

內 容 提 要

本书介绍了潤滑冷却液的作用原理、配方制造、选用原則、使用方法和廢液回收处理。

本书主要讀者对象为机械加工工厂技术人員与工人，学校中金属切削专业师生亦可参考。

潤 滑 冷 却 液

章 錦 华 編 著

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷六厂印刷

新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印張 4 排版字数 90,000

1966 年 5 月第 1 版 1966 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—9,000

統一书号 15119·1861 定价(科五) 0.44 元

目 录

緒 論	1
第一章 潤滑冷却液的作用及分类	5
一、潤滑冷却液的作用	5
二、潤滑冷却液的分类	14
第二章 潤滑冷却液的原料及配方	18
一、潤滑冷却液的原料	18
二、潤滑冷却液的配方及制造	42
第三章 乳化液及硫化油	53
一、乳化液	53
二、硫化油	67
第四章 潤滑冷却液的选用	70
一、按加工材料选用	70
二、按加工性质及切削用量选用	73
三、按机床种类来选用	74
四、按加工种类选用	75
五、在加工有色金属及其合金时的选用	83
第五章 潤滑冷却液的使用方法	85
一、澆注法	85
二、高压冷却	86
三、噴气法 (二氧化碳气体冷却)	88
四、噴雾冷却	90
五、刀具的内冷却	96
六、砂輪的内冷却及双冷却	96
第六章 潤滑冷却液的回收及使用	99
一、潤滑冷却液的回收	99

二、潤滑冷却液的消耗定額及更換期限	104
三、使用潤滑冷却液的安全措施	107
附录一 某些乳化液对切削性能影响的試驗	110
一、試驗条件	110
二、試驗內容	110
附录二 技术指标	114
一、矿物油	114
二、植物油	116
三、石油酸	119
四、氧化石蜡、氧化石蜡油	120
五、松香	121
六、硫化油	122
七、乳化质	122
八、乳化油膏	122
九、各种油脂內所含脂肪酸的种类及数量	123
参考資料	124

結 論

潤滑冷却液是金属切削加工时应用的水溶液及油液。切削加工时，若有效地使用潤滑冷却液，則能提高表面光洁度 1~2 級，减少切削力 15~30%，降低切削温度 100~150°C，并能成倍地提高刀具的耐用度，从而提高了生产率及产品的质量，并能降低成本。此外它还能从切削区很好地冲洗切屑。因此，潤滑冷却液在机械制造厂应用极为广泛。

最初，人們用水作为冷却液。为了防止銹蝕和改善水的潤滑性能，在水中添加了电解质，制成电解质水溶液。后来又出現了肥皂水溶液等。为了改善潤滑性能，随后采用了矿物油来作为潤滑冷却液，因为它能在金属表面形成潤滑膜，减少切屑与刀具前面及工件与刀具后面之間的摩擦。

由于切削时温度及压力的不断提高，人們又采用植、动物油脂作为潤滑冷却液。它們在金属表面形成較为坚固的潤滑膜，能提高零件的加工质量。但植、动物油脂容易敗坏、容易生长細菌及使用期限較短，人們在矿物油內掺入少量的油脂制成复合油，显著地提高矿物油的潤滑效果，因此复合油得到广泛的应用。

随着切削时温度及压力繼續不断的增加以及加工零件的质量要求愈来愈高，即使由植、动物油脂所形成的潤滑膜也不够坚固，所以在油內添加硫、氯、磷等以及它們的化合物，使能与金属表面形成更坚固的潤滑膜，从而得到較好的使用效果。在低速精鉸时，用含有 4~25% 的四氯化碳的硫化油作为潤

注：目前在切削加工时，用作潤滑冷却液的不仅是液体，并且还有气体及固体。

滑冷却液,可使零件表面光洁度达7級至11級。目前硫化油获得較广泛的应用。硫化油分硫化矿物油及間接硫化油两种。此外还有含硫氯化切削油等。一般来讲,間接硫化油較为稳定,效果較好,而含硫氯化切削油的效果更好。

