

精密模锻

肖景容等编

机械工业出版社

前 言

精密模锻是从一般模锻逐步发展起来的一种少无切削工艺。它与一般模锻相比，具有如下优点：（1）提高材料利用率；（2）部分取消或减少切削加工；（3）提高锻件的尺寸精度和表面质量；（4）可以获得合理的金属流线分布，从而提高零件的承载能力。因此，对于量大面广的中小型锻件，若能采用精密模锻方法生产，则可显著提高生产率，降低产品成本和提高产品质量。特别是对于一些难以切削的贵重金属如钛、锆、钼、铌等合金零件，采用精密模锻生产，更有重要的意义。因而得到了国内外普遍的重视，在科研工作中取得了可喜的成果，并在生产中取得了明显的经济效益。为了推广这项新工艺，及时总结经验，结合我们科研工作中的体会和所搜集的一些有关资料，编写了此书，以供从事这方面工作的科技人员参考，不当之处，请批评指正。

全书由肖景容同志主编，具体参加本书编写的有：周士能（第一章）、徐龙啸（第二章）、肖景容（第三、四章）、吴安、李尚健（第五、六章）、夏巨湛（第七章）。

本书承赵静远、许昭仁、赵子明、陈树莉、王焱山和张方钧等同志审阅，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢！

编 者

目 录

前 言

第一章 棒料精密剪切	1
一、概述	1
二、高速剪切	2
三、径向夹紧剪切	19
四、轴向加压剪切	27
五、自动称重剪切	31
六、渐进精密剪切	37
第二章 钢材少无氧化加热	39
一、敞焰少氧化加热	41
二、感应加热	80
三、保护-润滑涂层	101
第三章 精密模锻时的变形力和变形功	110
一、概述	110
二、几种常用的理论分析方法及模拟实验方法	111
三、几种计算经验公式及图表	115
第四章 精密模锻时的金属流动	141
一、概述	141
二、锻件的分类	141
三、轴对称锻件的形状难度系数	143
四、飞边槽尺寸的设计	143
五、精锻锻坯的设计	145
六、设计锻坯的经验数据	147
七、一般小锻件锻坯形状和尺寸的确定	149
八、分析金属流动的现有理论方法举例	150
第五章 精密模锻工艺	156
一、概述	156
二、精密模锻件的尺寸精度和表面光洁度	161
三、精密模锻时的润滑	176

IV

四、精密模锻工艺设计	191
五、模具设计	213
六、模具材料	232
第六章 精密模锻实例	260
一、密集形锻件精密模锻工艺	265
二、盘形锻件精密模锻工艺	294
三、长杆形锻件精密模锻工艺	347
第七章 精密模锻设备	366
一、精密模锻工艺对设备的基本要求及设备的类型	366
二、机械压力机	368
三、螺旋压力机	388
四、各类精密模锻设备的特点和适用范围	410

第一章 棒料精密剪切

一、概 述

随着精锻工艺的不断发展，对下料的要求也越来越高，如何提高精锻毛坯的几何精度、断面质量、重量公差以及生产率等，已成为发展精锻工艺的一个重要课题。

精锻用的毛坯，一般均以棒材为原材料，经过下料后要求重量公差小、断面塌角小、断面平整并与轴线垂直。但到目前为止，精锻工艺对毛坯质量的要求，还没有一个统一标准。生产中评定毛坯的剪切质量和精度，通常以 $\eta_0 = \frac{\Delta V}{V}$ ， $f_0 = \frac{f}{d}$ ， $k_0 = \frac{k}{d}$ ， $b_0 = \frac{b}{d}$ ， $S_0 = \frac{d - d_1}{d}$ 和 φ 等技术参数或以 ΔV 、 f 、 k 、 b 、 $d - d_1$ 等数值来表示。式中， η_0 、 f_0 、 k_0 、 b_0 、 S_0 和 φ 分别为毛坯的体积偏差（或重量偏差）、塌陷、压塌、断面不平度、断面椭圆度和断面倾角。 ΔV 为剪切后的毛坯实际体积与精锻工艺所要求的毛坯体积的差值， V 为精锻工艺要求的毛坯体积， f 、 k 、 b 、 φ 、 d 和 d_1 等符号的意义，见图 1-1。

精锻工艺对毛坯质量和精度的要求，如表 1-1 所列。

为了得到高质量的剪切毛坯，以满足锻造工艺对毛坯质量和精度的要求，在生产上常用的下料方法有：采用锯切或车床切断，能获得较好的毛坯质量，而且不受毛坯长径比 l/d 的限制，

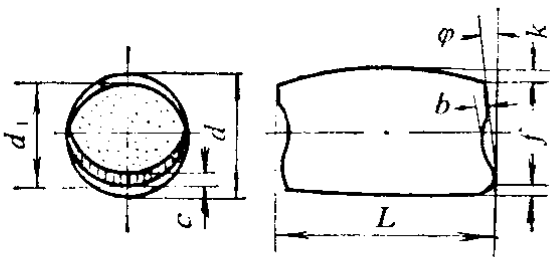


图1-1 评价毛坯剪切质量的一些技术参数

f 、 k —分别为静、动剪刀形成的压塌深度 b —断面不平度 φ —断面倾角 d 、 d_1 —分别为棒料直径和毛坯最小直径 c —断面光亮带宽度 L —毛坯长度

但是材料利用率和生产率低，制造成本较高，一般仅适用于小批量生产；在普通棒料剪断机上进行一般剪切或采用模具冲切下料，具有生产率高和材料利用率高等优点，但毛坯的几何形状会发生畸变、歪斜，甚至产生表面裂纹和加工硬化，在下料以后还要进行镦压等后处理工序。因此，为了得到断面平整、没有塌角以及重量公差均一的优质毛坯，必须研究和发展精密下料工艺及其相应的专用设备。

