

机修手册

(修订第一版)

第七篇 设备的润滑

中国机械工程学会
第一机械工业部 主编

机械工业出版社

第五章 冷却润滑液

一、冷却润滑液的作用

在金属切削过程中,始终存在着摩擦和磨损。这种摩擦和磨损与切削功率的消耗大小,刀具使用寿命长短和工件加工质量好坏有着密切的关系。所以在切削加工中要想提高切削效率,达到最佳的经济加工,必须减少这种摩擦和磨损,同时减少切削热。要达到这些目的,一方面是改善刀具材料和其几何形状,另一方面就是合理的采用冷却润滑液作为加工工艺材料。

冷却润滑液在金属切削过程中,主要是起冷却和润滑作用。一般采用冷却润滑液可减少切削力10~30%,延长刀具使用寿命4~5倍,提高工件光洁度1~2级。

(一) 冷却作用

冷却作用是依靠冷却润滑液的对流和汽化把切削热带走,降低切削区的温度,减少工件变形,保持刀具硬度和其尺寸,从而提高工件加工精度,也减少刀具由热而引起的磨损。

冷却作用的效果大小主要取决于冷却润滑液的比热,次之取决于导热性、汽化热、汽化速度和渗透性的高低。同时,和使用的流量,流速等有关。

冷却润滑液主要由水和油组成。水和油的比热等性能比较(表5-1-1),可得出水的比热比油大1~1.5倍,导热速度比油快2~4倍,汽化热比油大6.7~12.5倍,粘度只是油的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{2}$ 。所以,水溶液的冷却性最好,切削油最差,乳化液处于中间。乳化液用水稀释度大时,其冷却性会接近于水,稀释度小时会降低。例如,在切削甲钢和乙钢两种钢材过程中,当切削温度分别达到805℃和725℃时,采用不同粘度的复合油和不同的水溶液来冷却,其冷却效果(以降温百分比来表示,并以干切削温度为100%)就不同。

气体和液体的比热和导热性比较见表5-1-2。从中可见,气体的比热只有液体的1/1000,导热性为液体的1/100~1/10,所以气体的冷却性最低。但气体由于具有低粘性,扩散、渗透

表5-1-1 水、油和冷却润滑液的冷却性能比较

名 称	比 热 (卡/克)	导热系数 (卡/厘米·秒)	汽 化 热 (卡/克)	降 温 百 分 比	
				甲 钢 (退火的)	乙 钢 (热火的)
水	1	0.0015	540	19	15
油	0.4~0.5	0.0003~0.0005	40~70		
润湿剂水溶液	0.872			14.8	8.4
碳酸钠水溶液(4%)	0.923				13
复合油(低粘度)	0.489			3.9	4.7
复合油(高粘度)	0.566			6	6

快, 对流快等性质, 故采用压力供给时也会起冷却作用。在利用压缩空气作载体时, 把冷却润滑油雾化来冷却切削区, 可大大提高冷却效果。

表5-1-2 一些液体、气体的比重、容比热、热传导系数和粘度

名 称	比重(20°C时)	比 热 (20°C时) (卡/厘米 ³)	导 热 系 数 (20°C时) (卡/厘米·秒)	绝 对 粘 度 (20°C, 毫泊)
四氯化碳(液) 四氯化碳(汽)	1.59	0.317	0.442×10 ⁻³ 在0°C时 1.69×10 ⁻⁵ 在46°C时	10.0
乙醇(液) 乙醇(汽)	0.79	0.455	0.434×10 ⁻³ 在20°C时 3.68×10 ⁻⁵ 在20°C时	12.2
苯(液) 苯(汽)	0.89	0.3493	0.38×10 ⁻³ 在30°C时 4.13×10 ⁻⁵ 在100°C时	6.5
正己烷(液) 正己烷(汽)	0.66	0.3958	0.33×10 ⁻³ 在30°C时 3.3×10 ⁻⁵ 在20°C时	3.2
正庚烷(液) 正庚烷(汽)	0.68	0.3333	0.334×10 ⁻³ 在30°C时 3.68×10 ⁻⁵ 在100°C时	4.1
水(液) 水(汽)	1	1	1.43×10 ⁻³ 在20°C时 3.57×10 ⁻⁵ 在100°C时	10
氮(气)	0.075	0.00045	5.8×10 ⁻⁵ 在0°C时 7.02×10 ⁻⁵ 在100°C时	
空气(气)	0.075	0.00045	5.8×10 ⁻⁵ 在0°C时 7.44×10 ⁻⁵ 在100°C时	0.18
二氧化碳(气)	0.114	0.000384	3.3×10 ⁻⁵ 在0°C时 4.95×10 ⁻⁵ 在100°C时	0.14

(二) 润 滑 作 用

润滑作用就是依靠冷却润滑油中润滑添加剂与金属摩擦表面建立的润滑膜来减少摩擦副的摩擦和磨损, 其次是对切裂变形区微小隙缝起楔裂作用, 以减少剪切力和切屑的塑性变形。润滑的主要目的就是减少内外摩擦以降低切削热, 另外是使刀具磨损减少, 工件光洁度和精度得以提高。

润滑作用的好坏主要取决于冷却润滑油的渗透性和润滑添加剂的性质。渗透性好, 润滑添加剂易能及时地渗入到切屑/刀具界面和刀具/工件界面, 与新形成的切屑面和新形成的工件面及刀具面建立润滑膜, 从而保证切屑与刀具、刀具与工件不直接接触摩擦, 降低摩擦系数。润滑膜的润滑效果主要取决于润滑添加剂种类的不同而不同, 如油性添加剂起边界润滑, 极压添加剂起边界、极压润滑。润滑膜强度高, 一般润滑性就好。

渗透性一般说来就是润湿性。润湿性是液体对金属(或固体)的润湿能力, 而它与液体分子对金属分子吸引力有关。一般润湿性好的冷却润滑油, 其渗透性就好。但是润湿性又与表面张力有关, 润湿性好的液体, 其表面张力就低, 所以渗透性好的冷却润滑油, 其表面张力一定要低。

在切削加工过程中, 由于压力大、温度高, 流体润滑是不能存在, 只有边界润滑和极压

润滑才能起作用。

冷却润滑液的润滑作用的主要特点为：

- 1) 能快速的扩散和渗透到切屑/刀具、刀具/工件界面及切削区各微小隙缝中去；
- 2) 润滑添加剂分子能与切屑面、工件面和刀具面起物理吸附和化学吸附，形成边界润滑膜；
- 3) 在切屑/刀具界面存在高温时易分解润滑添加剂分子，与切屑面和工件面化学 反应，形成边界极压润滑膜。

