



润滑油品选用指南丛书

JINSHU JIAGONG YOUJI XUANYONG ZHINAN

金属加工油剂 选用指南

王先会 编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

润滑油品选用指南丛书

金属加工油剂选用指南

王先会 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书全面阐述金属的塑性加工、切削、热处理、防锈和清洗等各类金属加工油剂的应用知识。内容包括各种加工形式的特征,以及所使用的各种加工油剂的分类、性能、作用、选择和润滑管理方法。在此基础上,还对国内知名的长城金属加工油剂品种予以简要介绍。

本书可供机械制造业及金属加工油剂生产企业的有关技术人员,以及特种石油产品的销售人员等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

金属加工油剂选用指南 / 王先会编. —北京: 中国石化出版社, 2013. 12
(润滑油品选用指南丛书)
ISBN 978-7-5114-2231-6

I. ①金… II. ①王… III. ①金属加工-润滑油-指南
IV. ①TE626.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 271491 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行
地址:北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编:100011 电话:(010)84271850
读者服务部电话:(010)84289974
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail:press@sinopec.com
北京科信印刷有限公司印刷
全国各地新华书店经销



787×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 4 彩页 414 千字
2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
定价:56.00 元

序 言

Preface

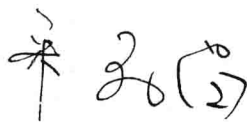
在全球性经济转型升级的背景下，国内润滑油也正在逐步进入一个崭新的发展阶段。面对新的形势要求，如何进行产品结构的调整、实现技术升级、引领合理润滑等工作，可以说是润滑油行业今后面临的共同课题。

在中国润滑油市场上，目前竞争战略的关注点都聚焦到了“高端和终端”两方向，这“两端”将是今后一段时期行业竞争的发力点和角力点。面对润滑油发展的新形势，润滑油企业不仅要努力完成好高端润滑油的生产，更要指导好终端用户合理地选用润滑油，并以客户的需求为导向进行技术创新和应用创新，最大限度地满足用户需要。

中国石化润滑油公司首先提出并推行“全面润滑服务”模式，希望能够为客户提供更丰富的产品，并协助企业进行设备润滑用油及相关化学品的管理，针对用户应用环境，量身订做润滑方案，解决润滑相关技术问题，降低运营维护成本，最大限度地创造设备润滑与管理的新价值，全面提升客户设备润滑管理水平。

为适应国内润滑油发展的这种实际状况和具体需求，由我公司王先会同志主持编写，并由中国石化出版社编辑出版了这套《润滑油品选用指南丛书》。该丛书紧跟我国制造业不断提升的技术与装备水平，全面概括了车辆与船舶润滑油、工业润滑油、润滑脂、金属加工油剂等各类润滑油品的分类、作用、性能、选择、使用等方面的最新内容，可以为润滑油品的销售人员、采购人员、设备润滑管理者以及设备设计者等提供必要的润滑油基本知识和应用常识，还可以用于指导用户如何根据设备类型、有关参数、操作条件等，正确选用合适的润滑油品种和档次，并确定合理的换油规范。

长城润滑油作为中国润滑油行业的引领者，我们有责任不断推进产品与技术的升级换代，不断增强中国品牌润滑油品在相关行业的影响力，为中国经济的可持续发展做出应有的贡献，为更多的客户提供最好的润滑保护与服务。



2013年9月29日

前言

Foreword

金属加工是机械工程的一个重要分支。为了使工件得到所期望的几何形状、尺寸精度和表面质量,满足工件的硬度要求,需要对材料进行切削加工、塑性加工、轧制、热处理、清洗和防锈等一系列加工处理。金属加工油剂就是在金属加工工艺过程中所使用的润滑材料、冷却材料以及工作介质的总称,主要包括金属切削液、金属塑性加工油剂、金属轧制油、热处理油、金属清洗剂和防锈油脂等。金属加工润滑剂约占润滑油总量的5%~12%,由于环保和节能意识的不断强化,现在正从以油基为主,逐步向水基发展。在金属加工液中,切削液一直占有较大比例,一般为50%左右。各种金属加工油剂所占比例大致为:切削液45%~55%;润滑剂28%~33%;防锈油10%~15%;热处理油5%~15%。

