维普资讯 http://www.cqvip.com

钢管斜轧延伸的金属变形研究及孔型设计(下)

刘建中
(攀钢集团成都钢铁有限责任公司，四川 成都 610066)

摘 要：简要分析了斜轧延伸轧管技术的发展。通过对Accu Roll轧管机变形区中金属变形的理论分析和试验研究，探讨了轧制工艺特征和工具对轧制变形的影响。并将计算机技术应用于变形区模拟分析和钢管主变形分析，提出了斜轧延伸孔型设计的基本原则。试验研究表明，通过Accu Roll轧管机的孔型设计，可实现减径、等径和扩径3种轧制形式。通过优化孔型设计，用Accu Roll轧管机轧制薄壁管，其*D/S*值已达到41。该工艺技术的发展将进一步提高轧制薄壁管的稳定性和轧制速度。

关键词：热轧钢管；斜轧延伸；金属变形；孔型设计
中图分类号：TG335.17；TG316.1+2 **文献标识码**：B **文章编号**：1001-2311(2004)05-0014-04

Study on Metal Deformation of Steel Tube with Cross-rolling /Elongation and Related Roll Groove Design(Part Ⅱ)

Liu Jianzhong
(Pangang Group Chengdu I & S Co., Ltd., Chengdu 610066, China)

Abstract: Development of the steel tube cross-rolling/elongation technology is discussed briefly. And the influence on workpiece deformation by the rolling process characteristics and the process tools is discussed on the basis of the theoretic analysis concerning the metal deformation in Accu-roll mill deformation zone and related experimental research. Simulation analysis of the deformation zone and the analysis of the steel tube main deformation are carried out by means of relevant computer technology. Basic principle concerning roll groove design for cross-rolling/elongation process is put forward. Relevant experimental research demonstrates that the three rolling modes, i.e., diameter reduction, equal-diameter and diameter expansion can be obtained by means of proper roll groove design for Accu-roll pipe mill. Furthermore, the optimized roll groove has ensured Accu-roll mill to produce light-wall tube with *D/S* up to 41. The development of this technology will further improve the rolling of light-wall tube in terms of operation consistence and rolling speed.

Key words: Hot-rolled steel tube; Cross-rolling/elongation; Metal deformation; Roll groove design

4 斜轧延伸的孔型设计

4.1 Accu Roll轧管机孔型设计的基本原则

要提高轧管机的变形效率和能力以及变形过程的稳定性，确保钢管具有较高的尺寸精度，孔型设计应该遵循以下基本原则：

(1) 强化纵向变形，制约切向变形；

(2) 改善变形区横截面形状，以利于轧件旋转；

(3) 增大变形区的封闭性和稳定性；

(4) 具有合理、必要的均整长度。

4.2 辊型设计

4.2.1 集中变形的辊型设计

强化纵向变形，制约切向变形是辊型设计要解决的主要问题。这里采取的方法是：集中减壁变形。

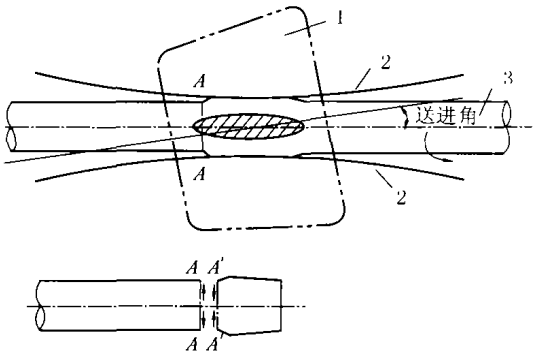
(1) 将减壁变形集中，利用集中减壁段的外区效应，制约切向变形，加强纵向变形。

当集中减壁段剧烈减壁而产生大幅度的切向应

刘建中(1953-)，男，硕士，钢管研究所副所长、高级工程师，主要从事压力加工工艺研究、新产品开发和科技管理工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

变时，其外区（邻近截面）由于切向变形较小，作为一个轧件整体，必然会对集中减壁段产生牵制作用，制约金属切向流动，并且减壁变形量越大，外区的牵制作用也越强，由此减小减壁区的切向应变。如图6所示，图中$A-A$截面对$A'-A'$截面施以阻碍金属切向流动的阻力。由于切向阻力增大，迫使较多的金属质点往纵向流动，纵向变形得到加强。