在磨削加工过程中的润滑作用，主要是依靠磨削时的高温（800~1000℃）来分解润滑添加剂，释放出自由的化学基团或离子，吸附在砂轮表面上与砂轮磨粒（ Al_2O_3 或 SiO_2 ）或粘结剂相作用，或与粘附在砂轮上的磨屑（如铁末）相作用形成润滑膜。这种润滑膜一方面对工件起润滑作用，另一方面对砂轮起防止磨屑的粘附作用，减少了砂轮的磨削负荷，从而减少砂轮磨损。

冷却润滑液的另一润滑作用是在切削过程中催化分裂出来的氢、氮和氯等气体元素，扩散入金属晶格内，减弱原子间的结合力而脆化金属，减少切削力。

冷却润滑液的润滑性一般以摩擦系数、 P_K 值^①和表面张力来表示。

（三）清洗作用

在金属切削加工中，切屑粒子、砂轮粒子、盐粒子和油泥等污物易粘附在工件表面和刀具（或砂轮）上，影响切削（或磨削）效果，同时使工件和机床脏污，不易清洗，为此冷却润滑液必须有良好的洗涤作用。一般水溶液或乳化液有适量的表面活性剂（润湿剂、净洗剂或乳化剂），就会有清洗作用。表面活性剂一方面能吸附在各种粒子上、油泥上和工件表面上形成一层吸附膜，阻止粒子和油泥粘附在工件和刀具（或砂轮）上；另一方面能渗入到与粒子和油泥相粘附的界面上，把粒子和油泥析开，然后再靠冷却润滑液的冲击，使粒子和油泥脱离界面而起清洗作用。为了有好的清洗作用，除了添加表面活性剂外，冷却润滑剂的粘度还必须低，流动性要好，使冲洗切削区时排除切屑容易。

（四）防蚀作用

防蚀就是防止金属受周围介质的腐蚀。腐蚀就是金属和周围介质发生化学作用或电化作用而引起的破坏。一般在大气中存在着潮气、氧、二氧化碳，有时也存在着二氧化硫等腐蚀介质，这些介质与金属相接触，便会使金属进行腐蚀。这种在大气中的腐蚀，一般叫锈蚀或生锈。金属在腐蚀介质中的腐蚀叫腐蚀而不叫生锈。工件在使用冷却润滑液加工过程中，会与水 and 分解的或氧化变质产生的腐蚀介质相接触，如与硫、二氧化硫、二氧化碳、酸、碱、硫化氢相接触而受到腐蚀。在工件加工后或工序间存放时，如果带上了这些腐蚀介质，在大气中也免不了继续腐蚀生锈；另外加工中床面接触到这些腐蚀介质也会受到腐蚀。因此要求冷却润滑液必须具有防蚀作用。一般添入防锈添加剂或一些能起防锈的表面活性剂（例如皂类，添加量不低于0.2%），就能在工件和机床表面形成一层保护膜，从而防止外界腐蚀介质的侵袭，起到防蚀作用。一般在水溶液中加入水溶性防锈剂，就能与金属表面形成氧化薄膜或金属盐化合膜，防止金属电化学腐蚀。在切削油和乳化液中加入油溶性防锈剂，能定向吸附在金

① 摩擦系数可由油性试验机上测得， P_K 值（润滑油膜强度）由四球机上测得。

属表面上形成不溶或难溶于水的吸附膜和化合膜,使金属表面与水、氧等介质隔离,起到防蚀作用。

一般切削油防锈性好,水溶液最差,乳化液介于其间。

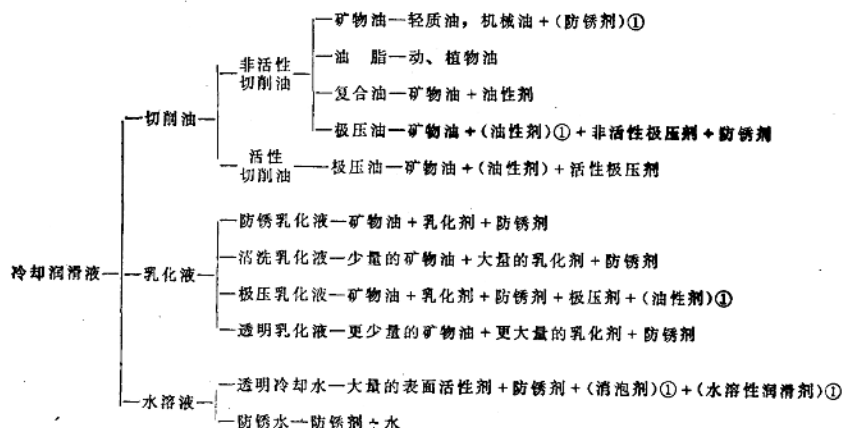
冷却润滑液除上述作用外,还必须有下列性质:

- 1) 储存稳定性好,不能在机床和冷却系统内有沉淀,没有起泡性,不感染细菌和霉菌;
- 2) 对人体不能有害处,没有难闻气味,便于回收,不能污染环境。

二、冷却润滑液的分类和组成

冷却润滑液分切削油、乳化液和水溶液三大类。切削油又称为油基切削液或非水溶性切削液,乳化液和水溶液又称为水基切削液或水溶性切削液(表 5-2-1)。另外有固体润滑剂和气体冷却剂。

表5-2-1 冷却润滑液分类表



① 指括弧内的添加剂需要时可加入。

(一) 切 削 油

切削油在金属切削加工中主要依靠它的润滑作用来减少热的发生和抑制切削温度升高。其缺点是加工后的工件脱油困难,在高速时会形成油雾,污染环境,并有引火危险。同时,在高温下易氧化产生酸,故重切削加工中只适用于切削速度约 32 米/分以下情况下。切削油是以矿物油为基础油。在基础油中添加各种润滑添加剂后可得到各种润滑性质不同的切削油。根据润滑性的不同可分为矿物油、油脂、复合油和极压油四种。

1. 矿物油

有各种不同粘度的矿物油作切削油。例如机械油有 10 号、20 号,轻质油有煤油、轻柴油等。这些油热安定性好,不易变质,价格便宜。机械油在加工中缺乏油性,在切削温度 150~200℃时,其润滑性显著减低,故适合于低速低负荷切削加工。轻质油粘度低,流动性

和清洗性好,适用于黄铜及易切削材料低中速切削加工和各种金属研磨和超精研磨加工。但煤油和轻柴油气味难闻,一般可用5号高速机油代替使用。为了增加防锈性,在矿物油可加入防锈剂。

2. 油脂(脂肪油)

油脂主要有植物油和动物油两种。它们均是极好的油性剂,对金属表面的吸附性比矿物油强,边界润滑性良好,能使加工工件光洁度高,适用于挑丝、攻丝和铰孔。其缺点易氧化变质,腐败发臭,在机床和工件上形成粘着性皮膜,清洗困难。另外,因它们都是食用油,货源少,故已尽量不采用而用极压油或极压乳化液来替代。