表1-1 锻造工艺对剪切毛坯的质量要求

名 称	冷 锻		热 锻	
	锻造、挤压	闭式模锻	开式模锻	
体积偏差 η_0	0.02	0.02	0.02	0.05
塌 陷 f_0	0.02	0.03	0.04	0.06
压 塌 k_0	0	0.01	0.04	0.06
断面不平度 b_0	0	0.01	0.05	0.12
断面椭圆度 s_0	0.02	0.03	0.08	0.15
断面倾角 φ_0	1°	3°	5°	7°

近十几年来，国外在研究棒料精密剪切工艺和设备中，对提高切断面质量、减少断面变形、严格控制重量公差以及提高生产率等方面，作了大量工作。国内也有一些单位，对精密剪切工艺与设备，开始进行试验研究，取得了一定的效果。

下面就棒料精密剪切中几种主要方法进行介绍，供精锻工艺的毛坯制备参考。

二、高 速 剪 切

(一) 剪切过程

图 1-2 所示为棒料剪切的一般情况。由图可以看出，当剪刀与棒料接触时，在接触面上的压力迅速增加，开始产生塑性变形。剪刀切入棒料一定深度后，在上、下刃口处材料开始出现裂纹，随着动剪刀逐渐下降，上下裂纹不断向材料内部扩展，并在棒料中心附近相交，使毛坯和棒料分离，完成整个剪切过程。

生产实践指出，在低速剪切时，上下裂纹最初的扩展路线总是偏离剪切面的，但在棒料中心附近又彼此相交。因此，剪切后的毛坯断面是不平整的（见图 1-3），其椭圆度、断面不平度、断面倾角以及长度或重量公差等，都不能满足精锻的工艺要求。

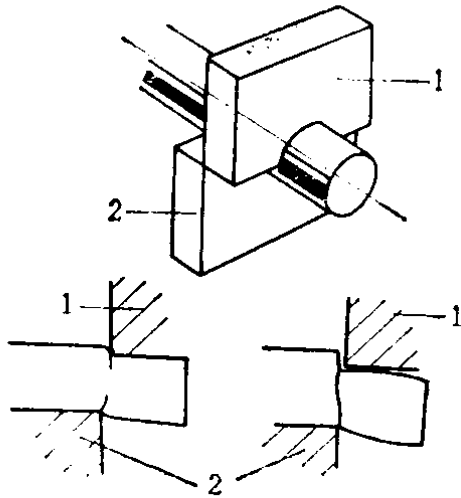


图1-2 棒料剪切过程

1—动剪刀 2—静剪刀

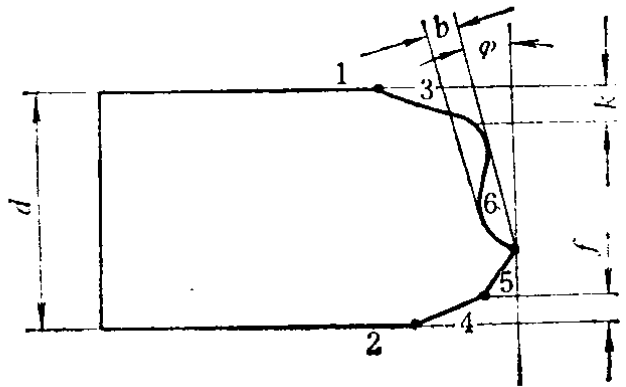


图1-3 低速剪切后的毛坯断面质量

1、2段—分别由动、静剪刀形成的压印面 3、4段—由棒料剪切时弯曲变形产生的倾斜面 5段—剪刀切入材料出现的光亮带 6段—动、静剪刀刃口处产生的裂纹不断向棒料内部扩展形成的断面

近年来的一些试验研究表明，提高剪切速度，即采用高速剪切，可以明显地改善剪切毛坯的几何形状和尺寸精度，甚至能获得与锯切、车切相似的断面质量。

图 1-4 示出同一材料采用三种不同速度剪切后的断面质量情况。可以看出，低速剪切（ $V = 0.001$ 米/秒）时，材料的变形区较宽，剪切后断面质量较差。但随着剪切速度的不断增加，毛坯的剪切质量也逐步提高。当剪切速度为 6.5 米/秒时（图 1-4 c），材料变形区及其影响的面积都变得很小，毛坯的剪断面与其轴线能相互垂直，断面不平度和椭圆度也很小。与低速剪切（图 1-4 a）相比，毛坯的剪切质量明显提高了。因此，棒料的高速剪切工艺与设备，随着生产的不断发展，开始得到了广泛应用，目前已成为一种常见的棒料精密剪切方法。

