

YOUSE
JINSHU
LASHEN

有色金属拉伸

冶金工业出版社

有色金属拉伸

〔苏〕 M.3. 埃尔马诺克 Л.С. 瓦特鲁申 著

钱淑英 王振伦 译

冶金工业出版社



中国有色金属加工工业协会组织翻译

有色金属拉伸

〔苏〕M.3. 埃尔马诺克 Л.С. 瓦特鲁申 著

钱淑英 王振伦 译

冶金工业出版社出版

（北京北河沿大街嵩祝院北巷3号）

新华书店北京发行所发行

北京市西城德外印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 9 5/8 字数 251千字

1988年11月第一版 1988年11月第一次印刷

印数00,001~2,200册

ISBN 7-5024-0067-2

TG·10 定价 2.85元

译 者 的 话

《有色金属拉伸》原书是Ерманок М.З.和Ватрушин Л.С.编著，由苏联冶金出版社在1982年出版的。原书曾得到苏联职业技术教育委员会学术会议审定批准作为专业技术学校的教学参考书。

作者在本书中比较深入地阐述了有色金属及合金的结构和性能方面的基本概念；叙述了拉制半成品的品种；以生产技术发展的实践经验为基础，系统论述了拉伸生产的理论基础和拉伸过程中摩擦和润滑的作用；讲述了管材、棒材、型材、线材的生产工艺；介绍了主要工序和辅助工序用的拉伸工具和设备；还介绍了拉伸生产过程的质量控制问题。全书内容系统全面，对我国培养有色金属拉伸生产的技术人材，对从事有色金属拉伸生产的工程技术人员和工人提高与充实生产技术知识，都有参考价值。

希望本书在我国出版后，能为国内有色金属加工事业的发展作出贡献，为我国四化事业的加速实现而服务。

本书由夏立信校对，翻译过程中，李名州、杨海云等同志也给予了多方面的支持和帮助，在此谨致谢意。

本书序言、概论和第1~10章由钱淑英翻译，第11~14章由王振伦翻译，翻译过程中对原文中的个别疏漏和错误作了必要的修正。此外，为节省篇幅，略去了原书前言和各章后的复习题。

由于译者水平所限，时间仓促，译书中缺点和错误在所难免，欢迎读者指正。

译 者

1986年1月15日于洛阳

目 录

绪论	I
第一章 拉伸加工的有色金属及合金, 它们的结构、 组织和性能	16
第一节 拉伸加工的有色金属及合金的特性	16
第二节 金属和合金的结构	23
第三节 力、应力、变形	25
第四节 金属塑性变形的物理性质、位错	31
第五节 金属和合金在变形和退火时组织及性能的变化	39
第二章 线材、棒材、管材、型材的品种及其生产工 艺流程	44
第一节 拉伸制品的品种	44
第二节 生产工艺流程	56
第三节 拉伸坯料的生产方法	57
第三章 拉伸理论基础	65
第一节 拉伸方法分类及拉伸时的变形指数	65
第二节 拉伸时金属的流动	71
第三节 拉伸时的应力与变形	74
第四节 影响拉伸力和拉伸应力的各种因素	78
第五节 拉伸时的塑性	90
第六节 拉伸应力和拉伸力的计算方法	90
第七节 拉伸道次设计准则	92
第四章 拉伸时的接触摩擦和润滑	93
第一节 拉伸时接触摩擦的特点	99
第二节 拉伸时的摩擦系数及其计算方法	103
第三节 润滑剂的种类	109
第四节 有色金属及合金拉伸润滑剂的成分	112
第五章 线材拉伸工艺	114
第一节 拉伸坯料	114