3. 复合油

复合油系采用热安定性好的矿物油作主体,掺合油脂或其他油性剂而成。它比矿物油润滑性和渗透性好,能使加工工件光洁度提高,刀具使用寿命延长。但在切削条件差、温度高的情况下,其润滑效果比油脂差,只适用于低速轻负荷切削,刀刃温度不高的断、续切削,也适合对极压油有腐蚀作用的有色金属加工,但特别适合铜和铜合金加工。

4. 极压油

极压油主要由矿物油中添入极压剂(或油性剂和油性极压剂)和油溶性防锈剂配制而成。它是切削油中的主要切削油,比油脂具有高的极压润滑性和安定性,对金属切削效果好。它又分活性和非活性两种。活性和非活性主要取决于极压剂和其性质。极压油可分为硫化油、氯化油和硫氯化油三种。

1) 硫化油:在高温时硫元素与矿物油(主要是20号机械油)反应成的硫化矿物油,又称直接硫化油,硫的含量一般不低于1.7%。这种油的稳定性差,硫易沉淀析出,多为活性的,在低温时就会腐蚀铜、黄铜等非铁金属,有时甚至会对刚加工时的钢表面腐蚀,现已逐渐被其他极压油所替代。

在高温时硫元素与脂肪油反应成硫化脂肪油,然后用合适粘度的矿物油稀释而得到的硫化油,多为非活性的,因其中硫与脂肪油分子结合得较牢固。这种油的硫含量一般为0.5~1.2%,其粘度在50℃时为9~25厘沱,高度活性的硫化油适用于耐热钢、特种钢、钛合金钢等加工;中度活性的用于切削性能差的材料的螺纹、齿轮加工和中速中负荷加工;低活性的用于精度要求高的、高速、轻中负荷加工;非活性的可代替复合油用于轻中负荷切削和有色金属加工。

2) 氯化油:氯与石蜡或氯与脂肪油化合,分别成为氯化石蜡或氯化脂肪油,然后用合适粘度的矿物油稀释即成氯化油。此种油一般不腐蚀非铁金属。但在常温时易释放出氯,为了防止释放过量的氯而腐蚀铁金属表面,必须添入油溶性防锈剂;含有大量氯的氯化油,在高温高压切削条件下,会激烈的产生盐酸,造成机床和工件的腐蚀。氯化油比硫化油在使用中更能延长刀具寿命,十分适用于非铁金属加工。

3) 硫氯化油:硫氯化油主要有两种:一种是由上述的硫化油和氯化油混合而成,如硫化矿物油、氯化石蜡和矿物油的混合,或硫化脂肪油、氯化石蜡和矿物油的混合;它们在混合掺配时可调节硫与氯含量比例及其活性度;另一种是由硫、氯元素与脂肪油化合后用矿物油稀释而成。这种油活性的多,非活性的少。硫氯化油的特性:在切削温度低时,首先氯元素起极压润滑作用;而后在切削温度高时,硫元素分解出来起极压润滑作用,所以它能在较大温度范围内起着减低摩擦,延长刀具使用寿命的作用。它适用于加工具有韧性的低碳钢和粘韧性

的镍铬合金钢，其效果比用硫化油还显著。

除以上几种极压油外，还可制成含多活性元素的极压油，如氯化石蜡与烷基二硫代磷酸盐组合，并用矿物油掺配成的极压油，就含有硫、磷、氯三种元素。这种油的极压抗磨性比硫化油更好。在极压油中添加二硫化钼也能提高极压油的极压抗磨性。硫化油中添加油酸和煤油也可提高硫化油的油性和渗透性，并能扩大硫化油的加工范围。

切削油的闪点一般不宜过低，过低了会发烟引火，一般低粘度的为 70°C 以上，稍高粘度的为 130°C 以上，高粘度的为 150°C 以上。

(二) 乳 化 液

乳化液是由油和水所形成的稳定而均匀的混合物。它有两种结构形式：一种是油以球状微粒大致分布在水中而成的，叫油/水型(水包油型或称 O/W 型)；另一种是水以球状微粒大致分布在油中而成的，叫水/油型(油包水型或称 W/O 型)。油/水型乳化液一般呈乳白色状，但当含油量少而油微粒直径小到可见光波 $0.5\sim 0.6\mu\text{m}$ 时或更小时，会呈半透明状或透明状。水/油型乳化液一般呈透明或半透明状。在金属切削加工中广泛采用油/水型，由乳化油用水稀释而成。乳化油又称皂化溶解油，它由矿物油、乳化剂、稳定剂、防霉剂和消泡剂等配合而成。其中矿物油是各种油溶性添加剂的载体，为了使乳化液稳定性好和由乳化油易调配成乳化液，一般采用低粘度矿物油，如 5、10 号机油。

应用在乳化液中的乳化剂都属于表面活性剂。表面活性剂的分子化学结构，一端为亲水基，另一端为亲油基。亲水基对水有亲和性，溶于水，有极性，故也称极性基，但非离子型表面活性剂没有极性，亲油基对油有亲和性，溶于油，没有极性，不亲和水，故有称非极性基或憎水基或疏水基，其分子结构示意图见图 5-2-1。

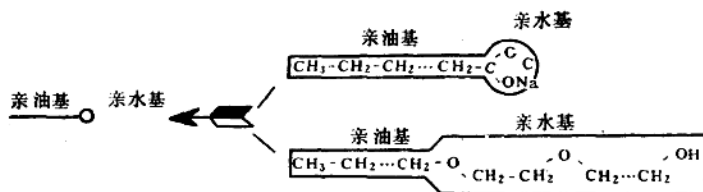


图5-2-1 表面活性剂分子示意图

1. 表面活性剂的作用

通过分子的亲水基和亲油基的亲和性，表面活性剂具有以下的作用：

1) 降低水溶液的表面能力：表面活性剂溶解于水时，其分子会聚集在水面上作定向吸附，亲油基伸向空气，亲水基埋在水里以改变水的表面性质，所以它有降低水的表面张力的能力。当吸附分子在水面排列得很紧密，几乎形成了一层分子膜时，就会改变整个水表面性质，导致水与空气界面张力(即表面张力)大大降低。同样分子在油/水界面上的吸附排列，会改变油/水界面性质，导致油/水界面张力降低。所以添有表面活性剂的水，其表面张力低。

表面活性剂在水中溶解达到临界浓度时，水的表面张力和界面张力为最低。表面活性剂和表面活性剂水溶液性质的关系见图 5-2-2。

2) 胶束与增溶作用: 当表面活性剂在水中的浓度还未达到临界浓度前, 而水面上的分子排列已达到饱和状态, 这时多余的分子就会在水中不规则的分布成小型胶束(而不成球状)。当

