LLDPE/PS 塑料合金及其与木纤维形成复合材料的研究

郭文静 王 正
(中国林业科学研究院木材工业研究所 北京 100091)

摘 要: 研究线性低密度聚乙烯(LLDPE)与聚苯乙烯(PS)共混制备的塑料合金的性能并用不同制备条件的塑料合金与木纤维复合形成塑料合金/木纤维复合材料,研究该种复合材料的外观质量及物理力学性能。结果表明:不同共混比例与共混温度对制备的塑料合金熔体流动性、力学强度有较显著影响。塑料合金/木纤维复合材料的性能与塑料合金共混比例及共混温度有较强的相关性。2 种塑料在共混比为 50/50,共混温度为 200 ℃时,形成的塑料合金与木纤维具有相对最好的相容性和最好的材料外观质量与力学性能。DMA 试验表明:塑料合金/木纤维复合材料的耐热性明显优于相应的塑料合金。

关键词: LLDPE/PS 共混; 塑料合金; 木塑复合材料; 共混比; 共混温度
中图分类号:S784 文献标识码:A 文章编号:1001 - 7488(2006)03 - 0059 - 08

Study on LLDPE/PS Alloy and Plastic Alloy/Woodfiber Composites

Guo Wenjing Wang Zheng
(*Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing* 100091)

Abstract: The preparation and the properties of liner low density polyethylene (LLDPE)/polystyrene (PS) alloy were investigated. The composites of woodfiber and LLDPE/PS alloy in different blend ratios and blend temperatures were prepared and the appearance quality and the mechanical and physical properties of the composites were evaluated also. The results indicated that the melt flow properties and physical strength of alloy were different with different blend temperature and blend proportions. The properties of plastic alloy/woodfiber composites are relevant to the blend temperature and proportion of LLDPE and PS. The LLDPE/PS alloy of 50/50 blending at 200 ℃ has a good compatibility with woodfiber and appearance and physical properties of their composites are the best. The DMA data indicated that the thermal stability of plastic alloy/woodfiber composites is more excellent than correspondent plastic alloy.

Key words: LLDPE/PS blend; plastic alloy; plastic alloy/woodfiber composite; blend ratio; blend temperature

木塑复合材料已成为塑料与木材工业的发展趋势和重要组成部分(闵本忠,2002;王正,2002;Clemmons,2000;2002)。但是在关于木塑复合材料的研究与应用中,主要是单一塑料与木质材料复合(Kazayawoko *et al*., 1997;Liang *et al*.,1994;Lu *et al*.,2002),而木塑复合材料中,有相当一部分是以废弃回收塑料为原料。在废塑料中,常用的是聚丙烯、高密度聚乙烯制品,有一些品种如废弃的聚苯乙烯、聚乙烯膜制品等,由于其制备的木塑复合材料的性能不佳(郭文静等,2005;王正,2001),很少被用于木塑复合材料。因此,在木塑复合材料的应用中,拓展可用塑料品种,不但可以减少塑料分类带来的麻烦,而且可以为废弃塑料的有效利用提供更为可行的途径。

已有相关的研究(郭文静等,2005)表明,用于塑料膜制品的 LLDPE 与木纤维复合制得的复合材料抗冲击性好,但是弯曲强度与弹性模量差;而聚苯乙烯与木纤维的复合材料弯曲强度与弹性模量高,但是材料太脆,它们都各有优缺点,在实际中难以得到应用。通过对 2 种塑料共混,可以综合均衡各被共混物的性能,取长补短,消除各单一组分性能上的缺点,获得综合性能较为理想的聚合物,也可以改善共混物的加工性能(吴培熙等,1996;辛浩波,2000)。塑料共混在塑料工业界已经得到应用,但是在木塑复合材料中的应用很少。本研究的目的就是通过对线性低密度聚乙烯与聚苯乙烯进行共混,以达到弥补单一塑料与木材形成的复合材料所存在的某一些性能或加工缺陷,提高木塑复合材料的综合品质,制备出性能更好的复合材料。

收稿日期:2004 - 12 - 09。
基金项目:引进国际先进林业科学技术"948"项目"农林纤维废料、废塑料混融制造新型复合材料技术"(2001 - 33)。

1 材料与方法

1.1 材料

线性低密度聚乙烯(LLDPE):牌号 DFDA7042,MFR 值 2.0 g•10 min^{-1},齐鲁石油化工公司烯烃厂产;聚苯乙烯(PS):牌号 666D,MFR 值 5.6 g•10 min^{-1},北京燕化集团产;聚丙烯(PP):挤出级,北京燕化集团产;木纤维(WF):杨木纤维。

