

层压复合材料的工艺性能及使用性能

宋志刚*, 孙卫和

(深圳职业技术学院 机电工程学院, 广东 深圳 518055)

摘要: 层压复合材料是由若干层薄金属板与粘弹性树脂通过胶接固化而形成的一种特殊的复合材料, 是近几年在国外迅速发展的一种新材料。主要研究和讨论层压复合材料的减振性能、成形性能、耐久性能和焊接性能等工艺性能以及其使用性能, 重点分析了其减振性能和成形性能, 并在此研究基础上, 提出了此种复合材料今后研究的内容和方向。

关键词: 树脂复合板; 工艺性能; 使用性能

中图分类号: TH16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2007) 01-0043-04

Technical and application properties of the laminated matrix composites

SONG Zhi-gang, SUN Wei-he

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen Guangdong 518055, China)

Abstract: The laminated matrix composite is a new and special type structure material made of different metals and pitchy stretch resin, which has quickly developed in the world. The technical properties of shock absorption, figuration, wear and jointing and the functional properties of the laminated matrix composites are discussed, and the properties of figuration and shock absorption are analysed mainly. On the research basis, the research content and direction about the composite for the future are put forward.

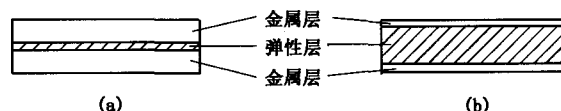
Keywords: resinous laminated sheet; technological properties; functional properties

1 引言

现代科学技术的飞速发展要求材料具有良好的综合性能, 特别是飞机、汽车、建筑、环保等工业对材料提出越来越高的性能要求, 这极大地促进了复合材料的高速发展。层压复合材料是一种新型的功能材料, 由于其具有普通金属板材所没有的轻质、减振、耐蚀等特殊性能, 因而在许多行业得到应用。

层压复合材料从材料的组成来分, 可分为 Fe/Polymer / Fe 复合板, Fe/Polymer/Al 复合板。从

功能来分, 可分为减振板和轻质板 (图 1)。以减轻重量为目的时, 其中间夹层的厚度较大, 而且所用的材料是具有较高强度的硬性树脂; 以减振为目的时, 其中间夹层的厚度较小, 所用的材料是可以吸收振动能的软质粘弹性材料。这种材料已在美国、日本等国批量生产并应用于铁路、汽车、建材等领



铝 (钢) 0.3—1.6mm 铝 (钢) 0.2—0.3mm
弹性层 0.05—0.2mm 弹性层 0.3—0.6mm

图 1 层压复合材料结构示意图

(a) 减振板 (b) 减重板

Fig. 1 Sketch map of the laminated matrix composite structure

* 男, 29 岁, 硕士研究生

收稿日期: 2006-01-06

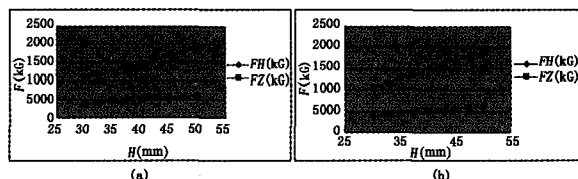


图 7 辗压头高度 H 对成形载荷力 (a) 与力矩 (b) 的影响

Fig. 7 Influence of roller high H on force (a) and moment (b)

$D_2=20\text{mm}$, $\beta=30^\circ$, $\Delta h=4\text{mm}$, $\sigma=3\text{kg/mm}^2$, $\tau=1.5\text{kg/mm}^2$

参考文献:

- [1] Bewlay B P, Gigliotti M F X, Utyashev F Z, et al. Superplastic roll forming of Ti alloys [J]. Materials and Design, 2000, 21 (4): 287 - 295.
- [2] Bewlay B P, Gigliotti M F X, Hardwicke C U, et al. Salishev net-shape manufacturing of aircraft engine disk by roll forming and hot die forging [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 132 (1-3): 324 - 329.
- [3] 金泉林, 刘晓飞, 张艳姝. 盘形件辗压成形原理及其数值模拟 [J]. 钢铁研究学报, 2003, 15: 654 - 658.

