

可能是并非希望的。例如在应力腐蚀状态下就是如此，对此本文将不深究。

对于圖4所示之无再結晶和再結晶的压制棒材的靜力强度特性來說，在沒有缺口和帶缺口情况下的周期强度以及缺口因數 B_K 的相应值示于圖8中。比較兩圖可

知，經過再結晶可消除压制效应。在无缺口的和帶缺口的情况下，周期强度大約下降到接近于抗拉强度和屈服極限的数值(未完)。

張本余譯自“Aluminium” 56.12月号

聚酰胺在机械制造业中的应用(五)

苏联專家 B.A.波波夫 Л.В.波波娃

聚酰胺制品的特性和应用范围

聚酰胺的基本技术特性，如高的机械性能和高的彈力特性、低的重量、不大的磨擦系数、高的耐磨性、对各种化学藥品、溶剂和霉菌作用的稳定性、良好的介电性与成型性，决定了它們有着广泛的技术应用，它們被用作特种棉布層状塑料、青銅以及其它稀少材料的代用物，同时也作为独立的工业材料来使用。

在机械制造业中，聚酰胺在制造齒輪、蝸杆傳動器、小軛軸的外壳和軸瓦方面应用得最廣。这类高分子化合物的特征，即能够用加工工艺方法加以調整的无定形——結晶的混合組織結構，决定了鑄制品的硬度、拉伸时的延伸率、收縮率、磨擦系数和耐磨性。无定形相在制品內的含量占大多数时(冷模鑄造)，就使它具有很高的彈力特性和高的抗冲击性能。

提高結晶相在材料內的含量(热模鑄造)，就会制得質地較硬而脆且具有高耐磨性的制品。

能說明成型后的材料具有某种状态的外部特征，有以下一些，无定形結構大多数都有着高的透明度。晶体的含量增多时，会賦予制品以微白的暗色(聚酰胺的本色)，并使之变成不透明体。用挤出法及在特种机器或者在采用液压机的鑄制装置里用鑄压法制造的零件，有着一層微薄的表面薄膜，甚至在热模鑄造时，这个微薄的表層仍有着表現明显的无定形或者无定形——微結晶結構。

产生这种情况的原因，是由于鑄件表面比鑄件本身的冷却速度快得多，因为鑄件表面直接与模壁接触，而后的温度总是低于熔融的温度。存在这种薄層，将使得磨擦件經過一定的工作期間以后，在緩和的压力作用下略受磨損，并且这个磨損深度大致相当于表面薄膜的厚度(在0.05公厘範圍內)[2]。

除此以外，有这种表面薄膜还会劣化零件的工作性能，即降低了可加的載荷。因此，有时成品零件要經過預用，以达到相应的尺寸(齒輪)，或者要經過相应的車削(軸瓦)。

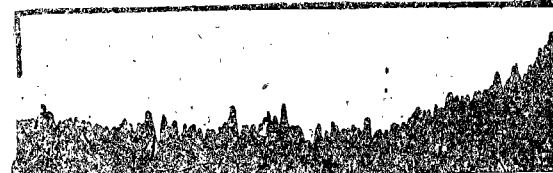
圖36所示是尼隆66(A-4树脂)制軸瓦的表面外观，这些零件是用鑄压法制造并經過了各种加工的[2]。



(1)



(2)



(3)

圖36 用鑄压法制造的聚酰胺軸瓦滑动表面在各种外力作用情况下的外观(放大倍数: 水平方向20倍, 垂直方向至1000倍):

- (1) 在使用前，尚有表面薄膜；
- (2) 預先(在使用前)經過机械車削的表面(去掉了0.2公厘厚的表面層)；
- (3) 在使用后，同(2)所述

最理想的是在聚酰胺減磨零件的磨擦表面用可靠的方法敷以滑油。但是，有表面薄膜时(圖36[1])，潤滑油膏对它的粘附情况非常不好。然而，經過車削后所形成的粗糙表面(圖36[2])，以及在使用初期經過磨損后的表面(圖36[3])，却为滑油的良好塗敷提供了有利条件。因而能降低零件的磨損，減少零件的磨擦系数。

