

航空用高分子材料红外光谱分析技术

胡申娟 李惠琳

前 言

高分子材料在航空上的应用日趋广泛,包括各种塑料、橡胶、涂料、胶粘剂、密封剂、绝缘材料、电线电缆、纺织材料、润滑材料及树脂基复合材料等。对它们进行成分剖析,不仅适用于材料配方、工艺和性能的研究及未知样品的分析,也逐步用于材料投入生产前的质量控制,因此日益受到人们的重视。

高分子材料的成分分析鉴定方法通常可分为两类,一类是基于高分子特征化学反应的化学方法,如燃烧试验,元素分析,官能团分析及显色反应等^[1,2];另一类是基于高分子某些物理性质的物理方法,如红外光谱(IR),核磁共振波谱(NMR)及质谱(MS)等仪器分析方法^[3,4]。其中红外光谱法不仅快速可靠,对固态、液态、气态的有机组分和无机组分都适用,而且较其他物理方法能提供更多关于分子结构的信息,因而在高分子材料的剖析中佔有重要地位^[5]。

红外光谱属电磁波谱的红外区域,是分子振动和转动能级跃迁而产生的吸收光谱。化合物分子一般处于基态,若受红外光照射,按照量子力学,分子将吸收那些与其能级差值相应的光子的能量而在原子间产生各种形式的振动。这种能量可用下列公式表示:

$$E = \frac{hC}{\lambda} = h\tilde{\nu}$$

式中E是光子的能量(尔格),C是光速(3×10^{10} 厘米/秒),h是普朗克常数(6.624×10^{-27} 尔格/秒), λ 是波长(厘米), $\tilde{\nu}$ 是光的频率

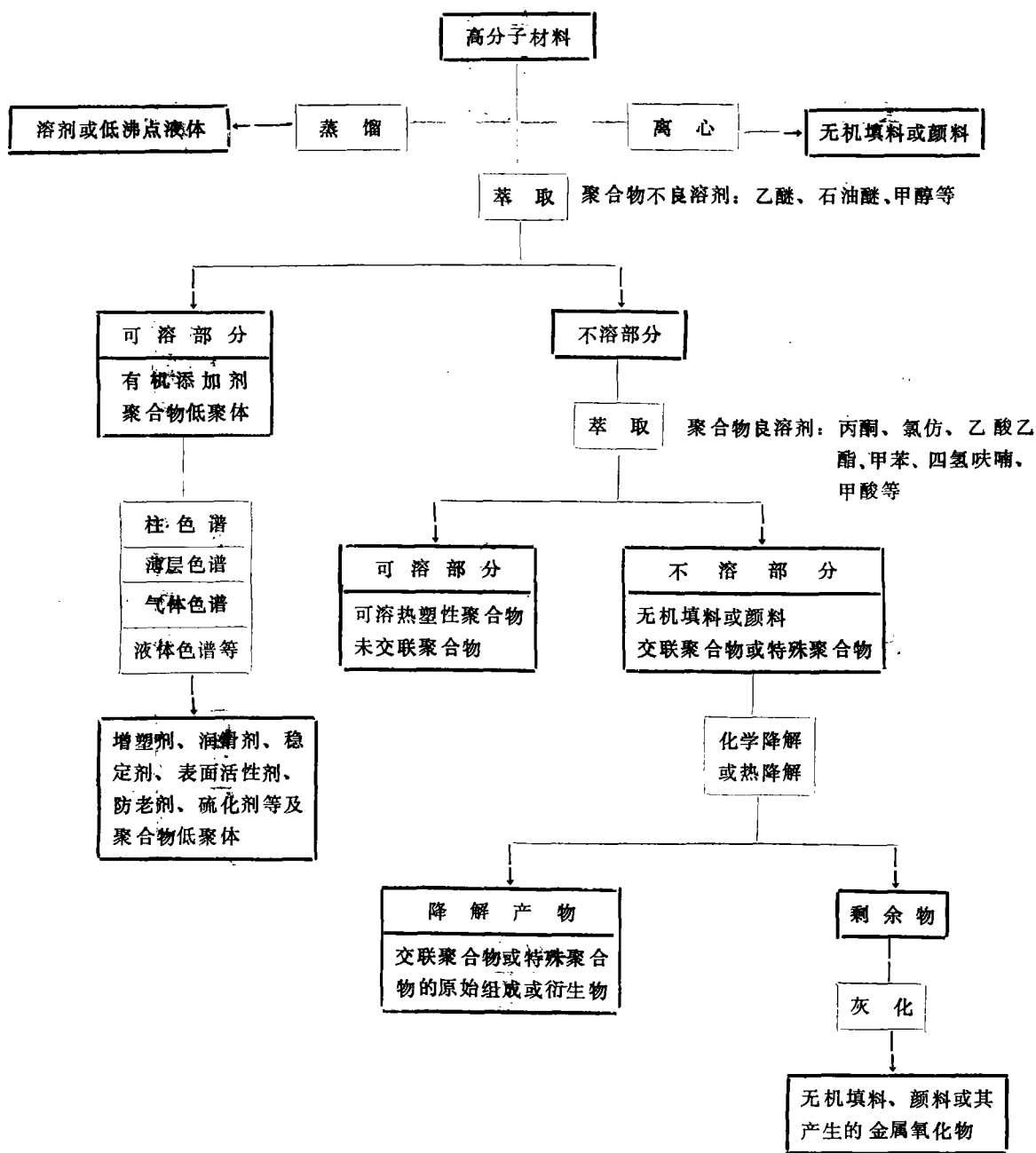
(秒⁻¹)。当一种振动伴随有偶极矩变化时便相应于一定频率的吸收,每一种频率都反映一定的原子或化学键的本质。因此各种结构不同的化合物都有它特征的红外光谱图,犹如人的指纹一样,这就是红外光谱分析法广泛应用的理论基础。分析鉴定最常用的是波数为4000~200厘米⁻¹,相当于波长2.5~50微米范围的中红外区。