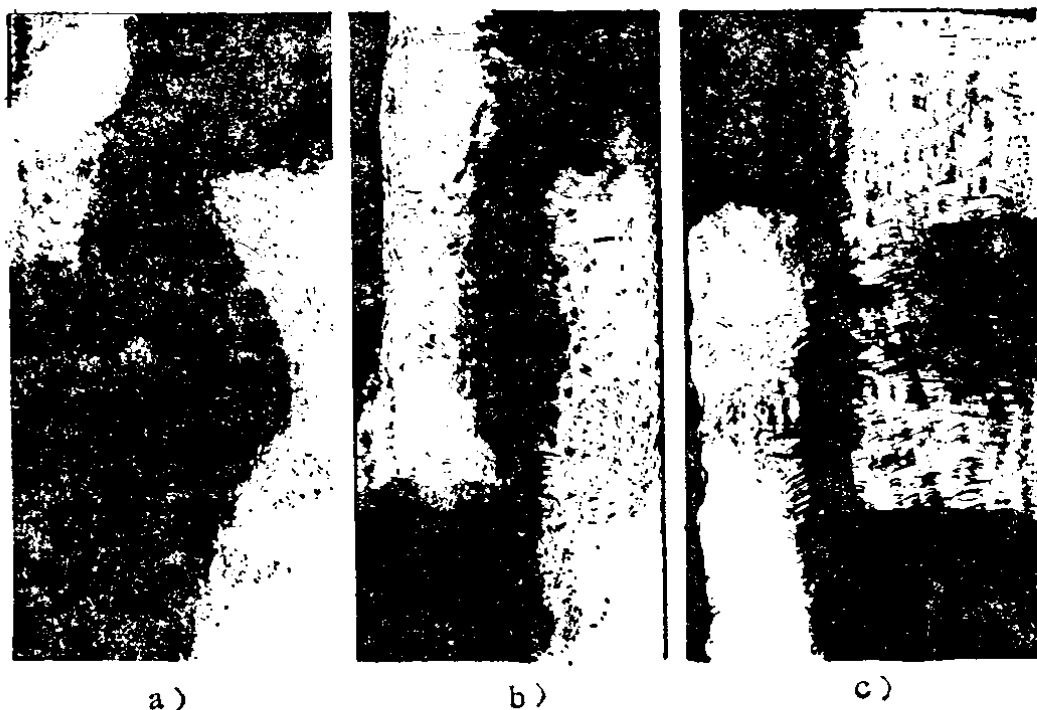


图1-4 采用高速剪切和低速剪切低碳钢棒料的断面质量

a) $V = 0.001$ 米/秒 b) 0.1 米/秒 c) $V = 6.5$ 米/秒

(二) 高速剪切的毛坯精度

在高速剪切时，毛坯的剪切断面质量和剪切精度，也可以用 η_0 、 f_0 、 k_0 、 b_0 和 ϕ 等技术参数或以 ΔV 、 f 、 K 、 b 、 φ 等数值来评定（见图 1-1）。据某些研究成果指出，影响高速剪切质量的因素很多，它与被剪材料的机械性能、棒料直径、剪切速度以及剪刀间隙等因素有关。同时，由于高速剪切的变形机理，目前在理论上还未完全清楚，因此，高速剪切所能达到的毛坯精度，现在还没有统一的质量标准，有待于在实践中进一步研究和认识。

表 1-2、表 1-3、表 1-4 和表 1-5 所介绍的，是在不同的材料种类、直径、剪切速度和剪刀间隙等条件下进行高速剪切的毛坯精度实例。

表 1-2 示出高速剪切（剪切速度为 4.5 米/秒）20Cr 钢的毛坯精度。表 1-3 为 15 号、45 号、T 15 和 20CrMnTi 等热轧钢棒料的高速剪切毛坯精度。表 1-4 系退火的与未退火的 GCr15 热轧钢棒料高速剪切后的毛坯精度。表 1-5 为剪切直径 $\phi 25.37$ 毫米的软钢材料，以剪切速度 9.1 米/秒和 15 米/秒得到的毛坯精度。

表1-2 高速剪切（剪切速度为4.5米/秒）
20Cr钢的毛坯精度

剪 切 材 料 和棒料直径	断面椭圆度 $f = d - d_1$ (毫米)	断面不平度 b (毫米)	断面倾角 φ	毛坯长度 L (毫米)	重量公差 (克)
20Cr钢($\phi 5.26$ 毫米)	1.2~2.2	0~0.15	10'~1°20'	59.4~59.7	1000 ± 10
20Cr钢($\phi 40.7$ 毫米)	0.9~1.4	0.18~0.34	10'~48'	64~61.2	622 ± 8

表1-3 15号、45号、T15和20CrMnTi等
热轧钢棒料高速剪切后的毛坯精度

剪 切 材 料	棒料直径和 径向间隙 ΔR_1 、 ΔR_2	剪 切 速 度 V 和轴向间隙 μ	f_1 (毫米)	f_2 (毫米)	φ_1	φ_2	b_1 (毫米)	b_2 (毫米)
45号钢	$\phi 40$ 毫米	$V = 5.13$ 米/秒	2.0~	1.7~	50'~	38'~	0.12~	0.20~
	$\Delta R_1 = 0.70$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.76$ 毫米	$\mu = 0.33$ 毫米	2.2	1.9	56'	1°	0.22	0.40
20 Cr Mn Ti	$\phi 40.6$ 毫米	$V = 5.13$ 米/秒	1.2~	1.4~	0'~	0'~	0.10~	0.20~
	$\Delta R_1 = 0.46$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.22$ 毫米	$\mu = 0.33$ 毫米	1.5	1.6	18'	8'	0.14	0.28
15号钢	$\phi 35.6$ 毫米 $\Delta R_1 = 0.75$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.90$ 毫米	$V = 4.08$ 米/秒 $\mu = 0.04$ 毫米	—	—	2°	—	0.6	—
T 15	$\phi 35.6$ 毫米 $\Delta R_1 = 0.75$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.90$ 毫米	$V = 4.08$ 米/秒 $\mu = 0.04$ 毫米	—	—	2°	—	0.5	—

注：1. ΔR_1 和 ΔR_2 分别为棒料与静剪刀孔、动剪刀孔的径向间隙。
2. f_1 、 f_2 、 φ_1 、 φ_2 、 b_1 和 b_2 分别为静剪刀剪切端和动剪刀剪切端的断面塌陷深度、断面倾角和断面不平度。

表1-4 退火的与未退火的GCr15热轧钢棒料
高速剪切后的毛坯精度

剪 切 材 料	机 械 性 能	棒料直径和 径 向 间 隙 ΔR_1 、 ΔR_2	毛 坯 精 度	f_1 (毫米)	f_2 (毫米)	φ_1	φ_2	b_1 (毫米)	b_2 (毫米)
GCr15 (退火的)	$\sigma_b = 50$ 公斤 力/毫米 ²	$\phi 40$ 毫米 $\Delta R_1 = 0.70$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.76$ 毫米	最大值	2.14	2.20	46'	10'	0.10	0.26
			最小值	2	2.14	6'	6'	0.10	0.14
GCr15 (未退 火的)	$\sigma_b = 85$ 公斤 力/毫米 ²	$\phi 40.6$ 毫米 $\Delta R_1 = 0.16$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.22$ 毫米	最大值	1.4	1.5	50'	58'	0.20	0.40
			最小值	1.1	1.4	40'	38'	0.18	0.34

