

金属切削液基本知识

周 雍 鑫 编著

内 容 提 要

本书较系统地介绍金属切削液的分类、品种、性能、添加剂、配方、配制工艺、合理选用、加注方法，“三废”处理、回收、保管，以及质量测定、性能试验等知识。书末提供了一些必备的技术资料和工具表。

本书可供从事金属切削加工、工艺、润滑等技术工人和科技人员学习或参考。

金属切削液基本知识

周雍鑫 编著

责任编辑：高宝成

封面设计：赵一东

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市密云县印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32印张：3.625 字数：73 千字

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数：1—4532册 定价：1.60元

ISBN7-110-00834-7/TG·2

前 言

随着机械工程科学技术的发展，在金属切削加工中，重切削、高速切削、高精度切削等越来越多，难加工材料的使用也越来越广，这对工件表面粗糙度的要求越来越低，因而，对金属切削液的质量要求也就越来越高。另外，由于工业生产直线上升，每年切削液的耗量均在亿吨以上，这对节约能源乃是一个不可忽视的途径。

目前，金属切削还是机械工程加工零部件的主要手段，特别是对高精度金属零件的加工。在金属切削加工过程中，如果在机床精度、工件材质、刀具材质、切削条件、工人技术等条件相同的情况下，合理选用切削液对工件的精度、表面粗糙度的作用是十分重要的。它可以减少切削摩擦，改善散热条件，降低切削区域温度、切削力和切削功率，延长刀具（砂轮）的使用寿命，降低工件的表面粗糙度，提高工件的精度，节约能源、降低工业生产成本等，总而言之，可以提高工矿企业的经济效益。

近年来，我国切削液生产发展较快，切削液新产品不断推出，特别是在70年代生产的水基离子型切削液投入使用，为机械切削加工向节能、减少污染、降低工业生产成本，迈进了一大步。

本书力求做到重点突出、层次分明、通俗易懂、理论联系实际。它对机械系统有关工人学习掌握金属切削液的基本知识，对工矿企业合理选择切削液，解决实际润滑技术问题，具有一定的指导作用；另外它也可作为机械工人技术培

训教材的参考书。

编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

1988年2月

目 录

第一章 金属切削液的分类、组成及其特性	(1)
一、切削油的分类、组成及其特性	(2)
二、乳化油的分类、组成及其特性	(3)
三、水溶液切削液的分类、组成及其特性	(7)
第二章 金属切削液的作用机理	(13)
一、润滑作用	(13)
二、冷却作用	(18)
三、清洗作用	(20)
四、防锈作用	(22)
第三章 金属切削液的添加剂	(24)
一、金属切削液添加剂的分类、组成及其作用	(24)
二、几种常用切削液添加剂的特性	(31)
第四章 金属切削液的配方及配制工艺	(34)
一、极压切削油的配方及配制工艺	(34)
二、乳化油的配方及配制工艺	(36)
三、水溶液切削液的配方及配制工艺	(39)
第五章 金属切削液的选择	(44)
一、粗加工切削液的选择	(44)
二、精加工切削液的选择	(45)
三、半封闭加工切削液的选择	(46)
四、切削难加工材料切削液的选择	(46)
五、磨削加工切削液的选择	(47)
第六章 金属切削液的加注方法	(50)
一、浇注法	(50)
二、高压内注法	(51)

三、砂轮离心冲注法.....	(51)
四、喷雾法.....	(52)
五、切削液加注流量的确定.....	(53)
第七章 乳化液的“三废”处理、回收及保管	(55)
一、废乳化液“三废”处理、回收的意义.....	(55)
二、废乳化液“三废”处理、回收的方法.....	(57)
三、机械工厂废乳化液“三废”处理、回收的装置及 工艺.....	(64)
四、延长乳化液的使用寿命.....	(66)
五、乳化油质量的测定.....	(69)
第八章 金属切削液性能试验	(73)
一、非切削试验方法.....	(73)
二、切削试验方法.....	(77)
附 录	
1. 金属切削液选用参考表.....	(80)
2. 常用金属切削液的配方及应用.....	(82)
3. 机械油质量指标 (GB443—84)	(89)
4. 轻柴油质量指标 (GB252—77)	(90)
5. 煤油质量指标 (GB253—64)	(91)
6. 极压切削油质量指标.....	(91)
7. F-43防锈切削油质量指标	(92)
8. 硫化切削油质量标准 (SYB73—59)	(93)
9. IQ-1精密切削润滑油质量指标	(93)
10. 乳化油质量指标 (SY1374—77).....	(94)
11. 4903号金属切削乳化油质量指标.....	(95)
12. F-1极压乳化油质量指标	(95)
13. H-1高精度磨削液质量指标	(96)
14. M-2透明磨削液质量指标	(96)
15. C-2无油磨削液质量指标	(97)

