

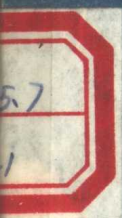
059

自动轧管机组的 钢管生产

В. Я. 奥斯特连柯 П. И. 瓦杜津 著

石云山 黄公健 译

冶金工业出版社



自动轧管机组的 钢管生产

В. Я. 奥斯特连柯 П. И. 瓦杜津著

石云山 黄公健 译

冶金工业出版社

В.Я.Остренко, П.И.Вагутин
ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ НА
АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ
Металлургиядат (Харьков 1958)

— * —
自动軋管机組的鋼管生产

石云山 黃公健 譯

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

— * —
1960年 2 月第一版

1960年 2 月北京第一次印刷

印数 2,521 册

开本850×1168·1/32·110,000字·印张 $4\frac{18}{32}$

統一書号15032·2050

定价 0.60 元

本书研究在自动轧管机组上生产无缝钢管的问题。详尽地说明了机组所有轧机的轧辊及工具设计,以及设计要素对轧制过程的影响,并且对各种不同断面形状的穿孔机工具进行了比较。叙述了轧管机的调整方法和轧管时可能发生的故障。同时对钢管废品种类、成因及其预防与消除方法作了分析。

本书供轧管生产工程技术人员阅读,对相关专业高等冶金学校的学生也有裨益。

序 言

苏联鋼管工业生产的全部鋼管數量中，約有 65% 是无縫鋼管，35% 是焊接鋼管。生产无縫鋼管的主要方法是在自动軋管机組、周期軋管机組及連續軋管机組上軋制。

和其它方法比較，用自动軋管机組生产鋼管的方法有着一系列的优点：机組生产率高，成品质量高，可以生产各种几何尺寸及鋼种的鋼管，軋制工具比較簡單，当由一种尺寸的鋼管轉換成另一尺寸的鋼管时的灵活性很大等。

鉴于最近出版的一些书中，詳細的闡明了軋管过程的原理和軋机构造，故在本书中沒有提到这些問題。

在寫这本书时，采用了：苏联自动軋管机組的工作經驗、技術文献資料和作者所做研究工作的資料。

目 录

第一章 軋輥及工具的設計	7
1. 設計的任务	7
2. 穿孔机軋輥、頂头及导板的設計	8
3. 自动軋管机軋輥及頂头的孔型設計	34
4. 均整机軋輥、頂头及导板的設計	38
5. 定径机軋輥的孔型設計	42
第二章 軋机的調整	43
1. 正确調整的意义	43
2. 穿孔机的調整	43
3. 自动軋管机的調整	49
4. 均整机的調整	54
5. 定径机的調整	57
第三章 鋼管的軋制工艺过程	59
1. 工艺流程	59
2. 管坯概述	61
3. 軋制前金屬的准备	65
4. 管坯的加热	68
5. 軋制表	72
6. 管坯穿孔成荒管	81
7. 在自动軋管机上軋制鋼管	96
8. 在均整机上軋軋鋼管	102
9. 在定径机上鋼管的定径	104
10. 鋼管的精整	105
11. 成品鋼管的技术检查和驗收	106

第四章	钢管废品的种类、产生原因及其消除方法	108
1.	穿孔机的废品	109
2.	自动轧管机的废品	121
3.	均整机的废品	130
4.	定径机的废品	132
第五章	轧管生产中的新技术	137
1.	金属的快速加热	137
2.	手动工序的机械化	139
3.	轧管过程的自动化	142
4.	提高轧管工具的寿命	144
	参考文献	145

第一章 軋輥及工具的設計

1. 設計的任务

影响軋管工艺过程的决定性因素之一是軋管工具的設計。因而在实际中对設計最合理的軋輥及工具形状的問題，給予了很大的重視。

設計的內容包括計算和作出軋輥、頂头及导板的断面輪廓。設計的首要任务是要保証下列主要要求的实现：

- 1) 获得几何尺寸符合要求、与名义尺寸的公差为最小的鋼管；
- 2) 鋼管内、外表面質量高；
- 3) 軋輥正常的曳入金屬；
- 4) 軋机生产率高；
- 5) 軋制时能量消耗最小；
- 6) 工具耐磨性高。