第二节	拉伸时的变形程度	115
第三节	拉伸速度和变形速度	119
第四节	多次拉伸可靠性的条件	121
第五节	拉伸过程的评价准则	124
第六节	一次拉伸时的道次	126
第七节	多次拉伸时的道次	130
第八节	线材的拉伸配模	132
第六章	棒材拉伸工艺	138
第一节	棒材拉伸时的加工率	138
第二节	棒材拉伸的特点	140
第七章	异形型材的拉伸工艺	145
第一节	简单的非圆形型材拉伸时的道次	146
第二节	复杂型材拉伸时的道次	148
第三节	薄壁型材的拉伸特点	151
第八章	管材拉伸工艺	158
第一节	管材拉伸时的变形指数	158
第二节	无芯头拉伸	159
第三节	圆柱形固定芯头拉伸	166
第四节	圆柱-圆锥形游动芯头拉伸	170
第五节	圆柱形活动长芯杆拉伸	174
第六节	管材的扩径拉伸	177
第七节	异形管的拉伸	178
第九章	辅助工序和精整工序	185
第一节	扒皮	185
第二节	酸洗	186
第三节	热处理	188
第四节	夹头的制作	193
第五节	半成品的锯切	195
第六节	棒材和管材的矫直	195
第七节	环境保护	196
第十章	拉伸工具	198
第一节	一般概念	198

第二节	拉伸工具的几何参数	202
第三节	钢模	205
第四节	硬质合金模	207
第五节	金刚石模	211
第六节	拉管和扩管用芯头	221
第七节	辊式模	222
第十一章	线材拉伸设备	226
第一节	一次拉线机	226
第二节	多次拉线机	230
第三节	拉线机的部件和零件	247
第十二章	棒材、型材和管材的拉伸设备	259
第一节	棒材和型材拉伸机	259
第二节	管材拉伸机	263
第十三章	辅助工序和精整工序的设备	271
第一节	线材与棒材的夹头制作设备和拉紧装置	271
第二节	管材夹头制作设备	273
第三节	热处理设备	276
第四节	矫直设备	281
第十四章	拉伸设备的维护和修理	285
第一节	拉伸设备的维护	285
第二节	拉伸设备的修理	287
第三节	拉伸设备的安全技术操作规程	295
参考书目		298

绪 论

拉伸是使一定横断面的坯料通过逐渐缩小的模孔进行拉制的金属压力加工方法(图1a)。施加到坯料尖端上引坯料入模孔的力叫做拉伸力。

因为模孔断面尺寸,在某些情况下甚至模孔的断面形状,都沿模孔长度方向改变,所以坯料被拉过模子时发生变形,并形成模孔最小断面的形状和尺寸。同时坯料横断面减小而长度增加。

拉伸实心断面棒材、线材、型材和壁厚不变薄的管材时(图1b),制品断面形状和尺寸只取决于模孔出口断面的形状和尺寸。在拉伸壁厚变薄的管材时(图1c),金属在模子与芯头(固定芯

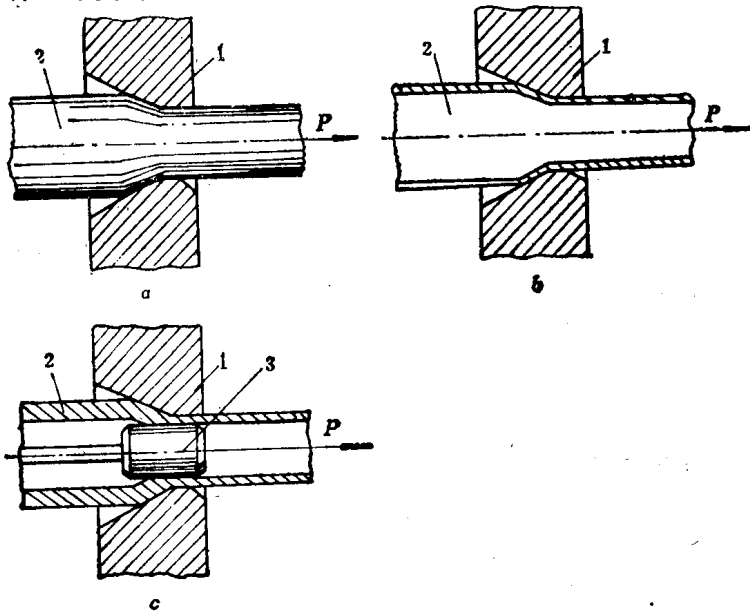


图 1 拉伸过程示意图

a—线材和圆断面棒材; b—壁厚不变薄的管材;