随着生产率不断提高,切削用量也有所增加,切削热也就大大的增加;但油的导热性及比热比水的小得多,在这种情况下,再用油来作潤滑冷却液是不能滿足要求的(但在切削加工中,也有一些速度低,质量要求較高的工序,要求潤滑冷却液有很好的潤滑性,因此油类仍然应用),必須寻求冷却性能好的水基潤滑冷却液。乳化液的应用提高了高速鋼刀具的生产率。用氧化石蜡油制的乳化油进行粗車,比用矿物油提高了高速鋼刀具的耐用度一倍多。根据生产发展需要,現在已生产有氧化石蜡油制的、环烷酸制的、风吹菜油制的、蓖麻油制的、油酸制的以及松香制的几种乳化液,其中以氧化石蜡油制的乳化液效果最好,也最有发展前途。

近年来,在透平机制造、鍋炉制造、航空工业及其他尖端技术中,愈来愈多地应用着不銹鋼、耐热鋼、耐热合金、鈦及鈦合金等材料。这些材料的塑性較大、强度較高、导热性差,要求潤滑冷却液既要有很好的冷却性,又要有优良的潤滑性。为了解决这个問題,就采用硫化乳化液。这种乳化液的潤滑性比一般乳化液要好,但冷却性并不降低。此外,也将固体潤滑剂,如石墨、二硫化鋁等細末加入潤滑冷却液中去。

在潤滑性能保持不变的条件下提高潤滑冷却液的冷却性,低温冷却就是一种方法。所謂低温冷却,就是将潤滑冷却液的温度降低到一定程度并保持不变,这样就有較好的冷却效果。如潤滑冷却液的温度从 40°C 降低到 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$,在刀具前面上的温度可平均降低 $75\sim 100^{\circ}\text{C}$,这样可以提高刀具耐用度1~2倍。在切削时,通常使水基的潤滑冷却液保持在

5~10°C, 油基的保持在 15~20°C 比較合适。有人建議采用超低温冷却, 但这时應該考慮到一般乳化液在这样低的温度条件下的稳定性及油的粘度的問題, 故尚需进一步研究。

乳化液有容易敗坏, 使用期限短等缺点, 因此近年来又向化学冷却液方向发展。化学冷却液完全是由化学药品制成的, 它不但不容易敗坏, 并且有非常好的冷却性及潤滑性。

近年来还利用气体(如 CO_2 、 O_2 及壓縮空气等)及含有二硫化鉬的油膏来进行冷却及潤滑。

提高潤滑冷却液的使用效果, 不但和它的成分及种类有关, 并且还与其使用方法有关。近年来发明了許多新的使用方法。目前除一般澆注法之外, 还有下列几种使用方法: (1) 高压冷却; (2) 低压冷却; (3) 噴雾冷却; (4) 刀具及砂輪的内冷却; (5) 砂輪的双冷却。使用了这些先进的方法, 不但可以大大提高刀具耐用度, 有的还能改善零件的加工质量。

由上可以清楚地看出, 提高潤滑冷却液的使用效果, 将沿着下列两个方向发展:

1. 从成分上及种类上, 寻求高效率的潤滑冷却液及气体、固体潤滑冷却剂。如要求有很高的潤滑性能, 則向油类内添加高度化学活性物质; 要求冷却性及潤滑性二者兼顧, 則向添加高效率添加剂的乳化液及化学冷却液方向发展。

2. 寻求潤滑冷却液新的使用方法: 現有澆注法、高压冷却、低压冷却、噴雾冷却等, 但其中以澆注法应用最广, 而噴雾冷却較有发展前途。

为了进一步滿足生产上的需要, 今后对潤滑冷却液应加强以下几个方面的工作。

1. 深入研究各工序的及各种潤滑冷却液的特点, 合理的选用适合于每道工序的潤滑冷却液, 制造新型的高效率的潤滑冷却液以及气体、固体潤滑冷却剂, 确定每道工序的潤滑冷

却規範。

2. 研究各種新型潤滑冷卻液的使用方法。
3. 研究潤滑冷卻作用的机理。
4. 改善潤滑冷卻液的製造、使用、回收及管理等工作。

第 一 章

潤滑冷却液的作用及分类

一、潤滑冷却液的作用

金属切削加工时,刀具切削金属,使得被加工金属产生变形。此外,切屑与刀具前面、刀具后面与加工表面之間还有摩擦。由于变形及摩擦的結果,就产生了切削力及切削温度,它們影响刀具耐用度、切削功率以及加工零件的质量,因此怎样减少切削过程中的切削温度及切削力是切削加工中的一个重要問題。