注：1. ΔR_1 、 ΔR_2 分别为棒料与静剪刀孔、动剪刀孔的径向间隙。
2. f_1 、 f_2 、 φ_1 、 φ_2 、 b_1 和 b_2 分别为静剪刀剪切端和动剪刀剪切端的断面塌陷深度、断面倾角和断面不平度。
3. 未退火的材料硬度HRB = 100， $\sigma_b = 85$ 公斤力/毫米²；退火的HRB = 78， $\sigma_b = 50$ 公斤力/毫米²。

表1-5 高速剪切软钢材料后的毛坯精度

棒料直径 (毫米)	剪切速度 (米/秒)	毛 坯 精 度	f_1 (毫米)	f_2 (毫米)	b_1 (毫米)	b_2 (毫米)	φ_1	φ_2
$\phi 25.37$	9.1	最大值	—	0.69	—	0.46	—	1°30'
		最小值	—	0.56	—	0.28	—	1°26'
$\phi 25.37$	15	最大值	0.61	0.79	0.33	0.61	1°35'	1°55'
		最小值	0.51	0.63	0.08	0.25	0°45'	1°

注： f_1 、 f_2 、 b_1 、 b_2 、 φ_1 和 φ_2 分别为静剪刀剪切端、动剪刀剪切端的断面塌陷深度、断面不平度和断面倾角。

(三) 影响高速剪切毛坯质量的因素分析

1. 剪切速度 图 1-5 所示为 15 号、45 号等钢材剪切时用不同剪切速度得到的毛坯断面情况。由图可以看出，评定毛坯剪切质量的一些技术参数，如 f/d 、 φ 和 b/d 等，都是随着剪切速度的增加而减小的。提高剪切速度，剪切效果较好。对于高速剪切所获得良好的剪切质量，通过试验研究，人们已提出了各种解释。最初认为高速剪切能改善毛坯质量是由于绝热的影响，即由于剪切速度高，剪切变形所产生的热量还无足够的时间从变形区

向四周扩散，造成局部加热，产生局部剪切变形，使材料分离。最近又从断裂力学观点，认为高速剪切时，材料断裂韧度下降，接近于脆性断裂，因此剪切面变形减小，毛坯剪切质量得到明显提高。这些看法，尚不成熟，有待于进一步试验研究和理论分

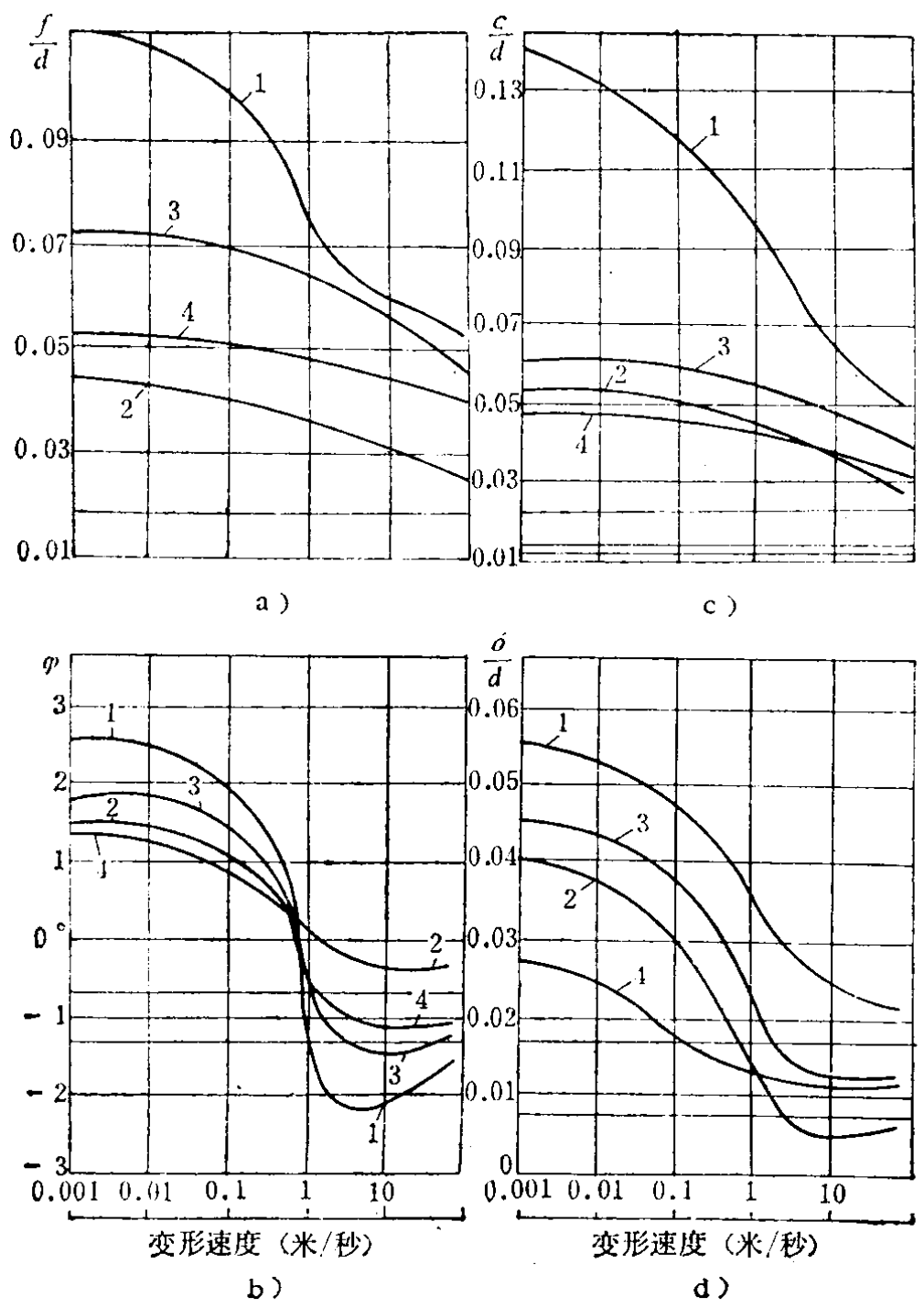


图1-5 以不同的速度剪切15号、45号等钢材的毛坯质量
a)、b)、c)、d) 分别为 f/d 、 φ 、 c/d 、 b/d 与
剪切速度的变化关系
1—A3钢 2—10号钢 3—15号钢 4—45号钢

