

钢 的 热 挤 压

冶金工业部图书編輯室編

*

冶金工业部图书編輯室編輯（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $20^{1/8}$ ·插頁 2·字数 469,000

1963年6月北京第一版·1963年6月北京第一次印刷

印数 0001—1,240·定价（10—7） 2.85 元

*

統一书号：15165·2057（冶金-302）

序

最近，世界各国都陸續掌握了鋼的热挤压技术并成功地应用到实际生产当中。几年来，这项新兴技术在鋼的压力热加工的領域內得到越来越大的重視。

早在一百五十多年以前，就开始了有色金属的挤压生产。近三十多年来，随着机械工业、航空工业的发展，要求的鋼材品种日益增多（如高合金鋼、耐热合金等），断面形状也日益复杂（各种特異型鋼材、带翅的散热管等），而軋制技术越来越难以滿足这方面的要求，因而黑色金属的挤压技术日益受到重視。虽然鋼的热挤压轉入工业性生产只有十几年的历史，但是它发展得极快，特别是近几年来，鋼的挤压技术在配合火箭工业、原子能工业和其他尖端技术部門的发展上，起到了很大的作用。

近十几年来，一些国家，先后兴建了专门生产挤压型鋼和鋼管的工厂，装备了現代化的大功率的挤压設備，掌握了难于或不可能用其他热加工方法生产的各种高級鋼种和断面的生产工艺，生产操作的半自动化、自动化程度迅速提高。目前，鋼的热挤压已經有从生产高級鋼种和复杂断面，逐漸向生产普通碳素鋼和简单断面的产品过渡的趋势，同时既可以为冷拔車間生产半成品，也可以代替一些軋鋼机甚至初軋机，为鋼材的进一步热加工（热轧、模鍛）准备坯料。

介紹鋼的热挤压的文献，散見在各国出版的技术杂志上的，为数极多，仅我們搜集到的就有一百五十几篇（參看参考文献）。为了把这项技术重点地介紹过来，我們从这些文章中选择了三十几篇，以全譯、节譯或編譯的方式汇集成二十七篇，編印成本书。其中大致包括以下一些內容：鋼的热挤压工艺，型鋼和鋼管的挤压生产，特殊合金的挤压，挤压前坯料的加热，挤压理論与計算，挤压鋼材的公差和断面設計，挤压型鋼的应用，挤压工具。

这里，謹向为本书編輯出版工作热心提供資料和协助譯校的全体同志表示衷心的感謝，并誠懇地希望讀者对本书提出宝贵意見。

目 录

用玻璃潤滑剂的鋼材挤压法·····	1
鋼管和型鋼的挤压·····	20
热挤压·····	37
鋼的挤压·····	58
資本主义国家的型鋼、鋼管和双金属管的热挤压生产·····	64
鋼的热挤压法在日本的应用·····	77
型鋼的热挤压·····	98
鋼管和型鋼的挤压生产工艺·····	111
型鋼热挤压車間的設計和工艺操作·····	139
用玻璃潤滑剂热挤压金属技术的发展·····	152
不銹鋼管的热挤压·····	154
鋼管的挤压生产·····	161
鋼管的挤压·····	168
硬合金的挤压·····	180
高速鋼材的挤压·····	205
挤压的汽缸环·····	218
等溫挤压·····	225
鋼材的挤压生产·····	231
感应加热在鋼管管端加厚和挤压生产中的应用·····	247
挤压理論与計算·····	253
鋼和特殊合金的挤压型材·····	260
不銹鋼挤压型材的公差設計·····	267
挤压型材的断面設計·····	269
挤压型鋼的应用·····	277
鋁——一种鋼挤压用的模具材料·····	287
挤压工具用鋼·····	292
鋼挤压的設備、操作和产量·····	306
鋼的热挤压参考文献·····	311

用玻璃潤滑剂的鋼材挤压法

J. 賽茹尔內 著

引 言

很多年来，大多数工业国家都曾考虑过，甚至研究过用热挤压法生产条鋼、型鋼及鋼管。法国的于仁恩电炉鋼公司(Aciéries Electriques d'Ugine)已經取得了一些經驗。早在1925年就已掌握，鋼同有色金属一样可以用挤压法进行变形。不过，設備容易损坏，特别是模子，常常只經過一次操作就不能使用了(图1)。因此，妨碍了这一技术的发展。

可是，大家还是在繼續从事这些研究，因为，他們认为鋼的挤压变形可能有以下几个主要的好处：

1. 制造实心或空心的不規則的型鋼，其形状与有色金属工业中用挤压法制造的相似。这些形状复杂的型鋼通常或者不能用軋制方法生产，或者即使能够軋制但要求复杂的設備；

2. 含有大量附加元素的各种鋼种在变形时給軋制操作带来很多困难或者会降低金属回收率；

3. 用軋制方法生产型鋼很容易，但如果所生产的数量很少，就不值得为此專門制造軋鋼設備或者軋制工具，而采用挤压法就有条件生产很少的数量；模子的成本低廉，也便于迅速更換工具。

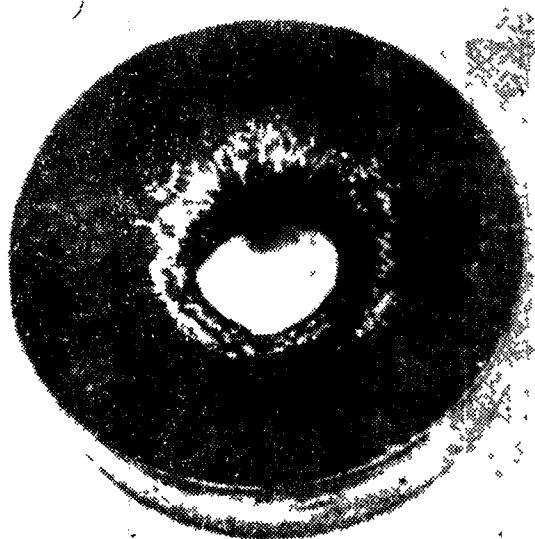


图1 未使用玻璃潤滑剂而只挤压过一次的模子

第二次世界大战以前，有人曾应用挤压鋼的某些特殊方法来制造毛坯，可是沒有一种挤压方法能制造出可用的成品。

1938年，电气化学公司(Société d'Electro-Chimie)实验研究室在于仁恩工厂試制成一种耐高溫的合金。他們以为发现了一种材料能用以制造这样一种模子，它能够承受在挤压鋼时所产生的高溫和应力。就在这时，于仁恩电炉鋼公司和金属拉拔与軋制工业公司(Comptoir Industriel d'Etirage et Profilage des Métaux)决定联合他們的力量来研究用这种新材料制造挤压鋼用的模子的可能性。該厂在巴黎就制作了一台600吨的小型挤压机，用于生产商品性有色金属型材。