16. M-3 水性拉削液质量指标	(97)
17. 机械油新旧名称和粘度等级对照表	(98)
18. 工业用润滑油粘度牌号分类	(99)
19. 有关乳化液污水水质主要项目检验方法	(100)

第一章 金属切削液的分类、组成及其特性

在金属切削加工过程中，凡能降低切削区域的温度；减少工件、刀具、切屑三者之间的摩擦；降低切削力和切削效率；降低工件表面粗糙度和提高工件精度；延长刀具使用寿命等所使用的液体；均称金属切削液，又称冷却、润滑液。

目前金属切削液的品种繁多，作用各异，但归纳起来，金属切削液均由基本成分：油、水和化学添加剂配制而成。金属切削液的分类方法有：按工件加工方式可分为攻丝液、插齿液、磨削液、拉削液、滚齿液等；按切削液的组成成分可分为油基切削液、水溶液切削液、乳化液等，这种切削液的分类方法，目前国内外采用较多。

金属切削液的分类

表1

金属切削液	{	切削油	{	矿物油
				纯切削油 { 动、植物油
				复合切削油
				极压切削油
	{	乳化油 (SY1374-77)	{	I、防锈性较好的乳化油
				II、清洗性较好油的乳化油
				III、极压乳化油
				IV、透明型乳化油
	{	水溶液切削液	{	真溶液 (电解质水溶液)
				离子型切削液 (含有表面活性剂)

金属切削加工常用的切削液大致可分为三大类：切削油、乳化油、水溶液切削液。在每一大类中，按其不同的组成成分和使用性能又可分为若干小类，见表1。

一、切削油的分类、组成及其特性

常用的切削油可分为：纯切削油、复合切削油、极压切削油。

1. 纯切削油 又可分为：矿物油和动、植物油。

(1) 矿物油。它是石油产品经高沸点分馏，并经精细加工而制成的。矿物油随着粘度的不同，构成一系列的产品牌号。一般来讲，矿物油的粘度是指它在40℃、50℃或100℃时的运动粘度，单位为毫米²/秒（厘斯）。产品牌号越大，粘度越大。例如7号机械油是在40℃时，其运动粘度为6.12~7.48毫米²/秒；22号机械油是在40℃时，其运动粘度为19.8~24.2毫米²/秒。在金属切削加工过程中，常用的切削液有：5号、7号、10号、15号、22号机械油和轻柴油、煤油等。它们均具有良好的润滑性和一定的防锈性，但冷却性、清洗性较差。

(2) 动、植物油。动、植物油在切削液中占一定的比例，特别是用于切削难切削加工材料的切削液。作为切削液常用的动、植物油有：猪油、鲸鱼油、棕榈油、蓖麻油、棉籽油、菜子油、豆油等。其中猪油、菜子油、豆油用得比较多。动、植物油虽有良好的润滑性和极压性，但冷却性和防锈性较差，且易变质，价格昂贵，大多数又是食用油。故而，采用动、植物油作为切削液的工矿企业，应大力提倡采用代用品，例如用极压切削油代替动、植物油。

2. 复合切削油 所谓复合切削油，即是在矿物油中加

入动、植物油调配而成的。如用10号机械油50% + 豆油50%调配成的复合切削油，其某些性能要比单用纯矿物油或纯动、植物油优越，如防锈性比纯动、植物油好，润滑性比纯矿物油好。复合切削油具有良好的润滑性和一定的防锈性、极压性，但冷却性、清洗性较差。

3. 极压切削油 它是在矿物油中加入活性硫、氯、磷等极压添加剂、油性防锈添加剂、油性添加剂等配制而成的。它比动、植物油具有更好的润滑性和极压性，完全可以代替动、植物油作为切削难切削加工材料的切削液。目前，这类切削油发展很快，如硫系、硫-氯系、硫-氯-磷系等一系列产品，如硫化切削油、F-43切削油、4901切削油等，这类切削油用来切削不锈钢、耐热合金、高强度合金等难加工切削的材料，均具有优越的切削效果。