正确的选择聚酰胺摩擦零件，首先是轴瓦和齿轮所用的润滑材料，对提高这些零件的工作效率是有很大意义的。比如没有润滑材料时，聚酰胺轴承的可加载荷将会大大降低（不超过5公斤/公分²）〔2〕。

在这种情况下，由于聚酰胺的导热性低，摩擦时产生的热就将聚积在它的内部，造成制件表面发生熔化和并使制件变形的后果。所以，减磨用聚酰胺零件在开始使用的时候，应当涂以滑油、油脂或者二硫化钼（这是效果最佳的几类润滑材料）〔27〕。据 Якови (Jacobi)〔2〕的资料介绍，在机器润滑油膏充足的条件下，尼隆6和尼隆66制滑动轴承的极限载荷可确定如下：

滑动速度为1.2公尺/秒时——载荷为600公斤/公分²；

滑动速度为3.6公尺/秒时——载荷为150公斤/公分²；

滑动速度为6公尺/秒时——载荷为100公斤/公分²。

但是，在实际使用这类零件时，所加载荷不宜超过50公斤/公分²。据英国“YCY”公司的资料记载，尼隆66制摩擦零件，在不敷润滑材料的情况下，当载荷≤35公斤/公分²时，尚能良好的工作；如果敷有普通的润滑材料，则可以在更高的载荷下工作。

采用水作为润滑材料是不适宜的，因为聚酰胺吸水后能够改变自己的弹性性能，从而会在某种程度上失去在载荷作用下的稳定性。在此种情况下，对聚酰胺轴承的可加载荷比在滑油介质中工作时要降低50~70%，不超过15~25公斤/公分²。

当载荷不大时，聚酰胺零件在其摩擦表面经过磨合以后，不用润滑材料即可进行工作。在某些情况下当载荷很小的时候，就失去了对铸制件进行预处理的必要，因为在这种条件下，表层薄膜可以起着润滑的作用。自行润滑的聚酰胺轴承和齿轮，可以通过把预先浸过某种润滑材料的粉料进行烧结的方法制造。这种制件的吸湿性要比一般的低的很多。能承受大载荷（高于对一般聚酰胺的加载荷）的减磨零件，是以烧结聚酰胺尼隆6或者尼隆66和铅或者石墨的粉状混合料的方法制造的，后者的加入量为50~90%（重量比）〔2〕。更高载荷的零件，可用水焰喷涂聚酰胺与二硫化钼混合料的办法制备，即把混合料直接喷涂在金属的滑动表面上（轴颈、端轴颈的内壁等）。

由于聚酰胺线膨胀系数大，用它制成的轴承应有等于轴径0.4~0.6%的间隙。必须在轴向方向也有间隙。往往为了改善润滑情况，在聚酰胺轴承上做有专门的槽沟。最有效的是倾斜的通孔槽。聚酰胺零件的工作介质的污染状况以及与其接触的物体的化学组成，对它的可加载荷和磨损情况有着很大的意义。比如，落入轴承里的砂粒和其它杂质会被压入聚酰胺内，这就大大降低了它们对钢轴的颗粒磨损作用。

有色金属——黄铜、青铜等，在和铸压的聚酰胺零件配在一起使用时会很快磨损。它们与烧结的聚酰胺接触时，情况要好得多。

聚酰胺同经过淬火的钢配在一起使用时，其效果最佳。

聚酰胺制轴承的优点，是摩擦时的磨蚀与损失不大，工作时的无声性显著，能够部分的吸收轴的振动，对滑油和汽油的作用稳定，没有腐蚀性并且成本不高。根据美国公布的资料表明，当大批生产时，尼隆66轴承和齿轮的成本要比钢制的大约低60%，并把它们的耐磨性和无需精加工工序也考虑在内。例如，曾在通风机的电动机里实际使用了尼隆66制滑动轴承，从而使其本身的成本降低了63%〔28〕。

