
塑料挤压

〔英国〕E·G·费希尔著

中国工业出版社

塑 料 挤 压

〔英国〕 E·G·费希尔著

第一机械工业部技术情报所朱晋增等译



中 国 工 业 出 版 社

本书内容包括塑料挤压加工的基本原理及挤压过程、单螺杆与双螺杆挤压机及其结构特点,挤压塑料及其一般应用。此外,对热固性塑料的挤压也作了简单的介绍。

本书可供塑料加工、设计和挤压机制造的工程技术人员阅读,对大专院校有关师生也有参考的价值。

、本书由第一机械工业部技术情报所朱晋增等翻译,经张承琦、熊道隆、邱纪雄等校订。

E. G. Fisher

Ph. C., F. P. I.

EXTRUSION OF PLASTICS

LONDON: ILIFFE & SONS LIMITED

First Published 1958

* * *

塑 料 挤 压

第一机械工业部技术情报所朱晋增等译

*

化学工业部图书编辑室编辑 (北京安定门外和平北路四号楼)

中国工业出版社出版 (北京修睦阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $4 \frac{1}{2}$ ·字数95,000

1964年11月北京第一版·1964年11月北京第一次印刷

印数0001—5,710·定价(科六) 0.55元

*

统一书号: 15165·3303 (化工-300)

目 录

第一章 緒論	1
一、历史概述	1
二、热塑性塑料挤压工业的产生与发展	6
三、参考文献	10
第二章 挤压加工的基本原理	11
一、概論	11
二、柱塞式挤压	12
三、湿法挤压	13
四、挤压泵以及用噴絲嘴的挤压	15
五、干法挤压	15
六、螺杆挤压	16
七、挤压过程	21
八、参考文献	22
第三章 現代单螺杆挤压机	23
一、概況	23
二、螺杆的設計与基本設計計算	26
三、根据物料与模子的特性螺杆在設計上的变化	36
四、螺杆的类型	42
五、需要的热量与功率	47
六、絕热挤压	50
七、参考文献	53
第四章 多螺杆挤压机	55
一、概況与历史发展情况	55
二、理論研究	57
三、現代多螺杆挤压机	62
四、多螺杆挤压机与单螺杆挤压机特性曲綫的比較	66
五、参考文献	68

第五章	挤压机的结构特征	69
一、	料筒	69
二、	加热与热控制	75
三、	冷却	78
四、	料斗设计	81
五、	止推轴承装置的特征	83
六、	减速齿轮和驱动电机	86
七、	结构材料	89
八、	参考文献	90
第六章	挤压塑料及其一般应用	91
一、	概述	91
二、	挤压复合物	92
三、	各种热塑性塑料的挤压条件	94
四、	挤压用的各种热塑性塑料的其它注意事项	95
五、	排气式挤压机	102
六、	参考文献	104
第七章	全部挤压过程	105
一、	概述	105
二、	模子的设计	106
三、	牵引装置系统	118
四、	参考文献	131
第八章	热固性塑料的挤压	133
一、	历史与概况	133
二、	工艺过程的基本原理	134
三、	与热塑性塑料挤压相比较时的差别和困难	137
四、	参考文献	139

第一章

緒 論

一、历史概述

采用挤压法生产結構材料，虽然被認為是在19世紀末叶才开始的，然而这种方法得到充分利用却是近25年来的事。从J.布拉馬(Joseph Bramah)发明第一台挤压机以来^[1]，在19世紀的前半期中，这种工艺过程仅用于鉛管的生产。利用挤压法的各种形式以制造面条、通心粉和其他食品，以及用于制砖和陶器工业等，可能是一項十分古老的工艺，但有关这些部門的工艺史却很模糊。

挤压工业发展的第二阶段开始于1845~1850年，当时首先在英国和德国利用这种挤压方法将銅制导体进行杜仲胶絕緣层的包复^{[2][3]}。橫跨于多維尔(Dover)和卡力斯(Calais)之間的第一条海底电纜，即用这种方法于1851年制造成功的。在以后的25年中，这种加工方法的重要性日益增长，而且机械化操作过程也很快地取代了过去所采用的手工操作。大量的絕緣电綫和电纜都用这种方法制造，因此，生产电纜的挤压工艺过程也就这样地确定下来。