研，才能掌握高速剪切变形的内在规律，从而不断提高毛坯剪切质量和探讨新的机器结构及其最佳设计参数。

剪切速度对毛坯剪切质量的影响，国内一些单位，也作了大量的研究工作，先后在 250 公斤空气锤、内燃式高速剪切机和气动式高速剪切机上，分别以 3 米/秒~9.2 米/秒的剪切速度对 20Cr 冷拉钢以及其它钢种进行了几万次的剪切试验。当剪切速度在 4.5 米/秒时，毛坯的剪切质量就能明显提高。而在超过此剪切速度剪切时，对毛坯质量的进一步改善并不显著。研究指出，剪切速度过高时，模具和设备所承受的冲击载荷太大，会影响模具和设备的使用寿命。但对于打击能量较小的高速剪切机来说，选择较高的剪切速度也是允许的。因为其冲击和振动，相对于大能量的高速剪切机来说，还是较小的。而提高剪切速度，除下料质量有所改善外，还能减轻机器锤头系统重量，达到结构紧凑的设计效果。瑞典 HJO 公司制造的 PSA20 型和 PSA60 型高速剪切机，就是根据这一理由设计制成的。该剪切机的最大剪切速度为 10 米/秒，可以分别剪切直径为 $\phi 12$ 毫米和 $\phi 20$ 毫米的钢棒料。

2. 棒料与静剪刀、动剪刀的径向间隙 ΔR_1 和 ΔR_2 。棒料直径与静剪刀和动剪刀之间的径向间隙值 ΔR_1 、 ΔR_2 对毛坯的剪切质量影响很大。由图 1-6 可以看出，为便于棒料送进和毛坯取出，棒料与剪刀模孔之间应有一定的径向间隙 ΔR_1 和 ΔR_2 。但径向间隙过大的剪切，会使棒料发生歪斜，剪切后的毛坯塌陷和断面倾角 φ 明显增大，剪切质量急剧下降。因此，此间隙值应尽可能小，通常取为棒料径向公差加上棒料能够通过剪刀模孔的附加量。这个附加量根据棒料直径不同，可取 0.127~0.254 毫米。

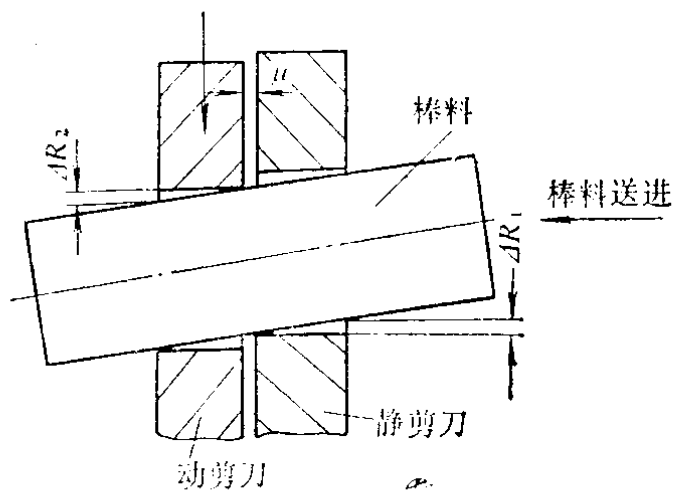


图1-6 动、静剪刀的轴向间隙 μ 及其与棒料的径向间隙 ΔR_2 、 ΔR_1

此外，由于动剪刀、静剪刀和剪切机本身的制造精度关系，在决定径向间隙 ΔR_1 和 ΔR_2 时，必须考虑每次剪切后动剪刀模孔的复位误差（即动剪刀复位后与静剪刀模孔不同心，需要增大的径向间隙值）。同时，为使棒料便于从静剪刀模孔送入动剪刀模孔内，棒料与动剪刀之间的径向间隙值 ΔR_2 和棒料与静剪刀的径向间隙值 ΔR_1 是不同的，一般应取 $\Delta R_2 > \Delta R_1$ ，见表 1-3、表 1-4。

3. 动、静剪刀的轴向间隙 μ 剪刀的轴向间隙也影响毛坯的剪切质量。图 1-7 分别示出高速（或低速）剪切 15 号钢和 杜拉铝材料时，动、静剪刀的轴向间隙 μ 与毛坯断面倾角 φ 之间的变化关系。由图 1-7 a、b 可以看出，在高速剪切时，衡量剪切质量指标之一的断面倾角 φ 是随剪刀轴向间隙 μ 和被剪材料性质等因素变化的。采用过大或过小的轴向间隙，剪切不同材料，都会增大毛坯断面倾角 φ ，降低毛坯的剪切精度。

