

# 低碳鋼絲快速拉制

И. Н. 聶道維則依 著  
А. Л. 塔爾納夫斯基

冶金工業出版社

И. Н. Недовизий, А. Л. Тернавский  
СКОРОСТНОЕ ВОЛОЧЕНИЕ  
НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ  
СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ  
Металлургиздат (Москва 1954)

— \* —  
低 碳 鋼 絲 快 速 拉 制

周 良 譯

編輯, 孙文俊 設計, 周 广、童煦庵 校对, 刘滨浩

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可證出字第093号

工人出版社印刷厂印 新华书店發行

— \* —  
1959年7月第一版


1959年7月北京第一次印刷

印数 4,520册

开本850×1168 · 1/32 · 140,000字 · 印张5 $\frac{24}{32}$

— \* —  
统一書号 15062·1581

定价0.70元



3237.

# 低碳鋼絲快速拉制

И. Н. 聶道維則依 А. Л. 塔爾納夫斯基 著

周 良 譯

冶金工业出版社

本书叙述了馬格尼托哥尔斯克列朴謝工厂全体同志在低碳鋼絲快速拉制方面的工作經驗。詳細研究了低碳鋼絲的生产工艺（选择綫材、酸洗、拉制、退火等），介紹了所采用的設備，並且闡明了快速拉制的理論基础。

本书着重介紹了生产革新者的先进工作方法以及劳动組織問題。

本书供工程技術人員使用、也可供拉絲車間的熟練工人和冶金工业大学的学生参考。

TG356.4/10-1  
12293

## 目 录

前言 .....	5
引言 .....	6

### 第一章 快速拉制的理論基础

金屬結構总論 .....	7
塑性变形力学 .....	9
塑性变形的基本定律 .....	14
拉絲模孔中的塑性变形 .....	19
拉制应力 .....	23
实际变形阻力 .....	37
最适宜的拉絲模角度 .....	41
变形效率 .....	42
带反拉力的拉制 .....	45
拉絲机的功率 .....	49
鋼絲和拉絲模的发热 .....	50
拉制时变形的溫度-速度条件 .....	56
拉制速度对鋼絲机械性质的影响 .....	67

### 第二章 快速拉制工艺

对綫材的要求 .....	71
快速拉制所用綫材的选择 .....	76
氧化鉄皮的去除 .....	81
酸洗槽 .....	92
拉制程序 .....	98
潤滑料 .....	103
拉絲工具 .....	107
鋼絲的热处理 .....	115

### 第三章 拉絲机

一次拉絲机	126
非滑动多次拉絲机	128
滑动式多次拉絲机	134
带反拉力的多次拉絲机	138
对快速拉絲机的主要要求	140
为提高拉制速度对拉絲机的改造	142
拉絲机的輔助設備	144

### 第四章 劳动和生产組織

合理的拉制速度和拉絲机的生产率	152
工作地点的組織	157
拉絲机的看管	164
个别工序的工作方法	168
在掌握快速拉制过程中工程技术人员和 工厂先进工人创造性的合作	177

### 第五章 快速拉制的技术經濟指标

## 前 言

本書是根据馬格尼托哥尔斯克列朴謝工厂以及其它达到快速拉制的金屬制品厂的工作經驗闡明銅絲的快速拉制問題。

第一章叙述塑性变形的一般理論基础，这样可更深入地理解金屬压力快速加工的过程。

第二章叙述低碳鋼絲的快速拉制工艺、所叙述的工艺过程是依据馬格尼托哥尔斯克列朴謝工厂的經驗和苏联其它工厂的先进成就。

第三章叙述各种主要类型拉絲机的规格。

第四章詳細介紹先进生产者的工作方法以及快速拉制的生产和組織。

第五章列出了快速拉制的技术經濟指标。

本書第一章和第四章的“合理的拉制速度及拉絲机的生产率”一节系由A.Л.塔爾納夫斯基所写，第四章其余各节由И.Н.聶道維則依所写，第二、三、五章則由二人共同完成。

作者深深感謝工程師 Я. Е. 沃罗达尔斯基、B. A. 布里茲紐克、B. E. 支挪麥斯基、П. К. 謝尔宾宁以及馬格尼托哥尔斯克列朴謝工厂厂长 И. В. 沙溫里也夫，他們在进行研究工作和选择編写本書所用資料方面均給了很大帮助。

