

国外资料

金屬切削過程液體介質作用的研究

內 部 資 料 注 意 保 存



第一机械工業部
机械科學研究院譯制

1960.1.北 京

Главниипроект при Госплане СССР 蘇聯國家計委設計總院
Центральный научно-исследовательский институт технологии и
машиностроения
Цниитмаш.

中央機械制造與工藝科學研究院

Обмен передовым опытом 先進經驗交流

инж. Н. П. Зотов. 工程師 Н. П. 卓道夫

Исследование действия жидких сред на процесс резания металлов.

51—4

金屬切削過程液體介質作用的研究

Центральное бюро научно-технической информации
тяжелого машиностроения

Москва—1958.

重工業部中央科學技術情報局

莫斯科—1958

国外資料 艺資复字第 066 号

外4158

机械科学研究所譯制

1960年1月出版 内部發行

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 印数1—1,500册 27 千字

东單印刷厂印刷 定價 0.35 元

金屬切削過程液體介質作用的研究

金屬加工工厂的經驗和一些試驗室的實驗資料証實了金屬切削過程中液體介質的合理選擇，給工業提供顯著的經濟效果。

液劑能使加工表面的光潔度得以改善，使切削工具刃磨前的工作時間延長，降低功率的消耗、減少硬化層的厚度和防止部件加工後受到腐蝕。

在金屬切削過程中液體介質的作用問題，直到如今尚未很好地加以研究。

幾十年以來，在工業中利用着幾乎是相同的液劑，其使用上的選擇受到極大的限制，而表現在各方面的質量效果均很低。

碳素鋼或合金鋼加工的多样性、切削加工感到非常困難的新金屬合金的建立以及各式各樣的加工過程……都堅決要求新的，能夠滿足工業要求的液體介質。

在本書中載有編制液體介質配方的材料，該介質在加工結構鋼的某些切削過程中所表現的效果，比通常採用的乳油液較高。

I 金屬切削用液體介質的性質

在切削工具作用下所產生的塑性變形，向金屬的內部擴展，並在相當大的深度內改變着金屬的微观組織。

在改變的金屬層中，形成細晶化，晶粒內部的滑動，結晶方位和在晶格中的變化。在干態下進行切削，則金屬發生變形，強烈硬化，繼而造成可能的滑動晶系，並轉變成脆性狀態。使金屬表面達到這種狀態，需要消耗極多的功，最後便全部變成熱。

由於金屬屑和部件與切削工具之間的接觸，根據 Г.И. 耶普法諾夫的資料，其產生的磨擦力乃是由於以下情況造成的結果：

- a) 表面的分子吸力（附着作用或內聚作用）；
- б) 不平面的嚙合；
- в) 一個表面上的元素導向另一表面。

根據布里茲曼的材料，在 5000—10000 公斤/公分² 的壓力下，因為潛在於表面上的磨擦，活動的阻力便等於物質中流動性內應力，由於這個緣故，而停止了表面流動繼而發生內部的塑性流動。

於金屬切削時，單位壓力可能達到 20000—25000 公斤/公分²，經常會發生因切削區高溫而造成的內部塑性流動形式的磨擦。

我們知道，強烈的金屬變形與高溫均對切削加工工序的主要特性——切削工具的生命和加工零件的質量有不良的影響。

為了改善上述的特性，而採用液體介質，其作用乃是當切削金屬的過程中，減少金屬變形、磨擦力和排除熱量。

液体介質的吸附作用

在活性物質的吸附作用下，自由表面能減少，从而引起晶格元素之間的粘着力減弱和結晶的最大分散。自由能的減小能够促进变形的过程和降低金屬的屈伏点。先破坏区强度降低和切除金屬層的破坏过程的輕易（切削力減小）都是由于吸附层作用的结果。

液体介質的强化作用

H. A. 普萊聶威及Г. И. 耶普法諾夫进行的研究証实了，藉助加速金屬变形区过渡到最大强化状态的过程，而使金屬屑易于从加工表面上脫離的可能性。建議将液体介質滲入在切削区内，受到催化分解，并析出原子产物。在切削区内造成的条件，对这种分解作用特別有利。該区内的金屬受到极大程度的塑性变形。在这过程中，晶格蓄积着数量頗多的剩余自由能。

在切削区内的高溫亦同样可以促使催化活性的提高。集中在切削区附近的有弹力的歪扭晶格，其所有的自由能在受到破坏時，瞬息間变成了热。

切削区内达到250公斤/毫米²的高压同样可能促使催化过程的有效渗透。純淨的切削表面具有高的活性。由于反应的结果，可以形成氢、碳、氮、硼及其它元素。当分子分裂的瞬間，所分解的产物将处于原子状态和可能向金屬晶格内扩散。

破坏区内分解的原子产物促成了該区的强化，由于这种緣故便在減小金屬变形程度和功的耗費的情况下产生金屬破坏的过程，即加工成碎屑。

在金屬中分解的氢对机械性能有着极大的影响（氢化脆性）。金屬由于滲氢而造成的高脆性和硬度，会在不含有氢的介質中很快消失。分解的氢向金屬表面扩散，于是金屬又会恢复成原来的性能。

液体介質的冷却作用

液体介質的冷却性能是切削过程中介質作用的重要因素之一。液体介質的冷却作用是在直接吸收和排除切削時产生的热。在单位時間內决定排出热量的介質之冷却作用乃取决于潛在的汽化热、粘度、开始的沸騰溫度、导热性，热容量以及介質数量与工件質量之間的关系。

