

斜轧与楔横轧

原理、工艺及设备

胡协和 沙德元 著 - 冶金工业出版社

斜轧与楔横轧

——原理、工艺及设备

胡正寰 许协和 沙德元 著

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书较全面阐述了斜轧与楔横轧成型技术。书的内容包括：基本原理、孔型设计与加工、机械设备及轧制工艺等。

该书是在金属的斜轧与楔横轧生产、实验、设计与科研基础上写出的。它不仅对学习这门学科的人员具有参考价值，而且对从事斜轧与楔横轧生产、设计与科研的人员有直接帮助。

本书可供从事斜轧与楔横轧工作的工程技术人员、工人，高等学校、中等专业学校中的冶金机械、锻压机械、压力加工等专业的教学人员参考。

斜 轧 与 楔 横 轧

——原理、工艺及设备

胡正寰 许协和 沙德元 著

责任编辑 葛志祺

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街海润院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 17 $\frac{1}{4}$ 字数 409 千字

1985年7月 第一版 1985年7月 第一次印刷

印数00,001~4,300册

统一书号：15062·4141 定价3.90元

前 言

斜轧与楔横轧是近些年来兴起的金属成型新技术。用它可代替一般的切削、锻造、铸造等工艺,生产某些异形回转体零件或零件毛坯具有大幅度提高生产效率、提高材料利用率、提高产品质量、降低产品成本以及改善劳动条件等优点,因而日益受到人们的重视。

在国外,这种工艺已生产出轴承和球磨钢球、机床丝杠、汽车变速箱轴、电机轴、五金工具坯等数以百计的产品,并且都收到十分显著的经济效果。

在我国,这项新工艺已运用于机械、冶金、轻工、电力、军工等部门,生产直径3~125毫米、长度3~2000毫米的近百种产品。据不完全统计,我国斜轧与楔横轧产品每年的总产量在1万吨以上,总数量在30亿万件(个)以上,其中包括形状复杂、尺寸与表面精度相当高的产品。这些产品的投产也都收到十分显著的经济效果。

本书在理论与实践结合的基础上阐述斜轧与楔横轧这门学科的基本内容,包括:基本原理、轧辊孔型的设计与加工、轧制力与力矩的计算、机械设备的结构与设计、轧制工艺调整等。本书在讲清基本原理、基本方法、基本知识的基础上,着重于生产中的运用。

本书由北京钢铁学院胡正寰(第一章、第二章、第四章和第五章)、许协和(第三章)和沙德元(第六章和第二章第四节)编写。全书由胡正寰审阅。

在编写时,曾得到有关工厂、学校、设计和科研单位的帮助与支持,在此谨向这些单位表示感谢。

由于这是一门新学科,许多问题仍需不断认识,加上作者水平有限,书中不足之处在所难免,殷切希望广大读者批评与指正。

著 者

1981年10月

目 录

第一章 总论	1
第一节 轧制成型的分类及运用范围	1
一、纵轧成型	1
二、横轧成型	2
三、斜轧成型	2
四、孔型斜轧、楔横轧、仿型斜轧的比较	3
第二节 斜轧成型的运用与发展	6
一、球磨钢球	7
二、轴承钢球与滚子	8
三、冷轧小钢球及滚针	10
四、复杂形状产品	10
五、空心产品	11
六、高翼缘产品	12
七、精密热斜轧产品	13
第三节 楔横轧的运用与发展	14
一、三种类型的楔横轧机	14
二、我国楔横轧的运用与发展	16
第二章 基本原理	18
第一节 运动原理	18
一、楔横轧的运动原理	18
二、斜轧的运动原理	20
第二节 旋转条件	22
一、横轧的旋转条件	22
二、楔横轧的旋转条件	26
三、楔横轧的展宽角	29
第三节 辊形曲面	32
一、斜轧的辊形曲面	32
二、楔横轧的轧齐曲线	36
第四节 疏松机理	43
一、问题的提出	43
二、变形与应变状态分析	44
三、应力状态分析	48
四、疏松机理	51
第三章 孔型设计	55
第一节 斜轧孔型特点及设计原理	55
一、斜轧孔型的特点	55
二、斜轧孔型设计原理	57

三、斜轧孔型设计程序和参数确定	65
第二节 斜轧孔型设计方法	73
一、孔型单侧变导程法	73
二、孔型双侧变导程法	99
第三节 楔横轧孔型设计	107
一、楔横轧成型原理及孔型特点	108
二、楔横轧孔型参数	109
三、楔横轧孔型设计	112
四、楔横轧孔型设计举例	119
第四节 轧辊加工	122
一、斜轧孔型加工	122
二、楔横轧孔型加工	130
第四章 轧制压力与力矩	132
第一节 轧辊与轧件的接触面积	132
一、横轧的接触面积	132
二、楔横轧的接触面积	134
三、斜轧的接触面积	136
第二节 接触面上的单位压力	137
一、滑移线法求单位压力	137
二、B.M.鲁果夫斯基方法	138
三、A.Л.托姆列诺夫方法	140
第三节 轧辊上作用力的方向	142
一、在横轧轧辊上作用力的方向	142
二、在楔横轧轧辊上作用力的方向	144
三、在斜轧轧辊上作用力的方向	146
第四节 轧制压力与力矩的实验数据	148
一、压力与力矩的测定	148
二、斜轧钢球实测结果及其分析	152
三、斜轧的实测数据	162
第五章 机械设备	169
第一节 轧机的总体配置	169
一、斜轧机的总体配置	169
二、楔横轧机的总体配置	175
第二节 工作机座的结构与设计	182
一、轧辊辊系	183
二、轴向调整机构	194
三、倾角调整机构	196
四、径向调整机构	198
五、导板装置	206
第三节 工作机架的结构与设计	211
一、工作机架的结构	211