1.2 仪器

动态力学性能测定仪:DMA2980,美国产;熔体流动速率仪:XRZ400 型,吉林大学科教仪器厂;高速混合机:GH-10DY,北京华新科塑料机械有限公司产;双螺杆挤出机:2D25W,日本 TOYO SEIKI SEISAKU-SHO 公司产;热压机:80 t 人造板试验压机,上海人造板机器厂生产;万能力学试验机:日本岛津公司产;5 J 简支梁冲击试验机:河北承德试验机总厂生产。

1.3 方法

1.3.1 LLDPE/PS 共混制备合金 LLDPE/PS 合金制备采用熔融机械共混法,所用熔融共混设备为双螺杆挤出机,将 2 种塑料按表 1 中的试验条件进行熔融共混,表中的比值为质量比。

表 1 LLDPE/PS 合金制备因子水平表

Tab.1 The manufacture factors and variables of LLDPE/PS alloys

试验号 Experiment No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LLDPE/PS LLDPE/PS	25/75	25/75	25/75	25/75	50/50	50/50	50/50	50/50	75/25	75/25	75/25	75/25
共混温度 Blend temperature / ℃	200	220	240	260	200	220	240	260	200	220	240	260

1.3.2 塑料合金/木纤维复合材料制备 将制备好的 LLDPE/PS 合金与木纤维按 60 %塑料合金和 40 %木纤维的比例在高速混合机中进行物理混合,混合时间约为 3 min,然后将混合好的物料热压制成板材。板材厚度为 3 mm。热压温度为 180 ~ 190 ℃。

1.3.3 性能测试 塑料合金性能测试包括熔体流动性能和物理力学性能。塑料合金熔体流动速率(MFR 值)测试采用熔体流动速率测定仪,温度 190 ℃,负荷 2 160 g。

塑料合金/木纤维复合材料性能测试包括复合材料外观质量评价、物理力学性能、动态力学性能测试。复合材料外观质量评价主要是对复合材料板材的板面效果进行目测评分。板面很均匀为 10 分,最差为 1 分,分 10 个等级,3 个人分别单独进行评分,然后取平均值即为最后结果。物理力学性能的测定包括弯曲强度、弯曲弹性模量(GB 9341-88)、拉伸强度(GB/T 1040-92)、无缺口冲击强度(GB/T 1043-93)、密度。动态力学性能测试在 DMA2980 上进行,试验采用单悬臂(single cantilever)模式,试样尺寸为 35 mm × 10 mm × 厚度,升温速率为 3 ℃• min^{-1},扫描频率为 10 Hz。

2 结果与分析

2.1 LLDPE/PS 合金性能

2.1.1 塑料合金熔体流动性 表 2 为 LLDPE/PS 合金的 MFR 值。将表 2 的结果进行方差分析和 LSD(least significant difference)多重比较,见表 3、4,表 3 结果表明:LLDPE/PS 比例对合金的 MFR 值影响不显著,这主要是由不同比例的 LLDPE 与 PS 形成的两相结构所决定的(吴培熙等,1996)。共混温度对塑料合金的 MFR 值影响显著,而且基本趋势是随着共混

表 2 LLDPE/PS 合金 MFR 值

Tab.2 The MFR values of LLDPE/PS alloys

试验号 Exp. No.	MFR 值 MFR value/(g•10 min^{-1})	试验号 Exp. No.	MFR 值 MFR value/(g•10 min^{-1})	试验号 Exp. No.	MFR 值 MFR value/(g•10 min^{-1})
1	1.70	5	1.86	9	1.74
2	1.35	6	1.64	10	1.52
3	1.48	7	1.22	11	1.32
4	1.28	8	1.22	12	1.40

温度的升高而塑料合金的熔体流动速率下降,而且 220 ℃和 240 ℃之间差异显著(表 4) 。其原因是共混温度高,各共混相熔体流动性增加,不同大分子链段缠绕多,熔体得以充分混合,所以形成的共混合金的熔体流动速率下降(吴培熙等, 1996) 。