当液剂与受热强烈的金屬接触時，液滴变成被加热表面蒸气膜隔开的扁圓形体。气膜显著地降低蒸发作用，尤其是传热系数。放入水中的各种盐可以大大提高它的冷却性能。

在盐的溶液中，与蒸气膜形成的同时，发生了盐的結晶向加热表面堆积的过程。这种过程带来破坏蒸气膜的爆炸和刀具四周液剂的剧烈的运动。

所以电解液比較純水具有較高的冷却能力。

在乳油液中含有油質時，前者的冷却作用显著下降。在这种情况下，油的热性能有决定性的作用，油比水的热性能要低許多倍。

在水和油的热特性比較下，很明显水的热容量比油高2倍，导热率高—20~30倍和汽化潛热（沸騰溫度下）高10倍。

油在金屬表面上的油液滴形成光亮的膜，其厚度系随乳化油含量的增多而加大。象蒸汽膜一样，这种油膜强烈地降低散热率。

适合液剂形成球狀時的溫度，可能在加大液剂动力水流的情况下大大提高，水流的作用会使

蒸汽膜冲破。很明显，对各种用途不同的液体介质来说，其液剂的输给速度都有它最适宜的值。

根据斯莱泽盖尔的经验，按加工金属的物理—机械性能，切削规范，加工种类及采用的液体介质，其液剂之平均消耗量为10—12公升/分。

在切削金属过程中，降低磨擦力是液体介质的另一个效能。

A. H. 罗泽别尔格、拉斯柯，彼得列柯的经验及其它资料证实了，采用阿姆克铁（一种工业纯铁）与铬钢相互磨擦，或铁与铸铁相互磨擦，会在温度600°之下造成最大的磨擦系数。

该温度被液剂降低，也就因为这个缘故使外部磨擦力的值减小了。

液剂在切削区内使分解的热减少，于是刀具的切削表面之温度亦同样减低，保持金属的马丁体组织逐渐过渡到奥氏体—马氏体，或者托氏体—马氏体。

当加工可塑性高的金属的时候，液剂的冷却作用达到最好的效果，加工这种金属时将会放出大量热，进刀和深度大的切削亦同样会如此。在后者的情况下，液剂依赖于冷却表面与之接触的范围加大而使冷却作用提高。

液体介质的润滑作用

根据选择的切削规范，加工金属的性能及其它因素，外磨擦力的降低乃是由于液体介质的吸附作用而引起的。在这种场合下，在切削刀具磨擦面上形成边界润滑（一种介于液体润滑与干润滑之间的润滑），并降低外磨擦力。

液体介质的冲洗作用

切削过程中，在刀具刃部附近集聚的碎细金属屑会阻碍热量的散失和损坏加工的表面。所以最好使液体具有冲洗的性能，尤其对钻深孔，铰孔及切丝扣等工作。

II 选择供研究使用的液体介质

在选择液体介质的时候，切不可单从它在金属切削过程中所表现的高的效果。必需考虑到液剂同样地应该满足一系列工艺、卫生、使用、经济和防火等方面的要求。

从工艺—使用要求的观点来看，液剂应该具备如下的性能：

- a) 不引起被加工零件和机床上发生腐蚀；
- б) 具有钝化能力。液剂应能造成坚固的，使被加工的部件表面在很长的时间内保护不受腐蚀的氧化膜；
- в) 干燥时，在机床的磨擦面上不残留结晶；
- г) 从切削刀具上冲掉金属屑；
- д) 有化学稳定性；
- е) 液剂应有透明度，使刀具的工作情况得以观察。

在卫生方面，液剂不应使工人造成疾病，以及有不良的气味。欲避免发生烟尘和强烈的蒸发，液剂应含有极少量的燃烧（可燃）物质，并有高的冷却性能。

对液剂的经济要求可以归纳成如下三点：

- a) 在液体介质中含有的组成部份不应该缺少；

6)液剂的制造不复杂,不费力,不要求有复杂的装备;

Б)液剂的价格不应昂贵。

在防火方面,液剂不应是可燃材料并且应该具有高的发火点。

广泛应用在金属加工工业中的乳浊液不能够满足许多上述的要求。所以要在富有经验的科学院士П.А.莱宾捷尔所创立的理论基础上,进行一番试验,找出对金属切削过程能产生良好作用的新的液体介质,提高切削刀具的使用寿命,改善加工表面的质量和满足对液剂要求的大部份条件,即使不是全部的。

于制定液体介质的配方时,注意到以下几方面的意见:

1.由于高的单位压力和极高的温度在刀具磨擦面上的边界润滑之可能性几乎不存在。

2.制配能够产生坚固薄膜和在高温高压下起到润滑作用的液剂之方法和工具,在当前还处于研究的阶段中。现有的液剂输给方法不能保证在切削刀具的工作表面上获得保护的润滑膜。

3.具有高冷却效能的液剂强烈地吸收于切削过程中分解的热量,降低磨擦系数、冷却刀具及保获其表层不受到组织改变。

4.在金属与液剂互相作用的过程中,可能分解出自由原子产物;当这些产物扩散到被加工金属的表层之后,便促使转变成比较脆的状态。

考虑到上述意见,曾采用两个主要的液剂种类:

种类Ⅰ——具有高的冷却作用的电解质水溶液,

种类Ⅱ——湿润剂ОИ-7小溶液。

在水中填加湿润剂,予料能够使水的冷却作用有些降低,但是这时活性填加物在介质表面上的存在,则依靠金属表层变形的简易而使总的效果得以提高。

最后,被加工金属的表面湿润性提高,想必会改善液剂通向刀具切削刃上的进路。

为了鉴别选择的液剂起到的作用,曾在干态,和采用水,乳浊液的不同情况下进行过一些试验。

与此同时,也顺便提出瞭解电介质中和湿润剂中填加物数量和油相的数量成份时金属切削过程影响的任务。

于是所有供研究用的液剂可以分成4类:

1.类—电介质水溶液,

2.类—湿润剂水溶液,

3.类—乳浊液,

4.类—水。

液剂的名称及填加物百分比含量均列入表1中。

表 1

液 剂 号No.	液 剂 名 称	填 加 物 含 量 %
1.	自來水	—
2.	硼砂水溶液	0.5
3.	— // —	1
4.	— // —	2
5.	亚硝酸鈉水溶液	0.5
6.	— // —	1
7.	— // —	2
8.	苏打水溶液	0.5
9.	— // —	1
10.	— // —	2
11.	湿潤剂水溶液	0.5
12.	— // —	1
13.	— // —	2
14.	百分之一的硼砂水溶液 + 3 %磷酸鈉水液溶	—
15.	乳浊液	5
16.	— // —	10
17.	— // —	15

Ⅲ 液體介質的比較性試驗方法

在各种因素当中，根据其中最主要的因素象切削刀具使用寿命，來鑑別切削过程中液剂作用，便可能从試驗的各类液剂中确定出一种最好的。这样的研究得出了經驗的数据，毕竟不可能規定出金屬切削过程中介質作用下的任何物理——化学現象的規律性；这首先是因为沒有計算新液剂配方或是修改处于使用中的液体介質配方的可能性。

仅仅是在长时期观察切削过程中的介質作用，研究这种或那种液剂的性能，才有可能接近解决問題。

在这样的目的要求之下，提出了对液剂冷却和潤滑性能的分析，和其对切削过程之最主要因素的影响之試驗研究工作。

在1954—1957年之内，著作者在莫斯科化学工业研究院（МИХМ），苏联科学院物理——化学研究所和全苏工具科学研究院（ВНИИ）的試驗室中进行了各种实验工作。

液剂冷却性能的研究方法

为了进行液剂冷却作用的研究，作者曾设计了一种专用的仪器，表示于图1中。试样是用碳素工具钢制成的，呈圆筒状I，其直径为40毫米，长度80毫米，它的一头装在小管2之中。

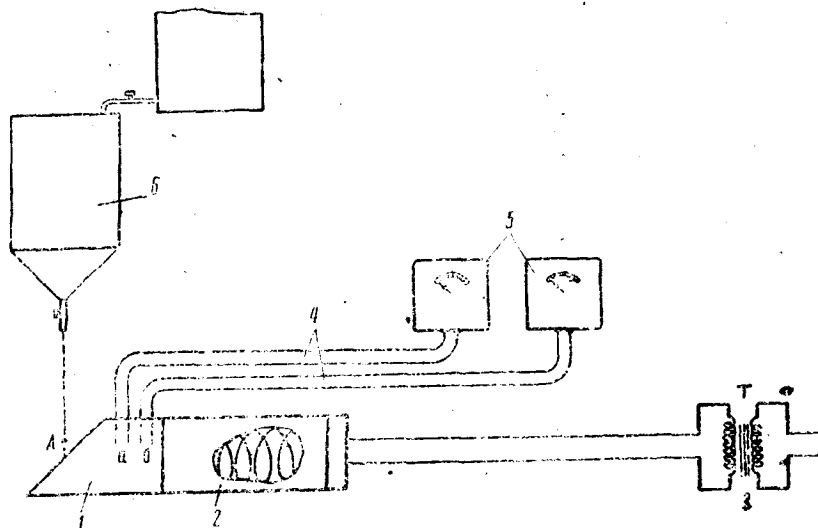


图1 试验液剂冷却性能用仪器

在小管中插有一只加热器，供电是由一般线路经变压器3，从而可能调整试样的加热温度，直至到要求为止。热电偶4放圆筒I中，其深度相当筒直径的 $\frac{1}{2}$ ，而另一头与毫伏计5连接。试验的液剂从容器6中向下滴落，流量是每分钟1公升，容器中的压力固定。在完成全部试验的时候，液剂的流注始终是落在位于试样I的 45° 角斜面的一点A上。

试样被加热到一定的固定温度，使用毫伏计来控制。a点的温度等于 260° ，b点温度等于 310° 。热电偶可以用来控制主要的试验过程。试样温度得到稳定之后，液剂的流注从容器6中向A点滴落。试样温度每隔30秒测量一次，总的试验时间是6—8分钟。试验的延续时间即是试样温度发生变化的时间。在此时间间隔之内；试样温度达到常数，也就是说从加热器发出的热量与被液剂吸收的热量取得相等。