早年挤压工业中所用的一些挤压机，正象現在所知道的一样，全部都是柱塞式的，至于操作方式則各有不同，有的使用人力，有的使用机械，也有使用液压的。在这种生产过程中，热的杜仲胶被压送到一个机头中，銅制导体穿过机头

向外引出，杜仲胶則从机头上的模孔中被挤压出来，并包复在导体表面上而形成絕緣层。这类机器的主要缺点是操作不連續，經過一定時間必須停止下来，以便重新装料或更換压料缸。为了改进这一情况，曾經想过許多改进的方案，最后就采用了螺杆挤压原理。

但是决不能就此認為柱塞式挤压机已經废弃，这种机器直到目前仍广泛地用于一些对压力要求极高的工艺过程中，或者是用来加工一些不宜于用螺杆挤压的材料。例如金属就是用柱塞式挤压机挤压的，此外陶器、石墨、蜡、以及焊接电极的焊剂的耐火包层和其他許多产品也同样用这种挤压机挤压的。同时还必須看到，极大多数的現代压鑄成型机，都是采用柱塞式挤压装置作为压鑄构件的。第一台采用阿基米德螺杆的挤压机是格雷 (Gray) 在 1879 年发明的〔4〕，而美国的劳伊尔 (Royle) 几乎也在相同的时间制成了螺杆式挤压机，英国的弗朗西斯·萧 (Francis Shaw) 公司曾經在 1881 年制造并出售了一批螺杆挤压机 (图 1)，大約过了三年，伊頓 (Iddon) 公司又設計了一台双螺杆挤压机，两年以后，又制造了一台装配有直角机头的螺杆挤压机。

最先通过挤压过程来生产的真正热塑性塑料——按照目前一般的定义来解释——是硝酸纖維素。大約在 1875 至 1880 年間，硝酸纖維素通过一个和目前制造方法大致相同的湿法或溶剂軟化的冷法工艺过程，开始在柱塞式压机上进行挤压。直到第一次世界大战的前期，酪素在工业上逐漸具有重要价值以前，只有硝酸纖維素是可以用来大宗生产的挤压塑料，它可以通过挤压加工来制造棒材或管材，以便进一步加工成最終产品。BX 塑料有限公司和埃林諾爱得 (Erinoid) 有限公司就是最早在英国从事該項經營的企业。