直接用油类作为切削液，最大的弊病是浪费能源，生产成本也较高，而且冷却性、清洗性均较差，在切削区域还会形成油雾，造成环境污染，影响操作工人的身体健康。目前，国外机械加工较少直接用油类作为切削液，我国机械行业中大约有8%工矿企业仍直接用油类甚至直接用动植物油作为切削液。我们应当尽量减少直接用油类作为切削液，以节约能源、降低生产成本、提高经济效益。

二、乳化油的分类、组成及其特性

乳化油是由矿物油、乳化剂、防锈添加剂、乳化稳定剂等配制而成的。它用80~95%的水稀释后，构成作用各异、乳白色或半透明液状的乳化液。它具有良好的冷却性和清洗性，并具有一定的润滑性（稀释时用水量越少，润滑性越好）和防锈性。

目前乳化液是我国机械行业广泛应用的一种切削液，大约有90%以上的工矿企业用乳化液作为金属切削液。

乳化剂是构成乳化液的关键物质。其可使矿物油和水乳化，形成稳定性乳化液和极压乳化液。矿物油和水本来是互不相溶的，即是经过高速搅拌有可能使油、水相溶，但静置后不久油、水就会分离。加入乳化剂后，它能吸附在油-水界面上，形成坚固的吸附膜，使油很均匀地分散在水中，形成稳定的乳化液，即是静置也难使油、水分离。这是因为乳化剂是一种表面活性的化合物，它的分子是由极性基团和非极性基团两个部分组成的。极性基团是亲水的，叫做亲水基团，可溶于水；非极性基团是亲油的，叫做亲油基团或憎水基团，可溶于油。极性基团朝水，非极性基团朝油，这样它把水和油连结起来，降低油-水界面的张力，使油以极微小的颗粒（2~4微米）稳定地均匀地分散在水中，形成稳定的水包油（O/W）乳化液，见图1。这时水为连续相，称为分散介质或外相，油为不连续相，称为分散相或内相。反之，就是油包水（W/O）乳化液，见图2。在金属切削液中通常应用水包油（O/W）乳化液。

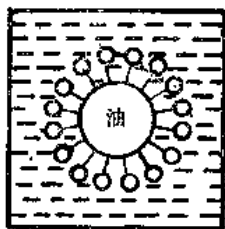


图1 O/W乳化原理示意图

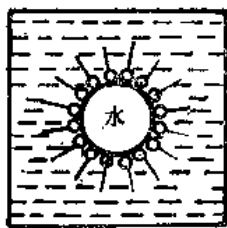


图2 W/O乳化原理示意图

根据使用的要求不同，按照乳化油质量标准（SY1374—77），乳化油可分为1号、2号、3号、4号见附录10。其

中1号是防锈性较好的乳化油，2号是清洗性较好的乳化油，3号是极压乳化油，4号是透明型乳化油。

1号乳化油的特点是防锈性好，其浓度为2%的乳化液防锈性对一级防锈单片为48小时，叠片为8小时。它与其他三种牌号乳化油比较，防锈时间要求多一倍。但其清洗性较差，冷却、润滑性一般。从组成成分来讲，它含有较多的矿物油和较少乳化剂，因此，乳化液的外观呈乳白色。这一类乳化油是我国机械行业大量使用的一种。其实际使用浓度为2~5%。有时为了提高清洗性能，可使浓度降至1~2%。有时为了提高润滑性能，又可将浓度提高到10~20%。

2号乳化油的特点是清洗性、冷却性较好，防锈性、润滑性一般。它主要适用于磨削加工，清洗性能好，可防止磨粒、粉末粘堵砂轮，延长砂轮使用寿命，冷却性能好，可有效地防止工件在磨削加工中被烧伤。从它的组成成分来看，它比1号乳化油含矿物油少，而比1号乳化油含乳化剂多。因此，其乳化液的外观多呈半透明均匀分散体系，即近于增溶状态。它在磨削加工中使用的浓度多为2~3%。

