

液晶聚合物文集

中国兵器工业第五三研究所

1994年6月

前 言

液晶聚合物(LCP)是80年代初问世的一种新型高性能工程塑料,为了尽快了解和掌握这种新材料的研究与应用情况。五三研究所情报室《液晶聚合物》课题组于1993~1994年收集、检索了80年代以来的国内外有关文献资料,经筛选、翻译后编辑出版了《液晶聚合物》文集。该文集包括综述报告2篇,约2万字,译文13篇,约6万字,共计8万字。主要介绍了高性能液晶聚合物及其共混合金的研究、性能、加工、应用及发展动向。内容新颖、数据可靠,对从事本专业研究、开发、生产的工程技术人员和教学人员有较大参考价值。

由于我们水平所限,错误之处在所难免,望批评指正。

《液晶聚合物》课题组

1994年7月

目 录

综述报告

液晶聚合物研究进展与应用.....杨淑丽 张振英 (1)

张玉龙 阎恒梅

热致性液晶聚合物合金的性能

与加工.....杨淑丽 张振英 (20)

译 文

液晶聚合物最新动向与展望.....阎恒梅 译 (32)

热致性液晶聚合物的发展.....杨淑丽 译 刘寿华 校 (42)

LCP 合金.....黄克钧 译 阎恒梅 校 (48)

新的液晶高分子.....黄克钧 译 阎恒梅 校 (56)

热致性液晶聚合物 (LCP)杨淑丽 译 刘寿华 校 (67)

加工液晶聚合物的方法.....张振英 译 宋学智 校 (76)

新型液晶聚合物-MGC-LCP 的特性张玉龙 译 黄克钧 校 (86)

树脂组成物.....张玉龙 译 黄克钧 校 (96)

交联液晶聚合物组成物及其制品.....张玉龙 译 黄克钧 校 (103)

聚酰亚胺系树脂料的混炼制备方法.....阎恒梅 译 (110)

液晶聚合物薄膜的制造方法.....阎恒梅 译 (114)

固体火箭发动机用先进复合材料.....杨淑丽 译 张玉龙 校 (118)

电子结构件及其制法.....杨淑丽 译 (127)

液晶聚合物研究进展与应用

1、概述

液晶聚合物 (LCP) 是近几年发展最快的高性能全新结构的材料, 它虽问世较晚, 但由于其性能好, 应用潜力大, 故而发展很快。北美和欧洲及日本几家大公司已先后加入了 LCP 研究生产行列。美国对 LCP 的需求量预计将翻 3 倍, 1995 年将达 11350t, 2000 年达 22700t, 价值达 2.5 亿美元。日本 1991 年 LCP 的需求量为 400~500t, 预计到 1995 年为 1130t, 2000 年可达 10000t, 今后五年世界范围内 LCP 的需用量将以 60%~70% 的年增长率递增^[1]。据报道世界上已近 70 个公司或厂家在生产和开发液晶聚合物, 已有十几家公司实现了 LCP 的工业 LCP 纯树脂的生产能力已超过 1 万 t。

包括混合配料的生产能力, 则逾 2 万 t。LCP 主要生产公司的商品牌号及生产能力见表 1^[2]。LCP 目前的研究方向是根据市场需求, 研制灌封材料、中继装置用材、光导纤维复盖物用材、利用掺混技术和改进合成工艺, 研制低成本 LCP。另外研究废料回收利用技术、重复开发新产品, 目前的主要应用领域是电子部件、耐热容器、OA 机、AV 机、精密机械和纤维等。

2、研究进展

如表 1 所示目前世界上实现商品化的液晶聚合物主要有美国、日本、英国和德国, 品种仍只限于作纤维、塑料的品级。主要有溶致性和热致性液晶两大类:

2.1 溶致性液晶 (LLCP) [3-4]

溶致性液晶即芳香族聚酰胺, 国内统称为芳纶, 可分为两大类:

2.1.1 耐热芳纶

表 1 纯 LCP 主要生产公司的商品牌号及生产能力(1990 年)

国家	公司名称	商品名称	生产能力 t/a
美国	Amoco	Xydar	4500
	Celanese	Vectra	2500
	DuPont	LCP	3600
	Gramant	Granlar	45
	Eastman	LCP	—
	RTP	LCP	—
	INP	Thermocomp	—
德国	BASF	Ultrax	—
	Bayer	Kui	100
美国	ICI	Victrex	—
法国	Phone-Poulenc	Rhoderster CL	—
日本	住友化学	Ekonol	200
	尤尼契卡	Rodrum	300
	日本石油化学	Xydar	—
	聚合物塑料	Vectra	2000
	三菱化成	Noraccurate	150
	出光石油化学	出光 LCP	50
	上野制药	ウエノ LCP	500

· 未标明生产能力的公司只有试销品

以Du Pont公司的聚间苯二胺(PMTA) Nomex 为代表, 在 253℃ 可长期使用, 在 300℃ 工作 100 h, 强度仍保持 50% 以上。

2.1.2 高强度、高模量芳纶

以 Du Pont 公司的 Kevlar 为代表, 主要有聚对苯甲酰胺(PBA 称为芳纶 I) 和聚对苯二甲酰对苯二胺(PPTA 称为芳纶 II) 两种。这类芳纶强度高, 达 3GPa, 模量高达 100GP。Kevlar 纤维可在 -196 ~ 182℃ 内连续使用, 主要用于航空飞机结构材料, 轮胎帘子线、军事构件、运动用具、船舶缆绳、防弹服等, 并作为复合材料的增强纤维。

到目前为止, Kevlar 仍是溶致性液晶聚合物中规模最大的工业化产品。Du Pont公司目前主要生产的牌号有 Kevlar 29、Kevlar49 和 Kevlar 149 三种。除 Du Pont 公司外, 日本帝人公司的 HM50 和原苏联国家的 CBM 以及我国化工部南通合成材料实验厂生产的聚芳酰胺都是类似于 Kevlar 性能的对位芳族酰胺纤维。还有一些溶致性液晶如聚对苯撑苯并双噻唑、聚对苯撑苯并双恶唑, 性能上比 Kevlar 更好, 但因工艺难度大而尚未实现工业化。另外由于溶致性液晶聚合物在溶液中形成不能模塑, 所以产品不适于制作塑料、板状和块状制品, 仅限于制作纤维和薄膜。因此溶致性液晶聚合物的生产和应用受到一定程度的限制。

2.2 热致性液晶 (TLCP) [8, 6]

为克服溶致性液晶的上述缺陷, 促使人们积极地开发热致性液晶

材料，到 80 年代中期，已实现热致液晶聚合物工业化生产。世界范围内 TLCP 商业化的努力均集中在芳香族共聚酯这类高分子上，迄今已成功地商业化了 5 种 TLCP，主要是全芳香族共聚酯，即介晶单元位于主链的、相态为向列型的热致性液晶高分子，商品名称分别为 Xydar, Vectra 和 Ekonol；另两种是带有柔性亚甲基链节的芳香族共聚酯，如 X7G 和 LCP-2000，上述 5 种 TLCP 有一个共同的特征，均含有对羟基安息香酸基团。

这些产品按化学结构、性能水平及热变形温度 (HDT) 分为 3 种类型，I 型的 HDT 在 320°C 左右，美国 Amoco 公司的 Xydar 和日本住友公司的 Ekonol 即属此类，它们的 HDT 分别高达 355°C 和 311°C，这类 TLCP 均为优良耐热的工程塑料。II 型的 HDT 在 220°C 以上，德国 Hoechst-Celanese 公司的 Vectra 和美国 Amoco 公司的 Xydar II 即属此类型，其中 Vectra 的 HDT 为 240°C。III 型的 HDT 低于 120°C，由于分子定向和各向异性减弱，耐热性差些，但是价格低，美国 Eastman Kodak 公司的 X7G 和日本 Unitika 公司的 LCP-2000 即属此类型(表 2)。其 HDT 均为 68°C 左右，这是由于它们均含有亚甲基柔性链段之故。I 型和 II 型是 TLCP 的开发主流，特别是 II 型 TLCP 更是当今 LCP 各公司倾注全力开发的产品。其理由是作为主要用途的 SMT (超小型电子管) 对应电子部件所需之耐热性和薄壁成型性等加工性能均衡。III 型为非全芳族共聚酯，应用范围较小。