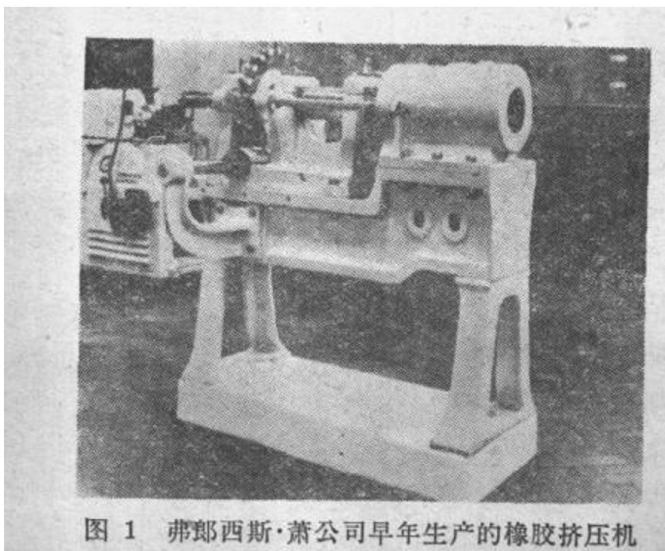


图 1 弗郎西斯·萧公司早年生产的橡胶挤压机

因此，大約由1845年开始，直至新的合成聚合物发展并成为现代化的塑料工业之前，挤压加工过程一直局限在加工杜仲胶、橡胶、硝酸纖維素以及酪素等材料。但在1920年到1930年这一期間，許多适合于挤压加工的热塑性树脂毕竟产生出来了。可以看到，在1925年以后的十年間，挤压工业已开始了許多重要的变化。原来用于硝酸纖維素的那种溶剂軟化的冷法，在用于醋酸纖維素的小量挤压加工后，就引起了如英国 BX 塑料有限公司以及埃林諾爱得有限公司等企业的注意；同时，用增塑剂軟化的聚氯乙炔树脂(p.v.c.)——米波兰 (Mipolam) 制成柔軟而帶有类似橡胶性能的产品，也在德国进行研究^{[5][6]}。此外，在这一段时間里，德国也进行了新型的聚苯乙烯树脂的試驗，这是由于这种树脂具有良好的电絕緣性能的緣故。而且，用未經軟化的乙炔系树脂制成的硬管也投入了小規模的試驗性生产。值得注意的是，用未經增塑的純聚氯乙炔制造的硬质产品一直到1935年并未生产出来，而实际上在1930年却早已出現了用未經增塑的氯乙

烯与丙烯酸酯的“混合”聚合物〔特罗鲁罗伊得(Troluloid), 后改称为阿斯特拉龙(Astralon)〕制成的精美产品〔7〕。在这10年的后期中, 醋酸纖維素的热干法挤压也具有工业生产的可能性。

直到現在为止, 無論用于試驗或生产的柱塞式挤压机或螺杆式挤压机, 它們与格雷最初在1879年为挤压杜仲胶或橡胶所設計的挤压机几乎没有什么差别。所有这些挤压机, 全部都是用蒸气作为加热介质的, 然而很快就发觉到, 在加工新的聚合物时, 这种加热方式受到了很大的限制。同时, 为热的带状原料所設計的加料装置, 对于这些新的塑料在使用时也非常不便。

德国海得利希(Heidrich)公司于1931年制成了第一台专门用于加工热塑性塑料的螺杆挤压机。这台机器上配备有电热系統以及为送进碎片料的冷加料装置(图2)。几年以后, 亦即1937~1938年, 英国的萧公司也制成了一台专用于加工热塑性塑料的挤压机, 这台机器的特点是它的螺杆长度較橡胶挤压机的螺杆为长(图3)。1937~1938, 这两年也是很值得注意的, 因为在这一期間, 意大利的R.哥伦布(Roberto Colombo)和C.巴斯魁蒂(Carlo Pasquetti)制成了首批用于热塑性材料加工的双螺杆挤压机, 从而成为目前挤压工业中这一重要部門的先驅。

从这些早期的創始过程以来, 現代挤压机的发展已步入了一个理論性的以及或多或少是更有系統的阶段了。現有聚合物的改进以及新聚合物的产生, 在它們每一个前进步伐中, 人們对它們的挤压可能性都予以更大的注意。这样就要求不断地增加机器結構的技术完备性, 以及对这种机器的工作原理具有更多的理論知識。同样, 挤压制品的生产和銷售