减少切削力及切削温度可以从改善刀具几何形状着手。試驗証明:改进成形車刀的几何形状可以成倍地提高刀具耐用度;也可以从改善被加工金属状况着手。

但是减少切削力及切削温度有时也可以,甚至也必須从选用合适的潤滑冷却液着手。

虽然潤滑冷却液如此重要,但在选用、制造方面尚存在着不少問題,更应注意寻求新的潤滑冷却液及其使用方法。

为了解决上述問題,首先應該对潤滑冷却液的作用有較为系統的了解。

1. 潤滑作用

潤滑冷却液的潤滑作用,一般是指它减少刀具前面与后面上摩擦的能力。

潤滑冷却液能渗透入切屑与刀具前面,以及工件与刀具后面之間,并能在其中形成吸附性的潤滑膜,从而能减少刀具

前面与后面上的摩擦及粘結。

由此可見,要减少刀具前面与后面上的摩擦,首先要求潤滑冷却液能很好地渗透入切屑与刀具前面之間,以及刀具后面与工件之間,这就要求它具有很好的潤湿性。所謂潤湿性,是指液体对固体粘附的能力,它随液体間的和液体与固体間分子的吸引力而轉移。因为表面活性物质对金属有很大的亲和力,所以在潤滑冷却液內,加入表面活性物质能提高它的潤湿性。此外,潤滑冷却液的潤湿性在很大的程度上亦决定于它的粘度,只有低粘度的液体,才能在瞬时流入切屑与刀具前面,以及工件与刀具后面的接触区的空隙內,所以粘度与表面活性物质是潤滑冷却液具有良好潤湿性的重要因素。但是要使潤滑冷却液具有优良的潤滑性能,不仅要有很好的潤湿性,还要在接触区中形成能在高压、高温与激烈的摩擦作用下,不致于破坏的潤滑膜,只有这样,才能防止或减少金属表面的直接接触,达到减少摩擦及粘結的目的。

潤滑膜是由于吸附現象形成的。所謂吸附現象,就是在吸附力的作用下,某一种物质吸附在另一种物体表面的現象。根据吸附力的性质的不同,可以分为物理吸附及化学吸附。

物理吸附是由于分子間的吸引力作用所引起的。产生吸引力的主要因素,一般有三种:(1)永久偶极,定向作用;(2)誘导偶极,极化作用;(3)瞬时偶极,分散作用。

(1) 永久偶极 具有极性的分子才有永久偶极,因为任何物质的分子中都有数量相同,而符号相反的荷电质点——带正电的原子核和带負电的电子,对每个分子來說,都能找到一个正电中心和一个負电中心。极性分子的正負电的中心不相重合,分子的两端就形成两个电极(正負极),这叫永久偶极,因此一个分子具有正电荷的一端,就会作用于另一分子的

帶負電荷的一端，產生了分子間的吸引力。分子的極性及偶極矩愈大，則吸引力也愈大。

(2) 誘導偶極 如果一種極性物質與另一種非極性物質相混在一起，如不發生化學作用，那麼這兩種物質的分子間相互吸引力，是由於永久偶極與誘導偶極間的共同作用而來的。因為一般的非極性分子雖然沒有極性，但是它同樣帶有正負電荷，只是兩個電荷中心相互重合而沒有把極性表現出來，當它與極性分子接近時，它的負電荷就會被極性分子帶負電的一端排斥，它的正電荷則被吸引，因此就出現了誘導偶極。這樣，永久偶極帶負電荷的一端就與誘導偶極帶正電荷的一端相吸，形成分子之間的吸引力，它的大小隨極性分子的極性程度而定，但亦與非極性分子是否容易誘導有關。

(3) 瞬時偶極 非極性分子的電子雲是對稱的，所以本身沒有極性，因此，分子本身中間亦不會產生誘導偶極；但在實際上，由於原子中電子的旋轉和原子核的振動，某瞬間總可能有某些電子不均勻地分布在核的各方，在這一瞬間，分子中就出現了一個瞬時偶極。這種瞬時偶極，顯然也可以使分子相互吸引，這種引力的大小，主要決定於分子的極化度，分子量愈大，往往容易極化，即極化度愈大，因而分子量大的分子間引力，一定比分子量小的分子間的引力大。

