第2卷 第2期　　复合材料学报　　Vol.2 No.2

1985年6月　　ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA　　June 1985

纤维复合材料的挤拉成型

华东化工学院　欧国荣　陈振北　焦揚声

摘　　要

本文研究以聚二苯醚衍生物和二甲苯不飽和聚酯树脂为基体、无碱无捻玻璃纤維粗紗为增強材料的复合材料电机槽楔的挤拉成型，討論各种工艺条件对制品性能的影响，探討适宜的工艺条件。实驗证明，聚二苯醚衍生物和二甲苯不飽和聚酯树脂适用于挤拉成型，槽楔制品分别适用于B級电机和B、F、H級电机。

一、前　言

纤维复合材料的挤拉成型是利用树脂的热熔粘流性和玻璃纤维的连续性及松弛压缩性特点，将浸渍过树脂胶液的连续玻璃纤维束或布带，通过具有一定截面形状的成型模具，并在模腔內固化成型，或在模腔內凝胶，出模后再加热固化。因为在成型过程中必须经成型模具的挤压和外牵引力的拉拔，而且生产过程和制品长度是连续不断的，所以称为挤拉连续成型工艺。这种工艺适合成型管、棒和方形、工字形、槽形等截面形状的纤维复合材料制品，这些制品广泛应用于各类电机、变压器槽楔，坦克、舰艇天线，飞机、船舶结构件和矿井、地下工程构件等。由于这种工艺的设备造价低、生产率高，便于形成自动化生产线，可连续生产各种异形截面、性能好、用途广的系列化制品，所以受到各国的普遍重视。近年来，随着加热方式和树脂基体的改进，挤拉纤维复合材料的品种规格和数量都有较大的发展。挤拉成形电机槽楔国外也有文献介绍[1]，但均属环氧树脂和一般不饱和聚脂树脂类型的制品，而采用聚二苯醚衍生物和二甲苯不饱和聚脂树脂为基材的电机槽楔的挤拉成型迄今尚未见报导。

电机槽楔是各类电机中大量使用的嵌件，品种规格较多。有用竹片加工的，也有用环氧玻璃钢层压板加工而成的，这种加工方法粉尘多边角料多，原料能源浪费，环境受污染。采用挤拉成形连续一次制成槽楔制品，以取代用板材机械加工的方法更为经济合理。

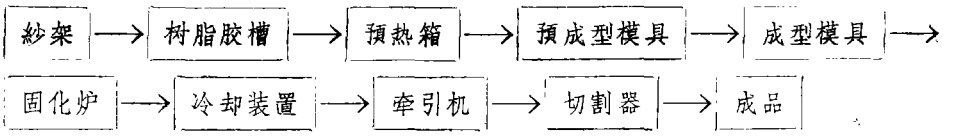
我们选择聚二苯醚衍生物和二甲苯不饱和聚脂树脂为原料，进行挤拉成型工艺实验，讨论了各种工艺条件对制品性能的影响，探讨了适宜的工艺条件，试制了样品供试用，试用的效果

本文1984年9月收到

良好。

二、实驗部分

1. 实验流程



2. 模具结构与加热方式

挤拉模具可采用金属、陶瓷、聚四氟乙烯等[2]，我们选用金属材料，设计模具时根据制品的形状、尺寸及公差范围，确定模具的结构形状、模腔光洁度、精度，同时考虑制品固化收缩率及模具精度计算模腔尺寸及公差。模具分上下模，总长为1米。加热方式可采用电阻絲加热，高频加热，微波加热等[3]，我们选用电阻絲加热方式。

3. 原材料

增强材料：采用200孔坩锅抽出的单絲直径8μm、40支/20股的无碱无捻玻璃纤维粗纱，经表面处理剂化学处理。

胶粘剂：用于挤拉成型的胶粘剂据报导有聚酯、乙烯基酯、环氧树脂等，树脂胶粘剂的理想特性包括有高的热变形性、快速固化和好的浸润性[4]。我们所用的本院化工厂生产的两种胶粘剂为：

(1) 聚二苯醚衍生物，其特性为：a)固化过程中无明显热效应。图1差热曲线的放热峰为138℃，它是固化剂（六次甲基四胺）与树脂的交联固化温度，同时也是固化剂的热分解温度（见图2）。b) 热分解温度420℃。c) 凝胶时间：2～2.5分/160℃。d) 固化收缩率：2～3%。e) 室温下贮存期为六个月以上。f) 取酒精为溶剂，胶液粘度2000厘泊以下，有好的浸润性。

