

可逆式軋鋼机軋制规范

B. A. 恰古諾夫 著

艾方林 譯

冶金工業出版社

可逆式軋鋼機軋制規範

B.A. 恰古諾夫 著

艾方林 譯

冶金工業出版社

本書根据方坯初軋机和板坯初軋机的先进工作方法的分析，說明可逆式軋鋼机的最好軋制规范。在書中並且分析了苏联許多冶金工厂总结方坯初軋机先进工作經驗的例子。

本書可供車間的工程技術人員和工厂劳动組織科使用；此外對於學習冶金專業的学生也是有用的。

В. А. Тягунов

РЕЖИМЫ ПРОКАТКИ НА РЕВЕРСНЫХ СТАНАХ

Металлургиздат (Свердловск 1954 Москва)

可逆式軋鋼机軋制规范

艾方林 譯

1957年3月第一版 1957年3月北京第一次印刷 2,037册

850×1168·1/32·132,000字·印張 $5\frac{2}{32}$ ·定价(10) 0.90元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0551

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 录

序.....	5
本書所採用的符号.....	8
緒論.....	13

第一章 压下量规范

咬入条件.....	16
电动机的功率.....	19
工作軋輥的强度.....	27
金屬的質量.....	34
軋制方坯时的道数和压下量圖表.....	37
軋制板坯时的道数和压下量圖表.....	44

第二章 速度规范

在單机座軋鋼机上的軋制速度圖.....	48
有連續机座的可逆式軋鋼机的軋制圖表.....	55
板坯初軋机的速度圖.....	57
停歇時間与軋制時間的关系.....	61
可逆式軋鋼机的停歇時間.....	70

第三章 动力规范

当速度圖最有利 (I 型) 时, 軋制力矩 (M_v)	
与电动机力矩 (M_n 和 M_{max}) 的关系.....	82
定速軋制 (II 型速度圖) 时, 軋制力矩与电动机	
力矩的关系.....	90
定速軋制 (II 型) 与缺少定速阶段軋制 (I 型)	
的比較.....	96
採用混合的速度圖 (III 型) 时, 軋制力矩与电动机	
力矩的关系.....	98

第四章 軋制規範的理論計算方法

維諾格拉多夫法·····	106
福克斯法·····	110
札羅申斯基法·····	111
阿·阿·阿列克山德羅夫法·····	116
季申科法·····	119
作者的最初的方法·····	124

第五章 總結先進經驗的實際方法

KMK 方法·····	125
MMK 方法·····	135

第六章 可逆式軋鋼機最有利的工作規範的計算

計算方法·····	137
計算的實例·····	157
參考文獻·····	162

序

在执行苏联共产党第十九次代表大会关于更好的利用现有设备的能力的决议中，軋鋼車間的革新者們已得到了很大的成就。由於生产技术优秀、生产水平高，某些軋鋼机的生产能力已接近了技术上可能达到的最高生产能力。

各个先进軋鋼工作者在同一种軋鋼机上用不同方法都能达到高的指标，这証明了如果仔細研究各种好的工作方法、把它們加以总结而拟定最合理的工作规范，那末軋鋼机的生产能力是能够显著提高的。

可逆式軋鋼机的工作规范最为复杂；科学家和生产者最近对于这项工作的研究已日益注意。关于方坯初軋机，在乌克兰科学院切克馬列夫（А.П.Чекмарев）院士的领导下进行了很多研究工作；技术科学博士扎罗申斯基（М.Л.Зрошинский）、教授阿列克山德罗夫（А.А.Александров），技术科学副博士阿列克山德罗夫（П.А.Александров）等人也正研究着这个问题。

在先进工作方法的总结方面，下述工厂的工作者作了特别多的研究工作：在庫茲涅茨克冶金联合企业由工程师朱耶夫（Б.П.Зуев）领导，在下塔吉尔冶金工厂由工程师瓦尔华洛夫（В.Г.Варваров）领导，在查波罗什鋼厂由工程师齐尔林（Б.М.Цирлин）领导，在馬格尼托哥尔斯克冶金联合企业由劳动组织科的工作人员进行，还有其他工厂的工作人员。

在这方面，科学工作者和生产者的共同研究工作也扩大了。例如，在以彼特罗夫斯基命名的工厂中的方坯初軋机的研究工作，是在工程师斯特魯科夫（С.П.Струков）领导下的工厂工作组和在教授切克馬列夫博士和副教授薩菲揚（М.М.Сафьян）领导下的德涅伯罗彼得罗夫斯克大林冶金学院的工作组来共同进行的。

