

7
合成树脂与塑料应用丛书

第一册

塑料在机器制造业中的应用

A.H.列文 著

189
00

化学工业出版社

塑料工业是較新的一門化学工业。为了介绍塑料在国民經济各个部門中的应用，我社陸續出版一套“合成树脂与塑料应用丛书”，分別叙述各种塑料在机器制造业、电气工业、建筑工业和医学上的应用，供有关人員参考和閱讀。

本書是介绍各种塑料在机器制造业，特別是汽車和飞机制造工业中的应用。

本書由北京化学工业研究院技术經济研究室譯自“苏联化学科学与工业”1958年第3期 ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ 一文。

合成树脂与塑料应用丛书

第一册

塑料在机器制造业中的应用

北京化学工业研究院技术經济研究室 譯

化学工业出版社(北京安定門外和平北路)出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店发行

开本: 787×1092公厘^{1/32}

1959年2月第1版

印张: $\frac{16}{32}$

1959年2月第1次印刷

字数: 12 千字

印数: 1—3000

定价: (9)0.08 元

書号: 15063·0440

塑料在机器制造业中的应用

A. H. 列文教授

现代，塑料在很多方面都决定着国民经济各个部门，包括机器制造业在内的技术的发展。

玻璃增强塑料由于其能在真空中和低压下制成大型部件，所以，在汽车制造业中得到采用，可以制造小轿车和载重汽车的车身（图1和图2）。



图 1



图 2

表 1 所列為以聚酯和环氧树脂作原料制成的玻璃增强塑料的性能。

表 1

机 械 指 标		在干燥条件下	在潮湿条件下
以聚酯树脂为原料制成的玻璃增强塑料 (玻璃纤维经硅有机化合物处理)			
抗张强度	仟克/厘米 ²	3759	3259
抗压强度	仟克/厘米 ²	2352	1302
静弯曲强度	仟克/厘米 ²	4214	2504
弹性模数	仟克/厘米 ²	186900	157500
以环氧树脂为原料制成的玻璃增强塑料			
弯曲强度	仟克/厘米 ²		
与玻璃层垂直的.....			4557
与玻璃层平行的.....			4277
吸水性 %.....			0.1
比电阻			
体积比电阻 欧姆·厘米.....			$8.3 \cdot 10^7$
表面比电阻 欧姆.....			$2.5 \cdot 10^7$
电绝缘强度(薄片厚度为3.2毫米)仟伏/毫米.....			22.3—26.2
介电常数.....			4.68
tgδ.....			0.018
抗电弧性 秒.....			126
耐热性 °C.....			162

在汽車制造中利用塑料可減輕汽車重量，例如《莫斯科人》牌小轎車的車身重量可減輕27%，而某些其他部件(門、行李艙、擋泥板等)的重量可減輕26.5%；ЗИЛ—150、ЗИЛ—151、ЗИЛ—585和其他牌載重汽車的駕駛間重量可由215公斤降到161.25公斤；同時，減少了燃料消耗，增加載重量，並能節省許多具有貴重價值的材料損耗(例如，鋼板)，這就大大地提高汽車的行駛速度。

由聚酯树脂玻璃增强塑料制备的汽车部件，如盖、公共汽车车身和整体成型的驾驶室等的成本将比同样的钢制品降低20—25%。

塑料制成的汽车车身最主要的优点之一是能长期耐腐蚀，不需涂漆能制得各种颜色，并且降低制造工具和各种设备的费用。塑料具有隔音性能和低的传热性能，能保证汽车有适宜的温度和减小汽车的响声。

使用腻子作为轿车钢铁车身粗糙表面和焊缝的整平材料，能大大减少贵重的锡铅焊料的消耗，例如，在“胜利”牌汽车上可用3公斤腻子代替15公斤焊料，在“莫斯科人”牌车身上如需5公斤焊料的话，那么只要用1公斤腻子就够了。