2.1.2　塑料合金物理力学性能　塑料合金的物理力学性能试验结果平均值见表 5。将试验结果进行方差分析与多重比较,见表 6 ~ 8。表 6 的结果表明:除共混温度对冲击强度影响不显著外, LLDPE / PS 比例和共混温度对塑料合金材料其他力学性能都有显著影响,其中,共混比例对合金材料性能的影响比共混温度的影响程度大。随着共混物中 LLDPE 含量的增加,合金材料的冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量及拉伸强度都趋近于 LLDPE 的性能(郭文静等,2005) ,但不同的是,在 LLDPE/ PS = 50/50 时,合金材料的冲击强度和拉伸强度相对比较低,这可能与共混物中两相的结构形态有关。表 7、8 的 LSD 检验结果表明:共混比例不同, LLDPE/ PS 合金的力学强度之间差异除冲击强度外其他都差异明显,而不同共混温度之间塑料合金力学强度的差异有的明显,有的不明显。而且从表 8 数据可见,共混温度对 LLDPE/ PS = 25/75 的配方的影响大,对 LLDPE/ PS 为 75/25 的配方的影响小。LLDPE/ PS 合金弯曲弹性模量随温度的变化比其他性能小,这主要是因为弯曲弹性模量主要是材料刚性的体现,主要受材料配方(即共混比例) 的影响。

表 3　塑料合金的 MFR 值方差分析

Tab.3　The ANOVA for MFR values of plastic alloys

变异来源 Source	自由度 DF	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	显著性 Significance
变量 Model	5	0.407	0.081	4.65	0.044
LLDPE/ PS	2	0.004	0.002	0.13	0.881
共混温度 Blend temperature	3	0.402	0.134	7.67	0.018
误差 Error	6	0.105	0.017		

表 4　塑料合金 MFR 值的多重比较

Tab.4　The T test (LSD) for MFR value of plastic alloys

	水平 Variable	平均值 Mean	T 结果 T grouping	显著性 Significance
共混温度 Blend temperature (LSD = 0.264)	200 ℃	1.767	A	0.000 1
	220 ℃	1.510	AB	0.000 1
	240 ℃	1.343	B	0.000 1
	260 ℃	1.300	B	0.000 1

表 5　塑料合金物理力学性能

Tab.5　The mechanical and physical properties of plastic alloys

试验号 Experiment No.	密度 Density/ (g·cm^{-3})	冲击强度 Impact strength/ (kJ·m^{-2})	弯曲强度 Flexural strength/ MPa	弯曲模量 Flexural modulus/ MPa	拉伸强度 Tensile strength/ MPa
1	0.99	4.7	32.9	1 573	16.20
2	0.99	3.4	29.2	1 571	12.87
3	0.99	3.5	26.4	1 438	13.35
4	0.99	2.9	22.8	1 458	10.57
5	0.96	5.0	13.7	716	7.46
6	0.97	8.1	16.2	831	8.01
7	0.95	2.1	12.0	742	5.15
8	0.95	1.9	10.8	749	5.23
9	0.93	19.0	9.7	370	9.10
10	0.94	21.4	10.7	380	9.54
11	0.93	21.2	11.2	414	8.45
12	0.94	21.6	10.9	395	9.02

表 6　塑料合金力学性能的方差分析

Tab.6　The ANOVA for the mechanical properties of plastic alloys

变异来源 Source	冲击强度 Impact strength		弯曲强度 Flexural strength		弯曲模量 Flexural modulus		拉伸强度 Tensile strength	
	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance
变量 Model	81.79	0.000 1	192.5	0.000 1	1 068.8	0.000 1	72.5	0.000 1
LLDPE/ PS	203.9	0.000 1	459.5	0.000 1	2 664	0.000 1	160.0	0.000 1
共混温度 Blend temperature	0.41	0.745 0	14.5	0.000 1	5	0.003 0	14.2	0.000 1

表 7 LLDPE/PS 比例对塑料合金力学性能影响的多重比较①

Tab.7 The LSD test for LLDPE/PS ratio on the properties of plastic alloys

LLDPE/PS	冲击强度 Impact strength		弯曲强度 Flexural strength		弯曲模量 Flexural modulus		拉伸强度 Tensile strength	
	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping
25/75	3.6	B	27.8	A	1510	A	13.2	A
50/50	4.3	B	13.2	B	759	B	6.5	C
75/25	19.9	A	10.6	C	390	C	9.0	B
	LSD = 1.8		LSD = 1.22		LSD = 31		LSD = 0.76	

①α = 0.05, 自由度 DF = 66, T 的临界值 Critical value = 2.00, 下同 The same below.