域,收到很好的社会经济效益^[1]。我国对这种材料的研究开发尚少,本文主要研究减振层压复合材料的使用性能及工艺性能。

2 层压复合材料的成形性能

层压复合材料的拉深成形性能受中间粘弹性树脂层的塑性流动性、金属板的材质和拉深成形条件等因素制约。表层金属由于粘弹性树脂中间层的润滑作用,容易产生凸缘皱折和壁部皱折等现象。所以,中间树脂层的厚度是影响极限拉深比的重要因素^[2,3]。

图2所示是根据实验得出的结果。由图可知,表层钢板的厚度相同时,层压复合材料的极限拉深比随树脂厚度增加而下降,表层钢板愈薄,其下降幅度愈大。

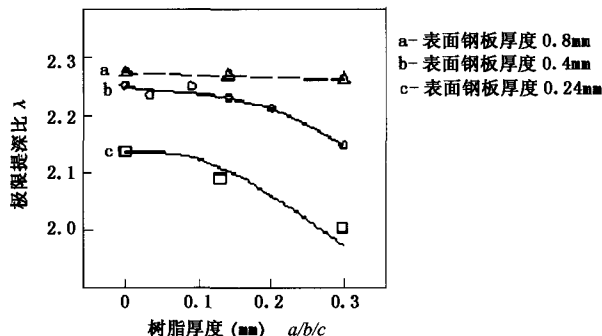


图2 树脂厚度对减振板极限拉深比的影响

Fig.2 Thickness of resin proportioned shock absorption λ

当层压复合材料是由不同硬化指数的金属材料粘合时,层压复合材料的加工硬化指数 n 值介于原两层材料之间(表1);如果是由加工硬化指数相同的材料粘合时,层压复合材料的加工硬化指数 n 值与原材料的 n 值相同^[4]。

表1 单层金属板与层压复合材料的加工硬化指数 n 值比较

Table 1 Comparison of machining cirrhosis index n between single layer plate and laminated matrix composites

材料	0°	45°	90°	n
SPCC ($t=0.3\text{mm}$)	0.22	0.22	0.23	0.22
SPCC ($t=0.5\text{mm}$)	0.24	0.24	0.25	0.24
L4 ($t=0.3\text{mm}$)	0.30	0.32	0.32	0.32
SPCC/Polymer/L4	0.25	0.25	0.26	0.25
SPCC/Polymer/SPCC	0.23	0.22	0.23	0.23

当层压复合材料是由不同塑性应变比的金属材料粘合时,层压复合材料的塑性应变比 r 值介于原两层材料之间(表2),由于不同塑性应变比的材料

在塑性成形时宽度方向的变形不能同步,而树脂复合层的存在又要求两层金属板的变形必须协调,因此在成形该种材料时,在板料端面上具有弯曲的变形趋向性(图3);如果是由塑性应变比 r 值相同的材料粘合时,层压复合材料宽度方向的变形基本同步,因而不存在弯曲变形的趋向性^[5]。

表2 单层金属板与层压复合材料的塑性应变比 r 值比较

Table 2 Comparison of distortion strain r between single layer plate and laminated matrix composites

材料	0°	45°	90°	r
SPCC ($t=0.3\text{mm}$)	1.14213	1.04643	1.92938	1.29109
SPCC ($t=0.5\text{mm}$)	1.20031	1.17600	2.25696	1.45158
L4 ($t=0.3\text{mm}$)	0.48111	0.77100	0.53024	0.63834
SPCC/Polymer/L4	0.81259	0.90536	0.96708	0.89759
SPCC/Polymer/SPCC	1.16197	1.07262	1.99565	1.32572

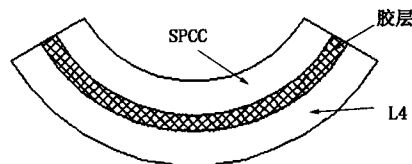


图3 端面弯曲示意图

Fig. 3 Sketch map of flexural extremity

3 层压复合材料的焊接性能

由于层压复合材料的中间层是高分子材料,因此焊接时这种高分子材料就会因遇高温而分解、气化,使焊接部位及附近出现大量气孔,所以不能采用电弧焊,只能采用受热时间短且热影响区小的点焊。由于减振钢板中间层高分子材料有绝缘作用,所以必须在焊点附近设置一个通电用的旁通回路。焊接开始时要在旁通回路加预通电流,故焊接生产率低。新的可焊接减振钢板由于在中间层树脂中添加不锈钢微粒而具有导电性,所以不需要旁通回路,可以直接进行正常的点焊,就象普通钢板的点焊一样,大大改进了点焊工艺,提高了生产率。减振钢板的焊点接头强度与普通钢板相比较,拉伸剪切强度(TTS)大体相当,但因减振钢板的刚度低于同厚度的普通钢板,所以U形拉伸强度(UTS)低一些。

4 层压复合材料的减振性能^[6,7]

