

高 压 下 量 在初軋机上的应用

H. B. 李托夫欽柯 著

覃 圭 章 譯

冶金工業出版社

高压下量在初軋机上的应用

H. B. 李托夫欽柯 著

覃圭章 譯

徐君毅 校

冶金工業出版社

本書闡明在初軋機以及鋼坯和型鋼軋鋼機上在軋輥自然咬入金屬的條件下高壓下量的應用問題；研討向軋輥中強制送鋼的問題；指出在應用最大壓下量時軋鋼機自動化的可能性。

本書供冶金工廠的工程技術人員、高等冶金學校的學生閱讀。

Н.В.Дитовченко

Приложение Высших ОбжатиЙ На Блаунигах

Металлургиядат (Москва—1956)

高壓下量在初軋機上的應用

覃圭章 譯 徐君毅 校

編輯：叶建林 設計：趙香苓、周廣珍 責任校對：李麗英

1957年11月第一版 1957年11月北京第一次印刷 800冊

787×1092·1/32·53,000字·印張 $2\frac{18}{32}$ 插頁2·定價(10) 0.40元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0748

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

目 录

I. 緒言	4
II. 应用高压下量可能性的理論狀況	6
1. 極限压下量的理論	7
2. 各种因素对極限咬入条件的影响	10
III. 初軋机压下量的实际数值与軋軋孔型設計	18
1. 初軋机軋軋孔型設計的例題計算	19
2. 鋼坯軋軋机軋軋孔型設計的例題計算	23
IV. 軋制優質鋼时高压下量的应用	43
1. 茲拉托烏斯托夫斯克鋼鐵工厂初軋机压下規程的分析	44
2. 庫茲涅茨克鋼鐵公司初軋机压下規程的分析	49
V. 变形区內的剩余摩擦力	54
1. 剩余摩擦力的利用	57
2. 应用推挤裝置以利用剩余摩擦力	62
3. 利用剩余摩擦力工作的軋軋机	65
VI. 高压下量下金屬的变形条件	68
1. 从軋制时鋼錠的加工度驗算初軋机軋軋孔型設計	76
2. 按照最大压下量（極限咬入条件）决定初軋机 的軋軋直徑	77
参考文献	83

I. 緒 言

苏联共产党二十次代表大会決議規定了所有国民經济部門，首先是黑色冶金業，均將有巨大的發展。

所提出的任务可以靠强化生产过程或是使新的軋鋼机投入生产来完成。同时应当以本国的軋鋼生产和理論基础的最新成就为出發点。

缺乏能使軋鋼机生产率提高的最大可能的自动化和机械化，軋鋼生产最有利的工艺过程就不能被利用。

个别机械和整个軋鋼机自动化的实现条件，首先决定於最适宜的压下規程。

到現在有人想在最大可能的压下量和軋鋼机的自动化下进行全部过程，但是他們往往未考虑到軋鋼机工作和工艺过程进行的特点。

由於新的軋鋼生产能力大量的被利用起来及其进一步的發展，就必須与最新的理論狀況相适应地解决一切科学問題。

过去的实际經驗証明，个别軋鋼机依靠强化生产过程使生产率进一步增長的可能性，受到輔助設備或軋鋼机的結構特点的限制。

此外，解决軋鋼产品的質量問題曾拋开了軋鋼設備的基本参数，主要是未考虑原鋼坯的尺寸与軋鋼机架的軋輥直徑的比例关系。

对金屬的塑性性質考虑的还很不够，由此产生了一些不正确的阻碍生产發展的实际結論。

在現時由於本国的科学与实践在許多問題方面的努力，对黑色冶金，特别是对軋鋼生产的發展途徑已具有十分明晰的概念。

И.М.巴甫洛夫、А.И.采里柯夫、С.И.古布金和А.П.切克馬列夫以自己的著作对軋制、金屬的塑性性質及金屬在軋軋中的變形条件这几門学术作出了有价值的貢獻。

И. Я. 塔爾諾夫斯基的最近几篇著作，在許多方面發展並补充了早前由 А. Ф. 高洛文所提出的關於在軋制時金屬變形的基本論點。

Т.М.高魯別夫和П.А.阿列克山德羅夫的研究作品是很有意義的，他們以實驗的方法和從理論上証實了考慮軋件高度上變形完全滲透以設計軋鋼機的必要性，因這將促進金屬質量的提高。

