



锻件生产技术丛书

中国锻压协会 编著

锻造模具与润滑

本书分为模具与润滑技术两篇，分别论述了锻造模具材料和制造技术及模具润滑和毛坯润滑技术的机理、新发展及其在提高企业竞争力中的作用。



国防工业出版社
National Defense Industry Press

锻件生产技术丛书

锻造模具与润滑

中国锻压协会 编著

国防工业出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书由模具和润滑两部分组成。模具篇主要论述锻造模具材料(热作模具材料和冷作模具材料及其特性、选用原则和导引)、模具制造(数控加工、电加工、热处理、表面强化和改性)、模腔特种成形技术(挤压、熔模精铸、堆焊制造与维修)和模具的失效与延寿。润滑篇从研究锻造过程的摩擦入手,论述热锻、冷锻、温锻和等温锻模具及毛坯的润滑与防护工艺及润滑剂的使用范围,介绍了摩擦系数的测量方法以及常用润滑剂的性能及其评估。介绍了镀层、磷酸盐和草酸盐反应涂层等,还介绍了高分子、环保型和玻璃润滑剂等。

本书适于作为企业在职锻造技术人员和技术管理人员的培训教材或自学用书,也可作为高等和专科学校机械和冶金系师生及相关人士的教学和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

锻造模具与润滑/中国锻压协会编著. —北京:

国防工业出版社, 2010. 1

(锻件生产技术丛书)

ISBN 978-7-118-06623-4

I. ①锻... II. ①中... III. ①锻模②锻造-润滑

IV. ①TG315.2②TG316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 220559 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 29½ 字数 765 千字

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 120.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

《锻件生产技术丛书》组织机构

策划与出版委员会

主 任	张 金		
委 员	韩木林	齐俊河	纪 宏
秘 书 长	白玉冰		

顾问委员会

名誉主任	何光远	李社钊			
主 任	缪文民				
副 主 任	蔡 墉	杜忠权			
委 员	(以姓氏笔画为序)				
	王仲仁	王晓燕	阮雪榆	孙友松	杜豪年
	李成功	李永堂	宋玉泉	周义刚	胡正寰
	侯哲平	徐华东	聂绍珉	夏巨湛	夏汉关
	栾新民	曹春晓	曾凡昌	谢 谈	潘祖武

编写委员会

主 任	王乐安			
副 主 任	高 新	赵一平		
委 员	(以姓氏笔画为序)			
	王乐安	白玉冰	周 杰	赵一平 胡亚民
	高 新	章立预	蔡建明	

《锻造模具与润滑》编委会

主 编 王乐安

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 焱	王乐安	左其福	付传锋	伏金娟
刘仁培	李凤梅	杨大勇	陆 峰	范广宏
周永松	赵一平	赵光普	胡亚民	段素杰
高玉魁	韩冬生	颜 斌		

主 审 李光远 蔡建明

总 序

锻压行业的同仁们,期盼已久的第一套《锻件生产技术丛书》终于出版了!这是中国锻压协会、中国锻压行业一项具有开创性的工作!

随着中国经济的发展,锻压概念无论是内涵还是外延都得到了巨大的发展。中国锻压协会涵盖的锻压不仅仅是锻造与冲压的总和,还包括了钣金、金属制作和其他塑性成形有关的工业领域。锻压是制造业的重要基础工艺,在国民经济和国防建设中具有重要作用与地位。

由于受“工艺性”行业观念的影响,锻压行业一直没有受到制造业界的足够重视,行业生产技术文献少的可怜,更没有一套系统地对行业技术进行总结、研究和展望的著作。基于这样的情况,中国锻压协会根据国内锻压行业发展的迫切需要,筹备出版系列锻压行业生产技术丛书。

经过多年的策划,2007年起邀请90余位专家、学者和工程技术人员历时两年多编撰了这部十册约700余万字的《锻件生产技术丛书》。在未来几年内,中国锻压协会还将组织编撰出版有关冲压、钣金与金属制作方面的生产技术丛书。

