

石油产品应用知识丛书

乳化油和金属轧制用油

王永根 编著



烃加工出版社

TE626.3
26

石油产品应用知识丛书

乳化油和金属轧制用油

王永根 编

15731/67

烃加工出版社

B720056

内 容 提 要

《乳化油和金属轧制用油》是“石油产品应用知识丛书”中一个分册,全书共分八章。书中主要叙述了乳化油和金属轧制用油的组成作用,使用特点和国内外金属轧制用油的分类、品种、及其防锈性、乳化性、润滑性、极压性以及这些油的保管,使用和技术质量指标、化验方法等,同时还详细叙述了配制乳化液用水及水质分析方法。

本书可供机械工业和冶金工业部门的工程师、技术员,以及从事油脂研究和生产的技术人员学习参考之用。

石油产品应用知识丛书 乳化油和金属轧制用油

王永根 编

•
烃加工出版社出版

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

•
787×1092 毫米 32 开本 14³/₄ 印张 331 千字 印 1—1,110

1990年6月北京第1版 1990年6月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-078-2/TE·004 定价: 6.20元

前 言

乳化油和金属轧制用油是机械和钢铁工业的血液，现已广泛地应用于我国机械加工和冶金工业的大、中型的钢铁企业的轧制工艺上。

这些油品不仅具有优良的防锈性、润滑性、极压性，还具有良好的冷却性。在金属加工和钢铁轧制时，使用乳化油与金属轧制用油，可以给国家节约大量的人力、物力和能源，并能提高机械加工和金属轧制的效率，对我国的社会主义四个现代化建设起到一定的作用。

在编写《乳化油和金属轧制用油》一书过程中，曾得到了黄克强等工程师的大力支持和帮助，在此表示感谢。

此书编写完成后，虽经多次修改、整理，但由于本人水平有限，书中难免有不少错误和不当之处，希望广大读者批评、指正。

王永根

一九八五年于苏州

目 录

第一章	概论	(1)
第一节	乳化油和乳化液.....	(1)
第二节	金属轧制用油的重要作用及分类.....	(7)
第三节	金属轧制用油的使用要求.....	(13)
第二章	乳化油和金属轧制用油的添加剂和基础油	(15)
第一节	防锈添加剂.....	(15)
第二节	油性添加剂.....	(19)
第三节	抗氧化防腐蚀添加剂.....	(27)
第四节	粘度添加剂、降凝剂.....	(34)
第五节	防霉添加剂.....	(39)
第六节	极压添加剂.....	(42)
第七节	表面活性剂.....	(54)
第八节	基础油.....	(62)
第三章	乳化油和金属轧制用油的防锈性和乳化性 ...	(71)
第一节	金属的腐蚀.....	(71)
第二节	防锈添加剂的作用机理.....	(92)
第三节	一些常用的油溶性防锈添加剂.....	(102)
第四节	金属的保护.....	(116)
第五节	乳化性.....	(117)
第四章	金属轧制用油的润滑性和极压性	(127)
第一节	润滑.....	(127)
第二节	润滑作用及分类.....	(129)
第三节	润滑剂及其特性.....	(139)

第四节	摩擦·····	(152)
第五节	金属轧制中的摩擦及润滑·····	(168)
第六节	极压添加剂的作用机理及金属摩擦改进剂·····	(177)
第五章	金属冷轧油·····	(194)
第一节	金属冷轧油概述·····	(194)
第二节	对金属冷轧油的要求·····	(201)
第三节	国外金属冷轧油的种类、性能及理化指标·····	(206)
第四节	国内金属冷轧油·····	(250)
第六章	金属热轧油·····	(277)
第一节	金属热轧油的作用·····	(277)
第二节	热轧及热轧油·····	(282)
第三节	热轧油的品种及性能·····	(286)
第四节	国外热轧油的应用及热轧油的理化指标·····	(289)
第五节	热轧油的作用机理及热轧油的特点·····	(304)
第六节	热轧油与金属轧制效果的关系·····	(308)
第七节	钢板热轧油的供给装置·····	(324)
第七章	乳化油和金属轧制用油的保管、使用、技术 指标及其测定方法·····	(328)
第一节	乳化油与金属轧制用油的保管及使用·····	(328)
第二节	乳化油与金属轧制用油理化指标的含意及测 定方法·····	(333)
第三节	乳化油与金属乳化轧制油的技术质量标准及 化验方法·····	(374)
第八章	配制乳化液的水质及水质分析方法·····	(381)
第一节	配制乳化液的水质·····	(381)
第二节	水的性质及水质分析方法·····	(386)
第三节	乳化油与金属轧制用油的废液处理·····	(416)
附表1	常用混合指示剂·····	(436)
附表2	常用酸碱指示剂的变色范围及其配制方法·····	(438)