本國科學關於金屬的塑性和變形時流動規律應用於實踐中的成就，在 В.С. 斯米爾諾夫和 Д.И. 斯達爾欽柯的著作中得到了發展。Б.П. 巴赫契諾夫和 М.М. 施捷爾諾夫的著作在軋制理論和金屬塑性理論的實際應用上是最有意義的，在他們的著作中探索出了在各種不同軋制条件下最适宜的金屬變形条件。外國的科學家 О. 愛米克和 К. 魯卡斯的著作也值得注意。

因此根據金屬在變形區內的應力狀態圖出發，金屬塑性變形與軋制的力學条件的現代科學狀況，乃是擬定軋制工藝過程以及設計新的軋鋼設備時的開端。

缺乏理論基礎知識，不僅不能設計新的軋鋼機，而且也不會使用現有的軋鋼機。因而軋鋼機生產率的進一步增長，必須以現代的金屬塑性變形的定理為基礎。

本書中包含屬於在軋軋自然咬入金屬的条件下最大压下量應用的理論基礎方面的材料，以及有關「超压下量」應用的可能性、軋鋼機的自動化、新型軋鋼機的設計的原理。

在書內與現代理論相適應地对現行压下圖表作出了分析和引述了压下規程的計算方法。

II. 应用高压下量可能性的理論狀況

在軋鋼生产上，基尔赫別格的「極限理論」統治了很長一段时期，按照这个理論，高度变形系数和延伸系数具有極限值。这就是說，軋件的延伸可能是任意的数值，但不大於2倍。基尔赫別格沒有引証任何足以証实所作的結論的正确性的科学論据。他的根据很可能是想避免产生某些表面缺陷（裂縫），这些缺陷与其說和应用高压下量有关，倒不如說和金屬的質量有关。基尔赫別格根本沒有考虑到在軋制时金屬变形的力学条件，所以他的結論是沒有任何根据的。

遺憾的是过去有些实践家和理論家，遵循了这种使軋鋼生产的發展蒙受巨大損失的理論。

俄国的科学家B.E.格魯姆-格尔瑞迈洛首先推翻了全部「極限理論」，他根据实验指出了基尔赫別格的論据是毫無根据的。他証明每一道次的延伸可能大於2，同时沒有使金屬的質量和咬入条件惡化。这在某种程度上改变了在軋制方面的理論家們的觀點。現在極限理論已被多次指出其毫無根据的苏联学者們和实践家們徹底地摒棄了。

不过在軋制優質鋼和高碳鋼时，甚至在本国的实践中也保持「謹慎的压下量」，特別是在前几个道次。由此也曾作出了不正确的理論上的結論，「謹慎的压下量」規程的選擇就以这个結論为基础。

近几年来，在本国的一些最大的工厂中关于軋制優質鋼鋼錠的很多次的实验及其他許多研究証明，决定絕對压下量的数值的不是金屬的質量及其化学成份，而是軋制的力学条件，其特点是