在试样开始温度 310° 下以冷却曲线形式表现的试验结果列入图2中。这些试验可以使我們获得如下资料：

1) 在电解质类之中的液剂具有最好的冷却效果。

2) 液剂的填加物数量对其冷却性能有影响。

当分析冷却曲线的方向时，可以看出3个不同的阶段：

1) 在高温情况下，大概是由于加热金属周围产生完整的蒸气膜，故而引起冷却速度缓慢，这时热量仅仅是经过气膜借助辐射来散失；

2) 在中温情况下，液剂与加热的金属接触，待蒸气膜破裂之后发生强烈蒸发作用，于是引起冷却速度较快；

3) 在低温情况下，冷却慢是由于液剂之传热性所致。但是在观察每一阶段的范围内，对各液剂来说，都有它自己的冷却速度。

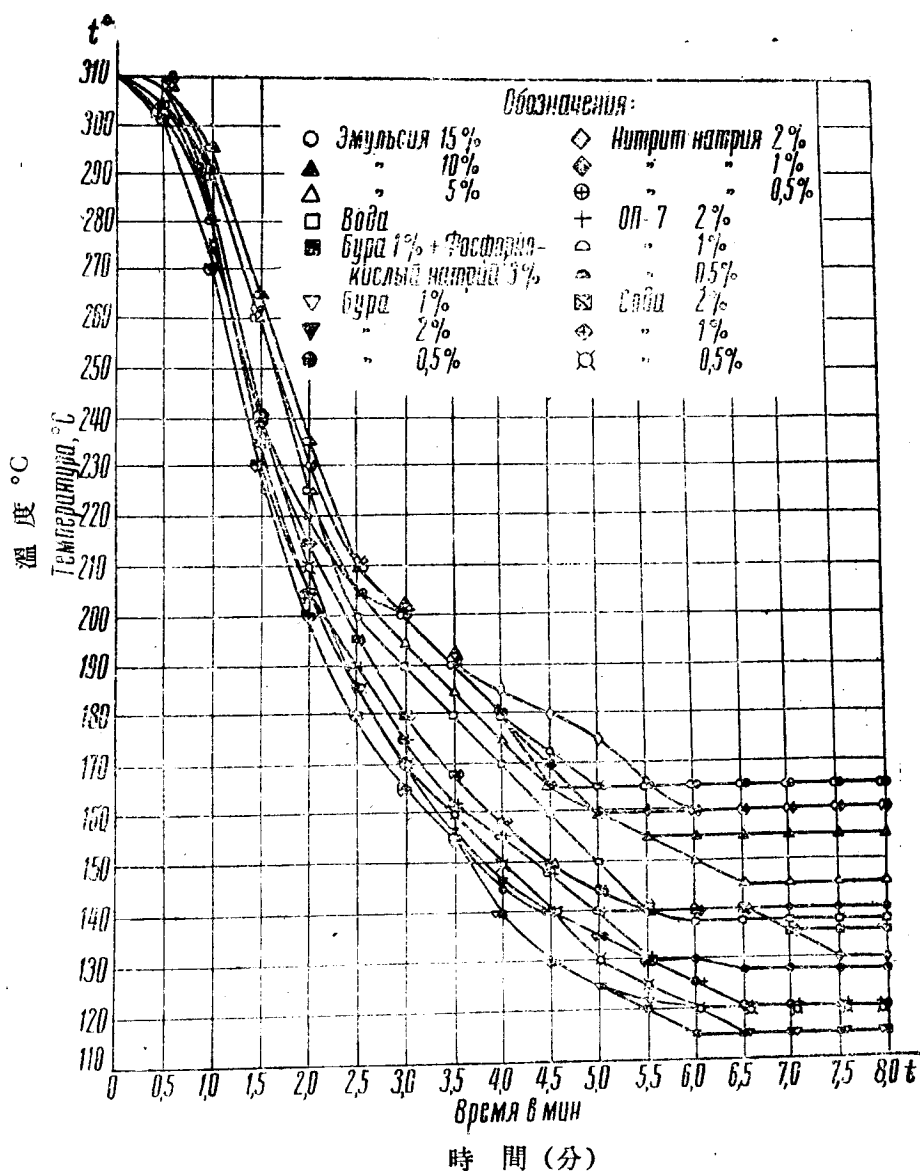


图2 在液剂流动速度不变的情况下各冷却一潤滑液剂之冷却曲线 ($V=1$ 公斤/分鐘)

图中符号表示:

○ 乳油剂 15%	◆ — " — 1%
▲ — " — 10%	⊕ — " — 0.5%
△ — " — 5%	+ ОП-7 2%
□ 水	◐ — " — 1%
■ 硼砂 1% + 磷酸鈉 3%	◑ ОП-7 0.5%
▽ 硼砂 1%	⊞ 苏打 2%
▼ — " — 2%	⊠ — " — 1%
● — " — 0.5%	⊘ — " — 0.5%
◇ 亚硝酸鈉 2%	

百分之一硼砂水溶液及百分之十浓度的乳浊剂之冷却阶段列入图3中。这两种液剂的冷却曲线比較下，可以看出使用硼砂水溶液冷却试样，其速度要比使用乳浊液快。在冷却初期阶段（A段是硼砂水溶液和A'—乳浊液）试样冷却缓慢，但是用水溶液冷却比用乳浊液为快。试样冷却的第二阶段（限定的綫段B是硼砂水溶液和B'是乳浊液），其冷却速度于使用硼砂水溶液比用乳浊液强烈。这种现象同样可以在冷却的第三阶段内观察到（C段是硼砂溶液和C'—乳浊液）。

