

拉丝模 与润滑剂

• 于仁伟 谢铁桥 编著 •

中国轻工业出版社

拉丝模与润滑剂

于仁伟 谢铁桥 编著

中国轻工业出版社

(京) 新登字034号

内 容 提 要

本书主要阐述拉丝工具——拉丝模和拉丝润滑剂两部分内容。对硬质合金拉丝模、天然金钢石拉丝模及人造金钢石拉丝模的型号标准、孔型设计、机械研磨、特种加工、模具寿命、制造设备、生产管理；干式及湿式拉丝润滑剂的主要成分、分类选用、反应原理、制造方法、国内外使用及配方实例作了较详细的阐述。

该书可供黑色金属制品、有色金属线缆行业的拉丝技术人员、操作人员、拉丝模生产厂家、拉丝润滑剂制造厂家的工艺人员、作业人员参考，也可作为大中专学校学生的参考书或自学用书。

拉丝模与润滑剂

于仁伟 谢铁桥 编著

中国轻工业出版社出版

北京东长安街6号

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

787×1092毫米1/32印张：15.5字数：338千字

1991年12月 第1版第1次印刷

印数：3,000定价：11.90元

ISBN7-5019-1096-0/TS·0746

前 言

黑色金属的钢丝、钢丝绳及有色金属的电线电缆的拉丝行业，自建国以来有了很大的发展，它们的产品已经广泛地用于国民经济的各个领域。随着改革开放政策的贯彻执行，拉丝行业的许多厂家，引进了先进工业国家的高速拉丝机，进一步促进了拉丝行业的发展。

拉丝设备性能和拉拔速度的提高，迫使人们对拉丝的重要工艺条件：拉丝模和润滑剂（广义的润滑剂，包括润滑载体）的质量提出了更高的要求。引进和国产化的高速拉丝机，往往因为拉丝模和拉丝润滑剂不能适应高速拉丝、不能适应一些特殊产品的要求，严重地影响了拉丝机的稳定高速生产，达不到预计的经济效益，使拉丝厂家深深感到解决拉丝模具和拉丝润滑剂的质量问题的重要性和紧迫性。因此，近年来拉丝行业的志士仁人都致力于拉丝模与润滑剂的研究与开发。

拉丝行业的参考书籍，自建国以来曾出版过几种，又多为翻译之作，遇到问题总感手头拮据，没有一本适合我国国情的借鉴之作，虽然每种论述拉丝的书籍必言模具、润滑，但内容又都不深刻不详实，专门论述拉丝模和拉丝润滑剂的参考书籍尚属空白。鉴此，作者愿将25年来对拉丝模及拉丝润滑剂研究、制造、使用的经验作一总结，希望能使行业同仁获得一点启发，起到抛砖引玉的效果。

由于本书涉及拉丝的摩擦、磨损、润滑方面的问题，亦

即目前世界上正在研究中的“拉丝摩擦学”的内容。其中一些问题目前仅限于定性研究，尚没有定量的结论，可供参考的国内外资料又甚少，加之作者水平有限，时间仓促，难免有不当之处，诚望得到读者批评指正。

作者

1980年10月

目 录

第一章 拉丝简论	1
第一节 拉丝小史	2
一、拉丝历史	2
二、拉丝模与润滑剂历史	5
第二节 丝材在模孔内的受力分析	7
一、丝材所受的力及作功	7
二、影响拉拔的因素	12
第三节 钢丝拉拔中的几个概念	15
一、变形程度指数	15
二、连续拉丝机的配模计算	17
三、钢丝性能的几个术语	18
第二章 拉拔中的摩擦与润滑	20
第一节 干摩擦	21
一、金属表面是粗糙的	22
二、金属间的接触面	26
三、干摩擦	27
第二节 润滑状态下的摩擦	28
一、流体润滑状态	29
二、混合润滑状态	31
三、边界润滑状态	32
第三节 边界润滑	33