表 2 3 种类型的 TLCP 性能比较

性 能	I 型	II 型	III 型
HDT (°C)	320	220	120
拉伸强度	高	中	低
冲击强度	低	中	高
拉伸模量	高	中	低
CTE	好	好	优
收缩性	好	好	好
可加工性	差	可	优
价格 (美元/kg)	3.2~4.5	3.2~4.5	2.3
商品名	Xydar	Vectra	X7G/LCP2000
商业供应者	Amoco	Hoechst Celanese	Unitika

表 3 列出了当前已商业化的 5 种 TLCP 的主要化学组成、专利拥有者及生产装置能力。

表 3 已商业化的 5 种 TLCP

商品名	化学组成	专利所有者	生产厂商	装置能力 (kt/a)	开工地点 时间
Xydar	ppB/TPA/pHBA	Dartco Co(美国)1984年	Amoco(美国)	10	Augusta Georgia 1984
Khocel	ppB/TPA/pHBA	Carborundum(美)1984年	住友(日本)	0.3	日本, 1988年
Vectra	HNA/pHBA	Celanese(美)1985年	HoechstCelanese (德国)	3	Shelby North Carol 1989年
X7G/LCP 2000	PET/pHBA	Eastman Kodak(美)1976年	Unitika(日本)	0.2	日本, 1988年

2.2.1 I型 TLCP 进展 [3, 6]

I型 TLCP 的典型代表是 Xydar, 其化学结构为 $\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O}) \right]_n$ 。1984 年, 美国 Dartco 公司从 Carboundum 公司买下三元全芳香共聚酯 (对羟基苯甲酸、对苯二酸、PP' 双酯三种单体构成的共聚体) 的专利权和工艺技术, 在 Augusta 工厂以 10 kt/a 规模生产可注射成型的商标为 Xydar 的 TLCP。之后, 日本石油化学公司引进了 7 种等级的“Xydar”产品 (表 4): (1) 无填料的 SRT-300 标准级; (2) 无填料高流动性级的 SRT-500 级; (3) 玻纤 40% 增强的 FC-110; (4) 玻纤 40%、无机填料 10% 的 FC-120; (5) 无机填料 50% 的 FC-130; (6) 加入 50% 滑石的 FSR-315; (7) 玻纤 30% 增强的 RC-210。

表 4 七种等级的 Xydar 产品性能

性 能	试验方法	单位	SRT -300	SRT -500	FC -110	FC -120	FC -130	FSR -315	RC -210
拉伸强度	ASTM D638	MPa	110	112	95	99	73	97	140
拉伸模量	ASTM D638	MPa	14300	14600	13200	127000	11800	11600	16200
伸长率	ASTM D638	%	1.3	1.1	1.8	2.0	1.1	1.4	1.7
弯曲强度	ASTM D792	MPa	140	141	140	140	100	100	160
弯曲模量	ASTM D792	MPa	1240	1240	9320	9800	8800	10600	13600
压缩强度	ASTM D695	MPa	—	—	73	76	49	49	70
压缩模量	ASTM D695	MPa	—	—	2550	3160	3400	3440	3300
缺口冲击强度	ASTM D256	kJ/m ²	16.6	24.6	8.6	7.6	4.3	4.8	10.7
无缺口冲击强度	ASTM D256	kJ/m ²	39.1	46.4	58.4	27.3	8.0	4.8	10.7
罗氏硬度	ASTM D985	—	—	—	75	57	82	82	77
比重	ASTM D792		1.35	1.35	1.7	1.75	1.86	1.84	1.60
吸水率	ASTM D760	%	—	—	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