表 8 共混温度对塑料合金力学性能影响的多重比较

Tab.8 The LSD test for blend temperature on the properties of plastic alloys

共混温度 Blend temperature/℃	冲击强度 Impact strength		弯曲强度 Flexural strength		弯曲模量 Flexural modulus		拉伸强度 Tensile strength	
	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping
200	9.58	A	18.74	A	888.33	B	10.92	A
220	9.78	A	18.72	A	927.44	A	10.14	A
240	8.93	A	16.53	B	865.00	B	8.98	B
260	8.81	A	14.80	C	867.11	B	8.27	B
	LSD = 2.11		LSD = 1.41		LSD = 36.06		LSD = 0.88	

2.2 塑料合金/木纤维复合材料性能评价

2.2.1 复合材料外观质量 图 1 为不同塑料及塑料合金/木纤维复合材料。根据前述的外观质量评价方法所得到的木塑复合材料板的外观质量评价结果见表 9。

从表 9 和图 1 的结果可以看出,LLDPE/PS = 50/50 的塑料合金/木纤维复合材料板面均匀,外观质量最好,LLDPE/PS = 25/75 的次之,LLDPE/PS = 75/25 中除 220 ℃时较好外,其余都很差。LLDPE/PS = 50/50 的塑料合金/木纤维复合材料板面外观质量比 LLDPE/木纤维复合材料和 PS/木纤维复合材料要好得多,而且比物理力学性能较好的 PP/木纤维复合材料的外观质量还好。板材外观质量均匀,说明该塑料合金与木纤维的混容性好。比较复合材料板面外观质量与相应塑料合金的物理力学性能不难发现,外观质量较好的共混比为 50/50 的塑料合金的性能并不好,强度都比较低(相对于相应的共混比),说明塑料合金/木纤维复合材料的外观质量与合金力学性能没有明显的相关关系。从塑料合金的 MFR 值看,共混比对 MFR 值影响不显著,但是板面外观质量却与塑料合金的共混比有明显的关系。由此可见,影响板材外观质量的因素比较复杂,不是单一因素所决定的,与不同比例的塑料共混形成的两相结构及共混后的表面性能、熔体流动性能都有关,此方面的机理还有待进一步研究。

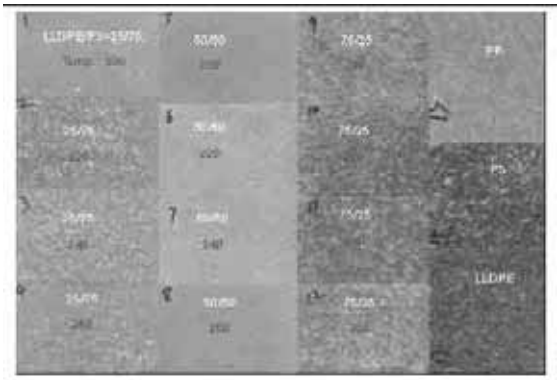


图 1 不同塑料及塑料合金/木纤维复合材料

Fig.1 The composites of woodfiber with different plastics and LLDPE/PS alloys

表 9 木塑复合材料外观质量评价结果

Tab.9 The evaluating results of appearance quality of plastic alloy/WF composites

试验号 Exp. No.	1	2	3	4	5	6	7	8
外观质量 Appearance quality	7	4	5	5	10	8	8	10
试验号 Exp. No.	9	10	11	12	LLDPE/WF	PS/WF	PP/WF	
外观质量 Appearance quality	3	6	3	3	4	3	7	

通过 LLDPE 与 PS 的共混可以改善其复合材料的外观质量,这一点对于本研究的开展是极有意义的,为以后开展塑料共混改性的进一步研究及在产业化中应用该技术提供了重要的依据和信息。

2.2.2　复合材料物理力学性能　表 10 列出了塑料合金与木纤维复合材料的物理力学性能结果。从表中可以看出,塑料合金与木纤维复合后,密度都比塑料合金材料有所增加。对于试验数据的可靠性与试验考察因素的显著性进行方差分析,其结果见表 11。试验中考察变量对材料性能影响显著,数据可靠。LLDPE/ PS 和共混温度对复合材料的冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、拉伸强度都有显著影响。除共混温度对冲击强度影响的显著性为 91 %外,其余的显著性均在 99 %以上。