1—轧辊 2—导盘 3—轧件

图6 外区对切向变形的牵制作用

（2）缩短变形区长度，使金属纵向流动阻力减小。因荒管在变形区中的扭转减轻，其变形的稳定性相应提高。

（3）减小变形区轧辊与管子的接触面积，降低轧制压力。

（4）适当增加均整段重轧系数，保证荒管壁厚的均匀性。因在斜轧延伸中螺旋轧制的特殊性，金属在通过减壁段后，减壁变形并未立即结束，而在均壁段的第一个螺距内继续减壁。因此，要保证荒管的壁厚精度，应该适当增加均整长度。图7示出了集中变形辊型。

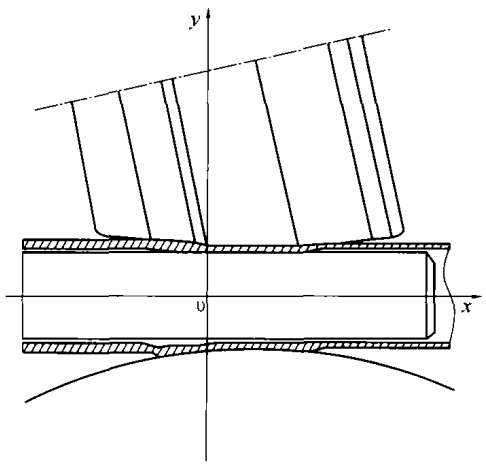


图7 纵向变形区计算机模拟示意

4.2.2 采用集中变形辊型的金属变形

对集中变形辊型进行了工业性试验，并与原分散变形辊型进行了比较。

（1）轧卡试验的工艺条件和试样制备与检测

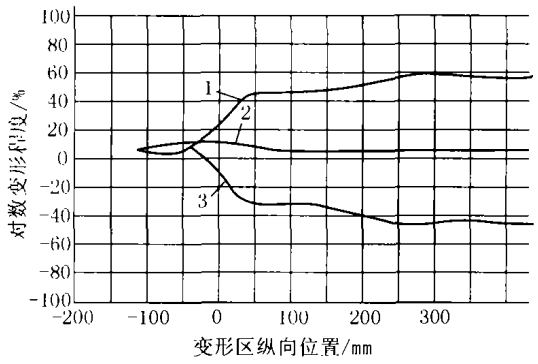
集中变形轧卡试验的试样变形参数见表2（主要工艺参数略）。试样的制备和检测方法同前。得到41×30矩阵壁厚值和各横截面的外周长值。实测两侧变形区平均面积为25 100 mm^2，平均长度为460 mm。纵向变形区的计算机模拟如图7所示。

表2 轧卡试样变形参数

毛管尺寸 /mm	荒管尺寸 /mm	延伸系数 μ	减径量 /mm	减径率 /%	减壁量 /mm	减壁率 /%
Φ270×17.34	Φ266×10.29	1.66	4.0	1.3	7.05	40.66

（2）集中变形辊型的主变形

用计算机进行数据处理，绘制出该轧卡样在变形区中的三向主变形对数曲线，如图8所示。从图8可以看出，在集中变形辊型条件下，金属的变形效率明显提高。金属纵向变形在 $x<-40$的咬入段中，基本无变化。 在x [-40~20] 的多螺距短区间内，纵向变形迅速由0上升到33.6%，随后在均整段中，金属获得均整变形，纵向延伸不大。切向变形因集中段的外区效应而受到制约。除在咬入段略有增大外，基本上限制在0变形附近。径向变形在咬入段波动很小，在x [-40~20]区间内，集中减壁的效果非常显著，径向变形量由0迅速达到-36.3%,其变化规律与纵向变形相对应。