## 引 言

由于汽車拖拉机工业、电器工业、采煤工业及其它工业部門不断扩大，所以鋼絲的需要量大大增加了。

战后第二个五年計劃預定將綫材生产量增加1.1倍以上。

除了新的生产設備投入生产外，第五个五年計劃还规定通过更好地利用现有設備和改进生产过程的方法来大大增加产量。

拉絲車間的工作人員应进一步改进工艺过程，广泛采用先进工作方法。这样就可以增加鋼絲产量、提高質量并降低成本。

應該指出，在最近10~15年內苏联工程师和生产革新者，利用了最新的科学技术成就，在拉絲技术方面取得了巨大的成績。設計了許多新型的现代化拉絲机、拟定了許多新的工艺过程。

拉絲生产现在是建立在牢固的科学基础上的。

在苏联的金屬制品厂中已掌握了很高的拉制速度：拉制粗的和中等尺寸的低碳鋼絲时，速度是350~500公尺/分，拉制細的低碳鋼絲时速度是400~600公尺/分，拉制最細和极細的低碳鋼絲时，速度是700~1000公尺/分。

拉制速度的提高反映了生产技术在不断增长，速度的提高也是拉絲生产中取得成就的主要指标之一。

但是上述速度仅应看作是苏联拉絲生产的初步成就。

由經驗所証实的理論研究一再証明，如果能选用質量适当的綫材，并且采取必要的組織措施和技术措施，那么还会大大地提高拉制速度。由于金屬脆性条件而决定的所謂“极限”速度的論点是毫无根据的，至少对低碳鋼絲來說是如此。

进一步提高拉制速度的办法有下列一些：改进金屬質量，使工艺更加完善，制造新型的快速拉絲設備，將輔助工序机械化和自动化，学习和推广先进工作方法和生产組織方法。

上述各項問題將在本書各章內予以研究。



# 第一章 快速拉制的理論基础

## 金屬結構总論

固体分为晶体与非晶体两种。非晶体的原子排列得不規則，且具有各向同性的特点，亦即在不同的方向內具有相同的机械性質（如玻璃、树脂、油漆）。晶体（如食盐、石英等）有着規則的外形，原子在晶格中的排列亦有規則，且具有各向異性的特点，亦即在不同的方向內具有不同的机械和物理性質。

晶体中所有原子都是按一定的方式排列的，即在长、宽、高三方面周期重复，于是便造成空間晶格，空間晶格是互相按一定角度而相交的許多平行平面（图 1）。晶格的平行平面之間的距离是相等的。

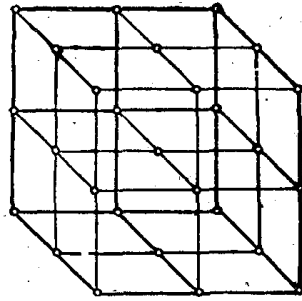


图 1 空間晶格

在空間晶格的結点处，即在晶格各条綫的交点处配置有原子核。

金屬具有結晶組織。

大多数金屬的空間晶格都比較簡單，并且都是体心立方体、面心立方体或六方体（图 2）。

体心立方晶格的特点是原子配置在立方体的中心和各个角上。在結晶时，即在凝固时按此規律配置的有鉄（ $\alpha$ 鉄和 $\beta$ 鉄）、鋇、鉻等金屬原子。

面心立方晶格的特点是其原子配置在立方体的各角以及各面的中心上。 $\gamma$ 鉄、銅、銀等金屬凝固时，其原子即这样配置。

六方晶格的特点是在六角形（基面）的中心和頂点上有原子并且在六方体的中央有三个原子。这样結晶的有鋅、鎳、鎂等金

屬。

晶格結点之間，即原子之間的距離對於每一種金屬來說均有其特殊的數值。晶体在其与晶体軸綫成不同角度的平面內的原子的數量不同（參看圖2）。因此，晶体在不同的方向內即具有不同的性質。例如，銅晶体的強度極限，由於作用於其上的斷裂力的方向不同而波動於14.6~35公斤/公厘<sup>2</sup>之間，即相差2.4倍，而延伸率則變化於55~10%之間，即相差5.5倍。

