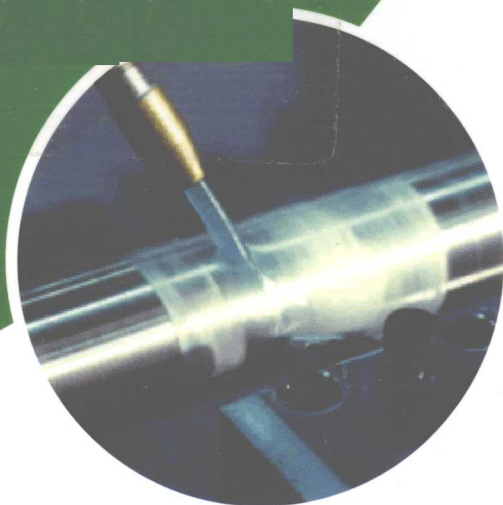


周耀华 张广林 编著

金属加工润滑剂

(第二版)



中国石化出版社

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

金属加工润滑剂

(第二版)

周耀华 张广林 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书详细阐述了金属材料在加工过程中的摩擦与润滑,金属加工所涉及的锻造、挤压、冲压、拉拔、轧制、切削、磨削、电火花等加工方式的摩擦学特征及其后继防护工序的加工特点;所用金属加工润滑剂、热处理油、防锈油脂和清洗剂的化学特性、作用机理、组成特点、技术规范、分析评价方法、选用原则以及实际应用中有事故的分析及处理对策。此外还介绍了金属加工润滑剂当今的发展趋势,国际上公认的分类方法和典型的油品实例。

本书可供从事金属加工润滑剂及金属加工作业的科研、生产、应用领域的科技人员、管理人员参考。也可作为大专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属加工润滑剂 / 周耀华, 张广林编著. —2 版
—北京: 中国石化出版社, 2010. 1
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0141 - 0

I. ①金… II. ①周… ②张… III. ①金属加工 - 润滑剂
IV. ①TE626. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 004396 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.cn

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 17.875 印张 475 千字

2010 年 2 月第 2 版 2010 年 2 月第 3 次印刷

定价: 42.00 元

前 言

金属加工作业通常包括切削和少无切削即成形加工两大部分，涉及的加工方式主要有切削、磨削、电火花、轧制、冲压、拉拔、挤压及锻造等八种，在此过程中用于冷却和润滑的物质统称为金属加工润滑剂。此外，根据加工特点及被加工零件的要求还要对其进行表面清理和防护处理，通常采用防锈、热处理和清洗材料。本书第一版的内容主要涉及金属加工作业中成形和切削加工用的两大类润滑剂，第二版则增加了热处理油、防锈油脂和清洗剂的内容。

从更宽的范畴来讲，润滑包括设备润滑和金属加工润滑，就其使用数量而言，后者是无法相比的。金属加工过程中的摩擦与润滑现象较复杂，对润滑产品的技术要求高，而且产品的发展往往与新工艺、新设备的发展相辅相成，因而油品的研发难度大，更新速度快而且应用技术复杂多变，因此各国高度重视它的发展，各大油品公司也将其作为技术水平的标志而大力发展。随着科学技术的不断进步，国内外金属加工润滑剂在各方面都发生了许多重大变化，第二版将把金属加工润滑技术和油品应用技术的发展变化充实进去，希望能对从事金属加工润滑剂及从事金属加工作业的科研、生产、应用领域的科技人员和管理人员有所帮助。

第二版编写过程中得到龚寿鹏高级工程师和张则钢博士等的大力支持与帮助，特此表示诚挚的感谢。

本书承曹寿康高级工程师仔细审阅，提出许多宝贵意见使本书臻于完善，对此深表谢意。

本书在修订过程中反复斟酌，拓宽、补充了新的内容；但限于作者的业务水平，本版仍会有遗憾和错误，敬请广大读者不吝赐教。

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 金属加工润滑剂的分类	(4)
第二节 金属加工润滑剂的形态	(18)
第三节 金属加工润滑剂市场供需动态	(23)
第四节 金属加工润滑剂的发展趋势	(30)
第二章 金属加工润滑剂化学	(36)
第一节 金属加工润滑剂的性能和作用	(37)
第二节 油基型金属加工润滑剂	(39)
第三节 水基型金属加工润滑剂	(50)
第四节 其他形式润滑剂	(58)
第五节 添加剂	(62)
第三章 锻造和挤压加工润滑剂	(93)
第一节 概述	(93)
第二节 锻造加工技术	(97)
第三节 锻造加工润滑剂的特性与应用	(99)
第四节 锻造润滑剂的组成	(105)
第五节 挤压加工技术	(119)
第六节 挤压加工润滑剂	(122)
第四章 轧制润滑剂	(126)
第一节 概述	(126)
第二节 板带轧制原理	(129)
第三节 钢用热轧润滑剂	(132)
第四节 钢用冷轧润滑剂	(152)
第五节 有色金属板带箔材轧制润滑剂	(194)
第六节 轧制润滑剂使用故障分析	(222)