由于航空用高分子材料的组成比较复杂,在红外光谱分析之前,通常需先对样品进行分离和纯化,再将各组分用恰当的方法制备样品,将它置于光谱仪中测绘红外光谱图,然后对所得谱图进行解析,根据各个吸收带推测化合物的基本化学结构。若再与已知物的标准谱图相比较,便可较快地加以鉴别。对未知样品应在剖析前仔细了解其来源、用途、特性和使用部位,认真观察样品的外观(物理状态、颜色、透明度等),在火焰中燃烧时所反映出的各种特征(燃烧难易程度、外形变化、火焰特色、分解出气体的气味)以及在溶剂中的溶解性等。这样可大大缩小剖析范围,省去一些不必要的工作。

一、组分的分离和纯化

由于一般混合物的红外光谱图是混合物中各组分光谱图的叠加,组分愈多谱图愈复杂,以至无法辨认。不纯样品的光谱也会给谱图的解析带来困难,有时还可以引起错误的判断,因此分离和纯化效果往往是分析鉴定的关键。常用的分离、纯化方法有蒸馏、离心、过滤、溶剂萃取、溶解沉淀及各种色谱等。航空用高分子材料的一般分离步骤如下图所示。

航空用高分子材料一般分离步骤示意图



注: 表示高分子材料或其组分;

 表示分离方法。

二、样品的制备方法与制备技术

样品的制备方法在红外光谱测绘技术中十分重要。如果制样方法不当,即使仪器性能再好也难以得到便于解析的光谱图。因此,针对不同状态,不同类型和不同量的样品,需灵活地

采取多种制样方法与技术,而且样品应均匀地分散在碱金属卤化物中或涂于其晶片上。样品的浓度或厚度应当适中,一张好的光谱图应使其吸收带的透过率处于20~80%范围内。不同状态样品的制备方法、制备技术及适用范围可大致归纳于表1。