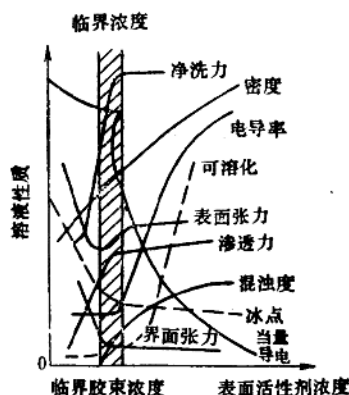


图5-2-2 表面活性剂浓度
与其溶液性质关系

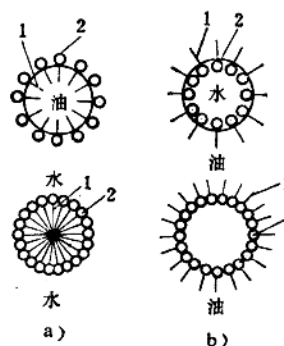


图5-2-3 乳液球形胶束结构图
1—亲油基 2—亲水基

浓度增至临界浓度时, 就会出现球形胶束, 亲水基朝外, 亲油基端相互接围成球状, 如果水中存在着油, 那末亲油基就会插入油中, 把油包围起来, 把原来不溶于水的油溶解于水中。同样, 表面活性剂在油中达到临界浓度时, 也会形成球形胶束, 亲油基朝外, 亲水基端相互接围成球状, 若油中有水, 则水会包围于胶束中, 把原来不溶于油的水溶解于水中, 如图5-2-3所示。当表面活性剂浓度超过临界浓度或更高浓度时, 会出现塑性层形胶束, 也包围着油或水如图5-2-4所示, 这些就叫增溶。

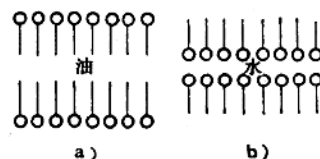


图5-2-4 乳液层形胶束结构图

3) 乳化、分散作用: 乳化就是把两相本来不相溶的液体, 一相以小液滴状态大致分布在另一相中的混合过程。增溶作用就给乳化和分散创造了条件。一般两相不相溶的液体, 通过激烈的机械搅拌也能把一相液体分成小的液滴, 分布在另一相液体中, 但这种乳化分散只是暂时的, 不稳定的。等机械搅拌停止时, 小液滴就开始凝集、破乳、最终分相。但有了表面活性剂的存在, 两相不相溶的液体, 通过机械搅拌能把一相分散成的小液滴包围在球形胶束中, 而各球形胶束表面上又存在负电荷, 胶束与胶束间又有双电层相斥力作用, 故胶束能稳定的分散在另一相液体中, 如图5-2-5所示, 这就叫乳化分散作用。

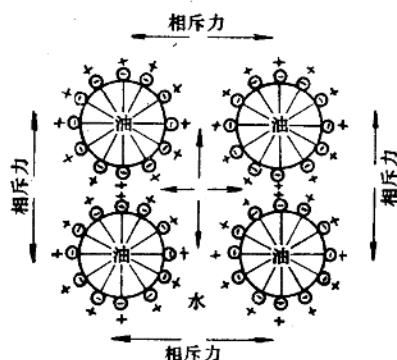


图5-2-5 双电层、相斥力示意图

表面活性剂除上述作用外, 还有悬浮分散作用, 能把极微小固体粒子分散在液体中, 同

样它也能把乳化液中的添加剂乳分散于乳化液中。另外还有清洗作用。

2. 表面活性剂的种类

表面活性剂分阴离子型、阳离子型、两性离子型和非离子型四种。常用在冷却润滑液中是阴离子型和非离子型两种。

(1) 阴离子型:

1) 羧酸皂: 其亲水基为 $-\text{COONa}$, 最常见的肥皂就是这种表面活性剂。它由脂肪油与氢氧化钠溶液皂化而成, 内含有甘油, 但不能作乳化剂用。常用的羧酸皂有油酸、高碳酸、蓖麻油、松香、菜油皂等, 这些表面活性剂抗硬水性差, 水溶液呈碱性, 其他就是羧酸胺皂有油酸三乙醇胺酯, 它是最常用的乳化剂。

2) 硫酸酯类: 其亲水基为 $-\text{OSO}_3\text{Na}$, 常用的有磺化蓖麻油, 也称太古油。它由浓硫酸与蓖麻油相作用, 经氢氧化钠中和而得。它含有两个亲水基 $-\text{OSO}_3\text{Na}$ 和 $-\text{COONa}$, 故亲水性较强, 易溶于水, 耐酸性、碱性、润湿性均比羧酸皂强。其他植物油也可以从硫酸化来制得表面活性剂。这类表面活性剂抗硬水性也比羧酸皂好。

3) 烷基苯磺酸钠: 其亲水基为 $-\text{SO}_3\text{Na}$ 。常用的有石油磺酸钠(其分子含 C_{12} 以下的易溶于水, 高于 C_{12} 的不易溶于水), 是很好的乳化剂。十二烷基苯磺酸钠洗涤性较好。这类表面活性剂其化学活性度比羧酸皂, 硫酸酯更大, 易与金属吸附和起化学反应, 在碱性介质中能部分分解形成金属硫酸盐。

4) 高级醇磷酸酯: 其亲水基为 $-\text{OPO}_3\text{Na}$, 它对金属吸附性特强于其他表面活性剂。

(2) 非离子型 有聚氧乙烯衍生物 $[\text{R}-\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}]$ 和多元醇等。其亲水基为 $-\text{O}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ 。其亲水性由引入聚氧乙烯多少来调。它在水中不电离, 故不怕硬水中的钙、镁离子取代, 也不受 pH 值的控制, 不过在水中比阴离子易起泡沫, 若与阴离子型或不同化学结构的表面活性剂合用, 那就会减少泡沫生成。

在水溶液中应用的表面活性剂一般采用化学结构上带支链(烃支链)的, 而分子量小的为好, 因这种表面活性剂润湿性好。在乳化液中应用的, 采用直链(烃链)而分子量大的好, 因这种表面活性剂乳化、增溶好。

3. 乳化剂的选择和乳化液的稳定

乳化液在热力学上属于不稳定系, 由于表面自由能的作用, 水、油比重差和系中布朗运动的影响, 如果又不选择合适的乳化剂, 那就会出现油滴凝聚结合现象, 导致相分离(即破乳), 要是选用了合适的乳化剂就不会产生破乳。

要选用合适的乳化剂必须先从乳化剂的 HLB 值上考虑(表 5-2-2)。HLB 值是乳化剂的亲水基和亲油基的相对强度, 一般称亲油亲水平衡值。HLB 值愈大表示亲水性强, 反之亲油性强。各种乳化剂各有其 HLB 值, 例如司本-20 的 HLB 值为 8.6, 吐温-20 为 16.7; 而各种矿物油和其他油在水中要被乳化所需的 HLB 值也各不同, 例如 10 号机油需要 HLB 值为 11.8, 20 号机油为 12, 羊毛脂为 15.2。同样要制成油/水型乳化液所需的 HLB 值为 8~18。

