

# 轧制工艺润滑

冶金工业出版社

# 轧制工艺润滑

李小玉 顾正秋 罗东林 等 编译

冶金工业出版社

## 内 容 简 介

本书介绍了轧制时润滑作用的基本理论,侧重于润滑剂进入变形区的条件,导出了变形区接触表面润滑层厚度的计算公式。叙述了各种评价工艺润滑剂效果的方法。研究了各种润滑剂的润滑能力及提高润滑能力的方法。系统地介绍了在冷连轧机、双机架平整机、多辊轧机和冷弯型钢轧机上使用的高效润滑剂,以及在热轧型钢、钢管、钢板和铝板时的工艺润滑问题。叙述了在轧制时供给工艺润滑剂的装置和系统。

本书可供轧钢和油脂化工厂的工程技术人员、科学研究机构的工作人员和高等、中等专业学校有关专业师生参考。

## 轧 制 工 艺 润 滑

李小玉 顾正秋 罗东林 等 编著

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 11 3/8 字数 299 千字

1981年 8 月第一版 1981年 8 月第一次印刷

印数00,001~2,500册

统一书号: 15062·3653 定价1.45元

## 前 言

轧钢工艺润滑是轧钢生产中改善产品质量、降低消耗、提高产量的一个极其重要的技术环节。近年来，在轧钢工艺润滑理论与实践上有许多新的突破和发展。众所周知，采用良好的工艺润滑剂已成为轧制镀锡钢板、不锈钢板、硅钢片等高级冷轧钢板的必要条件。不仅冷轧工艺润滑技术在不断地改进，而且最近在热轧上也开始采用工艺润滑剂。热轧工艺润滑已成为轧钢工艺技术中一项引人注目的新技术，受到各国轧钢界的普遍重视。

为了适应我国钢铁工业技术的发展，较系统地介绍国外轧钢工艺润滑技术的研究发展状况，我们译编了本书。本书是以翻译А.П.格鲁捷夫(Грудев)和В.Т.季里克(Дълик)著的《Технологические смазки в прокатном производстве》一书(苏联Металлургия 1975年版)为基础，对该书的部分章节和内容做了删节与合并，并增加了欧美、日本等国在工艺润滑技术研究和应用上的一些有代表性的文章而形成的。在译编过程中，虽然我们力图保持原著的思想完整性和系统性，但是为了能较全面地介绍各国在轧钢工艺润滑方面的理论研究与生产实践成果，在增编新内容时，难免出现使本书有若干不够协调之处。同时，尽管我们努力搜集了各种具有代表性的文章加以补充，因能力所限，仍难免挂一漏万。

本书由鞍山钢铁学院顾正秋、耿申初、徐永恒，石油工业部石油化工科学研究院罗东林、李秀珍、李成林、沈露莎、刘济瀛，冶金工业部钢铁研究总院李小玉、沈林如、刘庆贺、杨子、罗德滨等同志合作编译，由钢铁研究总院赵林春、李小玉同志统一审校。由于我们水平有限，难免有缺点和谬误，恳请读者批评指正。

编译者

一九七九年九月

# 目 录

## 前言

|                 |   |
|-----------------|---|
| 本书采用的主要符号 ..... | 1 |
|-----------------|---|

|                  |   |
|------------------|---|
| 第一章 工艺润滑概论 ..... | 3 |
|------------------|---|

|                       |   |
|-----------------------|---|
| §1 轧制工艺润滑的作用和意义 ..... | 3 |
|-----------------------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| §2 对工艺润滑剂的要求 ..... | 6 |
|--------------------|---|

|                     |   |
|---------------------|---|
| §3 轧制润滑剂的基本类型 ..... | 8 |
|---------------------|---|