表1 红外光谱制样方法、制样技术及适用范围

样品状态	制样方法	制 样 技 术	适 用 范 围
固 体	压 片 法	将样品与KBr粉末以1:100左右之比在玛瑙研钵内研细混匀,转入模具于压机上加压成透明薄片;常量(1~2毫克)用普通压模;半微量(0.1~1.0毫克)用空隙纸片法;微量(1~100微克)用显微镜或聚光镜附件。	各种固体
	薄 膜 法	1. 加热熔融样品,涂制或压制成膜; 2. 将样品溶液倒在洁净的盐板,玻璃板或水银面上成膜; 3. 具有光洁表面的样品可直接用ATR(或MIR)附件。	成膜物质或材料表面成分(如涂层、胶带等)
	热 裂 解 涂 膜 法	1. 常量粘度较大的裂解液直接涂于NaCl晶片上; 2. 常量易流失的裂解液置于两NaCl晶片间; 3. 裂解液少时用溶剂洗下浓缩涂膜(或压片); 4. 直接将晶片放入裂解气流中熏涂。	含无机填料或颜料的交联聚合物或特殊聚合物
	溶 液 法 (溶剂补偿法)	将样品制成溶液,然后将盛有溶液的固定池置于样品光路,而将盛有溶剂的可变层厚池放入参比光路,调节可变层厚池至溶剂的吸收消失。	可溶固体、液体或定量分析
液 体	液体池法	1. 不易挥发的液体用可拆式液体池; 2. 易挥发的液体用固定式液体池。	各种液体
	气体池法	1. 含有溶剂等易挥发物的多组分样品置于气体池,易挥发物充满池内; 2. 测定固体或高沸点液体中之残余溶剂采用可加热气体池。	某些样品量较少的多组分材料中之易挥发物
	NaCl晶片* 涂 膜 法	1. 不易挥发和不易流失液体直接涂于NaCl晶片上; 2. 易挥发和易流失液体置于两NaCl晶片间。	各种液体
气 体	气体池法	1. 将气体池抽至一定真空,用量气装置充入一定压力气体; 2. 将气体直接通入气体池内; 3. 测微量气体用长光程气体池。	各种气体

* 也可用KBr、CsI及KRS-5等晶片。

三、谱图的解析

红外谱图的解析至今尚无定则，习惯上把中红外区分成两个区域来观察，即波数为 $4000\sim 1300\text{厘米}^{-1}$ 的“基团特征吸收频率区”和波数低于 1300厘米^{-1} 的“指纹区”。前一区域的谱带有较明确的基团和频率的对应关系；后一区域谱带较多，一般没有明确的解析，但对同系物或结构相近的化合物通常有一定的差异。在解析谱图时，一般先从特征频率区入手找出谱图中主要的强吸收谱带，因为它往往对应于化合物中主要的官能团，可以预示是哪一类化合物。譬如，当样品光谱在波数为 $1800\sim 1700\text{厘米}^{-1}$ 区域出现强吸收时，可以初步判断

主要是聚酯类、聚羧酸类或聚酰亚胺类等聚合物，然后查找有关种类聚合物的标准谱图，进行对照鉴别；当已知某波数区的谱带对某基团是特征的而在样品谱图中的这个区域没有谱带，就可以判断在分子中不存在某基团。例如在波数为 $3700\sim 3100\text{厘米}^{-1}$ 区域没有谱带就可以排除OH和NH基团的存在。又如在波数为 $2300\sim 2200\text{厘米}^{-1}$ 区域有一中强尖锐的谱带，就可以判断有一 $\text{C}\equiv\text{N}$ 基团；有时可根据指纹区的吸收情况，进一步论证该基团与其它基团的结合方式；有时也可以用已知物作图核对确定。如果上述方法仍不能鉴别时则需要用其它分析方法验证或综合分析之。航空非金属材料一些常用聚合物的分子结构与红外光谱特征列于表2。