金属拉拔与軋制工厂技术主任傑克·賽茹尔內与于仁恩商业处工程师路易·拉巴达耶合作进行的試驗証明，最初对新鋼种所寄托的希望是不可靠的，所得到的結果不能令人滿意。他們承认必須另寻途径来研究解决这一問題。經深入研究，始得知应寻找一种

有效的潤滑方法，因为存在于坯料与工具之間的摩擦使挤压筒及模子都受到过度的损伤。

于是决定进行一个重要的研究项目，試驗了各种不同的潤滑剂。其中，滑石、白堊粉、石墨、硼砂，及各种动物、植物、矿物油类都进行过試驗。可是，無論是能耐挤压溫度的固体油脂或者是液体油都沒有令人滿意的效果。据观察，任何液体潤滑剂在操作过程中，甚至在操作之前就被挤压的压力从模孔压出，因此，也就不能保証潤滑的效果；相反，固体潤滑剂（滑石、石墨）虽能冷却模子，但其磨蝕性很强，加速了模子的磨損。

由其他研究結果得出結論，有效的潤滑剂必須在操作溫度下具有胶粘性能。在試驗过程中发现，要保証潤滑剂的效能，在与热坯料接触时，所使用的潤滑材料应该是由固体状态变成胶粘固体而不是液体状态。在这种情况下，胶粘潤滑剂提供了适当的机械阻力，能够抵抗所产生的压力，同时一面軟熔一面不断产生一层隔热的胶粘薄膜，裹住了挤压条材。玻璃或在挤压溫度下具有粘性的材料（粘結剂、炉渣或某种盐或盐的混合物），适合以上这些条件；同时还有隔热的好处，这就能保护工具不受高热，同时也能防止热坯料表面的冷却。

潤滑剂的基本原則一經确定，这一新技术运用于工业中所产生的无数細节問題接着便在研究中得到解决。金属拉拔工厂改革了600吨挤压机，同时于仁恩电炉鋼公司及金属拉拔工厂决定在巴黎附近的拜尔桑合資建立一个新工厂，准备安装一台1500吨的新式大型挤压机，以便使用新工艺进行工业性試驗。

战争及战后的变迁使这些計劃的实现推迟了。拜尔桑的挤压机在1949年才开始兴建。在这一段时期中，600吨挤压机仍在繼續使用。

1950年12月，金属拉拔工厂和瓦魯海克联合公司簽訂了一个使用这些工厂的协定，并經過共同努力，在挤压技术上及使用的材料上都进行了很多重要的改良。在几年中，解决了工业生产上的操作問題，創造了新工艺。从1950年起，很多外国公司就得到使用这个方法的許可权，他們对这一操作技术的发展也有許多可貴的貢獻。

挤 压 原 理

这一人所熟知的方法，其原理是很简单的，只要把需要变形的金属坯料加热到适当的溫度，放到一个圓筒形高压鋼的密封器中（通常叫挤压筒）。这个密封器的一端由模子封閉，模孔的面积即是要得到的型材的断面。挤压筒的另一端由活塞（又叫挤压杆）封閉，它可以在筒內滑动，挤压金属使之变形。挤压杆装置在挤压机的主柱塞上，用一台水压机或其它机械装置对它施以足够的压力。

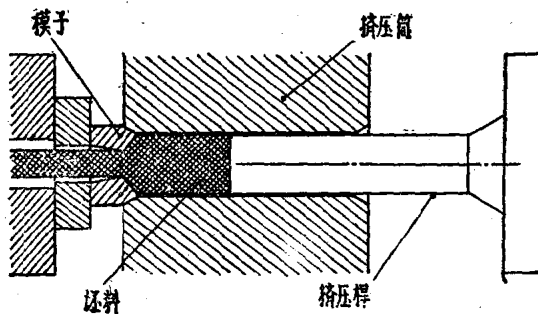


图2 正挤压

由于施加压力，金属穿过模子得到永久变形，迅速变成一根长的、預定断面的条材（图2）。要挤压鋼管时，用一个圓模子操作，把預先钻过孔的金属坯料装在挤压杆的一个穿孔心棒上。在某些情况下，有人主张金属坯料的穿孔及挤压用一道工序完成；心棒装在一个輔助柱塞上，在挤压筒中

的坯料，先被心棒穿过，然后由挤压杆将穿孔坯料挤压成一根管子。

共有两种挤压法，即正挤压法及反挤压法。正挤压法是最常用的方法，即图2所表示的方法。正挤压时，挤压筒与模子在挤压操作时是固定不动的。挤压杆压入挤压筒中迫使金属从模子中流出。在挤压操作完成时可以看到，挤压筒中靠近模子这一端，留下一短段原始坯料（图3）。

这一段叫做余料，构成生产上的尾料。移动挤压筒或模子便可使原始坯料与模子分开，锯断挤压条材的一端，使它脱落，

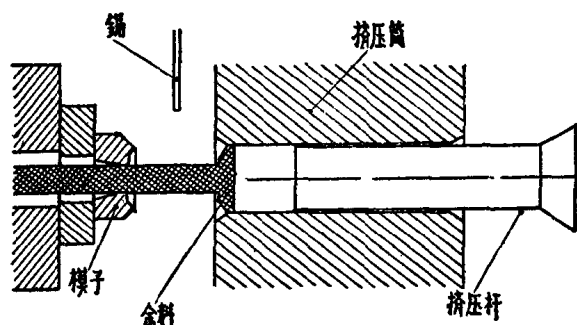


图3 挤压操作完成。余料切除

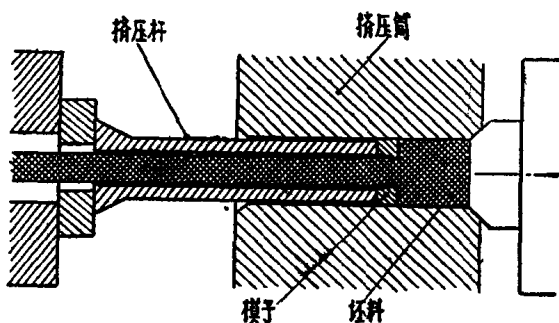


图4 反挤压

这样就能取出条材，并取出余料。反挤压法则恰恰相反（图4），要沿着模子推动挤压筒，模子放在条材的一端并能完全进入挤压筒中，起挤压杆的作用。在这种情况下，坯料在挤压筒内并不移动，可是挤压产品必须从空心的挤压杆中穿出；这种不便大大地限制了反挤压法的应用，实际上，这一方法也很少运用。