要完成上述要求，首先要寻求和采用形状及尺寸最合理的工具。同时，对于自动軋管机組中每一軋机，对于該軋机所有工具設計問題均应綜合加以决定。例如，在設計穿孔机軋輥时，必須采用相应形状的頂头和导板。片面的决定这一問題，例如在沒有相应的修正頂头和导板断面形状的情况下，改变軋輥的断面形状，往往会导致不良的后果。

應該指出，在不同的鋼管工厂，对同样的軋机往往采用不同形状的工具。特別对于穿孔机的軋輥和頂头，就更是如此。

产生这种情况可能是因为：什么样形状的工具最好，迄今为止，尚沒有一个确定的認識。此外，穿孔机軋輥的断面形状，在很多地方决定于所軋制鋼管的品种和所采用的管坯尺寸，而这在不同的工厂中常常是不一样的。

除形状外，用来制造工具的材質以及工具的热处理制度对产品质量、曳入条件、軋机生产率和工具寿命，都有所影响。众所周知，采用很硬的鋼来制造穿孔机的軋輥，会导致曳入条件的恶化和軋輥表面迅速的被磨光，而由此又引起了穿孔过程持續時間的增加。由于同样的原因，考虑到自动軋管机上的軋制速度高，故这种軋机的軋輥不用鋼而采用鑄铁来制造。违反导板和頂头的热处理制度，常常使它們迅速被磨損，且在荒管上出現缺陷。

当設計新的机組时，一般非常注意正确选择工作軋輥的外形尺寸。軋輥直径和軋身长度愈大，則軋机工作机架愈大，其重量也愈大，軋制功能的消耗也愈高。

2. 穿孔机軋輥、頂头及导板的設計

穿孔机是自动軋管机組所有軋机中最复杂的一个。其工作对成品的質量及整个机組的生产率都有决定性的影响。

由于管坯穿孔过程的复杂性，所以正确的設計穿孔机工具就有着很大的意义。設計的目的决定于决定最合理的变形区形状，而后者是由工作軋輥、上下导板和頂头的表面所形成的。

图1为И. А. 法米切夫所制的具有鼓式、蘑菇式及盘式軋輥的穿孔机变形区图示。从图中可以看出：虽然工作軋輥的构造及其在軋机中的布置不同，但是它們的变形区形状却都是相同的。軋輥在軋机中的不同配置，用軋輥軸綫和穿孔中心綫間的不同夹角 δ 值来表明。在具有鼓式軋輥的軋机中， $\delta = 0^\circ$ ；在具有盘式軋輥的軋机中， δ 角近似于 90° ($81^\circ 30'$)；在具有蘑菇式軋輥的軋机中， $\delta = 30^\circ$ ，亦即为具有鼓式軋輥和具有盘式軋輥的軋机的 δ 值的中間数值。