表 10　塑料合金/木纤维复合材料物理力学性能

Tab.10　The physical and mechanical properties of plastic alloy/ WF composites

试验号 Experiment No.	密度 Density/ ($g \cdot cm^{-3}$)	冲击强度 Impact strength/ ($kJ \cdot m^{-2}$)	弯曲强度 Flexural strength/ MPa	弯曲模量 Flexural modulus/ MPa	拉伸强度 Tensile strength/ MPa
1	1.10	5.1	44.5	3 146	21.05
2	1.08	4.5	39.9	2 852	18.84
3	1.09	5.1	47.9	2 950	20.88
4	1.08	4.9	39.1	2 772	19.77
5	1.07	6.8	36.2	2 148	19.75
6	1.06	6.2	25.5	1 829	14.04
7	1.06	6.2	25.5	1 885	12.41
8	1.07	6.1	29.0	2 018	16.38
9	1.04	8.2	24.0	1 464	15.16
10	1.05	10.7	21.8	1 353	12.40
11	1.02	8.8	20.3	1 300	11.63
12	1.03	7.9	19.4	1 190	11.01

表 11　塑料合金/木纤维复合材料力学性能的方差分析

Tab.11　The ANOVA for the mechanical properties of plastic alloy/ WF composites

变异来源 Source	冲击强度 Impact strength		弯曲强度 Flexural strength		弯曲模量 Flexural modulus		拉伸强度 Tensile strength	
	F 值 *F* value	显著性 Significance	*F* 值 *F* value	显著性 Significance	*F* 值 *F* value	显著性 Significance	*F* 值 *F* value	显著性 Significance
变量 Model	94.8	0.000 1	243.2	0.000 1	308.2	0.000 1	68.7	0.000 1
LLDPE/ PS	233.59	0.000 1	550	0.000 1	751.8	0.000 1	139.6	0.000 1
共混温度 Blend temperature	2.24	0.09	38.5	0.000 1	12.45	0.000 1	21.4	0.000 1

1) 共混比例对塑料合金/木纤维复合材料性能的影响　表 12 是 LLDPE/ PS 合金共混比对其木纤维复合材料力学性能影响的 LSD 多重比较结果。图 2 为不同共混比与共混温度条件的塑料合金/木纤维复合材料性能比较。

表 12 的多重比较表明不同共混比的复合材料冲击强度、弯曲强度、弯曲模量及拉伸强度的差异都非常显著,而且共混比 LLDPE/ PS 为 25/75 时,除冲击强度最差外,其他性能最好。

表 12　LLDPE/ PS 对其木纤维复合材料力学性能影响的多重比较

Tab.12　The LSD test for LLDPE/ PS ratio on the properties of composites

LLDPE/ PS	冲击强度 Impact strength		弯曲强度 Flexural strength		弯曲模量 Flexural modulus		拉伸强度 Tensile strength	
	平均值 Mean	*T* 结果 *T* grouping	平均值 Mean	*T* 结果 *T* grouping	平均值 Mean	*T* 结果 *T* grouping	平均值 Mean	*T* 结果 *T* grouping
25/75	4.9	C	40.87	A	2 930	A	20.13	A
50/50	6.3	B	29.05	B	1 969	B	15.64	B
75/25	8.4	A	21.37	C	1 327	C	12.55	C
	LSD = 0.33		LSD = 1.18		LSD = 83		LSD = 0.91	

从图 2 a 可以看出,不同比例的塑料合金/木纤维复合材料的冲击强度都比聚苯乙烯/木纤维复合材料的冲击强度高,但也都低于 LLDPE/木纤维复合材料的冲击强度。随着复合材料中 LLDPE 含量的增加,复合材料的冲击强度增加,而且不同比例之间差异显著。LLDPE/ PS = 50/50 和 75/25 的合金复合材料的冲击强度分别接近和超过了 PP/木纤维复合材料的值(7.1 $kJ \cdot m^{-2}$) (郭文静等 ,2005) 。