挤 压 力

使用通常的无玻璃润滑法时，很难用一个公式来表示挤压操作所需的力；然而在一定温度下用润滑剂挤压某种金属所需要的力，却已得出理论公式，并且由许多实验所证实。

设 F 代表在一个半径为 R 的挤压筒中挤压长度为 L 的坯料所需要的总力。一段厚度为 dl 的金属离模子的距离为 l 。设 f 是金属在挤压时与挤压筒的摩擦系数，则：

$$dF = 2\pi R f \frac{F}{\pi R^2} dl$$

$$\text{或者是: } \frac{dF}{F} = \frac{2fdl}{R} \quad \text{而且} \quad F = F_0 \times e^{2fl/R}$$

F_0 表示 $l=0$ 时的挤压力，即是说，在挤压操作结束时，已经没有摩擦了。

西拜勒氏认为进行一次变形所需要的力等于断面上的变形及变形总阻力的乘积。西拜勒氏所谓的“变形”即指变形材料的原始断面与最终断面之间的自然对数比例。

如果 S 是模子的断面，也就相等于挤压条材的直线断面，我们以 δ 代表 $\pi R^2/S$ 的比例，即通常所谓的“挤压比”。挤压温度下的抵抗金属变形的阻力由 ρ 表示，可以得出：

$$F_0 = \pi R^2 \rho \log \delta$$

从中可以得出，表示在操作中某一段时间的挤压力的公式：

挤压筒中的比压 $p = F/\pi R^2$ ，实际上是位于40公斤/毫米²及120公斤/毫米²之间的，这可以作为参考值。挤压机的 p 值的高低取决于挤压筒的直径。如果选择的直径过大，比压就很低，不能得到足够的力来完成操作；如果相反，所选直径太小，挤压筒就有变形或因不能承受太大的压力而破裂的危险，还可能使挤压杆弯折。图6指出在不同的挤压机压力下应该使用的最大及最小挤压筒尺寸，以及最通常的挤压操作所使用的挤压筒直径。

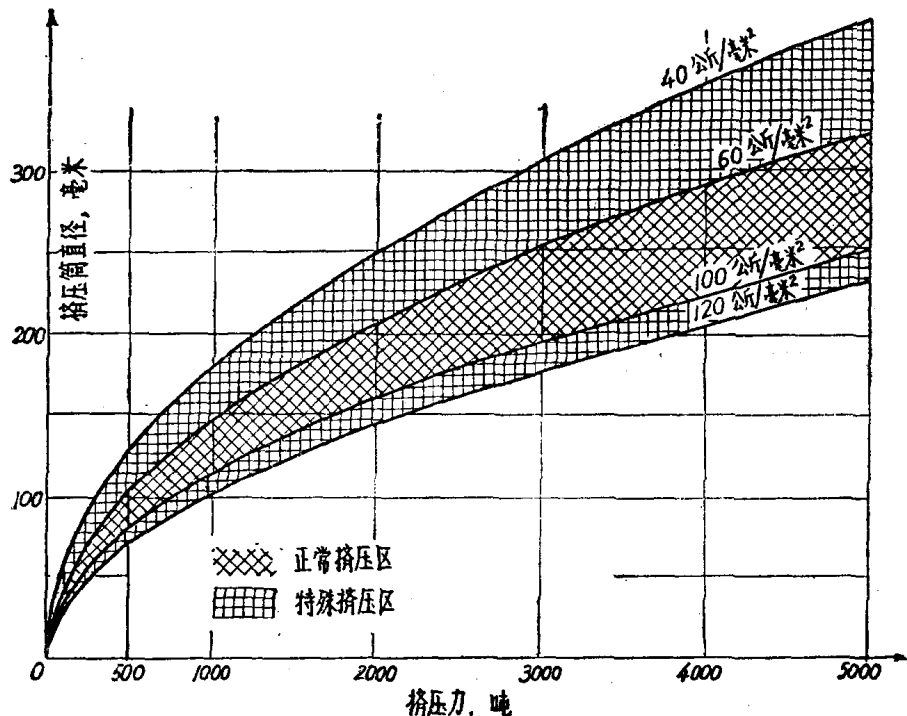


图6 所用挤压筒直径与挤压机压力的相互关系

公式还指出，金属的变形阻力愈高，变形的可能性愈小。图7表明金属变形阻力与变形可能性（挤压比）之间的关系。

在此图中，假设摩擦力可以略而不计 ($f=0$)，则公式如下：

$$\rho \log \delta = F/\pi R^2 = p$$

曲线是以 $p=40-60-100-120$ 公斤/毫米² 绘制的。

由于碳钢的变形阻力低，可以看出其挤压变形可能性很大，作为试验数据，可能以225的挤压比进行挤压加工（用直径120毫米的圆坯料直接挤压成10×5毫米的扁材）。

相反，耐热钢种的变形可能性是小多了。例如尼莫尼克难熔合金无论使用什么样的挤压机，都不能在一道挤压工序中使其延伸率超过80左右。

从挤压公式可以预见，如果按挤压杆的进程测绘挤压所需的力，那么曲线将如图8所示的总形式。开始时，挤压力很高，随着操作的进行不断减弱。挤压结束时，此力只相当于无摩擦变形所需的力。

