第13卷 第3期 复 合 材 料 学 报 Vol. 13 No. 3
1996年 8月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA August 1996

ZA22/ Al_2O_3复合材料切削加工表面质量的研究

于思荣 何镇明 陈 凯
(吉林工业大学铸造教研室, 长春130025)

摘 要 采用硬质合金刀具研究了挤压铸造 Al_2O_3短纤维强化 ZA22合金复合材料的切削加工表面质量。发现在相同切削条件下, 该复合材料表面质量优于 ZA22合金。高的切削速度、低的进给量及低的切削深度有利于提高该复合材料的切削加工表面质量。随 Al_2O_3纤维体积分数增大, 复合材料切削加工表面粗糙度降低。

关键词 锌铝合金, Al_2O_3, 复合材料, 切削加工, 表面粗糙度

陶瓷强化金属基复合材料(MMCs)具有比强度、比刚度高, 耐磨、耐热性好, 热膨胀系数小等优点, 在航空、航天及汽车工业等领域有广阔的应用前景。多年来, 国内外材料工作者对MMCs 的制造技术进行了大量的探索, 力求降低成本、简化工艺, 以便推向市场、扩大应用范围, 取得了大量可喜的研究成果。但 MMCs 切削加工困难, 加工表面质量难以保证, 这对零件的配合、磨损、疲劳及抗蚀性等都有严重的影响[1-4], 在该方面开展研究工作有重大现实意义。

本文着重探讨 Al_2O_3短纤维强化 ZA22合金复合材料(简记为 ZA22/ Al_2O_3)的切削加工表面质量及其影响因素, 优化切削参数, 为该复合材料尽快投入应用提供理论依据。

1 试验材料及方法

基体合金为含21～23wt%Al, 1～1.2wt%Cu, 0.02～0.03wt% Mg, 余者为 Zn 的 ZA22合金。增强剂为洛阳耐火材料研究所生产的氧化铝短纤维, 其组成及性能见表1。采用挤压铸造法制备不同体积分数短纤维强化的 ZA22/ Al_2O_3复合材料。首先将 Al_2O_3短纤维做成预制块, 将预制块放入钢制挤压模具中, 一同预热到280℃左右, 将处理好的 ZA22合金液浇入模具, 浇注温度约为680℃, 开动压力机, 在约100MPa 左右的浸渗压力下将 ZA22合金液压入 Al_2O_3预制块, 得到纤维呈随机取向分布的ZA22/ Al_2O_3复合材料(见图1)。该复合材料的机械性能随纤维体积分数的变化关系见图2、图3和图4[5]。从制得的复合材料坯料上切取尺寸为 15×100mm 的圆棒作为切削试验用的试样。

表1 氧化铝短纤维的组成及性能

$-Al_2O_3$ (wt%)	SiO_2 (wt%)	密度 (g/cm³)	纤维直径 (m)	抗拉强度 (GPa)	最高使用温度 (℃)
80	20	3.2	5～7	0.8～1.0	1500

本文于1995年4月24日收到修改稿, 1994年11月11日收到初稿。国家自然科学基金资助项目

图3　ZA22/ Al_2O_3复合材料硬度　　图4　ZA22/ Al_2O_3复合材料冲击韧性

切削加工试验在1A 62(H) 型普通车床上进行, 采用硬质合金刀具, 通过改变切削速度、进给量及切削深度, 研究获得最佳表面质量的切削工艺参数。

切削加工表面粗糙度测定采用德国产 CARL 型光切显微镜, 测出的粗糙度为平均粗糙度高度 R_z, 它与表面光洁度及轮廓算求平均差 R_a 的对应关系见表 2。

采用扫描电镜观察切削加工表面形貌。

表**2**　表面光洁度与 R_z、R_a 值对照表

表面光洁度	4	5	6	7	8	9	10
R_a(m)	5～10	2. 5～5	1. 25～2. 5	0. 63～1. 25	0. 32～0. 63	0. 16～0. 32	0. 08～0. 16
R_z(m)	20～40	10～20	6. 3～10	3. 2～6. 3	1. 6～3. 2	0. 8～1. 6	0. 4～0. 8

2　试验结果

2. 1　切削参数对 ZA22/ Al_2O_3复合材料切削加工表面粗糙度的影响

为探讨切削参数对 ZA22/ Al_2O_3 复合材料切削加工表面粗糙度的影响, 选用纤维体积分数

V_f = 15%的复合材料为研究对象。

图5为切削速度对 ZA22/ Al_2O_3 复合材料表面粗糙度的影响。可以看出, 在切削深度 a_p 和

图5 切削速度对 ZA22/ Al_2O_3 表面粗糙度的影响

图6 切削深度对 ZA22/ Al_2O_3 表面粗糙度的影响

每转进给量 f 一定时(a_p = 20 m, f = 0.082mm/r), 随切削速度 v 的提高, 复合材料表面粗糙度下降。当 v = 950rpm 时, R_z 值降到2.436 m, 相当于8级表面光洁度。

切削深度对 ZA22/ Al_2O_3 复合材料表面粗糙度也有很大影响。由图6可以发现, 当切削速度和进给量一定时(v = 950rpm, f = 0.082mm/r), 随切削深度的增加, 表面粗糙度明显增大。当 a_p 从20 m 增加到55 m 时, R_z 值增加了近80%, 达到4.35 m。