由上可知，形成物理吸附分子間的吸引力的本質是正負電荷相吸，而極性分子對金屬表面的亲和力較大，因此它所形成的潤滑膜也較堅固。

表面活性物質就是能顯著降低液體表面張力的物質，如動物油脂、植物油、脂肪酸（油酸及其他）、環烷酸、脂肪酸皂及環烷酸皂等。它們大多是極性分子，由極性及非極性兩部分組成。屬於極性部分的如 OH 、 COOH 、 SO_3 、 OSO_3 等，屬於非極性部分的如 C_nH_{2n} 或 $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ 等。

吸附性的潤滑膜形成过程如下：含有极性分子及非极性

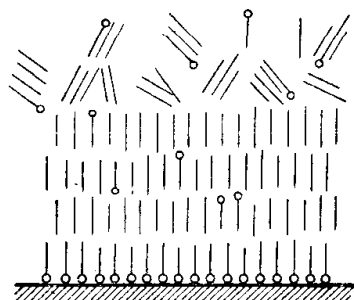


图 1 潤滑冷却液中分子在金属表面上的吸附情况示意图

┆ 极性分子；
○ 非极性分子

分子的潤滑冷却液，其极性分子对金属表面的亲和力較大，因此很快吸附在金属表面，然后非极性分子与极性分子相吸，以后非极性分子再与非极性分子相吸，这样形成了一层牢固的潤滑膜（图 1）。如在潤滑冷却液中只有非极性分子（如矿物油中环状与鏈状结构的烴分子），其电性是对称的，沒有偶极矩，但当它們受到金属表面的电场影响时，亦能吸附在金属表面，形成潤滑膜，其坚

固程度不如前者。

由极性分子所形成的潤滑膜，其坚固程度决定于极性分子的极性及偶极矩的大小，极性及偶极矩愈大，則所形成的潤滑膜愈坚固。

但是决定潤滑膜坚固程度最根本的問題还是形成潤滑膜的原因是物理吸附还是化学吸附。由化学吸附所形成的潤滑膜較坚固，因此潤滑作用也較强。

所謂化学吸附，是由化学鍵力作用所引起的。即潤滑冷却液能与金属表面起化学反应，形成化合物，它起潤滑膜的作用。

酒精及脂肪酸的分子虽然都是极性分子，但潤滑作用却不同。酒精在金属表面上只能形成純粹物理性的吸附膜，因此潤滑效果較差；而脂肪酸可与金属产生化学反应，而生成化学性的吸附膜，所以潤滑效果較好。

同样是化学性潤滑膜，由于其化合物性质不同，故坚固程

度也就不同。例如含有 OSO_3 、 SO_3 的分子，可以和金属表面形成熔点更高、更稳定的润滑膜，其效果更好。

氯、硫等加到润滑冷却液中，能与金属表面形成能耐更高温、更高压的氯化物及硫化物，当切削温度高达 $400\sim 800^\circ\text{C}$ 时，还不会破坏，因此这是最坚固的润滑膜。

經驗証明：某些润滑冷却液对于某一摩擦对能生成物理性的润滑膜，但对于另一摩擦对，则生成化学性的润滑膜。例如松节油在摩擦对高速鋼 W18Cr4V -鋼 45 的表面上，形成物理性的润滑膜，而对于摩擦对高速鋼 W18Cr4V -硅鋁合金，则生成典型的化学性润滑膜。因此选择润滑冷却液应根据加工材料不同而有所区别。

应用润滑冷却液之后，有人认为还能起到下列一些作用：

(1) 楔裂作用 当金属在加工时，表面常有很多极細裂縫(图 2)。含有表面活性物质的润滑冷却液，能渗入这些裂縫中，在裂縫的两壁形成吸附性薄膜。由于极性分子的互斥力以及接触表面的正压力，会使裂縫受到劈力，裂縫中愈深处，劈力愈大，致使金属强度减低，便于切削。

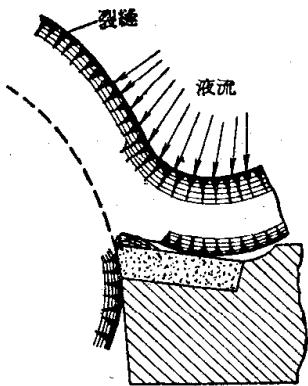


图 2 切削时润滑冷却液作用图

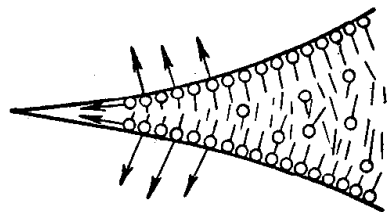


图 3 表面活性物质所产生之劈力

(2) 扩散作用 随着变形增加,与吸附作用的同时还出现了冷却介质的扩散作用,它的本质是由于在润滑冷却液中,催化分解出的氮、氢及其他产物的原子,插入到金属的晶格中去,使得金属脆化。