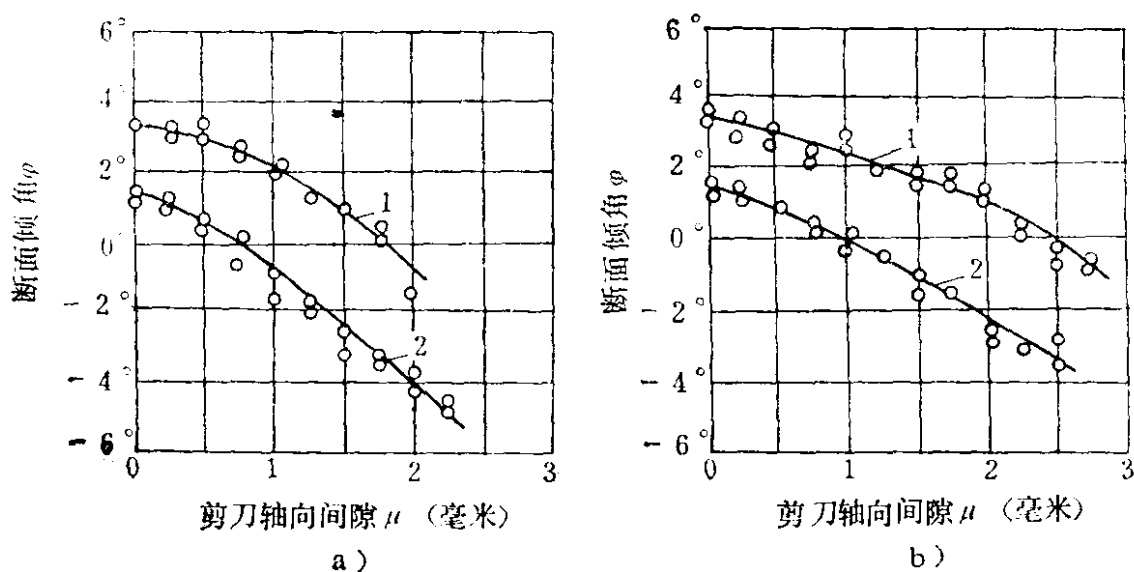


图1-7 高速（或低速）剪切时，剪刀的轴向间隙和毛坯断面倾角的变化关系

a) 15号钢，棒料直径为38.1毫米 b) 杜拉铝，棒料直径为50.8毫米
1—剪切速度为0.03米/秒 2—剪切速度为5.2米/秒

合理的轴向间隙值 μ ，应根据被剪材料的机械性能和直径选取。对于图 1-7 所示材料，建议取 0.05~0.15 毫米。

4. 被剪材料的机械性能 高速剪切时，被剪材料的机械性能对毛坯的剪切质量有很大关系。国内某些单位对 15 号、45 号等钢材进行的试验研究表明，这些钢材采用高速剪切可明显改善毛坯质量。但对于铜及其合金、锌、钛以及某些软铝等材料，高速剪切的效果并不明显，其剪切质量与低速剪切相似。以高速剪切直径 $\phi 35.6$ 毫米的软铝材料为例，毛坯的断面塌陷 f 、断面倾角 φ 和断面不平度 b 都很大，其平均值分别为 2.5 毫米、 $2^{\circ}30'$ 和 0.71 毫米，高速剪切效果并不显著（见表 1-6）。

表1-6 高速剪切软铝材料的毛坯质量

材 料	棒料直径和 径 向 间 隙	毛 坯 序 号	f_1	f_2	ϕ_1	ϕ_2	b_1	b_2
软 铝	$\phi 35.6$ 毫米 $\Delta R_1 = 0.15$ 毫米 $\Delta R_2 = 0.30$ 毫米	1	—	2.50	—	$2^{\circ}25'$	—	0.71
		2	2.76	2.40	$1^{\circ}55'$	$2^{\circ}05'$	0.71	0.71
		3	—	2.60	$2^{\circ}10'$	$2^{\circ}40'$	—	—

- 注：1. f_1 、 f_2 、 ϕ_1 、 ϕ_2 、 b_1 和 b_2 分别为静模端和动模端的断面塌陷深度、断面倾角和断面不平度。
2. ΔR_1 、 ΔR_2 分别为棒料与静、动剪刀的径向间隙。
3. 剪切速度 V 为 4.08 米/秒和静、动剪刀的轴向间隙 μ 为 0.04 毫米。

生产中，适宜于高速剪切的材料很多，对于黑色金属与部分有色金属，如优质碳素结构钢、20Cr、40Cr、40CrMo、GCr15、T15、20CrMnTi 以及钼系高速工具钢，都有明显的剪切效果。但对于较软的材料（如铜、锌等），采用高速剪切，毛坯断面质量无明显改进。

此外，冷拔钢材的高速剪切效果比热轧钢好。但就热轧钢来说，在高速剪切下的毛坯质量也远比普通剪切的好。对于同一种材料，采用不同的热处理方法，高速剪切效果也会发生变化。

5. 毛坯长径比 l/d 高速剪切时，剪切质量与毛坯长径比 l/d 也有很大关系。当毛坯长度大大超过其直径时，在高速剪切下有一个惯性效应可以防止切下部分的弯曲，所以剪切效果较好。

