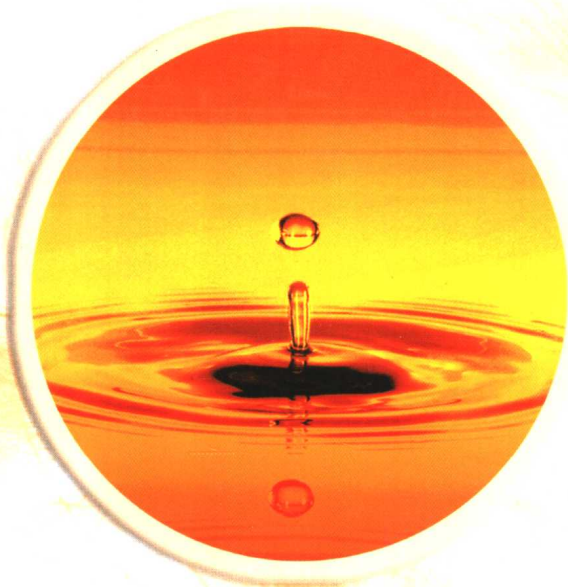


润滑油品开发与应用丛书

烃[®]

金属加工用油产品与应用

罗新民 编著



中國石化出版社

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

润滑油品开发与应用丛书

金属加工用油产品与应用

罗新民 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

该书主要介绍了金属加工用油(液)的产品分类,各种金属加工工艺的润滑特点,加工用油(液)的作用、组成、性能和应用。重点介绍了一些国内外知名公司的切削、磨削、冲压、拉拔和电火花等工艺中使用的特色产品以及加工油(液)的选择方法、使用中的维护和管理原则以及常见故障的处理方法。

该书很多内容结合了作者多年的科学研究与工作经验,可读性强,可作为大专院校相关专业的教学参考书,工业润滑油销售人员的培训教材,也可供企业润滑工程师、从事金属加工的技术人员、采购和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属加工用油产品与应用/罗新民编著.
—北京:中国石化出版社,2006
(润滑油品开发与应用丛书)
ISBN 7-80229-110-0

I. 金… II. 罗… III. ①金属加工-润滑油
②金属加工-润滑冷却液 IV. T501.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077270 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)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 12.875 印张 286 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

前 言

金属加工用油(液)是金属加工的工艺用油,由于金属加工的工艺繁多,由此导致了金属加工用油(液)的种类和产品结构的复杂多样。尽管国际标准化组织于1986年就通过了ISO 6743/7标准,将金属加工用油按油基和水基分为了MH和MA两大类产品,17种详细类别,但无论是国际知名的大公司还是国内不知名的小调配厂都没有按此标准执行,而是按企业的习惯来命名产品,因此市面上金属加工用油的产品名称和牌号极其混乱,给用户选择和使用带来了诸多困难。面对这种局面,有必要编写一本关于加工用油产品和使用 的书籍,以期对金属加工用油的研究人员、生产和销售人员以及金属加工用油的用户、采购与管理人员有所帮助。这就是编写本书的初衷。

本书内容取材较新,以产品使用为主,对金属加工过程和相关理论也有所兼顾,便于读者自学和查阅。

由于作者的水平所限,加上编写时间紧迫,书中的错误和疏漏难免,恳请读者批评指正。

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 金属加工用油的种类和用途	(1)
1.2 国外金属加工用油的现状和发展	(3)
1.3 我国金属加工用油的现状	(6)
1.4 金属加工用油的发展趋势	(8)
第2章 金属加工用油的分类、组成及性能特点	(13)
2.1 金属加工用油的作用	(13)
2.2 金属加工用油应具备的性能	(17)
2.3 金属加工用油的分类	(17)
2.4 金属加工用油添加剂	(32)
第3章 金属切削油(液)的种类与应用	(42)
3.1 常用金属加工方法的特点	(43)
3.2 切削液的作用与性能要求	(57)
3.3 切削液的种类	(65)
3.4 切削液的选择	(140)
3.5 切削液综合选用指南	(161)
3.6 切削液的使用方法与使用中的故障处理	(172)
3.7 切削液的维护	(191)
3.8 切削液的净化装置	(204)
3.9 切削液的废液回收与处理	(217)
第4章 金属冲压油	(229)
4.1 冲压加工的润滑特点	(235)