二、工作机架的强度与刚度计算	213
三、预应力机座	224
第四节 传动系统的结构与计.....	227
一、电动机与皮带减速装置	227
二、减速机与齿轮座	228
三、万向联接轴	238
四、相位调整机构	244
第六章 轧机的调整.....	247
第一节 轧辊的径向调整	247
一、怎样进行轧辊的径向调整	247
二、径向调整与轧件旋转的关系	249
三、径向调整与导板位置的关系	250
四、径向调整对产品质量的影响	250
第二节 轧辊的倾角调整	252
一、怎样进行轧辊倾角的调整	252
二、倾角调整对产品质量的影响	253
三、倾角调整对轧制压力与力矩的影响	254
第三节 轧辊的相位调整	254
第四节 轧辊的轴向调整	257
一、斜轧孔型轴向错位的判断	257
二、楔横轧轴向错位分析	258
三、轧辊孔型轴向错位与轴向力	260
第五节 导板的调整.....	260
一、导板相互位置的确定	260
二、导板相对轧机中心线位置的确定	261
三、导板工作面宽度的确定	263
第六节 其它调整.....	264
一、单孔型轧制的调整	264
二、轧辊的喇叭口调整	266
三、新轧辊试调要点	267
参考文献	268

第一章 总 论

在金属产品和机器零件的生产中，为了大幅度地提高生产效率和金属材料的利用率，各工业发达国家都非常重视寻求新的成型工艺。斜轧与楔横轧成型工艺正是具有上述特点而被国内外重视，并得到迅速地发展。

与常用的成型工艺——铸造、锻造及切削相比，斜轧、楔横轧技术有以下优点：

1) 单机的生产效率大幅度提高，因轧辊每旋转一圈就生产一个产品（用多头孔型则生产多个产品）。斜轧使用的转速一般为40~500转/分，即每分钟生产40~500个产品（多头孔型则倍增）。楔横轧使用的转速一般为6~25转/分，即每分钟生产6~25个产品（对称成双轧制则加倍）。与铸锻、切削相比生产效率平均提高5~20倍。今后，伴随斜轧与楔横轧技术进一步完善，生产效率将会有更大的提高；

2) 材料利用率显著提高。在铸锻之后进行机加工的成型产品，材料的利用率一般只有60%左右，不少行业还低于这个数字。斜轧与楔横轧成型的产品，材料利用率一般达80%以上，精密斜轧与楔横轧可以达到90%以上，即达到少切屑，甚至无切屑的目的；

3) 产品质量提高。产品质量有所提高主要有两个方面的原因：一是轧制成型产品的金属纤维流线沿着产品轴线保持连续（无切削断头）；二是轧后晶粒细化。尤其对采用快速加热轧后快冷工艺的产品，更具有形变处理晶粒细化的优点；

4) 改善劳动条件。斜轧、楔横轧与锻造相比，无冲击少噪音，劳动条件得到明显的改善。此外，产品的成形、精整与切断等工序均在轧辊孔型中连续自动完成，加上进出料容易实现自动操作，因而减少了操作工人的劳动强度；

5) 其它。生产人员、辅助人员、设备台数及厂房面积等都可大幅度下降，因此也带来产品成本的大幅度下降。

上述优点不但在国外而且在我国许多工厂的生产均得到证实。因而这项新的成型工艺近年来得到较快的发展与运用。不少专家认为这项新工艺如果说七十年代是处于发展阶段，那么八十年代将处于广泛运用阶段。

第一节 轧制成型的分类及运用范围

按轧辊的配置、轧辊的运动特点、轧件的运动特点和产品的形状，轧制成型可分为三种类型。

一、纵轧成型

如图1-1所示，其特点是：1) 两个轧辊的轴心线平行，其旋转方向相反；2) 轧件作垂直于轧辊轴心线的直线运动，进出料靠轧辊自动完成。

这种成型方式可以生产两类产品，一类产品为在其长度方向是等断面的。轧制这类产品的轧辊孔型为环形的，用普通车床就可以加工出来。我国用这种方法已生产出数百种产品。图1-2为其中部分产品，这些产品过去是靠刨、铣方法加工出来的。

