

# 冷 轧 钢 管

3·A·考夫 著

李 長 穆 譯

冶金工业出版社

## 內 容 簡 介

本書研究了鋼管冷軋機的工作原理和在周期式冷軋鋼管時管坯變形和其形狀變化的特征。

本書闡述了鋼管冷軋機的構造，詳細地分析了各種型式的冷軋機的優缺點。

書中總結了鋼管廠推行先進的、高產量的鋼管軋制工藝的經驗，指出了提高軋機產量的潛力和獲得高質量鋼管的條件。引述了旨在總結和推廣鋼管冷軋機上斯達漢諾夫工作方法所作研究的結果。

本書以專門的篇幅來闡述不銹鋼管、熱強鋼管、軸承鋼管和錐形鋼管的生產工藝的特點，並且闡明了關於冷軋等強度截面之長鋼管的問題。

本書詳盡地闡述了軋管工具的孔型設計和製造工藝的問題。

本書可供鋼管車間的工程技術人員和斯達漢諾夫工作者們閱讀；也可供設計部門的設計師和大中專學生們參考。

З. А. Кофф

Холодная Прокатка Стальных Труб  
Металлургиздат (Свердловск, Москва, 1951)

冷 軋 鋼 管  
李 長 穆 譯

— \* —

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

國家統計局印刷廠印 新華書店發行

— \* —

1959年12月 第 一 版

1959年12月北京第一次印刷

印數 3,012 冊

開本850×1168·1/32·230,000字·印張 $10\frac{18}{32}$

— \* —

統一書號15062·1942 定價1.30元

## 目 录

序 言 .....	1
概 論 .....	3
第一章 冷軋鋼管的一般概念 .....	5
鋼管冷軋机的工作原理 .....	5
冷拔和冷軋鋼管过程的变形特点和对金屬構造的影响 .....	9
第二章 鋼管冷軋机的構造 .....	17
几种主要型式的冷軋机的性能 .....	17
新式的 80 毫米冷軋机 .....	20
主傳动裝置 .....	23
工作机架 .....	23
凸輪裝置 .....	30
迴轉——送进裝置 .....	31
管坯卡盤 .....	34
前卡盤 .....	37
心棒杆滑座 .....	40
心棒杆滑座的傳动机構 .....	41
固定心棒杆滑座的机構 .....	43
裝入管坯的裝置 .....	44
冷軋机各个裝置的液压操縱系統 .....	45
冷軋机的电气設備 .....	46
冷軋机的生产工具 .....	49
冷軋机的輔助裝置和輔助設備 .....	51
1943年出品的新式冷軋机在構造上的改变 .....	53
端部裝料的冷軋机的構造特点 .....	55
新式的 32 毫米冷軋机 .....	55
1937年出品的 Y3TM 55 毫米和 32 毫米冷軋机 .....	57
工作机架 .....	58
迴轉——送进裝置 .....	58
Y3TM 80 毫米冷軋机設備 .....	62

傳動機構佈置在工作机架前面的鋼管冷軋機	72
各種型式的鋼管冷軋機的優缺點	74
<b>第三章 軋管工具的軋型設計</b>	<b>81</b>
孔型設計的任务	81
工作机架的傳動裝置和迴轉——送進裝置的運動學	82
孔型空轉部分和工作部分的計算	86
軋槽孔型工作部分的基本形狀單元	93
將軋槽孔型的工作部分划分成變形部分	99
多段錐形孔型設計的計算	102
心棒的孔型設計	102
孔型頂部輪廓的計算	104
孔型徑向截面的計算	108
計算多段錐形孔型的一个例子	116
孔型設計的特点	117
心棒的孔型設計	118
孔型頂部輪廓的計算	118
孔型徑向截面的計算	121
周期式冷軋鋼管時的真正變形的確定	125
鋼管冷軋機工具的分段錐形孔型設計的分析	125
確定冷軋鋼管時的真正變形的公式	127
計算真正壓下和真正延伸系数的一个例子	131
<b>第四章 冷軋鋼管的工藝</b>	<b>137</b>
軋制前的管坯準備	137
鋼管的軋制	140
冷軋機開動前的準備工作	140
在側面裝料的冷軋機上冷軋鋼管時的基本工作方法	141
Y3TM 80 毫米冷軋機機構的操作	148
端部裝料的冷軋機的主要操作工序	155
工具的冷卻	154
冷軋機的工作制度	156
冷軋鋼管時的廢品及其消除的方法	158
折疊	159
凹陷	161