а) 鼓式及蘑菇式軋輥。为了保証管坯的曳入和穿孔过程的实现，穿孔机的工作軋輥具有以下变形部分：

- 1) 穿孔錐（軋輥入口錐）；
- 2) 橫向軋輥錐（軋輥出口錐）；

3) 称为軋輥压軋帶的由入口錐过渡到出口錐的部分；
穿孔机軋輥的穿孔錐，与其类型无关，是用来完成以下作用的：

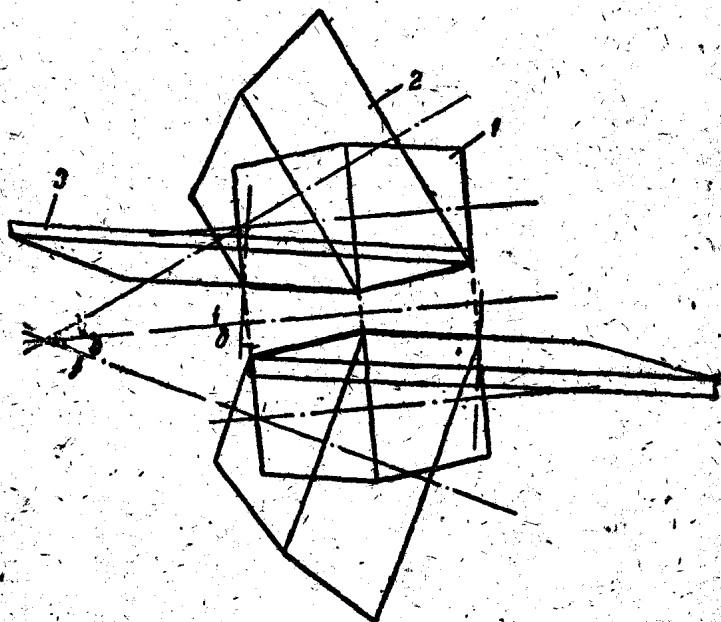


图 1 具有鼓式軋輥 1、蘑菇式軋輥 2 和盘式軋輥 3 的穿孔机变形区图示

- (a) 曳入管坯；
- (b) 在直径上压缩管坯；
- (c) 使管坯以传给它的螺旋运动（旋轉和前进运动）而被拉入变形区。

当在工作軋輥的入口錐处加工金屬时，在管坯中心发展了拉应力，它促使在该处形成孔腔。

在軋輥出口錐于軋輥表面和頂头表面間进行荒管壁的橫向軋軋。在变形区这一部分，最終的形成了荒管直径及壁厚的尺寸。

軋身直径和长度是鼓式和蘑菇式軋軋的主要尺寸。軋軋强度、軋机外形尺寸、曳入条件、穿孔速度和能量消耗都与軋軋直径有关。軋軋直径愈大，則穿孔速度愈高。随着軋径的增加，軋制时金属对軋軋的压力和能量消耗也都增加了。

从生产資料的分析中得出結論：为了保証穿孔过程进行的正常条件，工作軋軋压軋帶的直径和穿孔管坯的直径应有如下的关系：

$$D_0 = 2.25 D_{3\text{max}} + (375 \sim 450) \text{ 毫米}, \quad (1)$$

式中 $D_{3\text{max}}$ ——該軋机的最大管坯直径。

在穿孔机中，根据鋼管品种不同而采用直径为 650~1300 毫米的軋軋（大直径用于大型自动軋管机組）。工作軋軋的第二个外形尺寸是軋身长度 L 。

軋身长度在穿孔机中有很大的意义。因为由同一直径的管坯获得不同尺寸荒管的可能性是由軋身长度所决定，当軋身足够长时，就能以最小的管坯局部压下量来实现穿孔过程，并可更为广泛的改变荒管的尺寸。但是軋身过长时，会使軋軋强度降低，并使軋机結構复杂化。

軋身长度和直径間最合理的关系是（表 1）：

$L = (0.5 \sim 0.7) D_0$ ——对鼓式軋軋；

$L = (0.4 \sim 0.6) D_0$ ——对蘑菇式軋軋。

表 1

现有穿孔机軋軋的实际尺寸

軋 机	軋 軋 形 状	軋軋外形尺寸， 毫米	
		直 径	长 度
140	鼓 式	650~850	400~500
250	鼓 式	850~1030	510~620
400	鼓 式	950~1300	530~760
140	蘑菇式	900	350

当設計軋軋时，按长度将軋身分爲穿孔錐（入口錐）部分和

横向軋軋錐（出口錐）部分，以便保證軋軋正常的曳入管坯，並保證符合要求尺寸的荒管正常的離開軋軋。在旧式結構軋機中，使這兩部分彼此相等，亦即把軋身長度等分為兩部分。這樣一來，軋軋壓軋帶就位於軋軋的中部了。

為了更合理的利用軋身，現時所有的穿孔機都將軋軋壓軋帶移向入口方向20~75毫米。

蘇聯自動軋管機組的工作經驗指出，出口錐長度愈長，則獲得的荒管質量無論就幾何尺寸而言、或就其表面狀態而言都愈高。入口錐減少一個壓軋帶位移值，不會影響曳入條件和保證穿孔所必需的足夠的管坯壓下量。