另一类产品是在其长度方向上是变断面的。轧制这类产品的轧辊孔型是变半径的，故这种轧辊需要靠仿形或数控机床加工。这种方法已广泛运用于锻造行业，生产锻件或模锻

坯，在锻造行业中称它为辊锻。目前，在我国用它生产五金工具、柴油机连杆、涡轮叶片等毛坯件，轧制方法如图1-1所示。

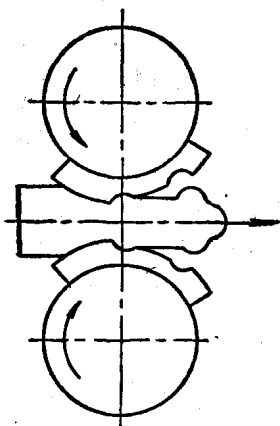


图 1-1 纵轧成型示意图

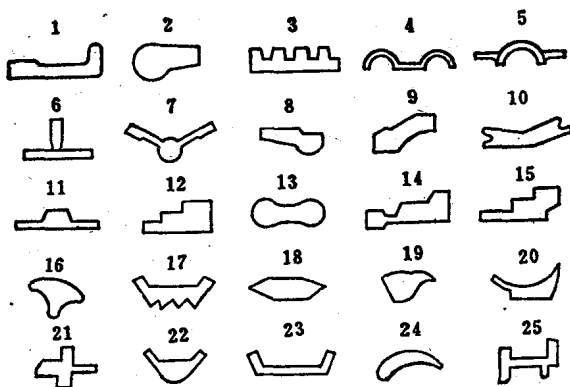


图 1-2 纵轧成型的部分产品

1—打字机滚架；2—风动工具零件；3—脱粒机零件；4—汽车箱体压板；5—轴承压盖；6、7、8、9、10—传动机械零件；11、12、13、14、15—各类缝纫机零件；16、17、18、19、20—纺织机械零件；21—无线电构件；22—电讯仪表零件；23—放映机零件；24—汽轮机叶片；25—民用钢窗

二、横轧成型

如图1-3所示，其特点是：1）两个轧辊的轴心线平行，其旋转方向相同；2）轧件作平行于轧辊轴心线并与轧辊旋转方向相反的旋转运动，进出料需要专门的装置。

横轧成型有两种类型。

第一类：轧辊孔型沿轴向是不变的，沿径向呈周期变化。轧件主要靠径向变形实现成型，如图1-3所示靠两个轧辊径向逐渐靠拢实现径向变形。这种方法生产圆柱齿轮、锥齿轮、花键轴及带螺纹零件等产品。有热轧与冷轧两种方式。图1-3为轧制齿轮的示意图。

第二类：轧辊孔型沿轴向逐渐变宽，形成一个楔子，故称楔横轧。它主要是靠产品直径缩小轴向伸长实现阶梯轴的成型，如图1-4所示。与第一类横轧不同的是轧辊径向在轧制时不需靠拢，因而轧机传动简单，操作容易，轧制一个产品的周期短（每分钟能轧制6~25个产品），如果产品不长，还可以成对轧制（每分钟能生产12~50个产品）。这种方法主要用来生产各种类型的阶梯轴，图1-5中表示的为楔横轧的部分产品。

三、斜轧成型

如图1-6所示，其特点是：1）两个轧辊的轴心线交叉一个不大的角度（一般交叉角 $2\alpha=4^\circ\sim 14^\circ$ ），其旋转方向相同（即两个轧辊在横轧的基础上各自转动一个 α 角，由于 α 角小而接近于横轧故也有人称它为横轧）；2）轧件在两个轧辊的交叉中心线上作旋转前进运动（故人们又称斜轧为螺旋轧制或横向螺旋轧制），与纵轧一样进出料靠轧辊自动完成。