4.2	冲压加工润滑剂的类型	(245)
4.3	冲压加工润滑剂的特点	(250)
4.4	冲压油的品种	(252)
4.5	冲压油的选择	(289)
4.6	冲压油的使用与故障处理	(294)
第5章	金属拉拔润滑剂	(299)
5.1	金属拉拔的润滑过程	(301)
5.2	拉拔润滑剂的种类与作用	(305)
5.3	各种拉拔工艺润滑剂	(308)
5.4	拉拔润滑剂的选择与使用	(359)
第6章	电火花加工油(液)	(365)
6.1	电火花加工的过程与特点	(367)
6.2	电火花加工用油的种类	(372)
6.3	电火花加工油的使用	(393)
参考文献		(405)

第 1 章 概 论

金属加工用油(Metal-working Fluid)是指多种金属在不同加工过程中所使用的液体,包括经过切削、磨削等除去金属和经过冲压、拉拔等成型金属所需的润滑剂,即指切削加工用油/液和成型加工用油/液两大类。

1.1 金属加工用油的种类和用途

金属加工用油种类繁多,应用非常广泛。除用于金属材料加工外,还用于一些非金属材料的加工。金属加工用油根据其加工工艺类型不同,可分为金属成型、金属切削、金属防护和金属处理四大类。其中金属成型和金属切削油(液)的需求量占整个金属加工用油总量的 80% 以上,金属成型油占 28% ~ 33%,金属切削油占 45% ~ 55%,防锈油占 10% ~ 15%,热处理用油占 5% ~ 15%。根据金属加工用油的组成和介质状态,可分为油基型(矿物油型)和水基型两大类。水基型可分为乳化油、半合成液和合成液。油基型和水基型都可用于金属切削及金属成型加工,其中油基型约占金属加工用油总量的一半以上,而金属加工用油占整个工业润滑油总量的 12% ~ 20%,是消耗量较大和品种较多的工业润滑剂。

金属加工用油是金属材料加工过程中必不可少的液体介质,其组成和应用范围见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 金属加工用油(油基型)的组成和应用范围

类 别	组成和特性	应用范围
金属成型加工油	具有良好的极压抗磨性、附着力, 生物降解性较差 矿物油、聚合物或脂肪、脂类 矿物油、脂肪油、硫化脂肪、氯化烃	用于铝材、铜线、管拉伸 用于钢坯挤压、板材模冲(压延)、杆拉伸、变形量小的冷锻
金属切削加工油	具有性质稳定、良好润滑性和切削性、使用寿命长、冷却性能差、高温易挥发、污染环境、对人体健康有害 石蜡基矿物油、脂肪油(猪油、菜籽油) 石蜡基矿物油、脂肪油、氯化物 石蜡基矿物油、硫化脂肪、氯化物 石蜡基矿物油、硫化脂肪、活性硫、氯化物	用于轻负荷下加工铸铁、铝、黄铜、镁的珩磨和抛光 用于低强度车削、钻、攻丝、黑色和有色金属成型磨削、拉削(高氯含量) 用于中、高强度黑色合金加工、齿轮切削、套丝 苛刻条件下加工韧性黑色合金, 攻丝、拉削、深孔钻削

