

滾压加工資料选編

第一輯

內部資料 注意保存

第一机械工业部新技术先进經驗宣传推广联合办公室

1965年4月

前 言

现代机器制造业日益趋向高精度、高速度和大功率的方向发展,因而对机器零件的材料、加工精度和制造质量要求也就愈来愈高。目前,由于各种高精度设备的缺少和现有精密加工工艺使用的局限性,使很多机器零件的加工质量达不到所要求的光洁度和精度,或者是生产效率很低,所以在机器零件的制造过程中积极探索和采用新的加工工艺具有特别重要的意义。

近年来,用以改善机器零件表面质量和提高其机械与物理性能的滚压加工工艺,得到了日益广泛的应用。目前在国外如西德、美国、英国、苏联等国家已经成功地将滚压加工工艺用于重型机械制造、精密仪器、汽车拖拉机以及航空等工业部门,而且有部分定型的滚压工具和专用滚压机床成批生产,并向外出售。国内许多工厂也已经能够稳定地用于一般光轴、曲轴、油缸、发动机体、活塞销孔及锤杆等零件的加工。

滚压加工的实质是:以专用的滚压工具对零件表面施加压力,使零件表面产生一定程度的塑性变形,以提高表面光洁度,并使其表面强化,延长机器零件的使用寿命。目前,滚压加工工艺不仅用于光整和强化外圆、内孔及平面,而且也能光整和强化螺纹、齿轮、花键等成型零件的表面。

具体地说,滚压加工工艺具有以下主要优点:

(1)滚压加工可以提高机器零件的表面光洁度 $2 \sim 5$ 级,在一般情况下可以稳定地获得 $\nabla \nabla \nabla_7 \sim \nabla \nabla \nabla \nabla_{11}$ 的表面光洁度,如沈阳重型机器厂的外圆及平面滚压加工可以使原来 $\nabla \nabla_5 \sim \nabla \nabla_6$ 的预加工表面光洁度分别提高到 $\nabla \nabla \nabla_7 \sim \nabla \nabla \nabla \nabla_{11}$,同时滚压加工在一定条件下还可以不同程度地提高被加工零件的加工精度。

(2)滚压加工与其他精密加工工艺相比较,有着较高的生产率,如第一汽车制造厂在加工减震器缸体时,用滚压加工代替珩磨工序,生产效率提高24倍;大连机床厂加工油缸,过去用珩磨需要360分钟,现在粗珩后采用滚压加工总共时间约为70分钟,生产率比过去提高6倍左右。

(3)经过滚压的零件由于表面层的硬度及耐疲劳强度、耐磨性等有所增加,因此使用寿命也大大提高,如第一汽车制造厂在制造直流发电机的整流子时,过去用机械加工平均每半年更换一次,采用滚压加工后,迄今已使用了一年半的时间,仍未损坏。

(4)滚压加工可以成功地解决某些工艺上不易解决的技术问题,如第一重型机器厂采用滚压加工工艺解决了重130吨、长度为9600毫米,内孔为450A₃的油压启闭机的巨型油缸深孔加工技术关键,光洁度由原来的 $\nabla \nabla_5$ 提高到 $\nabla \nabla \nabla_7$ 。

(5)滚压加工工具制造简单,操作方便,在一般机床上即可使用。

为了交流经验,巩固已有成绩,提高滚压加工工艺水平并促使国内各有关厂尽快地推广和采用这一新工艺,1964年7月一机部新技术先进经验宣传推广联合办公室与一机部三局曾在沈阳重型机器厂联合举办了滚压加工现场经验交流活动,着重对各厂几年来所采用各

种滚压加工工艺的经验和所取得的技术经济效果，进行了充分讨论和交流。这次现场经验交流活动，代表们对滚压加工工具结构型式、工艺参数、原始表面光洁度、精度以及工件材料对滚压质量的影响等方面进行了反复的讨论，明确了在不同工作条件下应用不同类型的滚压工具和不同的工艺参数解决表面质量的途径，并推荐了比较成熟的滚压工具和加工工艺参数，同时对某些没有试验过或尚缺乏经验的滚压加工问题，如大型孔径、淬硬材料的滚压，滚压时接触压力的测定以及与过盈量的关系等也进行了深入的探讨。