1—纵向 2—切向 3—径向

图8 集中变形试样的三向主变形

从变形程度上看，两个轧卡样外径相似，集中变形的减壁量和减壁率比分散变形大得多（见表1、表2），而变形区长度和接触面积却明显减小。

维普资讯 http://www.cqvip.com

由此可见，集中变形辊型对缩短变形区长度，提高金属纵向延伸效率和径向减壁效率，减小接触面积，提高变形能力都有显著效果。

优化设计的辊型在生产中已取得很好的效果，轧制薄壁荒管的*D*/*S*值已达到41（295/7.2），延伸系数已达到2.0，轧机减壁量已达到8 mm以上。

4.3 导盘设计

4.3.1 工艺设计

导盘的工艺设计主要解决两个问题：①工作圆弧如何有利于轧件旋转；②如何改善变形区的封闭性。

导盘工作圆弧由两段组成。但由于导盘高边圆角的大小对轧制稳定性有一定影响，因而导盘的圆弧设计应包括4个部分。

导盘与导板有很大差别，前者在变形区中的宽度是不变的。在使用导盘的条件下，变形区封闭性主要应靠导盘宽度和三向位置的调整来改善。

4.3.2 优化设计

工艺试验研究发现，钢管发生轧卡的主要表现形式为钢管旋转受阻即轧件旋转失稳。对轧卡时的变形区进行计算机模拟分析可知（图9），轧制过程中轧件受轧辊摩擦力作用沿轧辊切向运动。在图9中的*A*处，由于导盘的限制，轧件产生向内弯曲，被迫沿导盘工作弧做切向运动，金属运动方向发生显著突变。轧件截面呈菱形。模拟分析表明*A*处转角达72°，这种状态对轧件的旋转是不利的。

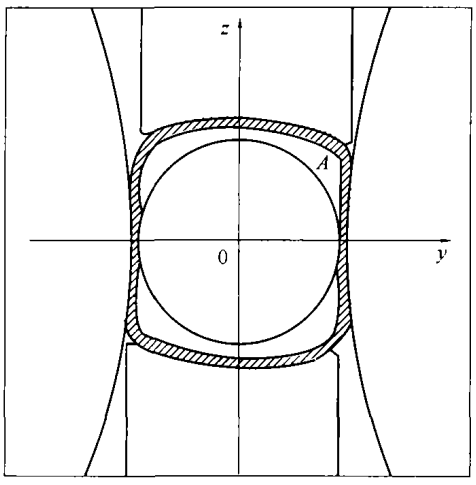


图9 轧卡变形区横截面计算机模拟示意

为改善轧件的旋转条件，对导盘圆弧设计进行了优化，使轧辊与导盘间的过渡区趋于圆滑。圆弧优化后，在其他工艺参数相同的条件下变形区横截面模拟如图10所示。截面的“棱角”已减缓，*A*处转角减小到48°。比较图9和图10，后者的转动条件更有利于轧件。这种情况相似于六边形和八边形。

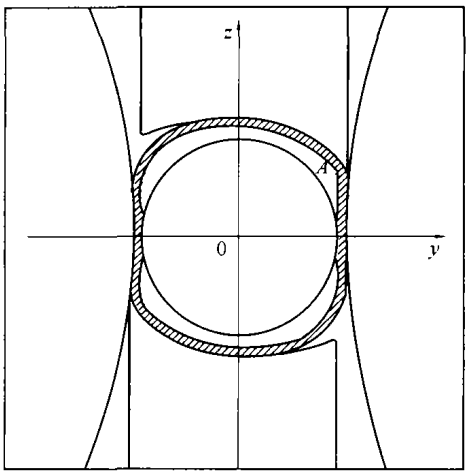


图10 导盘优化的变形区横截面计算机模拟示意

导盘高边的圆角半径与薄壁管的轧制稳定性关系密切。试验证明，圆角过大会引起轧制中薄壁管剧烈振动，使稳定性恶化。但圆角过小，又使导盘边缘过薄，出现崩裂和划伤钢管的现象。因此，圆角半径以4~12 mm为宜。

导盘宽度是关系到变形区封闭性的重要参数。过宽将限制导盘的垂直调整范围，过窄将削弱封闭性。对于一定规格的孔型，其值也是一定的。但机组生产范围很大，不可能对每一规格钢管的生产配备专用导盘。为解决这个矛盾，在进行导盘设计优化时，在保证横向封闭性的前提下，将导盘的工作弧(各段半径和宽度）做了全面改进，在生产实际中已取得良好的效果。

导盘的轴向位置应使高边尽量靠近轧辊，减小间隙，阻止金属因横向变形而挤出变形区。

导盘的垂直位置由孔型椭圆度来决定。孔型椭圆度应根据不同的工艺目的（减径、等径或扩径）来决定。

导盘的纵向位置对变形区封闭性影响极大。从调整的角度看导盘位置是对机架中心而言，从孔型设计的角度讲更有意义的是变形区中导盘喉与轧辊喉的相对位置，它与辊型设计有关。

用计算机模拟分析方法研究了导盘纵向相对位置对变形区封闭性的影响。在辊型和调整参数不变的条件下，当导盘纵向相对位置为45 mm时，变形区出口横截面导盘高边与轧辊的间隙为9.54 mm；当导盘纵向相对位置为95 mm时，同一横截面的间