对再熔青铜和卡布隆制轴瓦的比较试验表明，后者比前者的抗耐性更大，并对钢轴轴颈的磨损较小〔29〕。将各种塑料（K-18-2，纸质层压板，加石墨的木质层压板等）制的类似制件的工作加以比较，（它们的工作条件相同：单位压力40公斤/公分²，直径为40公厘的钢轴的转速等于200转/分钟，水润滑），其结果表明摩擦系数最小的（等于0.06）是卡布隆和硬聚氯乙烯塑料制的轴瓦〔29〕。据公布的资料称，聚酰胺对钢的静力摩擦系数平均等于0.19。对阿基纶（Akulon）牌号的聚己内酰胺（据某公司称），这个系数等于0.12。聚酰胺对钢的动力摩擦系数在0.04~0.2的范围内。只在装配时敷过一次润滑材料的自行车轴套内的滑动轴承，（经过长期使用后结果表明经过30个月跑了10,000公里以后作的检查）：表面没有重大磨损、损伤（间隙从等于轴径的0.25%增到0.6%，表面的光滑度没有受到破坏）〔2〕。

可成各种尺寸的用于钢质滚针轴承的聚酰胺套圈（内径5~12公厘，外径8~15公厘，高8~10公厘，（见图37），能够保证小型机器和仪表正常的无声的工作〔2〕。据外国技术文献报导，美国飞机上的各种航空仪表，广泛的使用由尼隆66制的小型齿轮。这些齿轮在很大的速度下工作，不需采用任何润滑材料〔30〕。

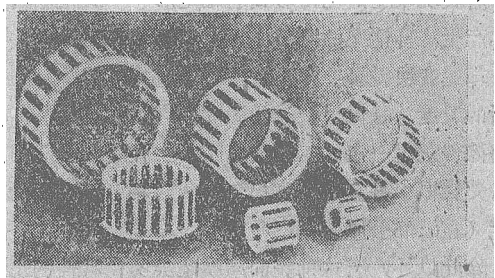


图37 钢质滚针轴承用各种尺寸的聚酰胺套圈

聚酰胺齿轮在使用中的情况也是良好的。对摩托车发动机凸轮轴的聚酰胺（尼隆66）齿轮（转速等于3000

轉/分鐘)在跑过 30000 公里后所作的檢查,沒有發現在它上面有任何損傷[31]。

經過广泛的使用試驗表明:当由鋼和尼隆66做成的齒輪組成接触对偶工作时,总是發現鋼質齒輪的磨損較大。

当用金屬襯筒或者軸來加强聚酰胺齒輪以提高其机械强度,并对它施用可加工作載荷时(例如对尼隆66齒輪來說大約等于 300 公斤/公分²),可以使其使用期限比鋼質齒輪增多 1~2 倍[31]。

由于鑄制聚酰胺零件的尺寸不及經過进一步机械加工后的金屬零件精确,所以对它們規定的公差与一般略有不同。例如,如果对鋼質齒輪,軸孔直徑等于 9 公厘时可用 ± 0.013 公厘的公差,但对用尼隆66(阿尼特)鑄制的这种零件,公差可为 ± 0.04 公厘。对尼隆齒輪的其它中心間孔(直徑达 300 公厘时),公差等于 $0.09 \sim 0.13$ 公厘[31]。

聚酰胺綫膨脹系数高,要求在齒輪的輪齒間有一定的能保証它在溫度条件下正常工作的間隙。

在圖38上表明了两个互相協調一致的聚酰胺齒輪的正常工作状态。有的文献里提到,除了保持一般輪齒的型面和尺寸外,对聚酰胺齒輪还要略加扩大压力角并使輪齒朝齒頂方向細化。