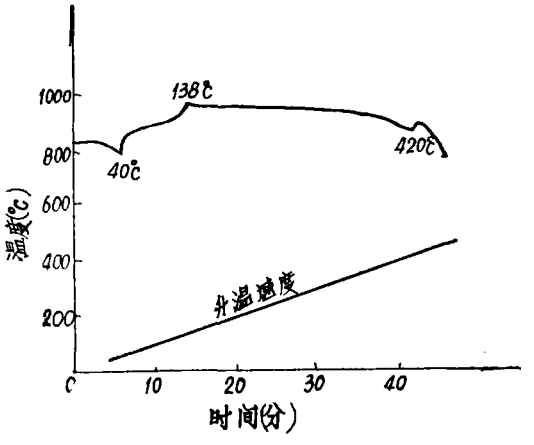


图1 聚二苯醚衍生物差热分析曲綫

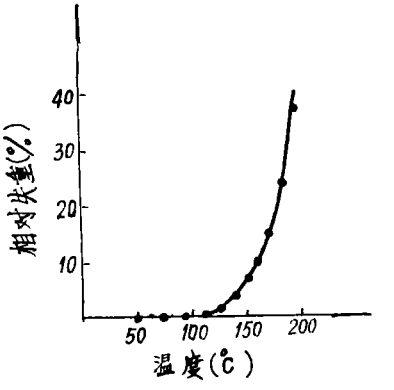


图2 六次甲基四胺热失重曲綫

聚二苯醚衍生物制造工艺简单，毒性小，成本低，有较好的热机械性能和防潮防霉性能，对金属模具无腐蚀作用。

(2) 二甲苯不饱和聚酯树脂（902#），其特性为：耐溫指数160～166℃；热分解溫度277℃；玻璃化溫度108℃；最高放热峰溫度224℃；固化收缩率0.96%；凝胶时间1.5分／90℃；固化时间1.5分/90℃；配料树脂适用期48小时。

二甲苯不饱和聚酯树脂是以高活性带大量羟基的二甲苯甲醛树脂与顺丁烯二酸反应制成的，可用苯乙烯作为交联剂，以过氧化苯甲酰为引发剂，使不饱和双键参加游离基引发共聚，生成三向网状结构的体型大分子。

树脂中引进了二甲苯，增强分子链刚性，使树脂热变形溫度、耐溫指数提高，吸水性降低，电性能和耐化学腐蚀性能得到提高。

4.工艺参数

(1) 聚二苯醚衍生物挤拉工艺参数：

预热溫度：80～140℃；模具溫度：180～220℃；固化溫度：250～350℃；牵引速度：0.5～1.2m/min；树脂比重：1.08～1.10；挥发份含量：<3～4%；树脂含量：25～30%；纤维纱团：50～150团。

(2) 二甲苯不饱和聚酯树脂（902#）挤拉工艺参数：

模具溫度：120～160℃；牵引速度：0.5～12m/min；引发剂：过氧化环己铜；树脂含量：30%～40%；纤维纱团：50～150团。

三、实驗結果討論

我们重点就聚二苯醚衍生物挤拉工艺中树脂含量、模具溫度、牵引速度、后处理对电机槽楔制品性能的影响结果进行讨论，最后就不同类型的槽楔作性能对比。

1. 树脂含量对制品性能的影响

电机槽楔作为嵌件的要求主要是机械性能，尤其是抗辟强度，而对电性能要求从次。从表一中看出，反映综合受力情况的弯曲强度和反映纤维之间粘结力大小的抗劈强度均随着制品树脂含量的增加而增加，即弯曲强度和抗劈强度在很大程度上取决于树脂的含量。树脂含量过低，纤维间粘结力小，未能发挥作用。如适当增加树脂含量，抗劈强度可望进一步提高，一般槽楔制品含胶量要大于25%。

表1

树脂含量 %	19.2	19.7	19.9	20.2	24.2	24.5	24.9	25.1
弯曲强度kgf/cm^2		2326	2687	3995	3907	4117	4989	4040
抗劈强度 kgf/cm	114	137	138	166	226	228	207	231

2. 模具溫度对制品性能的影响

经过浸渍胶液的纤维先预热以去除溶剂挥发物，再进入模具。从表2可知，在模具（包括前后模）溫度变化范围163～192℃内制品性能变化不大，而在202～243℃之间，弯曲强

度、抗劈强度均有较大增加。这是由于在一定的模具长度和牵引速度下，提高模具温度有利于制品在模腔内成型固化。模具进口温度偏低可避免树脂流胶，出口温度偏高，使制品离开模具前固化，以减少牵引力。

表2

前模温度 ℃	163	169	202	238	216	203	238
后模温度 ℃	176	192	202	238	236	212	243
弯曲强度 kgf/cm^2	2259	2701	4221	4302	3995	4112	3945
抗劈强度 kgf/cm	118	116	157	170	166	157	142

3. 牵引速度对制品性能的影响

从表三中所列数据看不出牵引速度对制品性能的影响结果，由于牵引机调速范围所限，试验范围只能在 0.49～1.25m/min 较小的变速范围内。还有待于继续开展工作。牵引速度必须和模具长度、模具温度密切配合，使其有较高的生产效率和较好的制品性能。

表3

牵引速度	0.49	0.51	0.55	0.63	0.69	0.70	0.80	1.25
弯曲强度kgf/cm^2	4989	4117	3907	4040	4234	4044	3712	
抗劈强度 kgf/cm	207	228	226	231	203	178	153	128