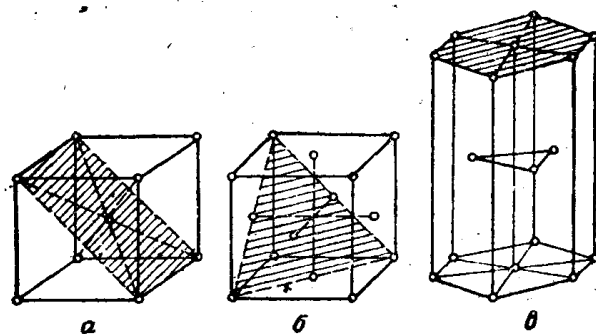


圖 2 金屬的晶格

a—體心立方體；b—面心立方體；c—六方體

圖上陰影處表示斜方十二面體、八面體和基面的原子最密集的平面

晶体的另一個特點就是在晶体中具有滑移面，沿此滑移面產生一部分晶体對另一部分晶体的位移現象。晶体的破壞是沿解理面發生的。

在工業金屬中，晶体在其增長的過程中一般均不能獲得正確的外形（界面），因為在金屬凝固（冷卻）時，同時生成大量阻礙晶体自由發展的晶体。在晶体的內部，晶体獲得正確的、完全的結晶結構，而其外形則具有不規則的形狀，它取決於相鄰晶体的發展方向和增長情況。此種外形不規則的晶体稱為晶子或晶粒。

工業用金屬即是由大量單獨的晶粒組成的物體，換言之、即多晶体。各個晶粒界面的不平滑，以及晶格中互相作用的電力決定着金屬中各個晶粒間的聯繫。

## 塑性变形力学

物体在外力作用下可能产生位移，如果物体没有位移的可能时，则改变其形状和尺寸、即产生变形。

变形可能是由于机械作用、温度变化、相转变和扩散作用引起的，也就是说，既可能由于外部变化过程引起，也可能由于内部变化过程所引起。

任何变形均和原子之间距离的变化有关，因之，均和晶格势能的变化有关。

晶格的势能是一种潜能，它决定于晶格原子互相作用的电力。由此得知，为了实现变形必须改变晶格的能量平衡，这可以通过下列两种方法达到：加以补充的能量（加外力、加热），或者由物体中抽出一部份能量来（冷却）。

由于外力所引起的应力大小不同，物体中可能产生弹性变形或永久变形。弹性变形就是物体的变形能随着其引起原因的消失而消失，之后物体即恢复其原来的形状和尺寸。永久变形是总变形的一部分，在去掉外力之后变形也不消失，物体获得与原来不同的尺寸和形状。相当于由弹性变形（可还原变形）转变为永久变形（不可还原的变形）的应力称为弹性极限或屈服点。在仅仅发生弹性变形时，物体吸收外力的全部功而成为一种可还原的能（弹性能），当外力停止作用时此种能使物体恢复原来形状。在发生不可还原的变形时，外力的功主要都转变成为不可还原的各种能（热能、电能、磁能）。弹性变形不会留下因外力作用而产生的变形痕迹。弹性变形的发生是由于物体的质点均匀而迅速地（快于声速）变形所致。永久变形发生时同时产生形变硬化现象。永久变形的发生是由于物体的质点跃进而较慢地位移所致。

在金属压力加工过程中利用的是金属的塑性，即金属改变其形状而不致破坏其完整性的性质。

塑性变形的过程是怎样发生的呢？为了回答这一问题首先要

简单地研究一下单晶体的塑性变形力学。

塑性变形是由于剪应力达到一定数值而引起的，塑性变形是通过沿着一定的结晶滑移面的一系列的位移和滑动而发生的，而且这些位移和滑动是沿着一定的方向进行的，这也就是原子最密集的方向。例如，具有六方晶格的锌的单晶体，其滑移面即是六方体的基面。