变形机构圖——主应力圖和主变形圖。

在变形机构圖对軋制时金屬塑性变形的影响的研究上, С.И. 古布金和 И.Я. 塔尔諾夫斯基作出了巨大的貢獻。Ю.М. 齐日柯夫也研究了高碳鋼和合金鋼的塑性。

目前对軋制高碳鋼和合金鋼时应用任意压下量的可能性, 不再發生任何疑义了。

在 1150 初軋机上所应用的压下規程圖表就可用来作为 証 据 (参看下文)。

1. 極限压下量的理論

在咬入时刻的作用力圖引於圖 1。如果鋼坯被水平力 Q 紧压于旋轉着的軋輥上, 則对一个軋輥來說, 由于軋輥对金屬的作用所产生的反力 P 等于

$$P = \frac{Q}{2 \sin \alpha}, \quad (1)$$

按照方程式求出摩擦力

$$T = P f = \frac{Q}{2 \sin \alpha} f. \quad (2)$$

鋼坯的咬入条件决定于水平投影 P_X (反力 P) 和 T_X (摩擦力 T) 的絕對值之比。

这两个投影力的等式即是自然咬入的極限条件

$$P_X = T_X, \quad (3)$$

式中

$$P_X = P \sin \alpha = \frac{Q}{2}, \quad (4)$$

$$T_X = T \cos \alpha = \frac{Q}{2 \tan \alpha} f. \quad (5)$$

使方程式 (4) 和 (5) 相等得

$$f = \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (6)$$

从方程式 (6) 可見，为了实现軋輥在最初的时刻可靠的自然咬入軋件，必須使摩擦系数多少要大于咬入角的正切，亦即

$$f \geq \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (7)$$

在自然咬入的極限条件下，最大压下量与摩擦系数和軋輥工作直徑的关系可以按照 B.E. 格魯姆-格尔瑞迈洛所提出的方程式来决定，此公式是以著名的咬入角、軋輥直徑和压下量的关系式作为依据的 (圖 2)：

$$\Delta h = D (1 - \cos \alpha) \quad (8)$$

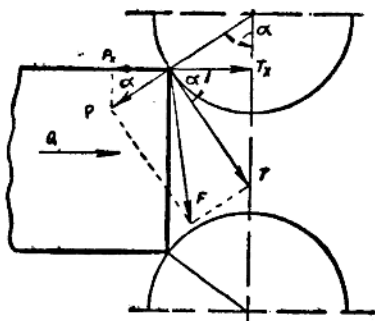


圖 1 在咬入時刻力的作用圖
(軋輥對軋件的作用)

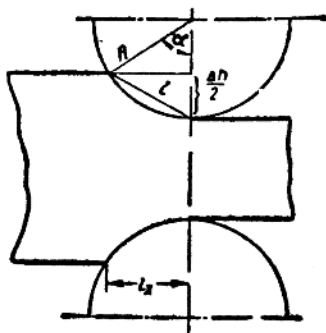


圖 2 變形區諸要素

在最大值時方程式具有如下的形式

$$L_{h_{\max}} = D (1 - \cos \alpha_{\max}) \quad (9)$$

代入

$$\cos \alpha_{\max} = \frac{\cos \alpha_{\text{зад}}}{\sqrt{\sin^2 \alpha_{\text{зад}} + \cos^2 \alpha_{\text{зад}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_{\text{зад}}}} \quad (10)$$

得
$$\Delta h_{\text{max}} = D \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha_{\text{max}}}} \right) \quad (11)$$

但是按照方程式 (6)，代入方程式 (11) 后具有最終形式

$$\Delta h_{\text{max}} = D \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}} \right), \quad (12)$$

式中 D ——軋輥工作直徑。

按照受克倫德方程式决定的摩擦系数，对于鋼軋輥为

$$f_{\text{ст}} = 1.05 - 0.0005t, \quad (13)$$

而对于鑄鉄軋輥为

$$f_{\text{чст}} = 0.3 (1.05 - 0.0005t), \quad (14)$$

式中 t ——軋件的溫度， $^{\circ}\text{C}$ 。

如果使方程式 (12) 中括弧內的项目等于系数 A ，则

$$\Delta h_{\text{max}} = AD. \quad (15)$$

系数 A 的数值决定于外摩擦系数的数值，按照公式 (13) 和 (14) 在热轧时的外摩擦系数仅与軋件的溫度有关。

按照公式 (15) 实际計算最大压下量所必需的系数 A 的数值列於表 10。

① 系数 A 也可以按照諾區尔提出的公式决定：

对于鋼軋輥为

$$A = 0.3 - 0.0175 \frac{t}{100};$$

对于鑄鉄軋輥为

$$A = (0.60 - 0.70) \left(0.3 - 0.0175 \frac{t}{100} \right),$$

式中 t ——軋件的溫度， $^{\circ}\text{C}$ 。

按照这些公式計算时，誤差不超过 $\pm 2\%$ 。

表 1

温度, °C	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250
系数 A	0.162	0.152	0.142	0.132	0.123	0.114	0.106	0.098	0.090	0.08