金属加工工艺种类繁多,具体分为金属切削加工、金属塑性加工、金属轧制、热处理、金属清洗、技术防锈等加工种类。现代金属加工工艺,要求充分体现高精度、高效率、低成本、环保及结果可预见性等特点,这些都对与之配套的金属加工油剂提出了更严格的要求。为了适应国内金属加工的发展现状与趋势,特编写了这本《金属加工油剂选用指南》。

本书系统阐述和总结了国内在金属的塑性加工、切削、热处理、防锈和清洗等各类金属加工油剂应用方面的理论知识和实践经验,主要内容包括种加工形式的特征,以及所使用的各种加工油剂的分类、性能、作用、选择和润滑管理方法。在此基础上,对于近年来国内逐步发展起来的金属加工油剂新技术,也给予了适当阐述。此外,还重点介绍了中国石化润滑油公司生产的长城牌各类金属加工油剂的性能、典型值、用途等,以方便相关客户更便捷地了解 and 选用国内名优产品。

本书力争能够较全面地反映出国内金属加工油剂的最新发展水平,同时在内容上力求体现出理论知识与实践经验的有机结合,以及油品选用的基础知识与具体产品的功能分析相结合的特点。目的是更好体现实用性,特别是满足在基层一线上为数众多的金属加工油剂使用者和经营者的实际需求。

希望本书能为从事金属加工、机械制造等工作的技术人员、管理人员,特种油品经销人员,以及金属加工油剂生产企业的有关人员等,提供必要的知识与信息。

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。在本书的编写过程中,得到了中国石化润滑油公司有关领导和同事的热情支持和帮助,在此表示由衷的感谢。同时,在这里也向被本书所吸收、参考、采纳文献的作者,表示诚挚的谢意。

目 录

Contents

第一章 金属塑性加工润滑剂	1
第一节 概述	1
1.1 金属塑性加工基本方法	1
1.2 金属塑性加工中摩擦、磨损与润滑特点	2
1.3 金属塑性加工润滑剂功能	6
1.4 金属塑性加工润滑剂种类	7
第二节 锻造润滑剂	8
2.1 锻造工艺条件及特点	8
2.2 锻造工艺对润滑剂的要求	9
第三节 挤压润滑剂	10
3.1 挤压工艺条件及特点	10
3.2 挤压润滑剂作用	11
3.3 挤压润滑剂性能	11
3.4 挤压润滑剂组成	12
3.5 挤压润滑剂发展趋势	13
3.6 挤压润滑剂品种	13
第四节 冲压润滑剂	14
4.1 冲压工艺条件以及对润滑剂的要求	14
4.2 板料冲压工艺润滑机理	17
4.3 冲压润滑剂作用	19
4.4 冲压加工润滑剂性能	20
4.5 冲压油产品标准	21
4.6 冲压油选择	22
4.7 冲压油品种	23
第五节 拉拔润滑剂	24
5.1 拉拔工艺分类	25
5.2 拉拔工艺条件	25
5.3 拉拔工艺润滑机理	25
5.4 拉拔润滑剂作用	26
5.5 拉拔润滑剂性能	26
5.6 拉拔润滑剂种类	27
5.7 拉拔润滑剂产品标准	29
5.8 拉拔润滑剂品种	30

第二章 金属轧制油	32
第一节 概述	32
1.1 金属轧制原理	32
1.2 轧制油作用	33
1.3 轧制油种类	33
第二节 热轧油	34
2.1 热轧工艺条件	34
2.2 热轧工艺的摩擦、磨损状况	35
2.3 热轧油功能	36
2.4 热轧油性能	37
2.5 热轧油组成	38
2.6 热轧油产品标准	39
2.7 热轧工艺润滑系统	40
2.8 热轧油选择	41
第三节 冷轧乳化油	41
3.1 冷轧板带材工艺和特点	41
3.2 冷轧乳化油作用	43
3.3 冷轧乳化液分类	43
3.4 冷轧乳化液性能	44
3.5 冷轧乳化油组成及其对性能的影响	47
3.6 冷轧乳化油产品标准	49
3.7 冷轧工艺润滑系统	51
3.8 冷轧乳化油选择	52
3.9 冷轧乳化油品种	52
3.10 轧制乳化液保养	52
3.11 冷轧乳化油使用中出现的問題及处理方法	53
第四节 不锈钢板轧制油	55
4.1 不锈钢轧制工艺和特点	55
4.2 不锈钢轧制油作用	56
4.3 不锈钢轧制油性能	57
4.4 不锈钢轧制油组成	58
4.5 不锈钢轧制油产品标准	59
4.6 不锈钢板冷轧机工艺润滑系统	59
4.7 不锈钢轧制油品种	59
第五节 硅钢轧制油	61
5.1 硅钢轧制工艺和特点	61
5.2 硅钢轧制油性能	62
5.3 硅钢轧制油组成	62
5.4 硅钢轧制油产品标准	63
第六节 铜轧轧油	63