《锻件生产技术丛书》在继承前人的科研成果和生产经验基础上,以金属塑性变形理论为指导,借助数值和物理模拟技术,挖掘工艺、设备和相关边缘技术的潜力,为企业实现高效、精密和低成本地生产优质锻件、提升企业的市场竞争力和可持续发展服务。本丛书以其实用性、先进性和前瞻性对从事锻造技术科研、生产和教学的工作者有参考价值和引导作用,本丛书特别适于用作培养年轻锻造技术人员的教材。

在这套丛书出版之际,谨向所有参加编撰辛勤工作的专家、学者和工作人员,致以衷心地祝贺和感谢!



2009年8月于北京

序

在全球化的大潮中,恰逢改革开放 30 周年,业已成为世界制造业大国的我国,作为机械制造基础的锻造工业正面临着迈入“世界大国”行列的挑战和机遇。面对挑战并能抓住这个机遇的诸多关键因素之一应为是否拥有足够且胜任锻造技术的人员。

为了适应向社会主义市场经济转轨和发展的需要,我国的大学教育方针早已从 20 世纪 50 年代开始实行的专才教育变为通才教育,此种改变无疑为大学毕业生打下较为宽广的知识基础,并为其创造多种多样的就业机会;但也造成他们中间多数人在走上工作岗位时缺乏必要的较为深入的专业知识,从而需要进行短期培训以充实应对生产的迫切需要。

上述情况使我国锻造企业历来缺乏人才储备的状况而更加严重。中国锻压协会有鉴于此,决定聘请 90 余位既富基础理论、又富实践经验且长期工作在锻造科研、生产和教学第一线的专家们编撰这部《锻件生产技术丛书》,以纾企业燃眉之困。

本丛书立足于锻件生产实际,从锻件材料所固有的“锻造工艺性能”和反映设备动力学和结构特征的“设备使用特性”切入,按照“锻件(材料、参数)”、“工艺(参数)”和“设备(使用特性)”三者锻件生产过程中相克相成的关系,介绍各种锻造设备和锻造工艺的特点、原理、应用范围及其发展前景,并列举众多典型实例以为佐证。

本丛书共分十册,包括《金属锻造原理》、《锻造工艺模拟》、《自由锻造》、《模锻工艺及其设备使用特性》、《冷锻与温锻》、《特种锻造》、《特种合金及其锻造》、《汽车典型锻件生产》、《锻造模具与润滑》和《锻造加热与热处理及节能环保》。

本丛书的主要特点有:

1. 强调优质、精密、高效和大型零件的锻造技术

本丛书重点介绍以汽车典型锻件为代表的模锻技术、以航空航天器关键零件为代表的特种合金锻造技术和以基础工业(例如能源机械)大型零件为代表的大锻件自由锻造技术。在强调质量、精度和效率的同时,突出实用性。

2. 推广工厂急需的先进技术

本丛书根据目前我国锻造企业提高质量、改进管理和降低成本的实际需要,有针对性地推荐国内外成熟的有关技术,包括原理、工艺、工模夹具设计和制造及其实例。它们分别是:“冷温锻件生产技术”、“模具堆焊制造和维修技术”、“机械压力机恒载荷精锻技术”、“少无污染的润滑技术和玻璃防护润滑技术”和“辊锻制坯技术”等。这些技术既可直接移植于生产实践,亦可借鉴,收“触类旁通”之效。

3. 重视尖端前沿技术

本丛书为开阅读者视线,跟踪了解世界锻造技术的发展趋势,介绍了目前尚处于研究发展阶段的国内外先进锻造技术。它们是:“粉末高温合金的超塑性锻造”、“等温锻造和热模锻造技术”、“难变形合金的喷射成形技术”、“半固态成形技术”和“锻件组织模拟技术”等。