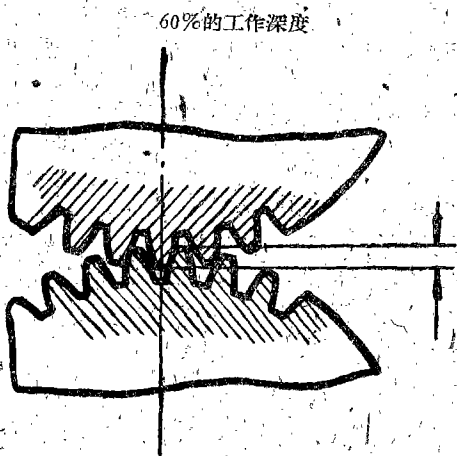


圖38 两个相互協調一致的聚酰胺齒輪的正常工作状态 (在齒間有間隙,应不小于60%的嚙合深度)

尼隆66的高彈力特性和良好的耐化学性以及低透氣性,在美国飞机制造业中被用来提高螺栓連接的气密性。如“Elastic Stepnut”公司創造了一种能自行鎖紧的新型螺帽,这种螺帽上有尼隆66片材制成的封严帽。在把螺栓旋入螺帽时,固定在螺帽里的尼隆帽受到拉伸,同时它紧紧的将螺帽压向螺栓并阻止液体或者气体沿着紋沟和經過不密实的地方流入。能使这类聚酰胺气密物正常工作的可加压力,不超过 5.6 公斤/公分²(33)。

同时已知聚酰胺被应用于制造固定飞机内部電綫的夹箍。“Dokota Plastics Co”公司(美国)为这种途出产了一种能保証制品在 120°C 下工作的特种耐热尼隆 66(牌号 FM10001[34])。

在苏联,最近几年已成功地应用聚酰胺制作汽車电气设备的各种零件:擦窗器的变速器齒輪,与电盘上断續器的垫座,各种各样的襯垫物、汽油表的浮标、螺栓的絕緣头等等[31]。用阿尼特制造的分电盘上断續器的垫座(見圖39),比用定型的特种棉布層状塑料制造的同类零件,在經過長期使用后具有更好的表面状态。在同类条件下經過 4000 小时(周速为 1000 轉/分鐘)的比較試驗后,阿尼特垫座的平均磨損为 0.220 公厘,而特种棉布層状塑料的垫座是 0.275 公厘。装有这两类材料制造的上述零件的汽車,跑了 50000 公里后表明:两者的磨損相同(平均 0.3 公厘),能够成功的相互代替[31]。考虑到制造棉布層状塑料零件工艺的劳动量很大(必須对紗布基定型棉布層状塑料零件使用一些机械加工和精加工工序),上述試驗結果証明把阿尼特应用于这类用途是适宜的。关于用阿尼特和用棉布層状塑料所制断續器上分电盘臂杆套和軸之磨損值的比較,示列于圖40和41。如在这些曲綫圖上所見,棉布層状塑料零件