斯大林諾冶金工厂的方坯初軋机的研究工作，是工程师叶戈

里科夫 (П.И.Егорьков) 領導下的工厂工作人員和副教授甘青 (Л.Г.Канцен) 領導下的頓涅茨工學院的工作人員來共同進行的。

烏拉爾工學院在下塔吉爾冶金工厂 (工程師瓦爾華洛夫和副教授恰古諾夫) 和查波羅什鋼廠 (工程師齊爾林和副教授恰古諾夫) 也進行了這種研究工作。

關於方坯初軋機和板坯初軋機的先進工作方法已經有了很多總結材料，對這些材料進行分析的結果證明，總結經驗的方法有時候過於簡單和機械，也沒有足夠的理論基礎，因此所作的總結和結論未必是有足夠根據的，也未必是真實的。

在許多情況下，當總結軋鋼工作者的先進工作方法時，是將各個先進生產者在工作當中的最好的時間單元機械地相加，而對於這種相加的可能性缺少科學的分析，也不用計算的方法來校核這些時間單元。這種方法是不可避免的要得出不真實的結果的。這些建議是教條的，沒有考慮到每個軋道的軋制過程的具體因素；它們的真實性既沒有被理論所証實也沒有被實踐所証實。

總結可逆式軋鋼機的先進工作方法，必須顧及到操作過程中的每個因素都是與所有其它因素不可分割的，改變各個因素中的一個，就要影響到其它一系列因素的改變。

因而，為了總結出合理的軋制規範，必須預先研究操作過程中各個因素間的關係，並且要對於每個具體軋鋼機來確定在它工作中的主要參數間的數值上的關係。

例如，如果一個初軋機的操作工在某些軋道上達到了最小的軋制時間，而另一個操作工在這些軋道上卻有了最小的停歇時間，那麼借着將第一個工人的軋制時間與第二個工人的停歇時間簡單的相加來總結他們的工作方法是不可行的。在可逆式軋鋼機上的高速度的軋制要增加停歇時間，而達到小的停歇時間就不可避免地增加軋制時間。

因此，為了確定有總結性的軋制規範，只知道各個操作工的軋制時間和停歇時間還不夠，必須用研究和計算的方法求出它們

之間的适当关系，以保証最大的生产能力。这时所选择的每一个軋道参数，不論是压下量的大小、咬入速度还是最大軋制速度，都必須与鋼錠的咬入条件以及电动机和軋鋼机零件上的負荷相協調。

作者的目的是从理論上来分析可逆式軋鋼机的工作規範，分析先进工作方法的各種总结方法，說明它們的缺点，並提出比較完善的方法来总结先进經驗和拟定可逆式开坯机的最好的工作規範。

作者的全部結論都已为同下塔吉尔冶金工厂和查波罗什鋼厂的工作人員共同进行的研究工作所証实。

本書所採用的符号^①

变形物体的尺寸 (公厘)

- H ——軋制前的高度 (厚度)。
 h ——軋制以后的高度 (厚度)。
 h_i ——在水平軋輥內軋制以后的高度 (厚度)。
 h_e ——在立軋輥內軋制以后的高度 (厚度)。
 Δh (Δh_i , Δh_e)——絕對压下量。
 b (b_i , b_e)——軋制后軋件的寬度。
 Δb ——絕對寬展。
 L_1 (L_i , L_e)——軋制后的軋件長度。
 l_c ($l_{c,i}$; $l_{c,e}$)——变形段的長度。
 λ (λ_1 ; λ_2 ; $\lambda_3 \dots$)——軋道的延伸系数。

力及力矩

- P ——軋輥上的垂直压力, 吨。
 P_{don} ——軋輥强度所允許的压力, 吨。
 p ——总的單位压力, 公斤/公厘²。
 p_e ——單位压力 (不計外部摩擦力)。
 k_f ——計算外部摩擦的摩擦系数。
 M_D ——在兩個軋輥輥身上的力矩, 吨公尺。
 M_d ——在兩個軋輥輥頸上的力矩, 吨公尺。
 $M_{np} = M_D + M_d$ ——軋制力矩, 吨公尺。
 M_v ——軋制力矩 (計及軋鋼机的效率), 吨公尺。
 M_a ——軋輥加速时的动力力矩, 吨公尺。
 M_b ——軋輥減速时的动力力矩, 吨公尺。