6.1	铜轧制油作用	63
6.2	铜轧制油分类	63
6.3	铜热轧乳化油	64
6.4	铜冷轧油	65
6.5	铜轧制油产品标准	66
6.6	铜轧制油品种	68
6.7	精密铜板带轧制油的沾污原因和处理方法	69
第七节	铝轧制油	69
7.1	铝轧制油作用	70
7.2	铝热轧乳化油	70
7.3	铝板带冷轧油	71
7.4	铝箔轧制油	74
7.5	铝轧制油使用中出现的問題及处理方法	77
第八节	无缝钢管热轧润滑剂	79
8.1	无缝钢管热轧工艺和特点	79
8.2	热轧钢管机组润滑剂种类	80
8.3	石墨系热轧钢管机组润滑剂性能	80
8.4	热轧钢管机组芯棒润滑系统	81
第三章	金属切削液	82
第一节	概述	82
1.1	切削加工类型	82
1.2	切削加工过程中摩擦、磨损与润滑特点	83
1.3	切削液作用	84
1.4	切削液分类方法	88
1.5	绿色切削液发展	90
第二节	切削加工润滑状态分析	92
2.1	金属切削工艺基本原理	92
2.2	切削加工润滑机理	94
2.3	不同加工方法对切削液的要求	95
第三节	油基切削液	99
3.1	油基切削液分类	99
3.2	油基切削液性能	100
3.3	油基切削液组成	103
3.4	油基切削液产品标准	105
3.5	几种重要的油基切削液	106
3.6	油基切削液品种	107
3.7	油基切削液使用中出现的問題及处理方法	109
第四节	乳化切削液	111
4.1	乳化液切削性能	111
4.2	乳化油组成	112

4.3	乳化油产品标准	116
4.4	合成酯乳化切削液	117
4.5	乳化切削液品种	117
4.6	乳化切削液使用中出现的問題及解决方法	118
第五节	合成切削液	120
5.1	合成切削液特性	120
5.2	合成切削液组成	121
5.3	合成切削液产品标准	123
5.4	全合成磨削液	123
5.5	合成切削液品种	124
第六节	半合成切削液	125
6.1	半合成切削液性能	126
6.2	半合成切削液分类	127
6.3	半合成切削液组成	127
6.4	半合成切削液产品标准	129
6.5	半合成切削液品种	130
第七节	电火花加工液	132
7.1	电火花加工原理	132
7.2	电火花成型加工液	132
7.3	电火花线切割乳化液	134
7.4	电火花加工液品种	136
7.5	电火花加工液使用中出现的問題及处理方法	136
第八节	特殊材料用切削液	137
8.1	不锈钢切削液	137
8.2	铝合金切削液	138
8.3	镁合金切削液	140
8.4	钛合金切削液	141
8.5	石材切削液	141
第九节	金属切削油选择	142
9.1	根据机床要求选择切削液	142
9.2	根据工件材料种类选择切削液	143
9.3	根据作业类型选择切削液	145
9.4	根据刀具材料选择切削液	150
9.5	选择切削液的一般步骤和注意事项	151
第十节	切削液管理	152
10.1	水基切削液日常管理	152
10.2	切削液维护管理	155
第十一节	切削液净化处理	157
11.1	切削液净化装置	157
11.2	水基切削液再生技术	159