2. 各种因素对极限咬入条件的影响

咬入条件决定於方程式 (5) 的曳入力的数值

$$T_x = \frac{Q}{2 \operatorname{tg} \alpha} f_0$$

對於两个軋輥

$$2T_y = \frac{Qf}{t \alpha}.$$

方程式 (7) 乃是这个方程式的结果, 亦即軋輥可靠咬入件的一个不可缺少的条件

$$f \geq \operatorname{tg} \alpha.$$

分析这些方程式可以作出結論。

1. 在咬入时刻的摩擦系数与鋼坯对軋輥的压力愈大, 曳力就愈大, 因而咬入条件也愈可靠。

2. 在咬入时刻随若摩擦系数与鋼坯对軋輥的压力增加, 軋件在每一道次的最大压下量也随之增加。

3. 压下量愈大, 开始的曳入力就愈小; 極限咬入条件以方程式 (6) 表明。

4. 当 $\Delta h =$ 常数时, 随着軋輥直径的增大, 咬入条件也改善。如果压下量与速度的增加成正比例的变化, 並且是按照 D 来选取的, 則咬入条件並不能得到改善; 或是保持不变, 或是甚至

斤变坏。

上述情况应当加以补充解释，因为实际上每一种因素对咬入的影响比在公式（5）中所表示的形式更为复杂。

摩擦系数的影响

在所有供计算压下规程的公式中，摩擦系数对咬入条件的影响仅决定于轧辊的材料。这在爱克伦德公式（13）和（14）中得到了反映。

然而在已有的任何公式中，没有一个考虑表面氧化铁皮对咬入条件的影响的。如所周知，如果在头一道前将钢坯按其纵轴翻90°，则按氧化铁皮已脱落的一面咬入，就有更可靠的保证，与计算相符合，其实存在有氧化铁皮时就不能咬入。

经验证明，当在钢坯上存有在加热炉或均热炉中加热时所呈的氧化铁皮时，在极限咬入条件下的绝对压下量的数值一定要少5—10%。此时保证了轧辊在可靠的自然咬入钢坯的条件下有最大压下量。

因此在公式（12）和（13）中应加入一个0.95—0.90的修正系数，以保证所计算的压下规程具有可靠的咬入。这个情况主要是对轧钢机头两个道次或前两个机架的轧制而说的。对于以后道次或机架，对氧化铁皮影响的修正系数就不应加入，且在计时建议采用公式（12）和（15）。

至于说到在极限咬入条件下初轧机压下规程的计算，则上述点在此时也是正确的，然而这些论点几乎完全考虑的是在修时让道次数接近较大的奇数，亦即得到的不是最大的压下量 h_{max} ，而是某一平均的压下量 h_{cp} 。

因此在往后计算初轧机的压下规程中，我们将要应用没有修

正系数的公式中的一个公式（12 或 15）。

实际經驗証明，在鋼坯上存有氧化鉄皮及在軋鋼机头一个机架前沒有翻鋼机或鉄皮清除机与水压清除鉄皮机时，在第一和第二机架中不可能具有稳定的咬入規程，因为咬入条件变得很坏了。因此在設計新的軋鋼机时，在第一个机架前应当規定安裝翻鋼机或水压清除鉄皮机，以保証可靠地清除鋼坯表面的氧化鉄皮。或者在万不得已时，在鋼坯送入軋鋼机的第一机架前將鋼坯进行翻轉。

鋼坯进軋軋的送入力

鋼坯进軋軋的送入力或推入力 Q 在咬入初期起着重大的作用：第一，軋軋的曳入力 T_x 和送入力的值成比例地增加，第二，鋼坯的稜边被压掉，而这就引起軋軋的反力与摩擦力这两个作用力的位置重新分配。由此給摩擦曳入力 T_x 及絕對压下量数值的增加創造了有利的条件。