另外, Xydar 纤维已由 Allied 公司和 Dartco 公司联合开发。这种纤维的强度 18~20 克/旦, 模量 1400 克/旦, 纤维耐 350 °C, 熔点为 380~420 °C, 在 250 °C 下保持 7 天仍具有极好的强度, 不吸湿, 具有突出的耐蠕变性。它与碳纤维混合使用, 将提高耐冲击性, 易成型, 可熔融纺丝, 而 Kevlar 需溶液液晶纺丝。Xydar 纤维耐热性好, 特别适用于军用、宇航、印刷线路板和其他高技术领域作先进复合材料使用。

2.2.2 II 型 TLCP 进展^[3, 4, 7]

属 II 型 TLCP 的主要品种有 Vectra 和 Xydar II。Vectra 的典型化学结构为 $\text{—}[\text{O—}(\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{—C(=O)—}]_m\text{—}[\text{O—}(\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{—C(=O)—}]_n\text{—}$ 。美国 Celanese 公司 1985 年开发成功的 Vectra 由以对羟基苯甲酸和 2,6-羟基萘甲酸为基础的芳族单体缩聚而成, 熔点为 300 °C 左右。1986 年, 西德 Hoechst 公司买下 Celanese, 起初用中试装置以 200t/a 规模在新泽西州的 Summit 生产 Vectra。1989 年, Hoechst Celanese 公司在北卡罗来纳州的 Shelby 建成 3kt/a 商品化生产装置, 目前能生产 25 个牌号, 并正在努力开发以 Vectra 熔体液晶纺丝成纤维的商品名为 Vectran 液晶纤维。

Vectra 具有低膨胀系数和低模塑收缩率, 可进行高精度注塑和挤塑。也可与许多功能性填料、添加剂及玻纤、碳纤等掺混制备复合材料, 还可与其他工程塑料共混制备聚合物合金。Vectra 的优异性能是其他工程塑料或树脂无法比拟的。其耐化学性、水解稳定性、耐候性、电气性及阻燃性等都很优异, 并具有很强的防渗性。表 5 列出了注塑级和挤塑级 Vectra 系列的性能。

Hoechst Celanese 公司的 II 型 Vectra 系列已进入广泛的推广应用阶段, 现已用于电子电气、医疗、工业部门和高压空调及光导纤

维中。最近还推出用 Vectra C810 制成的 3-D 线路。这也是世界上唯一可用于注射成型 3-D 线路的树脂^[8]。

表 5 注塑级和挤出级 Vectra 的性能^[7]

性 能	A130 (50% 玻纤)	A515 高流动型 (15%矿物)	C130 耐热型 (50% 玻纤)	A420 耐磨型 (25%玻纤、25% 矿物、5%石墨片)	A625 耐化学药品型 (25%石墨片)	A990 挤出型 (无填料)
拉伸强度, (D383), MPa	189.96	179.2	165.5	151.7	165.5	165.5
拉伸模量, (D383), GPa	17.24	11.72	16.86	21.37	10.34	9.65
拉伸伸长率, (D383), %	2.2	4.4	1.9	1.3	6.6	3~4
弯曲模量, (D790), GPa	14.48	10.34	14.48	20	10.34	9.65
Isod缺口冲击强度, (D256), J/m	155.55	575.4	117.4	49.3	98	480
热变形温度, 1.32 MPa (D648), °C	229.4	187.8	240.8	226.7	178.9	178.4
相对密度, (D792)	1.57	1.48	1.57	1.88	1.50	1.40

