

高等学校教学用书

孔型设计

下 册

Б.П. 巴赫契諾夫 M.M. 史捷尔諾夫著

姚 由、洪 桥译



中国工业出版社

下 册 目 录

第四篇 簡單斷面孔型設計

第十九章 初軋机孔型設計	1
1. 鋼錠尺寸和形状的选择	1
2. 压下量的选择	3
3. 各道压下量的分配	5
4. 寬展和翻鋼	8
5. 計算初軋机压下規程的順序	9
6. 孔型在軋軋上的配置	11
7. 孔型形状和尺寸	14
8. 多机座式初軋机孔型設計特点	18
9. 1150初軋机軋軋	19
第二十章 方鋼孔型設計	31
1. 获得方断面的方	31
2. 成品方形	32
3. 成品前菱形和方形	33
4. 用两个中間菱形的方鋼孔型設計計算例題	38
5. 用一个中間菱形的方鋼孔型設計計算例題	42
第二十一章 圓鋼孔型設計	45
1. 圓鋼的軋制方法	45
2. 成品圓形	49
3. 成品前橢圓形和方形	52
4. 按第一种方法軋制時橢圓和方孔型的計算	54
5. 按第二种方法軋制時橢圓和方孔型的計算	61
6. 第三种孔型設計方法	66
7. 其它圓鋼孔型設計方法的簡介	68
8. 按第一种方法的圓鋼孔型設計計算例題	72

9. 按第二种方法的圓鋼孔型設計計算例題	74
10. 螺紋鋼(周期断面)孔型設計	81
11. 計算螺紋鋼孔型設計的例題	83
第二十二章 六角鋼孔型設計	86
1. 軋制六角鋼的方法	86
2. 成品和成品前孔型的構造	87
3. 軋制六角鋼的孔型的計算步驟	88
4. 六角鋼孔型設計計算例題	89
第二十三章 扁鋼孔型設計	92
1. 扁鋼的品種	92
2. 扁鋼的軋制方法	93
3. 立軋孔型	101
4. “擴展”孔型	102
5. 變形系數	104
6. 扁鋼孔型設計計算步驟	106
7. 在間斷式軋机上軋制扁鋼的孔型設計計算例題	107
8. 在半連續式軋机上軋制扁鋼的孔型設計計算例題	113
9. 在連續式軋机上軋制扁鋼的孔型設計計算例題	115
10. 帶槽彈簧扁鋼孔型設計	118

第五篇 角鋼和 Z 字鋼孔型設計

第二十四章 角鋼孔型設計	121
1. 角鋼孔型設計方法	121
2. 成品孔型	128
3. 假想成品孔的計算	132
4. 其余各孔型的尺寸計算和設計	138
5. 變型系數	144
6. 断面厚度改變時孔型尺寸的改變	146
7. 閉口孔型中軋制等边角鋼的孔型設計計算例題	149
8. 閉口孔型中軋制不等边角鋼的孔型設計計算例題	156
9. 自由寬展開口孔型中軋制等边角鋼的孔型設計計算例題	167
第二十五章 Z 字鋼孔型設計	172

1. Z字鋼孔型設計的基本原則	172
2. 孔型尺寸的計算	175
3. Z字鋼孔型的作圖順序	179
4. Z字鋼孔型設計計算例題	181

第六篇 異型斷面孔型設計

第二十六章 工字鋼孔型設計

1. 一般概念	190
2. 孔型開口腿和閉口腿中的變形過程	192
3. 工字鋼的軋制方法	200
4. 斷面各部分的劃分及其尺寸符號	204
5. 斷面各部分的不均勻變形對腿高拉縮和增長量的影響	205
6. 腿高的拉縮和增長量與孔型中速度差的关系	210
7. 平衡條件下腿部軸綫的移動	215
8. 未知腿尺寸的確定	217
9. 寬展	220
10. 圓角半徑	224
11. 軋制工字鋼的變形係數	225
12. 總變形係數	227
13. 三輓式軋鋼機上軋制工字鋼的孔型設計的特點	229
14. 切入孔型	233
15. 孔型最終尺寸的確定(尺寸的校正)	241
16. 薄壁工字鋼孔型設計	244
17. 非共軋孔型中軋制工字鋼的孔型設計計算例題	252
18. 採用共軋孔型的工字鋼孔型設計例題	286