表2 一些常用聚合物的分子结构与红外光谱特征

聚合物名称	分子式或结构式	谱带位置及其对应基团的振动(厘米^{-1})	
		最强或第二强谱带	特征谱带
聚乙酸乙烯酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_x$	1740 $\nu(\text{C}=\text{O})$	1240 1020 1375 $\nu(\text{C}-\text{O}) \delta_s(\text{CH}_3)$
聚丙烯酸甲酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{COOCH}_3}{\text{CH}} \right]_x$	1730 $\nu(\text{C}=\text{O})$	1170 1200 1280 $\nu(\text{C}-\text{O})$
聚丙烯酸丁酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{COOC}_4\text{H}_9}{\text{CH}} \right]_x$	1730 $\nu(\text{C}=\text{O})$	1165 1245 940 960 $\nu(\text{C}-\text{O})$ 丁酯特徵
聚甲基丙烯酸甲酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right]_x$	1730 $\nu(\text{C}=\text{O})$	1150 1190 1240 1268 $\nu(\text{C}-\text{O})$ 一对双峰
聚甲基丙烯酸丁酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{COOC}_4\text{H}_9}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right]_x$	1730 $\nu(\text{C}=\text{O})$	1150 1180 1240 1268 $\nu(\text{C}-\text{O})$ 一对双峰 950 970 丁酯特徵
聚邻苯二甲酸乙二酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_4}{\overset{\text{O}-\text{C}(=\text{O})}{\text{C}}} - \text{CH}_2 \right]_x$	1740 $\nu(\text{C}=\text{O})$	1280 1125 1070 $\nu(\text{C}-\text{O})$ 745 710 $\gamma(\text{C}-\text{H})$

转下表

续表 2

聚合物名称	分子式或结构式	谱带位置及其对应基团的振动(厘米 ⁻¹)	
		最强或第二强谱带	特征谱带
聚对苯二甲酸乙二酯	$\left[\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}\langle\bigcirc\rangle\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OCH}_2\text{CH}_2\text{O—} \right]_x$	1730 $\nu(\text{C=O})$	1265 1100 1020 730 $\nu(\text{C—O})$ $\gamma(\text{C—H})$
聚酯型 聚氨酯	$\left[\text{—HN—R—NH—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OR}'\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—} \right]_x$	1735 $\nu(\text{C=O})$	1540 其它特征同聚酯 $\delta(\text{N—H})$
聚酰 亚胺	$\left[\text{—N—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}\langle\bigcirc\rangle\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—N—}\langle\bigcirc\rangle\text{—R—}\langle\bigcirc\rangle\text{—} \right]_x$	1725 $\nu(\text{C=O})$	1780 $\nu(\text{C=O})$
聚酰胺	$\left[\text{—HNRNHC—R}'\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—} \right]_x \text{ 或 } \left[\text{—HNR—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—} \right]_x$	1640 $\nu(\text{C=O})$	1550 $\nu(\text{C—N}) + \delta(\text{NH})$ 3090 3300 上面倍频 $\nu(\text{N—H})$
三聚氰 胺甲醛 树脂	$\left[\text{—CH}_2\text{—HN—C}\begin{array}{c} \text{NH—CH}_2\text{—} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{N} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C—NH—CH}_2\text{—} \end{array}\text{—} \right]_x$	1555 1510 $\nu(\text{C=N})$	815 环振动
聚乙烯	$\left[\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \right]_x$	1470 $\delta(\text{CH}_2)$	731 720 $\gamma(\text{CH}_2)$
全同聚 丙烯	$\left[\text{—CH}_2\text{—CH—} \right]_x$ CH_3	1376 $\delta_s(\text{CH}_3)$	1156
聚异 丁烯	$\left[\text{—}\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\text{—CH}_2\text{—} \right]_x$	1365 1385 $\delta_s(\text{CH}_3)$	1230 $\nu(\text{C—C})$
天然 橡胶	$\left[\text{—CH}_2\text{—CH=}\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}\text{—CH}_2\text{—} \right]_x$	1450 $\delta(\text{CH}_2)$	835 $\gamma(\text{CH})$
氯丁 橡胶	$\left[\text{—CH}_2\text{—C=CH—CH}_2\text{—} \right]_x$ Cl	1440 $\delta(\text{CH}_2)$	1670 1100 820 $\nu(\text{C=C})$ $\gamma(\text{C—C})$
丁苯 橡胶	$\left[\text{—CH}_2\text{—CH=CH—CH}_2\text{—} \right]_x \left[\text{—CH}_2\text{—CH—} \right]_y$ $\langle\bigcirc\rangle$	1450 $\delta(\text{CH}_2)$	1490 1590 690 760 苯环 取代苯特征