试验证明，单晶体的塑性变形可能由两种方式发生：直线位移（滑移、剪变位）和孪动。直线位移（参看图3, a）是单晶体的个别单独部分互相之间沿一定晶面作相对位移，而晶格却不发生畸变。孪动是晶格绕位于孪动面的轴转动。由于转动的结果即使得晶体的一部分与另一部分成影像（参看图3, b）。

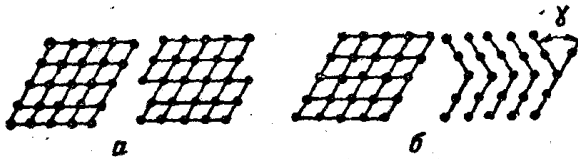


图 3 单晶体的变形方式

a—直线位移；b—孪动

塑性变形主要是由于直线位移而产生的，因为孪动时的变形程度要比直线位移时小得多。

为了产生直线位移，必须在滑移面造成一定大小的剪应力，此剪应力决定于晶体的性质、温度和变形速度。具有合金成份时即会大大增加所必需的剪应力。

塑性变形力学可如此理解：在为了滑移开始所必需和足够的应力的影响下，在与作用力相对的平面内发生一部分晶体对另一部分晶体剪变位的现象。剪变位是在与作用力的方向成  $45^\circ$  角的平面内发生的。以后在该平面内的变形，由于该层的形变硬化即停止。然后在较大作用力的影响下在另一晶面发生跃进剪变位，此后剪变位的跃进还将继续在许多平面内发生，这许多平面即是在每一段时间内对作用力阻力最小的各个滑移面。这样，在不同的时间内即有不同的滑移面系统起作用。最后使得有可能性的所

有滑移面均在某种程度上参与变形过程，于是金属的各个部分便都在一定方向内伸长，即出现金属的纤维状结构（纹理组织）。

与滑移产生的同时还产生形变硬化——随着变形的增加变形阻力也提高。

在许多原子平面束内因滑移而引起的损坏是产生形变硬化的原因，在这些平面束内发生晶格（原子间的距离靠近上述滑移面）的畸变和滑移。晶格的畸变能导致在变形晶体内出现内应力。

晶体的方位与作用力中心线所成的角度对变形过程的发生有很大影响。如果其方位能使剪应力首先达到极限值，那么即产生滑移现象。如果由于方位的关系，首先达到极限值的是解理面的垂直拉应力，那么即发生断裂现象。这样，由于方位的不同，晶体即可能出现不同的塑性或脆性。

单晶体在经过塑性变形后，即变成由方位一致的质点组成的多晶体。

多晶体中晶粒的变化情况与自由变形晶体的变化情况有很大的不同。多晶体和单晶体不同的地方有二：第一，在多晶体中具有铸造缺陷（孔隙、缩孔、气孔、微缝），当受到外力作用时在这些缺陷中即造成尖峰过负荷，从而在试样的个别地方引起提前流动的情况；第二，多晶体中具有晶体间的夹层，其机械性质与晶粒的性质不同。

在多晶体中滑移面方向不同的晶粒互相接触，从而使得晶粒互相封锁，作用力场畸变，抗剪强度提高。多晶体是似异向同性的，即在不同的方向内具有大约相同的性质。

多晶体个别晶粒互相之间既有电力接合，也有机械结合。晶粒愈小，那么晶粒的接合力值即愈大。当晶粒的尺寸减小时，金属的硬度和形变硬化现象即增加。

塑性变形过程用断层学说可以相当充分地加以解释。按断层学说金属的位移是在断层存在处发生，所谓断层应理解为由于晶粒组织不均匀所引起的原子晶格的局部畸变。晶粒内部的位移应看作是在一定方向内的断层运动。在外力的作用下，在个别因晶