c—壁厚变薄的管材

1—模子; 2—被拉制品; 3—芯头

头，活动芯头或游动芯头）之间的环形空隙中变形。

主要的几种拉伸方法详见第三章。

用拉伸方法可以加工各种各样的材料：钢、铝、铜、镍、钛及以这些金属为基的合金；难熔金属（钨、钨、铌、锆）及其合金；贵金属（金、银、铂）及以贵金属为基的合金。

利用拉伸方法可以获得各种金属半成品：直径为0.008~17毫米的圆断面线材；方形、矩形、六角形和其它断面形状的线材；圆形、方形、六角形、梯形和其它断面形状的棒材；直径0.3~500毫米、壁厚0.05~25毫米的圆管、椭圆形管、矩形管和其它形状的管材；不同断面形状和尺寸多种多样的型材。

用拉伸方法加工的金属及合金详见第一章，而拉制品的品种则详见第二章。

拉伸是最古老的金属压力加工方法之一。已知比拉伸更早的加工方法只有锻造。

拉伸约于公元前3500年出现于古埃及^[1]。这一方法最初用于制取金丝，以制作发夹（别针）、手镯，或为存放各种香脂和芳香性物质的器皿编制提链。

公元前三千年到公元前二千五百年，首饰业高度发展。为了生产首饰就需要金丝和银丝。特别是当时获得发展的细丝工艺需要很多金属丝。细丝工艺是一种饰物技术，可把单根或多根搓成的细金丝、银丝或铜丝在金属制品（花瓶、食器等）上作成漏孔花纹或焊合花纹。

起初，金属丝是用锻造方法制得的。但是用这种方法制得的金属丝断面形状不圆，沿长度的断面不均。因此，开始用钻有锥形孔的石模来拉伸金属丝。孔是用弄尖的铜钻来钻制的，钻上涂有磨料——石英砂、碎燧石等。

在苏联，拉伸生产最初是于公元前2000年，在外高加索地区开始发展起来的。外高加索部落与亚洲奴隶制文明中心的紧密联系促进了这一发展。在现在的格鲁吉亚出土的古物中就找到了一个公元前2000年的碧石拉模。在这个拉模中有五个拉伸模孔和两

个拉模固定孔，拉伸前将拉模固定到模座上。

后来，线材的拉伸生产在苏联的克里木、第聂伯河沿岸，伏尔加河流域和乌拉尔等地区也得到了发展。

创立了细丝生产以后，线材拉伸得到了很大的发展。细丝是极细的金丝、银丝、含金或含银的铜丝，用来制造金属（金、银）线、织锦缎和制作其它饰物。

不过，人们在古代不仅将金属丝用于制造饰物和奢侈品，还用青铜丝做成坚固耐用的海水缆绳。在挖掘庞贝城遗址（公元前五世纪）时找到的缆绳长4.6米，直径为25毫米。这根缆绳有三股，每股有15根金属丝^[1]。

拉伸发展初期使用的石模有很大的缺点，就是在石头上钻孔，特别是钻小直径孔太繁难，模孔又极易磨损。

铁模于公元第Ⅲ～Ⅴ世纪出现在法国。利用这种铁模，使拉伸取得了很大发展。与石模相比，铁模的主要优点是制造拉伸模孔的工艺要简单得多。模子上的孔是在热态下穿成的，然后只要通过扩钻和磨光稍加修正即可。此外，铁模有较高的耐磨性。在磨孔被磨损的情况下，围绕孔周围冷加工就可以比较容易地复原。

铁模做成带有几个孔的拉线板的形状。拉线板的一端带有锥度，以便于拉伸前将其固定，如打入树墩或其它木质基墩。

在拉伸生产发展的初期，拉线是人工进行的。拉伸工用夹钳夹住从模孔穿出的坯料尖端，沿水平方向拉不长的一段，约0.3米。然后，松开夹钳，重新夹住模子附近的线，就这样重复进行拉伸。