斜轧成型也有两种类型。

第一类：螺旋孔型斜轧，如图1-6所示。在轧辊表面上带有变高度、变螺距的型槽，在它的作用下轧制出在长度方向上变断面的回转体产品，如钢球、滚子、丝杠等。

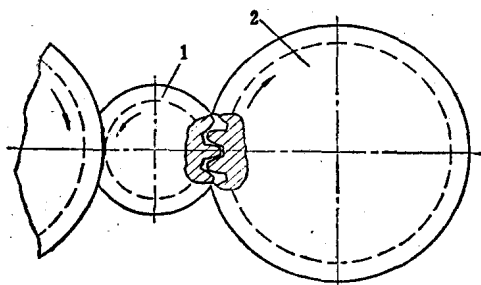


图 1-3 横轧齿轮示意图

1—轧件；2—齿形轧辊

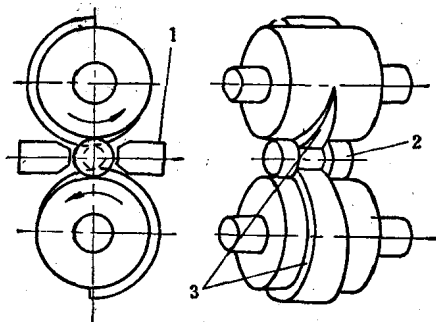


图 1-4 楔横轧示意图

1—导板；2—轧件；3—带楔形模的轧辊

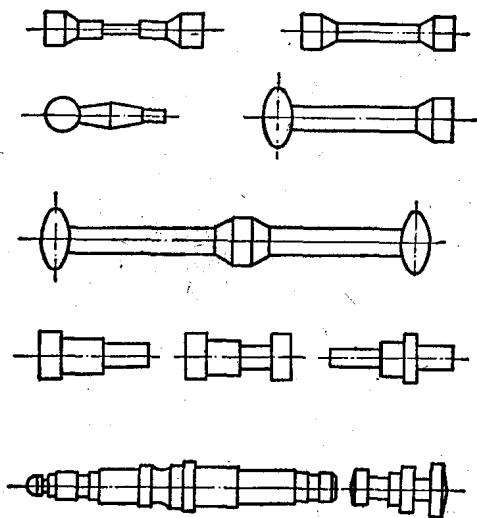


图 1-5 楔横轧的部分产品形状图

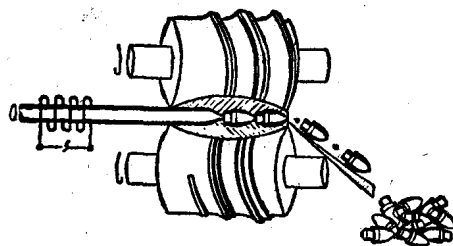


图 1-6 斜轧防滑钉示意图

第二类：仿形斜轧，如图 1-7 所示。它借助于仿形板控制（液压或机械的）三个旋转的锥形轧辊，作相对于轧件中心的径向运动以实现变断面轴的轧制。为了保持一定的拉力和支承轧件，在出口端设有夹持拉力装置。这种方式主要用来生产比较长的变断面轴产品。图 1-8 为仿形斜轧生产的纺织锭杆、刀剪、手术器械等毛坯件。

四、孔型斜轧、楔横轧、仿型斜轧的比较

从上面分类中可以看出螺旋孔型斜轧、楔横轧以及仿形斜轧都是生产在长度上变断面的轴类零件，即相当于车床上做出的产品。它们与切削或者锻造加工相比具有效率高、节约材料和无冲击少噪音等优点。

但是，这三者之间又有差异，这些差异决定了它们各自的运用范围。它们的区别有以下几个方面。

（一）生产率

孔型斜轧的生产率最高。它的生产率决定于轧辊的转速 n （转/分）与螺旋孔型的头数 Z ，计算生产率 Q 的公式为

$$Q = Zn, \text{ 个/分} \quad (1-1)$$

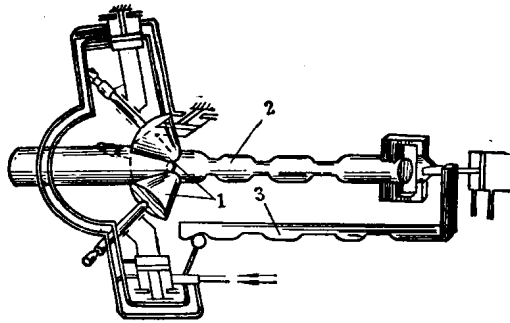


图 1-7 仿形斜轧示意图
1—锥形轧辊；2—轧件；3—仿形板

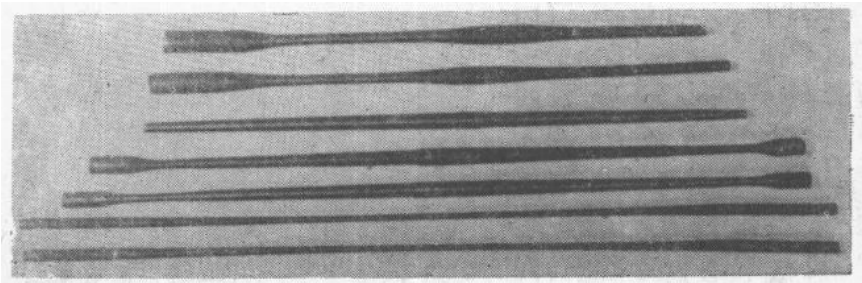


图 1-8 仿形斜轧的部分产品

对于热轧一般为

$$n=40\sim300\text{转/分}, Z=1\sim4, Q=40\sim1200\text{个/分}.$$

对于冷轧一般为

$$n=100\sim600\text{转/分}, Z=1\sim5, Q=100\sim3000\text{个/分}.$$

楔横轧的生产率次之。因为楔横轧进出料都需要占用生产时间，所以轧辊的转速不可能太高，一般 $n=6\sim25\text{转/分}$ ，计算生产率 Q 的公式为

$$Q=Yn \text{ 个/分} \quad (1-2)$$

式中 Y ，当单个轧制时为1，成双轧制时为2，故楔横轧的生产率一般为 $6\sim50\text{个/分}$ ，比孔型斜轧要低。

仿形斜轧的生产率最低。它不决定于轧辊的转速，主要决定于出料速度，其生产率最低，一般为 $0.5\sim6\text{个/分}$ ，即使如此，用它生产长轴类零件毛坯比一般切削、锻造加工还是高得多。

(二) 产品质量

孔型斜轧的产品质量最高。因为斜轧产品经过 $2\sim3$ 圈螺旋孔型轧制与精整，产品的同心度、表面光洁度、尺寸精度都能达到较高水平。如精密斜轧可以达到精车水平，以 $\phi 12$ 毫米的产品为例，其表面精度可达 $\nabla 4\sim\nabla 6$ ，尺寸精度可达 ± 0.05 毫米。

楔横轧的产品质量次之。因为它在不到一圈的孔型轧辊中成型，以 $\phi 40$ 毫米的产品为例，其表面精度可达 $\nabla 3\sim\nabla 5$ ，尺寸精度可达 ± 0.10 毫米。