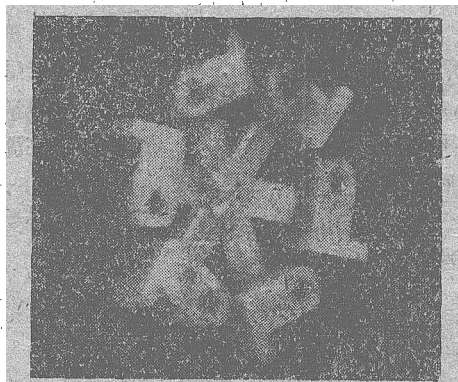


圖39 用阿尼特以鑄压法制造的汽車点火系統的分电盘上断續器垫座的外观

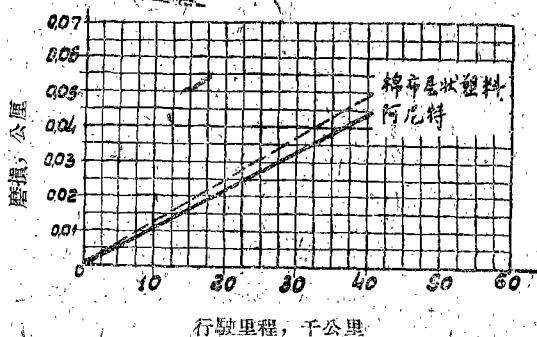


圖40 阿尼特和棉布層状塑料制断續器上分电盘臂杆套之平均磨損值的比較

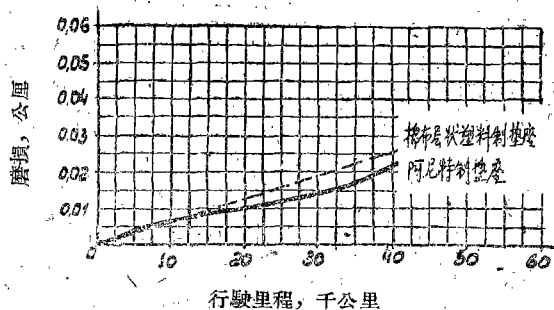


圖41 斷續器上分電盤杆軸, 使用阿尼特制墊座和棉布層狀塑料制墊座時平均磨損值之比較

的磨損在各種情況下和聚酰胺相比都略高一些。用卡布隆和阿尼特鑄制的汽車擦窗器的變速器齒輪, 成功的承受住了在廣闊的溫度範圍內進行的試用(從-40至+70°C)。電樞繞圈的聚酰胺復面絕緣層, 賦于微型電動和(功率55瓦特)所用上述制件以高耐濕性, 因而可以保證它在高溫介質中可靠的工作。

在現代機械製造業中, 用聚酰胺製造的各種管子和導管有着同樣的意義。上面已簡述了用尼隆6製造的管子的特性。此外, 應當指出, 用尼隆11製造的管狀制品也極為堅固, 並對各種化學品的作用很穩定; 在汽車造製業、電機工業(電綫復面絕緣層)、石油工業(保存石油產品的耐化學品導管和貯存器)、製造醫療工具和設備等技術部門里, 已得到了各式各樣的应用。在決定尼隆11管狀制品得以廣泛应用的其它優良特性里, 可以舉出廣闊的使用溫度範圍(從-60到+100°C)和在高溫下有一定的後備強度。如壁相當薄的麗綯管(外徑6~8公厘, 內徑4.5~6.0公厘), 能夠承受的工作壓力在20°C時為20公斤/公分², 50°C時為16公斤/公分², 90°C時為6公斤/公分²[35]。尼隆11制管子的彎曲和焊接可採用對硬聚氯乙稀管進行這類工序時所用的方法[36]。這時, 焊條宜用以同種材料制成的細棒和芯綫。

再者, 在現代機械製造里還應用聚酰胺薄膜, 它在低頻設備和在無線電技術里用作絕緣材料和襯墊材料(關於它們的性能在一些文獻里都有引叙)[14, 37]。用聚酰胺及其改質品為主制成的膠液, 對膠接木材、紙和其它有機非金屬材料也有着一定的意義。

所有這些例子和實際資料, 足以令人信服的証明了聚酰胺對現代技術的極其繁多的需要, 有着廣闊的技術应用的可能性。(全文續完)

参考文献

- (1) Сборник "Успехи химии и технологии полимеров", в. 2, стр. 295, 296, ГХИ(1957).
- (2) Jacobi H. R. Zeitschrift V. D. J., V 96, N36(21/XII 1954).

(3) А. К. Варденбург, "Пластмассы в электропромышленности", Госэнергоиздат (1957).

(4) "Волокна из синтетич. полимеров", п/ред. Р. Хилла, Изд-во инст. лит. (1957).

(5) С. Аллен, "Связь между строением и структурой волокон и их свойствами", Сб. "Химия и технология искусствен. волокон", Изд-во Ин. лит., стр. 173~191(1955).