这种方法的主要缺点是，拉伸力只靠人的手劲，劳动强度很大，要拉粗线是不可能的。此外，夹钳会在被拉的线上留下缺陷，以致经常把线拉断而伤及拉伸工。

为了增大拉伸力，于是就把拉线板固定在牢牢埋入土中的台基上，拉伸工站在上面，用夹钳夹住金属线，以垂直方向往上拉。在这种情况下，除手的肌肉外，脚的肌肉和腹壁肌肉也都参

与使劲，这样就能增大拉伸力。另外，在这样的拉伸过程中，每个周期内被拉金属线的长度约增长半倍。不过，就是在这种情况下，拉伸工的劳动也还是非常繁重的，而且也很不安全。

在发明了坐在摆动座上进行拉伸生产的方法（图2）后，人工拉伸达到了相当完善的程度。这种拉伸方法的实质如下所述：把拉线板打入木质台基或基墩，夹钳系在拉伸工的腰部，拉伸工则弯腰向前用钳子夹住金属线的尖端，用脚蹬台基，人体就摆向后方进行拉伸。这样一个周期内可拉约0.3米长的一段线。摆动座大大减轻了拉伸工的劳动，因为现在拉伸工的双手已改为只起抓紧夹钳的作用了。因此，带摆动座的拉伸方法在生产实践的不断改进中，沿用了将近四百年，一直用到十八世纪末。但是在用带摆动座的拉伸方法时，拉伸过程中仍然存在着一个主要缺点，即每个拉伸周期内拉出的线材长度有限，因此要频繁用夹钳夹住线材，致使线材遭受损伤。

用绞盘和夹钳将线材绕到卷筒上进行拉伸就没有这一缺点。这样的装置叫做拉床（图3）。拉床的一端固定着拉线板，另一端固定着带绞盘的木卷筒，在木卷筒上固定着皮带，皮带上固定着

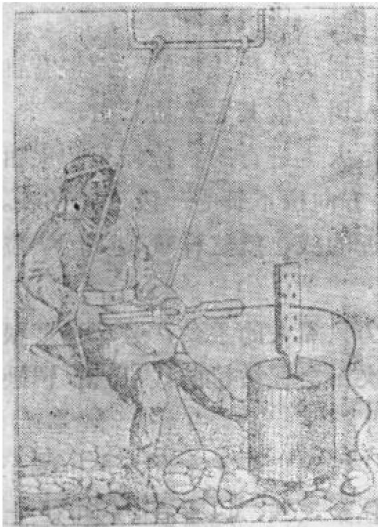


图 2 拉线用的摆动座拉伸装置

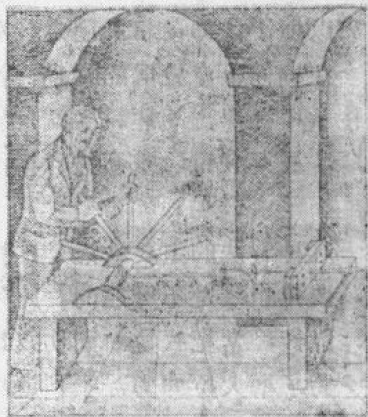


图 3 拉床

夹钳，夹钳夹住坯料进入模孔的尖端头。然后转动绞盘，皮带就绕到卷筒上，于是拉伸过程就开始了。每次可拉4米长的线材。

后来，拉床上用的卧式木卷筒换成了立式金属(铸铁)卷筒，人力搬动绞盘改为用马牵拉。马拉绞盘沿用了三百多年，直到十九世纪末，马力传动才完全为蒸汽动力机所代替。

为了增大拉细线时的线材长度，在十四到十五世纪开始采用线轴拉伸。这种拉伸方法是在线材从一个线轴缠到另一线轴的情况下把线材拉过模子(图4)。这时拉伸工用右手转动卷取线轴，而用闲着的左手拉紧开卷线轴，使模子前的线材具有张力，并往线材上面加润滑剂。