仿形斜轧的产品质量最低。因为轧辊把轧件局部轧成后便离开轧件，产品精度较难控

制，以 $\phi 20$ 毫米的产品为例，一般轧后有轻微的螺旋纹，尺寸精度可达 ± 0.25 毫米。

(三) 材料利用率

孔型斜轧的材料利用率最高。因它是以长棒料作为坯料，整根料只是头尾平均损失一个产品的材料，故利用率高。尤其是轧制短小的产品，一般材料的利用率可达96%以上（这里说的材料利用率是指原材料轧制成零件毛坯的，不是指毛坯做成零件成品的材料利用率，下同）。

楔横轧的材料利用率次之。因为楔横轧每轧一个产品，对于以长棒料为坯料的损失一个料头，对于以短棒料为坯料的损失两个料头，故材料利用率低于孔型斜轧，一般材料利用率为85~95%。

仿形斜轧的材料利用率最低。这是因为它要消耗一个较大的夹持料头的缘故（产品较长，料头可利用的除外）。

此外，仿形斜轧和用短坯料轧制的楔横轧比斜轧多一个剪切下料工序。

(四) 轴台阶的过渡形状

楔横轧能轧制各种形状的台阶轴，包括90°的直台阶。孔型斜轧也能轧制各种形状的台阶轴，包括接近90°的台阶轴。仿形斜轧只能轧制带较大锥角的过渡台阶轴，这不仅造成材料利用率不高的缺点，而且运用范围受到限制。

(五) 轧辊复杂程度

仿形斜轧的轧辊为锥形与盘形两种，形状最简单。在更换轧制品种时，轧辊一般无需更换，只要更换仿形板就可以了。

孔型斜轧轧辊形状最复杂。一般为2~3圈变螺距、变高度的凸缘轧辊。无论设计计算、加工制造都相当复杂，尤其是对于形状复杂的产品，就更加麻烦。在更换轧制品种时，轧辊也要随之更换，因此当产品批量小时不宜采用，一般经济批量在30000~50000件以上，甚至100000件以上。

楔横轧轧辊形状比仿形斜轧复杂得多，但比孔型斜轧简单，加上它的生产工艺调整比孔型斜轧容易，故经济批量比孔型斜轧小，一般为20000件以上。

(六) 轧辊直径与长度

仿形斜轧不仅轧辊形状简单，而且辊径 D 与辊身长 L 都不大，例如轧制30~80毫米直径，长度小于2000毫米的产品，锥形轧辊的小头直径只有100~150毫米，长度跟直径差不多大小。

孔型斜轧不仅辊形复杂，而且辊径 D 与辊身长 L 都较大。其辊径一般应该保证以下两个条件

$$D \geq (4 \sim 5)d, \text{ 毫米} \quad (1-3)$$

$$D \geq (3.5 \sim 4.5)l, \text{ 毫米} \quad (1-4)$$

式中 d ——轧件的原始直径，毫米；

l ——轧制成品的长度，毫米。

式1-3是限制径向压缩量的，式1-4是限制孔型螺旋升角的。

如轧制80毫米直径的产品，轧辊直径一般应大于320~400毫米；如轧制长度为200毫米的产品，轧辊直径一般应大于600毫米。

孔型斜轧轧辊长度 L 一般为

$$L = (2 \sim 3)l \quad (1-5)$$

如轧制长度为200毫米的产品，其轧辊长度一般应大于400~600毫米。孔型斜轧生产直径或长度大的产品，由于轧辊辊径 D 与长度 L 过大是困难的，故一般孔型斜轧产品长度 l 都小于150~200毫米，超过这个数字的多采用楔横轧或仿形斜轧。

楔横轧轧辊直径 D 主要取决于轧制产品的被展长度尺寸 l_1 ，可用下式进行初步估算

$$D \geq 2l_1 \quad (1-6)$$

楔横轧轧辊长度 L 为

$$L \geq (1.1 \sim 1.3)l \quad (1-7)$$

楔横轧的轧辊直径 D 与长度 L 比仿形斜轧大得多，比孔型斜轧大，但轧辊辊身长度 L 小，轧辊孔型较斜轧简单故轧制产品的长度范围较大，一般应用在 $l=100 \sim 1200$ 毫米的产品上。仿形斜轧一般应用在 $l=200 \sim 3000$ 毫米的产品上。

孔型斜轧、楔横轧与仿形斜轧的比较列于表1-1，表中数据均为热轧时的。

表 1-1 孔型斜轧、楔横轧、仿形斜轧的比较

	孔 型 斜 轧	楔 横 轧	仿 形 斜 轧
单机生产率, 个/分	40~1200	6~50	0.5~6
坯料直径, 毫米	6~150	6~150	6~200
产品长度, 毫米	6~200	40~1200	200~3000
直径30毫米产品尺寸精度, 毫米	± 0.06	± 0.10	± 0.30
表面可达光洁度,	$\nabla 4 \sim \nabla 6$	$\nabla 3 \sim \nabla 5$	有轻微螺旋纹
材料利用率, %	> 96	> 85	> 75
轧辊形状	复 杂	较复杂	简 单
轧辊直径	较 大	大	很 小
轧辊长度	最 长	较 长	很 短
进 出 料	自动进出料	需要进出料装置	需要进出料装置
更换品种时的轧辊情况	需更换轧辊	需更换轧辊	无需更换轧辊
产品台阶处的角度, 度	0~接近90	0~90	有较大过渡锥
生产工艺调整	难掌握	易掌握	较难掌握