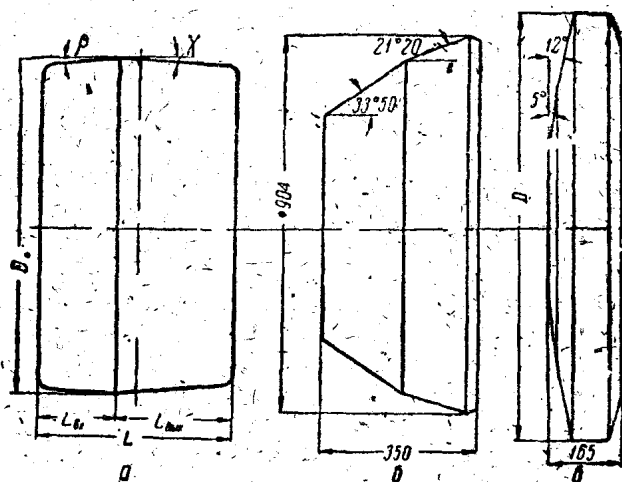


圖 2 穿孔機工作軋軋断面

a) ——鼓式的；b) ——蘑菇式的；c) ——盤式的。

這樣一來，軋軋入口和出口錐的長度就為：

對於壓軋帶沒有移動的軋軋：

$$L_{BX} = L_{BHX} = 0.5L;$$

對於壓軋帶移動了的軋軋（圖 2）：

$$L_{\text{BX}} = 0.5L - (20 \sim 75) \text{ 毫米};$$

$$L_{\text{BHX}} = 0.5L + (20 \sim 75) \text{ 毫米}。$$

选择每一种軋机軋輥的压軋帶位移值时，应使軋輥入口錐长度 L_{BX} 大于由最大直径的管坯所决定的穿孔区长度 L_n 30~50 毫米。軋輥出口錐长度 L_{BHX} 应该比由最大直径的荒管所决定的横向軋軋区长度 L_p 大 20~40 毫米。穿孔区和横向軋軋区的长度可以用近似的公式决定：

$$L_n = \frac{D_s - d_n}{2 \operatorname{tg} \beta} = \frac{\Delta D}{2 \operatorname{tg} \beta} \quad (2)$$

$$L_p = \frac{D_r - d_n}{2 \operatorname{tg} \gamma} \quad (3)$$

式中 d_n ——压軋帶的軋輥間距，毫米；

β ——軋輥入口錐角；

γ ——軋輥出口錐角。

把軋輥压軋帶作成圓柱形部分，或在穿孔錐和横向軋軋錐交界处作成圓形。

自动軋管机組穿孔机采用的入口錐及出口錐对軋輥軸綫所形成的傾斜角，有以下数值：

	入口錐	出口錐
鼓式軋輥	3°~5°30′	3°~6°30′
蘑菇式軋輥	3°30′ (33°50′)	8°40′ (21°20′)

一般根据保証軋輥正常曳入管坯和保証必要的压下量的条件来考虑入口錐角 β 值。多次研究和实际观察指出，入口錐角 β 愈小，則曳入管坯愈良好。这也可以从曳入条件公式 (39) 中看出，按照此公式，随着角 β 的减小，为了实现曳入所要求的摩擦系数值 f 也减小了。但是另一方面，随着角 β 的减小，穿孔部分的长度也增加了，这可从公式 (2) 中看出。

已經查明，穿孔部分长度 L_n 愈长，則在和頂头鼻部相遇前管坯內孔腔形成的可能性也愈大。

根据上述两个因素的对比，决定最合理的轧辊入口锥角为 $\beta = 3 \sim 4^\circ$ 。

通常取轧辊出口锥角 r 值等于或稍大于入口锥角 β 。在个别情况下，当要求由直径较小的管坯获得直径较大的荒管、以及在二次穿孔时，角度 r 值增加到 $6 \sim 8^\circ$ 。

当选择轧辊出口锥角 r 值时，是以获得一定直径的荒管为出发点的。 r 值愈大，则穿孔时管坯的扩径值也愈大。具有扩径的穿孔过程，对提高荒管几何尺寸的精确度产生有利的影响，但在某些情况下，却导致在荒管外表面上形成结疤。因此，对于具有两个穿孔机的机组，当轧制直径较大的钢管时，以最小的扩径值进行第一次穿孔；而以较大的扩径值进行第二次穿孔是合理的。为此，在第二穿孔机上，出口锥角 r 采取增大一些的数值。