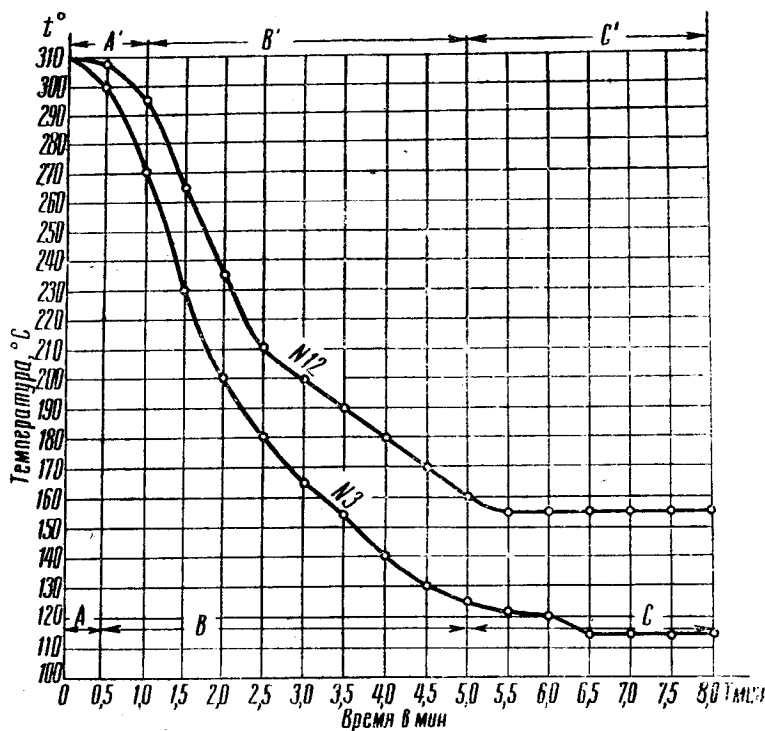


图3 用1%硼砂水溶液及10%浓度的乳浊液表示金属试样冷却的不同阶段

在溶液中盐类的浓度与乳浊液中油相浓度相同，它会影响液剂的冷却能力。

正象試驗所指出的，对研究的水溶液來說，最适宜的浓度是：1%硼砂，0.5%苏打和1%亚硝酸鈉。乳浊液的浓度是5%，湿润剂1—2%。在所有試驗的液剂当中唯有含量1%硼砂+0.3%磷酸鈉的电介質具备最好的冷却性能。

于是，藉助最简单的仪器，并在時間消耗較比短的情况下，可以測定出來液体介質中最主要的性能—冷却能力。

液剂潤滑性能的測定

磨擦力測定是在专用的仪器上进行的，該仪器由苏联科学院理化研究所制造，P. N. 叶普芳諾夫設計的°

測定的进行过程是：鉋削45号鋼，切削速度为 $V=10$ 厘米/分，使用快速鋼P—18刀具，鉋屑截

面是 $r=0.46$ 毫米²。在工具的后部有一个用经过热处理的快速钢制造的滑块，随刀具活动。在滑块上的单位负荷达到260公斤/毫米²。在测定磨擦力的同时，还进行了水平切削力的测定，并且根据刨削下来的钢屑来确定刨下的金属变形尺寸。试验的液剂从手T的吸移管中滴落在试样的表面上。试验结果列入图4中。