滚压加工工艺是当前用以光整和强化机器零件表面、提高产品质量的有效先进工艺之一，它具有良好的技术经济效果。但是，它毕竟还是一项比较年轻的新工艺，仍存在许多实际问题和值得深入研究的技术关键，为了更进一步地扩大其使用范围，今后还必须做许多工作，尤其是理论研究、滚压工具、设备的定型和集中生产、供应等工作。

本资料搜集了滚压加工现场经验交流会部分资料和国外滚压加工工艺资料中的有关文章，介绍了滚压加工的特点、工艺过程、使用范围及其主要技术经济效果。供有关单位参考。

由于时间仓促和水平所限，选编的资料中难免会有不当之处，敬请读者予以指正。并希今后将你单位有关这方面的总结资料寄给我们，以资交流推广。

编者 1965年4月

目 录

一、外圆滚压工具及参数的初步研究.....	东北工学院 王生利 王明学 (1)
	张振寰 吴士达
	宋振武 张庆云
	沈阳重型机器厂 黄强华 金福长等
二、金属零件表面的滚压加工.....	上海重型机器厂 (25)
三、滚压工具介绍.....	沈阳高压开关厂 (38)
四、内孔滚压.....	武汉重型机床厂 (43)
五、精密孔的双排滚辗加工.....	北京农业机械厂 (47)
六、孔的滚辗和滚击加工在柴油发动机 制造中的应用	北京农业机械厂 馮希謙 陈振圻 (60)
	李攸仁 荣竞先
	张振余 陈錫祉
	韓守坤
七、用滚压法提高活塞销孔的光洁度.....	第一汽車制造厂 (75)
八、筒式減震器工作缸(薄壁深孔零件) 应用滚挤工艺	第一汽車制造厂 沈尧中 孙学元 (78)
九、滚压工具.....	陈祝同譯 (85)
十、滚压光整加工的工具.....	楊兆銘譯 (87)
十一、采用多辊滚压工具进行光整加工.....	葛今亮譯 (89)
十二、箱体件在镗床上的滚压加工.....	兆 譯 (92)
十三、滚压精加工用量的选择.....	兆 譯 (94)

外圓滾壓工具及参数的初步研究

东北工学院 王生利 王明学 張振寰 吳士达 宋振武 張庆云
沈阳重型机器厂 黃强华 金福长等

前言

滾压加工是表面冷硬光整加工方法之一。它利用滾压工具在常溫状态下对零件的表面施以压力,使得金属表面层产生塑性变形。从而修正了零件表面的微观几何形状,提高了表面光洁度。同时使零件表面层的金属組織有了改变,形成了有利的残余应力分布,可以提高零件的机械性能及使用寿命。所以滾压加工在某些特有的条件下,是一种很有效的光整与强化的联合工艺方法。可見探索滾压加工的物理过程和对零件表面性质的影响,提高滾压加工的质量、生产率和扩大滾压加工方法的应用范围,是一项具有一定技术经济意义的任务。

沈阳重型机器厂工艺試驗室和东北工学院金工教研室在1963年承担了一机部有关滾压加工的科研課題,但由于我們的水平有限,時間又較短促,所以工作做得很少。只对这个課題进行了一些初步的試驗,得到了一些极为粗浅的看法。这些看法只能做为我們下一步工作的起点,或者只能供实际生产中某些局部問題的定性参考。其中难免要有不确切或錯誤的地方。希望各方面对滾压加工有经验的同志們給予指正和批評。

一 滾压工具的结构及其特点

我們設計的滾压工具共分为两大类:一是弹性滾輪滾压工具,一是弹性滾珠滾压工具。此外我們在最初也曾使用过刚性結構的滾压工具。刚性結構的滾压工具只适于滾压粗大零件,滾压时压力很难控制,有时对机床精度有所損坏,更由于它和工件是刚性接触,因而滾压后的表面质量很不均匀。既然刚性滾压工具有这些缺点,所以建议最好不使用这种工具。下边仅把我們所用过的滾压工具加以說明和介紹:

1. 弹性滾輪滾压工具 (在 1 M65 和 1 M63 机床上滾压外圓用)。

图 1 所示工具由滾輪 1、头部 3、压力彈簧 13、本体 1 等几个部分組成,如果用墊鉄 29 可在 1 M65 机床上使用,如果去掉墊鉄 29 可在 1 M63 机床上使用。