第二十七章 槽鋼孔型設計

1. 一般概念	314
2. 槽鋼孔型設計方法	314
3. 控制孔型	319
4. 變形係數	322
5. 假腿	327
6. 寬展和軋件通過孔型的條件	328

7. 槽鋼孔型的計算方式	330
8. 槽鋼孔型設計計算例題	333
第二十八章 T字鋼孔型設計	354
1. 一般概念	354
2. 閉口孔型中T字鋼的軋制	355
3. 自由寬展開口孔型中T字鋼的軋制	357
第二十九章 鋼軌孔型設計	363
1. 一般概念	363
2. 鋼軌的標準軋制系統	366
3. 成品軌形孔型	372
4. 軌形孔无(平孔型)	373
5. 立軋孔型的類型	374
6. 設計立軋孔型的基本原則	376
7. 變形系數	378
8. 帶槽鋼軌孔型設計	379
9. 50公斤/米鐵路鋼軌孔型設計計算例題	380
10. 8公斤/米窄軌鐵路鋼軌孔型設計計算例題	411
第三十章 不對稱複雜斷面孔型設計	423
1. 一般概念	423
2. 汽車輪輞孔型設計	424
3. 鐵路鋼軌用墊板的孔型設計	429
4. 鐵路鋼軌用魚尾板的孔型設計	433
5. 窗框鋼孔型設計	434
6. 汽車輪盤擋圈孔型設計	434
7. 板桩的軋制	438
結束語	443
參考文獻	446

第四篇

简单断面孔型設計

第十九章

初軋机孔型設計

1. 鋼錠尺寸和形状的选择

在初軋机上鋼錠的壓縮一般是按扁一方系統，首先在平軋身上，然后在箱形孔型中进行。但是初軋机的孔型設計有某些特点，因此应予以专门的研究。

下面引述的材料主要是二軋式初軋机的，因为三軋式初軋机，由于其本身所固有的缺点，未获得普遍应用且逐渐失去其意义^①。

有关初軋机工作的問題，其中包括有初軋机孔型設計，在苏联学者(A. И. 柴里可夫，M. Л. 扎罗申斯基，A. A. 阿历克山德罗夫，A. B. 伊斯托明等人)的著作中已经得到充分和全面的闡明。因此，下面仅研究关于孔型設計和压下量分配的基本原则。

当鋼錠的断面和高度比例一定时，初軋机的生产率随鋼錠的单重而改变。图253表示初軋机生产率与鋼錠重量的关系曲线。

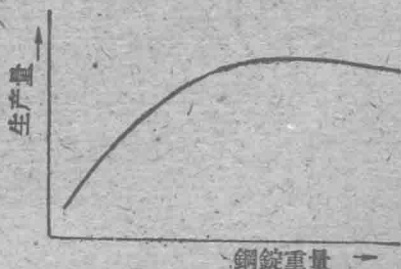


图 253 初軋机生产率与鋼錠重量的关系

① A. A. 阿历克山德罗夫，初軋机及板坯机，苏联冶金工业出版社，1949年。

这个曲线有一最大值，与此最大值相对应的是在合适的鋼錠单重下的軋机最大生产率。这个最大值的位置决定于一系列的因素，首先决定于軋輥直径和电动机功率。

在已經确定的为获得供軋輥直径为 1100—1200 毫米的初軋机所用的鋼錠的工艺中，最合适的鋼錠单重波动于 6—8 吨的范围内，而对于直径为 850—950 毫米的初軋机来说，在 3—5 吨范围内。