① 下标 i 和 e 在所有情形下都分別表示水平軋輥和立軋輥。

M_x ——軋鋼機空轉的力矩，噸公尺。

M_n ——電動機的額定力矩，噸公尺。

M_{max} ——電動機的最大力矩，噸公尺。

$M_{\kappa\theta}$ ——電動機的力矩均方值，噸公尺。

$M_{\partial on}$ ——電動機所許可的力矩，噸公尺。

GD^2 ——軋鋼機的環動力矩，噸平方公尺。

$$\delta = \frac{GD^2}{375},$$

$$\alpha^2 = \frac{M_a}{M_n} \times \frac{M_b}{M_n}.$$

電動機發熱情況所允許的相對力矩（過荷係數）

$\lambda_{v.1}$ ——I型速度圖時（ $t_n=0$ ）。

$\lambda_{v.11}$ ——II型速度圖時（ $t_y=t_s=0$ ， $t_n \neq 0$ ）。

$\lambda_{n.11}$ ——同上，但 $t_x=t_n=t_n$ 。

$\lambda_{v.111}$ ——III型速度圖時（ $t_n \neq 0$ ； $t_y \neq 0$ ； $t_s \neq 0$ ）。

軋輥的速度（轉/分）

n_y ——鋼錠在本軋道內的進輥速度。

n'_y 和 n_{yy} ——鋼錠在下一軋道內的進輥速度。

n_s ——鋼錠在本軋道內的出輥速度。

n_n ——定速。

n_m ——最大速度。

n_a ——軋制開始時的速度（以加速度的上限值加速）。

n_b ——軋制終了時的速度（以加速度的上限值減速）。

n_{y1} ——鋼錠進入水平軋輥時的速度。

n_{y0} ——鋼錠進入立軋輥時的速度。

n_{s1} ——鋼錠自水平軋輥出輥時的速度。

n_{s0} ——鋼錠自立軋輥出輥時的速度。

n_{m2} ——水平軋輥的最大速度。

n_{m3} ——立軋輥的最大速度。

n'_{y3} ——立軋輥咬入鋼錠時，水平軋輥的轉數。

n'_{33} ——鋼錠自軋輥出軋時，水平軋輥的轉數。

n_x ——鋼錠的進軋和出軋的最有利的速度（根據週期最短的條件）。

簡略的符號：

$$\theta = -\frac{n_m}{n_H}; \quad \varphi = \frac{n_y}{n_m}; \quad \theta_p = -\frac{n_y}{n_H}; \quad \psi = \frac{n_y}{n_g};$$

$$\xi^2 = -\frac{1}{3} (\theta^2 + \theta + 1);$$

$$\xi_p^2 = -\frac{1}{3} (\theta_p^2 + \theta_p + 1) = -\frac{1}{3} \theta^2 (\varphi^2 + \frac{\varphi}{\theta} + \frac{1}{\theta^2});$$

$$\xi_y^2 = -\frac{1}{3} (\theta^2 + \theta\varphi + \theta\psi) = -\frac{1}{3} \theta^2 (\varphi^2 + \varphi + 1);$$

$$A = -\frac{1}{3} \theta^2 + \frac{2}{\theta};$$

$$B = -\frac{1}{3} \theta^2 (1 - \varphi^2)。$$

角加速度（轉/分-秒）

a ——軋輥起動時的加速度。

b ——軋輥減速時的加速度。

K ——平均的加速度

$$(K = \frac{2ab}{a+b});$$

$a_1; a_2 \dots K_1; K_2 \dots$ 本軋道的加速度（具有不同的數值）；

$a_{yca}; b_{yca}; K_{yca}$ ——本軋道內與加速度的上限值相對應的假定的加速度。

C ——用工作軋輥直徑表示的工作軋道加速度。

軋道的时间 (秒)