附表3	强酸、强碱、氨溶液的百分比浓度与密度 (g/cm^3) 及当量浓度(N)的关系.....	(440)
附表4	水的密度、容量与温度的关系.....	(442)
附表5	常见化合物的分子量与当量.....	(444)
附表6	常用单位换算表.....	(447)
附表7	常用粘度对照换算表.....	(449)
附表8	国外润滑油添加剂商品一览表.....	(457)
参考文献		(465)

第一章 概 论

第一节 乳化油和乳化液

一、乳化油

能与水自动形成乳化液的油称为乳化油。在美国、日本、英国称它为可溶性油。乳化油由基础油、乳化剂、防锈添加剂、润滑剂、极压添加剂等物质组成。乳化油是呈透明均相状的油体。乳化油与其它油品不同，其它油遇水不乳化而分成两相，即油相及水相。油比较轻，浮在水面上，而乳化油的最大特点就是少量乳化油加入水中能形成稳定或半稳定及不稳定乳化液。

我国目前应用于工业上的乳化油主要有：

- ①金属切削乳化油；
- ②金属轧制乳化油；
- ③柴油机防锈冷却乳化油；
- ④液压支架传动乳化油。

由于各类乳化油的用途不同，故其配方与性能、生产工艺各不相同。

二、乳化液

乳化液通常是指两种互不相溶的水和油，当其中的一种液体成为液滴并且均匀地分散在另一种液体中，其外观往往似乳状液，所以称为乳化液或乳状液。乳化液中成为小滴的一相称为分散相或内相；而另一相称作连续相或外相。形成

的乳化液有稳定性的，半稳定性的及不稳定性。稳定性的乳化液液珠很小，在 $0.1\mu\text{m}$ 以下。该乳化液呈透明或半透明状。柴油机防锈乳化冷却液就属于稳定性的乳化液。半稳定性或稍稳定性的乳化液液珠较大，其液珠在 $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 之间。乳化液外观呈乳白色(牛奶状)，如金属轧制乳化液和一般的金属切削乳化液等。不稳定性乳化液液珠大于 $1\mu\text{m}$ ，可分辨两相存在。

乳化液可分为两类：一类为油分散于水中，即油为内相，水为外相，叫做水包油型乳化液。以O/W表示之；另一类为水分散于油中，即水为内相，油为外相，叫做油包水型乳化液，以W/O表示之。

金属轧制乳化油加入水中后即成金属轧制乳化液。

金属切削乳化油加入水中乳化后即成为金属切削乳化液，广泛应用于金属的切削加工，如车床，磨床等。

液压支架传动乳化油加入水中乳化后即成为液压支架传动乳化液。这种乳化液广泛地应用于煤矿液压支架传动上，是我国煤矿自动化、机械化采煤不可缺少的传动液。

上述将乳化油加入水中所成的乳化液（或称乳状液）均为水包油型的乳化液。

水包油型（O/W）和油包水型（W/O）是乳化液的两种截然不同的类型。必须注意那一组分是连续相，那一组分是非连续相。

上面提到乳化液的稳定性和不稳定性，有时我们强调稳定性，例如，柴油机防锈乳化冷却液应该是十分稳定的。但有时却希望乳化液是不稳定的，例如原油中的乳化液应该要不稳定的。在工业中我们主要考虑的还是要稳定性的。同时要清楚地区别乳化和加溶作用时，颗粒大小的界限也是重要

的。

综上所述，可得乳化液的定义如下：

乳化液是一多相体系，其中至少有一种液体以液珠的形式均匀分散于另一种液体之中。液珠的直径一般很小，此种体系皆有一个最低的稳定度：这个稳定度可因有表面活性剂或固体粉末之存在而大大增加。