在小轿车的生产中要使用300个左右的大型冲模，900个中型冲模和2000个小型冲模。制造这些冲模需要花一百万个小时，即有20%左右的时间花在制造工具和设备上。这些冲模是用仿型铣床或其它复杂的车床上进行制造的。最近开始利用塑料制造冲模，利用铸造法或用酚醛或用环氧树脂浸渍的各种组物迭层制成。使用由胶合剂(环氧树脂)、填料、增塑剂和硬化剂制成的组合物来铸造是最经济的方法。在铸造塑料制件时作模型用的材料可用金属，木材和石膏。模型内表面在注入组合物前要用有机硅弹性体之甲苯溶液或以20%的聚异丁烯汽油溶液处理。在某些情况下，要用蜡涂擦模型的内表面。

塑料冲模和金属冲模比较，其主要优点是可以不用机床加工，而用较简单的方法便能制造出复杂形状的冲模零件。同时，几乎没有必要再用机械加工，并且还大大地减少冲模重量及缩短制造时间(几乎缩短十分之九)。用“莫斯科人”轿车蓬的塑料进行试验，证明了它的效率为：冲压4500个制件后，压模的磨损是0.1—0.15毫米；在冲压8840个零件后的磨损为0.2—0.25毫米，此后冲模仍能继续使用。

不久以前，塑料在航空制造业中还只用于制造飞机上的个别机

件(手柄、小手輪、絕緣電纜、齒輪等)以及各種膠合劑等。而現在, 高強度的塑料用作飛機的雷達罩(圖3)、整流罩等。這些機件大多數是用聚脂樹脂浸漬過的玻璃纖維製造的。在實際使用過程中, 它們強度良好, 修理也比金屬的簡單, 甚至在野外條件下就可進行。

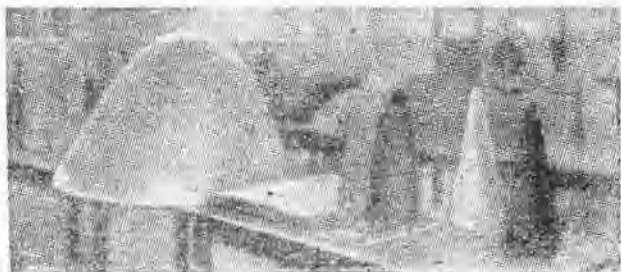


圖 3

現代化的飛機和飛行的操縱設備已達到音速和超音速的速度, 因此, 它們要經受高溫作用。在這種情況下, 大多數的金屬部件易被氧化和腐蝕, 以及降低機械性能。

由酚醛塑料和其它塑料製成的部件能夠有效地用於溫度高於 150° 的飛機上, 並且這些塑料部件比金屬的輕而堅固。

用酚醛樹脂或聚脂樹脂浸漬的玻璃纖維製成的部件可以代替貴重金屬部件, 以特殊防腐蝕材料覆蓋來防止易燃潤滑油等的腐蝕。玻璃增強塑料部件當用於飛航做防護板時要比金屬的有很大的優點。

還有, 用塑料制的制件結構, 和金屬的相比, 它不需很大的工作場地和複雜的裝配設備。這些制件結構甚至可以由把部件膠結或壓制而成。

塑料和金屬相比, 其主要優點是可以由其製成各種制品而不受標準尺寸的限制。例如, 金屬結構一般地要受金屬材料的寬度、長度、厚度的限制, 它還需大量連接板, 而由高強度塑料製成的結構的各個部件是在製造過程中直接接合的。賽尼特塑料公司 (Sanit-

plastica Co.) 就是以这样的方法用塑料制成了雷达罩(尺寸约为 $9 \times 6 \times 18$ 米), 喷气式飞机机身部件(长约5.5米, 高1.8米、宽1米)、机尾和机翼部件以及其它结构部件。在国外报刊亦有报导说由塑料制成喷气式飞机的机翼和机身的整体结构。