图4 通过从一个线轴重缠到另一线轴拉伸细线

尽管许多世纪以来，人工拉伸在其发展过程中得到了种种改善，但这一过程仍然是繁重的，劳动强度很大，尤其是拉粗线。

拉伸生产的发展形成了集中，把手工拉伸工联合到车间中去进行生产。例如，十三世纪末，在巴黎就有八个车间进行青铜线和紫铜线的拉伸生产^[1]。

把个体手工拉伸工联合到车间中来进行生产是建立手工工场

式生产的第一步，手工工场式生产的特点是分工，利用简单的劳动工具，使用各种机器和机构来完成较为繁重和费力的工作。

拉伸生产中手工工场的建立，大大促进了对铁丝拉伸工艺的掌握（十三到十四世纪）。粗铁丝主要用来制造当时作战用的环甲，细铁丝主要用来制造刷梳，梳理当时发展着的呢绒生产中的羊毛。做一付作战环甲需要用2毫米粗的铁丝600米^[1]，而做一个刷梳则需要铁丝3~5米。因此铁丝，后来是钢丝，需要量很大。

利用落水能量来传动拉伸机，是专门生产金属线的手工工场的重要发展阶段。

不过原始结构的水力传动拉伸机，生产能力是不够高的，并且还需要辅之以人工劳动。例如，从十五世纪开始采用的带有摆动座的水力拉伸装置中，靠水轮传动的曲柄只产生拉伸力，周期性地夹紧线材和松开夹钳的动作还得靠拉伸工手工操作（图5）。

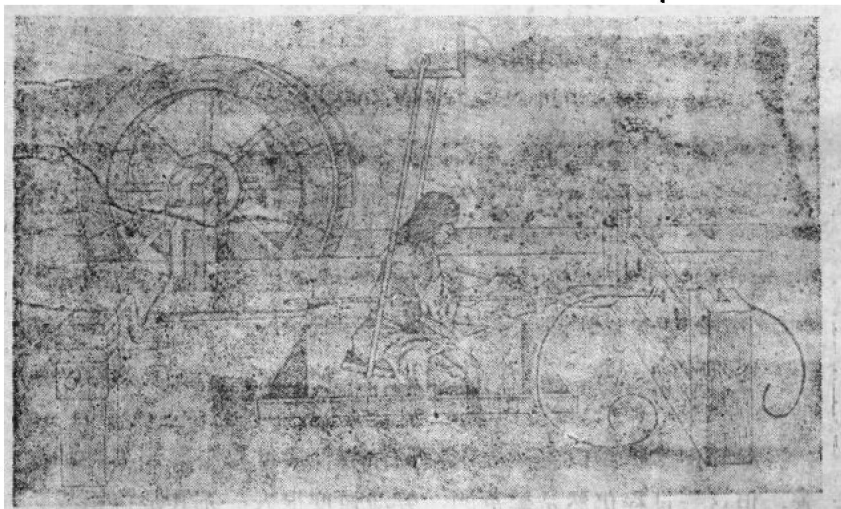


图5 带有摆动座的水力作用拉伸装置

因此，十八世纪初创建的自动夹紧线材的杠杆-夹钳式拉床具有重大意义，在这种拉床上，工作行程结束后夹钳弹簧自动松开和回到原位。工人的职责只是穿料和把拉完的线材卷成盘

卷^[1]。

但是杠杆-夹钳式拉床有一个严重的缺点，就是工作行程太短，拉极细线时不超过0.5米。这样就必须经常夹线，使得线材表面受损。因此杠杆-夹钳式拉床，尤其在拉细线时，逐步为带有立式卷筒的拉床所取代。

直到十九世纪中叶，这类拉床一直是靠落水能量来驱动的，后来水力传动才被蒸汽动力机所代替。

拉伸细线时，有代表性的是采用多卷筒一次拉床。各个卷筒通过伞齿轮由相连接的同一根主动轴来转动。十九世纪初出现的首批多卷筒拉床有2~4个卷筒，主动轴由水力发动机传动。到十九世纪中叶，卷筒数增加到10~12个。就在这同一时期，研制出了使卷筒与共用主动轴平稳地离合的装置。

