第 16 卷 第 3 期 复 合 材 料 学 报 Vol 16 No. 3
1999 年 8 月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA August 1999

聚甲醛钢背铜塑三层结构复合材料的加工工艺与性能研究

黄 丽 徐定宇 徐从鹏
(北京化工大学 57 号信箱, 北京 100029)

摘 要 介绍了以钢为基座, 青铜粉为过渡层, 聚甲醛塑料为表面层的三层结构复合材料的复合加工工艺及其工艺对性能的影响。试验的结果表明, 在一定的温度范围内, 制品的表面硬度随压制温度的升高而增加, 随塑料层厚度的增大而减小; 在一定的范围内, 青铜粉的粒径越大, 塑料层与钢背间的结合强度越大, 且表面硬度也越大, 摩擦系数也越小。

关键词 聚甲醛复合材料, 复合加工工艺, 性能
中图分类号 TB333, TQ322

钢背铜塑三层结构复合材料是从 80 年代开始研究开发的, 该材料是以钢板为基体, 烧结铜网(或铜粉)为中间层, 表面层为塑料的复合材料。其机械性能取决于金属基材, 而摩擦性能取决于塑料的表面层。金属基材和塑料表面层通过烧结铜网(或铜粉)为媒介, 使相互之间有一定的结合力。这种三层结构的复合材料是一种既有润滑作用, 又具有高强度、高承载能力的工程材料。钢基作为基体或骨架, 保证材料具有高的强度和高的承载能力。铜网(或铜粉)孔层起导热和容纳塑料的作用, 而塑料层是起润滑作用的。三层复合材料的结构如图 1 所示。

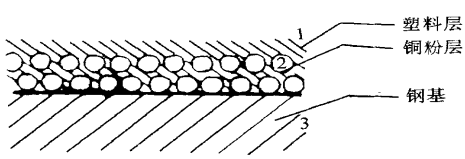

图 1 钢背铜塑复合材料的结构
Fig. 1 The structure of composite material of steel base copper and plastic

这种由金属-塑料复合而成的复合材料, 克服了单纯塑料强度低的弱点, 使其具有较长的磨损寿命, 并赋于它良好的热传导性能, 较小的线膨胀系数, 同时保持了塑料良好的减摩性能。

钢背铜塑三层结构复合材料除了具有一般固体润滑材料的耐高(低)温、耐真空环境及耐腐蚀、抗污染等优点外, 还有寿命长、承载能力高的突出优点, 尤其是适用于振动和冲击负荷的场合。它还可以直接加工成标准零件, 使用方便[1]。三层结构的复合材料加工方法一般是由骨架材料加上一种或几种其它材料, 经热压烧结或向烧结的多孔骨架中灌注润滑材料, 也可用挤压、模塑等方法成型。本论文是研究讨论以改性聚甲醛为面层材料, 采用松散成型——模塑法制成的三层结构复合材料的加工工艺及性能。

收修改稿、初稿日期: 1999-01-25, 1998-08-25

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　复合加工工艺及其对性能的影响

1.1　复合加工工艺

多孔铜层与钢背的烧结成型方法可以是压制成型法、松散成型法和多孔金属烧结法。本试验采用的是松散成型法。将铜粉松散地铺撒在镀铜的钢板上之后, 放入到高温烧结炉中烧结, 使金属颗粒之间、颗粒与基体之间局部烧结, 形成多孔骨架。在烧结炉中采用氢-氮作为保护气, 氢气可以防止铜氧化, 还原氧化铜。烧结温度为 900℃, 烧结时间为 0.5～1.5 h。烧结件冷却至 100℃以下出炉, 若高温出炉会使材料在空气中发生氧化, 影响制件的质量。

在烧结好的多孔铜层复合钢板上铺上改性聚甲醛粒料, 并放入到模具中去加热加压, 使熔融了的改性聚甲醛物料能够渗入到金属颗粒中去, 就可制成钢背铜塑三层结构的复合材料。在加热加压的过程中, 当模具温度超过 130℃时, 要多次加压卸压, 以便排气, 实际上相当于对制件进行锻造, 有助于提高制品的均一性和致密性, 当模温升至熔点以上时, 再加压至一定的压力。从本试验对影响制品性能的加工工艺进行探索的结果来看, 加热温度、压力大小以及冷却速度的快慢都对制品的性能产生一定的影响。当加热温度在 165～175℃范围内, 压力在 10.0～20.0 MPa 之间时, 制品的综合性能比较好。