4. 提倡“边缘科学技术”和传统锻造技术结合,以提升企业总体竞争力

随着计算机技术的迅猛发展、节能和环保意识在全世界范围内的觉醒,本丛书特别提倡将数值和物理模拟、模具和润滑等“边缘科学技术”应用于锻造工艺,将节能和环保措施贯穿于锻件生产的全部过程,并以其施行之程度视为衡量锻件生产水平高低的标准。实践证明这些“边缘科学技术”一旦和锻件生产相结合,将有助于优化锻造工艺、确保锻件质量、节约资源、提高生产效率和改善自然环境,从而获得降低成本和提升企业总体竞争力的效果。

由此可见,本丛书兼顾理论和实用、现状和发展;文字力求简洁;叙述力求通顺;实为初登锻造技术岗位的大学毕业生用以学习锻造基本知识和在职锻造技术人员提高解决实际生产问题能力的理想教材;亦为在校的机械、冶金和材料专业师生或在职的工程技术人员扩大知识面或了解锻造技术发展趋势的理想参考资料。

王乐安

2009年10月

前 言

按照学科分类,模具与润滑技术是两门截然不同的工程技术学科,由于锻造过程中工件与模具的摩擦(研磨)和粘着,把二者融合在这本专业性很强的著作中,使二者以各自的最新技术,从不同角度共同为提高锻造生产率、质量、降低成本和改善工作环境服务,从而提升锻造企业综合技术水平和市场竞争力。

本书从实用角度出发,全面介绍了锻造模具和润滑技术。针对不同的模锻工艺推荐经济、合理的模具材料、制造技术与润滑工艺,以延长模具寿命、减少能源消耗、提高锻件组织的均匀性、尺寸精度和表面质量,并减少环境污染和改善劳动条件,从而获得锻件生产的整体效益。同时,也展现模具和润滑技术在提高锻造企业的市场竞争力和环境保护中的重要性,以引起人们的重视。

本书分为两篇,模具篇(第一章至第五章)为锻造模具材料、制造与失效分析;润滑篇(第六章至第十一章)为锻造过程的摩擦与模具的润滑和毛坯的防护及润滑。

在第一章和第六章中,分别论述了锻造模具和润滑及其在锻件生产中的作用、分类、应用现状及发展,锻造模具的工作环境、失效及其提高经济性的措施以及模锻件生产对润滑的要求和润滑剂性能的评估等。

在第二章中,论述了锻造模具材料及其分类、特性、热作模具钢和冷作模具钢及其特性、常用和新型锻造模具材料及其性能、模具材料的选用原则和导引。

在第三章中,论述了模具(常规)制造技术,包括模具的数控加工技术、电加工技术、热处理技术、表面强化和改性技术。

在第四章中,论述了模具模膛的特种成形技术,包括模具模膛挤压技术、熔模精铸锻造模具技术、模具堆焊制造与维修技术。

第五章论述了锻造模具的失效与延寿,包括模具的失效、寿命及其影响因素以及延长模具寿命的措施等。

第七章至第十一章从研究锻造过程的摩擦入手,论述热锻、冷锻、温锻和等温锻造模具及毛坯的润滑与防护工艺及润滑剂的使用范围,介绍了摩擦系数的测量方法以及常用润滑剂的性能及其评估。介绍了高分子、环保型和玻璃润滑剂等,还介绍了镀层、磷酸盐和草酸盐反应涂层等。

第一章和第六章由王乐安撰写,第二章由左其福、颜斌、赵光普和王乐安撰写,第三章由王焱、杨大勇、伏金娟、韩冬生、左其福、颜斌、高玉魁、陆峰和王乐安撰写,第四章由胡亚民、

付传锋、赵光普、刘仁培撰写,第五章由赵一平和王乐安撰写,第七章由李凤梅、王乐安、范广宏和周永松撰写,第八章由范广宏和周永松撰写,第九章由范广宏、周永松、段素杰和李凤梅撰写,第十章和第十一章由范广宏、周永松和段素杰撰写。全书由王乐安统稿,李光远和蔡建明审定。

本书在撰写过程中参阅了中国锻压协会历次学术会议的报告和文集,书中没有一一列出,在此表示诚挚的感谢!