有时在軋制小断面初軋坯时，由于軋件太长而操作不便，鋼錠单重必須加以限制。不希望采用单重太大的鋼錠，还因为由于鋼錠横断面尺寸的增加，使得在最初几道中变形深透的深度减小，因而出现内应力并会引起完整性的破坏。

增加鋼錠高度（保持断面不变）来增大鋼錠单重能提高生产率，但其增加不显著，因为此时純軋時間(t_M)增长。在此种情况下生产率的增加 ΔP 可以近似地用下述方程式計算：

$$\Delta P\% = \frac{t_M}{t_M + t_H} \cdot \Delta G\%,$$

式中 ΔG ——鋼錠重量的增加，%；

t_H ——間隙時間。

在現代化操作方法和設備条件下， $\frac{t_M}{t_M + t_H}$ 波动于 0.5 左右，因而增大鋼錠单重时初軋机生产率的增长大致也是这一部分（百分数）。

增大初軋坯終了断面对于初軋机生产率的提高有不可比拟的巨大影响。在保持初軋坯終了断面不变的条件下增大鋼錠的单重而造成的初軋机生产率的提高，要比保持鋼錠单重不变而增大初軋坯終了断面慢得多。这一情况引起在初軋机上軋制可能最大断面的产品的企图，此时应考虑在成品軋机和鋼坯軋机上軋制这种初軋坯的可能性。

在初軋机上軋制鋼錠，一般是以奇数道数进行。因此，当軋制

方断面的初轧坯时为了保证在厚度和宽度上的压下量相同，最好采用矩形断面的钢锭，其较长的一边应比较短的一边大一平均压下量。在这种情况下，每奇数道次后轧件将为方形断面（图 254）。同样的原因，矩形断面的初轧坯最好用方形断面的钢锭来轧（图 255）。不遵守这些规则就必须人为的减小钢锭某一边上的压下量。



图 254 由矩形断面获得方断面初轧坯的顺序

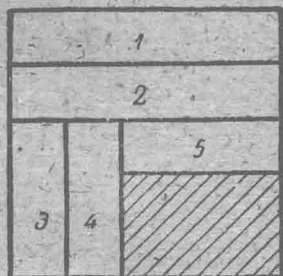


图 255 由方断面钢锭获得矩形断面初轧坯的顺序

2. 压下量的选择

选择压下量和正确分配各道压下量的问题，对于保证初轧机最大生产率和良好的钢坯质量具有头等重要意义。

轧制时的变形量一般用延伸系数 μ 或高度上的变形系数 η 来表示。然而在初轧机上轧制时，这两个变形标准很少反映断面上发生的真实变化，因而不足以表示。其原因是轧件和轧辊尺寸的比例不正常（尤其是最初几道），以及初轧机全部的工作性质和压下量的考虑。这道或那道所采用的绝对压下量数值能给出初轧机操作的完全的概念，以后的讨论以绝对压下量为基础。

最大压下量的选择

轧制时的压下量照例是决定于轧入条件、金属塑性、轧辊与轧钢机零件强度和主电机功率（参看第九章）。

在初軋機軋制方面,可以指出以下的附加情况,在选择压下制度时应予考虑。

1. 在送入軋件时軋輥綫速度不大和应用刻痕可以用非常大的軋入角,达到 27° — 29° ,在文献中有以 32° 甚至 34° 的軋入角进行軋制的指示。上述軋入角相当于摩擦系数为 0.5 — 0.67 。当然,这样大的軋入角主要是由于采用有刻痕的孔型才达到的,因为一般來說,根据公式(181)計算的軟鋼的摩擦系数不超过 0.45 — 0.5 。应当指出,鋼錠或軋件可靠的送入孔型对于获得初軋机高的生产率具有重要意义,因此有时甚至在所采用的压下量小于按公式

