

电气工业中的塑料

瓦尔坚布尔格著

吕志新译

中国工业出版社

82.36
112

电气工业中的塑料

瓦尔坚布尔格著

吕志新译

中国工业出版社

本书叙述了各种塑料的性质及其在使用中的性能、塑料制品及压模的设计问题、塑料制品的制造工艺及其产生废品的原因等。

书中对电工塑料制品的使用范围和结构特点作了研究，搜集了许多塑料试验和车间设备方面的数据。此外，书中还介绍了苏联及其他国家的经验。

本书供塑料工业部门特别是电气工业部门的工作人员如设计师、工艺师等阅读，也可供高等动力学校的师生参考。

А. К. ВАРДЕНБУРГ
ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ, 1957年, МОСКВА, 第二版

* * *

电气工业中的塑料

吕志新译

*

机械工业图书编辑部编辑 (北京阜成门外百万庄)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32·印张 6·字数 153,000

1962年5月北京第一版·1962年5月北京第一次印刷

印数 0,001— 3,196·定价(10-6)0.96元

*

统一书号: 15165·1484(一机-278)

再版序言

塑料是屬於最重要和最先進的現代工程材料之列的，它在未來的工程中必將有更大的意義。塑料工業的歷史較短，但現在卻以飛躍的速度在發展着。

如果在15年（1940～1954年）內，鋼的世界產量增加到1.3倍，石油增加到2倍，鋁增加到7倍，而塑料就能增加到11倍。

1956年塑料的世界產量達到270多萬噸，超過了許多有色金屬（鉛、鋅等）和其他材料的產量。

蘇聯共產黨第二十次代表大會關於發展國民經濟的第六個五年計劃的指示規定，為滿足機器製造、無線電技術和其他國民經濟部門的需要必須增加合成樹脂、優質漆和染料、塑料及電氣絕緣材料的品種和產量。

最重要的是不斷地提高塑料的質量：研製和掌握在化學穩定性方面超過黃金和鉑，並且可作為最好的高頻電介質的氟有機塑料；研製和掌握耐溫達 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的硅有機塑料，抗拉強度超過鋼的玻璃塑壓板，聚醯胺樹脂，環氧樹脂和其他物理-機械性能及工藝性良好的樹脂。因此，塑料在電氣工業部門中的意義就不斷增大。

本書供電氣工業企業的工藝和設計人員參考。書中敘述了塑料的性質及其在使用中的性能；研究了多半屬於電工用途的塑料制品的使用範圍和結構特點；介紹了產品製造工藝和產生廢品的原因；引述了塑料試驗數據和壓制設備及壓模的簡要數據。

本書的再版本補充了對電機和電器製造有意義的新型塑料和樹脂；刪除了陳舊和失掉工業意義的材料；考慮到目前國內外技術的現況，某些部分已重新編寫或完全修改了。

作者非常歡迎讀者指出本書的缺點。

技術科學碩士B. A. 保保夫（B. A. Попов）對本書手稿提出了寶貴的意見，作者在此謹致謝意。

作者

目 次

再版序言	4
第一章 概述	5
1-1 塑料的主要物理-机械性能和成分	5
1-2 塑料的分类	7
1-3 塑料制品的制造方法	9
第二章 塑料压制品结构的特点	10
2-1 收缩率和尺寸公差	10
2-2 锥度	12
2-3 壁厚	12
2-4 倒圆棱的半径和螺纹	14
2-5 压塑料的消耗计算	15
第三章 塑料制品中的嵌件	15
3-1 金属嵌件(配件)	16
3-2 电机换向器	22
第四章 压模	26
4-1 压模的主要零件	26
4-2 压模的类型	28
4-3 压模的制造	35
4-4 压模的加热	37
4-5 拉伸压模(冲模)和吹塑压模	42
第五章 塑料的压制	45
5-1 压塑料的储存和准备	45
5-2 热固性塑料的压制	46
5-3 特殊工艺的操作	53
5-4 压制品的废品种类	56
5-5 冷压	59
5-6 压制设备	60
5-7 热塑性塑料的压制和压铸	61
第六章 铸造制品的制造	63
第七章 塑料加工	69