|                   |    |
|-------------------|----|
| §4 润滑剂的流变性质 ..... | 12 |
|-------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 第二章 润滑作用理论 ..... | 17 |
|------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| §1 变形区润滑层形成条件 ..... | 17 |
|---------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| §2 接触弧长度上润滑层厚度的变化 ..... | 29 |
|-------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| §3 变形区润滑层厚度的试验方法 ..... | 30 |
|------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| §4 轧制因素对润滑层厚度的影响 ..... | 34 |
|------------------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| §5 摩擦系数和变形区润滑层厚度的关系 ..... | 44 |
|---------------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| §6 润滑轧制的摩擦机理 ..... | 46 |
|--------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| §7 摩擦力值的计算方法 ..... | 55 |
|--------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| §8 润滑剂对金属表面变形的作用 ..... | 57 |
|------------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| §9 工作辊和支撑辊接触区的润滑层 ..... | 61 |
|-------------------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| §10 从实际轧制效果研究润滑作用机理 ..... | 64 |
|---------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第三章 润滑剂工艺性能的研究方法 ..... | 77 |
|------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| §1 润滑剂研究方法的概述和分类 ..... | 77 |
|------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| §2 评价润滑效果的直接方法 ..... | 80 |
|----------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| §3 评价润滑效果的间接方法 ..... | 82 |
|----------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| §4 用涂计量层法研究润滑剂的效果 ..... | 86 |
|-------------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| §5 润滑剂的补充工艺试验 ..... | 88 |
|---------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第四章 各种润滑剂润滑能力的研究 ..... | 92 |
|------------------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| §1 烃类的特性 ..... | 92 |
|----------------|----|

|                 |    |
|-----------------|----|
| §2 矿物油的特性 ..... | 97 |
|-----------------|----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| §3 矿物油的润滑性能 ..... | 101 |
|-------------------|-----|

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| § 4 醇类的特性及其润滑性能·····              | 105 |
| § 5 脂肪酸的特性·····                   | 108 |
| § 6 脂肪酸的润滑性能·····                 | 111 |
| § 7 脂肪酸酯的特性及其润滑性能·····            | 112 |
| § 8 植物脂肪的特性·····                  | 115 |
| § 9 植物脂肪的润滑性能·····                | 118 |
| § 10 合成脂肪酸的特性及其润滑性能·····          | 120 |
| <b>第五章 提高工艺润滑剂润滑效果的方法</b> ·····   | 124 |
| § 1 植物脂肪加氢的概念·····                | 124 |
| § 2 用植物脂肪加氢方法制备工艺润滑剂·····         | 126 |
| § 3 有机物的聚合·····                   | 130 |
| § 4 聚合法制取高效工艺润滑剂·····             | 134 |
| § 5 脂肪酸聚酯化制取工艺润滑剂·····            | 139 |
| § 6 以合成脂肪酸为基础制取工艺润滑剂·····         | 140 |
| <b>第六章 冷轧钢板用高效工艺润滑剂的研制</b> ·····  | 147 |
| § 1 冷轧前酸洗带钢涂油用的新润滑剂·····          | 147 |
| § 2 冷轧汽车钢板用的新型润滑剂·····            | 161 |
| § 3 冷轧镀锡钢板用的新型润滑剂·····            | 174 |
| § 4 冷轧不锈钢、难变形钢和合金钢板用的新型润滑剂·····   | 187 |
| § 5 冷轧变压器硅钢片用的工艺润滑剂·····          | 199 |
| § 6 多辊轧机用的工艺润滑剂·····              | 203 |
| § 7 钢板平整时用的工艺润滑剂·····             | 207 |
| <b>第七章 冷弯型钢轧机用的工艺润滑剂</b> ·····    | 211 |
| § 1 工艺润滑剂在冷弯成型中的作用·····           | 211 |
| § 2 冷弯成型时工艺润滑效果的试验研究·····         | 213 |
| § 3 冷弯镀锌型材和复杂断面型材用的新型高效工艺润滑剂····· | 215 |
| <b>第八章 热轧工艺润滑剂的应用</b> ·····       | 222 |
| § 1 热轧工艺润滑的迫切性·····               | 222 |
| § 2 热轧润滑试验方法及各种润滑剂润滑能力的研究·····    | 227 |
| § 3 热轧工艺润滑作用机理·····               | 241 |
| § 4 各种轧制条件下的润滑效果·····             | 261 |
| § 5 热轧钢板的工艺润滑·····                | 265 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| § 6 热轧型钢的工艺润滑.....                 | 275 |
| § 7 热轧钢管的工艺润滑.....                 | 285 |
| § 8 热轧铝板的工艺润滑.....                 | 297 |
| 第九章 轧机工艺润滑剂的供给装置 .....             | 307 |
| § 1 冷轧钢板和带钢用工艺润滑剂的现代化供给装置.....     | 307 |
| § 2 冷轧镀锡钢板(镀锡原板)用工艺润滑剂的新式喷涂装置..... | 314 |
| § 3 多辊轧机用工艺润滑剂的供给装置.....           | 318 |
| § 4 冷弯型钢轧机用的工艺润滑装置.....            | 320 |
| § 5 热轧钢板工艺润滑剂的供给装置.....            | 322 |
| § 6 热轧型钢用工艺润滑剂的供给系统.....           | 332 |
| § 7 工艺润滑剂的过滤和再生方法.....             | 337 |
| § 8 工艺润滑剂的使用特性.....                | 341 |
| 第十章 轧制工艺润滑剂的消耗指标 .....             | 344 |
| § 1 冷轧润滑剂最低消耗量的解析计算.....           | 344 |
| § 2 试验测定值和系数.....                  | 349 |
| § 3 减少润滑剂消耗量的工业性试验研究.....          | 351 |
| § 4 应用工艺润滑剂的技术经济指标.....            | 353 |
| 参考文献 .....                         | 355 |