过大的波紋·····	163
花    紋·····	165
鋼管內表面上的环形压痕·····	166
鋼管外表面的橫向刮伤·····	166
鋼管外表面上的龟裂和內表面上的凹孔·····	167
厚壁鋼管內表面上的細裂紋·····	168
鋼管在几何尺寸方面的廢品·····	170
壁厚不均·····	170
管壁厚度超出公差·····	175
鋼管的橢圓度·····	175
鋼質廢品·····	176
冷軋机工作中的故障及其消除方法·····	176
管坯的猛进·····	176
管坯对头切入·····	178
鋼管在变形区中的对头切入·····	180
鋼管端部破裂·····	180
軋槽的更換·····	181
冷軋机的調整·····	184
鋼管的切斷·····	189
冷軋机的生产率·····	190
側面裝料的冷軋机操作上的机械時間利用系数 $\eta_{T.C}$ 的确定·····	192
端部裝料冷軋机操作上的机械時間利用系数 $\eta_{T.C}$ 的确定·····	195
冷軋机生产率的提高·····	196
冷軋机的操作研究·····	196
冷軋鋼管尺寸的精确度·····	202
鋼管表面上波紋的形成·····	202
鋼管管壁的精确度和壁厚不均·····	207
冷軋鋼管直径的精确度和橢圓度·····	212
不帶心棒冷軋鋼管时管壁厚度的增加·····	213
冷軋对于鋼管机械性能的影响·····	216
<b>第五章 特种鋼管生产</b> ·····	219
冷軋不銹鋼管和热强鋼管·····	219
冷軋不銹鋼管和热强鋼管的特点·····	219

軋制前的管坯准备	221
用表面鍍銅的管坯冷軋不銹鋼管	226
冷軋滾動軸承用的鋼管	234
冷軋軸承鋼管用的軋槽孔型形狀的構成	238
冷軋軸承鋼管的工藝過程	242
錐形鋼管的軋制	243
錐形鋼管的軋制特點	243
計算軋制錐形鋼管所用工具的孔型的一個例子	245
管壁厚度變化的長鋼管的軋制	252
計算工具的尺寸	254
軋制	259
<b>第六章 軋管工具的製造工藝</b>	<b>264</b>
製造工具的坯料	264
軋管工具的機械加工	269
鑄制孔型	271
軋槽和心棒的热處理	281
工具的研磨	284
軋槽的研磨	284
軋槽孔型的研磨	289
心棒的研磨和拋光	304
靠模的計算	304
計算靠模輪廓尺寸的一個例子	309
工具的使用壽命	312
軋槽孔型的磨損	316
<b>第七章 生產組織</b>	<b>320</b>
冷拔和冷軋的配合	320
冷軋機的生产組織	321
冷軋機所用軋制工具的供應	325
修理工作的組織	325
鋼管冷軋機的安全操作規程	329
<b>參考文獻</b>	<b>331</b>

## 序 言

薄壁的無縫鋼管在苏联社会主义工業的各个部門中，特別是在飞机、仪器、汽車和拖拉机制造以及鍋爐制造等部門中，得到广泛的应用。

这种鋼管的生产技术水平在很大程度上决定着各个工業部門的發展和进一步成長，同时，新技术的發展和新的工艺过程的产生又預定着薄壁無縫鋼管生产工艺的不断改进。

除在数个斯大林五年計劃時間，鋼管产量迅速增長外，苏联的鋼管工業在最近十年內运用了新的高生产率的方法来生产合金鋼管和特殊鋼号的鋼管，其中冷軋鋼管的方法佔有显著的地位。

这种生产無縫鋼管的方法，在高質量的薄壁結構鋼管生产的迅速增長方面，特別是在掌握并大量生产不銹鋼管、热強鋼管、軸承鋼管 and 高压設備用鋼管方面起着决定性的影响，并且在苏联鋼管工厂的拔管車間里佔有巩固的地位。