11.3 切削液的废液处理	160
第四章 热处理油(液)	162
第一节 概述	162
1.1 热处理基本工艺	162
1.2 热处理介质分类	163
第二节 热处理油	164
2.1 热处理油分类	164
2.2 淬火油冷却机理	166
2.3 热处理油性能	167
2.4 热处理油组成	170
2.5 热处理油产品标准	171
2.6 热处理油品种	175
2.7 淬火油使用、监测和更换	176
2.8 热处理油使用中出现的問題及处理方法	177
第三节 聚合物水基淬火液	181
3.1 水基淬火液种类	181
3.2 聚合物水基淬火剂特点	181
3.3 PAG 淬火剂冷却原理	182
3.4 PAG 水基淬火液性能	183
3.5 PAG 水基淬火液产品标准	187
3.6 水基淬火液的使用	188
3.7 热处理油使用中出现的問題及处理方法	191
第四节 热处理油(液)选择	192
4.1 淬火介质特性对比	193
4.2 特定工件淬火的最低和最高冷却速度分布线	193
4.3 淬火油选择原则	194
4.4 影响淬火油选择的因素	195
第五章 防锈油脂	198
第一节 概述	198
1.1 金属锈蚀及影响因素	198
1.2 防锈油作用机理	199
1.3 防锈油脂性能	200
1.4 防锈油脂分类方法	202
1.5 防锈油脂发展趋势	202
第二节 溶剂稀释型防锈油	203
2.1 溶剂稀释型防锈油分类	203
2.2 溶剂稀释型防锈油产品标准	203
2.3 溶剂稀释型硬膜防锈油	204
2.4 溶剂稀释型软膜防锈油	205
2.5 蜡膜防锈油	206

第三节	除指纹型防锈油	206
3.1	除指纹型防锈油作用	206
3.2	除指纹型防锈油分类	207
3.3	除指纹型防锈油组成	207
3.4	除指纹型防锈油产品标准	208
3.5	除指纹型防锈油品种	209
3.6	脱水防锈油使用方法	211
第四节	润滑油型防锈油	211
4.1	润滑油型防锈油分类	211
4.2	润滑油型防锈油产品标准	212
4.3	几种重要的润滑油型防锈油	213
4.4	润滑油型防锈油品种	214
第五节	钢板静电喷涂防锈油	216
5.1	静电喷涂基本原理	216
5.2	静电喷涂防锈油性能	216
5.3	静电喷涂防锈油组成	218
5.4	静电喷涂防锈油产品标准	219
5.5	静电喷涂防锈油品种	219
第六节	低噪声轴承防锈油	220
6.1	低噪声轴承防锈油特点	220
6.2	防锈油对轴承噪声的影响	221
6.3	低噪声轴承防锈油产品标准	222
6.4	低噪声轴承防锈油品种	222
6.5	成品轴承清洗与防锈封存	223
第七节	气相防锈油	223
7.1	气相缓蚀剂	224
7.2	气相防锈油分类	225
7.3	气相防锈油组成	225
7.4	气相防锈油产品标准	225
7.5	气相防锈油应用范围	226
第八节	防锈脂	226
8.1	防锈脂分类	226
8.2	防锈脂组成	227
8.3	防锈脂产品标准	227
8.4	防锈脂使用方法	229
第九节	水基防锈剂	229
9.1	水基防锈剂性能特点	230
9.2	水基防锈剂组成	230
9.3	水基防锈剂产品标准	230
第十节	防锈油脂选择和使用	231

10.1	防锈油脂选择	231
10.2	防锈油脂使用	233
第六章	金属清洗剂	235
第一节	概述	235
1.1	金属清洗剂清洗原理	235
1.2	金属清洗剂作用	235
1.3	金属清洗剂类型	236
1.4	金属清洗剂清洗方法	236
第二节	溶剂型金属清洗剂	237
2.1	溶剂型金属清洗剂性能	237
2.2	溶剂型清洗剂类型和特点	238
第三节	水基金属清洗剂	239
3.1	水基金属清洗剂性能	239
3.2	水基金属清洗剂组成	240
3.3	水基清洗剂产品标准	242
3.4	水基金属清洗剂品种	244
3.5	水基金属清洗剂选择注意事项	244
第七章	金属加工油剂评定分析	246
第一节	一般理化项目	246
1.1	油基加工润滑剂	246
1.2	水基加工润滑剂	249
第二节	模拟试验	250
2.1	金属成形液模拟评定	250
2.2	金属切削液模拟评定	251
2.3	防锈油脂模拟评定	254
2.4	热处理油模拟评定	254

第一章 金属塑性加工润滑剂

金属固态塑性成型过程简称金属成型过程(又叫金属压力加工或锻压加工),它是指在外力作用下,使金属材料产生预期的塑性变形,以获得所需形状、尺寸和力学性能的毛坯或零件的加工方法。在金属塑性加工过程中,为了提高生产效率,获得满意的加工质量,一般都要求使用一类润滑冷却介质,即通常所说的塑性加工润滑剂。