## 本书采用的主要符号

$D$  和  $R$  —— 轧辊直径和半径

$h_0$  和  $h_1$  —— 该道次轧制前和轧制后的轧件厚度

$h_m = \frac{h_0 + h_1}{2}$  —— 变形区内轧件平均厚度

$\Delta h$  —— 绝对压下量

$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$  —— 相对压下量

$b$  —— 轧件 (平均) 宽度

$\lambda$  —— 延伸系数

$l_d$  —— 变形区长度

$l_d^f$  —— 考虑轧辊压扁的变形区长度

$\alpha_b$  —— 初始咬入角

$\alpha, \alpha_c$  —— 接触角 (稳定轧制过程的咬入角)

$\gamma$  —— 中性 (临界) 角

$v_r$  —— 轧辊圆周速度

$v_1$  和  $v_0$  —— 轧件头部和尾部的速度

$\Delta v$  —— 滑动速度

$\mu$  和  $\beta$  —— 摩擦系数和摩擦角

$\mu_b$  和  $\beta_b$  —— 初始咬入瞬间的摩擦系数和摩擦角

$\mu_s$  和  $\beta_s$  —— 稳定轧制过程的平均摩擦系数和平均摩擦角

$\sigma_s$  —— 金属的屈服极限

$K$  —— 金属的强迫屈服极限 ( $=1.15\sigma_s$ )

$\eta$  —— 动力粘度

$\nu$  —— 运动粘度

$\rho$  —— 密度

$\xi$ ——润滑层厚度

$P$ ——轧制（总）压力

$p_m$ ——平均轧制压力

$p_m^f$ ——考虑轧辊压扁的平均轧制压力

$\sigma_0$ 和 $\sigma_1$ ——带钢后（单位）张力和前（单位）张力

$\sigma_b$ ——金属的强度极限

$Q$ ——润滑油量

# 第一章 工艺润滑概论

## §1 轧制工艺润滑的作用和意义

在轧制中应用工艺润滑可达到下列几个目的。最重要的功能是减小变形区接触弧表面上的摩擦系数和摩擦力。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小而降低。在许多轧机(例如薄板轧机)上,道次压下量受工作机座零件强度或主电动机功率的限制。在轧机上应用润滑剂可增大道次压下量和减少道次数,同时还可提高轧制速度。