一、拉丝润滑剂的导入·····	34
二、润滑膜形成机理·····	38
第四节 影响摩擦系数的因素·····	46
第五节 拉丝中的粘附现象·····	53
一、拉拔中的发热·····	54
二、粘附产生的简单机理及影响因素·····	58
三、防止粘附的措施·····	66
第三章 拉丝模概论 ·····	71
第一节 拉丝模的分类·····	71
一、按材质分类·····	72
二、按结构分类·····	81
三、按拉拔特点分类·····	83
第二节 拉丝模的材质·····	86
一、天然金刚石·····	86
二、人造金刚石·····	88
三、硬质合金·····	90
第三节 拉丝模结构·····	97
一、模套·····	93
二、拉丝模孔型的几何形状·····	100
第四章 硬质合金拉丝模 ·····	104
第一节 硬质合金的牌号、型号及标准·····	104
一、合金牌号的选择·····	105
二、型号的选择·····	107
三、标准·····	103
第二节 孔型设计·····	110
一、“圆滑过渡”理论·····	112
二、“直线型”理论·····	121

三、孔型设计	132
第三节 制造工艺	143
一、模坯加工	143
二、装套工艺	144
三、机械研磨	153
第五章 金刚石拉丝模	171
第一节 材质简介	171
一、天然金刚石矿石	171
二、人造金刚石	173
三、金刚石坯料的牌号和型号	175
四、标准	177
第二节 孔型设计	181
一、天然金刚石拉丝模的结构和孔型	181
二、人造金刚石拉丝模的结构和孔型	183
三、与硬质合金模孔型的区别	184
第三节 制造工艺	185
第四节 使用金刚石拉丝模的注意事项	192
一、模具的管理	192
二、实例对比	193
第六章 特种加工与异型拉丝模	197
第一节 电解加工	198
一、电解加工过程及特点	198
二、电解的基本原理	200
三、电解加工操作及管理	206
四、电解中模具常见缺陷	213
第二节 电火花加工	213
一、电火花加工原理	213

二、影响电火花加工及质量的因素	216
三、电火花加工中的管理	219
第三节 激光加工	220
一、激光加工基本原理	221
二、激光加工的特点	223
三、影响激光加工的主要因素	224
第四节 超声波加工	225
一、超声波加工的原理	225
二、超声波加工的特点	226
第五节 异型拉丝模	226
第七章 拉丝模寿命	228
第一节 拉丝模的磨损	228
一、磨损的概念	229
二、硬质合金拉丝模的磨损	235
三、金刚石拉丝模的磨损	237
四、拉丝模寿命的计算	237
第二节 影响寿命的因素	241
一、模坯材质	242
二、拉拔金属的机械性能	242
三、模具设计和制造	243
四、润滑状态	244
五、拉拔工程	245
第三节 组合模与流体润滑	246
一、组合模结构及其发展	247
二、组合模制造要点	252
三、组合模使用要点	253
四、组合模的优点与存在的问题	255

第四节	拉丝模孔表面强化	257
一、	硬质合金拉丝模渗硼	258
二、	硬质合金拉丝模硼铜共渗	268
三、	硬质合金模离子沉积覆层	270
第八章	制模设备	274
第一节	装套及研磨设备	275
一、	割套、装套设备	275
二、	研磨设备	280
第二节	电解及电火花加工机床	286
一、	电解研磨机床	286
二、	电火花加工设备	290
第三节	激光加工机和超声波研磨机	293
一、	激光加工基本设备简介	293
二、	超声波研磨机	295
三、	电火花与超声波技术的发展	299
第四节	检测设备	301
一、	PTS-200拉丝模孔型测量记录仪	302
二、	高倍体视显微镜	308
三、	拉丝模直径测量仪	310
第九章	制模车间的设计与管理	312
第一节	制模车间的设计	312
一、	车间设计	312
二、	设备与人员	314
第二节	车间管理	316
一、	模具的运行记录	316
二、	库存管理帐簿	316
三、	管理卡片	318

四、其它	319
第十章 润滑剂概论	321
第一节 拉丝润滑剂的概况与分类	321
一、拉丝润滑剂概况	322
二、拉丝润滑剂的分类	324
第二节 润滑剂的作用	325
第三节 润滑剂的选择	327
一、按拉拔材质选择	328
二、按拉拔前线材表面准备情况选择	328
三、按产品要求选择	340
四、其它	342
第十一章 干式拉丝润滑剂	344
第一节 脂肪酸皂类	345
一、天然脂肪酸	345
二、合成脂肪酸	348
三、钙皂与钠皂	350
第二节 各种性能的添加剂	352
一、无机物添加剂	352
二、固体添加剂	354
三、油性添加剂	358
四、防锈添加剂	359
第三节 极压添加剂	360
一、极压剂的种类	360
二、极压剂作用机理	365
三、极压剂的用量	369
第四节 润滑剂的评价	369
一、润滑剂的基础特性	371