三、乳化液的配制

乳化液（包括金属轧制乳化液）的配制，即乳化油加入水中的配制。其配制方式有以下两种：

①如该乳化油自身乳化性较好，只要按一定比例将乳化油加入普通水中，稍加搅拌，就会很快地达到乳化状态，成为乳化液。

②对于自身乳化性能较差的乳化油，乳化时应先向乳化油中加入少量水，并且要在不断地搅拌下逐渐加入，待水加到乳化油已变成乳化液时，再冲调大量水。这样的配制工艺比乳化油直接加在水中搅拌是要麻烦些，但效果较好。用水冲调乳化油成乳化液时，冲调的方式及温度对乳化也有一定的影响；对于自身乳化性较好的乳化油，冲调方式与乳化关系不大。对于自身乳化性差的乳化油及乳化油粘度大，甚至呈膏状的乳化油，最好用热水冲调乳化后再用冷水稀释。因为热水的表面张力小，可以使乳化油粘度变小，热运动又有利于乳化油的分散。

配制好的乳化液其pH值最好保持在8以上，因为这样才能有较好的防锈性和清洗性。在必要时可适当添加些碳酸钠，三乙醇胺等。

四、乳化液的冷却性能

1. 金属轧制乳化液的冷却性

钢板在轧制过程中会产生大量的热，这些热量必须及时不断地带走，否则，这些热量将使轧机中轧辊的温度急剧上升，并使轧辊产生严重形变、损坏，影响轧辊的使用寿命。同时过高的温度也影响板材质量，所以金属轧制过程中金属轧制用油，特别是金属轧制乳化液的冷却作用非常重要。

2. 金属切削乳化液的冷却性能

乳化液能起到良好的冷却作用，所以又可称为乳化冷却液。

在金属切削加工时，刀具与工件间不断摩擦而产生切削阻力和切削温度升高。它严重影响了刀具寿命、切削效率及加工件的质量。因此，如何减少切削阻力和降低温度，是一个重要的问题。要解决这个问题，固然可以从改善刀具的几何形状及材料着手，但是更重要的是选用合适的金属切削乳化冷却液。

切削热是金属切削过程中产生的重要现象之一。它直接影响刀具磨损和耐用度，因而限制了切削速度的提高。在使用焊接刀具进行重切削时，由于切削温度过高，有时会使刀具变形，导致刀片脱落；在精加工中，切削温度还会影响工件的加工精度和表面质量。同时，切削温度过高也不利于安全生产。然而在一定的条件下，也可以利用切削热，使不利的一面变为有利。因此，要很好地研究切削热的产生与切削温度的变化规律，以便更好地限制与利用它，进一步提高刀具耐用度，提高生产效率。

切削过程所消耗的功，绝大部分变成了切削热。切削热的来源是变形中金属的弹性变形、塑性变形和摩擦。切削塑性金属时，切削热主要来自被切金属的塑性变形和切削物与

前刀面之间的摩擦；切削脆性金属时，切削热主要来自被切金属的弹性变形和已加工表面与后刀面之间的摩擦。

切削区的热量是由切屑、工件、刀具和周围的介质传出的。随着工件材料、刀具材料、切削量和刀具几何参数的改变，各部分传出热量的比例也有所不同。在一般情况下，由切削屑带走的热量最多，其余依次为工件、刀具和周围的介质。自由切削时，在不同的切削速度下，切削热传出的百分比是不同的。当切削速度提高后，切屑带走的热量不断增加，而工件、刀具带走的热量则有所减少。在不加乳化冷却液的情况下，传入周围介质的切削热只占很小的比例，车削约1%，刨削约5%。如采用合适的切削乳化液则切削热传出的百分比将有很大的变化。由于乳化液带走了大量的热量。因而可以有效地降低切削区的温度。金属切削如注意选用理想的乳化液，一般可以提高加工光洁度1~2级；减少切削热15~30%。降低切削温度100~150℃，成倍提高刀具耐用度，并能带走金属屑。切削乳化液的种类很多，绝大部分是O/W型乳化液。

由于产生的切削热能及时传导，在切屑、工件表面和刀具上的一定范围内，温度都有不同程度的升高。前刀面和后刀面上温度最高的地方不在刀刃上，而是离刀刃有一定的距离，这是因为摩擦热沿着刀面不断增加的缘故。在后一段接触长度上，由于摩擦逐渐减少，热量又不断逸出，所以温度不断下降。此外，切屑底层的温度梯度很大，说明摩擦热是集中在接触面上，对切屑底层金属的剪切强度和摩擦系数有很大的影响。但不致于使上层金属的强度有显著的改变。由此可以推论，被切削金属塑性大时，前刀面与切屑的接触区长些，温度分布就较均匀；切削脆性金属，接触区短，温度就