第二节 斜轧成型的运用与发展

早在十九世纪后期就出现辊式斜轧机生产无缝钢管工艺。因此人们早就设想过能否利用斜轧运动原理，把轧辊做成螺旋孔型，用它轧制各种回转体零件。这个想法到二十世纪四十年代末五十年代初才在苏联、日本、美国等国家得到实现和发展，用它高效率地生产钢球、丝杠等产品（包括冷轧与热轧、实心与空心的），并收到显著的技术经济效益。但是，由于孔型斜轧成型在技术上的复杂性，二十多年来在国外发展并不很快，其产品形状大都是比较简单的。

1958年，一机部机械科学院、北京钢铁学院等单位与工厂相结合开展了斜轧成型的研究工作，并使轴承钢球、滚子一类产品投入生产或试生产。经二十多年的实践，尤其是近几年的工作，我国斜轧成型技术在三个方面有较大的进展：

1) 扩大产品的尺寸范围，在国外由于导板的限制以及其它问题，热轧产品直径大都在 $\phi 16 \sim 20$ 毫米以上，我国已经能轧制直径为 $\phi 6$ 毫米长度为180毫米的产品；

2) 除了能轧制简单形状的产品外, 目前还能轧制由3~6个回转体组成的比较复杂的产品;

3) 已经掌握了热精密斜轧成型技术, 其产品的尺寸与表面精度都达到或者接近精车水平, 即实现少切削无切削一次成型。

以上三个方面的进展与突破, 为斜轧成型的发展与运用范围的扩大起了很大作用, 并且说明我国斜轧成型技术已经达到一定的水平。

我国孔型斜轧成型的运用与发展可概括为以下七个方面。

一、球磨钢球

图1-9为斜轧钢球的示意图。

我国黑色与有色金属选矿、煤炭、电力、水泥等工业部门每年都要消耗数以十万吨计的球磨钢球与铁球。这么多的钢球与铁球过去都是靠锻造或者铸造方法生产的。而这两种方法都存在生产效率低、劳动条件差、占用设备多和生产成本高等缺点。

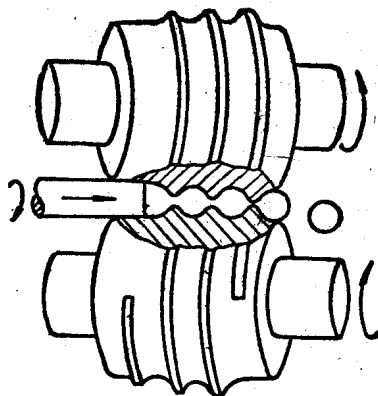


图 1-9 斜轧钢球的示意图

早在1960年, 北京钢铁学院设计了一台倾角不能连续调整的 $\phi 50$ 毫米的球磨钢球轧机, 用它轧制出合格的球磨钢球。

1968年, 邯郸钢铁厂两台由苏联进口大型的 $\phi 40 \sim 80$ 、 $\phi 80 \sim 120$ 毫米球磨钢球轧机投入了生产。之后, 该厂对这两台轧机作了两项重大改进: 第一突破原设计能力, 把 $\phi 40 \sim 80$ 毫米轧机的最大能轧直径83毫米的钢球提高到能轧制直径104毫米的钢球; 第二在两台轧机上都实现双头轧制, 在 $\phi 40 \sim 80$ 毫米的轧机上双头轧制出直径为46.5~62毫米的钢球, 在 $\phi 80 \sim 120$ 毫米的轧机上双头轧制出直径为72.5~93.5毫米的钢球。轧机的效率得到成倍提高。最近, 该厂又使三头轧制直径为41.5毫米的钢球投入了生产。

斜轧球磨钢球在我国已得到较广泛的运用, 除鞍山钢铁公司、本溪钢铁公司等钢铁企业安装了大型斜轧机外, 还在有色金属、电力、水泥等部门建立了中小型的斜轧机。总之, 我国斜轧球磨钢球的能力已达30万吨/年。这些工厂的生产表明, 斜轧工艺与锻造工艺相比, 单机的生产效率提高10倍以上, 生产工人大幅度减少, 产品成本大幅度地下降, 收到十分显著的技术经济效益。

为了挖掘现有轧机的生产潜力, 为新设计轧机提供依据, 北京钢铁学院与邯郸钢铁厂共同对 $\phi 40 \sim 80$ 、 $\phi 80 \sim 120$ 毫米的两台轧机进行了较全面的能力参数的测定, 包括各种

钢球的规格、温度、钢种、轧辊倾斜角、单双头孔型以及事故轧制等，获得较为全面的斜轧钢球的力能参数数据。在实测数据的基础上，绘制出力能参数曲线、并归纳出计算压力的实验公式。

1973年，北京钢铁学院与包头钢铁公司联合设计了一种新形式的 $\phi 75$ 毫米球磨钢球轧机。它采用了我国实测的力能数据，在结构上取消了苏联轧机上的 $\square$ 形架，设立了保证产品质量的带钢压下装置等。这台轧机与苏联设计的同类型轧机相比，重量减轻30%以上，并且具有调整方便，容易更换轧辊等优点。投产以来生产正常。这种轧机作局部改进后已推广到许多工厂。按照这种形式已设计出我国最大的 $\phi 150$ 毫米的球磨钢球轧机。