τ ——每个軋道的实际的週期。

τ_{ycA} ——每个軋道的假定的週期 (与加速度的上限值相比)。

t_M ——軋道的軋制時間。

t_p ——不帶鋼錠时軋輥的空轉加速時間。

t_o ——不帶鋼錠时軋輥的停止時間。

t_y ——帶有鋼錠时軋輥的加速時間。

t_s ——帶有鋼錠时軋輥的減速時間。

t_n ——定速時間。

t_x ——軋道間的停歇時間。

T_o ——鋼錠間的停歇時間 (最初的停歇時間)。

$t_{H.y}$ ——压下裝置的工作時間。

t_{pes} ——軋輥反向的時間 (不帶鋼錠)。

$t_{x.p}$ ——为工作軋道所决定的停歇時間。

T ——鋼錠的軋制週期。

迴轉軋輥的行程, 軋件及其各部分的長度

(以轉數表示)

N_1 ——軋制后的軋件長度 (与軋件的全長相对应的軋輥的行程)。

N_p, N_y, N_n, N_s, N_o ——与軋道的时间 t_p, t_y, t_n, t_s, t_o 相对应的軋輥的行程。

N_2 ——在加速度为上限值时所軋制的軋件長度 (軋輥的行程)。

N' ——連續机座間的距离。

N_1 ——計及机座間的距离时的軋件長度。

N_{11} ——在加速度为上限值时所軋制的軋件長度 (計及机座間的距离)。

N_{yca} ——当加速度为上限值时，在整个軌道週期內，假定的軋輥行程。

$N_{p.yca} = N_a$ ——在加速度为上限值时，假定的軋輥空轉加速的行程（不帶鋼錠）。

$N_{o.yca} = N_b$ ——在加速度为上限值时，假定的軋輥停止的行程（不帶鋼錠）。

緒 論

可逆式軋鋼機的軋制規範是由压下量規範、速度規範和動力規範組成的。

三个規範有着密切的相互联系。它們中間的一種規範有改变時，就要影响到其它的規範，並且表征着軋鋼機零件和主傳動裝置的負荷的動力規範是压下量規範和速度規範的函數，不能夠單獨改变。

在可逆式軋鋼機（方坯初軋機，板坯初軋機，鋼板軋機）的工作實踐中，對操作工只給定压下量規範（軋槽），雖然如此，压下量規範仍然可以根據每一操作工的工作方法來作一些改变。至於速度規範則完全由操作工支配，這是他們的工作方法的主要特征。

压下量和速度的每種配合都對應於電動機和軋鋼機零件的一定的動力規範。因此，這個配合應當不致引起電動機和軋鋼機零件的危險負荷。

在一定的電動機的特性下，压下量的增加能夠限制電動機的速度，使之不超過基本速度。相反的，超過基本速度時（當電動機的功率完全利用時）的工作要引起压下量的降低，因而也引起軋制道數的增加。

軋制道數的減少幾乎總是比軋制速度的提高更有效些，所以压下量規範是個決定因素，而速度規範應當在一定的压下量規範下最為有利。

然而，合理的压下量規範除去咬入條件以外，還要決定於電動機的功率和軋鋼機零件的強度（在鋼板軋機上），也就是說只有根據動力的計算才能決定。

在最少軋制道數決定以後，一般就有可能變動各道間压下量的分佈，並且應當利用這一點來改進速度規範。

以往的著作〔參考文獻 1;2〕已証明，軋道間必需的最小停

歇時間愈大，則這一停歇時間以後的軌道里鋼錠咬入速度的增加就愈有利。但是咬入的速度愈大，壓下量就愈小。由這裡得到結論，就是當按軌道分佈壓下量時，在大的停歇時間以後，壓下量的減小是比較有利的，而在小的停歇時間以後，應當相應的增加壓下量。

停歇時間和軋制時間彼此間也有着密切的關係。停歇時間的減少，一般要引起軋制時間的增加，反之亦然。

研究操作過程的主要項目間的相互關係，並考查它們之間的各种不同的配合，就可以求出促進軋鋼機生產能力提高的最有利的工作規範。

下面我們研究綜合解決有關可逆式軋鋼機的最有利的軋制規範問題的方法，這種方法不僅能說明和分析先進生產者的成就，而且也能指出提高軋鋼機生產能力的方法。

研究軋鋼機的生產能力時，我們應區別開實際上可能的生產能力和技術上可能的生產能力。

根據工作機組最好的時間測定數據所得到的生產能力是它的實際上可能的生產能力。

在軋鋼機的最有利的工作規範下，對於一定的機組和操作過程，根據軋制時間算出來的軋鋼機的生產能力是理論上或者技術上可能的生產能力。

實際上可能的生產能力，反映出在每一階段上對於機組技術的掌握程度，並且隨着技術的熟練而接近於技術上可能的生產能力。

技術上可能的生產能力是應該動員車間的全部人力和物力所力求達到的極限，也是據以分析和改進軋鋼機工作規範的準則。

因此，為了得到軋鋼機技術上可能的生產能力，應當計算軋鋼機的最有利的工作規範，這個最有利的工作規範只有在每個單獨軌道都最有利，並與前一軌道和後一軌道互相協調時才能得到。根據具體條件不同，前一軌道和後一軌道的最有利的工作規範可能是差別很大的，而需要對每個軌道進行個別計算。所以，