3号乳化油又称极压乳化油，它主要应用于润滑性要求较高的金属切削加工，如用于切削加工难切削加工的材料。由于这一类金属切削加工速度较慢，切削力较大，在切削加工过程中很难散热，处于极压状态。这类乳化油除了含有乳化剂、矿物油外，还添加了极压、油性添加剂，如氯化石蜡、氯化硬脂酸等，以提高其边界润滑能力，浓度为20%乳化液的PK值（油膜破坏的临界负荷）可高达100公斤以上，按SY1374—77标准，3号乳化油的乳化液的PK值应不得小于70公斤。而1号乳化油的乳化液的PK值只有15~25公斤。这类乳化液使用浓度较高，一般为15~25%，乳化液的外观

多为淡棕色至褐色。因而，它的乳化液可代替动、植物油和硫化切削油，用于切削难切削加工材料的切削液。

4号乳化油是透明型的，它适用于具有特种要求的金属切削加工的切削液，亦可作为内燃机冷却液。NL型乳化油，即属于这一类。它的乳化液为半均匀分散体系。具有良好的冷却性和清洗性，可作为磨削加工的切削液。其组成成分与2号乳化油相似，但其乳化剂的含量比2号乳化油多，在NL型乳化油中高达60%。因此，这类乳化液稳定性极好。目前，这类乳化液已广泛用作火车内燃机的冷却液。

乳化液具有良好的冷却性、清洗性及一定的润滑性、防锈性，是目前我国机械行业广泛应用的一种切削液。然而乳化液也有它的缺点：一是使用寿命短，特别是在南方炎热的夏天，使用周期只有一星期或半月，这样既会增加更换乳化液的工时，又增加生产成本；二是废乳化液的排放会对水质产生污染（如矿物油和某些添加剂，都对水质有污染）。因此废乳化液在排放前，必须进行“三废”处理（见第七章所述），达到国家规定废液排放标准后，才能排放。

乳化液在炎热的夏天为什么使用寿命短呢？原因有二：

（1）乳化液是一种液体（油）通过极性化合物（乳化剂）的作用，使油以极微小颗粒（2~4微米），悬浮在另一种液体（水）的分散体中。我们在显微镜下观看乳化液，就会看到极微小的液滴在作连续不规则的运动。这种不规则运动是由于带负电荷的油滴互相排斥所致，它处于一种相对稳定的平衡状态，但这种平衡状态是极易被破坏的。如热会增加其活动性，使微小液滴相互碰撞而形成较大的液滴，结果形成凝聚，直至使乳化液中的油、水分离，失去应有的性能。

(2) 乳化液组成成分为某些细菌，如脱硫菌、霉菌、酵母菌等，提供了适合其快速生长的环境，在炎热的夏天，乳化液内的细菌活动加剧，引起乳化液化学变化，使乳化液的油滴大小和分布状况发生变化，使乳化液失去稳定状态，使乳化液中的防锈添加剂等失效，最后析油析皂，致使乳化液严重变质、失效。因此，乳化液在炎热的夏天，使用寿命缩短。

显而易见，在金属切削加工过程中，用乳化液作为切削液并不十分理想。所以人们又研制了新型切削液如下面要讲的水溶液切削液，来逐渐代替乳化液、切削油。

三、水溶液切削液的分类、组成及其特性

水溶液切削液是不含矿物油的，均以多种化合物添加剂和水配制而成。其多呈半透明或透明的液体。

水溶液切削液可分为两类：真溶液和离子型切削液。

1. 真溶液 又称电解质水溶液。它主要以无机盐和水组成，具有良好的冷却性、清洗性和一定的防锈性。如苏打水（亚硝酸钠+碳酸钠+水）就是一个典型真溶液。它具有价格低廉、配制容易、节约能源等优点。它适用于加工件的精度、表面粗糙度要求不高的磨削加工切削液。

2. 离子型切削液 又称表面活性剂水溶液。其主要是有有机阴离子表面活性剂或非离子表面活性剂、无机盐和水配制而成的。母液在水溶液里能离解成各种强度的离子，使它具有独特的性能：