7-1 去毛刺的机械加工	69
7-2 热塑性塑料的成型	72
7-3 塑料的胶合	73
7-4 热塑性塑料的焊接	76
7-5 塑料制品的金属喷镀	77
第八章 塑料的试验	78
8-1 塑料的物理-化学试验	79
8-2 塑料的机械试验	85
8-3 塑料的电气试验	93
8-4 塑料的定性试验	94
第九章 热固性塑料的性能	95
9-1 苯酚-甲醛压塑料 (酚醛塑料)	95
9-2 氨基塑料	114
9-3 硅有机压塑料	116
9-4 苯胺-甲醛塑料	123
9-5 铸造用塑料	125
9-6 层状压塑料	128
第十章 热塑性塑料的性能	143
10-1 聚苯乙烯	146
10-2 聚二氯苯乙烯和聚单氯苯乙烯	151
10-3 聚乙烯呋啉	152
10-4 聚乙烯	153
10-5 聚异丁烯	155
10-6 氟塑料	156
10-7 聚氯乙烯塑料	158
10-8 聚乙烯醇缩乙醛	164
10-9 聚酰胺	166
10-10 以纤维素酯为基础的塑料	171
10-11 丙烯酸酯塑料	176
10-12 以橡胶为基础的塑料	181
10-13 沥青塑料	184
第十一章 泡沫塑料和薄膜材料	186
11-1 泡沫塑料	186
11-2 薄膜材料	189

电气工业中的塑料

瓦尔坚布尔格著

吕志新译

中国工业出版社

目 次

再版序言	4
第一章 概述	5
1-1 塑料的主要物理-机械性能和成分	5
1-2 塑料的分类	7
1-3 塑料制品的制造方法	9
第二章 塑料压制品结构的特点	10
2-1 收缩率和尺寸公差	10
2-2 锥度	12
2-3 壁厚	12
2-4 倒圆棱的半径和螺纹	14
2-5 压塑料的消耗计算	15
第三章 塑料制品中的嵌件	15
3-1 金属嵌件(配件)	16
3-2 电机换向器	22
第四章 压模	26
4-1 压模的主要零件	26
4-2 压模的类型	28
4-3 压模的制造	35
4-4 压模的加热	37
4-5 拉伸压模(冲模)和吹塑压模	42
第五章 塑料的压制	45
5-1 压塑料的储存和准备	45
5-2 热固性塑料的压制	46
5-3 特殊工艺的操作	53
5-4 压制品的废品种类	56
5-5 冷压	59
5-6 压制设备	60
5-7 热塑性塑料的压制和压铸	61
第六章 铸造制品的制造	63
第七章 塑料加工	69

7-1 去毛刺的机械加工	69
7-2 热塑性塑料的成型	72
7-3 塑料的胶合	73
7-4 热塑性塑料的焊接	76
7-5 塑料制品的金属喷镀	77
第八章 塑料的试验	78
8-1 塑料的物理-化学试验	79
8-2 塑料的机械试验	85
8-3 塑料的电气试验	93
8-4 塑料的定性试验	94
第九章 热固性塑料的性能	95
9-1 苯酚-甲醛压塑料 (酚醛塑料)	95
9-2 氨基塑料	114
9-3 硅有机压塑料	116
9-4 苯胺-甲醛塑料	123
9-5 铸造用塑料	125
9-6 层状压塑料	128
第十章 热塑性塑料的性能	143
10-1 聚苯乙烯	146
10-2 聚二氯苯乙烯和聚单氯苯乙烯	151
10-3 聚乙烯呋啉	152
10-4 聚乙烯	153
10-5 聚异丁烯	155
10-6 氟塑料	156
10-7 聚氯乙烯塑料	158
10-8 聚乙烯醇缩乙醛	164
10-9 聚酰胺	166
10-10 以纤维素酯为基础的塑料	171
10-11 丙烯酸酯塑料	176
10-12 以橡胶为基础的塑料	181
10-13 沥青塑料	184
第十一章 泡沫塑料和薄膜材料	186
11-1 泡沫塑料	186
11-2 薄膜材料	189