表 1-2 金属加工油(水基型)的组成和应用范围

类 别	组 成	特性和应用范围
金属成型加工油	乳化液: 矿物油(10% ~ 25%)、脂肪油、脂、中性脂肪酸、防腐剂、乳化剂	散热快、冷却效果好、容易变质、抗细菌和霉菌能力差、润滑效果差。应用于黄铜线拉伸、低碳钢的轻度拉伸和压力加工
金属切削加工油	乳化液: 矿物油(65% ~ 80%)、乳化剂(少量)、防腐剂、耦合剂 微乳化液: 矿物油(40% ~ 65%)、乳化剂(大量)、防腐剂、耦合剂、杀菌剂、极压抗磨剂 半合成液: 矿物油(5% ~ 40%)、乳化剂、防腐剂、耦合剂、极压抗磨剂 合成液: 水、防腐剂、清洗剂、防锈剂, 无矿物油	用于轻负荷加工, 成本低, 稳定性差 用于重负荷加工、铝加工时需加入较多脂肪型添加剂, 使用寿命长 用于高速加工和精磨, 具有良好抗微生物性能, 使用寿命长 用于粗加工和抛光磨削, 具有良好清洗效果, 冷却性、润滑性较差

1.2 国外金属加工用油的现状和发展

20 世纪 80 年代以来,伴随着世界工业经济的快速增长,金属加工用油消费量日益增大。从世界范围看,油基加工液和水基加工液呈现了两个不同的市场消费状况,80 年代初至 90 年代初,水基加工液消费量快速增长,而油基加工液需求相对下降;90 年代初至 21 世纪初,水基加工液需求减缓,油基加工液需求逐步复苏。

1997 年全北美共生产 9 亿加仑(1 加仑 = 3.785 L)金属加工用油(水基加工液以浓缩液统计),其中 24% 为半合成加工液(微乳化液),21% 为合成加工液,而油基加工液依然占 55% 之多;20 世纪 80 年代开始,欧美金属加工用油市场总趋势由过去以油基为主,逐步向水基液方向发展,且产量呈上升趋势。以英国为例(加工用油需求量情况见图 1-1),1980 年油基加工液占整个加工液市场需求的 60%,水基加工液则占 40%;而到 1990 年,水基加工液市场比例上升至 60%,而油基加工液则下降到 40%。进入 20 世纪 90 年代中后期,水基加工液需求高速增长的趋势开始大大减缓。在环境保护更加苛刻的法国,金属加工液的使用趋势则更明显趋向使用油基加工液。

西欧金属加工用油中切削液总体比例是油基占 25%,水基占 31.5%,且水基需求量缓慢上升,而油基销量下降后趋于平稳。

需要注意的是由于铝零配件和铝包装加工量增大,铝材轧制油加工成为当前热点,销量不断上升。

水基液发展方向是合成型和半成型产品,后者的矿物

油含量有增加趋势，同时含油量较高的微乳化液很受市场追捧。

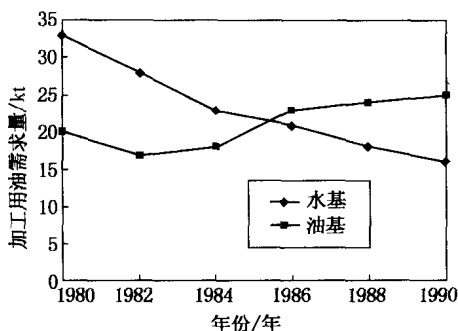


图 1-1 英国加工用油需求量

好富顿(HOUGHTON)国际公司开发了 H795 新型切削液，提出了无菌新概念切削液。由于其化学机理和构造上的创新突破，H795 不滋生细菌和真菌，不用任何杀菌剂，无难闻气味产生，工件环境清洁，无汽雾产生，大大减少对操作者的刺激，不含 Cl 和 S，pH 值相对较高，使用寿命长，废液处理容易，是一种性能优异的切削液。