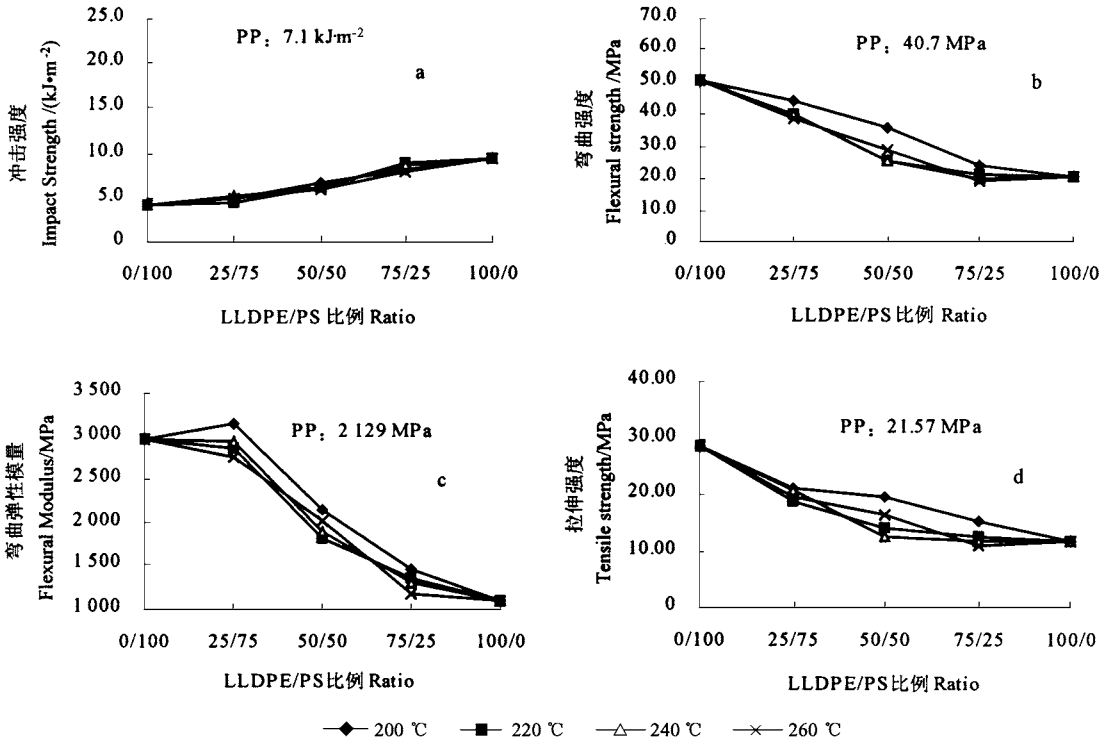


图 2 不同 LLDPE/ PS 和共混温度的复合材料力学性能

Fig . 2 The mechanical properties of wood fiber composites with different LLDPE/ PS ratio and blend temperature

从图 2 b 可见 ,塑料合金/木纤维复合材料的弯曲强度介于 PS/木纤维复合材料和 LLDPE/木纤维复合材料的弯曲强度之间。其变化规律是随着塑料合金/木纤维复合材料中 LLDPE 比例的增加 ,复合材料的弯曲强度下降。多重比较表明 ,不同共混比的复合材料的弯曲强度的差异显著 ,说明复合材料的弯曲强度与共混比有显著的相关关系。其中 LLDPE/ PS = 50/ 50 ,共混温度为 200 ℃的塑料合金/木纤维复合材料的性能也接近于 PP/木纤维复合材料的性能。

弯曲弹性模量和拉伸强度随塑料合金/木纤维复合材料中 LLDPE/ PS 比例的变化规律基本与弯曲强度相似(图 2 c ,d) 。不同的是 ,在 LLDPE/ PS = 25/ 75 时 ,复合材料的弯曲弹性模量大于或接近于 PS/木纤维复合材料的弯曲弹性模量。多重比较结果也表明 ,不同共混比的弯曲弹性模量差异显著。由此可见 ,合金/木纤维复合材料的性能与被共混的 2 种塑料及共混比有一定的相关性。而且 ,LLDPE/ PS = 25/ 75 和某些 LLDPE/ PS = 50/ 50 的合金/木纤维复合材料的弯曲弹性模量接近或大于 PP/木纤维复合材料的相应性能。

2) 共混温度对塑料合金/木纤维复合材料性能影响的评价 表 13 是不同共混温度对塑料合金/木纤维复合材料力学性能影响的多重比较结果。从表中可见 ,共混温度 200 ℃时的塑料合金的木纤维复合材料的综合力学性能最好 ,而且与其他温度的力学性能之间的差异显著。其他温度之间的力学性能除 240 ℃时冲击强度差异显著外 ,其他性能的差异都不显著。

表 13 共混温度对其复合材料力学性能影响的多重比较

Tab .13 The LSD test for blend temperature on the properties of composites

共混温度 Blend temperature/ ℃	冲击强度 Impact strength		弯曲强度 Flexural strength		弯曲模量 Flexural modulus		拉伸强度 Tensile strength	
	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping	平均值 Mean	T 结果 T grouping
200	6.69	A	34.9	A	2 252	A	18.65	A
220	6.52	AB	29.0	B	2 011	B	15.09	B
240	6.71	A	28.6	B	2 045	B	14.97	B
260	6.27	B	29.2	B	1 993	B	15.72	B
	LSD = 0.38		LSD = 1.36		LSD = 96		LSD = 1.05	