二、润滑剂的评价	377
第十二章 湿式拉丝润滑剂	387
第一节 水溶性润滑剂	388
一、乳化液	388
二、肥皂水溶液	390
三、性能添加剂	390
第二节 油溶性润滑剂	398
一、粘度指数改善剂	399
二、极压剂	401
三、消泡剂与防锈剂	401
四、抗氧化剂	403
第三节 液体润滑剂的评价	403
一、水溶性润滑剂	403
二、油溶性润滑剂	406
第四节 润滑液的管理	407
一、乳化液的管理	408
二、几种简单试验	410
第十三章 润滑剂的制造及国内外实例	414
第一节 润滑剂制造中常用名词	414
第二节 润滑剂的制造	420
一、原料	421
二、工艺流程	422
三、制造润滑剂的设备	424
第三节 国内润滑剂配方实例	425
一、天津1#钙皂	426
二、合成脂肪酸钠皂	428
三、高速润滑剂	431

四、DHL 润滑剂	436
五、特殊用途润滑剂	438
第四节 国外润滑剂配方实例	440
一、国外润滑剂的剖析	442
二、国外专利简介	445
第十四章 拉丝工艺、拉丝模及润滑剂	460
参考文献	479

第一章 拉丝简论

在金属压力加工中,在外力作用下使金属强行通过模具,金属横截面积被压缩,并获得所要求的横截面形状和尺寸的金属加工方法称为拉丝。而使其改变形状、尺寸的工具称为拉丝模。

用拉丝方法加工的黑色及有色金属的丝材,具有尺寸精确、表面质量高,容易变换品种规格,加工设备简单、操作方便等特点,所以它的产品广泛地应用于轻工业、建筑业、运输业、机械电机制造业、现代电力通讯业、汽车、轮船制造业等,是各行业的重要材料和部件。随着国民经济和科学技术的发展,拉丝行业必定会得到进一步的发展。

有色金属和黑色金属在其再结晶温度以下的拉拔一般叫冷拉拔,简称冷拉。对于一些难变形的金属及合金钢,常因其塑性差,不易进行冷加工,往往需将其加热至再结晶温度以上,这种拉拔称为热拉拔,简称热拉。

在正常的拉丝加工中,从使用润滑剂型式不同,分为干式拉丝和湿式拉丝。使用干燥粉粒状润滑剂的是干式拉丝。使用水溶性或油溶性液体润滑剂的是湿式拉丝。

按照成品丝材横截面形状的不同,可以分为圆形丝和异型丝。在拉丝行业中绝大多数产品都是圆形丝,而拉拔正方形、三角形、六角形、椭圆形、矩形等各种非圆形的丝材统称为异型丝。拉拔这种丝材所用的模具也称为圆形拉丝模和异形拉丝模。由于圆形拉丝模使用极普遍,所以一般说的拉

丝模均指圆形模而言。

在拉丝工程中，当拉拔工艺确定后，保证生产顺利进行的因素概括起来有三大要素六个字：冷却、模具、润滑。

拉丝中的冷却系统是比较重要的，但是它基本上在设备制造时已经考虑了。有的拉丝机不仅配有水冷，还有风冷。因此，只要在生产中注意正确操作、合理使用冷却设备即可。

这样，拉丝模和润滑剂成了保证拉丝工艺正常顺利进行的关键。在拉拔过程中这两种因素稍有欠佳，即不能达到产品质量要求也不能继续拉拔。因此，本书具体谈讨这些问题。

进入 80 年代以来，我国工业发展很快，不少厂家从工业先进国家引进了不少性能高、速度快的高速拉丝机。但是一些厂家不能很快地达到拉丝机的设计能力，实现稳定的高速生产，其问题主要集中在润滑剂（包括线材表面的润滑载体涂层）的使用性能和拉丝模的使用寿命上。尤其在拉拔中，高碳钢丝、合金钢丝，模具的寿命就更成为达到稳定高速生产的关键。