最近, 在许多机器制造部门中, 除了采用玻璃增强塑料外, 也广泛采用由聚脂树脂、酚醛树脂和环氧树脂, 以及石棉矿物纤维制成的层压材料。例如, 英国用长4.75—9.5毫米的石棉纤维由酚醛树脂浸过制成的材料(杜福托斯 *дури́тос*) 在汽车制造业、航空事业等都有应用。

布利斯陀尔航空公司 (Bristol Aircraft Ltd) 用这种材料制成了可以悬挂在机翼下面的不同容积的燃料箱(图4)。



图4

玻璃增强塑料具有不怕淡水和海水作用的特点, 因此, 玻璃增强塑料被广泛地用来制造不需涂漆, 也不需专门防护措施的船身。在1957年英国展览会上展出由玻璃增强塑料制成的汽艇、船脊骨可以拆下的帆船和快艇。(图5和图6)。

惠芬父子公司 (Whiffen & Sons Ltd) 用玻璃塑料制成长5米的汽艇艇身(外层和里层), 艇壁两层中间充以多孔聚氯乙炔。船舷的总厚度为15毫米, 其中包括外层和里层的厚度3毫米。

由聚脂玻璃塑料制造船身及其部件是采用人工成型法, 金属压模成型法、低压压制法和糊膏成型法, 以及浸渍法和铸造法进行均可。



图 5

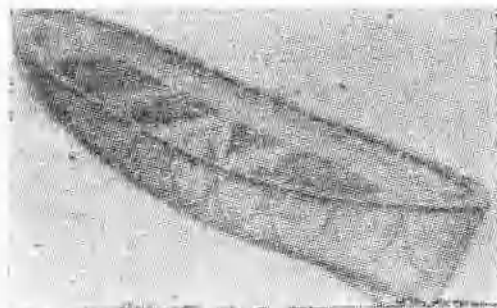


图 6

用人工成型法制造船身时，先把玻璃毡放在模型上，然后将树脂和引发剂同时喷于玻璃毡上，再在低压下进行冷固或热固，使之硬化。

盘形和半球形的船舶零件是用金属压模制成的。为此，制品是在用聚脂树脂浸渍过的细玻璃纤维网的模型上成型。成型后，把制品置于恒温箱中进行预硬化，最后在3.5公斤/厘米²和105—120°的条件下于金属模型中硬化。

低压成型时，将湿的玻璃塑料铺在模型上，开始先进行真空成型，然后借空气压力将弹性橡皮垫压到模型上的玻璃塑料上。除了真空成型外，也可在卧式高压釜内于60—70°温度下加压成型。

目前英国能在三周内用玻璃纤维增强的聚脂塑料制成长达54英里和重2.4吨的船身。用塑料制造的船身重量比木料的要轻得多，并且强度也大。这样的船如装上两个200马力的发动机，其行速可达20哩。

为了增大巨型船只的浮力，在装配船身时可采用双层玻璃塑料层（图7）。

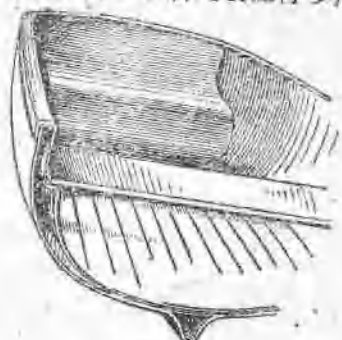


图 7

船的内外壁间的空隙填充多孔塑料（聚氯乙烯或聚苯乙烯），这在外壁破坏时可以防止水的渗入（最好采用聚苯乙烯）。这样的船实际上是不会沉没的。这种船身是由五层经树脂浸渍过的玻璃毡制成的，并且垂直于玻璃层的表面上安有加固肋骨，肋骨中间用多孔聚苯乙烯块填充。斯科特-巴德公司（Scott Bader & Co）制成了这种结构的船身（长11米）。此外按同样的工艺过程制成装配有柴油发电机（功率50马力，转速2000转/分）的快艇（重362公斤）。快艇在使用期间曾于负荷很大的情况下安全航行了1000哩，未发生任何故障。船身并以枪弹（5.58毫米）在约9米的距离进行射击试验，结果证明结构是坚固的。只在使用较大的子弹时，塑料包皮才被打裂，当用子弹射击由两层玻璃塑料，中间填以多孔塑料（聚氯乙烯或苯乙烯）做成的船身时，穿过多孔塑料的子弹孔会重新合住。除填充多孔塑料以外，也可采用其他一般由酚醛树脂浸渍过的纸或织物制成的材料（蜂窝结构）。