在新設計和建立的車間里都采用了一种最先进和最有效的無縫鋼管生产方法——冷軋，作为生产合金鋼和特殊鋼号的薄壁小直徑（100 公厘以下）無縫鋼管的工艺的基础。

在苏联机器制造工厂里，鋼管冷軋机的構造年年都在改进，新式鋼管冷軋机的产量逐年增加。

苏联的鋼管工厂，由于广泛地开展了斯达汉諾夫运动，由于工人的劳动積極性以及工程师和工長——生产領導人員的高度熟練程度，在改进鋼管的冷軋过程，提高冷軋机生产率，改善鋼管質量和降低金屬消耗方面都取得了重大的成就。苏联工厂里的冷軋机的各项技术經濟指标都大大地超过了美国和瑞典实际生产指标。

在掌握鋼管冷軋機方面，蘇聯科學對於工廠有很大幫助，烏克蘭科學院通訊院士、技術科學博士 П.Т. 叶美里揚連柯教授，由於他在週期式冷軋鋼管過程所作的理論和試驗研究，使得我們能正確地解決冷軋工藝和工具的孔型設計方面的基本問題。

技術科學副博士 Я.Е. 奧薩得進一步研究了週期式冷軋鋼管過程，他在“薄壁無縫鋼管生產”一書中所發表的著作是在週期式冷軋鋼管基本理論問題方面很有價值的參考資料。

一個在技術科學博士 А.И. 采利柯夫教授指導下的科學工作者小組、一個最大的機器製造廠的設計師小組以及鋼管科學研究所的工作人員正在有成效地從事改進冷軋鋼管的過程和鋼管冷軋機的構造的研究工作。

本書詳盡地描述了包括蘇聯國產最新式冷軋機在內各種型式的鋼管冷軋機的構造，並分析了每一種冷軋機的優點和缺點。

書中闡述了鋼管冷軋機軋管工具的孔型設計原理和作者在這個問題上所作試驗的結果。

廣泛地介紹了蘇聯在冷軋炭素鋼管、合金鋼管和不銹鋼管以及特种鋼管工藝方面的先進經驗。

書中分析了提高冷軋機生產率的潛力，指出了獲得高質量鋼管的途徑，並引用了作者在這方面的研究結果。

書中詳細地闡述了軋管工具的製造工藝問題。

闡明了生產組織問題。

作者在本書材料的選擇上承蒙下列同志給了很大的幫助，如 И.В. 杜柏羅夫斯基、И.Ф. 里特維諾夫、М.Н. 包比欽科、М.И. 格林史普恩、А.Г. 里瓦依尼姆、Н.К. 叶羅霍夫、П.А. 比斯卡索夫、В.Н. 馬克拉柯夫等，並得到技術科學副博士 Я.Е. 奧薩得的寶貴指示，作者特此表示誠懇的謝意。



## 概 論

在最近十年以前，制造高級優質的小直徑薄壁鋼管的主要方法是冷拔，其特点为多循环性。

在制造鋼管的循环过程中，拔制本身只佔 25~32% 的时间，其余的时间均花費在輔助工序上（端部鍛縮、退火、矯直、酸洗等）。

在短心棒上冷拔（应用最广的一种方法）的一个循环中，原始管坯截面的減縮只能达到 25~30% 以下。如果估計到制造絕大多數無縫鋼管都需要 3~5 个循环，那么这种生产鋼管的方法显然是不經濟的。

实际上，为了实现拔管的輔助工序——端部鍛縮、退火、矯直、酸洗、鍍銅、干燥、塗油等，在車間里除主要設備之外还必须装备大量的輔助設備，而安裝这些設備就需要很大的面积。在实现輔助工序中还要消耗煤气、电能、酸和其他材料，并且需要很多的劳动力。最后，当冷拔时，大量的金屬以切头和氧化鉄皮的形式消耗掉。

鋼管冷軋机的出現是高級優質薄壁鋼管生产方面的进步。关于用周期式冷軋的新穎方法来生产薄壁鋼管的首批报导是在 1932 年發表的，而在 1937 年烏拉尔重型机器制造厂的第一批鋼管冷軋机被制造出来并且交付使用。

冷軋机的数量逐年增加，并且現在用这种方法生产鋼管在黑色冶金部和其他各部的工厂中已得到推广。

鋼管冷軋机的特点是在一个軋制循环中，当生产低炭鋼时可以減縮管坯截面 80~83%，而当生产合金鋼和不銹鋼时则可以減縮 72~75%。这是因为当周期式冷軋鋼管时創造了比冷