人们发现，摩擦系数值 f 的高低决定于所用润滑剂的质量。如选择一种适宜的玻璃，就能得到很小的 f 值，操作开始时没有顶峰压力，于是可绘出挤压力的横曲线（图9）。

当人们缓慢地进行挤压，精确地记录压力时，可以发现在挤压过程中，压力有所上

升。这是由于操作过程中坯料冷却的缘故；因此，变形阻力 ρ 也有所增加，于是所需的总挤压力也随着操作的进展而增加（图10）。

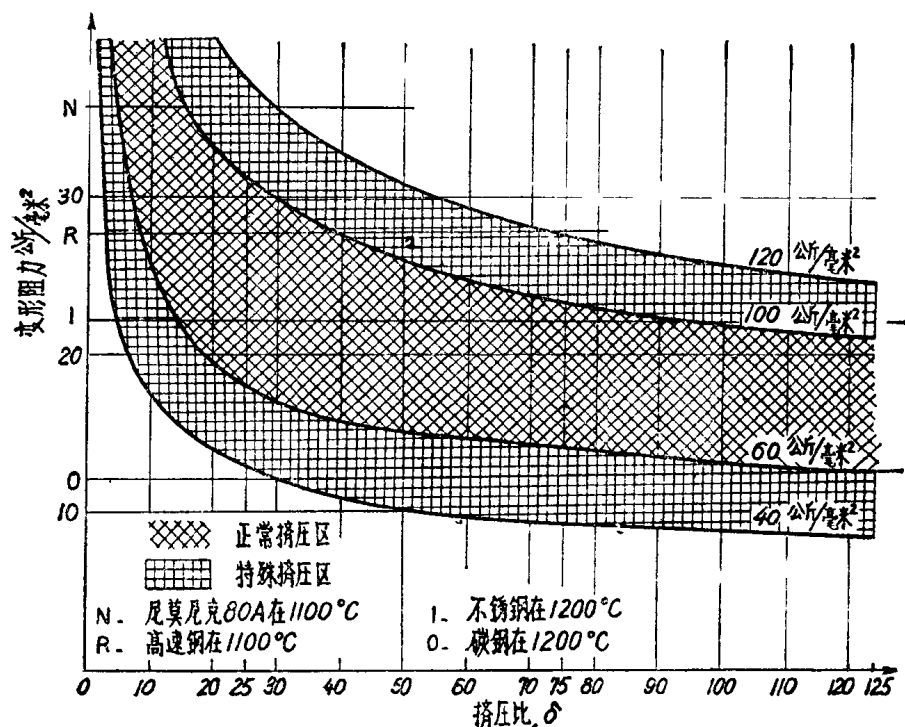


图7 金属阻力与变形可能性的关系

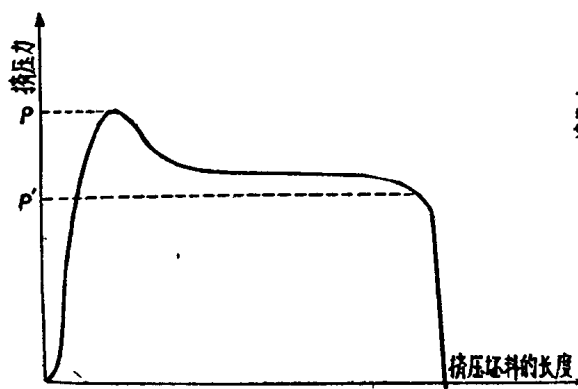


图8 不使用润滑剂挤压力与坯料长度的关系

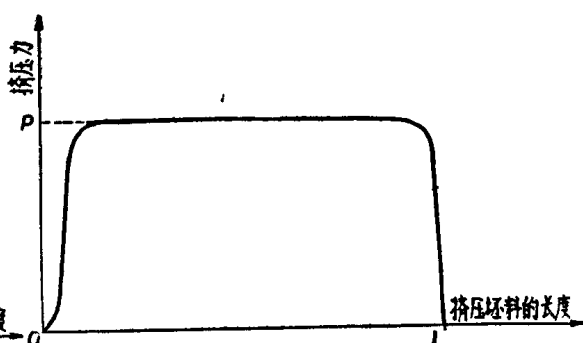


图9 使用润滑剂挤压力与坯料长度的关系

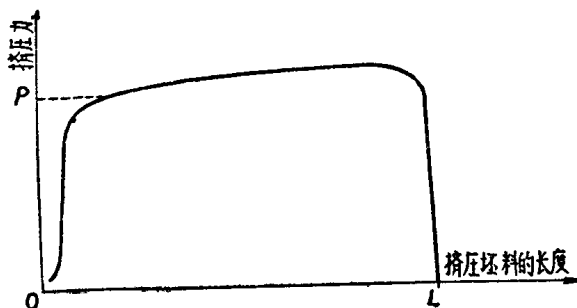


图10 使用润滑剂慢挤压时挤压力与坯料长度的关系

最后，如使用不适宜的潤滑剂慢慢进行挤压时，所得曲线出现两个頂峯压力，即操作开始和結束时的頂峯；而因坯料冷却所引起的阻力上升，并未因摩擦减少而抵消。

玻璃潤滑

如果观察位于挤压筒中的坯料，便很容易看出，潤滑剂应当加在以下表面上：

1. 坯料的前端面，即是說，与模子表面发生摩擦的那一側，这是最重要的問題；
2. 与挤压筒內孔表面发生摩擦的坯料外表面；
3. 如果是挤压鋼管，与心棒发生摩擦的坯料內孔表面。

a) 坯料前端面（即正面）

讓我們观察下一块放在冷模子与热鋼坯之間的厚玻璃片，并研究一下位于二者之間的玻璃厚度的变化。在图11上，横座标代表玻璃厚度，纵座标代表玻璃溫度。可以看出，原来与模子接触的玻璃部分，其溫度与工具溫度相接近，而与坯料接触的那一部分的溫度則迅速上升，并接近坯料的溫度。 $t=0$ 时表示挤压开始，热量沒有時間扩散，可以說，代表玻璃层內溫度平衡的曲线，几乎完全与左面的纵軸、下面的横軸以及右面的纵軸相互重叠。实际上，在很短的时间內（ $t=1$ 秒）就进行了热交换，可計算的溫度平衡曲线的形式如图所示。

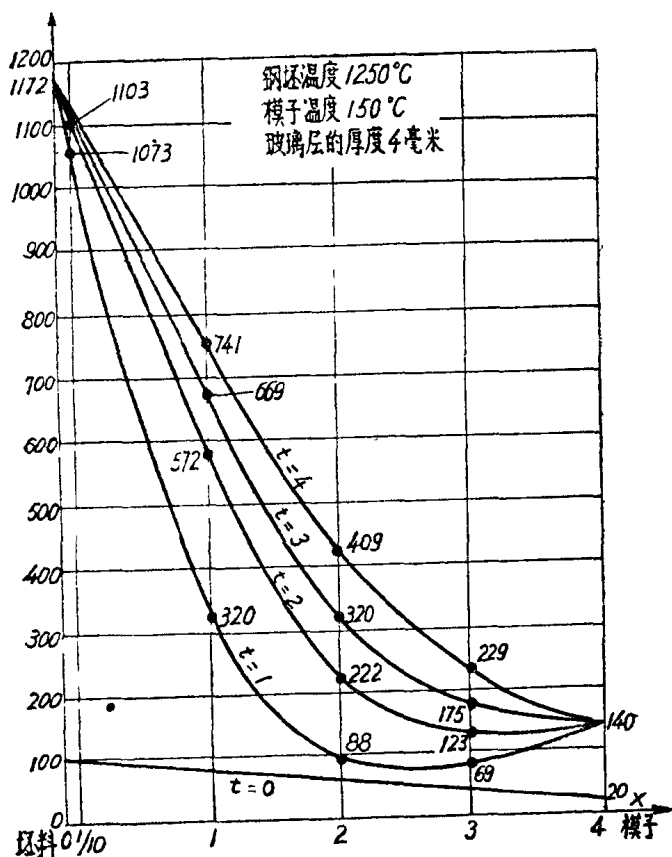


图 11 玻璃层的加热

这时，鋼坯加于玻璃上的比压很高（40到120公斤/毫米²），整个玻璃层的溫度上升很高，使它能在相当大的压力下流动，因而被前面的金属的运动所带动，与金属一同被“挤压”出模子。这时，就在挤压条材周围形成一层均匀的玻璃薄膜。在图11上，假定在全部玻璃溫度高于1073°C时进行挤压，可以看出这样便能产生 $1/10$ 毫米厚度的玻璃层。