1988 年, 美国 Amoco 公司又买下 Dartco 公司, 并于 1989 年推出了两个新型注塑级 Xydar II 300 系列和 400 系列。这两个系列是在 Dartco 公司 Xydar I 基础上的改性产品, 具有比 Xydar I 稍低的 HDT, 强度更高, 韧性更好, 并易于加工成型 (加工温度降低 20~60°C)。前者加工温度 332~349°C, 后者 365~379°C, 两者注模温度均为 66°C。Xydar II 性能示于表 6, 其耐化学性, 耐老化性、耐辐射性和阻燃性等均优异, 热膨胀系数小, 吸湿率低于 0.1%。除 MG-350 级液晶的绝缘强度为 920V/mil 外, 其余 7 种液晶的绝缘强度均为 900V/mil^[8, 9]。

表 6 Amoco 公司的 8 种 Xydar LCP 树脂性能

品 级	G-330	G-345	M-350	MG-350	G-430	G-445	M-450	MG-450
增强材料	30%G	45%G	50%M	50%M/G	30%G	45%G	50%M	50%M/G
相对密度	1.62	1.75	1.85	1.85	1.80	1.62	1.75	1.80
拉伸强度, MPa	102	91	86	86	82	106	96	80
断裂伸长率, %	1.57	1.38	10893	1.67	1.0	0.85	1.37	1.0
弯曲强度, MPa	136	128	89	114	136	128	650	111
弯曲模量, MPa	13272	13789	10893	12273	14892	16961	11683	14134
悬臂梁缺口冲								
击强度, J/m	155	96	69	75	91	75	48	44
热变形温度, °C								
1.82 MPa	265.6	268	245	268	312	306	284	293
介电常数,								
100Hz	3.9	4.1	4.2	4.18		4.1	4.1	4.1

注: G 为玻纤, M 为矿物。

Xydar II 由于其电性能好, 主要应用于电子电气领域制作各种元件, 并因其加工流动性好, 特别适合于制作壁薄、难填充的复杂构件。

Amoco 公司新近又开发出成本低、耐热性好的 LCP Xydar 系列: G640、G640 和 G665, 这些品级韧性好, 不发脆、无溢料、不腐蚀模具、成型周期比 PPS 短两倍, 无翘曲、流动性好, 接缝强度和机械性能均有改善, 拉伸强度 146MPa, 弯曲弹性模量 18 GPa, 在 1.82MPa 下热变形温度 240°C^[10]。

DuPont 公司也开发了 II 型 LCP, 有两个系列, HX-4000 系列为

耐热性、高结晶性树脂, HX-2000 系列为通用型非结晶性聚合物。该公司生产 HX-4000 比同类型产品 Vectra C-130 成型周期短, 熔融稳定性高, 流动性优良, 成型性好, 制品收缩率小, 可制成极薄的各种制品, 并且无凹凸不平现象, 翘曲小。如 HX-4100, 其成型制品厚度为 0.4 mm 时仍能保持其强度。在室温~232℃ 范围电性能变化很小, 而市场上供应的同类产品在 177℃ 时电性能就开始下降。此种新型材料适宜制作电子电器部件。该公司再次推出 HX 系列 LCP。HX-7130 和 HX-6130, 两者均含 30% 玻纤, 具有 UL 94V-0 级阻燃性能。可用于电子工业 SMT 部件^[11, 12]。

2.2.3 III 型 TLCP 的进展

这类 TLCP 有 X7G 型和日本 Unitika 公司的 LCP2000 系列, 包括 LC 和 EPE 树脂。

美国 Eastman Kodak 公司是世界上第一家研制成功 TLCP 的厂家, 并如表 3 所示, 于 1976 年取得 X7G 的专利权, 但该公司放弃了将 X7G 商业化的努力, 而是将专利权卖给了日本的 Unitika 公司, 该公司建成了 200t/a 的生产装置, 产品命名为 LCP 2000, 实际上具有与 X7G 相同的组成 (PET:PHBA=4:6)。Unitika 公司与日本电话电报公司合作开发将 LCP 2000 用作光纤的保护套, 该公司目前仍将研究的重点放在 PET/pHBA 共聚物上, 主要是提高其 HDT, 使之达到 215℃^[13]。