目前我国已经掌握了这项轧球新工艺，生产出各种规格尺寸的球磨钢球，其产品如图1-10所示。

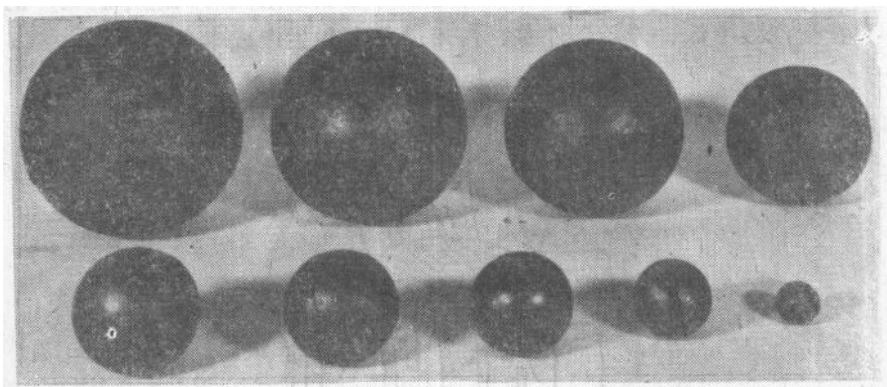


图 1-10 斜轧的 $\phi 20 \sim 125$ 毫米的球磨钢球

北京钢铁学院冶金系与邯郸钢铁厂共同研制成功电渣熔铸大型球磨钢球的异型轧辊坯，其使用寿命达到锻造辊坯的水平。这样做不仅解决了大型斜轧轧辊坯的问题，而且可将废轧辊重熔再用，加上轧辊毛坯的内孔与表面的螺旋槽都铸造成锥形，因而减少了机加工的工作量。

为了提高铁精矿的品位、减少尾矿的含铁量，今后的选矿应发展细磨再选，反复选等新工艺。为此需要数以亿计的小钢球。这样大量的钢球，使用目前每分钟生产100多个球的斜轧机生产这样大量的钢球是难以胜任的，因此需要研究多头快速的斜轧机。

二、轴承钢球与滚子

我国斜轧成型的研究工作是从轴承钢球与滚子开始的。1959年，在一机部机械科学院的帮助下，瓦房店轴承厂首先采用斜轧工艺生产轴承钢球。1960年，该厂又在北京钢铁学院的帮助下轧制成功球面滚子与锥面滚子。但在以后的十多年中，这项工艺并没有在轴承行业中得到广泛运用，轴承厂仍以冷镦机生产滚动体，斜轧只限于生产 $\phi 25$ 毫米以上的钢球。其原因有两个：1) 斜轧采用箱式电炉加热短料，不能形成连续高效率的生产；2) 球化退火的冷拔料经箱式电炉加热后，组织遭到破坏，轧后还要作球化退火处理，所以斜轧不但多一次轧制前的加热工序，而且多一次麻烦的球化退火工序，故斜轧不如冷镦好，只是对于大型滚动体，由于冷镦机设备太大难于制造才用热斜轧生产。

1972年，北京钢铁学院与北京轴承厂共同研究成功单孔型热斜轧工艺（图1-11），使

斜轧轴承滚子有了新的进展。单孔型热斜轧的研究成功带来三个好处：1) 导板的厚度增加，因而可以轧制小规格滚动体，如已生产出直径6毫米的圆柱滚子；2) 产品的尾巴可全部切除，提高了斜轧产品的质量；3) 轧辊孔型的加工以及轴向、相位调整都大为简化等。北京轴承厂运用单孔型斜轧已生产了50多个品种，数以千万计的圆柱、圆锥滚子，斜轧方法已成为该厂滚子生产的主要手段之一。

之后，北京轴承厂在生产中采用了中频快速加热、多头轧制等技术，使生产效率超过了冷镦机，达到360个/分以上。此外，由于采用快速感应加热，轧后空冷，GCr15钢的球化组织得到保持，故轧后不必再作球化退火处理。最近，北京轴承厂建成一条快速感应加热、精密轧制（单面裕量为0.2毫米左右）、轧后快速均温、直接淬火、回火、洗油连续生产线。这条生产线与冷镦相比有三个优点：1) 生产效率高；2) 省掉去环带及软磨工序；3) 工艺流程（从棒料到成品淬火）缩短。这就为我国的轴承滚子生产闯出一条新路。这说明斜轧成型工艺不仅能用来生产大型滚动体，而且将用来生产中小型滚动体。特别是多头、快速、精密轧制，不仅提高产品质量、节省工序，而且把台生产率提高到500个/分以上，这是冷镦机无法比拟的。