1.2　复合加工工艺与表面硬度的关系

1.2.1　加工压力与表面硬度的关系

从图 2 中可以看出, 压制试样的表面硬度随加工压力的增加而增大。这是因为物料熔融之后, 改性聚甲醛由固体变成了熔融态, 流动性很好, 在压力的作用下, 可以自由流动。随着压力的增加, 熔融了的物料被逐渐压实, 压制试样的表面逐渐增大, 当压力增加到一定值时, 熔融的物料间的空隙被完全压实, 其表面硬度也不再增大[2]。

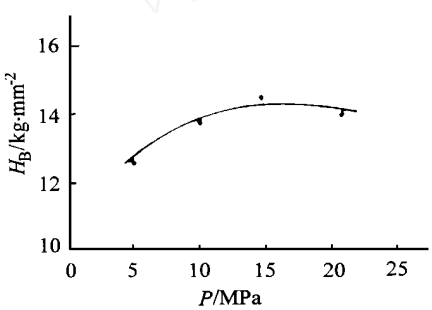

图 2　加工压力与表面硬度的关系

Fig. 2　The relationship between manufacturing pressure and hardness of the surface

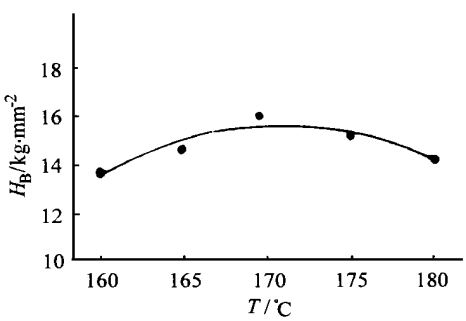

图 3　加工温度与表面硬度的关系

Fig. 3　The relationship between manufacturing temperature and hardness of the surface

1.2.2　加工温度与表面硬度的关系

由图 3 中可以看出, 表面硬度随加工温度升高而增大, 经过一定温度区域之后转而下降, 最佳的加工温度在 165～175℃的范围内。这是因为加工温度低于 165℃时, 改性聚甲醛料还没有完全熔融, 造成粒料之间有明显的熔结河痕, 没有很好地融为一体, 表面硬度较低。而加工温度在 165～175℃范围时, 物料恰好完全熔融, 基本上成为一个均匀的整体, 表现出较好的表面硬度。若加工温度继续升高, 则物料开始部分分解, 形成小分子。因此, 压制后的试样表面硬度也比较低。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

1.3 复合加工过程中不同塑料层厚度对表面硬度的影响

在三层结构复合材料的加工过程中,采用不同的加工工艺,复合材料表面的塑料层厚度是不一样的。图 4 表示了不同塑料层厚度对表面硬度的影响。

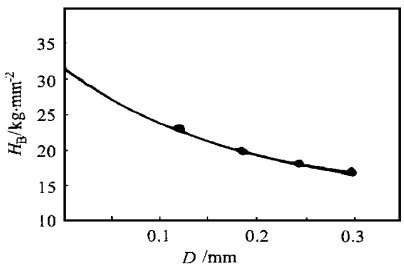

图 4 塑料层厚度与表面硬度的关系

Fig. 4 The relationship between thickness of plastic and hardness of surface

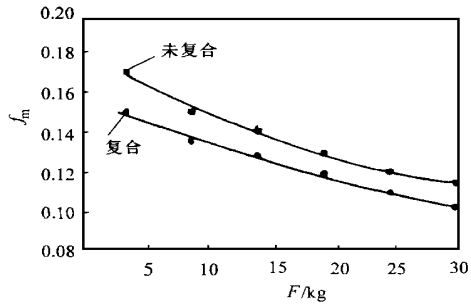

图 5 变载条件下改性聚甲醛复合前后动摩擦系数的变化

Fig. 5 Change of the kinetic frictional coefficient between modified POM and unmodified POM on the condition of variable load

从图 4 中可以看到,复合材料的表面硬度随塑料层厚度的减小而增大,没有塑料层、露出铜粉时,其表面硬度接近钢的硬度。复合材料中的塑料层厚度对制件的实际应用性能有很大影响。塑料层太薄,在工作磨损较大的情况下,尤其是受到振动和撞击时,就会暴露出铜粉层。因此选择出适度的厚度,就可使复合材料具有较高的承载能力和理想的摩擦系数。通过我们试验的结果来看,塑料层为 0.1 mm 时,三层结构的复合材料的综合性能是比较好的。