H795 新型切削液具有如下特点：

(1) 完全杜绝了细菌滋生

H795 配方中含有完全终止菌繁殖生理过程的特殊组分，不用杀菌剂却从根本上杜绝了细菌的滋生，是防菌技术的重大突破。

(2) 润滑性能优异

H795 不含硫和氯添加剂，采用特制的强化酯进行润滑，润滑性能稳定可靠，而且其吸附作用随不同的加工压力而变化，其润滑作用可根据具体操作过程而变化，所以具有通用

性，能够适应多种不同的加工过程。同时 H795 含有很好的润湿剂，能很好地渗透到接触区域，有效防止切削瘤的形成。

(3) 低无泡沫，抗杂油能力强

H795 中所用的组分及乳化剂的 HLB(亲水亲油平衡值)的选择非常独特，完全不同于现在市售的切削液。它在软水中无泡沫，还有相当强的抗硬水能力，即使在 1000mg/L 的硬水中，也不会析油。切削液乳化均匀，能长期稳定，抗杂油能力强，不会乳化漏入的液压油和润滑油。很多乳化液的失效都是缘于外来离子或杂油进入乳化液系统中，破坏了乳化液的平衡而引起的，而 H795 从配方上消除或大大减少了这种外来的影响，这也是其使用寿命长的重要原因之一。

(4) 性能稳定、维护简单，无需添加剂且使用寿命长

H795 除在配方设计上消除了细菌、金属离子或杂油的影响外，还采用了多功能原料，即所用原料既起乳化作用，又有润滑作用，还可防止细菌滋生，所以能够长期维持乳化液的平衡和稳定。同时，在现场使用中不需要任何添加剂，大大减少和简化了维护工作，降低了使用成本，也使加工性能稳定、使用寿命长，消除了停机时间，减少了生产损失、废液排放，降低了生产成本。

奎克化学公司研制的合成酯切削液产品具有突出的清洗性能、润滑性能、冷却性能和防锈性能，可以减少使用中切削液的消耗量，降低刀具费用，能满足现代汽车及机械制造行业加工的苛刻要求。采用合成酯技术制造的产品能获得更好的清洗性、润滑性、冷却性和防锈性。

合成酯是由脂肪酸和醇类反应生成的化合物，具有极好

的润滑特性，还以通过对酯类化合物结构的调整，改进其性能。

合成酯切削液具有以下特点：

(1) 能在边界润滑和苛刻的极压润滑条件下使用，无需添加硫和氯等极压添加剂。

(2) 为低泡沫产品，可在软水和硬水中保持同样的性能。

(3) 生物稳定性好，能有效控制微生物的滋生，解决天然脂类易腐败发臭的问题。

(4) 良好的易清洗性，有助于彻底清洗刀具和机床上多余的残留液。

(5) 有较长的使用寿命，切削液消耗量低，减少了人工费用和设备停机费用。

1.3 我国金属加工用油的现状

我国金属加工用油发展比较快，合成切削液建立了国家标准，乳化切削油和自乳化切削油都已建立了部颁标准，但与国外先进国家相比，仍然有较大差距，主要表现在以下几个方面：① 品种虽然不少，但没有规格化和系列化，给使用和管理带来了诸多困难；② 品种还不能满足使用要求，主要问题是国内添加剂品种太少，限制了新品种的发展；③ 产品质量有待于进一步改进和提高。

1.3.1 金属加工用油档次低，质量差距较大

我国金属加工用油一般用于车削、钻、攻丝、拉削、抛光和成型的拉拔、挤压、模冲、轧制、锻压等金属加工工艺，其用油、工艺技术、产品质量和品种发展缓慢。金属加

工用油需求量约为 $1 \times 10^4 \text{t/a}$ 。随着大型设备的引进，包括进口油，需求量约为 $15 \times 10^4 \text{t/a}$ 。我国金属加工用油以低档为主，高档油品少，主要依靠进口，国内产品质量与国外油品有一定差距。此外进口高档油有以下几个原因：① 国外设备制造商与油品供应商有合约，设备制造商所生产的设备必须使用油品供应商所提供的专用油，他们之间有利益互惠；② 引进设备的国内企业难以接受国产替代油，担心国产油料质量不能满足使用要求，损坏大型设备，给企业造成严重的经济损失；③ 模拟试验和台架试验不能满足试验要求，国内有关专家根据进口油样的性质进行研究，虽然国产油的理化指标能达到进口油的质量水平，但由于缺少关键性的模拟试验和台架试验，研制的替代专用油无法批量生产，限制了我国金属加工用油的发展。