第五章 金属拉拔润滑剂	(225)
第一节 概述	(225)
第二节 拉拔工艺的润滑特点	(229)
第三节 拉拔润滑剂的分类和选用条件	(231)
第四节 干式拉拔润滑剂	(235)
第五节 水基型拉拔润滑剂	(246)
第六节 油基型拉拔润滑剂	(249)
第六章 金属冲压润滑剂	(253)
第一节 概述	(253)
第二节 冲压润滑机理	(258)
第三节 冲压加工润滑剂	(261)
第四节 易拉罐加工润滑技术	(277)
第五节 冲压润滑剂的选择和使用方法	(283)
第六节 冲压加工润滑故障分析与对策	(287)
第七章 金属切削液	(295)
第一节 概述	(295)
第二节 切削加工特点及切削液的规格	(297)
第三节 切削液的作用机理	(303)
第四节 切削液的组成	(314)
第五节 切削液产品的选用及维护	(323)
第六节 切(磨)削加工故障分析及对策	(331)
第七节 切削液的发展趋势	(340)
第八章 电火花加工油	(347)
第一节 概述	(347)
第二节 电火花加工技术	(349)
第三节 电火花加工油的作用	(354)
第四节 电火花加工油的性能	(355)
第五节 电火花加工润滑剂的维护	(364)
第六节 电火花加工油的防火与防触电	(367)
第七节 电火花加工油的发展趋势	(369)

第九章 热处理油	(372)
第一节 概述	(372)
第二节 热处理淬火剂的冷却机理	(373)
第三节 热处理油的分类与评定方法	(375)
第四节 淬火剂的组成分类	(382)
第五节 淬火剂的性能和使用范围	(388)
第六节 淬火剂的使用和维护	(397)
第七节 淬火介质的发展方向	(403)
第十章 防锈油脂	(406)
第一节 概述	(406)
第二节 防锈油作用机理	(408)
第三节 防锈油的组成	(413)
第四节 防锈油分类	(421)
第五节 防锈油产品技术指标	(426)
第六节 防锈油的选用	(431)
第七节 防锈油的工业应用	(432)
第八节 防锈油的发展趋势	(438)
第十一章 金属加工用清洗剂	(441)
第一节 概述	(441)
第二节 金属加工过程中的清洗工序	(442)
第三节 金属清洗剂的分类	(445)
第四节 金属清洗剂的特性及组成	(449)
第五节 金属清洗剂的清洗方法	(452)
第六节 工业用金属清洗剂市场的发展前景	(460)
第十二章 金属加工润滑剂管理	(464)
第一节 金属加工润滑剂的保管	(464)
第二节 油基型金属加工润滑剂使用管理	(465)
第三节 水基型金属加工润滑剂使用管理	(468)
第四节 金属加工润滑剂的毒性及防治	(480)
第五节 金属加工润滑剂废液处理	(485)

第十三章 金属加工润滑剂的分析评定	(497)
第一节 概述	(497)
第二节 理化性能	(498)
第三节 使用性能评定	(505)
第四节 其他台架评定	(527)
附 录	
附表 1 我国已建和在建的热轧宽带钢轧机生产线 及相关参数	(543)
附表 2 我国已建和在建的连铸连轧热轧宽带钢轧机 生产线及相关参数	(547)
附表 3 我国已建的带钢冷轧生产线及相关参数	(548)
附表 4 我国主要的铜板带加工企业产能扩建状况	(552)
附表 5 中国铜材加工产量前十名企业(2008 年) ...	(553)
附表 6 我国已建和在建的铝板带热连轧生产线 及相关参数	(553)
附表 7 我国铝板带箔冷轧生产线及相关参数	(554)
附表 8 我国铝箔板宽大于 2000mm 的轧机一览	(558)
参考文献	(559)