变形区接触弧长度和轧件平均厚度之比值愈大,则摩擦力对力能参数的影响也愈厉害。因此,轧薄轧件( $l_d/h_m$  很大)时,润滑油对降低轧制总压力和功

能消耗的影响最大。

图 1-1 表示在干轧辊和用矿物油及植物油润滑轧制硬化的 08кп 钢试件(预压下率 75%)的测压结果。轧制厚 0.6 毫米的试件,压下率为 10~15%。由图 1-1 可看出,在该变形条件下,采用 28 号轧钢机油、蓖麻油、52 号汽缸油、聚合棉子油润滑可使压力降低为干轧辊轧制的 50% 以上。

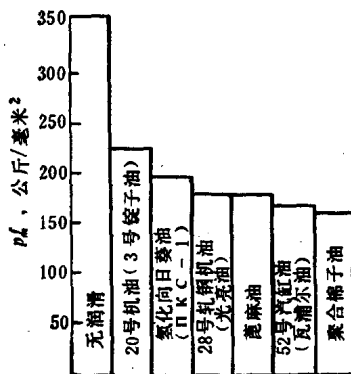


图 1-1 润滑油对平均轧制压力  $p_m$  的影响

轧制条件:  $D=190$  毫米; 轧辊表面  
光洁度  $\nabla 6 \sim 7$ ;  $v_r=0.3$  米/秒

还必须指出,有润滑轧制可减小最小可轧厚度。所谓“可轧制极限”,它决定于轧辊的弹性压扁。润滑能减小摩擦系数和轧

制总压力，从而能轧制更薄的轧件。文献〔1〕曾导出轧件最小可轧厚度的计算公式：

$$h_{\min} = 3.58 \frac{D\mu_s(K - \sigma_m)}{E} \quad (1-1)$$

式中  $\sigma_m = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2}$  ——带钢两端的平均单位张力；

$E$  ——轧辊材料的弹性模数。

文献〔30〕也导出了与此类似的公式，但系数不是 3.58，而是 1.25。

由公式1-1可知 $h_{\min}$ 和 $\mu_s$ 之间有正比关系。

工艺润滑的另一十分重要的功能是减少轧辊的磨损。在许多热轧机（包括型钢轧机）上，这是热轧润滑的主要功能。

润滑的第三个功能是防止金属粘（焊）在轧辊上。在轧制和其他压力加工的变形区中有促使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（焊接）的情况。在生产高度很大的异形断面时，冷弯机辊子也经常发生“粘钢”现象。

各种不同的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、铜等，在轧制中很容易发生粘结现象。在黑色金属中，不锈钢的粘结趋向很显著。

在辊子上成瘤的特征是各不相同的。在一种情况下，辊面上粘结的微粒形成密实薄层，而在另一种情况下，辊面上产生粗糙小瘤。但是粘结经常表现为形成大量纵向毛刺（“直道”）或局部大瘤，它们牢固地焊接在辊体上。

在任何情况下金属粘结都是不希望有的，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做为中间隔离层。热轧时，这个中间介质是氧化物（氧化铁皮），以及冷却轧辊的水和水蒸气。假如金属表面氧化膜的性质不能防止粘结，则必须采用工艺润滑剂。例如，热轧铝及其合金时经常采用润滑剂（乳化液）。