进行的试验说明了：

1. 切削力系随着金属变形加大而增高。于是在干态下切削，金属屑收缩系数相等于1.78时

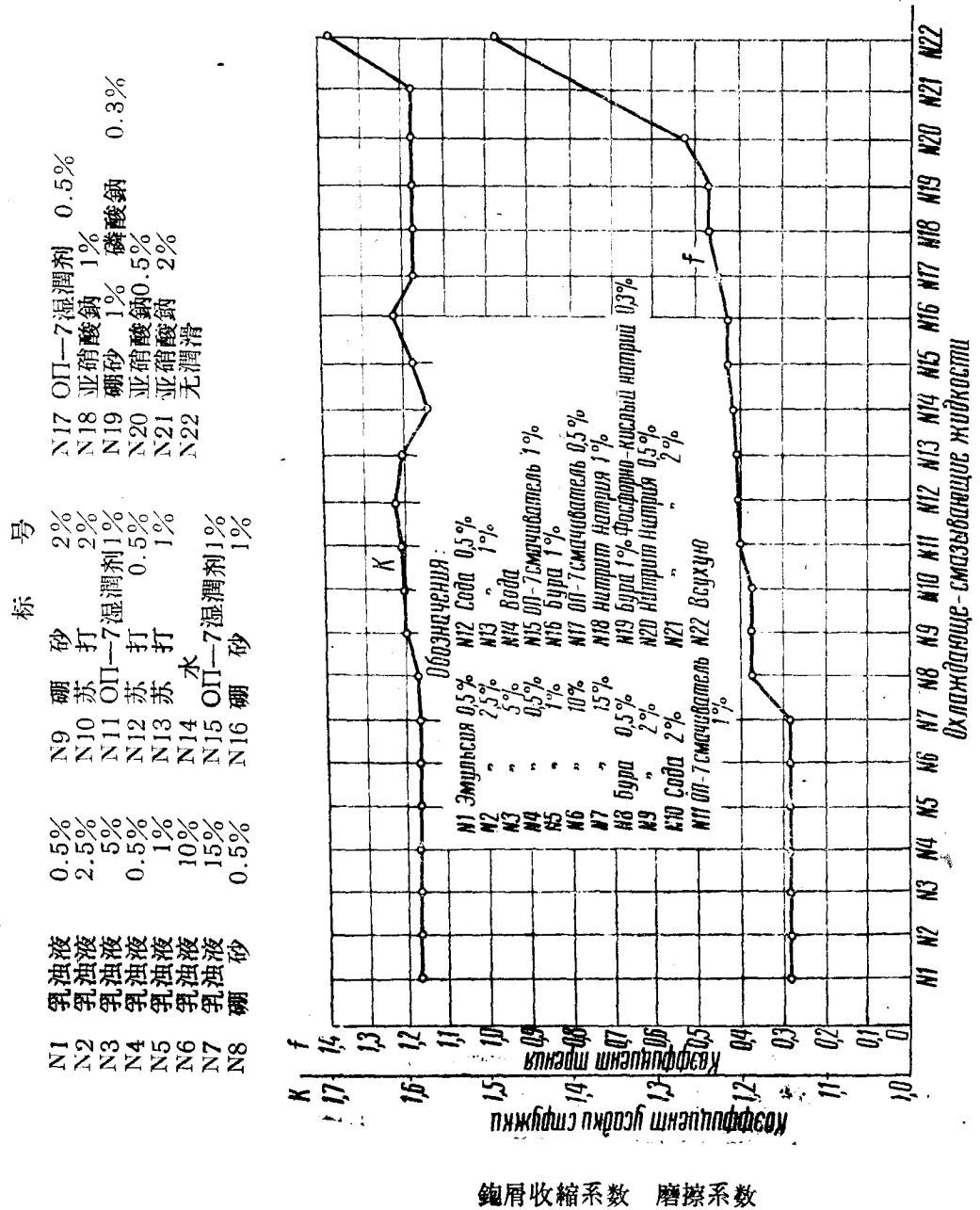


图4 鉋削45号鋼時，鉋屑的收縮系数K及磨擦系数f。

切削力是136公斤采用液剂時，金屬屑的收縮系数平均降到1.6。切削力降到101—102公斤。

2. 在同样的切削条件下，切削力可能不变（固定），然而磨擦力却在頗大的范围内变化。当采用电介質來进行鉋削時，切削力等于102公斤，而磨擦力等于26公斤。当采用乳油液鉋削時，切削力不变（即为102公斤），这时磨擦力却下降了1.6倍。

3. 在0.05—15%范围内的乳化液浓度对切削力和磨擦力均无影响。

在进行的实验基础上，可以作出如下的結論：

a) 在乳油液中的乳化液浓度应保持相当低；

6) 虽然由于乳油液的作用所致，磨擦力显著降低，但是無論用乳油液，或者是用其它試驗的液剂，切削力的值始終保持一致。

IV 液體介質對鑽孔加工過程的作用

为了确定液体介質对金屬切削的最主要因素的作用（切削力、溫变、金屬度形、加工表面的光洁度）曾选择了鑽孔的加工过程。我們知道，鑽孔过程与其它加工种类相比較，譬如車削或是鉋削，它是在困难的条件下进行的。这是因为鑽头几何形状的特点，結構以及从切削区排除热量的条件等緣故。

假定液剂如果对鑽孔加工过程的作用效果良好，那么这种液剂对其它种加工來說，其效果表現得就更好。

使用快速切削鋼P—9制成的鑽头，直徑21.5毫米在45号鋼上进行鑽孔，其切削规范是： $S=0.4$ 毫米/轉； $V=3; 8; 12$ 和19米/分鐘。

进行的試驗証实：

1. 使用热电偶测定的最低的溫度是与采用电解質工作有关，而最高的溫度則与乳油剂工作有关（參见图5）。

2. 在水中加入一些浓度适宜的盐类，可能使鑽头的溫度降到最低。

3. 随着切削速度的加快，就使液剂对鑽头溫度的影响越发显著。在試驗的液剂当中都存在着这样的規律性。

4. 最小的扭矩是与采用硼砂水溶液有关，最大的扭矩則与无潤滑以及采用水，苏打水溶液，亚硝酸鈉和湿润剂等有关。在使用乳油剂時扭矩的值是中等的。

5. 在所有的試驗液剂中填加物的浓度对扭矩的大小沒有影响。

6. 切削速度变化時，右测量仪器的精度范围内以及实际情况，都看不出液剂对扭矩的影响有什么变化。所以左MKP与切削速度的关系图表（图6）中这两方面的关系實際上構成平行的直綫。