第一章 概 论

金属加工用润滑剂在国外称作 Metalworking Fluid，是指用于金属及其合金在切削和成形加工过程中，诸如切削、研磨、电火花、冲压、锻造、轧制、挤压和拉拔等各加工工艺中所使用的润滑剂。在国内习惯称工艺用油，含义不够确切，而且容易和国外的工艺用油 (Process Oil) 相混，后者是指参与产品加工的油料，所以本书不采用工艺用油这个名称，统一称作金属加工润滑剂。根据国际标准化组织 ISO 公布的金属加工润滑剂分类标准，此类润滑剂属于要经过机械切割等除去金属和经过冲压、挤压等成形金属所需的润滑剂，主要指切削与成形用两大类润滑剂，归属于 ISO 6743/7—1986E 润滑剂，工业用油及相关产品 L 类第 7 部分 M 组，即金属加工组。在金属加工过程中和加工终了所用的处理液和防锈油则分别划归 U 组和 R 组。本书主要论述切削和成形两大类润滑剂以及与金属加工关系密切的防锈油脂，此外，由于金属零件加工后，常常需要处理和清洗所以也会涉及热处理油和金属清洗用清洗剂的相关内容；作为一个整体，本书还论述了金属加工润滑剂的评价方法和管理措施，以便更好地管理和应用金属加工润滑剂。

金属加工是工程学的一个分支，是通过成形、机械加工、焊接、铸造过程来制造零件、机器和构件，通过塑性变形改变金属毛坯形状；通过切削加工除去多余金属。前一过程是毛坯的塑性变形，后一过程则主要是多余金属的除去。这些过程相应地称为成形加工和切削加工，或称无屑加工和机械加工。

金属无屑成形过程包括锻造、轧制、挤压、拉拔、薄板成形等是通过塑性变形制成金属件，称作一次加工。金属成形加工内

容主要有 10 种，如表 1-1(a)所示。

表 1-1(a) 金属成形工序名称

序 号	名 称	序 号	名 称
1	冷 镦	6	挤 压
2	冲压、冲孔	7	锻 压
3	轧 制	8	拉 丝
4	冷轧、热轧	9	拉 伸
5	模锻、模冲	10	旋 压

金属切削加工包括切削、磨削和电火花，加工内容有车、铣、拉、钻、切、磨、抛光以及电火花加工等，都是以一定的速度和足够大的力通过某种工具或通过研磨对材料进行加工，将多余金属以碎屑的形式除去，这种加工方法又称二次加工。表 1-1(b)是切削工序内容，大致分为 20 种。加工苛刻度越高，则加工速度需相应降低，而切削油活性则需随之提高。

金属成形润滑剂和切削润滑剂一样，都是第二次世界大战后发展起来的。特别是汽车工业、电子工业的飞速发展，大大促进了金属加工润滑剂的发展。该润滑剂数量和品种成倍增加，质量不断提高，其使用领域如表 1-2 所示。

在金属加工润滑剂中，切削润滑剂的用量最大，占 50% 以上，历史也最久远，可以追溯到公元前。但真正起重要作用的还是近 200 年的事情。1868 年诺思科特(Northcott)关于旋削加工中油剂效果的报告，可以看作是有关切削油的最早文献。1893 年泰勒(Taylor)撰文指出，在切削点注入多量润滑剂可使切削速度提高 30% ~ 40%。这一报告促进了切削油剂的进步，并开始使用脂肪油。

进入 20 世纪，随着炼油技术的发展以及各种性能优异润滑添加剂的出现，使金属加工润滑剂也得到了长足的进步，特别是

20 世纪中期以后，金属加工设备的性能不断提高，如加工速度加快、加工精度提高；金属加工工艺不断创新如材料多样化、生产集约化、环保及加工条件人性化，又促进了金属加工润滑剂的发展，可谓新工艺、新设备、新油品相互促进，不断提高。

表 1-1(b) 金属切削工序名称

序 号	切削工序分类	苛刻度	速 度	切削油活性
1	搪磨、珩磨	高	低	高
2	内拉削	↑	↑	↑
3	外拉削			
4	攻 丝			
5	套 丝			
6	滚 齿			
7	滚 削			
8	切 削			
9	深钻孔(实心钻)			
10	深套孔(套筒钻)			
11	铰			
12	铰			
13	钻			
14	镗			
15	车螺纹			
16	车削			
17	刨			
18	插 齿			
19	锯			
20	磨	低	高	低

表 1-2 金属加工润滑剂的使用领域

油品名称		与钢铁有关的 一次产业	与钢铁有关的 二次产业	与汽车有关的 产 业	其 他 产 业
切削、研削润滑剂			△	◎	○
塑性加工 润滑剂	冷轧油	◎			
	热轧油	◎			
	平整液	◎			
	锻造油		○	○	○
	滚轧油		△	○	○
	拉拔油		◎	○	○
	挤压油			○	
	冲压油			◎	○