从图 2 可见 ,共混温度对塑料合金/木纤维复合材料性能的影响与合金中 LLDPE 和 PS 的比例有关 ,

LLDPE/ PS 不同 ,复合材料性能随温度的变化规律也不同。LLDPE/ PS = 50/50 时 ,共混温度 200 ℃和 260 ℃时复合材料的性能明显优于 220 ℃和 240 ℃时的性能。总的结果是 ,共混温度为 200 ℃时塑料合金/木纤维复合材料的各项物理力学性能最好。

综上所述 ,共混比例与共混温度对塑料合金/木纤维复合材料的物理力学性能都有影响 ,塑料合金/木纤维复合材料的性能与被共混的塑料的性能相关。在 LLDPE/ PS = 50/50 ,共混温度为 200 ℃时的塑料合金制得的复合材料的性能接近 PP/木纤维复合材料相应的各项力学性能(图 2) 。

2.3　塑料合金及其木纤维复合材料的动态力学性能

图 3 是 LLDPE/ PS 分别为 25/75 、50/50 及 75/25 的 LLDPE/ PS 合金及其木纤维复合材料的动态力学性能结果。从图中可以看到 ,上述塑料合金与木纤维复合后 ,复合材料的玻璃态转变温度 T_g 都比相应的合金材料升高。T_g 升高的原因是木纤维的存在 ,阻碍了合金材料中 PS 相的分子链的运动 ,从而延迟了 PS 相发生玻璃态转变的时间。张开(1981) 也曾提到“填料一般使出现最大阻尼(即 tan δ) 的温度推向较高的温度”。

从塑料合金及其木纤维复合材料的贮存模量 E' 与损耗模量 E'' 随温度变化的曲线中可以看出 ,塑料合金与木纤维复合后 ,材料的模量明显增加 ,尤其是在较高温度下材料的模量增加更显著。E' 与 E'' 的矢量和为杨氏模量。从图 3 中可以看到 ,在室温至 PS 的玻璃态转变温度范围内 ,复合材料的模量明显高于塑料合金本身的模量。温度高于 PS 的 T_g 时 ,塑料合金的模量很低 ,但是 ,它们的复合材料在相应温度下的模量明显提高。如共混比为 25/75 时的 LLDPE/ PS 合金在 130 ℃时的贮存模量仅为 5.7 MPa ,但其木纤维复合材料在 130 ℃时的贮存模量为 200 MPa ,相差几十倍 ,这一点对于材料的应用是非常重要的。塑料材料在使用中的弱点之一就是材料的热塑性 ,即在较高温度下材料的强度下降严重 ,但是当将塑料与木纤维复合后 ,材料的动态力学性能明显升高 ,在较高温度下材料的强度明显增加 ,热稳定性提高。

