

EP 基复合材料的研制及其在快速模具上的应用

赵建华 张 炯

(重庆大学机械工程学院, 重庆 400030)

摘要 根据快速模具材料的特殊性要求, 讨论了快速模具用环氧树脂(EP)基复合材料在不同配比下弯曲强度、冲击强度、硬度、熔体流动性和机械加工性等的对比关系, 从而优化出综合性能最佳的快速模具用 EP 基复合材料。采用此种复合材料制造的快速模具具有质量轻、制造周期短、成本低等优点。

关键词 快速模具 模具材料 环氧树脂 复合材料

树脂基复合材料模具与其它材料制造的快速模具相比具有极高的形状稳定性、刚性、冲击韧性、硬度和加工性能, 以及良好的耐热性、表面特性和耐腐蚀性等, 相对质量较轻且便于改型或修理, 不但能缩短模具的制作时间、降低模具的制作成本, 而且能提高模具加工精度等, 因而树脂基快速模具的出现有力地推动了模具工业的快速发展^[1]。笔者选用环氧树脂(EP)为基体, 短切玻璃纤维(SGF)为增强剂, 并配以其它加工助剂, 制备了 EP 基复合材料, 用以制造快速模具, 具有应用优势。

1 树脂基快速模具材料组分的选择

根据快速模具材料的特殊性要求, 所用材料必须满足的条件为: 能在常温、常压下进行浇注; 流动性好, 容易充满各种型腔; 固化时生成低沸点物或气体很少; 化学反应均匀, 体积收缩较小, 不易产生缩孔及残余内应力。一般模具材料常用的树脂基体有氨基树脂和 EP。氨基树脂是一种缩合型高聚物, 虽然其制备工艺成熟, 成本较低, 且其膜硬度高, 但质地很脆, 耐化学药品性和耐水性较差, 故而很少使用。而 EP 的力学性能和耐化学药品性能优良, 特别是耐酸耐碱性能好, 适于用作快速模具材料的基体树脂^[2-3]。为了提高其力学性能, 还需加入 SGF 和增韧剂等对 EP 进行改性。初步选用的树脂基体及辅料的名称及规格为:

- EP: E-44(6101), 深圳市吉田化工有限公司;
- SGF: 长度为 1.5 ~3 mm, 市售;
- 固化剂: 二乙烯三胺, 南京古田化工有限公司;
- 活性稀释剂: 501(660), 无锡市阿尔兹化工有限公司;
- 陶瓷粉末、石墨及铝粉: 市售;
- 消泡剂: JT-XH, 成都今天化工有限公司;
- 阻燃增韧剂: 磷酸酯, 河南省天隆重阻燃材料有限公司。

2 实验部分

2.1 主要实验设备与仪器

- 万能回转头铣床: X6232 型, 杭州铣床制造有限公司;
- 台式钻床: ZJ4113 型, 杭州信样机电设备有限公司;
- 电热鼓风干燥箱: SX58-9073BS 型, 北京中西远大科技有限公司;
- 微机控制电子万能试验机: 深圳新三思材料检测有限公司;
- SWY 液压机: 深圳新三思材料检测有限公司;
- 布氏硬度计: YSS-890 型, 莱州华银试验仪器有限公司;

JB30B 冲击试验机: 037 型, 吴忠材料试验机厂。

2.2 试样制备

按照表 1 列出的 4 种快速模具用 EP 基复合材料配方称取各种物料, 混合均匀后在石膏中固化, 制得各种标准试样^[4]。

表 1 快速模具用 EP 基复合材料配方 g

配方	EP E-44	固化 剂	稀释 剂	SGF	阻燃 增韧剂	陶瓷 粉末	石墨	消泡 剂	铝粉
1 [#]	1000	95	500	100	100	20	50	0	50
2 [#]	1000	95	700	200	100	50	100	50	50
3 [#]	1000	100	1000	300	200	80	150	50	100
4 [#]	1000	100	1300	500	200	100	200	50	100

3 结果与讨论

3.1 4 种 EP 基复合材料的物理、力学性能比较

表 2 列出 4 种快速模具用 EP 基复合材料试样的物理、力学性能。

(1) 弯曲强度

从表 2 可以看出, 3[#]试样的弯曲强度最大, 2[#]和

表 2 4 种 EP 基复合材料试样的物理、力学性能

试样	弯曲强度 / MPa	冲击强度 / J · m ⁻²	硬度 (HR)	密度 / g · cm ⁻³	流线长度 / mm
1 [#]	44.6	4.04	24.6	1.54	185.2
2 [#]	63.2	5.61	30.2	1.61	198.5
3 [#]	70.1	6.70	35.7	1.71	225.3
4 [#]	64.9	5.98	34.5	1.80	206.8