近来在人为地增加鋼坯在咬入时刻对軋軋的推入力的問題上，又增添了很大的意义。

曾經提出过各种不同的用以將鋼坯送入軋鋼机的机构和裝置。其中有一种引於圖 3。在这种裝置中，在軋鋼机架前的一个摆动花架上安裝有一个压力軋。压力軋对鋼坯的压力来自气压缸或水压缸。压力軋借一裝置在可动花架上的电动机的鏈帶傳动进行旋轉。

但是这些裝置以及闡述改善咬入条件的理論著作，都具有严重的缺点：它們沒有与具体的軋鋼机的軋制工艺过程联系起来，也沒有反映出極限压下量和「超压下量」与生产操作自动化之間的相互关系。

剖面 B-B

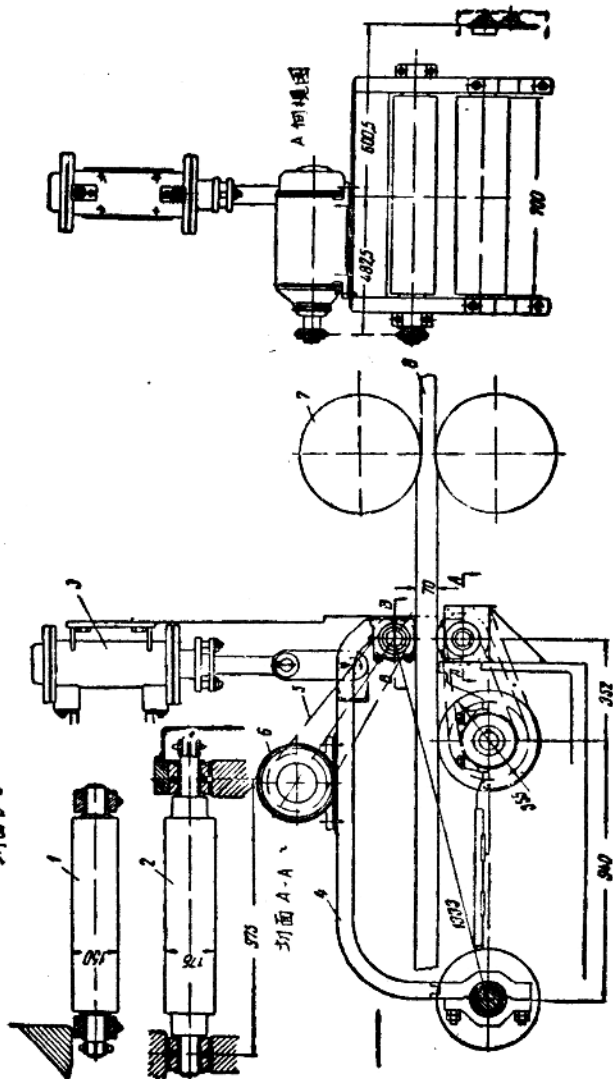


圖 3 鋼坯強制送入机架的裝置

1—上壓缸；2—下壓缸；3—氣缸；4—花架；5—鏈帶；6—電動機；7—軋鋼機軋輥；8—鋼坯

使用極限压下量与〔超压下量〕的軋鋼机的自动化是困难的，因为咬入稍一不稳定，即將不符合于所规定的节奏和以自动化为基础的出發原則。

因此为了提高軋鋼机自动化的效果，必須在提高軋件的压下量的条件下保証咬入的可靠性。

軋軋的圓周速度对咬入条件的影响

对这一具有重大意义的问题，研究得还很不够。为了提高現有軋鋼机的生产率而增加軋軋的速度，常常导致咬入不良或金屬根本不被軋軋咬入，除非另外采取其他的措施。

軋軋的圓周速度和咬入速度都影响摩擦系数：随着軋軋圓周速度的增加，摩擦系数的降低，咬入条件变坏，反之亦然。

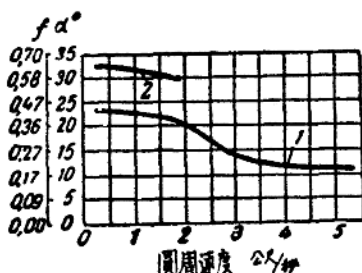


圖 4 摩擦系数与軋軋圓周速度的关系

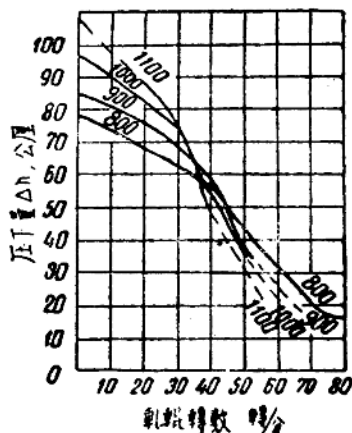
1—平面軋軋；2—帶割痕的軋軋
(泰费尔和施涅傑尔)

然而关于速度与摩擦系数之間的关系，仅仅只有兩篇著作提到过。第一篇著作——泰费尔和施涅傑尔——的結果用圖解表示在圖4中。

B. A. 嘉古諾夫得到的数据比較确实。他在初軋机上研究鋼錠咬入条件时發現，在圓周速度約为 1.5—2

公尺/秒时表示压下量与速度(在圖 5 中一軋軋的轉数)关系的曲線出現轉折点(圖 5)。此圖解是在軋制寬 650 公厘的鋼板的条件下繪制的。

圖 5 压下量与咬入速度及
軋輥工作直徑的关系。曲
線旁的数字表示軋輥直徑
(B.A. 嘉古諾夫)



允許咬入角与軋輥速度的关系列于表 2。

表 2

孔 型 种 类	当周速度, 公尺/秒时的咬入角 α , 度							
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