(6) Ellison A, "Ann de Chim", N1~2, 5(1948).

(7) Д. Диллон, "Состояние и перспективы производства синтетических волокон", Сб. "Химия и технология искусствен. волокон", Изд. Ин. лит., стр. 173~191(1955).

(8) "Kunststoffe", 47, Heft 9, S. 563~567(1957).

(9) Экспресс информация АН СССР, Серия. "Синт. высокомолекулярные материалы", в. 22, СВМ-93~94, стр. 1~4(1958).

(10) Экспресс информация АН СССР, серия "Синтетические высокомолекулярные материалы", в. 4, раздел пластмассы, СВМ-14 стр. 2~3 (январь 1958г).

(11) А. Шаниро, сборник "Химия и химическая технология полимеров", в. 2, стр. 3~19(1955).

(12) Д. Харман, сборник "Химия и химическая технология полимеров", в. 1, стр. 82~91(1958).

(13) В. В. Коршак, "Химия высокомолекуляр. соединений", Изд-во АН СССР(1950).

(14) К. Н. Власова, "Полиамидные смолы и их применение в промышленности", журн. "Химич. промышленность", №8463~470(1954).

(15) В. А. Баев и А. К. Варденбург, "Полиамидные смолы и их применение для прессизоляции электрических обмоток", Вестник Электро. промышленности", №8, 12~15(1956).

(16) Г. Кларе, "Химия и технология полиамидных волокон", стр. 107~108, Гизлегпром (1956).

(17) Г. И. Кудрявцев и др., "Хим. промышленность", №3, стр. 29~32(1958).

(18) Г. С. Петров, Сборник "Успехи химии и технологии полимеров", в. 1, Госхимиздат (1955).

(19) Д. Парман, сборник "Химия и химическая технология полимеров", в. 2, стр. 126 (1958).

(20) Д. П. Новиков, А. Д. Соколов, "Химическая наука и промышленность", №5, стр. 642 (1958).

(21) Экспресс информация АН СССР, Серия. "Синт. высокомолекулярные материалы", разд. "синт. пластмассы", в. 15, СВМ-60, стр. 1~2 (1958).

(22) Fisher J. C., "Appl. phys", 19, p. 1775(1945).

(23) "Plastics", V. 22, N242, p. 461~464(1957).

(24) И. Пик, Л. Левин, "Основы производства изделий из пластмасс", Кофиз. (1954).

(25) "Kunststoffe", N.1, S. 33-36(Januar 1955).

(26) Zickel H., "Kunststoffe", V. 43, S. 562-564

(1953).

(27) Spengler, "Zeitschrift," V. D. J., T. 96, N. 17-18, S. 506-512 (1954).

(28) "Modern plastics," p. 171, (июль 1956).

(29) А. А. Зубов, С. В. Геноль, Сб. "Пластмасы в машиностроении," изд. АН СССР. (1954).

(30) Экспресс информация АН СССР, серия "Баллоостроенче", в. 16 (май 1956).

(31) А. В. Попова, "Применение смол в деталях автотракторного электрооборудования", Бюллетень по обмену технич. опытом, Минво автопрома СССР, №1, 11-20 (1957).

(32) "Machinery," T. 62, N4 (XII-1955).

(33) Экспресс информация АН СССР, серия "Баллоостроение", в. 16 (май 1956).

(34) "America Aviation Daily," V. 102, N39, P. 429, (29 Febr. 1956).

(35) Экспресс информация АН СССР, серия "синт. высокомолекулярные материалы", в. 8, р. "пластмас-

сы", СВМ-11, стр. 2-3 (1958).

(36) Клинов, "Хим. стойкие неметаллические материалы", Госхимиздат. (1954).

(37) О. Я. Федотова и О. В. Смирнова, "Химич. наука и промышленность", №5, стр. 620 (1958).