拔时更好的金屬塑性变形的条件。

采用冷軋的方法来生产高級優質鋼管与冷拔方法的區別在于显著地减少了主要和輔助工序的数目，大大地減小了金屬、燃料、电能和輔助材料的消耗，減短并改善了貨流等等。

有了冷軋机，就可能在短時間內掌握并組織特別难軋的不銹鋼管和热强鋼管，軸承鋼管以及高压設備所用之精确度高的厚壁鋼管的大量生产。

在冷軋机上可以得到直徑从12到148毫米、壁厚从0.4到15毫米、長度从3到25米的鋼管。但是由于工具制造的困难性和高的价值以及大量更換軋槽等原因，冷軋数量不大的任何一种規格的鋼管在經濟上并不总是合理的。

黑色冶金部的某些装备了鋼管冷軋机的工厂中的一些最大的拔管車間之工作經驗証明：在現代拔管生产的技术水平上，制造高級優質的薄壁鋼管系在冷軋和冷拔的方法相配合时最为有效。

根据某些工厂所采用的工艺过程，大多数壁厚在2.5毫米以上的炭素鋼管系用拔制的方法制造。管壁較薄的炭素鋼管和合金鋼管系用冷軋和冷拔的方法相配合进行生产，高合金鋼管、不銹鋼管和热强鋼管以及精确度高的厚壁鋼管照例是用冷軋的方法，并且在个别情况下，用冷軋和冷拔相配合进行制造。

当沒有足够数量的冷軋机时，就姑且把冷拔当作制造薄壁的炭素鋼管和部分合金鋼管的主要方法。

繼續增加冷軋机的数量，改进它的構造和冷軋鋼管的工艺过程，就一定会使冷軋的方法成为生产炭素鋼、合金鋼和不銹鋼的無縫薄壁鋼管的主要方法，而冷拔將具有輔助的性質。

## 第一章 冷軋鋼管的一般概念

### 鋼管冷軋機的工作原理

鋼管冷軋機是具有周期式工作制度的二輥式軋機，它的工作機架借助于曲柄連杆裝置進行往復運動。

裝設在機架承座中的工作軋輥，在軋制過程中借助于裝在輥頸上的齒輪作搖擺運動，在下軋輥最外面所裝的二個齒輪與固定在工作機架下面之機座的兩側壁上的齒條相咬合。

鋼管系用裝設在軋輥切口中之軋槽，在撐接于心棒杆上的固定的錐形心棒上進行軋制，軋槽沿其圓周具有變化的截面。軋制過程的簡圖示于圖1。

孔型的開始尺寸符合于管坯的外直徑，而其終了尺寸符合

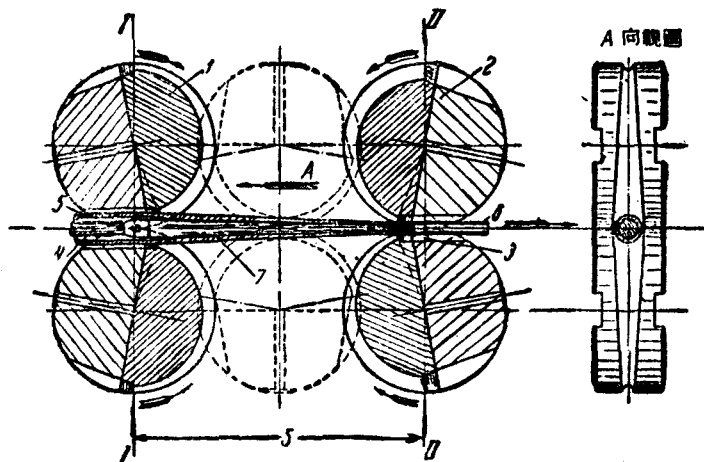


圖 1 周期式冷軋鋼管的簡圖

1—軋槽；2—軋輥；3—心棒；4—心棒杆；5—管坯；  
6—成品鋼管；7—工作圓錐

于成品鋼管的外直徑。

周期式冷軋機區別于軋管生產中有名的，用來生產熱軋鋼管的周期式軋管機的構造特點是：冷軋機的工作機架作往復運動，並且在其上進行鋼管軋制的錐形心棒固定不動。

此外，在周期式冷軋時，管坯全部被利用，這是有別于周期式熱軋的，在熱軋時管坯的一大部分（“皮爾格頭”）成了廢料。

當工作機架在開始位置（I-I，圖1）時，管坯借着專門的機構往軋制方向送進所謂“進量”的距離（3~18毫米），然後，在工作機架向前移動時進行管坯送進部分的直徑減小並且在由孔型軋槽和心棒所形成的、逐漸減小的環形縫隙間進行管壁的壓下。

