氏体钢的。贝氏体钢、马氏体钢球硬度高、韧性高, 生产成本适中, 性能均匀稳定, 适合于大批量生产, 预计有良好的发展前景。

REFERENCES

- 1 Wang Keyuan (王克远). Mechanical Engineering Materials(机械工程材料). 1990, 3: 1- 3.
- 2 Zhao Aimin(赵爱民) and Wang Guangjing(王光晶). Mechanical Engineering Materials(机械工程材料). 1996, 6: 18- 22.
- 3 Li Lijun(李力军) and Yang Ruilin(杨瑞林). Mechanical Engineering Materials(机械工程材料). 1991, 6: 50- 53.
- 4 Yang Yeyuan(杨业元) and Huang Weigang(黄维刚). Mechanical Engineering Materials(机械工程材料). 1995, 5: 30- 32.
- 5 Ding Qingru(丁庆如). Mechanical Engineering Materials(机械工程材料). 1995, 6: 52- 54.
- 6 Zhang Fucheng(张福成), Zheng Yangzeng(郑炆曾) and Zhu Ruifu(朱瑞富). Mechanical Engineering Materials(机械工程材料). 1995, 2: 42- 46.
- 7 Zhu Zhengyu(朱征瑜), Liu Yingjie(刘英杰) and Chen Nianping(陈南平). Mechanical Engineering Materials(机械工程学报). 1987, 3: 15- 17.
- 8 Li Baojun(李宝钧) and Guo Yabing(郭亚兵). Mineral Processing Machinery(选矿机械). 1992, 3: 30- 33.

QUICK-WEAR ABRASION SPARE-PARTS AND MATERIALS

Liu Fangyun, Zhang Huailiang[†] and Ren Lijun[†]

Dexing Copper Mine, Jiangxi Copper Company, Dexing 334224, P. R. China

[†] College of Mechanical and Electrical Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China

ABSTRACT By the technology data of quick-wear abrasion spare parts extensively collected and materials and experience in the study of wear resistant materials, the new trend of quick-wear abrasion spare parts and materials of pumps wear resistant spare parts, ball mill lining board and grinding balls of crusher was summarized. Moreover, the method of choosing materials on the basis of the property of abramer and slurry was preferred.

Key words easy-abrasion spare parts material trend

(编辑 黄劲松)