1.4 复合对摩擦系数的影响

由图 5 中可见,改性聚甲醛复合到钢背上以后,摩擦性能比未复合的材料有很大的提高。这是因为未复合的改性聚甲醛试样较厚,表面硬度较小,而复合后的改性聚甲醛层比较薄,只有 0.1 mm 左右,较薄的聚甲醛层以钢背为依托,其表面硬度较大,由公式 $f = N / H_B$ (f —— 摩擦系数; N —— 正压力; H_B —— 表面硬度) 可知,表面硬度越大,则摩擦系数越小[2]。

表 1 改性聚甲醛复合前后的静摩擦系数的比较

Table 1 Comparison for the static frictional coefficient between modified POM and unmodified POM

静摩擦系数	SM_1	SM_2
复合前	0.09	0.11
复合后	0.08	0.095

注: SM_1、SM_2 为不同的改性聚甲醛品种

由此可见,复合后,材料的动、静摩擦系数都有所减小。

由图 5 中也可见到,动摩擦系数随着载荷的增大而减小。这主要是由于摩擦表面的真实接触部分在很大的单位压力作用下,表面凸峰相互压入的啮合。同时,相互接触的表面分子也有吸引力,因此,摩擦过程实际上也就是克服亚微观表面凸峰的机械啮合的表面分子吸引力的过程。根据公式: $f_m = \beta + \gamma \frac{S_A}{N}$

S_A —— 真实接触面积; N —— 载荷(正压力); β, γ —— 分别由摩擦表面的物理和机械性能所决定的系数; 其中 β 为定值,它是根据纯机械理论所确定的摩擦系数。

对于摩擦表面来说,由于真实接触面积随载荷的增加而缓慢增加,因而摩擦系数随载荷的增加而减小。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

1.5　铜粉粒度对制件性能的影响

从表 2 中可知铜粉粒度对制件性能有一定的影响。在一定范围内, 铜粉目数减少, 表面硬度增大, 动、静摩擦系数减小, 塑料层与钢背间的结合强度增大。这是因为铜粉目数越小, 颗粒间的孔隙增大, 熔融了的聚甲醛就更容易进入孔隙内, 使聚甲醛和铜粉混合层把表层聚甲醛和钢背紧密地结合起来。同时, 聚甲醛与钢背结合得越强, 表面硬度越大, 因此动、静摩擦系数就越小。

表 2　铜粉粒度对制件性能的影响

Table 2　Grain size of shot copper's effect on the property of the combination

粒度(目数)	S_j/MPa	f_m	f_s	H_B/kg·mm^{-2}
60	36.14	0.115	0.08	14.2
150	16.01	0.125	0.09	13

注: S_j 为结合强度; f_s 为静摩擦系数; f_m 为动摩擦系数。

2　结　　论

复合加工工艺对聚甲醛钢背铜塑三层结构复合材料制件的性能有很大的影响。制件的表面硬度随压制温度的升高而增大, 在 170℃时表面硬度最大; 聚甲醛塑料复合到钢背上之后的表面硬度比未复合时有一定的提高, 复合材料的表面硬度随塑料层厚度的减小而增大, 塑料层越薄, 接近露出铜粉时, 表面硬度越大; 铜粉粒径在一定范围内增加(即目数减小), 则塑料层与钢背间的结合强度增大, 表面硬度增大, 摩擦系数减小。

参　考　文　献

1　徐从鹏, 徐定宇. DU 材料的加工、性能及其应用. 塑料科技, 1997, (3): 8～13

2　李新福, 向定汉. 水工闸门滑道静摩擦系数的研究. 武汉水利电力学院学报, 1996, 29 (4): 25～28

STUDY ON THE PROCESS TECHNOLOGY AND PROPERTY OF THE TRILAMINATED POM COMPOSITES WITH STEEL BASIS

Huang Li　　Xu Dingyu　　Xu Congpeng

(Beijing University of Chemical Technology　Post-Box 57#, Beijing 100029)

Abstract　A trilaminated composite with a steel basis, a transition-layer of powder copper and a surface layer of POM has been introduced in this essay. The process technology of the trilaminated composites and its influence on the property have been studied. The result shows that, in a certain temperature range, the surface hardness of the products increases with the increasing processing temperature, and decreases with the thickness of the plastic layer increased. Larger composite force of the plastic layer and steel basis, larger surface hardness and less friction coefficient of the products have been shown in larger size of the powder copper.

Key words　trilaminated composites, property, composite process technology

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net