在軋制過程中，管坯的後端被壓住並且不得在中心綫方向移動。

當工作機架在前面的極限位置（II-II，圖1）時，管坯與心棒一同迴轉60~90°，因此，當工作機架返回運動時，軋槽即可進行鋼管已軋制部分的精整以便使其具有要求尺寸的正确圓形，並且在心棒上進行管坯之變化截面的錐形部分（稱做工作圓錐）的均整，這樣結果，由於金屬向孔型側壁有某些流動，在工作圓錐中便產生其內表面與心棒的脫離，這樣在緊接的“送進”時就容易將管坯相對於固定不動的心棒向前移動。以後便重復上述作業。

在軋槽的始端和末端均有所謂“開口”（зѣб）的切槽，當送進和迴轉時（這兩個瞬間示於圖1中）由於有此開口便使管坯和鋼管不與軋槽相接觸。

當軋制時，管坯系按下列的方法進行變形。

工作機架在開始的位置時，由於管坯的送進，工作圓錐在

軋制方向移动一个距离  $S$  (圖 2, a), 此时, 等于管坯截面的工作圓錐截面  $I-I$  移动同一距离并且佔据  $I_1-I_1$  的位置, 工作圓錐的末端截面  $II-II$  移动同一距离  $s$  佔据  $II_1-II_1$  的位置。

在送进时, 工作圓錐的内表面与心棒表面离开并形成了一个間隙  $m$ , 因此在接着而来的工作圓錐錐壁的金屬变形之前, 直徑先减小到内表面与心棒相接触, 然后直徑与壁厚才同时进行压下。

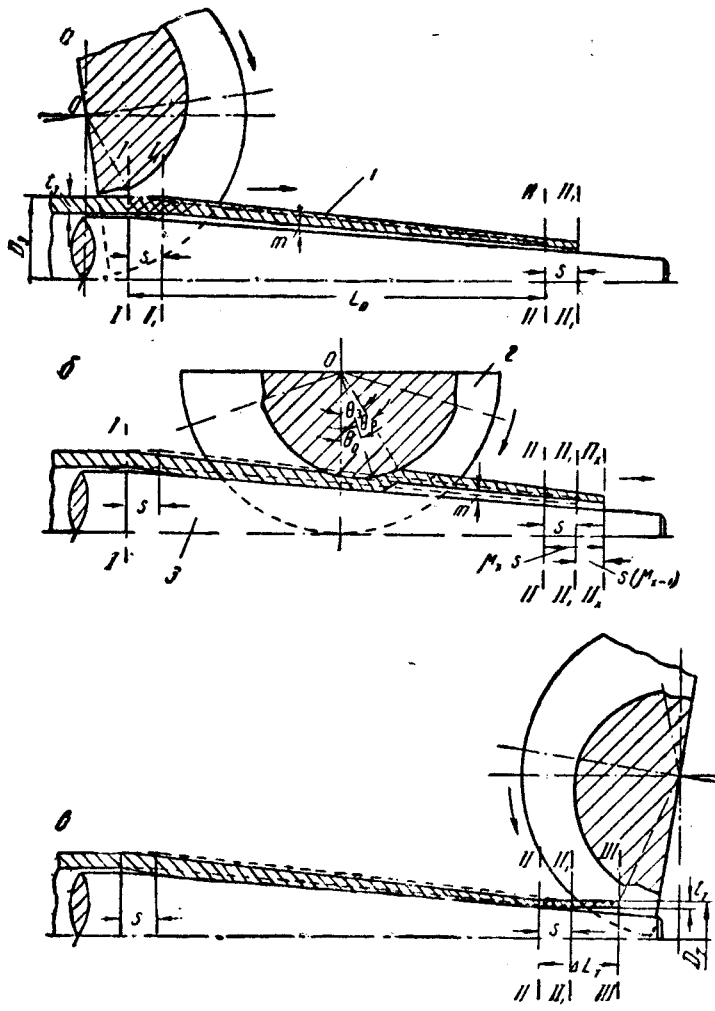
当工作机架向前移动时, 在其主要工作行程的时间里进行已送入軋槽中之一部分金屬的变形, 这部分金屬的体积称作“送进体积”, 等于管坯截面积与进量  $s$  的乘积。