乳化油内除机油外, 还含有各种添加剂, 所以选择乳化剂时, 应考虑添加剂的影响, 例如含有氯化石蜡或氯化硬脂酸等极压剂时, 应选择 HLB 值较大的乳化剂; 只含油性剂, 如脂肪酸及脂肪酸酯(特别是甘油酯和 C_{12} ~ C_{18} 的低级醇脂)时, 可试用 HLB 值为 10~15 范围的乳化剂, 含硫化物时也可试用同样 HLB 值的乳化剂。最后确定乳化剂还得经过实践。

为了稳定乳化液, 根据经验合用非离子型和阴离子型两种乳化剂效果较好。合用两种以上乳化剂效果也好。

为了稳定乳化液, 含氯化石蜡的乳化液最好采用非离子型乳化剂。

为了稳定乳化液还必须使乳化剂在乳化液中的浓度在临界浓度以上, 以保证胶束膜的强度。其他稳定乳化液的因素是在水中的油滴愈小愈好, 连续相(水溶液)粘度愈高愈好, 另外采用软水, 添加乳化稳定剂。

1) 乳化剂 HLB 值的测定。其方法有三种:

① 根据乳化剂在水中溶解度来获得近似的 HLB (表 5-2-3)。

表5-2-2 表面活性剂HLB范围

范 围	应 用
3~6	W/O 乳化剂
7~9	润湿剂
8~18	O/W 乳化剂
13~15	洗涤剂
15~18	加溶剂

表5-2-3 自水溶解度得的 HLB 值

加水后的性质	HLB 范 围
不分散	1~4
分散不好	3~6
激烈振荡后成乳白分散体	6~8
稳定乳色分散体	8~10
半透明至透明分散体	10~13
透明溶液	13+

② 按公式计算得 HLB 值: 测定 HLB 数值的方法是比较麻烦的。为此可应用公式来计算获得。对脂肪醇的聚氧乙烯衍生物及多元醇(包括聚乙二醇)的脂肪酸酯等非离子型乳化剂有下列公式计算:

a. 对多数多元醇脂肪酸酯可用:

$$HLB = 20 \left(1 - \frac{S}{A} \right)$$

式中 S——皂化值;

A——酸的酸值。

b. 对松香、蜂蜡、羊毛脂、松浆油的酯可用:

$$HLB = \frac{E + P}{5}$$

式中 E—— $C_{12}H_{24}O$ 的重量百分比;

P——多元醇的重量百分比。

c. 对只用 $C_{12}H_{24}O$ 为亲水基的产品和脂肪醇与 $C_{12}H_{24}O$ 聚合物可用:

$$HLB = E/5$$

此公式对于环氧丙烷或丁烷、氮、硫等的非离子型乳化剂, 或离子型乳化剂不适用。

d. 由一些已知基(团)数目来求得 HLB 可用公式

$$HLB = 7 + \Sigma (\text{亲水的基团数目}) - \Sigma (\text{亲油的基团数目})$$

亲油基团数目和亲水基团数目可由表 5-2-4 查得。式中右边最后一项通常为 $0.475n$, n 为亲油基中 $-CH_2-$ 基团个数。但聚氧乙烯的 $-CH_2-$ 不包括在内, 聚氧乙烯只作一个单元来计算。此式也适用于阴离子乳化剂, 但算出的 HLB 值比实际低些。

举例 油酸钠 $C_{18}H_{35}COONa$, 其中 $-CH_2-$ 基 17 个, $-CH-$ 基 1 个, 故其亲油基团数目为 18×0.475 , 其亲水基数目为 19.1, 所以

$$HLB = 7 + 19.1 - 18 \times 0.475 = 26.1 - 8.55 = 17.55 \approx 18$$

表5-2-4 HLB基团数目

亲水基团数目	亲油基团数目	亲水基团数目	亲油基团数目
$-\text{SO}_3\text{Na}$ 38.7	$-\text{CH}-$	酯(自由) 2.4	$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})-$ 0.33
$-\text{COOK}$ 21.1	$-\text{CH}_2-$	$-\text{COOH}$ 2.1	$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{O})-$ -0.15
$-\text{COONa}$ 19.1	$-\text{CH}_3-$	$-\text{OH}(\text{自由})$ 1.9	
$-\text{N}(\text{叔胺})$ 9.4	$-\text{CH}-$	$-\text{O}-$ 1.3	
酯(失水山梨醇环) 6.8	衍生基团数目	$-\text{OH}-(\text{失水山梨醇环})$ 0.5	

① 负值表示基团为亲油性, 用公式计算时, 应以此数之正值代入能得正确结果。

③ 利用 HLB 值的加和性和实验来测定: HLB 值的加和性, 就是两种或两种以上乳化剂按重量百分比的关系掺合所得的混合 HLB, 它等于各个掺合比(即重量百分比)乘上其 HLB 的代数总和, 即

$$HLB_{\text{混}} = \sum_{i=1}^n HLB_i \times R_i$$

式中 HLB_i 、 R_i ——乳化剂的 HLB 和其重量百分比。

举例 以 30% 司本-80 ($HLB=4.3$) 和 70% 吐温-80 ($HLB=15$) 掺合, 则其掺合后的 HLB 为:

$$HLB_{\text{混}} = 0.30 \times 4.3 + 0.70 \times 15.0 = 11.8$$

此掺合后的混合乳化剂刚适合羊毛脂为分散相的乳液, 但不一定是相当稳定的混合乳化剂。

若两个已知其 HLB 的乳化剂, 按不同重量百分比掺合, 然后用此混合乳化剂制备一系列的乳液, 就会得出各种不同的乳化效率, 如钟形曲线(图 5-2-6)上以“·”表示的点。从图中看出, 高峰之 HLB 在 10.5。与稳定性(乳化效率)座标平行的, 有“·”点表示的直线代表用种类不同的, 但 HLB 均为 10.5 的混合乳化剂所得的结果。从这里看出, 有些混合乳化剂效率比原来效率高的混合乳化剂还高, 也有些则低。由上可见, 决定某一乳液的配方可由下面步骤进行: 任意选择一对乳化剂, 在预期的范围内改变其 $HLB_{\text{混}}$, 求得效率最高的 HLB 值后, 改换乳化剂的种类, 但仍维持最高的 HLB, 来找到乳化效率最高的一对。

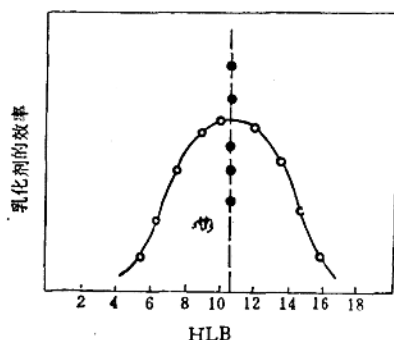


图5-2-6 钟形曲线

(这是用某一对乳化剂测定的“·”, 然后按照最高点的 HLB 选择最合适的乳化剂对“●”)