按照事先規定的、軋鋼機工作規範的逐漸變化，僅根據軋道的順序號數，而不顧每個具體軋道的特性；這樣來計算生產能力的方法是無法得出技術上可能的生產能力的〔參考文獻3；4；5；6〕。

當計算最有利的軋制規範時，應當首先從能得到最少軋制道數的合理的孔型設計出發，也就是確定压下量規範。這個压下量規範根據咬入條件、軋鋼機零件的強度和電動機的功率來確定。其次，應當確定，必需的最小停歇時間，這個停歇時間決定於軋鋼機各種機構（用來調整軋輥和將軋件送入軋輥——压下裝置，輥道和推床）的工作速度。考慮到電動機的轉數和功率，根據已知的压下量和停歇時間，分別計算每個軋道的最有利的速度規範。同時，為了改進速度規範，可以在各個軋道間重新分配压下量，但須為電動機的過負荷功率和軋鋼機零件強度所許可。

在計算軋制時間以後，對電動機發熱情況進行檢查。

如果電動機不能滿足根據發熱情況所提出的要求，就應當將軋道的最大速度減低至電動機的基本速度。如果電動機仍然不能滿足要求，在這種情況下應當增加兩個軋道並完全重新進行計算。人為的提高停歇時間來代替軋制道數的增加是不合理的。因為這將破壞軋制節奏並使生產能力有很大的降低。

在將要敘述最有利的軋制規範的計算方法時，必須指出，理論的計算規範對於操作工也是最方便的規範，因為這些規範是以軋鋼機機構的工作協調為基礎的。

可逆式軋鋼機的先進工作方法的分析證明，軋鋼機的操作工愈有經驗，對於軋鋼機的機構研究和掌握得愈好，他的生產能力就愈高，他的工作規範就愈接近於理論上的最有利的規範，而軋鋼機的生產能力也就愈接近於技術上可能的生產能力。

第一章 压下量规范

我們知道，在軋鋼的時候，每道的压下量愈大，軋制的道數就愈少，從而軋鋼機的生产能力也就愈高。

但是压下量的大小，是受一系列因素限制的，並且根据每軋一道的具体情况不同，压下量也具有一定的最大值，超过这个最大值，就会产生不良的后果（軋輥沿軋件滑动，电动机自动停止，軋輥或軋鋼机上其它零件折断）。

决定最大許用压下量的基本因素有：軋輥咬入鋼錠的条件，电动机的功率，工作軋輥及軋鋼机上其它零件的强度。除此而外，有时还有相对变形量的大小，因为变形达到一定程度时，根据金屬的質量和它的塑性，軋制金屬就会破坏〔参考文献7〕。

下面就来研究限制压下量的几种因素。

咬入条件

在可逆式的軋鋼机上，軋輥在速度低的时候也能咬入鋼錠，所以咬入条件很少限制压下量的大小。但在許多場合下，当由於翻鋼或压下裝置速度低等原因引起長時間的停歇时，为了提高生产能力，最好是利用这一停歇時間，使軋輥加速至比較高的咬入速度。通常这种速度又受到咬入条件的限制。

为了說明軋制速度對於咬入条件的影响，作者曾在車間里观察过几台可逆式的軋鋼機的咬入条件。实验的方法是这样的：在压下量保持不变的情况下，在一定的軋道內軋制几塊鋼錠，軋制速度一塊比一塊高（每次增加5轉/分，以速度表計），直至增高到軋輥上發生滑动为止（这时在軋鋼机上有冲击現象）。

之后，为了校核良好的咬入条件，又重复用上述速度軋制，但將压下量改为下道軋的压下量。压下量由40公厘增至100公厘。

观察結果指出了在什么样的速度与压下量下可以保証良好的