第一节 概 述

金属塑性加工是一种被广泛采用的、较先进的较少无切削的加工工艺,其中最主要的加工方法有:锻造、轧制、挤压、拉拔和冷冲压加工。然而在这些加工方法中,当前存在的主要问题是模具寿命短。与模具寿命有关的因素很多,金属塑性加工中的润滑是其主要的影响因素之一。

1.1 金属塑性加工基本方法

金属材料通过冶炼、铸造工艺获得铸锭后,再通过塑性加工方法可得到具有一定形状、尺寸和机械性能的型材、板材、管材或线材,以及零件毛坯或零件。金属塑性加工包括锻造、轧制、挤压、拉拔、冲压等方法。通常轧制、挤压、拉拔主要是用来生产各类型材、板材、管材、线材等工业上作为二次加工的原(材)料,其次也用来直接生产毛坯或零件,如热轧钻头、齿轮、齿圈、冷轧丝杆、叶片的挤压等。利用金属固态塑性成型过程不仅能得到强度高、性能好的产品,且多数成型过程具有生产率高、材料消耗少等优点。为了克服常温条件下塑性成型工艺的一些缺陷,主要将金属加热到一定温度进行。按金属固态成型时的温度分类,又将其成型过程分为冷变形和热变形两大类。

1.1.1 锻造

机械制造业中用锻造来生产高强度、高韧度的机械零件毛坯,如重要的轴类、齿轮、连杆类、枪炮管等。锻造是利用锻压机械对金属坯料施加压力,使其产生塑性变形,以获得具有一定机械性能、一定形状和尺寸的锻件的加工方法。通过锻造能消除金属的铸态疏松、焊合孔洞,锻件的机械性能一般优于同样材料的铸件。机械中要求负载高、工作条件苛刻的重要零件,除形状较简单的可用轧制的板材、型材或焊接件外,多采用锻件。自由锻造是将加热后的金属坯料置于上下砧铁间受冲击力或压力而变形的加工方法,如图1-1-1(a)所示。模型锻造(又叫模锻)是将加热后的金属坯料置于具有一定形状的锻模模膛内,受冲击力或压力而变形的加工方法,如图1-1-1(b)所示。

1.1.2 轧制

轧制是将金属通过轧机上两个相对回转轧辊之间的空隙,进行压延变形成为型材(如钢板、圆钢、角钢、槽钢等)的加工方法,如图1-1-2所示。轧制生产所用坯料主要是金属锭,坯料在轧制过程中靠摩擦力得以连续通过而受压变形,结果坯料的截面减小,轧出的产品截面与孔隙形状和大小相同,但长度增加。

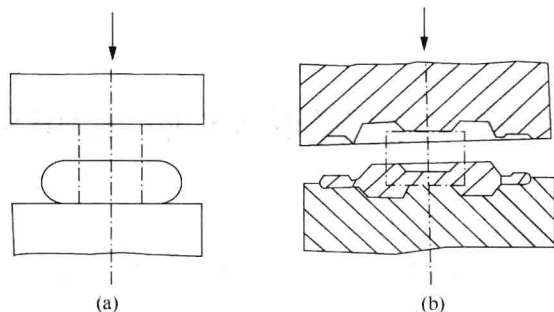


图 1-1-1 自由锻造(a)和模锻(b)示意图

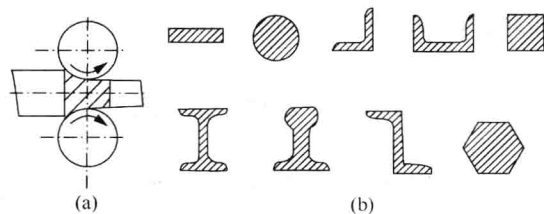


图 1-1-2 轧制示意图(a)和部分产品截面图(b)

1.1.3 挤压

挤压是将金属置于一封闭的挤压模内,用强大的挤压力将金属从模孔中挤出成型的方法,如图 1-1-3 所示。挤压过程中金属坯料的截面依照模孔的形状减小,长度增加。挤压可以获得各种复杂截面的型材或零件。

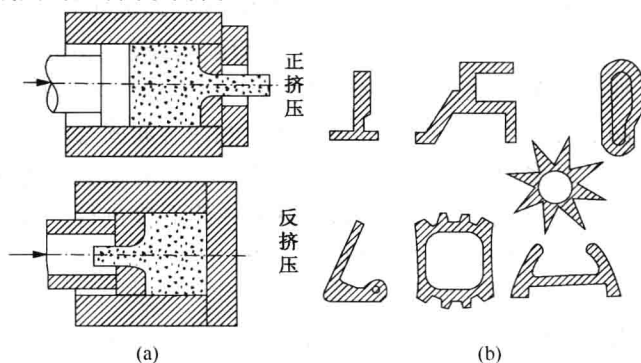


图 1-1-3 挤压示意图(a)和部分挤压产品截面图(b)