由于乳化剂有以上选配的特性, 若要测定一种未知 HLB 的乳化剂, 那就必须用已知 HLB 的乳化剂, 未知 HLB 的乳化剂和已知所需 HLB 的油(要被乳化的油)掺合配成, 采用加和法则, 从最稳定的乳液的乳化剂浓度, 就可算出未知的 HLB。

举例 已知吐温-80 ($HLB=16.0$) 和未知 HLB 的司本-20 同已知所需 $HLB=12$ 的油掺合配制乳液, 经过实验知道吐温-80: 司本-20 = 9:11 掺配时乳化效率最高, 所以得

$$12 = 16 \times \frac{9}{20} + \frac{11}{20} \times \text{HLB}_{\text{司本-20}}$$

$\text{HLB}_{\text{司本-20}}$ 为 8.6。

所需 HLB 就是在制备乳化液中，乳化矿物油和各種添加剂所需要的 HLB。所需 HLB 也可用加和法則来进行計算，其公式可写为

$$\text{所需 HLB} = \sum_{i=1}^n \text{HLB}_i R_i$$

式中 HLB_i, R_i ——矿物油，各种添加剂本身所需 HLB 和其重量百分比。

在計算所需 HLB 时也得采用钟形曲线来进行。

4. 主要乳化剂的 HLB 值 (表 5-2-5)

表 5-2-5 主要乳化剂的 HLB 值表

分 类	乳 化 剂 名 称	HLB 值
阴 离 子 型	甘油单硬脂酸酯	5.5
	油酸三乙醇胺	12
	油酸钠皂	18
	油酸钾皂	20
	十二烷基硫酸钠	约 40
阳 离 子 型	十六烷基铵，乙胺基铵	25~35
	吗啉乙硫酸盐	
非 离 子 型	山梨醇三硬脂酸酯(司本-65)	2.1
	丙二醇单硬脂酸酯	3.4
	失水山梨醇半油酸酯	3.7
	失水山梨醇单油酸酯(司本-80)	4.3
	失水山梨醇硬脂酸酯(司本-60)	4.7
	聚氧乙烯醚烷基酚(OP-4)	5
	聚氧乙烯醚烷基酚(OP-7)	5
	聚氧乙烯脂肪醇醚(乳化剂 MOA)	5
	聚氧乙烯醚烷基酚(乳化剂 OP)	5~7
	蓖麻油聚氧乙烯缩合物(乳化剂 EL)	6~8
	失水山梨醇单棕榈酸酯(司本-40)	6.7
	失水山梨醇单月桂酸酯(司本-20)	8.6
	聚氧乙烯失水山梨醇单硬脂酸酯(吐温-61)	9.6
	聚氧乙烯失水山梨醇单油酸酯(吐温-81)	10.0
	聚氧乙烯失水山梨醇三硬脂酸酯(吐温-65)	10.5
	聚氧乙烯失水山梨醇三油酸酯(吐温-85)	11
	蓖麻油聚氧乙烯缩合物(乳化剂 EL-40)	13
	聚氧乙烯醚烷基酚(OP-10)	14.5
	聚氧乙烯脂肪醇醚(平平加 OS-15)	14.5
	聚氧乙烯脂肪醇醚(平平加 OS-20)	15
	聚氧乙烯高级醇醚(平平加 A-20)	16
	聚氧乙烯失水山梨醇单月桂酸酯	16.7

5. 乳化各种油所需的HLB值(表5-2-6)

表5-2-6 乳化各种油所需的HLB(供参考用)

油 名	O/W 乳化液	油 名	O/W 乳化液
苯甲醇	14	氯化石蜡	8
酸(二聚体)	14	煤油	14
月桂酸	15	羊毛脂(无水)	12
亚油酸	16	芳烃矿物油	12
蓖麻酸醇	16	烷烃矿物油	10
油酸	17	松油	16
硬脂酸	17	蜂蜡	9
四氯化碳	16	石蜡	10
苯	15	矿脂	7~8
蓖麻油	14	微晶蜡	10

6. 乳化液的种类

(1) 防锈乳化液 防锈乳化液适用于一般车、铣、刨和磨等加工。它含矿物油多,约占乳化油组成的60~80%,防锈剂量比清洗乳化液多,防锈性好,润滑性和冷却性一般,清洗性差。在使用时一般用水稀释乳化油成3~5%浓度,色呈乳白状。

(2) 清洗乳化液 清洗乳化液适用于磨加工,防止磨屑和砂轮末在砂轮上粘附。应用它可消除磨削热对工件表面的烧伤。它含矿物油少,约占乳化油组成的30~40%,含乳化剂多,清洗性和冷却性良好,润滑性较差,防锈性一般。一般磨加工时用水稀释乳化油成2~3%浓度,颜色比防锈乳化液淡而呈半透明状。

(3) 极压乳化液 极压乳化液适用于金属切削加工中的极压加工。它的组成除含前二种乳化液外,又加入了油性极压添加剂。其极压性能是随油性极压添加剂的性质和用量而定。油性极压添加剂主要是硫、氯和磷的有机化合物,如:硫化棉籽油、硫化油酸、氯化石蜡和氯化硬脂酸等。其次是起极压性能的软金属有机化合物,如:环烷酸铅。含硫、氯有机化合物的极压乳化液,其极压性能更好。它具有一定的冷却性、清洗性和防锈性,可代替植、动物油和硫化油使用。用时用水稀释乳化油成10~25%浓度,颜色呈乳白色或棕褐色。

(4) 透明乳化液 这是为特殊磨加工而配制的。内含矿物油比清洗乳化液更少,而乳化剂量更大,具有更高的清洗性和冷却性。但目前国内还在研制过程中。

(三) 水 溶 液

水溶液以水为主体,是有机和无机物质的水溶液或高分散性的胶体溶液,具有高的比热,高的导热性,高的冷却性,色呈透明状。在加工使用时能看到切削区。这种溶液的储存安定性好,使用寿命长,制作简单和成本低,一般可分为两种:

1. 透明冷却水

透明冷却水是由表面活性剂和水溶性防锈添加剂分散溶解于水中而成,但一般先制成母液,而后用水稀释而成。由于表面活性剂的存在,这种冷却水表面张力低,冷却性和洗涤性好,散热冷却均比乳化液强,但润滑性和防锈性均差,适用于各种磨削加工。当一般透明冷

却水中添入水溶性油性极压剂时,其极压性能会显著提高,可适用于高速、重切削和难切削加工。透明冷却水的表面活性剂一般为阴离子型和非离子型的。另外,为了对透明冷却水提高润滑性和对机床的防锈性,一般可添入聚乙二醇或甘油,并使冷却水稠化,分散亚硝酸钠而不致结晶析出。

2. 防锈冷却水

防锈冷却水是由水溶性防锈添加剂溶于水而成。这种冷却水呈透明状,冷却性良好,防锈性一般,润滑性差。它不易变质腐败,不起泡沫,即使是用硬水也不会起泡,使用浓度一般为1.5~2%,仅适用于一般钢铁粗磨加工。同时由于它不含机油,对机床导轨、丝杠均无润滑作用,所以应尽量避免使用它。

