

石油产品应用知识丛书

金属加工润滑剂

周耀华 张广林 编著



中国石化出版社

石油产品应用知识丛书

金属加工润滑剂

周耀华 张广林 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是石油产品应用知识丛书的一个分册。它详细叙述了金属及其合金在成型和切(研)削加工过程中所用润滑油的分类和作用机理;重点介绍了成型(锻造、挤压、轧制、拉拔、冲压)和切削(包括电火花加工)过程中所用润滑油的性能、规格、贮存管理、选用基准和评定方法,分析了与润滑油有关的故障产生的原因及相应对策。

本书理论联系实际,通俗易懂,可供从事金属加工工作的科研、生产及应用的技术人员、管理人员参考,也可作为大专院校有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. —北京:中国石化出版社,1997
(石油产品应用知识丛书)
ISBN 7-80043-700-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 12736 号

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) 64241850

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 13.75 印张 300 千字印 1—2000

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

前 言

金属及其合金在成型、切削、处理和防护等过程中所使用的加工油剂，统称金属加工油剂。本书的内容主要涉及金属成型和切削用的两大类润滑剂，其使用量约占整个金属加工油剂的 80%。

近年来，国内外金属加工润滑剂在各方面都发生了许多重大变化。加工设备越来越先进，操作条件越来越苛刻，如成型设备中，轧机的轧制速度越来越快，高速铝箔轧制速度已超过 60m/s；切削设备中机床加工速度增大，功能增多，难加工材料不断增加。这些变化对金属加工润滑剂都提出了更高的要求。在油品开发方面，随着符合健康、安全和环保要求的条例更为严格，使基础油的芳烃含量受到限制，并影响到添加剂的品种和用量，如对传统添加剂中硫、氯及某些重金属含量的控制，以及生物降解产品的提出等。这些不但增加了润滑剂产品开发的难度，而且要求生产厂家更新观念，即在加快产品更新的同时，还要提供产品使用和废液处理的技术和方法。在分析评定方面，金属加工润滑剂的规格标准逐步建立和完善，新的评定仪器设备、方法不断开发，尽量缩短产品从研制到工业应用的时间。

我国自改革开放以来，随着金属加工设备的不断引进和改进，促进了金属加工润滑剂的发展。目前，虽然我国金属加工润滑剂的整体水平与国外尚有差距，但许多进口设备所用润滑剂已国产化，不少产品已接近或赶上国外同类产品的

水平。为推动金属加工润滑剂的合理使用，促进我国金属加工润滑剂的不断发展，特编写此书奉献给广大读者。

本书前两章主要概述金属加工润滑剂的分类、现状和发展趋势以及润滑剂的作用机理；第3章至第8章则按金属加工工序分别介绍锻造和挤压、轧制、拉拔、冲压、切削和电火花加工油剂；第9章介绍金属加工润滑剂的管理、毒性与防治和废液处理；第10章介绍分析评定方法。

本书在编写过程中，姚保儒、曹文华、张旭等同志提供了部分资料，在此谨表谢意。

由于作者水平有限，错误和不妥之处在所难免，诚望读者批评指正。

作 者

目 录

第一章 概论

第一节 金属加工润滑剂的分类	4
第二节 金属加工润滑剂的状态	15
第三节 金属加工润滑剂市场供需动态	20
第四节 金属加工润滑剂的发展趋向	24

第二章 金属加工润滑剂化学

第一节 金属加工润滑剂的性能和作用	35
第二节 油基型金属加工润滑剂	37
第三节 水基型金属加工润滑剂	49
第四节 其他形式润滑剂	56
第五节 添加剂	60

第三章 锻造和挤压加工润滑剂

第一节 锻造润滑剂	89
第二节 挤压润滑剂	106

第四章 轧制润滑剂

第一节 轧制润滑概况	113
第二节 轧制润滑机理	114
第三节 轧制润滑的任务及常用润滑剂的类型	117
第四节 钢用轧制润滑剂	121
第五节 有色金属用轧制润滑剂	159
第六节 型材轧制时的冷却润滑	184
第七节 轧制润滑剂使用故障分析	185

第五章 金属拉拔润滑剂	189
第一节 概述.....	189
第二节 拉拔润滑剂的分类和选用条件.....	195
第三节 干式润滑剂.....	197
第四节 水系拉拔油剂.....	211
第五节 油性润滑剂.....	214
第六节 国产管、线、丝加工情况.....	216
第六章 金属冲压润滑剂	224
第一节 冲压加工的分类.....	224
第二节 冲压润滑机理.....	228
第三节 冲压加工润滑剂.....	232
第四节 冲压润滑油的选择和使用方法.....	241
第七章 金属切削油剂	259
第一节 概述.....	249
第二节 切削润滑剂的作用机理.....	251
第三节 切削润滑剂的组成.....	259
第四节 切削润滑剂规格.....	267
第五节 切削润滑剂产品及其应用.....	272
第六节 切（研）削加工润滑故障分析及对策.....	322
第八章 电火花加工油	332
第一节 电火花加工的原理和特点.....	333
第二节 电火花加工油的作用.....	334
第三节 电火花加工油的性能.....	335
第四节 电火花加工油的质量管理.....	337
第五节 电火花加工油的防火.....	345
第九章 金属加工润滑剂管理	347
第一节 金属加工润滑剂的保管.....	347