格缺陷而变弱的晶粒内或恰好受外力的个别晶粒内即出现晶粒内部的剪变位，此种晶粒内部的剪变位逐渐扩及全部晶粒。与此同时还出现晶粒间的剪变位，并同时出现滑移线，此滑移线与试样中心线成 $\sim 45^\circ$ 的倾角。滑移线的出现即作为变形的第一段结束。

第二段的特点是出现晶体的成组滑移，同时晶粒扭转。晶粒间的物质被破坏且被拉成纤维状。出现很大的内应力。

变形的第三段开始时是晶粒破碎和纹理组织出现，在变形程度超过95%时，此种情况即便是用高温退火也不能消除。

在多组份晶系中塑性变形过程就更为复杂，因为各种组份具有不同的物理机械性质。在表1中列出了钢的各个结构组份的机械性质。

表 1

钢的各种结构组份的机械性质

钢的结构组份	强度极限 (公斤/公厘 <sup>2</sup> )	延伸率 (%)	布氏硬度
纯铁体.....	25.4	50	80
珠光体.....	73.1	10	200
渗碳体.....	31.8	0	600

多组份晶系塑性变形的特点是应力状态很不均匀，屈服点提高，并且残余应力很大。

晶粒愈大，晶体的物理-机械不均匀度也就愈严重。

多晶体塑性变形可能通过三种方式：直线位移，孪动和晶粒间位移。但是晶粒间位移不能达到大的变形，因为它能导致金属的破坏。晶粒间面积愈大，则晶粒间变形愈难发生。

随着晶粒的变小，晶粒间的面积即增大，从而晶粒间的剪变位即难于发生。同时晶粒内部的剪变位也就难于发生，因为晶粒的互相封锁加强了。这也就说明下一事实：细晶粒金属与粗晶粒金属比较起来具有较高的强度和较低的塑性（图4）。粗晶粒金属较易发生晶粒内部的剪变位，在塑性形变的过程中冷作硬化现象较强（图5）。