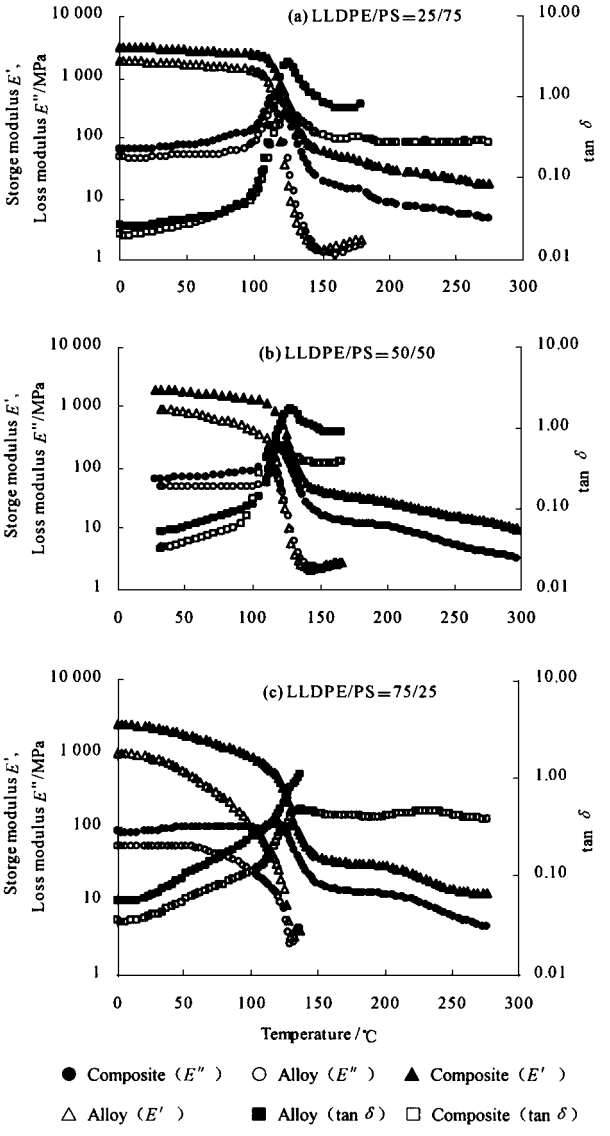


图 3　LLDPE/ PS 合金及其木纤维复合材料 DMA 曲线

Fig. 3　The DMA curves of LLDPE/ PS alloys and their woodfiber composites

3　结论

LLDPE/ PS 共混比与共混温度不同 ,共混过程中 ,所制备的塑料合金的熔体流动性也不同。MFR 值随着共混温度的升高而下降 ,但是不同共混比例对塑料合金的熔体流动速率的影响不显著。LLDPE / PS 比和共混温度对塑料合金材料的力学性能都有显著影响 ,其中共混比对塑料合金性能的影响比共混温度的影响程度更大。随着塑料合金中 LLDPE 含量的增加 ,合金的抗冲击性上升 ,而且 ,LLDPE/ PS = 75/25 时 ,增加幅度很大 ,然而弯曲强度 、弯曲弹性模量和拉伸强度都下降。共混温度对不同共混比例的塑料合金的力学性能的影响也各不相同。

不同共混比与不同共混温度的塑料合金制备的塑料合金/木纤维复合材料 ,板材外观质量不同。共混比 LLDPE/ PS = 50/50 ,共混温度为 200 ℃和 260 ℃的合金与木纤维的复合材料具有较好的相容性 ,所制得的板材两相均匀 ,板面质量最好。塑料合金/木纤维复合材料的物理力学性能与塑料的共混比例相关。共混比不

同,共混温度对其复合材料性能的影响也不同。

LLDPE/PS 为 50/50,共混温度为 200 ℃的木纤维复合材料的物理力学性能最好。其性能接近于 PP/木纤维复合材料的力学性能,而且复合材料外观质量优于 PP/木纤维复合材料。

通过本研究可见,将不同性能的塑料进行共混,制备成塑料合金,改善塑料的某些性能缺陷,可以改善塑料与木纤维复合的相容性,可以用 LLDPE 和 PS 制备出综合性能优良的木塑复合材料。以上结果为木塑复合材料的研发与应用开辟了新的途径。

参 考 文 献

岡本忠.2002. 木材とプラスチツクとの複合体. APast, No. 42:11 - 15

郭文静,王 正. 1999. 木塑复合材料制造技术的研究. 中国青年绿色论坛(第三届青年学术研讨会论文集),北京:中国林业出版社,194 - 197

郭文静,王 正,黑须博司. 2005. 三种塑料与木纤维复合性能的研究. 木材工业,19(2):8 - 11

王 正. 2002. 木塑复合材料的研究及发展. 林业经济,专刊:34 - 40

王 正. 2001. 木塑复合材料界面特性及其影响因子研究. 中国林业科学研究院博士论文

吴培熙,张留成.1996.聚合物共混改性. 北京:中国轻工业出版社

辛浩波. 2000.塑料合金及塑橡共混改性. 北京:中国轻工业出版社

张 开. 1981. 高分子物理学. 北京:化学工业出版社

Clemnons C. 2000. Wood fiber-plastic composites in the United States history and current and future markets. 3rd International Wood and Natural Fiber Composites Symposium, Kassel, Germany, 1 - 7

Clemons C. 2002. Wood-plastic composites in the united States ——the interfacing of two industry. Forest Products Journal, 52(6): 10 - 18

Kazayawoko M, Balatinecz J J. 1997. Adhesion mechanisms in woodfiber-polypropylene composites // Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites(FICWPC). USA: The Forest Product Society, 87 - 93

Liang B H, Mott L. 1994. Properties of transfer-molded wood-fiber/polystyrene composites. Wood and Fiber Science, 26(3): 382 - 389

Lu J Z, Wu Q. 2002. The influence of maleation on polymer adsorption and fixation, wood surface wettability and interfacial bonding strength in wood-PVC composites. Wood and Fiber Science, 34(3): 434 - 459

(责任编辑 石红青)