7. 随着切削速度的加快，在采用所有試驗的液剂鑽孔的情况下，进給力减低。

8. 无潤滑鑽孔時， $V=3; 8$ 和12米/分鐘的情况下，进給力降低，而 $V=19$ 米/分鐘時，进給力則激烈增长（图7）。

9. 切削速度 $V=3; 8$ 和12米/分鐘時，試驗的液剂比較无潤滑加工可以提高进給力。

10. 采用百分之10的硼砂水溶液进行鑽孔時，达到的进給力为最小。

11. 使用百分之1硼砂溶液時，金屬屑的收縮系数为最小，而当无潤滑加工時，則收縮系数

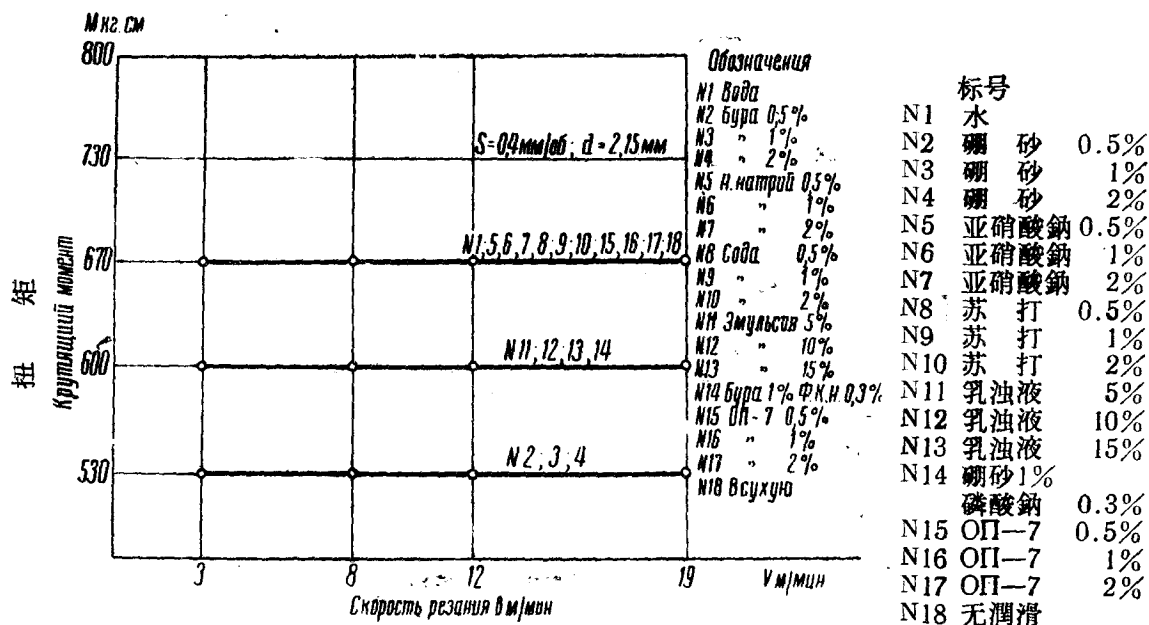


图 6 采用各种冷却—润滑液情况下，扭矩与切削速度的关系曲线表

在进行试验的基础上可以提出如下的意见：

1. 当在切削速度不大的情况下钻孔时，切削区内的温度相当小，所以液剂切削过程的作用效果发挥不大。液剂的作用系随着温度提高而加大，并可能在下述两个方面表现出来：

- 由于切削区内的温度降低而减小磨擦力（冷却作用），
- 使金属的表层变为较脆的状态（强化作用）。

减低磨擦力和提高表层金属的脆性都会使变形可塑性的值降低和改进加工表面的质量。

2. 在无润滑切削时发生的高温下，颇大的磨擦力和在钻头刃部上的刀瘤增加着接触点的面积，同时也就增加着进给力的值。采用液体介质进行钻孔，其切削速度 $V=3; 8; 12$ 米/分钟时，同无润滑加工比较，产生高的进给力之原因可以解释为：在同上的速度下无润滑切削，所发生的温度相当于 $225, 370$ 和 435° 。同样切削规范，于采用电解质的情况下，其温度是 $60, 130, 175^{\circ}$ 。金属的软化系产生于高温下，并且刀刃亦较容易地削入进去。