(3) 内润滑作用 渗透入金属滑移面之间的表面活性物质在其中形成润滑膜,这种内润滑作用能减少内摩擦。

从上分析可知:润滑冷却液具有优良的润滑性,必须要有很好的润湿性,能渗透入切屑与刀具前面及刀具后面与工件的接触区内,并在其中形成坚固的润滑膜。为此最主要是在其中加入表面活性物质,以及选用合适的液体粘度,同时必须根据具体的摩擦对来选用润滑冷却液。

2. 冷却作用

从上可知,当切削时,在切削区产生大量的切削热,它不但使刀具容易磨坏,并且还影响零件的加工质量,因此要求降低切削温度。

减少切削区的温度,可从下列两个方面着手:一方面是减少摩擦,从而减少切削热的产生;另一方面是使得已产生的切削热,从它产生的地方迅速带走。

试验证明:在水溶液中,含有2~3%的皂类或乳化质,对切削温度的减少最为显著。因为加入了少量的表面活性物质,能促使摩擦减少,并且使水溶液能很好地流散在金属的表面上,把热量带走,若浓度超过3~5%,虽然润滑性能有所增加,但冷却作用却降低。因此减少切削温度主要的不是润滑作用,而是冷却作用。

冷却作用通常是指润滑冷却液将热量从它产生的地方迅速带走的能力。

切削热的传播是通过下列三个基本方式:热传导、热辐射

及热的对流。

热傳导的快慢用导热性来表示。材料的导热性决定于材料的导热系数 λ ，热傳导的快慢与导热系数、受热体与潤滑冷却液的温差、比热成正比。

几种物质的导热系数如下：

金属， $\lambda = 2 \sim 360$ 千卡/米·小时·度；液体， $\lambda = 0.08 \sim 0.6$ 千卡/米·小时·度；气体， $\lambda = 0.005 \sim 0.5$ 千卡/米·小时·度。

其中金属导热速度最快，但在切削加工时，主要是用液体及气体来冷却，因此热傳导作用不大。

在切削加工时，由于热輻射作用傳出的热量，仅占总热量的1%左右，故可忽略不計。

热量由受热物质的运动，自一处轉移到另一处，称为热的对流。对流只有在液体及气体內才有可能。在金属切削时，靠对流能傳出去較大量的热。假定有一高速鋼 W18Cr4V 整体刀，刀具前面上的平均温度 400°C ，刀具底面上的温度 50°C 。靠热傳导傳出去的热量，通过計算，为 7 卡/厘米²·秒（設刀具高为 25 毫米）；而通过对流傳出的热量为 66.9 卡/厘米²·秒，比热傳导大 8.5 倍，因此，在金属切削时，較大的热量是靠对流傳出的。

切削区由于潤滑冷却液沸騰、汽化吸收了大量的热，这种热叫汽化热。汽化热又要比对流所傳播的热大得多（上例中， $q = 539$ 卡/厘米²·秒），由上分析可知：潤滑冷却液的冷却作用，决定于它的导热性、比热、汽化热、汽化速度、流量及流速（流速与粘度、压力等有关）等。由于汽化热所吸收的热量最大，因此我們在使用潤滑冷却液时，应尽量創造条件（如噴雾冷却）使它易于汽化。

水和水溶液的汽化热最大。当純水在标准状况下沸騰时，它的汽化热是 540 卡/克；而有机液体的汽化热便要小得多，

如油类汽化热只有 40~75 卡/克。

水与油类在汽化速度上相差更大。

水的比热约为油的比热两倍(水为 1, 而油类为 0.4~0.5 卡/克·度), 水的导热系数也比油类的导热系数大得多(水为 0.0015 卡/厘米·秒·度, 而油类只有 0.0003~0.0005 卡/厘米·秒·度)。故水的冷却性能最好。

冷却作用的好坏, 还与泡沫性有关, 由于泡沫内部是空气, 空气的导热性比水的导热性差, 所以多泡沫的润滑冷却液冷却作用要降低。为此, 必须采取一切措施去掉泡沫, 如装置泡沫收集器、降低液体的循环使用速度、增加贮油池的容积等。