美国德科尔公司（Dofol）曾制造一艘扫雷艇（船身长17米，外壁厚5毫米）。这艘船身是在塑料模腔内进行成型的。在模腔的表面涂上一层脱模剂膜，在此薄膜上复盖数层用树脂浸过的玻璃织物，这样便形成了船身的外层。在很短时间内，树脂硬化而成为由坚固的玻璃织物增强的不熔的固体材料。

外层硬化后，再在其上面鋪上一层用树脂浸漬过的玻璃纖維毡，一层蜂窝结构的棉織材料和一层整块的并且周围边缘密封的弹性垫片；在所形成的空腔中（在垫片和模腔之間）抽成真空。在大气压力压紧的垫片的作用下，蜂窝材料被压入树脂浸漬过的玻璃毡中。因此，当树脂完全硬化后，蜂窝填料与玻璃增强塑料的外表牢固地結合在一起。

第二步工序完成以后，除去弹性垫片，在蜂窝材料上鋪上另外一层用树脂浸漬过的玻璃毡，然后再繼續鋪上数层浸漬过的玻璃纖維，直至达到船身所需的内层的厚度为止。当組成内层的玻璃塑料硬化后，再在船身內安装隔板和梁。

机器制造工业的迅速发展提出了研究和采用新的和較完善的金属鑄造方法的重要任务。

精确的鑄造能够减少金属消耗，縮减毛坯的机械加工，使許多工艺过程簡化和机械化，能改善劳动条件和提高劳动生产率。采用以合成树脂为基础的壳模鑄造便能达到这一要求。

表2所列為制造一吨鑄件的材料消耗量，采其中一种配方案例。

表 2

材 料 名 称	制造一吨鑄件的平均消耗量
砂.....	800—900
酚醛塑胶粉.....	50—70
糠 醇.....	8—12
液态有机硅.....	0.2
其它（石英粉、硼酸等）.....	20—30

目前，正进行着从油母頁岩，煤和石油中提取酚以代替生产酚醛塑料粉所需的晶体酚的研究工作。这样代替的結果可使造型物料的成本几乎降低20%。

在苏联，造型混合物直接在鑄造車間制备，而在国外，造型混

合物是集中生产的,这样可以制得标准产品,并大大地减少树脂的损耗和降低造型物料的成本。

利用壳模进行金属铸造的工艺过程中,重要问题之一是两半个壳模的接合问题,一般是用洋铁卡板固接,并要用大量的手工劳动。目前机器制造工业科学研究所(НИИИМ)研究出一种快速硬化酚醛胶。采用这种胶即能大大简化这个阶段的工艺过程(图8、9)。

制壳模所消耗的劳动力,按制造一个零件计算,要比砂型铸造的准备工作时间还短约77.8%~84.6%。例如,某工厂所用的塞头和导架,从前是用湿砂造型铸造的。用该法制造一个零件计算,所消耗的劳动力列于表3。