DuPont 公司也推出了 III 型系列 TLCP。2000 系列为无定形级, 3000 系列为结晶级。结晶级 TLCP 在加工时只限于注塑成型, 而无定形级 TLCP 可用于薄膜/片材挤出、热成型、吹塑或其他加工方法, 其性能见表 7^[9]。

表 7 Du Pont 公司 LX 系列 TLCP 性能

项 目	LX-3100	LX-3200	LX-2000	LX-2100	LX-2300
增强材料	30%玻纤	50%玻纤	未填充	30%玻纤	30%无机物
拉伸模量, MPa	22325	25255	25255.5	22752.7	15857.5
拉伸强度, MPa	158.5	137.5	117.3	158.6	95.5
伸长率, %	0.9	0.7	0.6	0.9	0.8
弯曲模量, GPa, 23℃	18.95	23.10	18.01	16.55	14.45
204℃	5.65	8.95	9.65	11.72	8.95
弯曲强度, MPa, 23℃	203.98	228.51	275.8	220.54	158.59
204℃	64.81	55.85	124.11	134.45	98.53
悬臂梁缺口冲击					
强度, J/m	128	128	197.36	112	16
热变形温度, ℃,					
1.82 MPa	246	246	185	195	180
0.45 MPa	270	270	—	—	—
熔点, ℃	317.8	317.8	—	—	—
比重	1.52	1.71	1.27	1.45	1.50

2.2.4 其他品种 [4-6], [13-16]

目前实用化的可熔体成型的液晶聚合物大部分是通过酯键连接苯环、萘环和联苯环等刚性单元的聚酯类液晶, 可以认为, 这种倾向今后还会持续下去, 除上述品种外, 还有许多类似结构的液晶聚酯产品, 有些结构上虽相同, 但由于生产公司不同而取不同的商品名。除了聚酯型 TLCP 外, 近年来关于聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺、聚氨酯、聚醚等的主链型 TLCP 的研究也在增加, 其物性已逐渐搞清, 新品种

不断出现。这些新品种具有某些特色,如聚酯酰胺 LCP,由于引入了氢键,因而增加了分子间的相互作用,从而增加刚性。又如研究液晶聚酰亚胺(LC-PI)的目的在于改善 PI 的成型加工性和热稳定性。

日本三菱瓦斯化学公司用本公司的技术开发出的液晶聚合物 MGC-LCP 是在酯键中引入醚键的新型聚醚酯类液晶聚合物。MGC-LCP 有 N 系列和 D 系列,两个系列具有以下共同的特征:强度、弹性率高、机械物理性能优良;流动性良好,薄壁成型法优良,热变形温度高,具有与 SMT 相对应的软锡耐热温度;优良的减震特性和蠕变特性。尤其是 N 系列热变形温度高,软焊耐热性优良,耐化学药品性良好。D 系列机械性和难燃性优良,由于 MGC-LCP 具有上述特性,可用于电子部件、OA、AV 机器部件、汽车部件等。

为开发更多的 TLCP 品种,降低其成本,扩大新用途,许多 TLCP 生产厂家对 TLCP 进行了各种改性,例如通过共混即 LCP 聚合物合金、原位复合材料等手段,但是,要开发既能充分利用 LCP 具有的各种特长、又廉价的合金制品并不容易。1992 年秋季, Hoechst Celanese 公司推出了聚苯硫醚(PPS)与 LCP 的合金“V-BQ”。另外用 PTFE 或石墨改性所得到的产品摩擦系数低,用于轴承磨损小,用 25%重量的 PTFE 改性的 LCP (Vectra A 430) 动态摩擦系数为 0.13,碳纤增强的 LCP 磨损性同样很好。因此能够制造整体导轨的注射件。

3、聚合和加工技术进展 [2, 6] [17-18]