注：油剂使用量顺序：◎ > ○ > △。

第一节 金属加工润滑剂的分类

金属加工润滑剂的分类方法很多，比较著名的是美国 ASTM 分类；比较权威的是 ISO 公布的金属加工润滑剂分类标准：ISO 6743/7—1986E 润滑剂，工业用油及相关产品 L 类第 7 部分 M 组，根据加工方式和使用场合的不同，ISO 分类中列出 U 组和 R 组即热处理用油剂 ISO 6743/14 和金属保护防腐蚀用油剂 ISO 6743/8；中国制定的标准为 GB 7631.5 金属加工润滑剂分类标准，系等效采用 ISO 6743/7—1986E 标准；前苏联虽然已解体，但其分类方法尚有参考价值。现将这几种分类方法分述如下。

一、美国 ASTM 分类

美国材料与试验协会 (ASTM) 首先于 1973 年提出了金属加工润滑剂及有关产品的分类标准，编号为 ASTM D 2881—73，到 1983 年已经第三次被确认。此标准主要是按金属加工润滑剂的组成将其分为五大类，每大类中根据所加添加剂之不同再细分为若干小类，详见表 1-3。此标准的特点是将金属加工用润滑剂所选用材料进行了较详细分类。不足之处是对各种润滑剂性能和应用范围没有详细说明，给使用带来不便。

表 1-3 金属加工液及有关产品分类标准

ASTM D 2881—73(83)

按照金属加工液的化学组成划分

A. 油和油基液体	{	1. 矿物油	
		2. 脂肪油 (1) 纯脂肪油	
		(2) 含氯脂肪油	
		(3) 含硫脂肪油	
		(4) 含氯、含硫脂肪油	
		3. 复合油 (1) 矿物油复合脂肪油	
		(2) 矿物油复合硫化脂肪油或硫化非脂肪油	
B. 乳化液和分散型液体	{	(3) 硫化或氯化矿物油	
		(4) 矿物油复合氯化脂肪油或氯化非脂肪油	
		(5) 矿物油复合硫化、氯化脂肪油或硫化、氯化非脂肪油	
		(6) 复合(2)、(4)的矿物油	
		(7) 矿物油或脂肪油复合含磷或氮润滑剂或固体润滑剂	
		1. 水包油型 (1) 矿物油型乳化液	
		(溶解油) (2) 矿物油复合脂肪乳化油	
		(3) 重负荷或 EP 型乳化液	
		2. 油包水型 (1) 矿物油型乳化液	
		(2) 矿物油复合脂肪乳化油	
		(3) 重负荷或 EP 型乳化液	
		3. 胶体乳 化液 (1) 普通型乳化液	
		(2) 脂肪型乳化液	
C. 化学溶液 (胶体或真溶液)	{	(3) 重负荷或 EP 型乳化液	
		4. 分散型 (1) 物理法分散型(液体)乳化液	
		(2) 物理法分散型(固体)乳化液	
		1. 有机型 水溶性有机物低表面张力透明液体	
		2. 无机型	
		3. 混合型 (1) 高表面张力 ($>45 \times 10^{-5} \text{N}$)	
		(2) 中等表面张力 [$(36 \sim 44) \times 10^{-5} \text{N}$]	
		(3) 低表面张力 ($<35 \times 10^{-5} \text{N}$)	

- D. 固体润滑剂 {
- 1. 粉 状 (1) 晶体型 石墨、PbS、云母、MoS₂、CaO、CaCO₃、ZnO、ZnS
 - (2) 聚合物聚乙烯、PTFE
 - (3) 无定型皂蜡
 - (4) 上述(1)、(2)、(3)混合物
 - 2. 透明膜 (1) 硼化合物
 - (2) 玻 璃
 - (3) 磷酸盐
 - 3. 脂和糊状物
 - 4. 干 膜 (1) 粒状涂层
 - (2) 树脂涂层
 - (3) 透明涂层 盐和玻璃类
 - 5. 化学转化(1)磷酸盐
 - 涂 层 (2) 草酸盐
- E. 其他 {
- 1. 氯化非油状物
 - 2. 硫化非油状物
 - 3. 上述 1、2 的混合物
 - 4. 有机物：醇、乙二醇、聚乙二醇、醚、磷化物，其他固体材料