在摩托车工厂采用壳模

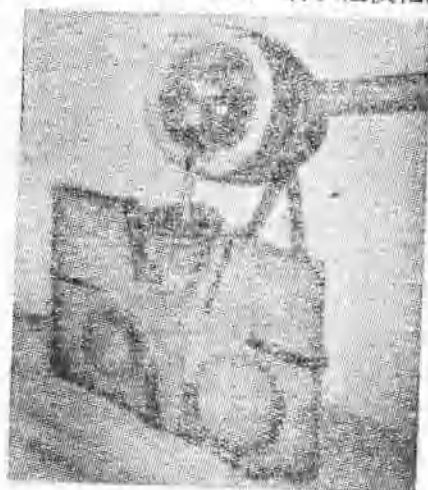


图 8

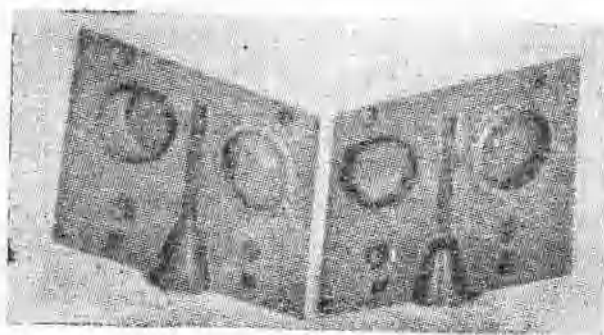


图 9

零件可以在工厂中顺利地用壳模鑄造，与此同时，那些外形简单的薄壁零件则不能用壳模鑄造。

塑料在滑动轴承和滚动轴承的生产中作为耐摩材料而得到广泛的采用。由于塑料具有较高的疲劳强度和较小的变形灵敏性，因之可以在有冲击负荷的条件下使用。

塑料轴承主要是用牌号 2 和 2Б 的夹布层压板，夹布层压板层和夹木层压塑料（在各层次中纤维平行排列的为 ДСП—А；在各相邻层次间纤维交叉排列的为 ДСП—БС）。

根据操作条件的不同而选用不同的塑料：对负荷不大的部件——用酚醛压塑粉；对中等负荷的部件——用纤维材料或夹布层压板层。

塑料轴承由层压塑料板切成的方块制造（组合轴承）或直接压制而成。对于负荷大的或冲击负荷的轴承，采用层压塑料或夹木塑料制。对导热性较高的轴承，则要用加有石墨填料的压制材料制成。

应该指出，轧钢机用的塑料轴承有下列优点：

可以代替青铜轴承，使用期限由数日增加到数月，并相应地提高轧钢机的利用率（停车时间减少）；

可以用水来冷却塑料轴承，而不需专门的润滑油；

免除轴颈的损坏和擦伤；

与金属轴瓦比较将使摩擦系数降低，例如，当轴颈的圆周速度为 2—3.5 米/秒和用水润滑时，夹布层压板或夹木层压塑料轴瓦的摩擦系数为 0.002—0.006，而青铜的为 0.01—0.07，因而电能消耗可减少 15—60%。

塑料轴承的耐磨损性和耐压性（200—300 公斤/厘米²）很高，这对轧钢机的操作部件有特殊的意义。

塑料轴承有如下的一些缺点：

采用的轴承，其厚度必须较大（30—40 毫米或更厚些）；

采用带厚轴瓦的轴承轧延薄片或薄板时，会使它们经受弹性压

力，塑料被从轴的纵面压出，因而影响制制的准确性（薄片厚度不均）；

須要更換機器的摩擦部件的結構，特別是冷軋薄片和薄板的機器的摩擦部件結構。

整體壓制的塑料軸承幾乎也有與組合軸承同樣的缺點。

在使用過程發現塑料軸承有以下缺陷：因水的影響而使它膨脹，但又要求用水進行冷卻。並且在約 150° 溫度時機械強度有所降低。

最近，研究和採用了製造非金屬軸承的新方法，這個方法是利用鑄法由塑料做軸瓦的鑲面。這種軸承已在很多工廠採用。試驗結果得出下列數據（表4）。

在JTC-5裝置測得的摩擦係數

表 4

零 件	當 $v=1.1$ 時的摩擦係數 米/秒	當 $v=3.45$ 時的摩擦係數 米/秒
用碎布塑料做鑲面的軸瓦.....	0.0018	0.0018
用碎木塑料做鑲面的軸瓦.....	0.007	0.0055
夾布層壓板.....	0.0062	0.003
ИСН--Б20塑料.....	0.0044	0.005