TLCP 的聚合方法以熔融缩聚为主,也可用溶液缩聚、界面缩聚或相转移催化缩聚等方法制备。全芳香族 TLCP 多辅以固相缩聚以制取高分子量产品。非全芳香族 TLCP 常采用一步或二步熔融聚合制取预产品。近来已出现了连续熔融缩聚制取高分子量 TLCP 的技术。日

本专利还报导了一种带有弧型搅拌轴和螺带型搅拌叶的反应器用于制取高分子量 TLCP。这是 TLCP 制备技术的一大进展。

TLCP 的加工以注射成型为主。随着新品级 TLCP 的开发,挤出、吹塑、热成型等加工技术也取得了较大的发展,新近开发成功的几种新加工技术引起了人们的广泛关注。第一种技术是德国 Klockner 公司开发的“推-拉”(Push-Pull)注射成型技术。通常用传统的注塑工艺得到的 TLCP 制品,皮层有很高的取向度,而芯层是无定形结构,为了提高 TLCP 制品的性能,开发最优制品,芯层也应该取向。该公司研究者采用两台螺杆进料,用交替注射和回复的方法实现了这一理想,其效果是诱导芯层取向,消除熔接线。新技术与典型的单侧进料注射法相比,30%玻纤增强的 TLCP 拉伸强度提高了30%,无填充级 TLCP 拉伸强度提高了 95%。

另一种新技术是美国 Foster-Miller 公司开发成功的挤出吹塑双轴拉伸成型技术,该公司使用一种环状逆转滚动铸模,均衡剪切流动和拉伸流动,控制了 TLCP 的分子和原纤的取向。采用该技术可以制作无各向异性的纯 TLCP 取向薄膜和板材,并使 TLCP 可以单独作为增强剂来增强其他热塑性塑料。该公司已建成几台实验规模的加工设备,并成功地开发了高强度、高模量的 PI/LCP 高技术用薄膜。今后将与 Amoco 公司联合开发商用 LCP 薄膜、板材及适合于作大结构尺寸的 LCP 增强复合材料。

其他新加工技术还有日本三菱化学公司的 SCORIM 法、住友重机械工业公司的压制 α 法等新的成型方法。另外,通过熔融纺丝制取耐高温、高强度、高模量的 LCP 纤维(如 Celanese 公司的 Vectran Hs、住友化学公司的工ユノール)也是加工技术方面的重大进展。

除采用填充、增强手段克服 LCP 制品的各向异性和接缝强度低等缺陷外,通过模具设计控制模腔内 LCP 流动的方法亦可获得相应的效果。为更合理地进行模具设计和选择加工参数,Plastic & Computer 公司开发出通过分析流动特性指导 LCP 加工的计算机软件。

这样,伴随成型加工方法的技术进步,以往认为是 LCP 缺点的各种问题趋于逐步得到解决,随之在迄今认为应用困难的新的应用领域也可发展 LCP 制品,可望其应用范围将扩大。

4、应用 [5. 7. 16. 18-22]

由于 LCP 具有许多优异性能,已在不少高技术领域中引起非常强烈的兴趣,并获得日益广泛的应用。

4.1 电子电器领域

电子电器领域是 LCP 的最大应用领域。例如 Celanese 公司最初的应用开发即集中于此领域。它适于制造各种插接件、开关、印刷电路板、绕线管、线圈架和线圈封装、集成电路和晶体管的封装成型品、磁带录像机部件、继电器盒、传感器护套,微型马达的整流子,电刷支架和制动器材等等。高填充级 Xydar 等用作印刷电路板,其线膨胀系数接近标准环氧树脂,可防止锡焊和使用时无元件扭曲和开裂。Ekonol 做蚀刻用插座,可在 250°C 高温下进行集成电路可靠性评价试验,所需时间大幅度缩短。今后随着电子部件小型化和 SMT 化率的增大,预料以目前 SMT 化率尚低的连接器、继电器部件、开关等为中心需求量将急速增大。特别是连接器由于潜在市场规模大,伴随小型化、SMT 化和小间距化,以 II 型 TLCP 为中心各公司会竞争下去。

4.2 航空航天领域