第一次穿孔时管坯扩径值的减小，可用两种方法达到：1) 减小横向轧辊部分的长度，和 2) 减小轧辊出口锥角。这从下式中可以很容易看出：

$$D_r = d_n + 2l_r \operatorname{tg} r, \quad (4)$$

式中 D_r ——荒管直径。

当实际中采用的出口锥角 $r = 3 \sim 6^\circ$ 时，仅只有在减小横向轧辊部分长度 l_r 的情况下，减小荒管的直径才是可能的。这可用减小顶头长度或在增加压轧带管坯压下量的同时将顶头向压轧带前移动的方法来达到。减小顶头长度是不好的，因为在这种情况下，金属的变形集中在顶头较短的长度上，而这会导致荒管上出现缺陷和顶头迅速被磨损。在厚壁管穿孔时，增加管坯压下量和显著的将顶头伸过压轧带，则会导致荒管内结疤和壁厚不均的形成，特别是在后端，更是如此。

本书作者所做试验证明，当荒管壁轧的全部变形集中于轧辊出口锥时，能获得最优质的荒管。为此顶头鼻部应沿轧辊压轧带调整，而压轧带的管坯压下量则不应超过 $6 \sim 8\%$ 。采用这样的轧机工作制度，可使轧辊出口锥角减小到最小限度值。

《140》机組具有角 $r = 1^{\circ}30'$ 的穿孔机軋輥孔型設計經過試驗，得到了良好的結果。显著的減少了外結疤及荒管壁厚不均的数量。采用角 $r = 1^{\circ}30'$ 的孔型設計，可把軋輥傾斜角提高到 $11^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 来进行穿孔过程，而这促使軋机的生产率提高^①。

很有特征的一点是，在新設計的軋輥中的穿孔过程，几乎是在沒有金屬对軋輥滑动的情况下进行的。滑动系数近似于 1。

6) 盘式軋輥。如同鼓式軋輥一样，盘式工作軋輥也有变形区，亦即：穿孔錐（入口錐）、橫向軋輥錐（出口錐）及压軋帶。盘的外形尺寸是它的直径及厚度。在現有的軋机中，盘的直径等于 950~1000 毫米，盘厚等于 165 毫米。

一些工厂所采用的盘子，其設計特点是，左、右盘具有不同的形状。

左盘（图 3, a）有一个和盘面成 13° 角的錐。右盘有 2° 和 11° 的两个錐。在右盘上附加錐（ 2° ）的引用，是为了力图使右盘的入口錐断面及时的接近左盘断面。但是由图 3, b 中看出：在使用这种輪廓的盘时变形区是不对称的。

軋机軸綫和盘錐之間的角度为：

	右 边	左 边
入口方面.....	$6^{\circ}30'$	$4^{\circ}30'$
出口方面.....	$4^{\circ}30'$	$8^{\circ}30'$

由于变形区的不对称性，穿孔中心綫发生弯折。这就引起了頂杆的弯曲、頂杆剧烈的跳动，从而引起了荒管及成品管显著的壁厚不均。此外，在上述工作錐角的情况下，仅只有当管坯直径压下量等于 18~26%（大值用于直径較小的管坯和厚壁的荒管）时，圆盘曳入管坯和穿孔过程的进行才是可能的。这样大的压下量会使荒管内表面产生缺陷（結疤和擦伤）和增大軋机的負荷。

因为斜軋的原理在所有类型的穿孔机中都被保留，因此，对

① 在一般具有 $r = 3^{\circ} \sim 3^{\circ}30'$ 的軋輥孔型設計中，当軋輥傾斜角为 $11^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 时，也能进行穿孔过程。——俄文編者