最后,非常感谢中国锻压协会白玉冰先生的大力协助,在此深表谢意。

王乐安

2009年10月

目 录

模具篇——锻造模具材料、制造与失效分析

第一章 模具与锻件生产	2
1.1 锻模及其在锻件生产中的作用	2
1.2 锻造模具分类	2
1.3 锻造模具的工作环境	3
1.4 锻造模具的失效	4
1.5 模具对锻件经济性的影响	5
1.5.1 模具材料对锻件经济性的影响	5
1.5.2 模具制造工艺对锻件经济性的影响	6
1.5.3 模具的热表处理工艺对锻件经济性的影响	6
1.5.4 模具使用和维护对锻件经济性的影响	7
1.5.5 锻造设备对模具寿命和锻件经济性的影响	7
1.6 提高模具经济性的措施	8
1.6.1 提高模具寿命又降低模具成本的措施	8
1.6.2 提高模具寿命又基本不提高锻模成本的措施	8
1.6.3 大幅度提高模具寿命而只少许增加模具成本的措施	9
1.6.4 模具寿命与模具成本同步提高的措施	9
1.7 模具技术现状及发展	9
1.7.1 模具材料的现状及其发展	9
1.7.2 模具制造技术现状及发展	14
参考文献	18
第二章 锻造模具材料	20
2.1 概述	20
2.1.1 锻造模具的工作环境及其对材料的要求	20
2.1.2 锻造模具材料的分类	22
2.2 锻造模具材料的化学成分及合金化	23
2.2.1 常用锻造模具钢的化学成分	23
2.2.2 模具材料的合金化	26
2.3 常用热作模具钢及其特性	27
2.3.1 概述	27
2.3.2 常用模具钢的力学性能	28

2.3.3 典型热作模具钢性能对比	29
2.4 常用冷作模具钢及其特性	36
2.4.1 概述	36
2.4.2 常用冷作模具钢的使用特性	37
2.5 等温锻造模具材料	41
2.5.1 等温锻造对模具材料的要求	41
2.5.2 等温锻造用模具材料的性能	41
2.5.3 等温锻造用模具材料的应用概况	44
2.6 模具材料的选用	46
2.6.1 模具材料的选用原则	46
2.6.2 模具材料选用导引	48
参考文献	58
第三章 锻造模具的制造技术	59
3.1 锻造模具的数控加工技术	59
3.1.1 数控加工技术概述	59
3.1.2 数控机床基础	66
3.1.3 数控加工刀具系统	69
3.1.4 数控加工工艺	72
3.1.5 计算机辅助设计与辅助制造基础	75
3.1.6 锻模数控加工应遵循的原则	76
3.1.7 锻造模具数控加工实例	77
3.2 锻造模具的电火花加工技术	80
3.2.1 概述	81
3.2.2 电火花成形加工技术	85
3.2.3 电火花线切割加工技术	109
3.2.4 电火花加工表面缺陷及其控制	125
3.3 锻造模具的热处理	130
3.3.1 概述	130
3.3.2 热作模具热处理工艺	131
3.3.3 冷作模具热处理工艺	137
3.3.4 模具热处理常见缺陷及其控制	142
3.3.5 模具的新型热处理技术简介	146
3.3.6 提高模具寿命的热处理工艺实例	149
3.4 锻造模具的表面强化与改性技术	151
3.4.1 概述	151
3.4.2 模具的使用性能需求与存在问题	153
3.4.3 模具的表面强化与改性技术	154
3.4.4 表面强化与改性技术在模具中的应用	154
3.4.5 模具表面强化与改性技术应用实例	162
3.4.6 纳米制造与非晶涂层制备技术简介	164