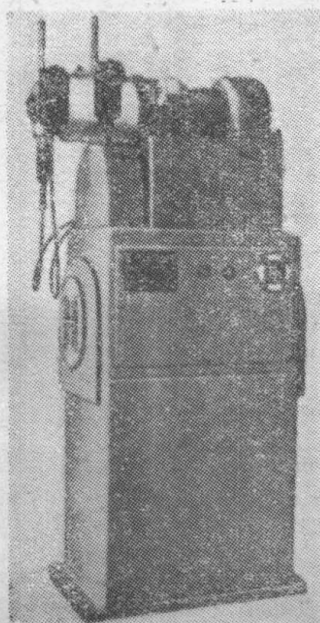


图 2 H.海得利希(柏林)早年制造的热塑性塑料挤压机

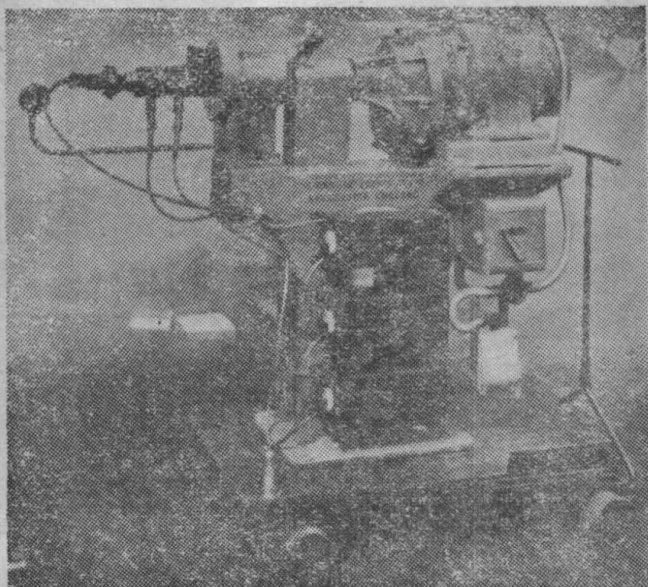


图 3 F.萧公司所制造的早期热塑性塑料挤压机

竞争，也促使挤压机的设计者力求通过设备来获得更多的产量和更高的产品质量。

二、热塑性塑料挤压工业的产生与发展

就英国来说，热塑性塑料挤压工业一般分为两大部门，即一种为电缆制造业，一种为专业性的塑料挤压企业。虽然前者（电缆制造业）从1850年或更早的时候起即已开始使用挤压机，但他们正式采用新型的热塑性塑料却为时较晚。但是在另一方面，塑料挤压企业这一部门本来就是建立在新型材料基础上的，随着新型的可挤压树脂的实用性能和品种的不断增长，以及随着这些材料应用范围的日益扩大，这一部门也就获得了很大的发展。

电缆制造业

在橡胶与新型热塑性塑料所要求的挤压条件之间，存在着显著的差别，再加上增塑的氯乙烯塑料的价格较天然橡胶为高，这就形成了这两大部门之间的分歧。实际上在电缆制造业中，挤压设备都适用于橡胶加工，而且所有操作人员也都熟悉这种材料。因此毫不奇怪，在增塑的氯乙烯类树脂的早期发展中，电缆制造厂并不热中于此。同样，在增塑的氯乙烯类树脂被人们广泛采用以前，橡胶工业部门对于这种新的材料也并不很感兴趣。直到1939年以及第二次世界大战的初期，随着天然橡胶来源的缺乏，电缆制造厂终于采用了增塑的聚氯乙烯作为绝缘材料。聚乙烯塑料的发现及由于它具有良好的电绝缘性能和挤压加工性能，因此也成为促成这一方向的积极因素。以往人们对于这种新型热塑性材料所抱的偏见，也就随着材料的改进而消除了。为了适应这一新的情

况，电纜制造厂改装了部份设备，他们很快就发觉到，热塑性塑料在许多方面都优于天然橡胶。例如在加工橡胶时，挤压机必须配置一台双辊炼胶机，以便供应热的带状原料，但是增塑的聚氯乙烯塑料，则可用预先混合好的冷的粒料加入挤压机中，因此挤压和混料装置就可以分开安装，并且在使用上比较集中而且经济。他们还发觉到增塑的聚氯乙烯在挤压操作上比橡胶要清洁些，此外，聚氯乙烯还具有能染成各种各样颜色的优点。

上述优点以及其它的重要因素，例如具有较好的耐气候性等，均对电纜工业有着重要的影响，从而使目前的绝缘电纜和电纜制造在增塑的聚氯乙烯、聚乙烯和耐纶等塑料的重要用途方面占有很大的数量。