随着机架向前移动和軋槽在金屬移动之相反方向的迴轉, 处于軋槽前面的一部分工作圓錐由于延伸而向前移动, 此时工作圓錐的末端截面  $II_1-II_1$  佔据过渡位置  $II_x-II_x$ , 相对于截面  $II-II$  移动一个等于  $\mu_x s$  的距离, 这里  $\mu_x$  为延伸系数的瞬时值, 而  $S$  为进量的大小。工作圓錐的末端截面当工作机架在过渡位置时, 相对于截面  $II_1-II_1$  移动一个等于  $s(\mu_x - 1)$  的距离。

从圖 2 中可以看出: 当工作机架向前移动时, 随着軋槽的軋制, 工作圓錐内表面与位于軋槽前面的心棒之間の間隙  $m$  不断地增大。

如上所述, 当軋槽迴轉时, 在工作圓錐錐壁压下之前先要减小直徑, 因此金屬在軋槽中的变形区便可以認為是由兩部分組成的 (圖 2.6), 即: 中心角  $\theta_p$  所構成的部分和中心角  $\theta_0$  所構成的部分; 在前一部分中工作圓錐的直徑减小到其内表面与心棒相接触 (壁厚不压下), 而在后一部分中工作圓錐的直徑和壁厚同时进行压下。

我們称角  $\theta_p$  为减徑角, 称角  $\theta_0$  为压下角。在机架的主要工作行程中, 角  $\theta_p$  和角  $\theta_0$  的大小是变化的, 形成了咬入角  $\theta_0$ 。



圖·2 冷軋鋼管時金屬變形簡圖

1—工作錐；2—軋槽；3—心棒

在机架的主要工作行程的末了 (圖 2, B), 成品鋼管之一部分的軋制完畢, 此即一个軋制周期。

送入軋槽之管坯部分的長度为  $S$ , 其体积

$$V_0 = \pi t_3 (D_3 - t_3) S,$$

被軋制成長度为  $\Delta L_T$  的一段鋼管, 其体积

$$V_T = V_0 = \pi t_T (D_T - t_T) \cdot \Delta L_T.$$

从体积的等式中不难确定在工作机架的往复行程中所軋制之部分鋼管的長度与管坯截面和进量大小之間的关系。这个关系可用公式表示,

$$\Delta L_T = \frac{\pi t_3 (D_3 - t_3) \cdot S}{\pi t_T (D_T - t_T)} = \mu_\Sigma S,$$

式中  $\mu_\Sigma$ ——总延伸系数, 由管坯截面积与所軋制之鋼管的截面积的比值来确定。

### 冷拔和冷軋鋼管过程的变形特点 和对金屬構造的影响

鋼管的拔制过程是將空心的管坯从一个由模孔 1 (圖 3) 内表面和心棒 2 外表面所形成的环形縫隙中拔出, 使管坯的直徑和壁厚减小。

拔制的实现是由于有效的水平拉力  $Q$  連續不断地作用在管坯上的結果, 并且按照異号主应力状态圖进行, 其中主拉应力  $\sigma_1$  是由拉力  $Q$  的作用而引起的, 而主压应力  $\sigma_2$  和  $\sigma_3$  是在模孔壁对金屬的正压力  $P_K$  的作用下产生的。

在拔制时有拉应力存在, 因而就难以充分利用金屬的塑性, 并促使金屬脆性破裂。

在拔制过程中, 由于模孔壁和心棒对金屬的正压力  $P_K$  和  $P_{H.C.}$  的作用, 在金屬流动方向的相反方向产生了摩擦力  $T_K$  和

$T_0$ ，并且为了克服摩擦力就要求增加拉力。

当以 25~30% 的变形程度在短心棒上拔制钢管的时候，由于克服摩擦力而损耗的拉力约为 60%<sup>[1]</sup>。

当变形达到了一定程度（对于在短心棒上的拔制，约为 35~40%）时，拉力为此增加，致使所拔制的钢管部分在这种拉力的作用下被拔断。

钢管的冷轧过程（圖 4）系由于軋槽的压力  $P_0$  和  $P_n$  周期性地作用在金屬上而实现的，軋槽具有截面变化的閉合的孔型（不考虑接近軋槽分离綫处的开口），并且金屬系按照近似不等的三向压缩主应力状态圖流动。