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

計算出的压下量的情况下,也做刻痕。

在有自动压下装置的初軋机上,軋件的軋入不可靠有极坏的影响,因为每一次由于軋入不良而造成的延誤,将导致节奏的损失和改变为手工操作。

2. 与多数情况下采用已經事先压制过的坯料的型鋼軋机不同,初軋机总是用鋼錠軋制。众所周知,鑄态金属比已經过压力加工的金属的塑性要低,这是因为鑄态金属的晶粒尺寸大和具有特殊结构的緣故。硬鋼鋼錠中这个差別特別显著,硬鋼鋼錠具有較大的晶粒,因而特別容易生成裂紋。

鑄态金属的低塑性,使得在压缩鋼錠时出現各种缺陷(裂紋、髮裂),所使用的压下量愈大,則缺陷的数量越多。因此,对于某些鋼号的鋼,尤其是合金鋼和高碳鋼,必須选用小于軋件的軋入、零件強度和电动机功率等条件所允許的压下量,結果使生产率降低。軋制这些鋼的鋼錠时,压下量的下降达 10 — 20% 。

这样,开坯軋机的生产率有时受到鋼坯或初軋坯精整(去疵)損耗增长的限制。在不同的工厂中由于条件不同,鋼錠的质量和鋼坯精整的可能性是不同的,因此指出压下量界限的任何的一般指示是非常困难的。孔型設計者必須在金属精整損耗的增长和初

軋机生产率下降之間寻求合理的解决。

近年来,在我国工厂中由于經常地改善鋼錠質量和不断的改善去除缺陷的工艺和方法,已經能够大大提高初軋机所采用的压下量。毫無疑問,这个过程要一直繼續下去。

在初軋机上軋制时金属的温度下降得較慢,一般不限制在軋制的开始和終了采用大压下量。

至于初軋机电动机功率的合理利用,則可以指出两种工作方法。第一种方法为增加軋制速度,此时采用中等的压下量(1150初軋机約 60—80 毫米)。此种情况下由于純軋時間縮短使生产率增长。此种工作方法所采用的不为过分的压下量,保証在任何道次都能可靠的軋入軋件。

另一种工作方法为降低軋輥轉数,尽量提高压下量。在此种情况下生产率的增长是依靠减少道数来达到的。为了保証大压下量,爭取用尽可能大的軋輥工作直径,同时采用最大的軋入角,这样时常在送入鋼錠时造成困难。大的工作直径能保証变形較好的透入鋼錠內部(增加軋輥的“鍛造能力”),这对所軋制的初軋坯的質量有利。然而在变形区增大的同时,金属对軋輥的总压力和单位压力也增加,使得軋輥磨損較快并使电能消耗增加。

最后应当指出,根据每一工厂的特殊条件,最大压下量的最合适的数值会是不同的。甚至在同一工厂的条件下,这一数值一般也不是不变的。孔型設計者应迅速地感应到所有与鋼和鋼錠質量改变有关的变化和工艺的改变,并提出必要的修正。

3. 各道压下量的分配

分析現有初軋机的工作指出,由于这些軋机的工作条件不同,逐道压下量的分配具有相当大的差异。

原則上逐道压下的正确分配,应当反映在該軋机上軋制鋼錠时限制压下量的这个或那个因素的变化优势。

我們將研究在軋制鋼錠的整个过程中,只有一个因素限制压

下量的情况。例如,压下量只受轧入条件的限制,则当忽略工作直径和摩擦系数的改变(这些改变一般是很小的)时,可以认为所有道次的压下量应当大致相同,或者是接近轧制末尾时由于摩擦系数稍有增大(图256,第一方案)而稍稍增大一些。这种方案的最大和平均压下量相同:

$$\Delta h_{\max} \approx \Delta h_{\text{ap.}}$$

当在整个轧制过程中压下量受电动机功率限制时,压下量的分配为另一种方式(图256,第二方案)。此时,在所有道次等功率消耗的条件下,随着轧件宽度的减小,压下量可以增加。因而在轧制的末尾压下量将为最大值。必须指出,压下量的增加要比宽度的减小慢些,因为最后几道的轧制速度增高了。