刀具每转进给量对该复合材料表面粗糙度的影响见图7。随进给量 f 的增大, 复合材料表面粗糙度增大。

图7 进给量对 ZA22/ Al_2O_3 表面粗糙度的影响

综上所述, ZA22/ Al_2O_3 复合材料切削加工表面粗糙度随切削速度的提高而下降, 随切削深度及每转进给量增大而增大。

2.2 纤维体积分数对 ZA22/ Al_2O_3 复合材料切削加工表面粗糙度的影响

根据上述研究结果, 选择切削参数为 v = 950rpm, a_p = 20 m, f = 0.082mm/r。在此条件下研究了不同体积分数的 ZA22/ Al_2O_3 复合材料的切削加工表面粗糙度, 结果列于表3。

表3　**ZA22/ Al_2O_3**切削加工表面粗糙度

V_f (%)	0	10	15	20	25
R_z (m)	3.19	2.73	2.44	2.20	1.51

可以看出, 随纤维体积分数的增大, ZA22/ Al_2O_3复合材料切削加工表面粗糙度明显减小。当纤维体积分数达25%时, 复合材料的表面粗糙度为1.51 m, 相当于9级表面光洁度。与之相比, 未加纤维强化的ZA22合金的表面粗糙度为3.19 m, 相当于7级表面光洁度。

3 讨　　论

3.1 切削三要素的合理搭配

纤维体积分数一定时, ZA22/ Al_2O_3复合材料的切削加工表面粗糙度与切削三要素有较大关系。提高切削速度, 能避免产生积屑瘤, 因而复合材料加工表面粗糙度减小[6]。

进给量f 与材料理想加工表面粗糙度间存在下列近似关系[7]:　　R_{max}　$f^2/8r$

式中r 为车刀尖部圆弧半径。可见, 进给量的增大, 能导致复合材料加工表面粗糙度增大。这与本试验结果相一致。

从理论上讲, 切削深度对材料加工表面粗糙度无多大影响[8]。但本试验发现, 切削深度增大, ZA22/ Al_2O_3复合材料切削加工表面粗糙度明显增大。这可从该复合材料的组织特点进行解释。ZA22/ Al_2O_3复合材料中含有硬度高、脆性大的Al_2O_3短纤维, 切削深度越大, 车刀单位时间与Al_2O_3纤维碰撞几率越大, 车刀所受阻力也越大, 由此产生的振动越严重, 致使复合材料切削加工表面粗糙度增大。

因此, 要使ZA22/ Al_2O_3复合材料得到较低的切削加工表面粗糙度, 切削参数的合理搭配很重要, 在条件允许的情况下应该是: 小的进给量、小的切削深度配合快的切削速度。

3.2 纤维在 **ZA22/ Al_2O_3**复合材料切削加工中的双重作用

ZA22合金中加入Al_2O_3短纤维后, 形成典型的软硬结合的组织, 使合金硬度提高, 冲击韧性下降(见图3、图4), 从而也使合金的切削加工性发生了显著的变化。一方面, 高硬度、高模量

图8　ZA22合金(a)和ZA22/ Al_2O_3复合材料(b)的切削加工表面形貌

的陶瓷纤维的存在,对刀具有较强的磨损作用[1],刀具与纤维碰撞引起的振动也使复合材料的表面粗糙度有增大的倾向。但另一方面,纤维的强化作用,增加了材料切削加工表面的塑性变形抗力。因而复合材料切削加工表面较平坦,与之相比,ZA 22合金的切削加工表面则存在较大块的鳞刺(见图8),这就是ZA22合金的切削加工表面光洁度差的主要原因。脆性纤维也能作为断屑槽,便于切屑形成,有利于材料切削加工表面光洁度的提高[1,9]。另外,在切变区,纤维/基体界面成为应力集中源,导致剪切变形,使切削变形系数减小,切削抗力减小[9]。综上所述,ZA22合金加入 Al_2O_3纤维后,切削加工表面质量提高;且纤维含量越高,表面光洁度越好。

4 结 论

(1) 高的切削速度、低的进给量及低的切削深度有利于提高 ZA22/ Al_2O_3复合材料的切削加工表面质量。

(2) ZA22/ Al_2O_3复合材料的切削加工表面光洁度优于 ZA22合金。

(3) 随 Al_2O_3纤维体积分数增大,ZA22/ Al_2O_3复合材料切削加工表面粗糙度降低。纤维的断屑减粘作用对提高材料的切削加工表面质量有益。

参 考 文 献

1 Chadwick G A, Heath P. J Metals and Materials, 1990, 6(2): 73～76
2 James B Pond. Cutting Tool Engineering, 1990, 3: 20
3 古泽利明. 精密工学会志, 1993, 59(5): 827～832
4 木曾弘隆. 机械技术, 1992, 40(7): 93～98
5 于思荣, 何镇明, 孟长生, 陈凯. 中国稀土学报, 1994, 12(4): 323～327
6 机械技术, 1993, 4(2): 66～67
7 机械技术, 1993, 4(1): 66～67
8 许香谷, 肖诗纲等编. 金属切削原理与刀具. 重庆: 重庆大学出版社, 1992. 125～126
9 嵯峨常生. 轻金属, 1991, 41(4): 264～269

CUTTING SURFACE QUALITY OF ZA22/ Al_2O_3 COMPOSITES

Yu Sirong He Zhenming Chen Kai
(Jilin University of Technology, Changchun 130025)

Abstract The cutting surface quality of the squeeze casting ZA22/ Al_2O_3 composites was researched with a hard metal alloy cutter. The results show that the surface quality of the composites is better than that of ZA 22 alloy under the same parameters. Higher cutting velocity, lower amount of feed and cutting thickness can improve the surface quality of the composites. With the increase of the volume fraction of Al_2O_3 fibers, the cutting surface roughness of the composites is lowered.

Key words Zn-Al alloy, Al_2O_3, composite materials, lathe work, surface roughness