作为结构材料使用的减振材料包括合金型和复合型。合金型又包括孪晶型(Mn—Cu合金等)和强磁性型(Fe—Cr合金等),复合型又包括非约束

型（金属+粘弹性树脂）和约束型（金属+粘弹性树脂+金属）。层压复合材料属于约束型减振材料，其减振衰减机理是由于粘弹性树脂随着弯曲振动而产生剪切变形，使振动能变成热能，从而发挥其减振衰减效应。

表 3 给出了各种材料在常温下的损耗因子，由该表可见，约束型阻尼钢板的减振性能最好。

表 3 常温下各种材料的阻尼特性
Table 3 Damping Characteristic of diversified material in normal temperature

材料	损耗因子 (η_{\max})
约束型阻尼钢板	$5-8.5 \times 10^{-1}$
非约束型钢板	$0.5-3 \times 10^{-1}$
Mn-Cu 合金	$0.8-3 \times 10^{-2}$
Fe-Cr 合金	$0.3-1 \times 10^{-2}$
普通钢板	$0.5-5 \times 10^{-3}$
铝板	$1-3 \times 10^{-4}$

中间树脂层的阻尼特性对层压复合材料的减振性能起决定性作用。树脂材料的损耗因子受温度、频率等环境的影响。图 4 给出了树脂厚度为 0.15mm 的层压复合材料的损耗因子与温度的关系。随温度增加，损耗因子值增加，在 80℃左右，存在极大值。当约束层厚度与弹性层厚度的比值降低时，损耗因子值减小，对称约束型结构的材料的损耗因子值最大。

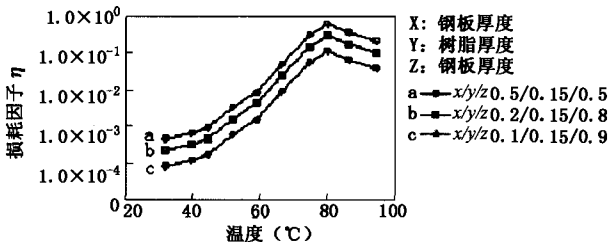


图 4 减振钢板的损耗因子与温度的关系
Fig. 4 Relation of spoilage gene η of shock absorption armor plate and temperature

图 5 给出了树脂厚度为 0.15mm 的层压复合材料的损耗因子与频率的关系。可见，随频率增加，损耗因子值增加。

5 层压复合材料的耐久性能

层压复合材料的机械耐久性能与普通钢板一样，但由于中间夹层为树脂材料，其对热、油、水、有机溶剂等环境条件的耐久性和普通钢板不一样，值

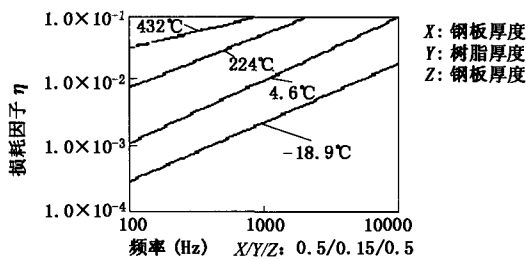


图 5 减振钢板的损耗因子 η 与频率的关系
Fig. 5 Relation of spoilage gene η of shock absorption armor plate and frequency

得重视。松本义裕研究了热固性树脂作为夹层减振钢板的耐久性。热固性树脂在乙醇和丁醇中不易溶解，因而减振钢板在这些溶剂中可以长久放置，结合强度不变化；热固性树脂在丙酮中容易发生交联而溶解，使结合强度降低；在烘烤试验中热固性树脂在 180℃下和未反应的异氰酸盐进一步发生反应，使结合强度升高，超过 220℃，热固性树脂分子发生加水分解和热劣化，强度降低。

堺健二对减振复合钢板进行了冷热循环试验、盐水喷雾试验、耐大气试验。结果指出，当两板间结合良好时，树脂层和大气等气氛只限于端面接触，除强溶解性及渗透气氛外，均显示良好的耐久性；对减振复合钢板进行 1000h 的盐水喷雾试验，结合面不生锈，减振性能无变化；将减振复合钢板暴露在大气中一年进行耐大气试验，结合面几乎看不到锈斑，减振性能不变；在各种油中进行耐油性试验，减振性能也无明显变化。