集中在刀刃附近，这是某些材料，如钛合金切削加工性很差的主要原因。

综上所述，切削温度的高低，不仅决定于产生切削热的多少，而且与传热的快慢有很大关系。改善散热的条件，能有效地降低切削温度。

金属切削加工和压延时，在切削区、压延区产生大量的切削热和金属压延热。它不但使刀具产生局部损伤，退火或发暗，而且影响产品的加工质量。因此，在切削过程中，要及时地、迅速地降低温度。降低切削温度可以从两方面着手：一方面是减少摩擦，从而减少切削热的产生；另一方面是把切削热从产生的地方带走。后一种方法是降低切削热的主要手段，切削乳化液的冷却作用就是指将热量从产生热量的地方迅速带走的能力。

乳化液的传热是通过热传导、热辐射和对流等基本方式进行的。热传导的快慢取决于材料的导热系数与乳化液的比热。

受热物质通过自一处转移到另一处的运动中进行传热，称为热对流；对流只有在液体或气体内才有可能，在金属切削加工时，靠切削乳化液的流动而传递出较大量的热。因此，在金属切削时，由于切削区温度很高，则切削乳化液可能产生部分沸腾汽化。因切削乳化液汽化可吸收了大量的热。

金属切削乳化液的冷却效果，取决于它们的导热性、比热、汽化热、汽化速度以及流量和流速。而流速与粘度、压力有关。由于汽化所吸收的热量很大，因此，在使用切削乳化液时，应尽量创造条件，使之容易汽化。

乳化液冷却作用的好坏，还与其泡沫有关。因泡沫内空气的导热性比水的导热性差，所以泡沫多的乳化液其冷却作

用降低。

乳化液应具有好的冷却性、防锈性、防腐蚀性、防垢性、润滑性、热稳定性、无毒、不污染环境、使用方便等条件。如水的冷却性能较好，但防锈性、润滑性差；油的防锈性、润滑性好，但冷却性很差。水的汽化热最大，纯水在标准状况下沸腾，其汽化热为 $540\text{cal}^{\text{①}}/\text{g}$ 。有机液体汽化热很小，如油类，汽化热只有 $40\sim 75\text{cal}/\text{g}$ 。水的比热为 $1\text{cal}/\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。油的比热为 $0.4\sim 0.5\text{cal}/\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。水的比热为油类比热的两倍。水的导热系数也比油类的导热系数大得多。水的导热系数为 $0.0015\text{cal}/\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。而油类的导热系数只有 $0.0003\sim 0.0005\text{cal}/\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。乳化液的冷却性能介于水和油之间，并接近于水，所以说乳化液是较好的冷却介质。

以上是乳化液的冷却性，还有乳化液的乳化性、防锈性、润滑性，极压性等均在以后章节中详述。

第二节 金属轧制用油的重要作用及分类

一、金属轧制用油的重要作用

金属轧制、金属切削（包括车、刨、铣）、液压支架传动等都需要用油。在轧钢工业和某些机械加工上需要用的油有一些特殊的性能，就是要有较好的润滑性，极压性和冷却性。金属轧制用油需要有较高的 P_B 值（即在金属上油膜破裂时的最大压力）和较小的摩擦系数，这样可以减少板材和轧辊之间的摩擦。为了得到这种理想的轧制用油，除需要选择适当的基础油外，更重要的是加入良好的极压添加剂、油性剂等。一般常用的极压添加剂都含有硫、磷、氯等元素。例如氯化石蜡，氯化硬脂酸、硫化油酸，硫磷化烯烃， SCl—

^① $1\text{cal}=4.187\text{J}$

119等。这些有机物在金属轧制或加工时，当金属面上温度高达400~800℃还不会破坏，在轧钢工艺上起了很大的作用。另外选择极压添加剂时，还要考虑到该极压添加剂的副作用，如对金属的腐蚀性，油品中的残炭也会对钢材质量有一定的影响，所以在选择极压添加剂时应全面考虑。

国内目前金属轧制用油根据其水溶性和油溶性可分为两大类。一类是水溶性的金属轧制用油，即少量油加入大量水就可成为乳化状态。例如金属乳化轧制油加入水中就成白色的牛奶状。另一类是油溶性的，它不溶于水，可直接使用（不必加水）如N₇₀极压轧钢油。

金属轧制乳化油加入水中后即成乳化状态，称为金属轧制乳化液。轧制乳化液有较好的润滑性极压性和冷却性。在轧制钢板时，采用金属轧制乳化液，特别是在高速轧机上，可提高压下量，同时也可以减少轧制压力，减少轧制道次，节约电能、人力，提高产品质量和数量。同样，液压支架传动时也要使用液压乳化液，也要有一定的润滑性，不然液压支架的传动要受到影响。