軸承軸瓦和滾柱的磨損數據列於表5。

在MH*機器上的試驗結果

表 5

ИСН--Б20				碎木塑料鑲面				碎布塑料鑲面				夾布層壓板			
試 樣 號	軸 瓦 磨 損 (毫 米)	滾 柱 磨 損 (克)	f	試 樣 號	軸 瓦 磨 損 (毫 米)	滾 柱 磨 損 (克)	f	試 樣 號	軸 瓦 磨 損 (毫 米)	滾 柱 磨 損 (克)	f	試 樣 號	軸 瓦 磨 損 (毫 米)	滾 柱 磨 損 (克)	f
1	0.09	0.0007	0.12	1	0.037	0.0028	0.15	1	0.020	0.0060	0.16	1	0.06	0.001	0.20
2	0.07	0.0005	0.12	2	0.057	0.0071	0.16	2	0.017	0.0034	0.20	2	0.06	0.006	0.19
3	0.04	0.0008	0.125	3	0.037	0.0039	0.16	3	0.023	0.0034	0.17	3	0.05	0.004	0.20
—	—	—	—	4	0.045	0.0046	0.15	4	0.030	0.0030	0.19	4	0.06	0.0006	0.21
平均	0.07	0.0007	0.12	平均	0.044	0.0046	0.155	平均	0.022	0.0047	0.18	平均	0.06	0.003	0.20

* 潤滑—水； 試樣負荷—50公斤/厘米²； $v=0.4$ 米/秒； 鋼滾柱 2×13 ；
試驗時間24000轉。

同时进行了試驗，測定当鑲面軸樣在室溫下于水中膨脹時，軸瓦尺寸的变化，經受負荷的時間和比壓力与軸瓦变形的关系(%)。

根据試驗的結果可以得出如下結論：

在用水或乳液做潤滑剂的情況下，可以用碎布塑料鑲面的軸瓦代替有色金屬和合金軸瓦；

这种軸瓦的耐磨損性稍高于青銅和其它合金軸瓦；

鑲面的厚度可以最大限度地縮小，并根据每种尺寸的軸瓦的生產工艺过程而定；

鑲面軸承的膨脹比組合軸承和整体压制的軸承稍小些。

最近，开始应用由聚酰胺制造的軸瓦——軸承。

下表为測定的靜摩擦系数和动摩擦系数（表6为聚酰胺与聚酰胺的摩擦系数；表7为聚酰胺与鋼的摩擦系数）。

聚酰胺与聚酰胺作用时，所用的潤滑剂与摩擦系数的关系 表 6

潤滑剂	靜摩擦系数			动摩擦系数	
	开始的	固定的	沿圓孔反复滑动时	固定的	沿圓孔反复滑动时
无潤滑剂.....	0.75	0.46	0.42	0.37	0.35
水.....	0.65	0.52	0.48	0.38	0.30
順丁烯二酸.....	0.55	0.29	0.23	0.13	0.11
硬脂酸.....	0.50	0.22	0.17	0.13	0.12
聚甲基硅烷.....	0.65	0.43	0.40	0.17	0.16
聚甲基苯基硅烷.....	0.65	0.35	0.31	0.20	0.18

聚酰胺与鋼摩擦时所用的潤滑剂与摩擦系数的关系 表 7

潤滑剂	靜摩擦系数	动摩擦系数
无潤滑剂.....	0.37	0.34
水.....	0.23	0.19
甘 油.....	0.23	0.18
油 酸.....	0.15	0.08
聚甲基硅烷.....	0.19	0.12
聚甲基苯基硅烷.....	0.17	0.13

上表是采用聚酰胺中的聚己二胺作試驗。

下面列举聚酰胺-鋼軸承在操作温度为40—50°时的最适宜的操作条件:

負荷(公斤/厘米 ²)	滑动速度(米/秒)
600	1.2
150	3.6
100	6.0

在負荷和速度很大时, 采用一般潤滑油作潤滑剂。对于不用潤滑而操作的軸承, 当轉速为50—100轉/分时, 最大負荷为38公斤/厘米²; 当用水潤滑时——能达74公斤/厘米²; 而用油潤滑时——能达123公斤/厘米²。

如軸瓦长期操作时, 其温度不能超过100°。因为此时聚酰胺将失去机械强度。在130°温度下操作24天以后, 軸承只能保持其原有强度的1%。如在100°温度下, 其强度也要降低13%。

为了增大运转时的負荷, 可用火焰噴射法直接在軸上或滑动表面上噴鍍一薄层聚酰胺細粉末。此外, 将聚酰胺与填料(鋁、鉛、銅或石墨)的复合物噴射于軸上, 亦可达到增加負荷的目的。

由含有10—50%(按重量)填料的复合物制成的軸承可以經受很大的負荷, 且其传热性比无填料的聚酰胺零件还好。

塑料作为耐磨材料也广泛被应用于制造地下鐵道車箱, 电車、升降机、船舶和汽車的閘瓦。以石棉、合成树脂、橡胶为原料制成的塑料能够保証閘瓦以及与其相摩擦的金属零件具有很高的制动效率, 耐高温和冲击力的性能和很高的耐磨損性能。

塑料閘瓦应用于矿井升降机上, 能使軸承长期(达10—15年)可靠地安全操作, 并且几乎对制动系統不需任何調整。

塑料也可应用于重型机器的制造。例如, 根据国际塑料會議的报导, 西德在进行用塑料制造坦克結構的試驗, 这种坦克比鋼护板的坦克要輕五分之四, 而且这种护板比鋼护板的效果好。

塑料对于采煤机器的制造也有着很大的意义。例如，用玻璃塑料制造矿坑运煤車車身就能使煤車的寿命延长一倍，这是因为塑料有很好的耐腐蝕和耐磨損性。此外，还使車身重量減輕25%，并降低其制造成本。用玻璃增强塑料制造运煤車車身，每年能节约近一亿卢布。

塑料在采煤机器的制造中可用于制造各种設備和工具（电钻、钻井泵、轴承、通风机，矿井用电池等），这是有很大意义的。

聚酰胺树脂和塑料在建筑用的机器和筑路用的机器制造中也得到广泛的采用，用来制造各种变速器无負荷盖板的制品、控制台的零件、套管、轴承軸瓦等，这些零件能够广泛地使用在掘土机、推土机、自动平土机和刮土机等机器上。

塑料在化工机器的制造中亦有很大的用途。例如，用石棉酚醛塑料可以制造浓盐酸（达120°），醋酸和磷酸（达80°）使用的化工設備。用石墨酚醛塑料可制造在操作温度达160°时对氢氟酸作用很稳定的化工設備。用聚氯乙烯塑料制成的設備对硫酸（达90%）、盐酸（各种浓度）、氢氟酸（达40%）、硝酸（50%）和在60—80°的碱和硷亦很稳定。为了保证聚氯乙烯塑料制成的設備具有必須的硬度，可采用輕构架，支撐环和其它金属結構件在設備外表預以加固。由于聚氯乙烯塑料易于焊接和粘接，因而被广泛地用作电镀和电解槽，以及其它一般鋼质的設備的衬里。一吨聚氯乙烯塑料平均可节约3—5吨鉛。

采用ATM型酚醛树脂制成的新材料，可以制造耐酸的热交换器（硫酸冷却器、衬里反应器、衬里电解槽、生产盐酸、石墨和硫酸用的热交换器）。这种新材料的特点是很高的传热性能、耐磨和耐热性能。用其能够制造各种大型的制品。

聚四氟乙烯塑料对于化学工业设备的制造亦有很重要的意义。它的化学稳定性超过现今已知的全部塑料。他能在很大的温度范围内对所有的有机溶剂、碱、酸和强烈的氧化剂都很稳定。聚四氟乙