再版序言

塑料是属于最重要和最先进的现代工程材料之列的，它在未来的工程中必将有更大的意义。塑料工业的历史较短，但现在却以飞跃的速度在发展着。

如果在15年（1940~1954年）内，钢的世界产量增加到1.3倍，石油增加到2倍，铝增加到7倍，而塑料就能增加到11倍。

1956年塑料的世界产量达到270多万吨，超过了许多有色金属（铅、锌等）和其他材料的产量。

苏联共产党第二十次代表大会关于发展国民经济的第六个五年计划的指示规定，为满足机器制造、无线电技术和其他国民经济部门的需要必须增加合成树脂、优质漆和染料、塑料及电气绝缘材料的品种和产量。

最重要的是不断地提高塑料的质量：研制和掌握在化学稳定性方面超过黄金和铂，并且可作为最好的高频电介质的氟有机塑料；研制和掌握耐温达 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的硅有机塑料，抗拉强度超过钢的玻璃塑压板，聚酰胺树脂，环氧树脂和其他物理-机械性能及工艺性良好的树脂。因此，塑料在电气工业部门中的意义就不断增大。

本书供电气工业企业的工艺和设计人员参考。书中叙述了塑料的性质及其在使用中的性能；研究了多半属于电工用途的塑料制品的使用范围和结构特点；介绍了产品制造工艺和产生废品的原因；引述了塑料试验数据和压制设备及压模的简要数据。

本书的再版本补充了对电机和电器制造有意义的新型塑料和树脂；删除了陈旧和失掉工业意义的材料；考虑到目前国内外技术的现状，某些部分已重新编写或完全修改了。

作者非常欢迎读者指出本书的缺点。

技术科学硕士B. A. 保保夫（B. A. Попов）对本书手稿提出了宝贵的意见，作者在此谨致谢意。

作者

第一章 概述

1-1 塑料的主要物理-机械性能和成分

凡是在生产的一定阶段上具有可塑性，并在此条件下能够压成所需形状的制品的材料，叫做塑料。因此，塑料的特性就是具有在加工过程中经过可塑状态变为制品的能力。

在塑料（成品）的物理-机械性能方面，变形和引起变形的外力间的关系，有一种特殊的形式。金属 1、塑料 2 和橡皮 3 之间的差异见图 1-1。B 点是弹性极限。在表示塑料的曲线 OB 段及金属的曲线 OB 段上，是遵循着虎克定律的。超过弹性极限（BC 段）后，比例定律很快就被破坏了，且在外力稍有相对的增加（塑料流动）时，即发生显著的变形。B 点以后，成为永久变形。塑料与硬金属不同之处，就是其曲线 BC 段延伸得很长。

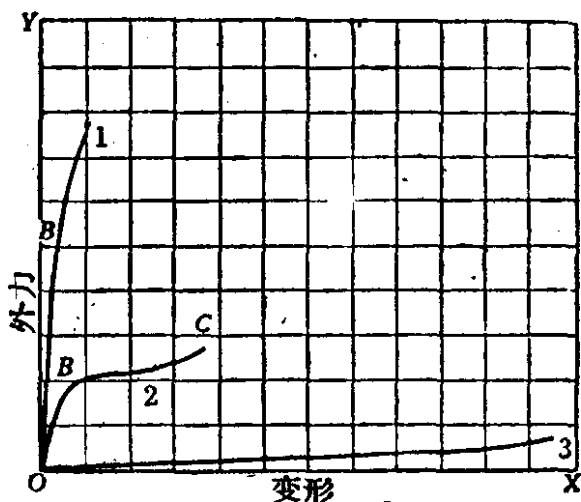


图 1-1 金属(1)塑料(2)和橡皮(3)的变形与外力的关系。

变形小，超过弹性极限后很快就断裂，是硬金属 1 的特点。弹性物体，例如橡皮 3，要达到 B 点时，需要的外力小，它的变形大，且在解除外力之后，就恢复原状（在重复受荷过程中有逐渐增大的滞后现象）。