胶粘和流动的玻璃膜在压力的作用下流出，新的玻璃膜又与热坯料发生接触，接着也随坯料流动，以同样方式流出模孔。最后，挤压条材被蒙上了一层玻璃膜，其厚度約为20微米。

玻璃潤滑有以下几个基本特征：玻璃被金属所带动，并逐渐熔化。所用潤滑剂預先在熔化状态就具有粘性。如果使用一种熔点不高的潤滑剂，它就会毫无規則地噴出，不会有我們使用玻璃时所观察到的那种有規則的持續流动。而这又是获得成效所必不可少的。

为了能够研究适宜于挤压用的各种玻璃的不同組分的特性，“圣·哥班、肖尼及西瑞”公司的实验室研究成一种采用放射性玻璃的新工艺。因此能够非常精确地测定挤压条材任何一点上的玻璃膜厚度，及工具的相应磨损^①。

玻璃膜的厚度由許多因素所决定。由于時間及玻璃层本身的厚度之間存在着有規律的关系，因此挤压速度极为重要。为了能使玻璃膜及金属本身能有規律地推进，最重要的是模子的設計和工具的設計。实际上，需要用6米/秒这样快的速度进行挤压。所以，挤压加工本身只经过几秒钟的过程，因此在很短的时间內便完成了一个变形很大的工序。

現已証明，为了使玻璃在挤压过程中的高压下能起有效的潤滑作用，玻璃应具有两个主要特点：扩散性及胶粘性。

扩散性由比重与比热的积数与导热率的比例 λ/rC 表示；玻璃能将金属所传给它的热扩散掉。似乎大部分玻璃实际上都有差不多相等的扩散性，我們沒有去探討这个因素。

相反，当人們改变玻璃的化学成份时，其胶粘性就有很大变化。对于挤压來說，加工溫度下胶粘度的上下限范围很窄。因此，需要选择对于每种挤压溫度相适应的玻璃。現在，我們具备有很多不同胶粘度的玻璃成品，能够在各种工业性生产条件下保証滿意的結果。

原来，人們使用流动玻璃：或者是为潤滑模子用的片状玻璃，或者是为潤滑心棒用的管状玻璃。当时遇到的最大困难是，管状及片状玻璃接触到热坯料时，由于溫度突然升高，碎玻璃块会造成挤压成品的缺陷。于是，用其它不同物理形状的玻璃，进行过多次試驗：多孔玻璃、玻璃纖維、玻璃棉及玻璃織品。現在实际工业生产用的形状是以混合玻璃粉末为主。这是一种很容易制造而成本低廉的制品。

b) 外表面

这个问题，最容易解决。因为在这种情况下，玻璃与过去通用的潤滑剂起同样的作用。只要把坯料在放入挤压筒之前，包上一层潤滑玻璃就行了。如果采取必要的措施，玻璃就能均匀地布滿在坯料上，正像油在金属零件上的分布一样。

在坯料的外表面使用潤滑剂比不使用潤滑剂能挤压出更长的产品，挤压开始时的压力也大大地減小了。

c) 內表面

与外表面潤滑的原理相同。原来，人們使用玻璃管。这种玻璃管有些不便；后改用玻璃織品。而現今却改用以玻璃粉末为主的制品。

挤压时金属的流动

为了說明使用潤滑剂与不使用潤滑剂的挤压条件的区别，使用了以下的工艺：

在預先从中心軸面切为两半的圓坯料的平面上，刻上格子形的槽（图12）。然后，把两个相等的部分重叠起来，加以焊接并挤压，挤压后再重新分开。如果仔細地用适宜的制品填塞細槽，在挤压后我們就能发现細槽延长了，这清楚地說明了变形的过程。

① 参看法国工程师协会第14号力学报M. B. Jaoul著文：有关表面活性作用在挤压模上的应用研究。

图13 a 指出了鋼使用潤滑玻璃进行挤压加工的结果。可以看到当坯料向前推进时并不变形，只是在靠近模子，当坯料的边缘陆续接近模子区域时，才发生变形。然后坯料的整个表面就变成了挤压条材的表面。

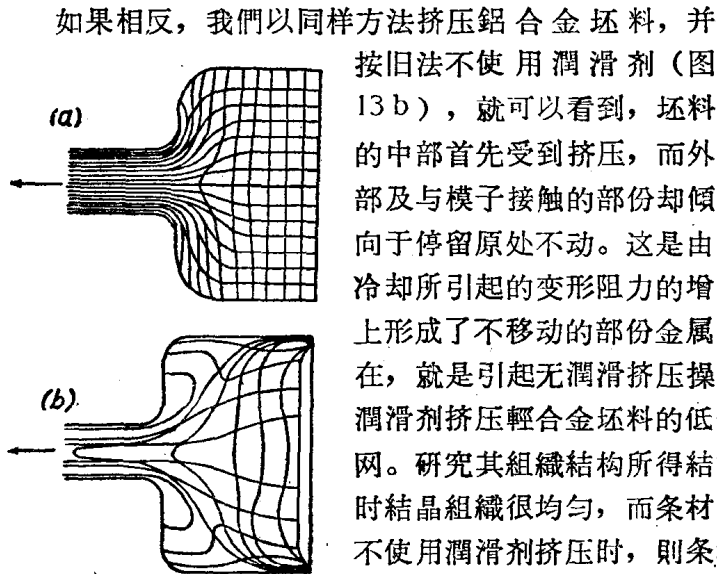


图 13 挤压后刻槽的坯料
a—使用玻璃时金属的流动；
b—不使用玻璃时金属的流动

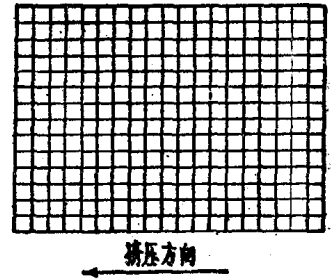


图 12 挤压前预刻过槽的坯料

如果相反，我们以同样方法挤压铝合金坯料，并按旧法不使用润滑剂（图13 b），就可以看到，坯料的中部首先受到挤压，而外部及与模子接触的部分却倾向于停留原处不动。这是由于坯料与工具的高度摩擦及表面冷却所引起的变形阻力的增加造成的。其后果是在模座的角上形成了不移动的部分金属，称作“死角”。这个死角的存在，就是引起无润滑挤压操作的许多困难的原因。图14为无润滑剂挤压轻合金坯料的低倍组织，可自图上看到所示格子网。研究其组织结构所得结论是，用适当的润滑剂挤压条材时结晶组织很均匀，而条材全长的机械性能是一样的。然而不使用润滑剂挤压时，则条材一端到另一端的组织却各不相同。因此，很明显，对于通常不用润滑剂挤压的金属来说，为了改进产品的结晶组织最好也能改用润滑剂。图15 a 及图15 b 为使用和不使用润滑剂的挤压条材组织示意图。在这些