在冷轧时，由于金属进入轧辊时其表面已经净化处理（例如已经酸洗），而且压下量很大，根据前述理由完全有必要采用润滑剂。

其次应指出，在许多情况下，工艺润滑剂兼有冷却介质的功能。这时，向轧辊和金属喷涂轻质矿物油、水的乳化液或水-油混合物，这些物质具有非常高的比热，称做润滑-冷却液。

润滑剂也能起洗涤剂的作用，它保证从辊面和金属表面冲洗掉金属微粒（磨损物）和其他污垢。在冷轧带钢平整中采用润滑剂的基本原因之一是要求改善金属表面光洁度〔2〕。

综上所述，可得出结论：润滑剂对轧制产品的质量影响很大。

润滑剂除了对金属表面光洁度有显著影响之外，应该指出，有时采用润滑剂可引起金属表面显微起伏的显著变化。大家知道，用低粘度润滑油（例如煤油）冷轧，可使带钢表面很光亮，而用高粘度油（蓖麻油、28号轧钢机油等）冷轧，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，并且润滑油被压进金属表面形成特殊的显微起伏（详见第二章§8）。

有许多关于润滑剂对冷轧带钢机械性能影响的研究。研究资料证实：在变形很均匀的条件下，采用润滑剂不会使金属强度指标和塑性指标产生任何显著变化〔3,4〕。

同时，研究资料表明，润滑对被加工金属的细微结构有一定影响〔5〕。文献指出：对于轧和有润滑轧制的变压器钢板，其电磁性能有一定差别〔6〕。

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，润滑油对屈服极限有显著影响<sup>[2,7]</sup>。在全部压下率范围内，有润滑平整后的带钢，其最终屈服极限都低于干轧轧制的带钢

(图1-2)。其他机械性能(强度极限 $\sigma_b$ 、硬度HRB、相对延伸 $\delta_{10}$ )实际上没有变化。

由于润滑剂对外摩擦和磨损的条件影响很大，因此采用润滑剂与否对轧制成品几何尺寸精度有密切关系。在轧制过程中，应保证辊面和金属表面上润滑剂的均匀喷涂。在轧制薄带钢时，带钢宽度上润滑剂分布不均会出现波浪和瓢曲的原因。

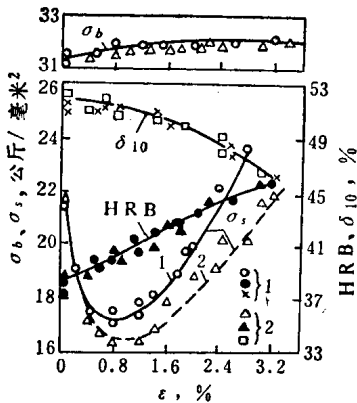


图 1-2 厚 1.0 毫米 08F 冷轧薄板机械性能变化和平整压下率的关系  
1—无润滑；2—有润滑 (20号机油)

## § 2 对工艺润滑剂的要求

工艺润滑剂应满足一系列工艺、经济和劳动卫生特点的要求。对润滑剂的要求因轧机用途和结构不同而不同。但是，一般的基本要求如下：

- 1) 降低外摩擦力 (摩擦系数)；
- 2) 减少磨损并防止轧辊粘钢；
- 3) 保证轧材表面光洁；
- 4) 很高的比热 (用做润滑-冷却液)；
- 5) 成分和性质的稳定性；
- 6) 便于喷涂到轧辊和金属上；
- 7) 对金属和设备没有有害作用 (腐蚀等)；
- 8) 无毒性、没有难闻气味；
- 9) 最小污染和废水净化简单；

10) 便宜和资源丰富 (适合广泛应用)。

如上所述,降低变形区接触表面摩擦力是工艺润滑剂基本作用之一。润滑效果可理解为抗磨效果。

但是,降低摩擦力会恶化轧辊的咬入能力。因此摩擦系数减小受咬入条件限制而有一定限度:

当轧件送入轧机的瞬间:

$$\mu_b \geq \alpha_b \quad (1-2)$$

在稳定轧制过程中:

$$\mu_s \geq \frac{\alpha_s}{2} \quad (1-3)$$

式中假定  $\mu_b \approx \beta_b$  和  $\mu_s \approx \beta_s$ 。

如果破坏1-2或1-3式的条件,则正常轧制过程中止,轧辊沿金属产生打滑现象。

在保证轧辊可靠的咬入轧件的条件下,摩擦力达到最小值,这是轧制时最佳摩擦条件。当选择工艺润滑剂时,必须考虑这个基本原则。

在生产结构用的冷轧钢板时,对金属表面光洁度要求特别高。这些钢板(带钢)不经清洗就进行退火。残留在金属表面上的润滑剂不应是退火时形成黑斑、炭黑、粘砂及其他类似的表面缺陷的原因。具有洗涤性质的润滑剂使用效果很好。它们有利于从金属表面去除各种污垢(包括前步工序带来的和轧制过程中形成的污垢)。如上所述,平整时应用润滑剂的目的与此类似。

当生产薄钢板和其他金属及非金属涂层带钢时,在进行退火前,通常先在刷洗机组内脱脂。在此情况下,润滑剂的洗涤能力就没有多大意义。

润滑剂本身的物理性质应便于向轧辊和金属喷涂。在这方面,低粘度润滑油和润滑冷却液的优点很明显。纯油式的高粘度润滑剂,虽然润滑效果很好,但很难实际应用。润滑油的熔点不应超过30~40°C。

现代高生产率轧机每年消耗成百吨润滑油。因此最好采用较

便宜的，或者其价格至少不贵于一般矿物油的润滑油。只有在生产本国少量特需产品时，润滑油的费用和稀缺问题才放在次要地位。

应指出，没有万能的润滑剂，即不存在完全满足上述要求并适合于任何轧制条件的润滑剂。因此，对不同类型和不同用途的轧机，应采用不同的润滑剂。它们的化学成分和物理（聚集）状态都不相同。

对工艺润滑剂提出的多种多样的要求，使研制和在生产中采用新润滑剂的任务非常复杂和困难。

### § 3 轧制润滑剂的基本类型

润滑剂可按化学成分、聚合状态、用途等分类。

按聚合状态，轧制生产中采用的润滑剂可分为三大类：油和水-油混合物、乳化液、固体润滑剂。

#### 1. 油和水-油混合物

在轧机上主要采用便于向轧辊和金属喷涂的流动性好的液体油。按化学成分，可将它们分为下列五种：

- 1) 矿物油；
- 2) 植物脂肪和动物脂肪；
- 3) 以合成脂肪酸为基础的油；
- 4) 矿物油和植物油或合成油的混合物；
- 5) 以植物油生产废料为基础的润滑油。

在轧制中采用的矿物油有：变压器油、12号和20号机油（2号和3号锭子油）、11号汽缸油、24号汽缸油（粘油）、28号轧钢机油（亮滑油）等。这些油都是石油产品（详见第四章§2）。

上述油在轧制中以纯油方式应用，或者加少量防腐添加剂、洗涤剂、抗氧化剂及其他添加物。加添加剂的油有时叫做配制油。

作为工艺润滑油的植物油中用途最广的是：棕榈油、蓖麻油、棉子油、葵花子油、芜荑子油。

植物油（脂肪）和动物油一样，都是甘油酯和脂肪酸的复杂混合物，甘油酯即复杂的丙三醇酯（三原子醇）。

甘油酯成分中的脂肪酸属于有机化合物类，叫做羧酸。其特征是有羧基 $\text{COOH}$ 和烃根（详见第四章§5）。烃根 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n$ 可以是饱和的（无双键）和不饱和的（有一个或几个双键）。

脂肪酸在物理-化学性质上的差别由其分子链的长度和形状以及烃根不饱和程度所决定。动物脂肪中含有大量硬脂酸类型的饱和脂肪酸，而植物脂肪内含甘油三油酸酯、亚油酸类型的不饱和酸。