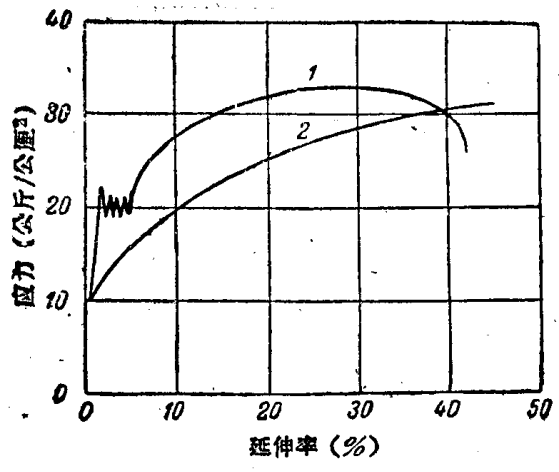


图 4 低碳鋼的拉伸曲綫 [1]  
 1—細晶粒鋼的； 2—粗晶粒鋼的

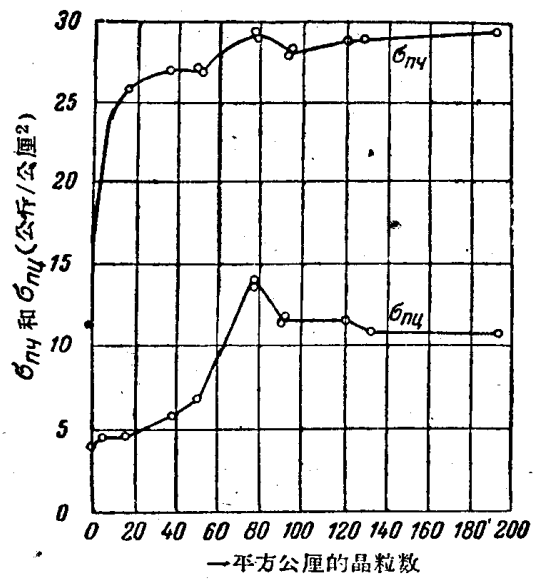


图 5 强度极限  $\sigma_{B}$  和比例极限  $\sigma_{0.2}$  与低碳鋼晶粒大小的关系曲綫

根据以上所述可知，塑性变形乃是一个非常复杂的过程，它和金屬的組織以及金屬中所发生的各种现象有密切关系。

塑性变形又分为冷塑性变形和热塑性变形两种。

在变形过程中所达到的形变硬化保存下来的变形称为冷变形。

在变形过程中通过間歇式再結晶而将形变硬化消除掉的变形称为热变形。

因为形变硬化主要决定于变形程度，而間歇和再結晶則决定于溫度和時間，所以变形方式既决定于溫度，也决定于变形速度。

### 塑性变形的基本定律

在金屬压力加工过程中，制品受外部的正作用力、反力和摩擦力的作用。正作用力是由机械作用造成的，它决定机床电动机的功率。反力是由于金屬的运动或其变形受阻碍而产生的。反力总是垂直于工具的工作表面，并产生工具对金屬的压力。摩擦力在拉制时起反作用，阻碍金屬移动。所有这三种外力决定着物体的应力状态。

所謂物体的应力状态，即原子受机械作用或其他作用而引起被迫偏离其稳定平衡位置时的状态。

假如应力是由于不均匀变形而产生的，則在物体中所产生的此种应力能平衡外力或相互平衡。一般說来，应力可以視為作用于极小面积上的力与此面积的比的极限，即：

$$\sigma = \lim \frac{\Delta P}{\Delta F}$$

假如应力均匀分布于截面积上，則应力等于：

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

后一式在应力不均匀分布的情况下也可以应用，但此时該式将表示試样截面上的平均应力。



在塑性原理中，应力状态分为点应力状态和体应力状态。

塑性变形原理证明，知道作用于三个通过所讨论的一点的相互垂直平面上的应力，就可以确定点应力状态。

在三个相互垂直并相交于所讨论的小体积中心的轴线，这些轴线的特征是只有正应力作用于垂直于这些轴线的平面上，而切应力不存在。

作用于不受切应力作用的平面上的正应力称为主正应力，通常用  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  和  $\sigma_3$  来表示，并且  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ 。

作用于通过一个主轴并与其余两个主轴构成  $45^\circ$  角的平面上的剪应力，称为主剪应力或最大剪应力。

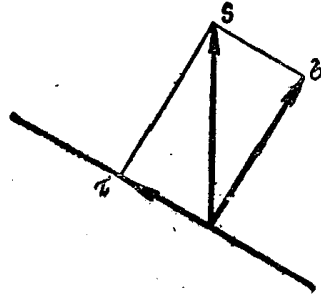


图 6 应力向量投影

正应力  $\sigma$  是应力向量  $S$  在平面法线上的投影 (图 6)。切应力  $\tau$  是应力在平面的投影。应力  $S$  及其在法线方向上的分量  $\sigma$  和在倾斜面积上的分量  $\tau$ ，可以按下列公式求得：

$$S^2 = \sigma_1^2 l^2 + \sigma_2^2 m^2 + \sigma_3^2 n^2; \quad (a)$$

$$\sigma = \sigma_1 l^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_3 n^2; \quad (b)$$

$$\tau^2 = S^2 - \sigma^2 = \sigma_1^2 l^2 + \sigma_2^2 m^2 + \sigma_3^2 n^2 - (\sigma_1 l^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_3 n^2)^2. \quad (B)$$

在这些公式中， $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  和  $\sigma_3$  是主应力； $l$ 、 $m$  和  $n$  是平面的法线与坐标轴所成角的余弦 (方向余弦)。

在物体中的应力均匀分布时，所讨论的质点的主应力将决定着物体的应力状态。

假如有一个或两个应力等于零，或者当平面的法线垂直于某一坐标轴时，则公式 (b) 和 (B) 可以化简。

例如，假设  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$  及  $l = \cos \alpha$ ，则：

$$\sigma = \sigma_1 l^2 = \sigma_1 \cos^2 \alpha;$$

$$\tau^2 = \sigma_1^2 l^2 - \sigma_1^2 l^4 = \sigma_1^2 l^2 (1 - l^2);$$