从图 1-8 可以看出，长坯料在高速剪切时，其悬伸部分的重心产生一个惯性力矩正好与动剪刀处的材料变形区产生的向下力矩相抵消，从而避免了毛坯的弯曲。

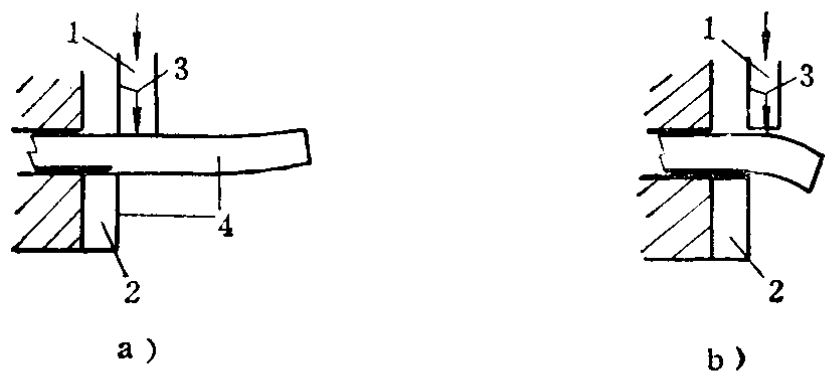


图1-8 棒料剪切时的惯性效应

a) 长坯料 b) 短坯料

1—动剪刀 2—静剪刀 3—动剪刀处材料产生的向下力矩
4—悬伸部分重心产生的惯性力矩

图 1-9 示出高速剪切直径为 $\phi 20$ 毫米的 15 号、45 号和 20Cr 等钢材时，用不同的长径比 l/d 得出的剪切质量情况。当长径比 $l/d > 1$ 时，毛坯的 c/d 、 b/d 、 φ 以及 $d - d_1/d$ 等质量指标明显减小，剪切效果较好。当长径比 $l/d < 1$ 时，剪切质量迅速恶化，在 l/d 为 0.5 时，断面倾角 φ 以及 $d - d_1/d$ 、 b/d 、 c/d 等参数，急剧增大，剪切质量很差。当 $l/d \leq 0.4$ 时，尤为严重，甚至毛坯会碎裂成片。

6. 模具结构和剪刀的锋利程度 高速剪切时，模具结构和剪刀的锋利程度也会影响毛坯的剪切质量和精度。图 1-10 所示为一副常见的高速剪切模，它原系采用 6 个 M24 螺栓固定后挡料架 2，在剪切 $\phi 40.6$ 毫米 20Cr 冷拔钢材时，后挡料架 2 由于刚性不够，沿水平方向发生退让，使剪刀间的轴向间隙 μ 增大 1 毫米。此时高速剪切后的毛坯断面塌陷 f 值增加到 1.8~2.0 毫米，断面不平度 b 增至 0.6~0.8 毫米。当改进模具结构采用 10 个螺栓紧固后（见图 1-10），模具刚度明显增加，有效地防止了剪刀间轴向间隙的变化，毛坯的剪切质量较好。因此，高速剪切时，模具的结构形式必须合理，应有足够的强度和刚度，才能得到较好的高速剪切效果。