4[#] 试样的弯曲强度较大, 1[#] 试样的弯曲强度最小。这是因为 1[#] 试样中 EP 的含量较大, 而增韧剂、SGF 及石墨等的含量较低, 因而该材料的脆性较大、弯曲强度较低, 且 EP 在固化时与固化剂发生快速的化学反应, 致使固化后的试样中存在大量的气孔, 更降低了试样的弯曲强度。2[#]、4[#] 试样的弯曲强度较 3[#] 试样低, 主要是因为稀释剂的含量过高所致。

(2) 冲击强度

由表 2 还可看出, 4 种试样的冲击强度由高到低的顺序为 3[#] > 4[#] > 2[#] > 1[#]。大家都知道, 影响复合材料冲击韧性的最主要因素是 EP 和增韧剂。1[#] 试样中 EP 的含量较大, 而增韧剂相对含量很小, 使得复合材料的脆性较大, 从而大大降低了试样的冲击强度。2[#]~4[#] 三种试样的冲击强度明显比 1[#] 试样的高, 正说明消泡剂对材料性能的影响。通过添加消泡剂有效避免了材料在固化过程中产生大量的气孔, 提高了试样的致密度, 更好地避免了应力集中缺陷的存在。而 4[#] 试样较 3[#] 试样冲击强度低的主要原因是稀释剂和 SGF 的含量过高的缘故。

(3) 硬度

EP 的相对含量是影响硬度的重要因素, 其含量越小, 则材料的硬度越大。当然, SGF 和铝粉的含量对材料硬度的影响也较大, 当它们的含量增加时, 硬度则变大。从表 2 可以看出, 3[#] 试样的硬度最大, 4[#] 试样的硬度次之, 2[#] 试样的硬度较小, 1[#] 试样最小。由于 4[#] 试样中稀释剂的含量较大, 所以其硬度比 3[#] 试样的硬度低。

(4) 密度

从表 2 可知, 4 种试样的密度虽然逐次增大, 但相差不大。EP 基复合材料的密度受 EP 和稀释剂含量的影响较大, 它们所占的比例越大, 复合材料的密度则越小。当然密度也受 SGF、石墨及铝粉等填料的影响。实际上 4 种试样的密度都相对较小, 从而可有效地减轻快速模具的质量。

3.2 4 种 EP 基复合材料的加工性能比较

(1) 熔体流动性

对于 EP 基复合材料, 可以通过测定熔体流线

长度来表征其流动性。流线长度越长, 则流动性越好。EP 基复合材料的流动性主要受稀释剂和 SGF 相对含量的影响, 随着稀释剂含量的增加, 材料的流动性变好; 选择在体系中添加长度为 1.5~3.0 mm 的 SGF, 主要考虑到在尽量不影响流动性的前提下改善材料的力学性能, 因为 SGF 对熔体流动性的影响小于长玻璃纤维(LGF), 但由于石墨、陶瓷等填料的加入, 最终使材料的流动性有一定程度的降低。表 2 表明, 3[#] 试样的流动性最好, 4[#] 和 2[#] 试样的流动性次之, 1[#] 试样最差。

(2) 机械加工性

用 EP 基复合材料制造快速模具时需用车削、钻削、扩孔、磨孔和攻丝等进行切削加工方能达到模具要求的尺寸精度和表面粗糙度。而清理料坯的浇口、冒口、飞边和毛刺等也只有通过机械加工才能达到要求。经钻孔加工表明, 1[#] 试样最难加工, 2[#] 和 4[#] 试样较易加工, 3[#] 试样最容易加工。这是因为 1[#] 试样中 EP 的含量大, 材料脆性较大, 故机械加工性能差。4[#] 试样之所以比 3[#] 试样难加工一些, 主要是因为 SGF 的含量过高, 影响刀具对材料的加工。通过对铣削加工后试样表面的分析, 发现 1[#]、2[#] 试样表面较为粗糙, 而且 1[#] 试样中有明显的气孔存在, 而 3[#] 试样和 4[#] 试样经铣削加工后的表面较为平整, 几乎没有气孔存在。这是因为 1[#]、2[#] 试样中固化剂相对含量较大, 固化剂被加入 EP 时会迅速发生化学反应, 产生一定的气泡, 而温度的迅速提高则会加快气泡的形成, 因此在固化后会产生一定的气孔, 导致其表面粗糙。而 3[#]、4[#] 试样能很好地克服上述缺点, 经铣削加工后能够达到模具要求的尺寸精度和表面粗糙度。

3.3 EP 基复合材料配方的优化

通过上述讨论可知, 3[#] 配方为最终确定的快速模具用 EP 基复合材料配方, 即由质量分数约为 33.55% 的 EP、3.40% 的固化剂、33.55% 的稀释剂、10.00% 的 SGF、6.70% 的阻燃增韧剂、2.70% 的陶瓷粉末、5.00% 的石墨、1.70% 的消泡剂及 3.40% 的铝粉构成。用此配方制得试样的弯曲强度、冲击强度和硬度最好, 而且具有优良的熔体流动性和机械加工性能, 密度适中, 适于快速模具的制造。