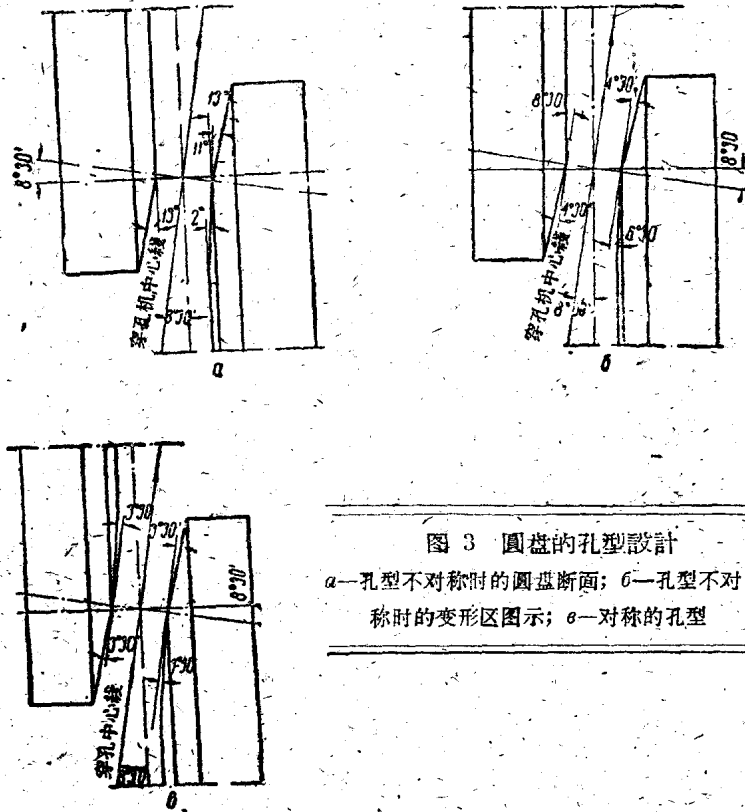


图 3 圆盘的孔型設計

a—孔型不对称时的圆盘断面；b—孔型不对称时的变形区图示；c—对称的孔型

盘式穿孔机完全可以采用和鼓式及蘑菇式穿孔机相似的对称工具孔型設計。从图 3, c 中可以看出，新孔型設計的特点是工作錐角有最小值（入口和出口处为 $3^{\circ}30'$ ）和变形区是对称的。左、右盘的断面輪廓（图 3, a）是相同的。对于孔型对称的圆盘，采用和鼓式穿孔机一样的頂头。

盘式軋机的对称孔型設計，較之非对称的主要优点是：

1) 沒有穿孔中心綫的弯折，因而穿孔时頂杆沒有弯曲和跳

动，这就能够减少钢管壁厚不均大约4%；

2) 当管坯直径压下量为10~13%、而不是过去使用的18~26%时，就能够正常的曳入和进行穿孔过程。这促使钢管内、外表面的质量提高，并使带结疤的钢管量降低；

3) 降低了主传动电动机的负荷。

采用了对称的孔型设计后，使得钢管一级品率提高到98.8%，而在孔型不对称的轧辊工作时为95~96%。

6) 顶头的設計。穿孔机的顶头在管坯穿孔过程中起非常重要的作用。荒管质量、穿孔速度、能量消耗及产品成本都和顶头的形状及寿命有关系。

不同的钢管工厂采用不同形状的顶头，这是为了要寻求最合理的工具形状。

任何形状的顶头，其共同的几何特征在于它们全是用直线或曲线围绕顶头轴线廻轉而形成廻轉体。根据这一定义，实际中采用锥形顶头、球形顶头以及按一定法则作的复杂曲线繞頂头軸線廻轉而形成的顶头。根据沿变形区相对压下量不变法则和延伸不变法则以及其它一系列法则所作的顶头，属于后一类型。

顶头的外形和长度决定了轧辊和顶头表面之间的间隙。根据沿变形区这一间隙改变的特点，改变管坯每半轉时荒管壁厚的压下量。正确分配此压下量，就能促使穿孔过程正常进行并获得优质的荒管。

依照顶头在穿孔时的作用，所有的顶头，不问其形式如何，都有以下四部分（图4）：

- 1) 鼻部 l_1 ；
- 2) 工作（先头）部 l_2 ；
- 3) 定径锥 l_3 ；
- 4) 圆柱区或反锥 l_4 。

顶头鼻部用来在管坯上形成孔腔，并防止管坯上最初形成的孔腔的暴露，从而防止了在荒管上形成内结疤。根据技术科学博