二、国际标准化组织 ISO 分类

鉴于 ASTM D—2881 标准的不足，近年来各国都在考虑制定新的更合理的金属加工润滑剂分类标准。但由于分类工作涉及面大，单独一个国家很难完成，国际标准化组织根据各国的意愿，于 1980 年提出由该组织开展金属加工润滑剂分类工作的建议，得到大多数国家的赞同。此后，隶属于 ISO 的分类标准起草委员会汇总、协调各成员国的意见进行多次修改，于 1986 年正式公布了 ISO6743/7 标准。此分类标准将金属加工润滑剂按组成、性能特点及以及使用场合等因素统一考虑，将其分为 17 类，不过该标准仍属于分类原则，详见表 1-4，它还包括按金属加工润滑产品的性质和特性进行分类的两个附表 A 和 B。

表 1-4 金属加工润滑剂分类 ISO 6743/7

类别 字母 符号	总 应用	特殊用途	更具体 应用	产品类型和(或) 最终使用要求	符号	实用 实例	备 注
M	金 属 加 工	用于切削、研磨或放电等金属除去工艺； 用于冲压、深拉、压延、强力旋压、拉拔、冷锻和热锻、挤压、模压和冷轧等金属成形工艺	首先要求润滑性的加工工艺	具有抗腐蚀性的液体	MHA	见附录 A 表	使用这些未经稀释液体具有抗氧化性，在特殊成形加工中可加入填充剂
				具有减摩性的 MHA 液体	MHB		
				具有极压性 (EP) 无化学活性的 MHA 型液体	MHC		
				具有极压性 (EP) 有化学活性的 MHA 型液体	MHD		
				具有极压性 (EP) 无化学活性的 MHB 型液体	MHE		对于特殊用途可以加入填充剂
				具有极压性 (EP) 有化学活性的 MHB 型液体	MHF		
				用于单独使用或用 MHA 液体稀释的脂、膏和蜡	MHG		
				皂、粉末、固体润滑剂等或其混合物	MHH		
				与水混合的浓缩物，具有防锈性乳化液	MAA		使用此类产品不需要稀释
				具有减摩性的 MAA 型浓缩物	MAB		
				具有极压性 (EP) 的 MAA 型浓缩物	MAC		

续表

类别 字母 符号	总 应用	特殊用途	更具体 应用	产品类型和(或) 最终使用要求	符号	实用 实例	备 注
M	金 属 加 工	用于切削、研 磨或放电等金 属除去工艺; 用于冲压、深 拉、压延、强 力旋压、拉 拔、冷锻和热 锻、挤压、模 压和冷轧等金 属成形工艺	首先 要求 润滑 性的 加工 工艺	具有极压性(EP)的 MAB 型浓缩物	MAD	见 附 录 A 表	使用时, 这 类乳化液会 变成不透明
				与水混合的浓缩物, 具有防锈性半透明乳 化液(微乳化液)	MAE		
				具有减摩性和(或)极 压性(EP)的 MAE 型 浓缩物	MAF		
				与水混合的浓缩物, 具有防锈性透明溶液	MAG		对于特殊用 途可以加填 充剂
				具有减摩性和(或)极 压性(EP)的 MAG 型 浓缩物	MAH		
				润滑脂和膏与水的混 合物	MAI		

如表 1-4 所示, ISO 6743/7 分类标准包括 17 类品种。从 MHA 到 MHH(共 8 种)是以润滑性为主的类型;从 MAA 到 MAI(共 9 种)是以冷却性为主的类型。此 17 类金属加工润滑剂可用于切削、磨削、电火花、冲压、挤压、拉拔、模锻、轧制八种加工方式,前三种属于切削加工,后五种属于成形加工,这 17 类品种按使用范围分类列于表 A1。

表 A1 列出了按金属加工润滑剂主要组成与使用范围相关联的应用原则。

按形态,金属加工润滑剂可分为油剂型和水基型,详见表 B1 和表 B2。通常水基型金属加工润滑剂包括乳化油(俗称可溶性油或乳化液)、半合成液(微乳液)、及合成液(又称化学型或无油型)3 种。

表 A1 按使用范围的 M 组产品品种分类表

品 种	切削	研磨	电火花 加工	冲压 拉伸	挤压	拔丝	锻造 模压	轧制
L - MHA	○		○					○
L - MHB	○			○	○	○	○	○
L - MHC	○	○		○		●	●	
L - MHD	○			○				
L - MHE	○	○		○	○			
L - MHF	○	○		○				
L - MHG				○		○		
L - MHH						○		
L - MAA	○			○				●
L - MAB	○			○		○	●	○
L - MAC	○			●		●		
L - MAD	○			○	○			
L - MAE	○	●						
L - MAF	○	●						
L - MAG	●	○		●			○	○
L - MAH	○	○					○	
L - MAI				○		○		

注：○为主要使用；●为可能使用。