专业性的塑料挤压企业

虽然，塑料挤压工业在目前所涉及的挤压产品范围极为广泛，它们的绝大多数与电纜制造业也并不存在着什么联系，但是值得注意的是，这一部门实际上却正是起源于绝缘电纜和绝缘管套生产的。在英国，商业上所能提供的第一种新型热塑性塑料，就是由德国进口的增塑聚氯乙烯，当时这种材料的商业名称叫做米波兰（Mipolam），它的最大用途是作为柔软的电绝缘材料。因此，很自然，在英国建立的第一批热塑性塑料挤压机也正是用于这一目的的。

1932~1933年间，荷尔农（Hornung）三兄弟定居于英国，其中B.H.荷尔农即为苏弗来克斯（Suflex）有限公司的创始人和现任经理，当时他们由德国带来了一批海德利希式（Heidrich）热塑性塑料挤压机。伴随挤压机同到英国的还有J.魏特（Julius Veit），他在绝缘电纜和管套的制造以及荷

尔农兄弟所要生产的其他各种产品的制造中都曾使用过这些机器。

除了当时用加工酚素的挤压机来生产醋酸纖維管材的BX塑料有限公司和埃林諾得有限公司之外，其次有名的便是海得罗塑料有限公司 (Hydroplastics Ltd.)。这个公司成立于1935年或1936年間，名义上是生产一种新型增强的酚醛层压板。但是海得罗塑料有限公司对塑料加工的其他新型作业却普遍感到兴趣，后来，魏特受聘加入該公司(当时他已离开苏弗力克斯有限公司)，即由他来开展热塑性塑料的挤压加工业务。随着第二次世界大战的到来，海得罗塑料有限公司的层压塑料生产日益縮小，而挤压管套等的生产却迅速地发展起来。最后，該公司决定放弃生产层压塑料而全力投入挤压加工。为了适应这一改变，在原有組織的基础上产生了一个新的公司，即后来在热塑性塑料挤压加工业中很有名的田納塑料有限公司 (Tenaplas Ltd.)。

英国塑料挤压工业史的最后一个阶段，是在大战的初期，魏特决定自己創辦一家挤压企业，因而成立了杜拉管綫有限公司 (Duratube & Wire Ltd.)。

嗣后，在热塑性塑料挤压工业中，又出現了許多重要的新企业，而且挤压制品的应用范围也更加扩大起来。于是專門性的塑料挤压企业又根据生产目的和产品用途的不同而逐渐分为两大类。

1. 接受訂貨的挤压企业 这类公司可以按照用戶需要，生产任何类型的挤压制件而成批供应其他制造厂，作为其它产品的附属配件，或是少量分别批发給批发商进行零售。

因此，这类接受訂貨的挤压企业所使用的設備和从事企业的人員，都必須能够根据市場需要的情况，随时以任何性

质的材料进行各种不同形式的挤压加工。

2. 生产专门性制品的挤压企业 随着挤压塑料制品工业的普遍发展，某些制品的需要量不断增加，以致有必要配置专门的挤压设备来单独完成这些特定制品的大量生产。

绝缘电线和电缆的制造也可归入这一类型，因为它们所用的设备就是为这种目的而设置的，很少用作其他挤压产品的生产。近年来，聚乙烯的水管、薄膜、吹塑薄膜以及涂复纸张等也都已成为这类性质的产品，这些产品在某些专门从事于专一制品生产的企业中，常以专门的设备来进行制造。不难想象，由于这种专门化的结果，所使用的设备往往就更加精密和需要更大的投资，因此这些设备比接受订货的挤压企业所具有的通用装置就能够达到更高的生产率和更高的生产经济性。

生产专门性制品的挤压企业，通常是在市场上出售自己的产品，有时也以他们的产品成批供应其他企业单位进行最后加工，或者再分批出售。这一类企业还有另外一种类型，也就是它只作为某些大企业的一个附属部门来进行专门制品的挤压加工的，这些大企业从塑料工业来说，对它们是很少或根本没有什么兴趣的。这些大企业通常都是利用这些附属的挤压加工部门的全部产品作为其制品的配件的，而就这些制品本身的整个性质来说，可能是也可能不是属于塑料范围之内。