为了提高生产率，获得良好的经济效益，有效地解决润滑剂、拉丝模的高速使用状况，本行业中不少科技工作者都着眼于拉丝模与润滑剂的研究工作，并且取得了一些可喜的成果。

第一节 拉丝小史

一、拉丝历史

追溯拉丝的历史，无论国内和国外都有悠久的记载。

古代人们只知道用锤锻的方法制造丝材，圣经中就有所记载：“他打金并切成条，俾能和黄丝交织”^{〔1〕}。

国外欧洲拉丝的发明远始于 1 世纪和 4 世纪之间，当时制造钢丝是采用特别纯净、柔韧致密的铁，在明火中加热后，尽可能地锻细，磨去锈皮后使用“模板”进行拉拔。加工硬化后，在普通的敞口木炭炉内退火变软，再进行拉拔。

人们为了减轻劳动强度，发明了“摇篮”、“秋千”拔丝方法。人座在摇篮和秋千上，将粗坯料穿过模板后，用钳子夹住，可以用力地向后拉拔，十分安全。直到 18 世纪，瑞典、俄国还存有这种方法。

随着工业的发展，“秋千拔丝”的历史结束了。人们发明了将拉丝模装在两个可以旋转的、装在桌子上的转筒之间，坯料绕在其中一个转筒上，将坯料穿过拉丝模绕在另一个装有旋转手柄的转筒上的时候，坯料线材被拉细。这种方法曾被称为“旋转筒”拉丝，到 13 世纪后期曾被水利拉丝装置所取代。

第一座水利拉丝装置，大约在 14 世纪的上半叶建成，一直延用至 18 世纪。当时，采用水利的拉拔机床进行拉丝只仅限于拉拔低碳钢丝。

在 1820 年基本上完成了由线材至细丝拉拔的工艺过程。用锤锻方法制造出较细的坯料线材，利用水利的拉拔机床拔成粗丝，最后用转筒拉丝方法拔成细丝。在这一年欧洲首先使用了金刚石拉丝模。

1851 年瑞典人发明了轧钢方法，1860 年诞生了第一套线材轧机，1878 年摩根把轧机改造成用蒸汽机驱动的 16 架水平连续式轧机。从而使拉丝原材料——线材的生产有了很大的进步。从而促进了拉丝行业的发展。

1880 年制成了“纵列拉丝机”实现了拉丝生产连续化，本世纪 20 年代又发明了硬质合金拉丝模，这样辅以润滑和工艺

就更加成功地实现了稳定的连续拉丝生产,并且能够拉拔粗、中、细规格的钢丝^[1]。

2000多年前我国劳动人民就懂得了使用锤锻方法制造金属丝。17世纪明朝著名科学家宋应星,在担任分宜县教谕时编着了《天工开物》一书。在该书第十卷锤锻《针篇》中写道:“凡针先锤铁为细条,用铁尺一根,锥成线眼,抽过条铁成线,逐寸剪断为针……”。^[2]详尽地记述了拔丝制针的全过程。

“锤铁为细条”可以理解为制造线材,“铁尺”即为模板也就是现在的模坯,“线眼”就是成品模具,直至现在有些地区仍然把拉丝模叫作“线眼”。

60年代中期在北京十三陵定陵出土的明朝万历皇帝殉葬品之一的金丝皇冠,就是用拉拔成极细的黄金丝编织而成的。

这些都表明,在欧洲18世纪工业复兴时期之前,我国的拉丝技术是处于较先进的地位。但是从清朝直至1949年以前,我国处于半封建半殖民地社会,工业发展缓慢,有些远远落后于世界上其它工业发达国家的水平。

新中国建立以来,拉丝行业随国民经济的迅速恢复而不断增长。仅对拉拔钢丝而言,在建国初期只有少数几个城市如天津、鞍山、大连、上海等能够拉拔钢丝。随着国家建设的发展,湖南、江西、宁夏、湖北、陕西、北京、四川、山西、江苏、浙江、吉林、广东等除少数省外,都先后建立了拉拔钢丝和有色金属丝的拉丝工业。

在拉丝工艺和设备方面现在也都有了很大的发展,产品结构合理、门类齐全,一些产品的质量已经达到国际同类产品的水平。