4 EP 基复合材料快速模具的制造及应用优势

使用 3[#] 复合材料配方在常温下浇铸成型出快速模具。其制备过程为: 先进行母模设计, 制造出母模; 用木板在母模四周制作围板, 再在其表层涂一层

脱模剂,然后贴上4~6层玻璃布后填充EP基复合材料模塑料,固化后烘干、起模、修整制得阴模;将配制好的EP基复合材料模塑料浇注到阴模中使之固化、起模并进行修整,制得快速模具,见图1。

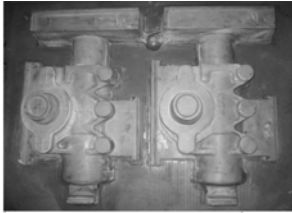


图1 树脂模具照片

采用此种方法制造快速模具时,在设计、加工与应用过程中应注意的问题是:①在模具设计过程中,要充分考虑后续处理工艺的一些工艺特点,将收缩余量、加工余量等工艺参数都考虑在内;②机械加工时先用铣刀进行粗加工,再用专用刀具进行精加工,以达到所需的精度,加工后要进行表面处理,以获得较好的表面质量。

采用EP基复合材料制造的快速模具具有所需加工设备少、质量轻、尺寸稳定性好、制造周期短、成本低等优点^[5-6],适用于批量小、品种多、改型快的快速模具的制造。

5 结论

(1) 由质量分数为33.55%的EP、3.40%的固

化剂、33.55%的稀释剂、10.00%的SGF、6.70%的阻燃增韧剂、2.70%的陶瓷粉末、5.00%的石墨、1.70%的消泡剂、3.40%的铝粉组成的EP基复合材料具有较高的弯曲强度、冲击强度和硬度,而且流动性和机械加工性能优良,密度适中,适合于快速模具制造。

(2) 采用此种EP基复合材料制造快速模具不但突破了快速原型因其制造方法要求的使用材料的限制,而且所需加工设备少,制造周期短,也可缩短制品研制和投放市场的周期,满足批量小、品种多、改型快的现代制造模式的要求,为企业带来显著的经济效益和时间效益。

参考文献

- [1] 王运赣.快速模具制造及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,1999:52-96.
- [2] Zhang Haiou, Xu Jipeng, Wang Guilan. Fundamental study on plasma deposition manufacturing [J]. Surface and Coating Technology, 2003, 171(1-3): 112-118.
- [3] 张玉龙.先进复合材料制造技术手册[M].北京:机械工业出版社,364-367.
- [4] 刘长维.高分子材料与工程实验[M].北京:化学工业出版社,2004:9-11.
- [5] 王广春,赵国群.快速成型与快速模具制造技术及其应用[M].北京:机械工业出版社,2004:167-170.
- [6] 刘志力,樊自田,李焰.基于LOM原型的“金属树脂”模具材料的研究[J].工程塑料应用,1999,27(5):28-30.

DEVELOPMENT OF EPOXY RESIN MATRIX COMPOSITE AND ITS APPLICATION IN RAPID TOOLING

Zhao Jianhua, Zhang Jiong

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

ABSTRACT According to the rapid mold materials' special need, the contrast relations of different proportion of epoxy resin matrix composite to the performances including flexural strength impact strength, rigidity, melt fluidity and mechanical processing were discussed. The optimal epoxy resin matrix composite for rapid tooling was obtained. And the material with excellent performances was applied to the manufacturing of repaid tooling. The rapid tooling made of this composite had the merits of low density, short cycle and low cost.

KEYWORDS repaid tooling, mold material, epoxy resin, composite

山东滨州首个生物塑料项目开工

最近山东三星集团有限公司年产2万t聚乳酸工程在滨州市邹平县动工兴建,计划明年3月建成投产。该项目是滨州市首个生物塑料项目,采用国内先进的生产工艺,投资3.7亿元,以淀粉为原料,经酶处理和微生物发酵生产高品质乳酸,再经聚合生产可生物降解的聚乳酸。该项目生产过程中产生的废水可全部综合利用,产生的废渣经处理后可制作有机肥。聚乳酸又称玉米塑料,是近几年发展起来的新型生物材料,具有生物降解性能良好、力学性能好、相容性好等

特点。

(工程塑料网)

日本研制塑料陶瓷复合新技术

最近日本研制出一种可使塑料与陶瓷一体化的新技术。其方法是,首先在塑料表面涂上特殊的无机材料,并用特殊处理方法使其表面结构具有瞬间的超耐热性,容易与陶瓷紧密结合;然后采用等离子熔射法在20000℃的超高温下高速喷出陶瓷粒子,从而使塑料与陶瓷一体成型。这样制成的复合材料表面硬度是钢铁的2倍以上,具有质量轻、强度高、耐冲击、加工性能好等优点,用途广泛。

(中塑机)