植物油能以天然形式使用（棕榈油、蓖麻油），也可以经特殊处理后使用，例如通过氢化、聚合、缩聚改善其润滑性质（氢化葵花子油、苋荬子油和聚合棉子油等）。

在轧制时，可用纯油形式或者和水（分散物）形成机械混合物向金属和轧辊喷涂。后一种形式用于薄带轧机，常用棕榈油以1:3至1:8的比例和水混合作为工艺润滑剂。大家知道，天然油不溶于水，而且不能和水形成不分层的稳定系统。因此，在使用水-油混合物时，供油装置应具有允许介质强烈搅拌的容积（机械搅拌或压缩空气搅拌）。

在一般情况下，轧制时使用的植物油不加添加剂。有时，对较粘的油加入少量洗涤添加剂。

目前，研究人员力求在工艺要求的范围内停止使用食用植物油，而用合成产品代替。在轧制时，基本的脂肪代用品是合成脂肪酸酯。

合成脂肪酸是在催化剂参与下用空气中的氧使石油石蜡液相氧化而制得的<sup>[8]</sup>。基本上利用馏分 $\text{C}_{17} \sim \text{C}_{20}$ 和 $\text{C}_{10} \sim \text{C}_{16}$ 的合成脂肪酸制备轧制润滑油。

在苏联，曾研制许多合成的工艺润滑油：馏分 $\text{C}_{17} \sim \text{C}_{20}$ 的合成脂肪酸三乙二醇酯，馏分 $\text{C}_{17} \sim \text{C}_{20}$ 的合成脂肪酸丁基醚，含20%甘油三油酸三乙二醇酯添加剂的合成脂肪酸三乙二醇酯润滑油等。还研制成合成脂肪酸和三乙醇胺缩聚的合成润滑油。但是，

这些合成润滑油中，除含20%甘油三油酸三乙二醇酯添加剂的合成脂肪酸已广泛应用于轧钢外，其他都未广泛应用，原因是熔点高、挥发性大，而降低熔点后润滑能力又不够。

在有些轧制条件下，推荐用矿物油和植物油（或合成产品）以不同比例进行混合（混合油）使用。在矿物油内，加入植物油（或合成产品）可以达到提高润滑效果而不显著增大粘度的目的。当上述添加油数量很大时（ $>10\%$ ），有可能显著改变基本组分的物理和润滑性质。例如，用20号或12号机油加入10%和30%馏分 $C_{21}$ 以上合成脂肪酸和三乙醇胺聚合产品而制得的润滑油就属于这一类型。

近几年苏联研究以植物油和有机酸生产废料为基础生产润滑油。这些润滑油比天然植物油价格便宜，而且润滑性质并不比天然植物油差。这类润滑油有：蓖麻油热分解产品，在生产葵二酸时制得<sup>[9]</sup>；蓖麻油——蓖麻油加工废料析出的脂肪酸和脂肪；“冶金”润滑油——从植物油生产废料析出的聚酯化脂肪酸；等等。

## 2. 乳化液

一种液相以细小液滴形式分布于另一种液相中，形成两种液相组成的足够稳定的系统，称为乳化液。形成液滴的液体称为分散相。乳化液的其余部分称为分散（连续）介质。

乳化液广泛应用于各种轧制过程。它的冷却能力比油大得多，在循环系统中可长期使用，耗油量较低，而且有良好的抗磨性能。

唯有在溶液内存在第三组分——乳化剂时，才能获得油-水稳定型乳化液。常用钠皂和钾皂（脂肪酸和环己烷酸形成的盐）做为乳化剂。

油滴入水中后，由于表面张力很大，在其界面上水不湿润油，因此油以单独相形式集中于水的表面。如在水中加入肥皂，则肥皂溶化后使水的表面张力减小。皂溶液能润湿疏水的油微粒。结果在油滴表面形成具有足够高的粘度和强度的胶体——吸