1.3.2 质量标准与试验方法滞后

我国金属加工用油的质量标准和试验方法在与国际标准化接轨方面做了大量工作，取得了很大进展，但质量标准化和试验方法的制定依然比较落后，跟不上机械加工业的发展。国内将金属加工用油归为工艺用油，已有的国家标准和行业标准很少，很多金属加工用油还没有质量技术指标。因此，相关部门应及时取得国外专用油品的质量标准，参照国外相关标准制定国家标准或行业标准，与国外企业接轨，促进金属加工用油的发展。

1.3.3 模拟试验和台架试验设备、种类和方法缺乏

当前研究人员面临金属加工用油的模拟试验和台架试验设备严重缺乏的难题。一方面国内机械工业发展较慢，与国外的先进技术有差距，另一方面金属加工用油品种多样，性质差异大，工艺不同，在油品的性能评价中存在试验仪器无

法通用化、测试结果与实际使用不相符，或是无法获得试验结果等问题。国内有关这类油品的性能评价设备太少，制约了金属加工用油的研究与开发。

1.3.4 金属加工用油配方落后

总体来说，我国金属加工用油所使用的配方还比较落后，不少有毒、危害性大的材料至今仍然在使用。如含硫化物的硫化脂肪、活性硫化物，作为极压抗磨剂的氯化物，用于水基型切削液的亚硝酸盐防锈剂，在可溶性油中作为耦合剂和杀菌剂的酚类化合物等添加剂仍然在继续使用。这无疑会造成环境污染和损害操作者的身体健康。

1.4 金属加工用油的发展趋势

1.4.1 绿色、环保型产品是发展方向

到目前为止还没有绿色金属加工用油的严格定义，但绿色加工用油应符合以下要求：(1)使用过程不损害人体健康；(2)使用过程符合卫生要求，对环境无污染或低污染；(3)具有生物降解性，并且降解后无毒或低毒。发展绿色金属加工用油必须解决基础油和添加剂的绿色环保问题。对于油基加工液而言，基础油是最主要的成分，可用于油基绿色金属加工用油的基础油主要有合成酯和植物油。对于水基加工液尤其是合成型加工液而言，水的来源丰富且无毒无臭，是理想的绿色基础液，因此在努力提高水基添加剂润滑性和抗腐蚀性的同时，必须重点解决添加剂的生理生态毒性问题。如果这些问题能够得到较好的解决，绿色水基加工液将会取得更大的市场占有率。随着绿色化学和绿色设计的发展和应用水平的提高，绿色基础油和绿色添加剂将会不断发

展，这对绿色金属加工用油的发展将会起到巨大的推动作用。

由于人类已意识到保护自身赖以生存的地球环境的重要性，将环境保护放在首位。金属加工用油的研究、生产和使用，首先必须符合环境保护法规的要求，必须考虑到保护工人的健康和安全问题，对环境是否造成危害性，以及加工后废液的处理等。因此各种金属加工用油产品的组成必须具有无毒性、低气味、低油雾、长寿命、废液处理费用低以及生物降解性好等优点。金属加工用油除了对其基础油的芳烃含量进行了严格的控制外，所使用的一些含氯化物的极压添加剂将被多硫化物、磷酸酯及聚 α -烯烃与其他极压抗磨剂配合使用并有良好效果的复合剂取代；用于水基切削液的亚硝酸盐防锈剂将会被硼酸胺、磷酸盐、羧酸盐(饱和或不饱和脂肪酸盐)取代，但其效果和用量还须研究。此外，如聚乙二醇类、合成磺酸盐类、酯类、天然脂肪酸、硼酸二乙二醇胺盐、酰胺、吗啉及其衍生物等将作为新型防锈剂使用。环保型的金属加工用油将是以后重点研究的课题。

1.4.2 油基、水基加工液并存，合成液是金属加工用油的发展趋势

油基和水基加工液各有优势和不足，油基加工液润滑性和防锈性能好，但在高温下易挥发，易产生大量油雾，油雾长期积累会损害人体健康；油基加工液尤其是黏度较高的加工液，自净性能差，工件的脱油成本高。水基加工液具有优异的冷却性能，是油基加工液无法比拟的(油的导热系数为 $0.125 \sim 0.21 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ，而水的导热系数高达 $0.63 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)，水基加工液散热快，不易着火，安全可靠；但存在易腐败发臭、后处理费用高昂等不足。因此两种类型的加工液可满足