转下表

续表 2

丁腈 橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\text{CH}} \right]_y$	1450 $\delta(\text{CH}_2)$	2220 $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$
酚醛 树脂	$\left[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}) - \text{CH}_2 \right]_x$	1240 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1510 1610 1590 815 苯 环 $\nu(\text{CH})$
酚醛环 氧树脂	$\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2 \right]_x-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2$	1250 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1510 1608 810~850 苯 环 915 环氧基
双酚 A 型环氧 树脂	$\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2 \right]_x-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2$	1250 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1510 1604 2970 苯 环 $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ 830 915 $\gamma(\text{CH})$ 环氧基
双酚 A 型聚 酚氧	$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2 \right]_x$	1250 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1510 1608 2970 苯 环 $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ 830 $\gamma(\text{CH})$
双酚 A 型聚碳 酸酯	$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}(=\text{O}) \right]_x$	1240 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1780 1190 1165 830 $\nu(\text{C}=\text{O})$
双酚 A 型聚 砷	$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{S}(=\text{O})_2-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_x$	1250 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1310 1160 1110 830 $\nu(\text{S}=\text{O})$
聚氯 乙烯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_x$	1250 $\delta(\text{C}-\text{H})$	1420 1330 $\delta(\text{CH}_2)\delta(\text{CH})+t(\text{CH}_2)$ 600~700 $\nu(\text{C}-\text{Cl})$

转下表

续表 2

聚合物名称	分子式或结构式	谱带位置及其对应基团的振动(厘米 ⁻¹)	
		最强或第二强谱带	特征谱带
硝酸纤维素	$\left[\begin{array}{c} \text{ONO}_2 \quad \text{ONO}_2 \\ \quad \\ -\text{OCH} \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{CH}-\text{O} \end{array} \text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2-\text{ONO}_2 \end{array} \right]_x$	1285 $\nu(\text{N}-\text{O})$	1660 845 1075 硝酸酯特征
三醋酸纤维素	$\left[\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\ \quad \\ -\text{OCH} \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{CH}-\text{O} \end{array} \text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2\text{R} \end{array} \right]_x \quad \text{R}=\text{OCOCH}_3$	1240 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1740 1380 1050 醋酸酯特征
醋酸丁酸纤维素	$\left[\begin{array}{c} \text{R}' \quad \text{R}'' \\ \quad \\ -\text{OCH} \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{CH}-\text{O} \end{array} \text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2\text{R} \end{array} \right]_x \quad \begin{array}{l} \text{R, R}', \text{R}'' \text{分别是} \\ \text{OH} \\ \text{OCOCH}_3 \\ \text{OCOC}_3\text{H}_7 \end{array}$	1075 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1150 920 800 750 丁酸酯特征
纤维素醚类	$\left[\begin{array}{c} \text{OR} \quad \text{OR} \\ \quad \\ -\text{OCH} \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{CH}-\text{O} \end{array} \text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2\text{OR} \end{array} \right]_x \quad \begin{array}{l} \text{R}=\text{CH}_3 \\ =\text{C}_2\text{H}_5 \\ =\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2 \end{array}$	1100 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1050 3400 残存OH吸收
聚乙烯醇缩甲醛	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \quad \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{O} \end{array} \right]_x$	1020 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1060 1130 1175 1240 缩甲醛特征
聚乙烯醇缩乙醛	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \quad \\ \text{O}-\text{CH}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_x$	1140 $\nu(\text{C}-\text{O})$	940 1340 缩乙醛特征
聚乙烯醇缩丁醛	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \quad \\ \text{O}-\text{CH}-\text{O} \\ \\ \text{C}_3\text{H}_7 \end{array} \right]_x$	1124 $\nu(\text{C}-\text{O})$	995
聚四氟乙烯	$\left[-\text{CF}_2-\text{CF}_2- \right]_x$	1250~1100 $\nu(\text{C}-\text{F})$	740 720 700 554 非晶带 晶带
四氟乙烯-六氟丙烯共聚物	$\left[-\text{CF}_2-\text{CF}_2- \right]_x \left[\begin{array}{c} -\text{CF}_2-\text{CF}- \\ \\ \text{CF}_3 \end{array} \right]_y$	1250~1100 $\nu(\text{C}-\text{F})$	980