塑料与金属的其他不同之处，就是它的硬度比较小，并且硬度和抗拉强度无关。可是钢就有这种关系。

此外，由于塑料的比重小，机械强度高，特别是一些现代塑料，在许多情况下，能毫无逊色地和金属相比。

塑料就其成分来说，通常是以人造树脂（如酚醛树脂、脲醛树脂等）和填充剂为基础的复合成分。天然树脂（沥青、虫胶和其他）的应用有限。树脂是塑料的胶合组成部分，依靠填充剂微粒（质点）的粘合作用而保证整体材料的制成，并使整个组合成分具有可塑性能。所采用树脂的性质，在很大程度上决定塑料最重要的技术性能：电气绝缘性能、耐热性、耐水性和其他。根据所用树脂的类型，塑料可分为热固性的或热塑性的（§1-2）。

采用的填充剂，特别是纤维填充剂，可提高塑料的机械强度，此外，填充剂还可以降低塑料在压制制品时的收缩率。有机填充剂多半用木粉、棉絮、碎布和纸屑；属于无机填充剂的是石棉纤维和玻璃纤维，除了纤维无机填充剂外，还采用粉粒状的云母粉、石英粉、滑石和其他。塑料中的填充剂含量通常约为40~65%。

无机填充剂与有机填充剂相比，前者可使塑料具有更高的耐热性、导热性和更大的硬度。但在提高机械性能的同时，填充剂往往会增大塑料的吸湿和吸水性，这也就使塑料的电气绝缘性能显著地恶化和导致尺寸稳定性降低。曾经证明，吸收水分1%时，通常就使制品的尺寸增大0.2%（或相反）。

在某些特殊情况下，只采用纯树脂，而不加填充剂（用于铸造的制品、透明压制品、高频率绝缘制件和其他）。在此种情况下，有时给树脂加些增塑剂——是一种能降低组合成分脆性的物质。在塑料成分中包含的其他物质一般是附加物：作为润滑的硬脂酸和硬脂酸盐，以及颜料和染色剂。大多数塑料由供应厂制成压塑粉出厂，然后由加工厂将其加工成制品。

1-2 塑料的分类

塑料（包括树脂、压塑粉和塑料半成品）按其加工或应用方法，可分为下列几类：

1. 压塑粉和压塑料，其中包括：

a) 热压热固性塑料。例如 K-21-22、K-6 和其他酚醛树脂基塑料（酚醛塑料）、脲醛树脂塑料（氨基塑料）等。这类塑料在压制过程中获得了不熔融和不溶解的不可逆性，因此可在热状态下脱模。

б) 冷压热固性塑料（一些脲醛塑料和酚醛塑料及其他）。这类塑料在冷模中成型，而其硬化却是在脱模后放在恒温器中烘焙得到的。

в) 不硬化的塑料或热塑性塑料（聚苯乙烯、聚氯乙烯、纤维素酯 [эфирь целлюлозы] 和其他许多塑料）。这类塑料在压制过程中不丧失在有机溶剂中溶解的能力，压制这类塑料时，只有当它冷却后才能脱模。

2. 鑄造用的树脂-液体热固性树脂（涅阿列伊柯利特[●]、环氧树脂和其他树脂）。这种树脂宜用来在敞开式压模中鑄造组件（блок）或成品，随后在加热下硬化或在室温下加促进剂硬化。

3. 板状或成型层压材料-层压布板、层压纸板和其他。

4. 薄膜材料-聚苯乙烯膜、纤维素酯薄膜和其他。

塑料以各种形式广泛地应用于电工部门是众所周知的。作为材料使用的有：

1) 电气绝缘材料，通常与结构用途相结合，如用来制造各种控电板、刷握（电刷架）、电机换向器、各种电缆、电线等的绝缘。

2) 结构材料，如制造电机的外壳和通风装置。

● неолейкорит 系酚醛树脂的商品名称，此处以音译为准。——译者

3) 特殊材料●，如含有磁性填充剂的磁电介质；电阻系数为 $10^{-4} \sim 10^6$ 欧姆·厘米的以石墨为填充剂的导电塑料；含有粉状鈎的抗摩擦材料（它与鋼之摩擦系数比层压布板与鋼之摩擦系数低三分之二）和其他材料。