1.1.4 板料冲压

板料冲压则广泛用于汽车制造、船舶、电器、仪表、标准件、日用品等工业中,它是金属板料在冲压模之间受压产生分离或变形而形成产品的加工方法,如图 1-1-4 所示。

1.1.5 拉拔

拉拔是将金属坯料拉过拉拔模模孔,而使金属拔长、断面与模孔相同的加工方法,它主要生产各种细线材、薄壁管和一些特殊截面形状的型材,如图 1-1-5 所示。

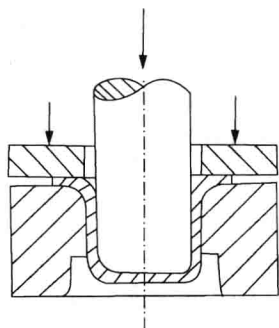


图 1-1-4 板料冲压示意图

1.2 金属塑性加工中摩擦、磨损与润滑特点

塑性加工可以得到精度高、形状特殊、互换性好和重量轻、

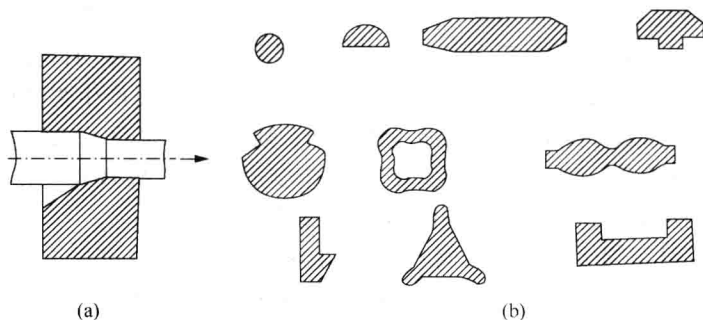


图 1-1-5 拉拔示意图(a)和部分拉拔产品截面图(b)

刚度好的零件。在大批量生产中,生产效率极高,成本可降到最低水平,因此在工业产品中大量采用塑性加工工件。塑性加工是在外力作用下,通过磨具使金属变形,达到理想的形状和尺寸。因为施力的方法不同,而分为不同的加工类别。金属成型过程的成型原理属质量不变的“固态成型”。任何固态材料本身都具有一定的形状和大小,固态成型就是要改变固体原来的形状和大小,获得预期要求的形状和尺寸。

1.2.1 金属塑性加工的摩擦

(1) 塑性加工的摩擦条件

摩擦条件一般用接触面的压力、相对滑动速度和接触面温度来表示。塑性加工的摩擦副系由工件、模具和润滑剂构成。由于工件一直处于塑性变形状态,所以,变形的形式及大小也对摩擦有很大的影响。表 1-1-1 所示为塑性加工的摩擦条件。

表 1-1-1 塑性加工的摩擦条件

摩擦条件	板料成形	变薄拉伸	轧制回转成形	锻造挤压
接触压力比($p/Y^{\text{①}}$)	0.1 ~ 1	1 ~ 3	1 ~ 3	2 ~ 5
接触压力 p/MPa	1 ~ 100	100 ~ 1000	100 ~ 1000	100 ~ 3000
速度 $v/(\text{m/s})$	$10^{-3} \sim 10^{-1}$	$10^{-2} \sim 10^2$	$10^{-2} \sim 10^2$	$10^{-3} \sim 10^{-1}$
相对滑动速度(v_s)	$0 \sim 10^{-2}$	$10^{-2} \sim 10^2$	$10^{-2} \sim 0$	$\sim 10^{-1}$
摩擦表面温度 $T/^\circ\text{C}$	室温 ~ 150	室温 ~ 300	室温 ~ 105 或温、热	室温 ~ 400 或温、热
工件表面膨胀比($A/A_0^{\text{②}}$)	0.5 ~ 1.5	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 100