转下表

续表 2

偏氟乙 烯-六 氟丙烯 共聚物	$\left[\text{CH}_2-\text{CF}_2 \right]_x \left[\text{CF}_2-\underset{\text{CF}_3}{\text{CF}} \right]_y$	1250~1100 $\nu(\text{C}-\text{F})$	2930 1390 890 840 $\nu(\text{CH}_2)$
聚三氟 氯乙烯	$\left[\text{CF}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CF}} \right]_x$	1130 $\nu(\text{C}-\text{F})$	1285 1190 970 $\nu(\text{C}-\text{F})$
聚二甲 基硅 氧烷	$\left[\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{O} \right]_x$	1100~1000 $\nu_{\text{as}}(\text{Si}-\text{O}-\text{Si})$	1260 800 $\delta_s(\text{CH}_3) \nu(\text{C}-\text{Si}-\text{C})$
聚二甲 基二苯 基硅氧 烷	$\left[\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{O} \right]_x \left[\text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5)_2-\text{O} \right]_y$	1100~1000 $\nu_{\text{as}}(\text{Si}-\text{O}-\text{Si})$	3066 3030 1430 苯环特徵 $\nu(\text{Si}-\text{C}_6\text{H}_5)$ 1260 1130 $\delta_s(\text{CH}_3)$
LP型 聚硫橡 胶	$\text{HS}-\left[\text{C}_2\text{H}_4\text{OCH}_2\text{OC}_2\text{H}_4\text{S}-\text{S} \right]_x-\text{C}_2\text{H}_4\text{OCH}_2\text{OC}_2\text{H}_4\text{SH}$	1070 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1030 1112 1152 1195 缩甲醛结构
聚甲醛	$\left[\text{CH}_2-\text{O} \right]_x$	935 900 $\nu(\text{C}-\text{O})$	1100 1240
聚苯乙 烯	$\left[\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_x$	760 700 单取代苯特徵	3000 3022 3060 3080 3100 五条尖锐谱带

注: ν —伸缩振动; δ —变形振动; γ —面外变形振动; t —扭曲振动; S —对称振动;
 as —不对称振动; — 双峰。

结 束 语

近几年来,随着电子计算机技术的迅速发展及其在分析仪器中的广泛应用,傅里叶变换红外光谱仪FTS与计算机化色散红外光谱仪CDS的出现,将红外光谱分析技术推进到一个新水平。FTS的记录速度快,分辨率高,可与色谱仪联机结合分析复杂组分样品;CDS的差谱技术可达到本底扣除,溶剂或机体的扣除以及多元混合物的光谱分离等。这些具有潜力的新技术使许多过去认为是红外光谱法无法或难以解决的分析课题获得解决。因此,红外光