6 层压复合材料的应用

层压复合材料近年来在美国、日本等工业国家得到了应用，尤其在飞机、汽车、建筑、家用电器等广泛领域得到了迅速发展。汽车发动机的油盘，驾驶室的底板、汽车消音器、挡泥板、录像机的外壳、音响设备底盘、各种机械隔声罩、激光装置防振台、铁路桥梁下部的隔声板以及漏斗等等均可用层压复合材料来制造。波音飞机的机身蒙皮、垂尾和平尾的前缘及肋板、麦道军用运输机的舱门以及福克客机的机翼下蒙皮等，均已采用层压复合材料制造。

7 结语

将金属和高分子树脂材料再复合是复合概念和设计思路的进一步拓宽和延伸。为了进一步提高这种材料的性能，今后的研究主要包括：

特种成形技术是由北京机电研究所材料工程技术研究中心 赞助刊出

Y型辊模拉拔工艺的三维数值模拟研究

张玉新*, 李 勇, 郝用兴, 李 刚

(华北水利水电学院 机械学院, 河南 郑州 450008)

摘要:通过对Y型辊模拉拔异型材的变形过程进行三维数值模拟,用云图的形式直观地给出了金属流动的规律及变形情况。得到了拉拔过程中工件变形的应力、应变场等,并分析了变形程度和摩擦系数对拉拔力的影响。将有限元数值模拟方法引入异型棒线材的辊模拉拔中,为缩短辊模设计周期提供了新的方法。

关键词: 辊模拉拔; 三维数值模拟; 应力应变

中图分类号: TG355 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2007) 01-0046-04

Research on three-dimensional numerical simulation of numerical simulation for the Y roller-die-drawn process

ZHANG Yu-xin, LI Yong, HAO Yong-xing, LI Gang

(Department of Mechanical Engineering, North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou Henan 450008, China)

Abstract: The three-dimensional numerical simulation is applied for the roller die drawn of Y model to deformed course of drawing shaped, the metal floating law and deformed condition is given with the form of cloud atlas. The strain and the stress site in course are achieved, and the influence of deformation and coefficient of friction on drawing force is analysed. The radial load which is hard to measure is obtained through simulation in practice, and a new method to shorten the roller mould design period is offered.

Keywords: roller die drawn of model; three-dimensional numeric simulation; stress strain

1 引言

辊模拉拔是一种可以代替传统拉拔的较新拉拔工艺,是新的研究方向。它结合了拉拔与轧制的特点,改善了拉拔工艺,对提高拉拔速度、减少中间退火环节,在节能降耗、改善拉拔制品的性能,增加拉拔型材品种的多样性方面有着较强的优势,特

别是在拉拔异型材和难加工材料方面发挥了巨大作用。但在我国这种工艺尚处于起步阶段,辊模拉拔的理论基础虽然已建立,却未能很好地指导生产实践。

金属塑性成形过程的数值模拟已成为金属塑性成形理论研究的全新领域,而数值模拟技术在辊模拉拔工艺中的应用却并不成熟,其有限元模拟方面的报道极少。1972年 Zienkiewicz 运用罚函数法与他的合作者分析了传统拉拔工艺过程^[1]。而国内虽有学者在拉拔方面进行过管材、固定模拉拔等的二

* 女, 29岁, 硕士研究生

收稿日期: 2006-01-17

- (1) 加宽高分子树脂材料的使用温度范围;
- (2) 提高金属/树脂界面的结合强度,从而提高其可加工性能。

随着人们对环境低噪音和产品轻量化的要求日益提高,随着对层压复合材料研究的深入以及科学技术的发展,这种性能优良,价格便宜,加工费用低廉的材料必将得到更大的发展。

参考文献:

- [1] Kapinski S. Analytical and experimental analysis of deep drawing process for bimetal elements [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1996, 60 (1-4): 197-200.
- [2] Chao C K. A study of the stretching process of steel-polymer-

steel laminate [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1994, 40: 155-172.

- [3] Takuda H. Takuda H, Mori K, et al. Prediction of forming limit in deep drawing of Fe/Al laminated composite sheets using ductile fracture criterion [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1996, 60 (1-4): 291-296.
- [4] 熊瑞斌, 孙卫和, 徐国艳. 树脂复合层压金属板加工硬化指数 n 值的研究 [J]. 锻压技术, 2003, (5): 62-64.
- [5] 熊瑞斌, 孙卫和, 徐国艳. 树脂复合层压金属板塑性应变比 r 值的研究 [J]. 锻压技术, 2003, (4): 38-39, 43.
- [6] 何世齐. 减振钢板在汽车上的应用 [J]. 汽车工艺, 1990, (2): 18-22.
- [7] Ekici B Altintas S. Proceedings of International Conference on Contact Mechanics [C]. Computational Mechanics Publ., 1977. 217-224.