图上，取消了平行于挤压轴的格网，仅绘出若干垂直线。

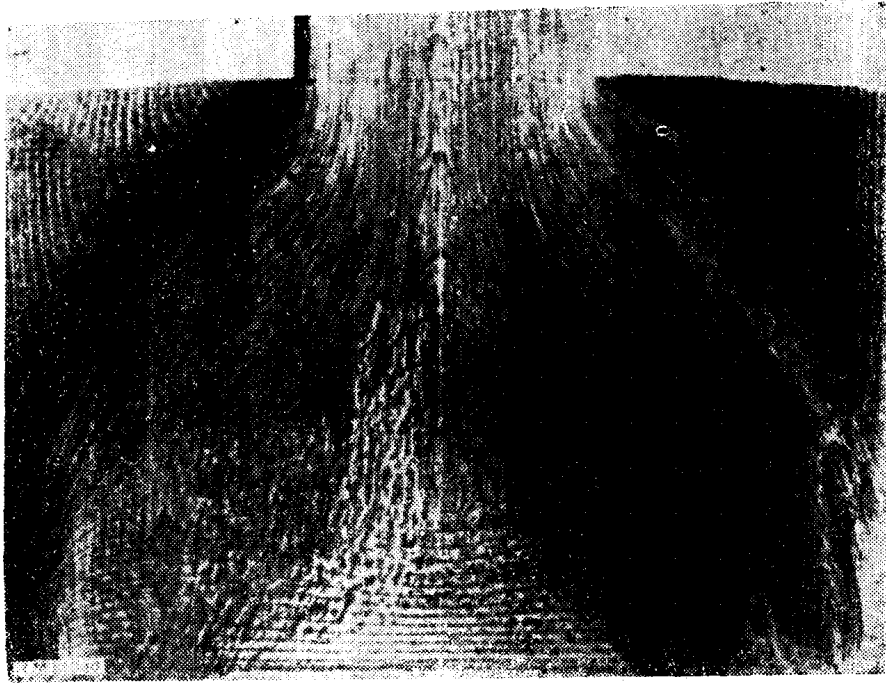


图 14 挤压前刻有格子网的轻合金坯料的无润滑挤压低倍组织

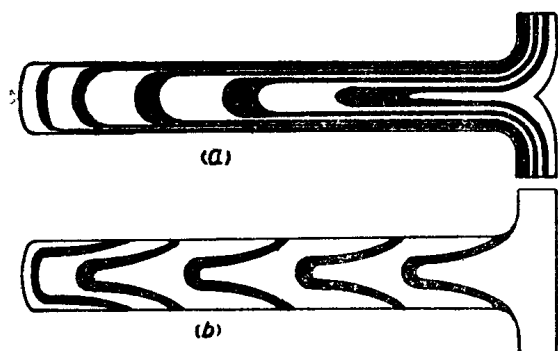


图 15 挤压条材结晶组织示意图
a—不使用润滑剂时；b—使用润滑剂时

挤压型材的性能

挤压法具有与其他方法迥然不同的某些特点：

1. 这一方法能在三个主要方向进行应变（压力变形）。因此，在工具设计上预先采取措施，可以避免应力区。这样，就能挤压特别难于变形的金属品种：比如，含钨18%的高速钢、含钴4%的美国S.816、钼、球墨铸铁及尼莫尼克型难熔

合金品种。

2. 挤压操作不会影响变形金属的质量，因为挤压过程只有几秒钟。在某些情况下，例如，挤压不锈钢及高速钢时，这一特点就特别有利。因为能够很精确的掌握金属变形温度。变形操作是等温进行的，所以可在挤压条材内避免多相组织。图16为经过挤压和处理的321号不锈钢的显微组织。图17是经过挤压、拉拔和处理的304号钢的显微组织图。

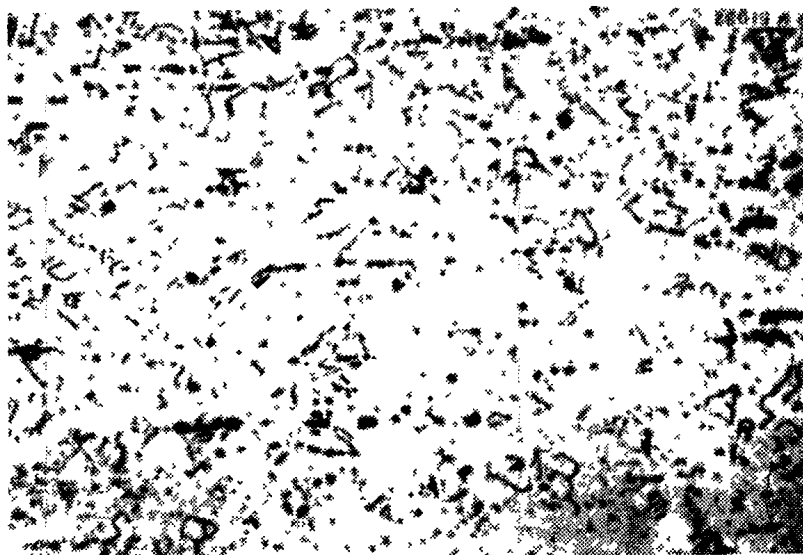


图 16 321号不锈钢挤压条材的显微组织

3. 挤压件的表面质量特别良好，其精确度常常超过轧材。因此热挤压条材及管材的质量很高，介乎热轧与冷拉或车削材料之间。

4. 挤压加工很易于制造复合条材或管材，即是说其中可以有一部分或几部分用不同的金属、合金或其它材料构成，例如普通钢上包一层不锈钢的复合钢管。



图 17 304号钢挤压条材的显微组织图

挤压法的經濟效果

挤压法在經濟上的效果使它在許多領域中可以进一步发展：

a) 工具成本很低，因之，用其进行經濟上合算的生产的相应产品数量显然比軋材小得多；

b) 挤压法可以生产那些用热轧法不能生产的空心或实心型材。挤压件不受任何断面形状凸凹不平的限制；

c) 挤压机是一种比軋鋼机便利得多的变形工具。它可以用来制造各种品种的空心或实心条材。挤压机的加工范围很广。在一台挤压机上可能挤压的每米挤压件的重量范围是1至100公斤（实际上通常使用的范围是1到30）。一般來說，使用两种至多三种直径的坯料就足以滿足挤压机的全部加工范围。

d) 挤压工具，特别是模子，很容易制造。既不需要熟练的技工，也不需要笨重的工作母机。即使是最复杂模子的設計，只借助于精确的标准規格就能很容易完成。而且繪图也不复杂。1955年中，在拜尔桑工厂所做的十几万次測定現已归納成制造挤压工具的标准規格全編。从此以后，制造模子并不是一件工艺师的工作了。这些工具的号碼及公差都是預知数。