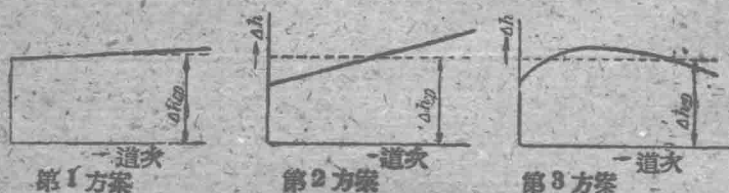


图256 当 Δh 的大小只受某一个因素限制的情况下,逐道压下量的分配

图256第三方案为压下量仅受金属的塑性限制时,各道压下量的大致分配。在开始阶段由于金属的铸态组织,压下量小。当这种组织细碎以后,压下量增大,至轧制末尾时由于轧件尺寸的减小和部分的由于轧制温度下降的原因,压下量重又稍许减小。

时常工作条件是这样的,即在钢锭轧制的不同阶段压下量受不同因素的限制。例如,在最初几道金属的塑性或电动机功率经常限制压下量,而在最后几道则是轧入条件限制压下量。在某些情况下,逐道压下量分配的曲线如图257所示(第四方案)。

下一个,第五方案反映在轧制的开始和末尾压下量受塑性的限制,而在轧制的中间阶段受轧件的轧入条件的限制。这个方案

基本上与第三方案相当,不同的只是塑性所允许的最大压下量,由于轧辊的轧入能力不够而不能实现。

最后,最末一个,第六方案适合于下述条件:压下量受轧入条件的限制,而只是在轧制的末尾受轧件尺寸减小和部分的受轧制温度下降的限制。

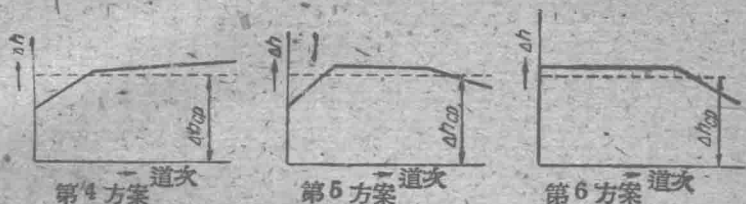


图 257 当在轧制过程中 Δh 的大小受不同因素限制的情况下,逐道压下量的分配

在某些孔型设计书中,绘出图 258 (第七方案) 的压下量分配作为逐道分配压下量的例子,甚至推荐用这种方式。此时由轧制开始至轧制终了压下量下降,是因为轧制速度增大而必须减小轧入角。毫无疑问,没有应有的理由而采用这种方式,只会造成初轧机生产率的无意义的降低。由于最后几道轧制速度提高而使轧入条件恶化的借口是毫无根据的。操纵工一般都是在轧辊速度不大时往轧辊中送入轧件,只是在轧制过程中线速度增大到最大值。最后几道的轧入条件甚至比最初几道好些,因为摩擦系数随温度的降低而升高,此外,由于与轧辊的接触面积较小,轧件前端的压

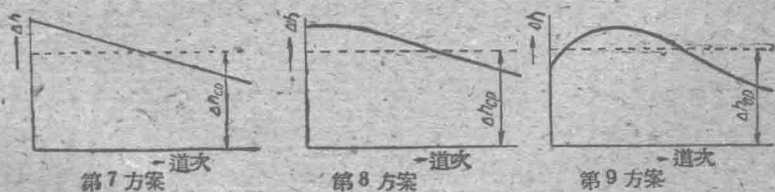


图 258 逐道压下量不合理分配的例子

图 259 轧制板坯时逐道压下量分配图解

扁作用剧烈发展。

轧制板坯时，压下量的大小一般受轧辊强度或电动机功率的限制。轧制板坯的两种代表性的逐道（不考虑立轧道次）分配压下量的方案（第八和九方案）见图 259。这两个方案相互之间的区别为，第九方案的最初几道由于金属的塑性小而采用较低的压下量。