①工件屈服能力。

②工件加工后表面积与加工前表面积之比。

(2) 塑性加工的摩擦特点

金属在塑性加工过程中,不断地产生新的表面。这种新生表面凹凸不平,非常粗糙。它和模具表面接触时,首先是表面上那些凸起的顶点,而这些凸部接触面积之总和叫真实接触面积。在加工过程中,人们对这些接触面是看不到的。它比两相对滑动面重合后的面积(即可见接触面积)小得多,但是它与压紧力成比例地增加。由于真实接触面积很小,即使压紧力小,其面压也很高。金属塑性加工中所观察到的摩擦,多数是在这种足够小的接触面上产生的。当被加工材料表面与模具工作表面相接触时,在其真实接触面上由于高面压的作用,两面间会产生相互黏结作用。产生这种黏结的力有两种:一种是远距离力,又叫范德瓦尔斯力,它是由于在空气中两接触面上各自都覆盖着一层污垢膜或氧化膜等杂质膜,在高压下所产生的黏结力;另一种是近距离力,即当杂质膜被两面彼此滑动的切向力破坏后,金属产生

直接接触,在两面间所产生的作用力,这种力非常大,比远距离力大得多。据试验测试,在真空中两洁净金属面之间的近距离力可使两面的原子间引起电子移动,所产生的结合强度与金属内部原子间的结合强度相等。在这种力的作用下,两接触面产生强烈的局部黏合。在上述两种力的作用下,如果在结合部分施加一切向力,则在金属或分子间结合力最弱部分其切线方向上就会被拉伸撕裂,这种现象就是金属塑性变形时的摩擦现象,其磨损叫胶黏磨损。与一般机械摩擦相比较,塑性成型中的摩擦的主要特点是:

① 接触表面所受压强大,热变形时有 $100 \sim 100\text{MPa}$,冷变形可达 $500 \sim 2500\text{MPa}$ 。因为压强大,接触表面要压扁,凸牙凹坑的相互咬合很厉害,故摩擦系数较高。

② 表面有更新作用。因为金属要产生塑性变形而表面不断扩大,致使内表面不断涌出,新生表面一次次地袒露,表面氧化膜、污染膜或润滑膜不断破坏,使金属塑性成型中的摩擦情况不断变化。

③ 表面的组织是变化的,例如,冷变形时,晶粒的破碎点阵的歪扭,也引起表面层附近金属组织状态的改变。

④ 摩擦对的性质相差大,工具甚硬,被加工金属相对柔软得多,二者性质相差悬殊,也使塑性成型时的摩擦特殊。

⑤ 接触表面温度高。即使是冷变形,也因瞬时变形可造成温度的急剧提高。

1.2.2 金属塑性加工的磨损

胶黏磨损是金属塑性加工时发生在被加工材料与模具之间的主要磨损形式。这是指在滑合的两面间的真实接触面上,黏结部分被切断后所形成的磨损粒子及粉末。其切断形态的发生和特征,经实验研究有以下4种:①当胶黏部位的切断强度比两金属内部弱时,切断发生在胶黏部位。在这种情况下,两接触面被去除的金属粉末量较少,而且多发生在两接触面上形成了氧化膜或硫化膜的情况下。②胶黏部位的强度比两金属中的一方内部金属强度高时,则切断发生在强度较弱的金属内部。被撕裂的金属残片往往附着在另一金属表面上,而且被去除的金属量非常多。③胶黏部位的强度比两金属内部强度都高时,通常在强度较弱的金属内部发生切断。有时也会在强度高的金属内部发生切断,这要视两种金属加工硬化的情况而定。所以在塑性加工中,通常模具淬硬,让被加工材料磨损,这是比较合理的。④在同种金属材料彼此摩擦中,因为胶黏部位产生加工硬化,其强度高于母材,因此切断发生在金属内部,其磨损特别大。所以在金属塑性加工中,严禁用与被加工材料相同的材料制作模具,否则会发生所谓“同质合金效应”。

这些磨损粉粒随两接触面的滑动而不断滚大。在滚大的颗粒中,既含有比胶黏部位强度弱的金属粉粒,同时也含有强度高的粉粒。这是因为强度高的金属有的细小凸部或因有裂纹也产生切断移动粒子的原故。这些被滚大后的颗粒离开接触面后,陷入凹坑部位,会被强大的面压辗成鳞片状,并在两界面的滑动力矩作用下脱落后被烧结在摩擦界面上,使摩擦界面变得更加粗糙,引起更高的摩擦热,同时它堵塞了凹坑,减少了贮存润滑剂的空间,降低了润滑剂的功效。结果,在高热下出现烧结现象和摩擦的恶性循环。