主压缩应力  $\sigma_1$  是由于軋槽的垂直压力  $P_n$  和  $P_0$  的作用而产生的，而主压缩应力  $\sigma_2$  和  $\sigma_3$  是由作用在工具和閉合孔型的接触面上的摩擦力引起的。

在冷轧的时候，主应力的作用方向是在阻碍結晶体間的滑移，而这种結晶体間的移动会破坏金屬的完整性，因此，冷轧时的塑性变形是由于結晶体內部的滑移而产生。这样，变形条件的改变就使得在冷轧时比在冷拔时能够更充分地利用金屬的塑性。

在每一个軋制周期（工作机架的一个往复行程）中，管坯的一小部分金屬进行周期性压下的这种軋制制度，使得在冷轧钢管的时候能够在不破坏金屬完整性的情况下得到大的变形。

圖 5 是金屬在軋槽变形区中的周期性压下的示意圖。

在送进的时候，进入軋槽孔型中的长度为  $S$  的一段环形截面的管坯，经过一定次数的周期性的压下（或延伸），并且由于随后送入孔型中的一部分金屬的影响而向前移动，截面逐渐地减小而长度增加，得到最終的截面尺寸，即得到了直径为  $D_r$ 、壁厚为  $t_r$  和长度为  $\Delta L_r$  的一段钢管，长度  $\Delta L_r$  等于总延



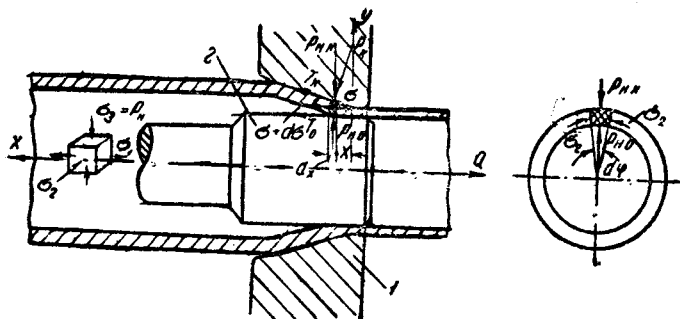


圖 3 在短心棒上冷拔鋼管時的變形狀態圖

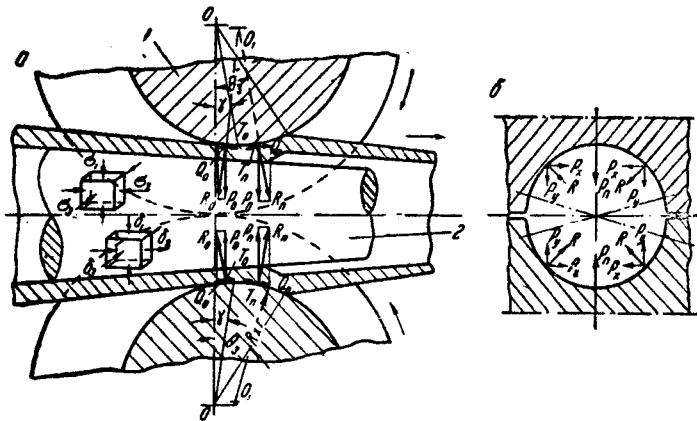


圖 4 冷軋鋼管時的變形狀態圖

a—孔型的縱向截面；b—孔型的橫向截面；1—軋槽；2—心棒

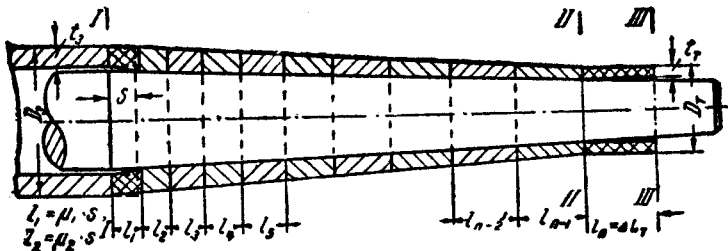


圖 5 金屬在軋槽變形區中的周期性壓下