就塑料挤压加工业的目前趋势来看，接受订货的挤压企业似乎正在适应用户的要求而将制品发展为专门性的塑料制品。但是，当这些个别塑料制品已成为用户所不可缺少时，则用户往往将这些制造厂承接过来而併为已有，然后再将它发展成为专门性的生产组织。这一趋势的发展结果，将会为

热塑性塑料挤压制品的加工最经济的方法的发展、加工费用的降低以及应用范围的扩大都提供了有利的条件。

三、参考文献

1. *Anon., Plastics (London)* 1953, 18, 197, 401.
2. Bewley, B.P. 10, 825 (1845).
3. Brooman, B.P. 10, 582 (1845).
4. Gray, B.P. 5, 056 (1879).
5. Fikentscher, M., and Heuch, C., D.-R. P. 654,989 (1930).
6. Fikentscher, M., and Wolff, W., D.-R.P. 669,793 (1931).
7. Fikentscher, Dr. Hans., Private communication to the author.

第二章

挤压加工的基本原理

一、概論

概括地說，挤压加工过程就是在控制条件下将适当的原料通过一个型孔或模子压送出来而使它成为具有特定断面形状的产品。为使这一简单的概念具有现实的意义，用于这一加工过程中的设备和原料尚須滿足一些特定的要求。設備必須能够連續而均匀地提供足够的压力作用于原料上，而且在某些情况下，还必須具有軟化或改变原料性质的方法使它能够被挤压。此外，經過处理的原料应能在受压时产生流动，而当这些处理条件消失时，或者通过某些連續产生的化学反应，又能够变成固体。

解释上列論点的簡單例証就是普通的牙膏管。設備（为金属管，借手指的作用施压于其上）能够通过管筒容积的縮小而将原料施加压力。經過軟化剂調制的原料，由管筒末端的型孔（模子）挤出而具有一定的形状。毫無疑問，如果能使軟化剂不断地从牙膏料流中移去，則当牙膏料流离开模子后，即会变成一根硬而干的棒状物。

在工业上，挤压加工一般使用的机器可分为三种类型，即：柱塞和料筒；各种类型的泵；螺杆式挤压机。就塑料挤压加工的一般情况而論，通常是将这种生产工艺区分为三种不同的形式，即“湿法挤压”，“紡織式或用噴絲嘴的挤压”

和“干法挤压”。

本书主要讨论的是在螺杆挤压机上所进行的干法挤压，但是，如果不简单地谈谈其他形式的机器和挤压方法，就难以对普通挤压工艺过程得到完整的概念。

二、柱塞式挤压

正如第一章所述，最初使用的挤压机包括有柱塞或活塞，并通过柱塞或活塞在料筒中间断地压出事先备好的原料。这种机器现在仍在广泛地采用，而且对于某些特定目的还具有一定的优点。例如，由这种机器所提供的压力能够达到很高，能够经常保持均匀性，并且还能够精确地予以调节。此外，原料在料筒中不会受到任何强烈的搅动或混合，这一点对于某些物料具有特别重要的意义，同时，所需用的设备大体上也很简单。任何用作挤压的原料，凡在挤压前（或只凭加压）就能使其成为可塑状态，则在压机上就不需要另加处理，因而一般都采用柱塞式挤压机进行挤压。使用这种机器，能够以较低的设备投资而取得相当高的产量，此外，这种设备在维护上的问题也比较少。

在第一章中，已举例说明了柱塞挤压过程的某些特殊用途，至于其他用途则将在本书全部叙述过程中随时提到。

用普通压机对一块紧密而基本上是静止的物料进行挤压时，很明显，如果物料是非金属或导热性不高的，则它们在压机中是不会得到很多热量的。因此，普通柱塞式挤压加工的缺点，就在于它所加工的物料必须能够通过除加热以外的其他方式而取得软化，或是能够预热至挤压温度。在后一种情况下，料筒上装有加热套，其唯一的功能是补偿热量损失。

柱塞式挤压机的另一个同样明显的缺点是操作不连续。