

含磷铁基粉末冶金结构材料及其在 汽车零件中的应用

近几年来，北京钢铁学院对含磷铁基粉末冶金材料的成分、工艺组织、性能、尺寸变化、强韧化机理以及磷铁粉的制备工艺和性能等进行了比较系统的研究并取得良好结果。在基本完成实验室研究工作的基础上，先后与北京粉末冶金四厂、宁波粉末冶金厂、北京粉末冶金一厂及北京汽车减震器厂共同协作，选择了老30和新—30汽车减震器的活塞、导向器、阀座以及汽车变速箱二轴三档齿轮衬套等七种典型的结构零件，进行了应用研究。所试制的减震器零件，采用一次压制、烧结工艺制取。不仅获得良好的综合机械性能，能较好地满足使用要求，而且可以节约大量铜，进一步降低成本，还有利于在生产中推广应用和逐步建立适合我国资源情况的含磷铁基合金系列。

表1 Fe-P-C与Fe-Cu-C三元系合金性能对比

成 分	密 度 g/cm ³	硬 度 HB	抗 拉 强 度 kgf/mm ²	冲 击 韧 性 kgf·m/cm ²
Fe-P-C	6.93	151	56.7	1.90
Fe-2~3% Cu-C	6.86	122	44	1.63

表2 Fe-P-C-Cu-Mo系合金的机械性能

成 分	工 艺 条 件	密 度 g/cm ³	抗 拉 强 度 kgf/mm ²	硬 度	延 伸 率 %	冲 击 韧 性 kgf·m/cm ²
Fe-P-C-Cu-Mo	高 温 烧 结	7.1	65.5	90.7 H R B	2.4	1.1
Fe-P-C-Cu-Mo	高 温 烧 结，热 处理(低温回火)	7.1	102.7	39.1 H R C	1.2	1.0
Fe-P-C-Cu-Mo	高 温 烧 结，热 处理(高温回火)	7.1	91.7	23.7 H R C	3.6	3.0

一、Fe-P-C 和 Fe-P-C-Cu-Mo 合金的性能

表1列出了所研制的Fe-P-C合金的性能。

由表1知，在相同工艺条件下，Fe-P-C三元系合金性能较我国广泛应用的Fe-2~3%Cu-C合金远为优越；中高磷含量的Fe-P-C合金，当密度为6.8g/cm³时，抗拉强度达50~60kgf/mm²冲击韧性值为1~2kgf·m/cm²；低磷含量的Fe-P-C合金，当密度为6.8g/cm³时，抗拉强度可达40~50kgf/mm²，冲击韧性值约2kgf·m/cm²。均达到机械工业部下达的技术指标要求。其强度指标也达到瑞典 Högnäs公司相应牌号合金的水平。高磷Fe-P-C合金材料，在密度一致的情况下，其性能超过机械工业部标准中的Fe-Cu-C及Fe-Cu-Mo-C系材料。

表2列出Fe-P-C-Cu-Mo合金性能。其烧结态性能较机械工业部标准中的Fe-3%Cu-0.5~0.8%C及Fe-3%C-0.5%Mo-0.5~0.8%C材料远为优越；其热处理性能不仅达到和超过部下达技术指标要求，而且达到美国材料标准中Fe-2%Ni-0.5%Mo-0.45%C(扩散合金

型及热处理态)材料的水平,超过Fe-4.0%Ni-1%Cu-0.7%C热处理态材料的性能,并与Fe-7.0%Ni-2.0%Cu-0.5%C热处理态材料及瑞典Distaloy合金Fe-3~4%Ni-2%Cu-0.5%Mo-0.5%C(扩散型合金,热处理态)的性能接近。

二、工艺特点

Fe-P-C合金采用常规的混料—压制—烧结工艺;Fe-P-C-Cu-Mo合金采用混料—压制—高温烧结—热处理(淬、回火)工艺。

在制取工艺中,影响合金性能的关键因素是:合金成分,磷铁粉质量,压制、烧结及热处理工艺参数等。严格控制上述因素,便可获得较高强度、良好韧性的综合机械性能。在含磷铁基合金中,磷是一个显著的强化元素。在烧结过程中,烧结温度的提高,保温时间的延长,都利于原子的扩散和合金元素的均匀化,使合金强度和韧性得到提高。因此,在Fe-P-C三元系合金中加入少量Cu、Mo进行高温烧结,通过热处理后可获得优良的综合机械性能。

三、Fe-P-C和Fe-P-C-Cu合金的应用

1.北京粉末冶金四厂选择了老—30汽车减震器的活塞、导向器及阀座三种零件进行试制研究。应用Fe-P-C合金取代Fe-Cu-C合金,使产品零件性能得到改善。试件经北京汽车减震器厂做台架耐久性试验,测得400万次后示功图正常,复原阻力和压缩阻力的衰减率均低于20%,试样磨损量很少(活塞:0.012;导向器:0.02;均为平均值),按行业标准达到了优等品水平。采用Fe-P-C合金制作汽车减震器零件有明显的技术经济效果,仅按该厂1984年年产减震器零件90万件计算,如全部用Fe-P-C合金取代Fe-Cu-C合金,则每年可节省电解铜粉1.2吨,节约材料费上万元。

2.宁波粉末冶金厂选择了新—30汽车减震器的活塞、导向器及阀座三种零件进行试制研

究,应用Fe-P-C合金取代原来的Fe-Cu-Mo-C合金,使产品零件性能得到改善。试件经北京汽车减震器厂做台架耐久性试验,测得250万次后示功图正常,复原阻力和压缩阻力的衰减率均在10%以内,按行业标准达到一等品水平。试件经400万次台架耐久性试验,其零件磨损量极微,属正常磨损。采用Fe-P-C合金制作减震器零件有明显技术经济效果,仅按该厂1984年年产减震器零件143万件计算,如全部用Fe-P-C合金取代Fe-Cu-Mo-C合金,每年可节省电解铜粉1.2吨,二硫化钼0.32吨,节约材料费节一万六千元。

3.北京粉末冶金一厂生产的汽车变速箱二轴三档齿轮衬套,是一个对性能要求较高的产品,除一般套筒类制品常规要求的硬度和压溃强度外,对轴向承压还有特殊要求(在35kgf/mm²压力下,轴向承压变形量应<0.1mm)。过去采用Fe-Cu-C合金一直未达到要求。改用Fe-Cu-Mo-C合金,必须同时使用含有70%左右的—200目的细铁粉,才能满足要求。而这使工序增加,成本提高。采用Fe-P-C-Cu(少量)合金后,获得令人满意的效果,在35kgf/mm²压力下轴向承压变形量为0.047mm,同时简化了配料工序,节省了铜、钼等金属和材料费用。按北京粉末冶金一厂核算,每个零件的材料费可节约27%。

应用研究表明,采用含磷铁基合金不仅可以改善产品零件的性能,而且技术经济效益显著。按减震器年产量为500万支计算,如采用Fe-P-C材料,则每年可节省铜20吨,材料费十三万元;如Fe-P-C中强度结构件发展到七、八千吨,则每年可节约铜190吨,材料费一百二十万元。

〔北京钢铁学院,北京粉末冶金四厂,
宁波粉末冶金厂,北京粉末冶金一厂,
北京汽车减震器厂〕