为了使工具能进行多种滾压,可根据不同材料、零件形状(細长或較粗大的軸类零件)以及技术要求等选择滾輪的几何形状和直径。同时也可以更換整个头部而成滾珠式滾压工具,松开緊固螺帽 12 即可把头部 3 取出。

根据不同的需要可以适当地选择压力,旋轉調整螺杆 15,螺帽 17 就产生了軸向移动而調整了壓縮彈簧的压力。彈簧壓縮量和压力的比例关系要事先測出,在盖板 14 上按所測的結果刻出刻度,以便读出压力的大小。

应用弹性滾輪滾压工具进行試驗,曾获得較好的效果,原始表面光洁度为 $\nabla_3 \sim \nabla_4$ 的粗糙表面,滾压后可以得到 $\nabla_7 \sim \nabla_8$ 的表面光洁度。有些滾輪其最大送进量可达 $S = 0.9$ 毫米/转。由于装有滾珠軸承,在工艺系統和机床动力允許的条件下,可尽量选用較大的滾

压速度。因此这种工具的生产率是較高的。这种工具的压力可調范围基本上能满足滚压各种材料的需要，它的最大压力为 550 公斤。

从試驗和使用的情况来看，弹性滚轮滚压工具适用于重型机器制造业中較大的軸类零件。但为了进一步提高它的性能和加工质量，还需要从結構上进一步改进。比如：

1) 滚压力可調的最大数值应达到 800 公斤；

2) 滚轮直径应尽量减小。现在所用 $\phi 90$ 毫米左右的滚轮有些过大。减小滚轮直径就会减少它与零件的滚压接触面积，在同样的总压力下，可以提高单位压力，提高滚压效果；

3) 目前采用的滚珠軸承，在較大的滚压力作用下，寿命較低，容易损坏。因此建议改用滚針。滚針可以承受很大的径向力，而且也比較经济；

4) 工具結構应进一步简化，以便于操作。

2. 弹性滚珠滚压工具如图 2 所示（滚珠直径 $\phi = 15.5$ 毫米， $\phi = 19.5$ 毫米），这种滚压工具适用于在車床上滚压中小型軸类零件，或滚压較大的圆弧面、带阶梯的軸类零件等。

滚珠可用市場上出售的标准滚珠，它的质量好而且价錢便宜。更换新滚珠很方便，只要把挡板取下即可。在更换不同直径滚珠时，需要換相应的挡板，滚珠的寿命較低，一般为 8 ~ 10 小时左右。为了提高它的寿命，挡板可用青銅或电木的，因它們和滚珠之間的摩擦系数較小。但也有不耐磨的缺点。为了提高挡板的寿命应把挡板与滚珠接触表面研磨的尽量光整。如果采用鋼做的挡板，則必須经过热处理，并且也要磨光。

这种工具的加力机构，与上述工具相同，它的最大压力可达 160 公斤。

从图 2 可以看出，調整弹簧 6 就可以改变它的压力。

为了及时的发现滚压过程中工件出現的弯曲、錐度和橢圓度等毛病，可在工具上部千分表架 7 处装上千分表。

应用滚珠滚压工具滚压小型零件，可以获得很高的表面光洁度 ($\nabla \nabla \nabla \nabla_{11}$)，能够经常的获得 $\nabla \nabla \nabla_9 \sim \nabla \nabla \nabla_{10}$ 的表面。一般較原始表面光洁度提高 4 ~ 5 級。

根据多次試驗的結果，可以认为这种工具的效果良好，并在生产中得到了推广。滚压时采用 0.1 ~ 0.3 毫米/转的送进量，60 ~ 70 米/分的速度就可以較容易地获得很高的表面光洁度，生产率要比磨削及其它光整加工方法高几倍。实践証明：滚压后的尺寸精度也提高了。