此外有人认为: 润滑冷却液的冷却作用还能降低摩擦力, 这是因为硬材料与硬材料相摩擦的摩擦系数, 比软材料与硬材料相摩擦的摩擦系数小。

3. 洗涤作用

在金属切削加工过程中, 常有细小的切屑、金属粉末及砂粒的灰末产生(加工铸铁、珩磨、细磨时特别厉害), 为了防止这些细小的切屑及灰末相互粘结, 粘附在工件、刀具及机床上, 从而影响到加工零件的质量、刀具耐用度与机床的寿命, 因此要求润滑冷却液有良好的洗涤作用。

为此, 润滑冷却液要有很好的流动性能(它与液体的粘度有关)。

4. 防蚀作用

在工件上或机床零件、部件上, 经常接触一些引起腐蚀的物质, 如氧、水分、酸等, 它们有的是存在于四周空气中, 有的是润滑冷却液使用日久后生成的。

为了使工件及机床不受其腐蚀，要求潤滑冷却液有防蚀作用。防蚀作用的本质，是在金属的表面上生成胶体状的吸附性的薄膜或氧化膜（如碱溶液中的亚硝酸钠），来保护金属表面，使它不受腐蚀。此外，还要求在工作过程中和在机床周期性的停車时，应该不使机床和工件生锈。

潤滑冷却液腐蚀作用的强弱，依下列因素而定：原来的成分以及在工作过程中成分的变化，工件材料、形状和尺寸，冷却条件，周圍空气，以及机床上摩擦对金属表面的性质等。

应用油类，一般不会引起腐蚀。

使用电解质的水溶液和含水分 90~97% 的乳化液，应该很好注意。因为它能在极短的时期内，使金属受强烈的腐蚀。防止腐蚀的方法，是在其中加入一定量碱性电解质（这种电解质将使水软化，并且在金属表面上生成有保护作用的氧化膜）、乳化质或皂类。

在一定范围内，水的腐蚀作用，随着乳化液的浓度升高而减小，在最合适的浓度下，水的腐蚀作用便完全被除去。

乳化液的抗蚀作用是皂类及防蚀剂的作用。它们吸附在金属表面上，并和矿物油形成連續不断的薄膜保护层，使金属不被腐蚀。

应该指出：不同的皂类（环烷皂、油酸皂等）溶液都有它最适宜的浓度，超过或低于这个浓度都会使防蚀作用减弱。

一般乳化液中，皂类含量如低于 0.2% 便不能应用。

乳化液中的游离有机酸也能引起腐蚀。

当乳化液和肥皂水溶液使用久了之后，或在制备乳化液和肥皂水溶液时，都会生成酸性皂和碱性皂。

由于从空气中吸收二氧化碳，使中性皂生成酸性皂和碱性皂的作用也加快。

酸性皂在冷水中不溶解，并成沉淀析出，故无防蚀作用。

碱性皂只能輕微的水解，因此它的防蝕作用也比中性皂弱得多。

潤滑冷却液的防蝕性能，对于粗加工、磨削等工序(这些工序上主要的是需要冷却)很重要。因为这些工序，一般都用电解质水溶液，或加有电解质的肥皂水溶液，及低濃度(1~3%)和中等濃度的乳化液等来冷却；所以在这些水溶液中，均需含有皂类和碱性电解质。

一般对潤滑冷却液有下列要求：

(1) 冷却性：决定于导热性、比热、汽化热、汽化速度、合适的流量及流速(与粘度、压力等有关)等；

(2) 潤滑性 } 要求有合适的粘度，并能形成坚固的吸附
(3) 洗滌性 } 膜；

(4) 防蝕性：要求形成吸附膜或氧化膜；

(5) 經濟性：选择我国产量多，价格便宜的原料，并要求制造方便；

(6) 对健康无害：必須是不会損伤粘膜和皮肤，亦不产生有害的气味；

(7) 使用方便；

(8) 稳定性：在儲存和使用时，不应分层及析出沉淀物，不易败坏。

二、潤滑冷却液的分类

在金属切削加工时，通常使用的潤滑冷却液可以分为两大类：水溶液及油类。

1. 水溶液

(1) 电解质水溶液 在清水中加入一定量的无水碳酸鈉、亚硝酸鈉、磷酸三鈉、硼砂及二乙醇胺等各种电解质而成。