(四) 固体润滑剂和气体冷却剂

1. 固体润滑剂

在设备润滑中经常采用固体润滑材料来降低摩擦,并取得良好效果,同样在金属切削加工中应用它也会取得一定的润滑效果。例如:在磨削加工中,在砂轮上涂上一层胶体石墨,就能延长砂轮使用寿命。用二硫化钼蜡笔涂在砂轮上磨削工件,就能提高工件表面质量和光洁度;涂在钻头上、丝锥上,刨刀上对加工合金钢均有很好的润滑效果。

2. 气体冷却剂

气体具有冷却和润滑的功能。空气中的氧与新形成的切屑干净面氧化而生成的金属氧化膜,可以防止切屑和刀具的焊接和减少摩擦。由液态气化为气态和气流对流,吸收大量的热是气体的冷却方式。例如惰性和半惰性气体,氩、氮和氦应用于对工件和切屑不起化学作用的加工中;氟里昂气或二氧化碳被压缩液化后喷射到切削区,依靠气化吸热能把切削区冷却到-20℃左右。采用液态氩或氮能把切削区冷却到-100℃左右。气体冷却能延长刀具使用寿命,但成本太高。

三、冷却润滑液的选用

选用冷却润滑液根据加工刀具种类,加工材料,机床和加工方法综合考虑来进行。要选用适合一种特殊加工工序所需的润滑冷却液是很不容易的,一般只有在不断实践分析中得出较好的选择。

(一) 加工刀具

1) 碳素工具钢刀具:其耐热性在250~400℃间,只能适用于一般材料的一般切削。在高温时就会失却硬度,故加工时宜采用乳化液来进行冷却。

2) 高速钢刀具:其耐热性在620~700℃间,由于适用切削范围广而用得普遍,各种冷却润滑液均适用。其选择得根据加工材料和加工工序的切削难易程度来进行,但单为了延长刀具寿命来考虑,一般采用非活性切削油,因采用活性切削油会引起腐蚀和磨损较快。例如,用高速钢W 18 Cr 4 V 刀具切削钼时,以四氯化碳作冷却润滑液,四氯化碳对刀具的化学反应比对钼的反应快而激烈,反而引起刀具磨损加快。

3) 硬质合金刀具:其耐热性在850~1000℃间,最适用于高速切削和重切削加工。因

其耐热性高，一般在切削加工中不采用冷却润滑液，也能达到工件的一般质量。有时由于冷却润滑液供给忽多忽少，刀具忽冷忽热，反而引起热应力不均而使刀刃崩裂。同时，在高速切削时，冷却润滑液易飞溅、冒油雾和发火引灾的危险。但当切削速度超过 $180\sim 200$ 米/分或重切削强度高、硬度高、导热性差的材料时，切削温度超过 800°C 时，或刀具与工件发生粘接或刀具固态扩散磨损情况严重时，才采用透明冷却水。此外在加工中为获得精度高而抑制温度，镗钻时为了排除切屑，低速切削时为了得到好的工件光洁度和精度，也采用极压乳化液和低粘度极压油。但为了防止硫与刀片粘接剂起反应而腐蚀时，不采用含硫的冷却润滑液。在使用冷却润滑液时，为了防止刀刃崩裂，必须先供给冷却润滑液，后进行切削加工。

4) 陶瓷刀具：其耐热性比硬质合金刀具更高，适用于高速切削，可以干切削。有时为防止工件变形时，也可采用乳化液。

刀具磨损与切削速度的关系很密切，它是选择冷却润滑液的主要因素。一采用高速钢刀具切削而切削深度一定的情况下：低速（约在 10 米/分以下）时，切削阻力小，切削温度不高，刀具磨损主要是摩擦磨损，为了减少磨损，采用润滑性好的冷却润滑液，如高浓度乳化液，极压乳化液及切削油。若此时采用水溶液或低浓度乳化液，反而会引起刀具磨损加快；中速（约 $10\sim 32$ 米/分）时，切削力增加，切削温度升高，刀具磨损既有摩擦磨损，又有热磨损（热扩散磨损），同时在切削韧性材料时有切削瘤产生，所以此时必须采用润滑性和冷却性并重的冷却润滑液，如乳化液和极压乳化液及低粘度极压油等；高速（约 32 米/分以上）时，切削阻力更大，切削温度更高，刀具磨损主要是热磨损，宜采用冷却性好的，如低浓度乳化液或低浓度极压乳化液；切削速度约 100 米/分以上时，冷却润滑液会进不去切削区而不能起到润滑作用，故为了减少刀具磨损，最主要的是降温，此时宜采用低浓度乳化液或透明冷却水。

(二) 加工材料

1) 不锈钢：韧性大、导热性差、热强度高和加工表面硬化趋势大，故一般宜采用清洗性好、活性度高的冷却润滑液。例如，活性硫化油，硫化油和四氯化碳混合液，硫氯极压油，硫磷氯极压油和极压乳化液等。

2) 铝：可干切削。在磨削和切削温度高时易氧化成氧化铝，而遇水即产生氢有爆炸危险，故不宜采用水溶液，宜采用乳化液。在苛刻条件下加工可采用煤油或煤油和矿物油的混合物。在采用乳化液时，其 pH 值应调至 $6.5\sim 7.5$ 。

3) 铜：可干切削。铜易被硫腐蚀成硫化铜（呈黑色），特别是紫铜更易被腐蚀，同时铜也易被三乙醇胺腐蚀形成铜胺（贡蓝），故不宜采用硫化油而采用氯化油。在高速切削或磨削时，可采用含有苯骈三氮唑的乳化液，或采用 pH 值调至 $6.5\sim 7.5$ 的乳化液。

4) 钛：因在高温时易受卤素起化学作用而导致晶格内的腐蚀，故不宜采用含氯的乳化液和极压油，而采用活性硫化油或乳化液。

5) 钨和其合金：在切削时可采用碘化脂肪类切削油或四氯化碳。

(三) 机 床

选用冷却润滑液时，必须考虑到机床结构装置是否合适。有些机床，例如多轴自动车床和某些单自动车床，是专为使用切削油设计的，没有特殊的轴承密封盖和特殊的装置来保护许多机构免受外界水、汽的侵袭。因此，在使用切削油的情况下，能以很少的维护量就能获

得机床的润滑和冷却,并能良好的延长刀具和切削机床的使用寿命。若改用乳化液时,则情况会改变,乳化液进入轴承和机床内部机构,会使它们脱油(润滑油)腐蚀或加速磨损。而乳化液进入液压系统就会改变液压油的性质,影响液压系统正常运行;若进入润滑系统就会乳化润滑油,使润滑油的润滑性降低,促使整台机床润滑不良。所以,选择冷却润滑液时应考虑到机床的润滑、磨损和腐蚀等问题。