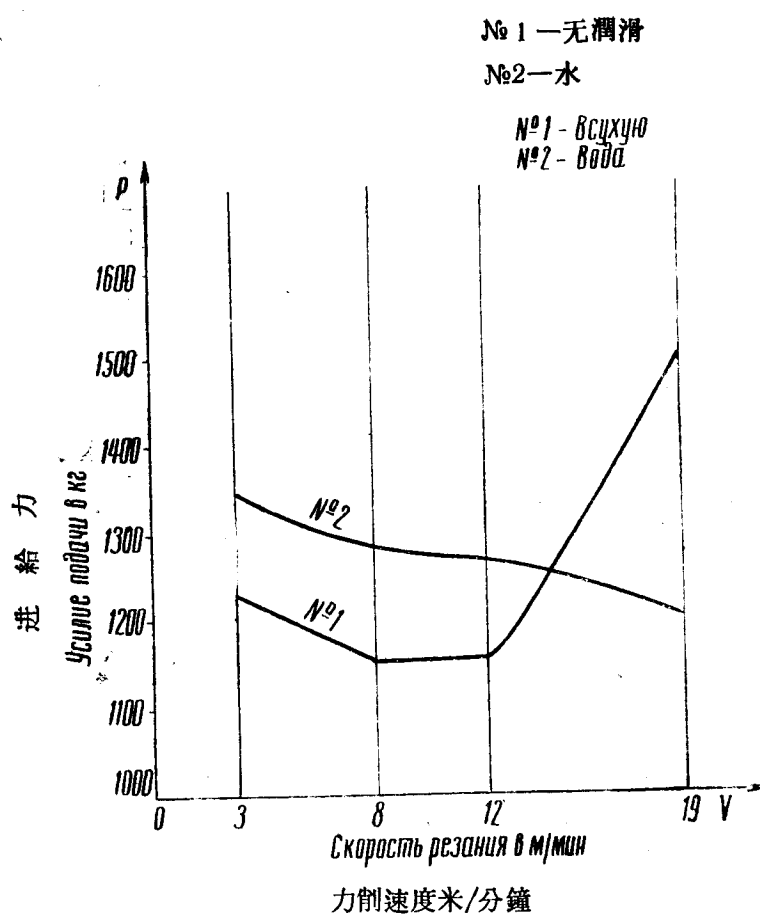


图 7 45号鋼在采用水和不予潤滑的情况下鑽孔時，
 进給力变化与切削速度之关系曲綫图。

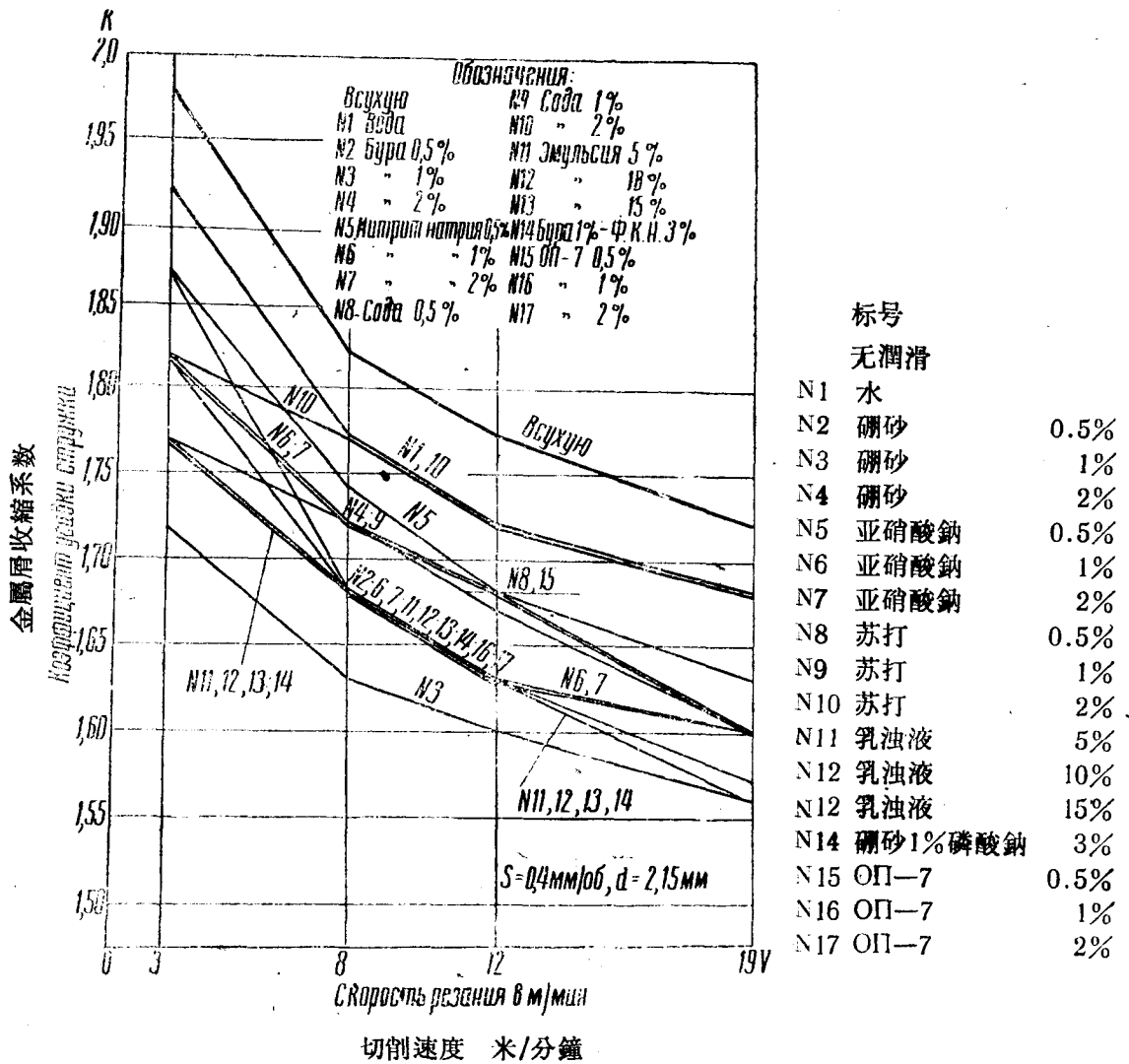


图8 45号钢在采用冷却—润滑液钻孔时，金属屑收缩系数与切削速度的关系曲线图。

v 車削合金 ЭИ 437時，液體介質的比較性試驗

作者在全苏工具科学研究所的試驗室中进行了合金ЭИ437的車削加工。加工時采用了百分之一的硼砂水溶液 + 0.3 % 磷酸钠，和过去获得的最好的試驗指标一样，为了与这种电解質的作用相比較，曾选用了由航空工业工艺与生产組織科学研究所推荐的 10% 硫化乳浊液來車削合金 ЭИ 437。液剂被輸送到用快速切削鋼 P18 制造的刀具上，是在 12 个气压的压力下从車刀的后表面进給。車刀的磨損系用放射性指示剂的方法确定的。在 $S=0.22$ 毫米/轉， $t=1$ 毫米和 $V=6$ 米/分的条件下，采用电解質加工的車刀使用寿命比采用乳浊液加工提高 1.8 倍，而 $V=8$ 米/分時則能提高