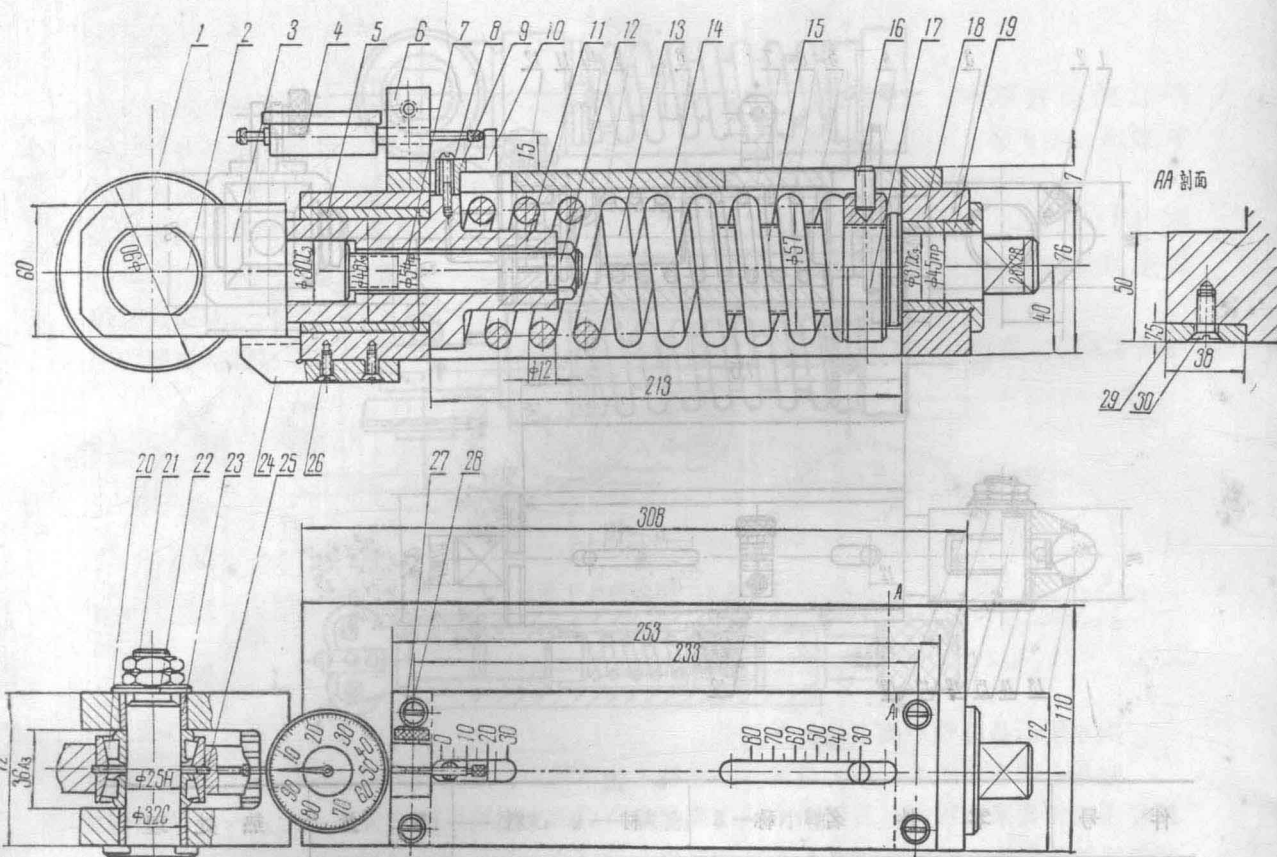
除了上述两种滚压工具以外，我們还設計了其它几种結構的滚压工具。它們也都是属于弹性的。以下几种不同結構滚压工具是为了加工不同的表面而設計的。现将这几种滚压工具簡略的介紹如下：

图 3 所示的弹性滚轮滚压工具，是专门用来滚压阶梯軸用的。用来滚压一定半径的圓角效果也很好。它的优点是滚轮超出工具本体以外，因此能够保証一直滚到工件根部和根部的圓角。缺点是：滚轮悬臂的安裝在本体上，滚轮心軸受弯矩很大，容易损坏，同时不容易获得准确的滚压力。

图 4 所示的弹性滚珠滚压工具，适用于在 C620 車床上滚压中小型軸类零件。它与图 2 的滚珠滚压工具不同的是滚珠支承在两个径向滚珠軸承上，这样滚珠得到了更加灵活的转动，滚压效果极为良好。