使用金属轧制用油可以达到以下目的：最重要的功能是减少变形区接触弧表面上的摩擦力和摩擦系数。根据轧钢生产的理论和实践可知，所有轧制运动学参数和力能参数都与外摩擦力有一定的关系。特别重要的是轧制总压力和能量消耗随摩擦力减少而降低。在许多轧机上，例如在薄板轧机上，道次压下量要受到工作机座零件强度或主电机功率的限制，在轧机上使用金属轧制用油既可以增大道次压下量和减少道次数，同时还可以提高轧制速度。

变形区接触弧长度和轧制平均厚度比值愈大，则摩擦力对力能参数的影响也愈大，因此，在轧薄轧件时，油对降低

轧制总压力和动力消耗的影响最大。

使用金属轧制用油可减少最小可轧厚度。所谓“可轧制极限”决定于轧辊的弹性压扁。润滑能减少摩擦系数和轧制总压力，从而能轧制出更薄的轧件。

使用金属轧制用油的另一个十分重要的作用是减少轧辊的磨损，例如在许多热轧机，包括型钢轧机中就起到了这种作用。

使用金属轧制用油的第三个作用是防止金属粘（焊）在轧辊上。在轧制和压力加工变形区中有促进接触的金属表面粘结（焊接）的条件，这些条件是：

- ①真实接触面积很大，即表面接触很密实；
- ②金属的内部微粒转移到表面上；
- ③接触压力很高，它超过被加工金属的屈服极限；
- ④在全部或局部接触表面存在滑动。

由于上述条件，无论热轧或冷轧，都常常可以观察到被轧制金属粘辊的情况，在产生高度很大的异形断面，冷弯机辊子也经常发生粘钢现象。

各种不同金属趋向粘结的程度不同，很多有色金属，首先是铝及其合金以及钛、锌、铅等，在轧制过程中容易产生粘结现象。在黑色金属中，不锈钢的粘结趋向很显著。在任何情况下，金属的粘结都是不好的，因为它造成辊面和轧材表面损伤。

为了防止粘结，在变形区接触表面之间应当有一种非金属物质作为中间隔离层。热轧时，这个中间介质是氧化物，以及冷却轧辊的水和水蒸气。假如金属氧化膜的性质不能防止粘结，则必须采用金属轧制用油。例如，在热轧钢板及其他金属时，经常采用热轧用油（简称热轧油）。在金属冷轧

时，由于金属进入轧辊时表面已经净化处理，而且金属的压下量很大，应完全采用金属冷轧用油（简称冷轧油）。

在许多情况下，金属轧制用油兼有冷却介质功能。这时向轧辊和金属喷涂轻质矿物油及乳化液或水-油混合物，这些物质具有非常高的比热，也称为润滑-冷却液。

金属轧制用油也能起洗涤作用，它能从轧机的轧辊面和金属表面上冲洗掉金属微粒（磨损物）和其它污物。在冷轧带钢平整中采用冷轧油的基本原因之一是改善金属表面光洁度。总之采用金属轧制用油对产品的质量关系很大。

金属轧制用油除了对金属表面光洁度有显著改善外，有时还可使金属表面的显微起伏显著减少。用低粘度油，如煤油冷轧，可使带钢表面很光亮，而用高粘度的油冷轧时，就会使带钢表面暗淡无光。这是因为高粘度油在变形区形成较厚的隔离层，并且粘稠的油被压进金属表面会形成特殊的显微起伏的缘故。有人作过金属轧制用油对冷轧带钢机械性能影响的研究，根据研究资料证实：在变形很均匀的条件下，采用轧制油不会使金属强度和塑性产生任何显著变化。同时还表明，润滑和被加工金属的细微结构有一定的关系，指出：干轧和有油轧制的变压器钢板，其电磁性有一定的差别。在带钢平整时，压下量很小，而变形沿带钢厚度分布很不均匀，轧制油对屈服强度有显著改善，在全部压下率范围内，有润滑平整的带钢，其最终屈服极限都低于干轧轧制的带钢，其它机械性能实际上没有变化。

由于金属轧制用油对外摩擦和磨损的条件影响很大，因此，用油与否对轧制成品的几何尺寸精度有密切的关系。在轧制过程中，应保证油在辊面和金属表面上的均匀喷涂。在轧制薄带钢时，带钢宽度上轧制油分布不均会出现波浪和瓢曲