平面軋身.....	25.5	24.5	23.5	22.5	19.5	16	—	—
限制孔型.....	29	27.5	26	24.5	21	17	12	—
带刻痕的孔型.....	33	32	31	30	28	26	24	21

根据实验数据 B.A. 嘉古諾夫推荐了几个用来决定最大咬入角度数与軋輥速度关系的公式:

当 $v \leq 1.6$ 公尺/秒时

$$\alpha = 25.5 - 2v; \quad (16)$$

当 $v = 1.6 \sim 3.0$ 公尺/秒时

$$\alpha = 16 + 7(2.5 - v); \quad (17)$$

当

$v > 3$ 公尺/秒时

$\alpha = 12 = \text{常数}$ 。

B. A. 嘉古諾夫也研究了軋件寬度對咬入條件的影響。他用下式表示壓下量與軋件（鋼錠，板坯，鋼坯）寬度和軋制速度的關係：

$$\Delta h_s = h' - \left(\frac{B}{60} - 13 \right), \quad (13)$$

式中 Δh_s ——在一定的寬度條件下鋼錠或板坯的壓下量，公厘；

$\Delta h'$ ——由圖解中查得的壓下量（參看圖 5），公厘；

B ——鋼錠（初軋坯，板坯）的寬度，公厘。

這樣，按照引于圖 5 中的圖解和公式 (13) 可以決定出實現可靠咬入的最大允許軋制速度。

速度對咬入條件的影響可以用下面的例子來加以說明。為了力求利用軋鋼機設備的全部能力，曾經把某一 300 軋鋼機，特別是第一機架的孔型設計根據極限咬入條件作成。結果，鋼坯的咬入條件顯得不穩定，間隙時間往往與純軋時間相等，而在大多數情況下還遠遠超過了純軋時間，這就大大地降低了軋鋼機的生產率。

為了要想在鋼坯端緣壓陷的時刻改善咬入條件和減少間隙時間，將齒軋和軋軋的直徑從 350 公厘增至 400 公厘。有人推測，減小咬入角就能改善咬入條件。但事實並不這樣，因為此處還涉及其他因素——速度，即使減小咬入角也是枉然。

由於軋軋直徑的減小，圓周速度變為（當 $n = 57 \text{ 轉/分}$ ）：

$$v_{\text{стар}} = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{3.14 \times 350 \times 57}{60} = 1.045 \text{ 公尺/秒};$$

$$v_{\text{нов}} = \frac{\pi D_2 n}{60} = \frac{3.14 \times 400 \times 57}{60} = 1.194 \text{ 公尺/秒}。$$