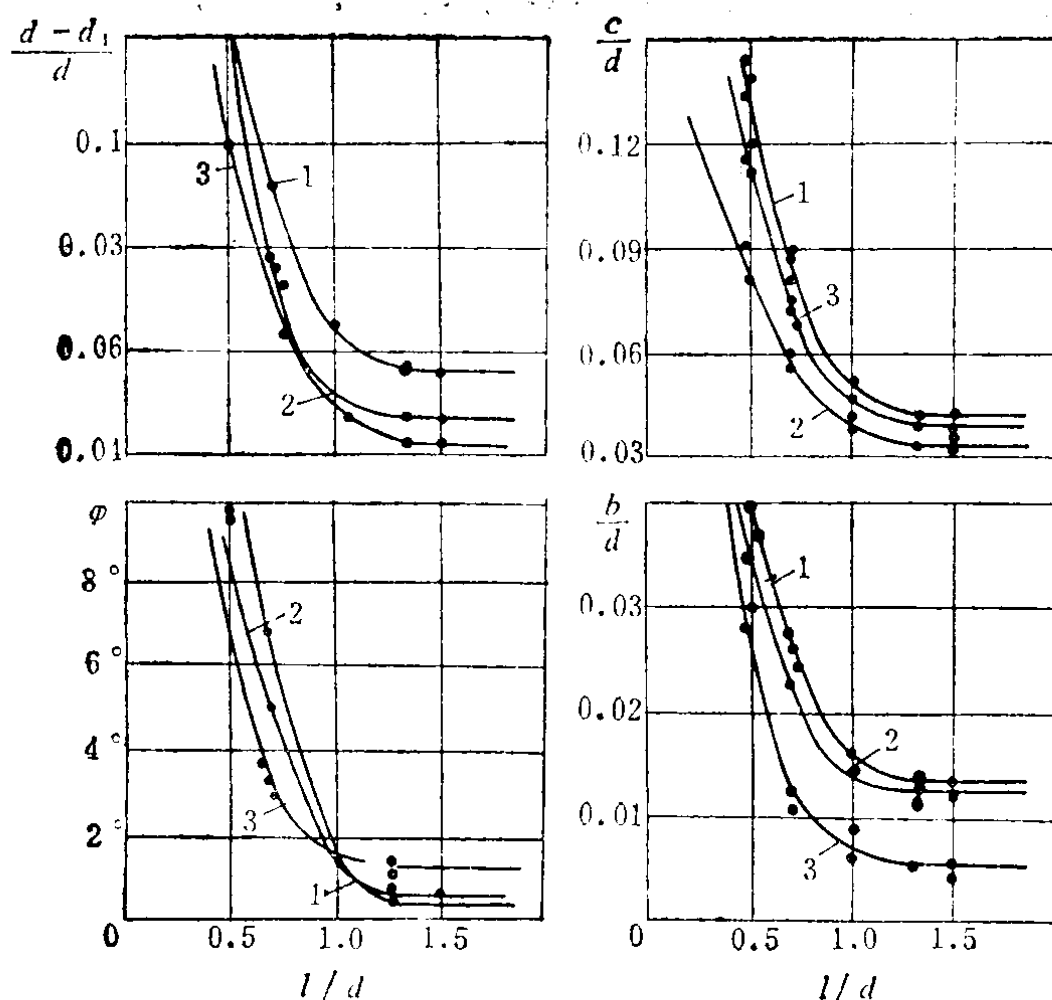


图1-9 毛坯长径比 l/d 与剪切质量的变化关系

1—15号钢 2—45号钢 3—20Cr钢

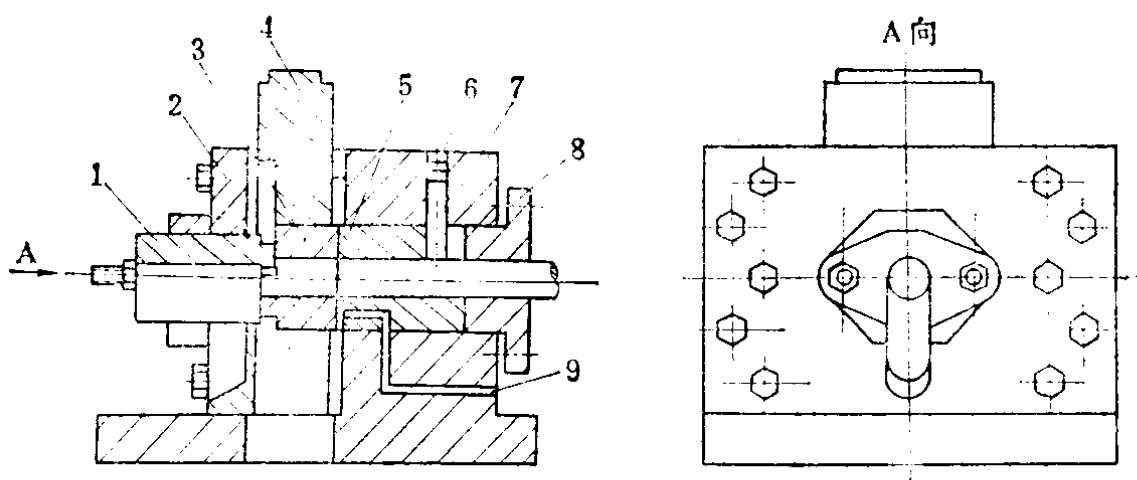


图1-10 高速剪切模结构

1—后挡料块 2—后挡料架 3—动剪刀 4—动模块 5—静剪刀
6—材料夹紧杠杆 7—模体 8—轴向间隙调节块 9—压缩空气孔

此外,高速剪切模刃口必须锋利。刃口变钝将会增加毛坯的断面椭圆度 S_0 和断面不平度 b ,同时还会产生毛刺和增大剪切力。

(四) 高速剪切设备

高速剪切设备根据动剪刀的运动方式,可以分为直线式(气锤式)和旋转式两种类型。

1. 直线式高速剪切机 图 1-11 所示为 QA45-50 型棒料精密剪切机。它的工作动力是压缩空气,系利用锤杆 5 顶部的浮动活塞 2 接通压缩空气,气体膨胀做功,快速推动锤杆 5 撞击动模块 6 进行高速剪切。模具下部装有缓冲吸能器,把剪切后的剩余能量在很短行程内吸收掉,以提高毛坯的剪切质量和模具使用寿命。

由图1-11可以看出,该机工作时,气孔15和14关闭,气孔 3 和 13 迅速打开,将浮动活塞 2 上腔和锤杆 5 下腔的压缩空气放掉。这时浮动活塞 2 就在下部压缩空气的推动下迅速向上抬起。动力头 1 中的压缩空气迅速进入锤杆 5 的上腔,推动锤杆 5 加速向下运动,撞击动模块 6 ,通过动剪刀 7 对

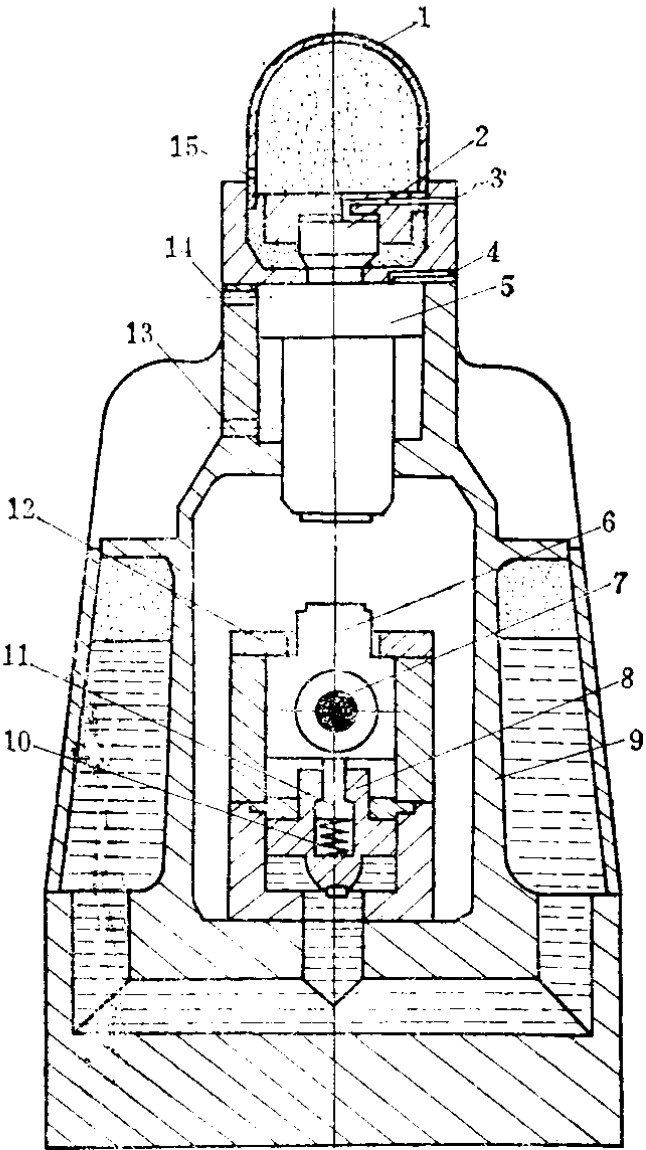


图1-11 QA45-50型棒料精密剪切机
1—动力头 2—浮动活塞 3、4—接空气管道 5—锤杆 6—动模块 7—动剪刀 8—吸能活塞 9—机身 10—弹簧 11—柱塞 12—限位板 13、14、15—接空气管道