图1-12为我国斜轧出来的圆柱、圆锥、球面滚子等产品。

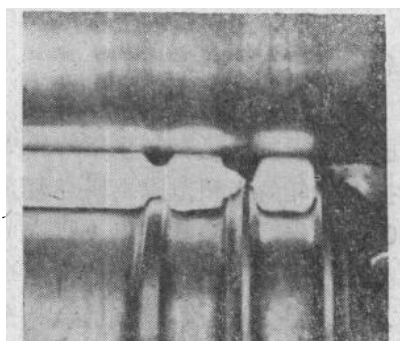


图 1-11 单孔型斜轧圆柱滚子

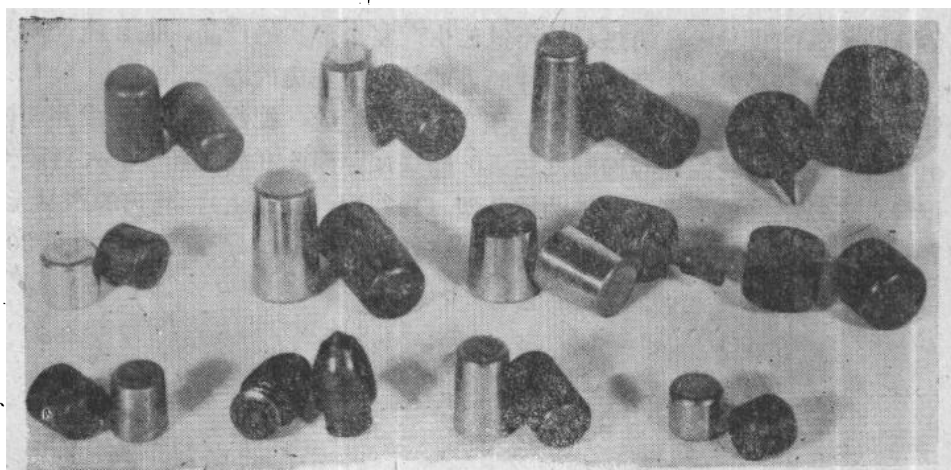


图 1-12 斜轧的圆柱、圆锥和球面滚子等产品

为了提高斜轧轴承滚子轧辊的寿命，生产中采用了3Cr2W8V渗碳工艺取得较好的效果，使轧辊一次重磨的寿命由3~5万粒提高到6~10万粒，个别的达到24万粒。

三、冷轧小钢球及滚针

3~6毫米的小钢球用量很大,用途也很广泛,其中以自行车钢球的用量最大。几十年来,这种小钢球主要靠冷锻工艺生产,为了增加产量,一方面是增加设备台数,另一方面是提高冷锻机效率。提高冷锻机效率的办法为提高往复次数和增加头数,目前的冷锻钢球机已达到200转/分,并将单头变为双头,故生产率达到400个/分左右。由于往复运动的惯性负荷大、多头冷锻作业率低,故大幅度提高冷锻机的效率是比较困难的。

从1973年起,我国生产自行车钢球最早、产量最大的天津自行车钢球厂首先研究成功冷斜轧小钢球工艺,把单机的生产效率提高到400~800粒/分,工具的寿命、劳动生产率都显著提高。该厂为扩大斜轧小钢球的生产,先后设计了三种规格的斜轧机,轧制规格从1英分扩大到2英分,基本上取代几十年来的冷锻工艺,收到相当好的技术经济效果。

上海自行车钢球厂采用钳式斜轧机生产小钢球,同样收到相当好的技术经济效果。该厂采用四头孔型,轧辊转速270转/分,把单机生产效率提高到1080粒/分,与冷锻相比,效率提高3~5倍左右。经过一段时间的努力,把我国冷轧小钢球的生产效率提高到2000粒/分以上,应该说是可以实现的。

洛阳轴承厂研究成功冷轧滚针已经用于生产,与原来的车削工艺比较,效率提高近百倍,并且节约了金属。

图1-13为热斜轧的轴承钢球和冷轧的小钢球。

四、复杂形状产品

二辊孔型斜轧成型技术,在国外运用虽然已有20多年的历史,但所见到的大都是球柱一类形状比较简单的产品,为了扩大斜轧的运用范围,研究复杂产品的斜轧有很大意义。

1972年,北京钢铁学院与3603厂协作,在实验轧机上研究成功由三个回转体组成的防滑钉的轧制(图1-6),其产品如图1-14所示。该产品外径为14毫米,长度为24毫米。由于最大外径14毫米处只有4毫米长,因而采用一个深型腔轧辊、一个浅型腔轧辊进行轧制,这样做的好处是既增加导板的宽度又保证尾巴的切除。为此设计了专用轧机,生产出合格的产品。用斜轧一次成形代替原来的下料、冲压、去飞边等工序,效率提高5倍,节约金属15%。斜轧防滑钉的成功,证明热斜轧不但能生产复杂形状的产品,而且能轧制头部带尖的产品。众所周知这种带尖的产品用冷冲的方法是难于完成的。

此外,在斜轧防滑钉产品上还作了一项有意义的试验,把冷拔棒料改成热轧棒料进行轧制。由于热轧棒料直径偏差与椭圆度达 ± 0.65 毫米,因此在轧辊孔型的入口段设计了精整锥,棒料首先经精整锥后再进入带凸棱孔型(均在同一轧辊上),轧出的产品无论直径偏差或者椭圆度均不超过 ± 0.1 毫米。由于冷拔材改为热轧材,产品的成本下降30%。

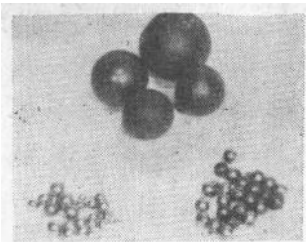


图 1-13 斜轧的轴承钢球(上面大的为热轧的,下面两堆小的为冷轧的)



图 1-14 斜轧的防滑钉