塑料在电工中的应用范围，在頗大程度上决定于其耐热性。所谓塑料的耐热性，就是长时间处于较高温度下而其物理-化学性能、机械性能和电气絕緣性能并不显著恶化，以及受机械負荷时有抵抗变形的能力，因此，这里的「耐热性」概念，既包括材料的老化过程，也包括其按馬丁氏法測定的变形耐热性 (§ 8-1)。

根据苏联国家标准 (ГОСТ) [电气絕緣材料，按耐热性分类法] 草案，聚苯乙烯、聚乙烯、有机玻璃、聚氯乙烯、苏維尼特 (совенит)● 和氨基塑料是属于 Y 級絕緣的（极限温度亦即长期容許工作温度 $t_p = 90^\circ\text{C}$ ）；聚醯胺及馬丁氏耐热性不低于 100°C 的酚醛或脲素三聚氰胺甲醛树脂和有机填充剂塑料是属于 A 級絕緣的 ($t_p = 105^\circ\text{C}$)；馬丁氏耐热性不低于 120°C 的酚醛和三聚氰胺甲醛树脂有机填充剂塑料、三醋酸纖維素和乙酸丁酸纖維素、层压布板和层压紙板属于 AB 級 (t_p 达 120°C)；馬丁氏耐热性不低于 130°C 的酚醛和三聚氰胺甲醛树脂无机填充剂塑料、玻璃胶布板、石棉胶布板和氟有机塑料-3 属于 B 級絕緣 (t_p 达 130°C)；玻璃布或石棉、耐热胶合剂（醇酸、环氧等）层压塑料属于 BC 級 (t_p 达 155°C)；聚硅氧烷树脂、无机填充剂塑料属于 CB 級 (t_p 达 180°C)；氟有机塑料-4 属于 C 級 (t_p 高于 180°C)。

根据 ГОСТ 5752-51 [有机塑料、分类、命名和用途]，塑料根据其化学性能和原材料分类。該 ГОСТ 把塑料分为塑料（固体彈性塑料）和彈性塑料（彈性材料）两类，前者的彈性模数 $> 10^4$ 公斤/厘米² 和拉断伸长 $< 25\%$ ，在较高温度或标准温度下受外力时它保持一定形状；后者的彈性模数 $> 2 \times 10^3$ ，在温度高于 -20°C

● 由于这些材料特殊，故不研究它們。

● 系一种純苯胺甲醛树脂。——譯者

时会有大的变形，同时在去掉外力之后，显著的变形部分会长期保留，但在加热中可以消失。

1-3 塑料制品的制造方法

制造塑料制品所采用之主要方法如下：

- 1) 压制法；
- 2) 压铸法；
- 3) 无压铸造法；
- 4) 机械加工法。

压制法可在一道工艺工序中制成复杂形状的制品。压制时需要有液压机或机械压机和压模。根据所采用之压塑粉的性质，压制在热模或冷模或定期加热和冷却的模中进行。压制法之个别方法是：

1) 热冲压（挤出法、拉延法）。用板状热塑性塑料（赛璐珞、有机玻璃、乙酸纤维酯等）制比较简单的制品；

2) 吹塑或真空成型。用热塑性板状材料在特殊模中制造空心制品；

3) 模塑。用模板和弓形卡把热固性法奥塑料（фаолит）制成制品。

这三种制造制品的方法，在电器工业中用的较少。

压铸法兼有压制法的优点，且生产率很高。现代化自动压铸机一班内可出产三万件小型制品。压铸机的工作原理是从闭口式压模的专门喷嘴注入预热过的塑料。用压铸法既可加工热塑性塑料，也可加工热固性压塑粉。