4. 后处理对制品性能的影响

为进一步提高制品固化度、改善制品性能，成型后的制品再经 155℃/3小时热处理。从表四中可见，(1) 固化度大于66.5%的制品，其弯曲强度、抗劈强度较高；(2) 固化度小于66.5%的制品经热处理后其性能有较大提高，而固化度大于66.5%的制品经热处理后，虽然固化度也有相当提高，但对于其性能影响不大，所以大于66.5%固化度的制品可不必再行后处理。

表4

后处理前后对比	固化度 %	50.5→79.2	58.4→81.2	66.5→79.8	70.2→78.5	70.6→82.0	71.5→77.0
	弯曲强度 kgf/cm^2	328→	→3712	4240→4512	4046→4117	→4044	4536→4989
	抗劈强度 kgf/cm	45.6→128	50.2→153	190→222	221→228	182→178	180→207

5. 挤拉聚二苯醚衍生物、902#槽楔与环氧板3240#、竹质槽楔的性能对比

表5

性能 指标 / 制品	拉伸强度 kgf/cm^2	弯曲强度 kgf/cm^2	冲击强度 $kgf-cm/cm^2$	抗劈强度 kgf/cm	吸水率 %	緣絶电阻 Ω 常态	潮态	浸水后	击穿强度 kv/mm
聚二苯醚	8388	5442	234	183	0.74	1.5×10^{13}	1.7×10^{9}	3.2×10^{8}	29
902#	7786	3234	259	127	0.73	9.5×10^{9}	2.2×10^{7}	5.9×10^{6}	39
3240#	3530	2710	101	369		1.4×10^{13}	5.3×10^{10}	3.6×10^{8}	59
竹质	3572	1331	136	98		1.2×10^{11}	$<10^{6}$	$<10^{6}$	10.1

从表五可见，挤拉槽楔与竹质槽楔相比，性能全面超过，与3240# 槽楔相比，机械性能除抗劈强度较低外，其余均超过，电性能有的接近有的偏低。

四、結　論

1. 采用挤拉成型连续一次制成电机槽楔是一种先进的成型工艺，可简化二次加工过程，提高生产率，节省材料能源，降低成本，并有利于改善电机产品质量。

2. 采用酒精为溶剂的聚二苯醚衍生物适用于挤拉成型工艺，它的槽楔不仅可取代竹质和环氧槽楔用于B、F级电机，而且可用于H级即180℃长期使用的电机以及y系列、船用、洗衣机等防霉、防潮要求的电机。

3. 聚二苯醚衍生物挤拉槽楔要提高抗劈强度必须适当增加树脂含量；模具温度、模具长度及牵引速度必须密切配合；当制品固化度达到66.5%以上，可不必进行后处理。

4. 902#二甲苯不饱和聚酯树脂适用于挤拉成型，它的挤拉槽楔可用于B级电机。

参 考 文 献

[1] Meyer, L. S., Society of the Plastics Industry, Reinforced Plastics/Composites Division, 25th Annual Conference 1970, Section 6-A, pp.1-8.

[2] Pickens, S. H., Plastic Engineering(SPE), Vol.31, No. 7, July 1975, pp. 16-21.

[3] Goldsworthy, W. B., Reinforced Plastics Vol. 15, No. 6,1971, pp. 134-137.

[4] Jones, B. H. 29th SPI 1974, Section 15-C.

PULTRUSION OF FILAMENTARY COMPOSITES

Ou Guorong, Chen Zhenbei and Jiao Yangsheng
East China Institute of Chemical Technology, Shanghai, China

(Received June 1984)

Abstract

In this paper we studied the pultrusion method of motor wedges which is composed of polydiphenyl oxide derivatives or xylene formaldehyde unsaturated polyester resins as a matrix and the continuous glass rovings as a reinforcement. The effects of various processing conditions on the properties of the products are studied and discussed. The optimum proecssing conditions are also proposed. It is proved by the epxerimental results that the polydiphenyl oxide derivatives and xylene formaldehyde unsaturated polyester resins are suitable for using in the motors of Class B and motors of Class B, F, H, respectively.

NONLINEAR BEHAVIOUR OF LAMINATED COMPOSITE PLATES UNDER COMBINED LATERAL AND IN-PLANE LOADINGS

Zhang Yao
Nanchang Aircraft Company, Nanchang, China

(Received June 1984)

Asbtract

The present paper investigates nonlioear behavior of arbitrary layered composite rectangular plates under combined uniform lateral and in-plane loading. Governing equations of the plates are referred as a pair of coupled partial differential equations of fourth order. After the basic variables, deflection function and force function, are both represented in the form of series of certain beam characteristic functions, the governing equations are reduced to a set of nonlinear algebraic equations. The emphasis of the present investigation is put on the effect of the direction of applied shear on the bending behaviour of the plates. A series of plates with different parameters are calculated. The results of calculations show that the shear directions have significant effect on the bending behaviour of both symmetrical ant unsymmetrical laminates.