卷筒式拉床的发展，标志着拉伸生产率的极大提高。细线拉伸速度达到了1.5米/秒。这在当时有着重大意义，因为线材生产必须扩大以制造钢丝绳、电话线、缝纫针、制粉工业和造纸工业用的铜筛网和黄铜筛网、电缆铜线。

新的拉伸方法与陈旧的、生产率低的线坯生产方法是不相适应的。

虽然在十八世纪末就已制造出了第一台型材轧机，在十九世纪初已有几台轧制铁轨和其它型材的轧机投入使用，但拉伸线材的坯料仍然是用锻造方法制取的。

首次用轧制方法来生产钢线坯料是在十九世纪三十年代。轧制是在最简单的单机架轧机上进行的，制得直径为10毫米的线坯^[1]。

1862年，英国制造出了第一台连续轧制线坯的多机架轧机。从1886年起，在这样的轧机上开始装备有接受线坯的卷取装置。在多机架连续轧机投入生产后，线坯直径由10毫米减小到5.5~6.5毫米，而线坯卷的最大质量则由11公斤增加到130公斤^[1]。这样可以减少拉伸道次，缩短拉伸机的上料时间，大大提高生产率。

与钢线生产不同，在生产铜及铜合金线时，坯料是用生铁模铸成铸锭而锻成的或用轧制板材切成条坯而获得的^[1]

铜的型材轧制工艺只是在十九世纪末才被人们所掌握。在俄罗斯，最初用于轧制铜线坯的型材轧机是本世纪初安装在俄罗斯电缆厂（即现在的莫斯科电缆厂）和科尔楚金厂（即现在的奥尔忠尼启则厂）的轧机。

后来，北方电缆厂（现在仍称北方电缆厂）和阿列克谢耶夫电缆厂（即今“电线”厂）也安装了线材轧机。

这四个厂在1914年加工了近10600吨铜，是1877年全俄罗斯所有工厂的铜线产量的25倍^[1]。

除了电缆厂的传统产品——电线和电缆外，那个时期还开始大力发展滑接线和母线的生产，供城市、城郊的客运电车、电气列车之用。

例如，到1906年底，在美国有电车线64000多公里，需用铜四万多吨。另外，每台电车电动机耗铜量在360公斤以上^[1]。铜的供应感到不足，不得不用其它金属来代替。最适于这一目的是铝。铝的工业生产始于十九世纪末，后来又得到了有力的发展。譬如在德国，1915年就开始使用铝线，到1930年就有70%的高压输电线路是用的铝线。在采用铝线和铝电缆的同时，照明白炽灯中开始使用拉制的细钨丝做灯丝^[1]。

不断增长的线材需用量和扩大其生产规模的必要性，要求改变拉伸机的结构，因为一次拉伸机，即使具有几个卷筒，生产率也低，而且占地面积大。

代替一次拉伸机的是多次拉伸机，线材在这种拉伸机上同时被拉过几个模子。多次拉伸示意图见图6。这种拉伸机包括有几个拉伸绞盘（卷筒）1，从第一个绞盘到最后一个绞盘的转动速度是逐步增大的。最初那种结构的多次拉伸机上的绞盘，由公用传动装置2通过皮带轮和齿轮传动系统3来传动，绞盘和收线线轴4的转动速度就靠此改变。后来更常用的传动方式是每个绞盘都有单独的传动装置。

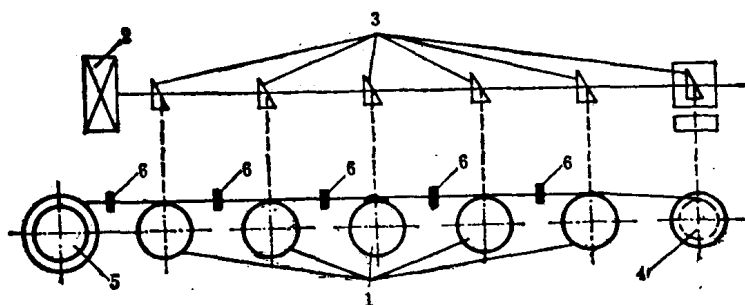


图 6 线材多次拉伸机的示意图

1—拉伸绞盘；2—公用传动装置；3—皮带轮和齿轮传动系统；4—收线线轴；5—线架；6—拉模

将绕于线架 5 上的线坯预先弄尖的端部拉过第一个模子 6，缠绕到第一个拉伸绞盘上，然后将线端拉过第二个模子，再缠绕到第二个绞盘上。就这样喂料，直到线材固定到收线线轴 4 上为止。