实际上一般先根据条件相同的其它工厂的工作经验，制定压下规程的草案。以后，由于系统的研究操作过程和进行修正而逐渐地得到能保证高生产率和优质初轧坯的最合适的逐道压下量分配。为使操作方便，把具有相同塑性的钢编成组，给每一组编制各自的压下制度。

4. 宽展和翻钢

实践证明，当轧制钢锭时最初几道的宽展几乎是沒有的，因为轧件的断面比压下量大得太多，此外，在这些道次中产生金属的緻密化。

以后，随着相对压下量的增加，宽展迅速增长，在最后几道达到相当大的数值。

如果仅从决定中间断面尺寸的需要出发，则精确计算宽展是沒有意义的，因为在翻钢以后轧件宽度上稍过或不足（与计算比較）可以由于稍許改变压下量而自动地消除掉。然而为了正确的构制孔型的側壁斜度，宽展值应較精确地加以确定。当在一个孔型中轧几道时所得到的总宽展值有特殊重要意义。

正确分配已拟定的压下规程的翻钢，对于轧钢机的生产率和金属质量具有重要意义。轧件在送入孔型之前翻钢占用附加的时间，因此仅从提高轧钢机生产率的企图出发，则翻钢应尽可能地少采用。另一方面，优质初轧坯的获得，相反地却要求尽可能經常的翻钢（理想的情况是每道之后进行），因为在一个方向上不断的压下，增加自由宽展，使得初轧坯的缺陷增多。

M. Л. 扎罗申斯基关于这点写道：“由于金属向接触表面的

大量变换和形成鼓状所造成的宽展的剧烈发展，是造成裂纹的原因，在开坯机——初轧机和板坯机——上轧制钢锭时特别严重。”

在某一工厂中进行的研究证明了，由经过两道一翻钢转变为经过四道一翻钢而造成的需经清理的裂纹数目增加6—9%。

在初轧机上轧制普通钢时，下列压轧钢锭时的翻钢顺序获得最广泛的应用：

a) 第一次翻钢——在头两道之后^①；

б) 以后的翻钢——在偶数道后进行，应考虑使轧件的宽度和厚度之比在平辊身上轧制时不超过1.3，而在孔型中轧制时不超过1.7^②；

в) 最后一次翻钢——在最后一道之前。

上述顺序仅可供制订压下规程草案时之用。各道附加的原因时常迫使不能使用这种方案。

当轧制优质钢和硬钢时，一般在每两道之后进行翻钢，不管轧件的边长如何^③。

5. 计算初轧机压下规程的顺序

上面已经指出过，在初轧机上轧制时最合适的压下规程一般是在工作过程中确定的。为了编制压下规程的初步方案，可以用以下的顺序。

首先需选择或计算(例如用 M. Л. 扎罗申斯基的方法)钢锭的尺寸，然后是轧制过程中的最大压下量。根据具体条件的不同，最大压下量或者是根据轧入条件计算

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

① 有时第一次翻钢经过四道以后进行，但是所轧制的方坯质量恶化。

② 上述极限在个别情况下可以扩大；然而在这种情况下轧制将不够稳定。

③ 在 M. Л. 扎罗申斯基所著“轧钢学”(苏联冶金工业出版社 1948 年版)一书中列有现有翻钢方式的较详细的分析。

或者根据塑性条件(根据其它工厂的经验),或者根据电动机功率来决定。

确定出最大压下量以后,确定逐道压下量分配的曲线,并定出平均压下量。

根据所采用的逐道压下量的分配, Δh_{cp} 取为 $0.8 \Delta h_{max}$ 到 Δh_{max} (参看图 256—259)。

然后决定所有道次的总压下量($\Sigma \Delta h$)。由图 260 看出,总压下量为

$$(B - b) + (H - h).$$

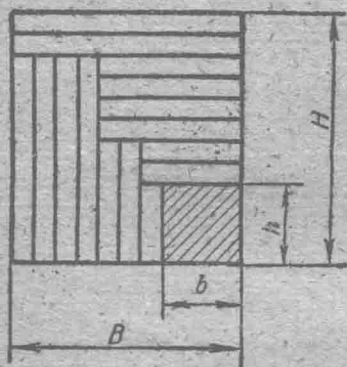


图 260 确定总压下量的说明图

这个数值必须再加上所有道次的总宽展,初步计算可以取为:

$$\Sigma \Delta b = 0.15[(B - b) + (H - h)].$$

因此,考虑宽展时的总压下量等于:

$$\Sigma \Delta h = 1.15[(B - b) + (H - h)]. \quad (282)$$

轧制道数按公式计算:

$$n = \frac{\Sigma \Delta h}{\Delta h_{cp}} \quad (282a)$$

所得出的道数应为奇数。

按照压下量分配曲线和 Δh_{cp} 与 Δh_{max} 编制压下量表。依照

压下量表并考虑其它操作条件构成孔型。

依照这种顺序编制压下规程和选择孔型尺寸一般是没有任何困难的。当已有轧辊孔型设计时，编制新的压下规程是极为复杂的。这个课题，一般是当在同一初轧机上轧制性质迥然不同的各种钢号的钢的情况下，才会产生。

例如，在同样的轧辊上使允许采用相当大的压下量和很少翻钢的软钢的轧制与要求较小压下量和每两道一翻钢的硬钢一致，是非常困难的。这样的问题，一般只有靠选择和长时间的修改各种试验性的压下规程的办法来解决。

当全部孔型供几种（3、4种以上）压下规程使用时，孔型设计的制定更为复杂。

图 261 和表 15 中列举出的为同一孔型设计所制定的五种不同的压下规程（在图 261 所表示的轧辊中总共有 12 种不同的压下规程）可以作为这种错综复杂的例子。

6. 孔型在轧辊上的配置

为了在初轧机轧辊上轧制钢锭，一般轧出三个到五个孔型。根据所出的半成品的特点和当地的条件，可以采用下述两种在轧辊上配置孔型的类型之一：

1. 孔型在轧辊辊身上按照轧件通过轧辊的顺序来配置。这种孔型配置可以叫做顺序式（图 262）。

2. 第一孔型配置在轧辊辊身的中央；其它孔型——在第一孔型的两边。这样的配置造成负荷和孔型布置对轧辊中央好象有一些对称，所以它可以叫做对称式（图 263）。

孔型顺序配置的主要优点为：在轧制初轧方坯时，轧件向一个方向，即向离开翻钢机的方向，由一孔型移送入另一孔型。在操作过程中的交叉移动被消除了，轧制节奏较高。

第二种配置孔型的方式，为轧制板坯创造了良好的条件（在直立轧孔中送钢时）。轧制方坯时这种方式是不太方便的。

表 15

在 1150 初軋机上用 7 吨鋼錠軋制 260×250 和 280×280 初軋方坯的压下規程

普 通 鋼				高 碳 和 合 金 鋼			
道次号	断 面	孔 型 号	Δh	道次号	断 面	孔 型 号	Δh
鋼錠 1	740×740	1	90	鋼錠 1	740×740	1	60
2	650×740		90	2	680×740		60
	560×740				620×740		
3	↓	1	80	3	660×620	1	80
4	660×565		80	4	580×620		80
5	580×570		85				
5	495×575	2	85	5	565×580	2	55
6	410×580		85	6	510×580		55
				7	460×580		50
7	↓	2	85	8	410×580	2	50
8	495×420		85				
	410×430						
9	↓	2	70	9	495×420	2	85
10	360×420		70	10	410×430		85
	290×430						
		2		11	365×420	2	65
				12	300×430		65
11	335×305	3	95		360×312	2	70
12	240×320	2	95		290×325		70