人們还不能充份重視标准化的意义，可是在技工缺乏的时候，以及在制造新型材需要很長時間或費很大力的情况下，这一点是值得重視的。

挤压前的預热

正如我們在前面所看到的，凡是用潤滑的挤压方法，坯料表面由于拉长就变成了挤压条材的表面。而坯料是关闭在挤压筒內的，金属只能从模子中挤出；很明显，坯料中的全部氧化物和杂质都被压到坯料上，也就出現在挤压条材的表面上。因此，潤滑挤压法要求正确地加热坯料，使其在上升至挤压溫度时无表面氧化現象。原来的加热操作分为两个工序：第一步是在煤气炉中进行无氧化作用的預热，普通鋼种預热至約650°C，不銹鋼預热到850°C。第二步是在一主要含氯化鋇的盐浴中用电极加热。此法可提供完全合适的挤压溫度。但是，尽管已經有了很大改进，其成本仍然太高。不过，用此法加工貴重制品，特别是不銹鋼，还是合算的。

为了在很經濟的条件下进行无氧化皮的加热，現已发展了許多其他方法：

a) 低頻感应炉。此法主要是在美国发展的，操作特別簡便，能将坯料一个一个地加热，不需要在炉內停留几小时。这种炉子所占面积很少，可以完全自动操作。因此，在缺少工人的国家里受到重視。普通鋼是用氩气加热的，其效果很好。这种加热方法的唯一不便之处在于建設費很高。就是由于这个緣故，这一方法在欧洲尚未广泛应用；

b) 意大利菲阿弗·勒·馬札凱拉公司另辟途径，找到另一解决办法。这个方法主要采用一沿橫軸迴轉的炉子，沿炉子軸綫裝有煤气烧嘴，用煤气加热。坯料在炉子底部轉动。炉內預先傾入一层薄薄的熔化玻璃。玻璃起双重作用：防止氧化，并熔解氧化物。因此，也能利用未經脫去氧化皮的軋制坯料。炉子的商品名称叫作巴勒斯特拉(Balestra)。此炉适宜于加热較輕的坯料，坯料較重，則操作有一定困难；

c) 英国英开迪申特公司(Incandescent Heat Co.)也发展了一种帶换热器的煤气

炉，这种炉子似乎相当完满地解决了无氧化加热的经济问题。所得经验说明其效果很好。最近，德国将要安装一个容量更大的同一类型炉子。

設 备

A. 水力挤压机

第一台用来挤压钢材的挤压机是金属拉拔工厂在巴黎原来用于挤压有色金属的 600 吨挤压机。这是一台旧式挤压机，需要加以很大改进，才能用于工业生产。

莫哈勒氏设计的 1500 吨挤压机，随后安装在拜耳桑工厂（见图 18）。这台机器已有某些改进；可是，使用了两年之后，又要进行重大修改，才能具备经济使用价值。其后，在国外建造的，用于仁恩-赛如尔内方法操作的挤压机均采纳了法国取得的经验。现今，钢材挤压机的基本原理已经确定。可以肯定地说，现在这一工具已很完善，无需很大的改进。

将有色金属挤压机，改建成大量生产钢材的设备的基本修改项目为：

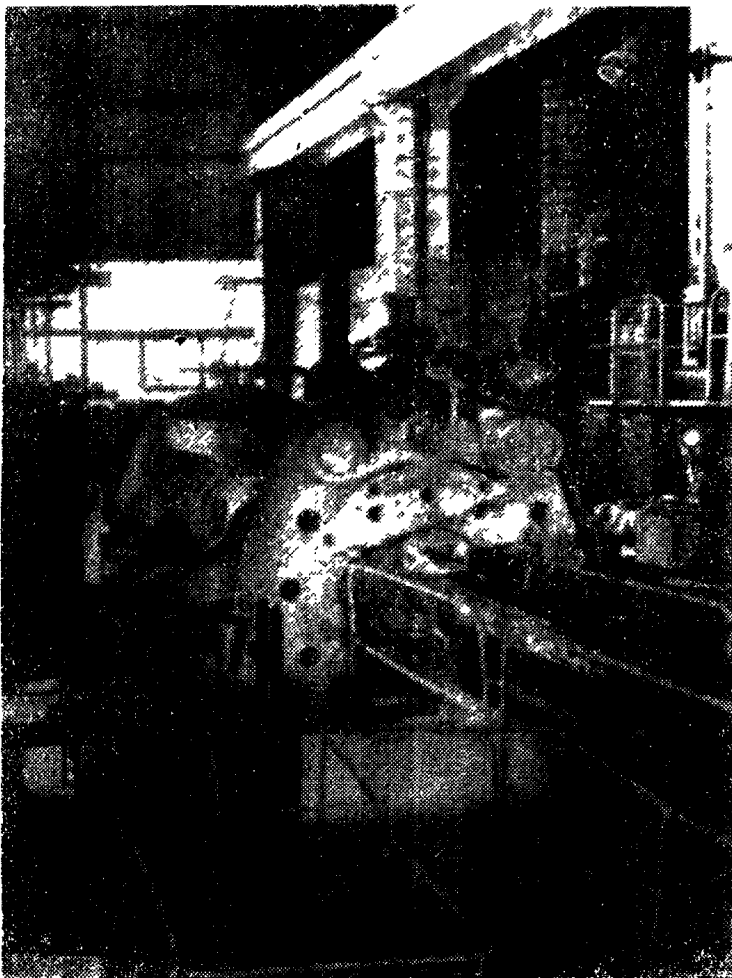


图 18 拜耳桑工厂的挤压机

1. 高速推进及高速挤压

挤压钢材及铁合金时所需的高温在操作过程中会大大地下降。温度下降会有以下不利后果：

a) 需要将坯料加热到比挤压温度更高的温度以弥补温度下降值。如果是热敏感性较高的钢，可能会由于过烧而报废；

b) 坯料接触加工工具或挤压筒会引起不平衡的温度下降，因而导致表面收缩或型材的偏心及扭曲。

高速推进及高速挤压要求在管道及阀门的设计上进行很大的更改。需要在挤压机上安装启动及停止用缓冲器，以便避免零件的破裂。

2. 活动挤压筒

如果坯料与挤压筒之间不存在摩擦，就不能依靠这

种摩擦力来使挤压筒顶住模座。如使用固定挤压筒，则挤压机的底座在很高的操作压力下会少量弯曲，此时在模座与挤压筒之间便产生了缝隙，而引起金属外溢，这种情况可能变得非常严重。

为了避免这些缺点，只要让挤压筒能自由地向前移动就行了。因此，活动挤压筒似乎为润滑挤压所必不可少的（已经有一些办法利用现有的带固定挤压筒的挤压机，可是这些办法使工具设计成本较高）。