1.2.3 金属塑性加工中的润滑

为了减少两相对摩擦面间的磨损,一般在两接触面间引入润滑油,将两面隔开,以这种物质的低表面能代替金属的高表面能。根据润滑膜的厚度,润滑形式可分为边界润滑和流体润滑两种。前者油膜厚度仅为单分子或数分子厚,而后者油膜较厚。但实际上比较多的情况是处于两者之间,叫混合润滑。这几种润滑形式都具有将两金属接触面隔开的效果,加入极

压剂只不过是提高了这种效果。它们之所以能使运动或加工中的两金属面隔开，主要因为油膜中具有与摩擦界面上的载荷相抗衡的内压力。这种内压力的发生机构有以下几种情况。

(1) 由斜楔效应而产生的内力

对于那些两运动面间具有 α 斜角的金属塑性加工方法(如拉拔、变薄拉伸、正挤压等)，毛坯进入变形区时须经过锥形模口，一旦加工坯料以某一速度 v 相对于模具运动时，其润滑油就被拖入斜楔槽中，油膜由厚变薄，内部就会产生压力与面压相抗衡，将两金属接触面隔开，如图 1-1-6(a) 所示。

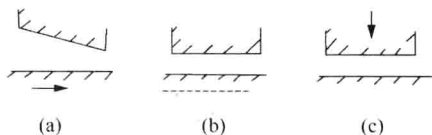


图 1-1-6 压力产生机构

a—斜楔效应；b—伸缩效应；c—拉伸膜效应

(2) 由伸缩效应引起的内力

当两摩擦面的运动速度渐渐减小时，油膜产生收缩，把周围的油拖入摩擦界面，同时动能转换成与面压相抗衡的内能，如图 1-1-6(b) 所示。

(3) 由拉伸膜效应而产生与面压相抗衡的内力

当两运动面一旦接近某一速度时，引起夹在两面间的润滑膜中心部位产生压力，如图 1-1-6(c) 所示。

由这三种效应而使润滑油膜内产生的压力叫润滑油的黏性抗力，依靠这种黏性抗力，油膜才能将两金属接触面隔开，起减小摩擦的作用。

1.2.4 金属塑性加工中润滑油的导入机构

(1) 依靠流体本身具有的压力导入

这就是上面所述的楔子效应、伸缩效应和拉伸膜效应等流体力学机构所产生的压力。如在拉拔和变薄拉伸中就是靠楔子效应导入，如图 1-1-7 所示。这种机构导入的油膜厚度 H 可以用下式计算：

$$H = \frac{3\eta(v_1 + v_0)\cos\alpha}{(P_0 - P_1)\sin\alpha}$$

式中 v_0 ——模具的相对运动速度；
 v_1 ——被加工材料的运动速度；
 α ——凹模的半角；
 P_0 ——入口部位油压；
 P_1 ——润滑油初始油压；
 η ——润滑油黏度。

(2) 依靠拉伸膜效应导入润滑油

在冲压工艺的拉伸加工中或体积成型的锻粗加工、挤压加工的初期阶段，依靠拉伸膜效应导入润滑油更为明显。如在拉伸加工中，加工前一般先在凹模的上表面和被加工板料表面涂上润滑油，然后压边圈将板料压紧在凹模的上表面。当凸模向下运动进行拉伸时，板料的凸缘部分产生塑性变形，靠近凹模口的内侧在径向拉应力的作用下为伸长变形区，板厚减薄，同时凹模下的板料向凹模下凹，而凸缘的外侧在切向压应力作用下板料发生切向压缩变形，板厚增加。它们的分界圆直径为： $D' = 0.607D_1$ (D_1 为某一瞬间毛坯的外径)，见图 1-1-8。因此，外侧首先与压边圈贴紧而内侧仍留有一定的空隙，空隙内的压力低，润

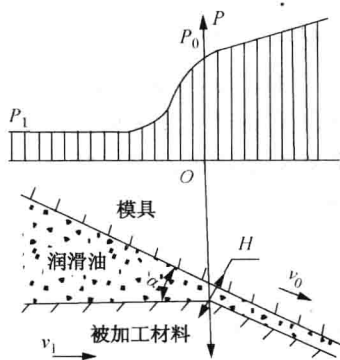


图 1-1-7 斜楔效应
润滑油导入机构