第二节	油基润滑剂使用管理·····	349
第三节	水基润滑剂使用管理·····	351
第四节	金属加工润滑剂的毒性及防治·····	363
第五节	金属加工润滑剂废液处理·····	368
第十章	金属加工润滑剂的分析评定·····	380
第一节	概述·····	380
第二节	理化性能评定·····	385
第三节	使用性能评定·····	393
第四节	其他台架评定·····	416
参考文献	·····	427

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、研磨、冲压、轧制和拉拔等各种加工过程中所使用的润滑剂, 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 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、挤压等成型金属所需的润滑剂, 主要指切削与成型用润滑剂两大类, 归属于 ISO 6743/7 - 1986 E 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 T 组和 R 组。本书主要论述切削和成型两大类润滑剂, 但为了便于比较和说明问题, 有时也提到热处理油、防锈油和洗涤液等。

金属加工是工程学的一个分支, 是通过成型、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或除去多余金属。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或切削。这些过程相应地分为无屑成型和有屑成型, 或称无屑加工和机械加工。

金属无屑成型过程如锻造、轧制、挤压、拉拔、薄板成型等是通过塑性变形制成金属件, 称作一次加工。金属成型工序主要有 10 种, 如表 1-1 (a) 所示。

表 1-1 (a) 金属成型工序名称

序 号	名 称	序 号	名 称
1	冷 锻	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

金属有屑成型即金属切削过程，如车、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) 是切削工序分类，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。

金属成型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。

1983 年美国出版了约翰·A·艾奇 (John.A.Achoy) 教授编著的《金属加工中的摩擦学，摩擦润滑和磨损》一书，全面阐述了金属加工润滑剂的作用和机理。1985 年，E·S·纳 克 特 门 (E.S.Nachtmen) 和 S·卡 尔 巴 克 金 (S.Kalpajian) 合著的《金属加工过程中的润滑剂和润滑》一书问世，详细介绍了金属加工润滑剂化学和贮运管理注意事项等。

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

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	绞			
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	其它产业
切削、研削润滑剂			△	◎	○
塑性加工 润滑剂	冷轧油	◎			
	热轧油	◎			
	平整轧制油	◎			
	锻造油		○	○	○
	滚轧油		△	○	○
	拉拔油		◎	○	○
	挤压油			○	
	冲压油			◎	○

注：油剂使用量顺序：◎>○>△

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。

第二次世界大战后，世界各国机械工业的复苏和发展，大大促进了切削润滑剂的发展，品种和产量大幅度增加。近年来，各国出版了不少关于切削油剂的专著。均全面系统地介绍了切削油剂的种类、性能、评价方法和选择方法等。

本书属于石油产品应用知识丛书中的一个分册，重点介绍金属加工范畴，包括切（研）削、放电加工、挤压、拔丝、锻造、轧制和冲压等多种加工方式在内的工况特点、润滑机理、润滑剂的作用、润滑管理等内容。希望本书的出版能为从事金属加工及润滑的广大科技、工程技术人员有所帮助。

第一节 金属加工润滑剂的分类

近几十年来，随着金属加工工艺的发展，金属加工润滑剂的品种和数量均大幅度增加，质量也不断提高。合理使用油品不仅可提高机械加工效率，延长刀具（或模具）的寿命，而且还能提高加工件精度，取得可观的经济效益。但若选用不当，则可能导致事故发生。因此，人们希望能有一个分类标准，使之在选用时有据可依。

1. 美国 ASTM 分类

美国材料与试验协会（ASTM）首先于 1973 年提出了金属加工液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

液的组成将其分为五大类，详见表 1-3。

每大类中根据所加添加剂之不同再细分为若干小类。此标准的特点是将金属加工用油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，给用户选用油品带来不便。

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 | | |
| | (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 | | |
| B. 乳化液
和分散
型液体 | 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 | | |
| | (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 | | |

- C. 化学溶液 (胶体或真溶液)
- 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、 MoS_2 、
 CaO 、 CaCO_3 、 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. 其它
- 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, 其它固体材料

2. 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广, 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 ISO 6743/7 标准。此标准将金属加工润滑剂所用材料、性能和特点以及使用场合等

方面紧密联系在一起考虑，既照顾到各方面特点，又力求简化，因而较之于美国 ASTM D - 2881 标准要全面、适用一些。不过该标准仍属于分类原则，详见表 1 - 4，它还包括两个附表 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	应用实例	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型工艺	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性，在特殊成型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		使用此类产品不需要稀释

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	应用 实例	备 注
M	金 属 加 工	用于切削、 研磨等金属 除去工艺， 用于冲压、 深拉、压 延、旋压、 线材拉拔、 冷锻和热 锻、挤压、 模压等金属 成型工艺	首先 要求 冷却 性的 加工 工艺	与水混合的浓缩物， 具有防锈性乳化液	MAA	见 附 录 A 表	
				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		
				具有极压性（EP） 的 MAB 型浓缩物	MAD		
				与水混合的浓缩物， 具有防锈性半透明 乳化液（微乳化液）	MAE		使用 时， 这类乳 化 液会 变成 不透明
				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		

附录 A

按使用范围分类的 M 组产品品种分类表

（参考件）

表 A1 列出了按金属加工润滑剂主要组别提出的一般的、不很详细的应用范列。专业用户可参考此表得到通常应用的主

要产品总体情况。本表为按使用范围进行分类提供规范基础。

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	变薄拉 伸旋压	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。

附录 B

按性质和特性的 M 组产品品种分类表

(参考件)

为了对金属加工润滑剂的实际使用提供帮助,表 B1 和 B2 列出了油基型和水基型分类的概要说明,并对上述两种产