(四) 加工方法

根据冷却润滑液的分类和加工材料,再按加工方法,选择冷却润滑液是比较方便的。

1. 车削

1) 粗车:一般材料加工总是先粗车而后精车。粗车时一般切削深度和进刀量大,切削阻力大,摩擦激烈,温度高,刀具磨损较严重,要求工件精度和光洁度低,要求刀具磨损少,所以宜采用冷却性良好,润滑性一般的冷却润滑液,如乳化液。

2) 精车:精车时,切削深度小,一般只有0.05~0.8毫米,而进刀量也小,要求工件精度和光洁度高,同时刀具切削力小,温度不高,磨损不严重,所以宜采用渗透性好,润滑性强的冷却润滑液,如高浓度乳化液,非活性极压油。

镗削机理与车削一样,不过它是内孔加工,切削用量和切削速度均不大,但散热条件差,可采用车削用冷却润滑液,使用时可增加润滑冷却液的压力。

2. 铣削

铣削是断续切削,每个齿的切削深度时刻变化,有振动和一定的冲击力,所以铣削条件比车削差。在用高速钢刀具高速平铣或高速端铣时,均需要冷却性好的,并具有一定润滑性的冷却润滑液,如含量5~10%乳化液的冷却液。在低速铣削时要求采用润滑性较好的冷却润滑液,如高浓度乳化液、极压乳化液,非活性硫化油,复合油等,对不锈钢和耐热钢还可使用氯化油及含硫、磷、氯极压油等。

3. 螺纹加工

螺纹加工的光洁度可达 $\nabla 6 \sim \nabla 7$ 。切削加工时,刀具与切削材料总是成楔形接触,刀刃三面被切削材料所包围,切削力矩大,同时排屑比较困难,热量不能及时由切屑带走,刀具易磨损,切屑碎片易挤塞,易发生振动。尤其车丝和攻丝时切削条件更严重,有时会出现崩刀和扭断丝锥。一般应选用润滑性好并具有一定渗透性的润滑冷却液,如极压乳化油、硫化油、硫氯化油及含硫、磷、氯的极压油。极压油配方举例如下:

1) 攻丝油:20%氯化石蜡,1%二烷基二硫代磷酸锌,69%7号高速机油,5%硫化棉籽油,5%石油磺酸钠,5ppm甲基硅油。

2) 适用攻丝和车螺纹:4%氯化石蜡,1%二烷基二硫代磷酸锌,1%石油磺酸钙,0.2%苯骈三氮唑,0.5~0.3%乙醇,94%5号高速机油。

3) 适用攻丝和车螺纹:4%氧化石油脂钼皂,4%二烷基二硫代磷酸锌,4%石油磺酸钼,4%石油磺酸钙,83.5%5号高速机油,0.5%二硫化钼。

4) 适合耐热钢和不锈钢车螺纹:80~85%硫化油,15~20%四氯化碳(但有毒性,使用时车间得通风)。

对铝和铝合金可采用煤油或煤油和矿物油的混合物,为了提高润滑性可加油酸和硫化油。例如,30%非活性硫化油,15%煤油,30%油酸,25%20号机械油。

4. 铰孔

铰孔精度可达二级，光洁度达 $\nabla 6 \sim \nabla 8$ 。铰孔时主要是刀具与孔壁成挤压切削，切屑碎片易留在刀槽或粘接在刃边上，影响着刃带的挤压作用，损坏加工表面精度和光洁度，增加切削扭矩，有时还会产生切削瘤，影响刀具磨损。但铰孔基本上是属于边界润滑状态，一般采用润滑性良好和具有一定流动性的高浓度乳化液和极压乳化液及极压油，就能得到好的效果。对不锈钢、耐热钢可采用上述的攻丝油、车丝用极压油。

5. 拉削（内拉削和平面拉削）

拉削精度达二级，光洁度达 $\nabla 6 \sim \nabla 7$ 。拉削时，切削阻力大，不易排屑，冷却条件差，易刮伤加工表面。但切削量较小，故宜采用润滑性良好和流动性好的润滑冷却液，如采用10~20%乳化液，以及极压油。对不锈钢和耐热钢的拉削难度为最大，一般就应采用活性度大的极压油，如上述螺纹加工用极压油外，还可采用下列配方：

1) 40%硫化切削油，10%氯化石蜡，0.5~1%磷酸三乙酯，0.3~0.6%2,6-二叔丁基对甲酚，48% 5号高速机油，适量油溶性防锈剂。

2) 40%氯化脂肪酸（C₆）正丁酯，50%10号机油，5%石油磺酸钡，5%司本-80。

6. 钻孔

钻孔属于粗加工，精度达二级，光洁度达 $\nabla 3$ 。钻削加工排屑困难，切削热不易导出，往往造成刀刃退火。故对一般强度的韧性材料，如结构钢，可采用冷却性好、渗透性好并具有一定润滑性的润滑冷却液，如10~20%乳化液或极压乳化液。对不锈钢和耐热钢采用极压油，例如螺纹加工用的极压油就能取得好的效果。深孔钻，由于不时的需要排屑，一般采用低粘度极压油，如硫化油等。

7. 齿轮加工

齿轮加工精度可达7、8级，光洁度达 $\nabla 6 \sim \nabla 7$ 。加工时刀齿断续切削并有冲击力，故刀齿易磨损，尤其粗加工时更易磨损。对碳钢及其合金钢的齿轮加工可采用10~25%极压乳化液或20#机械油，硫化油，或氯化油（加工后零件需清洗防锈）。精加工时为了保证工件精度和光洁度，可采用非活性硫化油或复合油为好，但也可利用能代替植物油的极压油，例如防锈切削油。其配方为：

1) 4%石油磺酸钡，4%石油磺酸钙，4%氧化石油脂钡皂，4% T204 硫磷化脂肪醇 锌盐，84% 5号高速机油（此方也适用拉削）。

2) 2%石油磺酸钡，10%氯化石蜡，6%环烷酸铅，10% 7号高速机油，72%20号机械油（圆弧锥齿轮加工适用）。

对不锈钢和耐热钢可采用硫氯化油或含硫、磷氯的极压油为合适，如螺纹加工用的第一、二配方。对于铝和铜可用含氯化脂肪的极压乳化油。

高速插齿和滚齿用高速钢刀加工时，可采用透明冷却水（水基合成液，它具有冷却性好，散热性快，并含有水溶性极压剂的特性）。如加工不锈钢齿轮，则采用GQY-1和GQY-2极压透明冷却水。其配方为：

1) GQY-1：6%硫化蓖麻油硫酸钠，2%磷酸氢二钾，1%三乙醇胺，3%聚乙二醇（分子量6000），88%水。

2) GQY-2：6%硫化蓖麻油磷酸钠，1%三乙醇胺，2%聚乙二醇（分子量6000），91%水。