参考文献	166
第四章 锻造模具模膛的特种成形技术	168
4.1 锻造模具模膛挤压技术	168
4.1.1 模膛挤压成形的特征	168
4.1.2 模具模膛的轴向冷挤压	180
4.1.3 模具模膛的热挤压	189
4.1.4 模具模膛的温挤压	193
4.1.5 模具模膛的超塑性挤压	197
4.1.6 精确模膛的特种成形技术	202
4.2 熔模精铸锻造模具技术	206
4.2.1 概述	206
4.2.2 锻造模具熔模精铸工艺	208
4.2.3 计算机技术在熔模铸造模具中的应用	235
4.2.4 熔模精铸锻模的冶金质量控制和尺寸精度	242
4.2.5 熔模精铸锻模典型实例	247
4.3 锻造模具堆焊制造与维修技术	249
4.3.1 概述	249
4.3.2 热作模具的工作环境、失效形式与对性能的要求	250
4.3.3 模具堆焊方法及其选择	255
4.3.4 模具堆焊材料及其选用原则	258
4.3.5 热作模具钢的焊接性及模具堆焊修复工艺	263
4.3.6 模具堆焊制造的常见缺陷与预防措施	268
参考文献	271
第五章 锻造模具的失效与延寿	273
5.1 概述	273
5.1.1 模具寿命对锻件生产的影响	273
5.1.2 锻造模具寿命现状	273
5.2 锻造模具的失效	274
5.2.1 模具失效的概念	274
5.2.2 模具失效的类型	275
5.3 影响模具寿命的主要因素	281
5.3.1 锻件参数对模具寿命的影响	281
5.3.2 设备特性对模具寿命的影响	282
5.3.3 模具材料对模具寿命的影响	283
5.3.4 锻造工艺和模具结构对模具寿命的影响	283
5.3.5 制造工艺对模具寿命的影响	283
5.3.6 模架结构和精度对模具寿命的影响	283
5.3.7 使用、维护和管理对模具寿命的影响	284
5.4 延长锻造模具寿命的措施	284
5.4.1 模具材料的选用	284

5.4.2 优化锻造工艺和模具设计	289
5.4.3 提高模具制造质量	295
5.4.4 合理选择模具热处理工艺	297
5.4.5 利用表面处理技术提高模具寿命的实例	300
5.4.6 正确使用和维护模具	301
5.4.7 提高模具寿命的其他措施	305
5.5 挖掘模具寿命潜力的实例	305
5.5.1 SL 轿车连杆锻模寿命的对比实验	305
5.5.2 连杆盖摩擦压力机锻模的延寿	307
参考文献	308

润滑篇——锻造过程的摩擦与润滑

第六章 润滑与锻件生产	310
6.1 润滑及其在锻件生产中的作用	310
6.2 锻造润滑剂及其分类	311
6.3 模锻工艺对润滑和防护的要求	312
6.4 锻造润滑剂应用现状及发展	314
6.4.1 热锻润滑剂	314
6.4.2 冷锻润滑剂	319
6.4.3 温锻润滑剂	321
6.4.4 润滑剂性能的测试与评估	322
参考文献	322
第七章 锻造过程的摩擦学	323
7.1 摩擦	323
7.1.1 摩擦客观存在及其两面性	323
7.1.2 摩擦及其特性	323
7.1.3 摩擦的应用实例	328
7.1.4 减少摩擦损耗的措施	330
7.2 锻造过程的摩擦学基础	331
7.2.1 锻造摩擦学的含义	331
7.2.2 摩擦表面的特性	332
7.2.3 锻造过程的摩擦学特征	337
7.2.4 摩擦对锻造过程的影响	342
7.3 锻造模具的磨损	343
7.3.1 磨损及其类型	343
7.3.2 锻模工作环境对磨损的影响	348
7.3.3 锻模磨损与机械磨损的比较	349
7.4 锻造摩擦副的润滑	350
7.4.1 锻造摩擦副的润滑状态	350
7.4.2 锻造摩擦副的固体润滑	352