不同的需求，在市场上还会有相当长的并存时间。

我国近几年的水溶性金属加工用油发展较快，乳化油是应用最广泛、保持最高使用比例的切削液，但乳化油多采用植物油的皂类如菜籽油、豆油、松香、蓖麻油的皂类为乳化剂，用这类乳化油配制的乳化液存在易生霉、发臭的缺点，在炎热季节一般只能使用 1~2 周，这类乳化液一般采用补加亚硝酸钠、三乙醇胺等作防锈剂，但这些防锈剂效果差，难以满足苛刻条件下金属加工工艺的要求。

合成液主要是由水、清洗剂、防锈剂、防腐剂等多种材料组成的，不含矿物油。对于水基型，特别是合成液在润滑性方面进行了长期探索和改进，保留了水基型散热快、冷却效果好的优点，提高了其极压抗磨性能，研究和开发了多种抗菌剂，解决了稳定性差、容易变质的问题。合成液的材料研究已向多功能和通用性、易洗涤、废液容易处理而且对环境无危害方向发展，但由于价格偏高而受到一定的限制，销量不大。我国目前的情况是，传统的车削、铣削、攻丝、钻削等金属材料的加工工艺依然占有很大市场，金属成型加工发展很快，如铝、不锈钢材料的加工和应用，油基型和水基型金属加工用油需求量稳中有升，油基型仍然占大部分，但合成液是今后金属加工用油的发展方向。

1.4.3 金属加工用油质量要求更苛刻

随着新型金属材料的不断开发和应用，金属加工工艺速度和负荷不断提高，同时也由于金属加工用油市场竞争激烈而要求降低加工能耗和成本。金属加工用油必须具有质优、多功能和通用性的特点。国内的铝、不锈钢等金属材料加工市场很大，金属制品广泛应用于加工业、制造业、建筑业、装饰业、仪器仪表和国防科技等行业。对金属加工用油的质

量要求也越来越苛刻，同时也促进了金属加工业的发展，需求量有较大的增长。要研究和开发高质量的金属加工用油，还必须有一套与之相配套的油品性能评定方法和设备，国外的金属加工用油性能评定方法在不断完善和提高，进步很快。我国应加大力度，不断制定和完善各种金属加工用油的质量标准和试验方法，加强有关油品使用性能的模拟试验和台架试验仪器设备的研制与开发工作。

通用、高效、长寿命将是金属加工用油的重要发展方向。由于金属加工工艺种类复杂，同时各种新型金属材料的广泛应用，造成了金属加工液产品种类繁多，这一方面为加工液的储存、销售带来种种不便，形成一定的附加成本；同时在使用过程中，由于加工液种类繁多，容易造成加工液种类、牌号的不当使用，当出现这种情况时，轻者影响加工质量和效率，重者造成刀具或设备损坏，甚至停工停产。此外，据调查，到 2005 年加工机床的主轴的标准转速将达到 20000r/min，高速机床的转速可达到 30000r/min，这一趋势对金属加工液提出了更加苛刻的要求。为了在高速、高效和精密加工条件下满足更加苛刻的加工要求，今后金属加工用油的研发必须注重于通用性和高效性，以确保对不同金属材料的适用性，同时还能满足不同条件下的工艺操作。

1.4.4 金属加工用油应用于非金属加工领域

随着电子技术的高速发展，金属加工用油已经不再局限于金属材料的加工，如电视机的显像管、玻璃、计算机的显示器等主要设备的生产所需的液体介质也属于金属加工用油的品种。目前应用于半导体单晶体工件切割的切削液，是以非离子表面活性剂为水溶解剂，石蜡基油为润滑剂，磷酸盐、硅酸盐为防腐剂，有机膨润土为分散剂。该切削液制备