挤压法是压铸法中的一种，以通过挤套而将很长的等截面的制品（杆、管等）制成。如聚氯乙烯软管就是用这种方法制造的。

无压铸造法或普通铸造法。此法不需复杂的设备，只要铸模和使液体热固性树脂硬化的恒温器。

用涅阿列伊柯利特型鑄造用液体酚醛树脂和不熔酚醛树脂(резит)鑄成块状物或棒,当硬化后,用机械方法将它们加工成制品。用这种树脂鑄造成品是比较困难的,因为它的收缩率变化较大,且聚合过程的时间又很长(达80小时)。

环氧树脂和其他某些树脂(第六章)就没有这些缺点,特别宜于用来以浸渍、模鑄和随后聚合的方法来形成电气绕组的整体绝缘。

机械加工法。以切削来加工塑料制品的机械加工法与金属加工法区别很小。机械加工法的缺点是工序繁且废料多。机械加工主要用来加工层压布板、层压纸板、有机玻璃、涅阿列伊柯利特和其他类似材料的制品。

第二章 塑料压制品结构的特点

2-1 收缩率和尺寸公差

压制品的尺寸,照例是要比压模工作腔的相应尺寸小一些,这是由于塑料在冷却和硬化过程中产生收缩的原因。收缩率与所用压塑料的热膨胀系数和湿度、压制规范和制品壁厚等有关。

在压模中持续时间不足的制品,经过一定时间会有很大的收缩,甚至翘曲。为了避免这些现象,而采取补充处理,即把压制品放在恒温器中烘焙。由此而使制品达到较稳定的尺寸。实践证明,从压模中取出的热制品,其收缩率要比在压模中受压冷却的制品的收缩率大(约为50%)。薄壁制品的收缩率要比厚壁制品的收缩率大。对压塑粉先进行干燥处理,再行热压,会降低制品的收缩率。

将冷压模和冷制品的尺寸加以比较,就可确定收缩率。各种压塑料的收缩率列于有关表中。

压制品尺寸的精确度与收缩率的大小、压制规范、压模结构、

压模磨损程度和其他原因有关。压铸法所得制品的尺寸精确度最大；冷压法所得制品的尺寸精确度最小。压制品尺寸的精度通常在四级（小型制品）和七级（大型制品）之间。

热压制品^①的公差预计值见表2-1。图2-1为制品公称尺寸的余量，由此可得到压模成型部分的公称尺寸。

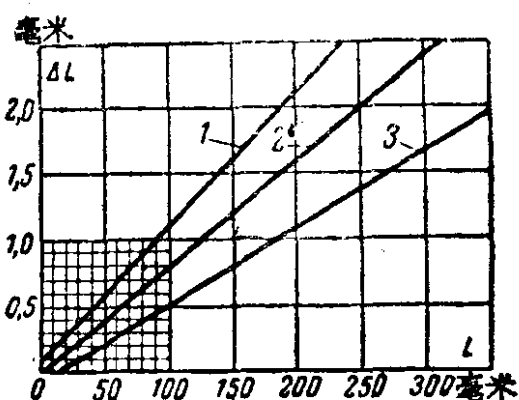


图2-1 压制品公称尺寸的余量
(指收缩率为0.6~1%的压塑料):
1—压模心杆；2—中心线间的距离；3—压模巢。

表2-1 收缩率为0.6~1%的压塑料(K-21-22和K-18-2型压塑粉)制件的包围部分(孔)和被包围部分(轴)的公差

包围和被包围部分的公称尺寸 (毫米)	极 限 偏 差 微米			
	孔 偏 差		轴 偏 差	
	下 限	上 限	下 限	上 限
由1到3	0	+60	0	-60
3~6	0	+80	0	-80
6~10	0	+100	0	-100
10~18	0	+120	0	-120
18~30	0	+170	0	-170
30~40	0	+230	0	-230
40~50	0	+280	0	-280
50~65	0	+340	0	-340
65~80	0	+400	0	-400
80~100	0	+460	0	-460
100~120	0	+550	0	-550
120~150	0	+660	0	-660
150~180	0	+780	0	-780
180~220	0	+940	0	-940
220~260	0	+1100	0	-1100
260~310	0	+1300	0	-1300
310~360	0	+1500	0	-1500

① 制品公差包括：收缩率之变化在0.4%以内者，三级精度压模成型零件的尺寸公差及其磨损余量。