维普资讯 http://www.cqvip.com

隙变为7.84 mm，显然后者的封闭性好于前者。试验研究表明，位置靠近入口，则咬入、减壁段封闭较好，但规圆、出口段封闭性较差，易产生破尾。反之位置靠近出口，则变形区出口横截面的封闭性较好，咬入、减壁段封闭性较差，易出现削钢。它们与生产实践中的现象是相吻合的。因此，片面强调导盘纵向位置的往前、往后都是不可取的。应使导盘喉与轧辊喉的相对距离在1~2个螺距内，使入口间隙和出口间隙都能适应。

4.4 芯棒设计

芯棒在变形区中为一恒截面圆柱体，它的直径决定了变形区横向空间的大小。对于一定规格的毛管，横向空间过小，将会严重阻碍金属在轧制过程中的横向流动，横向变形的金属会因空间过小而从导盘间隙挤出变形区，发生如破尾、轧卡等故障。因此，在生产实践中，芯棒的设计应保证在顺利穿棒的条件下以较大的芯棒来获取足够的变形空间。

采用某一孔型轧制不同规格（壁厚）的荒管时，可以用一种直径的芯棒，通过调整辊距、导盘距等工艺参数，改变辊缝、椭圆度来实现。用较少规格的芯棒轧制多种壁厚规格的钢管，是Accu Roll轧管机的优势和特点，并可以大大减少芯棒的储备量。

5 结 论

（1）Accu Roll轧管机采用锥形辊、辗轧角，它与金属在变形区中的变形趋势是相适应的，这有利于强化纵向变形，增大变形速度。另外，轧辊线速度单一增大，避免了轧件正反双向扭转，有利于金属变形。

（2）斜轧延伸具有螺旋轧制的特点，Accu Roll轧管机变形区均整段重轧系数较高，荒管壁厚精度可达±5%。经Accu Roll轧管机二次斜轧变形，荒管表面未见微裂纹，可以获得良好的产品质量。

（3）斜轧延伸孔型设计的基本原则是：①强化纵向变形，制约切向变形；②改善变形区横截面形态，有利于轧件旋转；③提高变形区的封闭性和稳定性；④具有合理、必要的均整长度。

（4）以增强纵向变形和制约切向变形为目的的集中变形辊型，有利于缩短变形区长度，提高金属的纵向延伸和径向减壁效率，减小接触面积，提高变形能力。工业性生产证明，其效果非常显著。

（5）Accu Roll轧管机可实现减径、等径和扩径3种轧制形式。改善金属三向变形的关系和变形区封闭性，对轧制薄壁管关系重大。通过优化孔型设计，可轧制*D*/*S*值达41 (295/7.2) 的薄壁管，延伸系数可达2.0，轧机减壁量可达8 mm以上。

（6）采用一种直径的芯棒，通过工艺参数调整，可以轧制多种壁厚规格的钢管。芯棒储备量少，变换轧制规格（壁厚）方便，适应多规格灵活组织生产。

6 参考文献

1 陈懋熙. CPE、CPD无缝钢管生产新工艺[J]. 钢管技术，1987，(2)：15~19.

（续 完）

（收稿日期：2003-12-18）
（修定日期：2004-03-22）

●信 息

攀钢集团成都钢铁有限责任公司1项科技成果申请国家专利

攀钢集团成都钢铁有限责任公司烧结厂的《炼钢污泥浆用于球团生产造球的方法》已成功申请国家发明专利。

如何处理炼钢污泥浆一直是国内冶金行业研究的课题之一。传统球团生产造球方法是将铁矿粉与膨润土混匀，在造球盘中加水滚动制成生球，其缺点是膨润土用量多，外加水量大。烧结厂发明的《炼钢污染浆用于球团生产造球的方法》，是通过采取在竖炉球团中配加炼钢污泥，调整污泥浆浓度，使用专用喷头等措施，经多次试验、探索，使炼钢污泥用于球团生产造球。该方法既回收利用了炼钢污泥中的铁，解决了环保问题，还由于污泥浆良好的粘结性能，使膨润土用量下降30%~50%，提高了球团矿品位；改善原料成球性能，生球强度明显提高，实验表明生球抗压强度上升3~5N/球，落下强度上升2~4次/球，且外加水用量减少；喷加炼钢污泥浆后，还能大大减少造球盘“沙化”现象，有利于降低设备运行成本和减少故障，从而提高球团矿产量。

（攀钢集团成都钢铁有限责任公司 宋道坤）