谱法乃是目前分析鉴定航空用高分子材料最有效的方法。但同任何一种分析手段一样,它仍有其局限性,例如,由于无机物在中红外区的吸收主要是由阴离子的晶格振动而产生的,其吸收位置和阳离子关系不大,谱图中只有少数几个吸收带,阴离子相同而阳离子不同的一些无机盐或金属氧化物的谱图比较相似,材料中无机填料或颜料的分析若单用红外光谱法有时难以准确判断,尚需结合发射光谱及X-射线分析等方法综合鉴定。所以在剖析组成复杂的材料时需与其它分析方法有机地结合起来,发挥各自的特点,使剖析工作更加深入。

(下转第46页)

标 准	主 体 夹 杂 物			基体夹杂物按 ASTM E45评级	
	在每625毫米 ² 内允许的夹杂物 总 长 (毫 米)	允许最长的夹杂物 条 数 (条)	不允许存在的 夹杂物长度 (毫米)	一般视场	偶 尔 可 见 视 场
E1	>0.07~0.25毫米的夹杂物 总长度应≤0.50	<0.38毫米的夹杂物 允许1条	≥0.38毫米的 夹杂物	细型 $\frac{1}{2}$ 级	细型1级
E2	>0.07~0.38毫米的夹杂物 总长度应≤0.76	>0.38~0.76毫米的 夹杂物, 每个铸锭 允许1条	>0.64毫米的 夹杂物	A 细型 $\frac{1}{2}$ 级	
				B 的任何 C 一 种	
				D 细型1级	细型2级

存在的细小夹杂物总长都合格,但允许存在的最大夹杂物的条数却超出标准。其中超出E1的有928-171、D32127、9D10284、1D40326、9D30162、0D70023六炉,超出E2的有928-171、D32127、9D30162、0D70023四炉。关于球形氧化物,除928-171之外,其他的炉批都超出标准。这个事实说明两个问题:①我国航空用电渣钢的纯洁度没有达到英国的水平;②MSRR 9964对纯洁度的控制比我国现行方法严格一些。

三、结 论

根据上述试验结果,得出以下结论。

1. 钢的纯洁度高低,主要取决于钢的冶炼方法。表1试验结果表明,同一钢种采用不同的冶炼方法,可得到不同的结果,电渣钢的发纹和夹杂物的数量、长度比电炉钢的少。因此,需要量材选用合适的冶炼方法,以便保证航空用钢的纯洁度等的要求。

2. 钢的纯洁度检查方法的精确度高低不等,按下列顺序递降:MSRR9964;ASTM E45;YB25-77。表1试验结果证明,同一炉号,同一冶炼方法的钢种,采用不同的测试方法,得出的结果也不一样。我们认为:MSRR 9964规定的金相定量法较严格也较合理,符合

实际情况,能反映生产水平。其次是ASTM E45推荐的方法,此法已为不少国家或航空公司移植,亦已成为ISO国际标准组织推荐的标准方法。因此,需要采用合理的检验方法。

3. 为了适应国际交流的需要,以及提高我国钢的检验方法质量使之接近国际水平,我们建议:参照有关国际先进方法,及早修订我国钢的纯洁度检验方法。

附记:本试验由王忠秋、朴钟夏、代玉和、史建逊共同完成。

◁▷ ▷▷ ▷▷

(上接第41页)

参 考 文 献

- [1] 化学通报, No.3, 1962, 71.
- [2] Кастерина, Т.Н., Калинина, Л.С., Химические методы исследования синтетических смол и пластических масс, 1963.
- [3] 董庆年, 红外光谱法, 石油化学工业出版社, 1977.
- [4] Haslam, J., Willis, H.A., Identification and Analysis of Plastics, Second Edition, 1972.
- [5] 化学研究, 中国科学院化学研究所, 第2期, 1977.