翻譯 王兆吉

"聚酰胺在机械制造业中的应用"一文, 系本刊向苏联专家 В. А. 波波夫及 Л. В. 波波娃同志的特约稿, 全文共分五部分, 现已陆续刊登完毕 (第一部分载于本刊 58 年 №3; 第二部分载于 59 年 №1; 第三部分载于 59 年 №3; 第四部分载于 59 年 №7; 第五部分载于 59 年 №13), 特借此再一次向作者表示感谢。

——編者

玻璃鋼用的新型树脂和纖維

在玻璃鋼領域中目前非但在原料方面, 而且在其加工和应用方面都获得了很大的进展。这就有力的促进了塑料工业协会于第13次年会上单独的对玻璃鋼問題进行了討論并全面的發表了 71 篇論文, 这里仅就树脂和玻璃纖維二方面的發展状况作一概述¹⁾。

美国的新聚酯树脂

美国的某些公司現正在研究耐大气的聚酯树脂²⁾, 它們不是溶脂在聚苯乙烯中, 而是溶脂在甲基丙烯酸甲酯中, 它們的沸点被迫从 100°C 降至更低的硬化温度和較長的硬化時間。

聚酯树脂的專題發言人約·布約克遜(J. Bjorksten)³⁾認為海得隆树脂(Hetron-Harz)⁴⁾是以內环甲基西氫六氯磷苯二甲酸为基, 这是原材料不可燃的原因。这种原材料特別适于作波形板用, 它的較差的耐大气性可使用專用漆, 海得隆漆 105(Hetrolac105) 加以改进, 一种比用环氧树脂化合更加特別耐热的类型海得隆 103 (Hetron103) 在 350°C 下适用。耐热再高的树脂就要落在二丙烯磷苯二甲酸基⁵⁾及苯酸硅烷基⁶⁾树脂的头上。这些树脂特別适用于火箭的零件上, 比如乙烯基硅烷⁷⁾就是一例。这是一种适用于 180°C 温度的非常活潑的低压成型树脂。而軍事上对树脂的要求, 即在 500°C 下能長時間耐用, 現尚未实现。这就使人們产生了一种怀疑, 即根据目前的發展途徑能否实现这一願望。

鋁填充(含鋁的顏料)因其具有良好的耐大气性及特別适于波形板而老早就获得应用, 遺憾的是这种填充有些强烈地逐緩了聚合作用。有二种新型树脂⁸⁾ 适于使用高剂量的鋁并在 150°C 中硬化 20~30 秒。

为了避免微气泡的产生人們研究出專門浸漬玻璃纖維的树脂⁹⁻¹⁰⁾, 触变胶树脂进一步被發展用于船舶及容器制造¹¹⁻¹³⁾, 这些树脂的最新一种具有凝胶状的稠度。其他的类型^{14,15)} 在室溫下經數分鐘后就已硬化。

杜·關尔宁(Dow Corning)公司¹⁶⁾研究出来一种介电性能优异的層压板使用的新树脂。与此同时皮特布格(Pittsburg)平板玻璃公司發展了一种具有高度缺口冲击强度的特种树脂¹⁷⁾, 特別是霍克尔(Hooker)公司發明了一种耐化学藥品的新树脂¹⁸⁾。

代替耐大气性聚酯树脂的丙烯酸酯树脂液

为了使普通含聚苯乙烯聚酯树脂的制品具有更好的耐大气性, 采取如下的步驟是或多或少能获得良好效果的: 用甲基丙烯酸酯部分地代替聚苯乙烯; 混用紫外光一稳定剂; 通过厚胶層、表面材料的塗敷或附加塗漆。

如果完完全全塗以甲基丙烯酸酯获得較高的耐大气性是有希望的。蔡格尔(Ziegler)¹⁹⁾对二种杜邦(Du pont)公司的丙烯树脂 Lucite 201X 和 202X 作过專題报告, 同时也涉及到丙烯酸丙酯。

因为丙烯酸酯树脂液沒有苯环(核)且不含氯, 所