不过，多次拉伸机推广得非常慢，到十九世纪末这种方法还只在几个企业中使用。

在俄罗斯，多次拉伸机于 1893 年首次安装于 B. 阿列克谢耶夫金线厂^[1]。

在以后的年代里，多次拉伸的应用得到了推广。如在 1901 年，单在 B. 阿列克谢耶夫厂就使用了四十多台多次拉伸机。多次拉伸方法的掌握，可使拉伸速度大大提高，达到 5~6 米/秒，同时还能使生产率大约提高 9 倍^[1]。

拉伸工具的日臻完善，促进了拉伸技术的发展。碳钢拉线板逐步为合金钢（钨钢、钼钢、铬钢）拉模所代替。这些模子有较高的耐磨性，磨损后也较易修复。拉伸生产的重要发展阶段是使用坚硬的钻石（蓝宝石、红宝石、金刚石）模。不过这类模子打孔非常困难。最初是用淬火钢针进行手工钻孔，而从十九世纪末以来，则在机床上进行钻孔。钻孔时钻石表面上加骨髓油与金刚石粉的混合物。金刚石拉模的孔径变动范围较广，为 0.02~3 毫

米。最常用的模孔形状是圆锥圆柱形和双圆锥圆柱形。

钻有孔的钻石放到铜套中，其间隙中浇入熔融的锡，然后再把用这种方法制得的拉模装到拉床的模座中。

金刚石拉模的制造工艺要求花费很多劳动。但这是值得的，因为金刚石拉模具有很高的耐磨性，约为钢模的500~1000倍。

金刚石拉模磨损时，可重新扩钻成较大尺寸的拉模。

虽然金刚石拉模的技术指标很高，但其应用却因价格高和原料稀缺而受到了限制。因此进行了寻找金刚石代用材料的科研工作。只是在本世纪三十年代才找到了令人满意的解决办法，当时在苏联、美国和德国出现了以碳化钨为基的金属陶瓷硬质合金模的制造工艺。

硬质合金模的耐磨性大大超过了钢模的耐磨性。因此就有可能将拉伸速度提高到12~15米/秒，就有可能少用金刚石模，即只在模孔直径为1毫米的情况下，才使用金刚石模，因为在这种条件下，金刚石模的耐磨性约为硬质合金模的40倍^[1]。

十八世纪末到十九世纪初，工业的发展要求试生产新的冶金制品。其中最重要的就是管材，其需要量因蒸汽机应用日广而不断增长。

到十八世纪八十年代，人们开始掌握了管材拉伸生产工艺。当时研究出了将板材卷曲并钎焊成铅管，然后拉伸定径的方法。后来这一工艺又用来生产直缝铜管和铁管。

在十九世纪初叶开始生产无缝铅管。管坯用中心装有钢芯的锭模浇铸而成。然后将坯料套到直径稍小于坯料内径的长芯棒上进行拉伸，这样既能减薄管壁厚度，又能增加管子的长度，同时管子又能得到精确的尺寸（图7）。无缝铜管的制造工艺在1838年取得了专利权^[1]。空心管坯也是铸造成的，拉伸用长芯杆进行。

1851年，无缝钢管生产法取得了专利权。按照这一方法，是将铸造后锻造的坯料钻孔，再用短芯头拉伸^[1]（见图1，c）。这一工艺难度很大，生产率低，导致产生大量金属废料。

曼乃斯曼兄弟（Маннесман М.和Р.）于1885年发明了斜