7.4.3	摩擦副的流体膜润滑	353
7.4.4	锻造摩擦副的边界膜润滑	354
7.4.5	锻造润滑与机械润滑的比较	357
7.5	锻造过程的摩擦学对企业竞争力的影响	358
	参考文献	358
第八章	锻造模具的润滑技术	360
8.1	概述	360
8.2	冷锻模具润滑剂	360
8.2.1	冷锻工艺对润滑剂的要求	360
8.2.2	冷锻模具润滑剂的配方	361
8.2.3	冷锻模具润滑剂的应用	364
8.2.4	冷锻模具润滑剂的主要性能	366
8.3	热锻模具润滑剂	366
8.3.1	热锻工艺对模具润滑剂的要求	366
8.3.2	水基石墨润滑剂的配方和性能特点	367
8.3.3	热锻模具润滑剂的应用	368
8.3.4	环保型热锻模具润滑剂	369
8.4	等温锻模具润滑剂	373
8.4.1	等温锻模具润滑剂的工作环境	373
8.4.2	等温锻模具润滑剂	373
8.4.3	等温锻模具润滑剂的应用实例	374
8.5	温锻模具润滑剂	374
8.5.1	温锻用油基模具润滑剂	374
8.5.2	温锻用水基模具润滑剂	375
8.5.3	温锻模具润滑剂的应用	375
	参考文献	376
第九章	锻造毛坯的润滑与防护技术	377
9.1	冷成形毛坯的反应涂层润滑技术	377
9.1.1	钢的磷酸盐与皂化涂层润滑	377
9.1.2	不锈钢草酸盐涂层与润滑	383
9.1.3	有色金属冷成形反应涂层润滑	385
9.1.4	反应涂层润滑的问题分析	386
9.2	冷成形毛坯的高分子涂层润滑技术	386
9.2.1	高分子涂层的润滑机理及特性	386
9.2.2	聚合物及其施涂工艺	387
9.2.3	高分子润滑涂层的应用	389
9.3	热成形毛坯的镀层防护润滑工艺	390
9.3.1	不锈钢毛坯的镀镍工艺	390
9.3.2	其他镀层润滑工艺简介	393
9.4	热成形毛坯的玻璃防护润滑技术	394

9.4.1	概述	394
9.4.2	玻璃的特性	397
9.4.3	玻璃防护润滑剂在热成形中的作用	401
9.4.4	玻璃防护润滑剂的工作机理	402
9.4.5	热成形用玻璃防护润滑剂	410
9.4.6	热成形用玻璃防护润滑剂的性能	416
9.4.7	玻璃防护润滑剂的组分与生产工艺	420
9.4.8	玻璃防护润滑剂的使用方法和注意事项	423
9.4.9	新型玻璃防护润滑剂及其应用	427
参考文献		430
第十章 锻造润滑和防护性能的评定方法		432
10.1	概述	432
10.2	热锻模具润滑剂性能的评定方法	432
10.2.1	摩擦系数的测定	432
10.2.2	冷却和绝热性能的评定方法	437
10.2.3	高温湿润性的评价方法	438
10.3	冷锻润滑剂性能的评定方法	439
10.3.1	摩擦系数的测定	439
10.3.2	承载能力的测定	440
10.3.3	挤压力对比试验	441
10.4	玻璃润滑剂性能的评定方法	442
10.4.1	润滑性能的评定方法	442
10.4.2	防护性能的评定方法	442
10.4.3	隔热性能的评定方法	443
10.4.4	润湿性能的评定方法	443
10.4.5	玻璃防护润滑剂浆料特性的评定方法	443
10.4.6	玻璃润滑剂综合性能验证方法	444
参考文献		445
第十一章 常用润滑剂及其选用导引		446
11.1	概述	446
11.2	常用模具润滑剂及其选型	446
11.2.1	冷锻模具润滑剂	446
11.2.2	热锻模具润滑剂	448
11.2.3	温锻和等温锻模具润滑剂	451
11.3	常用毛坯润滑剂及其选型	451
11.3.1	冷成形毛坯的润滑剂	451
11.3.2	热成形毛坯的防护润滑剂	452
参考文献		455

模具篇

锻造模具材料、制造与失效分析

- 第一章 模具与锻件生产
- 第二章 锻造模具材料
- 第三章 锻造模具的制造技术
- 第四章 锻造模具模膛的特种成形技术
- 第五章 锻造模具的失效与延寿