(1) 离子型切削液具有特殊的冷却作用。离子型切削液可以有效地降低金属切削加工过程中的热电效应。金属或非金属化合物如果受到磨擦或切削加工时，即使在低温的情

况下，也能观测到电子放射现象，因而在金属切削过程中，不断地放射电子，结果使刀具、工件之间的正电荷不断增加，同时，在高压下，使切削区域产生高温，加速电子放射速度，这样使大量电子微粒在吃刀处堆积、熔化和焊接在刀刃上形成刀瘤，从而加速刀具的磨损。普通的切削液（包括切削油、乳化液）都会受到电子极化，加速上述现象的产生。然而采用离子切削液，则可使金属切削加工过程中产生正离子被迅速中和，这种电荷中和过程的速度大大地超过一般物理、机械降温速度，也就是大大地超过切削油、乳化液和一般水溶液切削液的降温速度，从而能瞬时地防止或降低切削区域高温的产生，这样使切屑、工件、刀具三者的温度较低，工件、刀具不致高温变形，因而能有效地降低工件表面粗糙度和提高工件精度，可成倍地延长刀具使用寿命。表2的实验结果，充分显示了离子型切削液（和乳化液相比）有特殊冷却效果：采用离子型切削液的钻头寿命（3支共钻60孔）为乳化液（3支共钻12孔）的5倍；使用离子型切削液

离子型切削液的冷却特性

表 2

项 目 切 削 液	钻 头 寿 命				功率消耗 (瓦)
	第 1 支	第 2 支	第 3 支	共计钻孔数	
乳 化 液	3	5	4	12	480
离子型切削液	12	19	29	60	440

注：实验条件：

机床：立式钻床；钻头直径： $\phi 10\text{mm}$ ；

转速：750Y/min；工件材质：40钢，厚30mm HRC28—30；

进刀量：0.15mm/Y。

的功率消耗比使用乳化液低40瓦（480瓦 - 440瓦 = 40瓦）。如采按相同钻孔数相比，使用离子型切削液的功率消耗要低200瓦（40瓦 × 5 = 200瓦）。

（2）离子型切削液能有效地降低金属切削加工过程中的电化学腐蚀。在金属切削加工过程中，具有导电性金属刀具的磨损和切削液的关系有着不能忽视的电化作用。在金属切削加工过程中，由于激烈的摩擦，使工件、刀具表面产生高温，同时产生热电动势，这时刀具、工件、切屑的接触有热电流通过，这个热电流会使刀具受到腐蚀磨损和其他电化学磨损作用。金属的电极电位，可以看成是金属给出电子能力的电化学位能，金属给出电子的能力越强，其电化学位能就越高，也就是说金属遭受电化腐蚀的可能性越大。实践证明，只要产生一种与切削热电流相反方向的电流，根据热电补偿定律即可提高刀具的使用寿命，当产生与切削热电流相反方向的电流1mA~2.15mA时，刀具寿命可延长50~100%。离子型切削液由于阴离子的作用，在金属切削加工过程中的电化学腐蚀，也就是讲可以大大地延长刀具的使用寿命。

为了验证上述论点，我们用雷磁27型电导仪测量几种切削液的电阻，电导率与平面磨削铸铁的砂轮寿命的关系，见表3。

从表3中试验数据可以看出离子型切削液能成倍地延长刀具（如砂轮）的使用寿命：

- ①切削液电阻越大，电导率就越小，砂轮磨损就越大；
- ②切削液电阻越小，电导率就越大，砂轮磨损就越小。

（3）离子型切削液具有强度较高的润滑膜和较低的摩擦系数。在离子型切削液中，由于有油性添加剂的作用，而油性添加剂与烃为主的矿物油的最大差别是有极性基团，是

几种切削液的电阻、电导率与砂轮寿命的关系 表 3

切削液	试验项目	电阻30℃ (欧姆)	电导率30℃ (微姆)	砂轮寿命 (毫米)
	试验结果			
乳 化 液		680	1400	0.065
极压乳化液		360	2560	0.04
离子型切削液		183	5600	0.02

注：实验条件：

机床：M7120平面磨床；

砂轮：GB60 ERIAP250×25×75；

工件材质：铸铁；

面积：105×20×3 (件)；

工作台速度：17m/S；

砂轮横向进给速度：20mm/S；

每次进刀量：0.05mm；

总进刀量：2.00mm。

一种表面活性物质，能牢固地吸附在金属表面，形成定向分子层，见图 3。这样在金属表面上就构成一层高强度的润滑

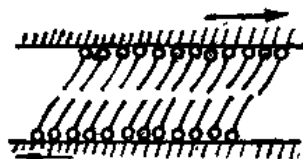


图 3 吸附膜的润滑作用

膜，使刀具、切屑、工件三者之间摩擦表面隔开，从而降低它们之间的摩擦系数。我们用测试仪器（四球试验机、德里油性试验机）对几种切削液的润滑膜强度、摩擦系数测定结果，见表 4。