3. 余料切除

在挤压加工完成后，需要将挤压条材与余料分开。便利这一操作的设备已经制造出来了。

4. 模座支架

显然，一般的纵向滑槽使操作发生一些困难，使挤压机的设计复杂化。横向模座既能纵向移动，又能装在一个围绕心轴转动的底座上，能大大地提高挤压机的速度，便于操作。

5. 磨损的防止

已经制造出特殊的设备来防止玻璃粉末对于挤压机滑槽的磨损。可以用水冲洗滑槽。这个办法效果非常好。

B. 机械挤压机

直到今天为止，主要采用水力挤压机。这种机器对于挤压加工有些特殊的优点。

问题是要知道，在什么情况下能以使用机械挤压机。过去认为，由于这种机器每小时的推进次数大于水力挤压机，因此，产量会高些，成本会低些。然而，有关推进次数的研究表明操作压力相等时机械挤压机不能挤压与水力挤压机相等重量的金属。事实上，不论是水力挤压机，还是机械挤压机，一台一定压力的挤压机的小时总挤压量总是差不多相同的。机械挤压机有某些缺点，特别是在循环运转过程中，压力以及速度都有变化。这种挤压机似乎适用于生产大量同一类型的产品，供一特定目的应用。

C. 穿孔机

制造管子时，用来在挤压前将坯料穿孔用的穿孔机并没有什么特点。使用玻璃作润滑剂时，可以以圆坯为原料，用冲头向上进行穿孔。

在这种条件下操作时，最好在穿孔前在挤压筒中校正一下坯料，使毛坯中心线对准。一般来说，使用润滑剂的穿孔机有以下四个操作工序：

- a) 压缩；
- b) 穿孔；
- c) 冲头退回；
- d) 取出坯料。

D. 型材矫直

挤压以后，可以使用通用的精整设备将管材精整。通常用拉伸矫直机进行型材矫直，这种机器可以将型材表面的氧化铁皮层崩掉。

E. 脱皮

用来去掉挤压型材氧化表皮的主要办法如下：

- a) 酸浸——使用氢氟酸及硫酸混合溶液；
- b) 用熔融的苏打或氢氧化钠处理——按通用方法处理；
- c) 喷砂法——这个办法效果非常好，特别是对于普通碳钢型材来说，这个方法可能比化学酸浸更便宜。

挤压机的选择

挤压机的选择，主要决定于以下两个因素：

a) 挤压产品的最大及最小尺寸；

b) 最大及最小吨位产量。

总的来说，挤压机的压力愈大，产品的尺寸就愈大，产品的吨/时产量就愈高。

图19、20、21就挤压力的大小与实心产品的重量关系表示出不同变形金属与合金和不同挤压机的产量。两条实线之间的区域代表经济上合算的产品尺寸；虚线之间的区域表示理论上能够变形的产品尺寸。两侧的尺寸一般成本太高。

表1补充说明了生产普通碳钢管及不锈钢管的曲线区域。

挤压机的产量

有时，有人误认为挤压机的生产能力很低，是一种缓慢的工具。

对于这一点，有理由强调，挤压机的吨位产量取决于以下三个因素：

- a) 挤压力；
- b) 每小时的推进次数；
- c) 变形金属或合金的性能。

图22列出了各种不同合金在每小时推进50次时的生产指标。任一挤压力均有相应的最高产量及最低产量，此二值之间的差代表指定挤压机所能挤压的产品的

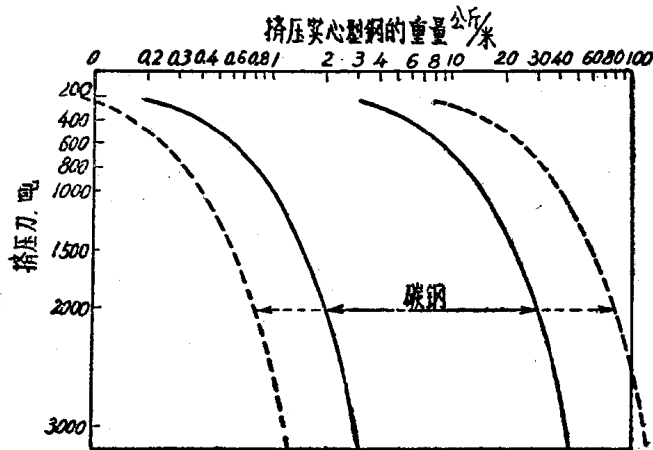


图 19 一定挤压机所能挤压的实心产品产量图

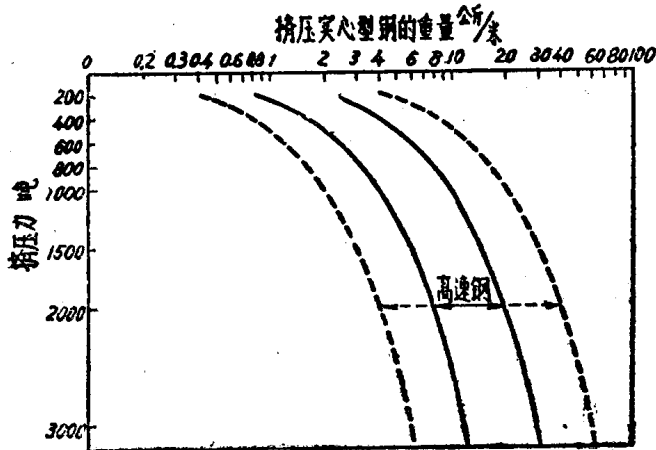


图 20 一定挤压机所能挤压的实心产品产量图

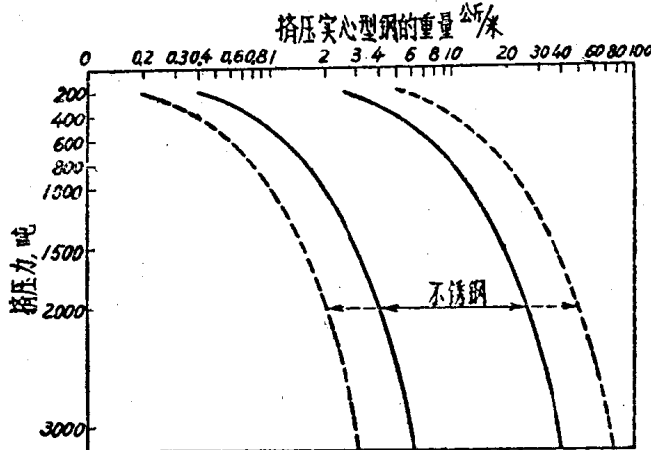


图 21 一定挤压机所能挤压的实心产品产量图

每米重量之间的差。总的来说，愈重的产品，其产量愈大，愈轻的产品，其产量也就愈低。

总产量是与每小时推动次数直接成正比的。可以认为50是一个平均值，在装有自动