图 5 所示的工具为弹性內孔滚轮滚压工具。三个滚轮 120° 地分布于本体上，这样能保証三个分力互相平衡，不致由外力造成零件的弯曲。

在本体上还开有等分沟槽，因而工具有了弹性。設計时工具的直径稍大于零件的孔径。



件号	零件名称	数量	材料	热处理	件号	零件名称	数量	材料	热处理
1	滚 轮	10	W18Gr4V	Rc62—64	6	圆 销	2	35号钢	
2	芯 轴	1	45号钢	Rc35—40	17	螺 母	2	45号钢	
3	压滚支承	1	45号钢	Rc35—40	18	本 体	2	45号钢	
4	千 分 表	1			19	衬 套	2	青 铜	
5	衬 套	2	青 铜		20	径向止推轴承(7250)	2	外 购	
6	支 架	2	30号钢		21	薄 螺 帽	4	35号钢	
7	螺 栓	2	30号钢		22	光 垫 圈	2	30号钢	
8	圆头螺钉	2	30号钢		23	衬 套	4	青 铜	
9	套 筒	2	35号钢		24	导 向 板	2	45号钢	
10	挡 块	2	30号钢		25	挡 圈	1	35号钢	
11	滑 体	2	45号钢		26	埋头螺钉	12	30号钢	
12	六角螺帽	2	30号钢		27	紧固螺钉	2	35号钢	
13	压力弹簧	2	ΠК		28	埋头螺钉	4	30号钢	
14	盖 板	2	35号钢		29	垫 铁	2	30号钢	
15	调正螺杆	2	45号钢		30	埋头螺钉	4	30号钢	

图1 弹性滚轮式外圆滚压工具。

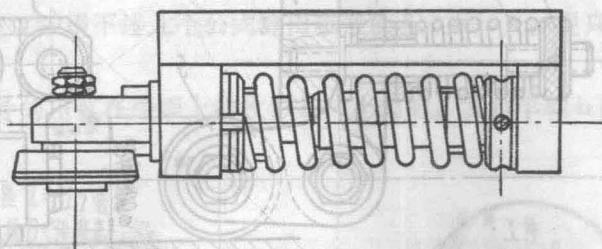
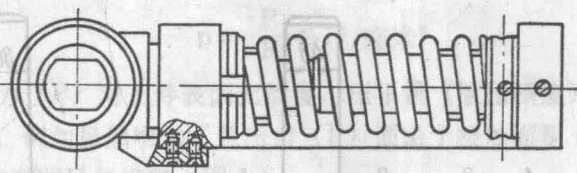
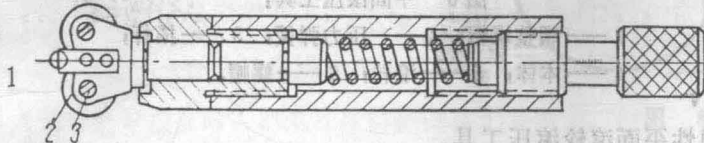


图 3



1——滚珠；2——滚轮；3——小轴。

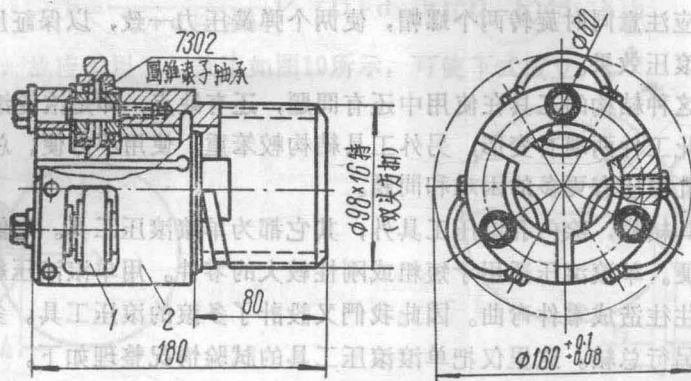


图 5 内孔液压工具：

1——滚轮；2——本体。

即工具直径与孔径之间存在一定的过盈量，由于弹性力的作用滚轮以一定压力压于孔壁上，通过送进即可达到滚压的目的。此工具多半是在 1M65 车床上与深孔钻配合使用，常常是钻孔后，将滚压工具装于钻杆上来进行滚压。这时工具做送进运动，零件做旋转运动。滚压时冷却润滑液是通过油泵经钻杆送进孔内的。润滑油的充分供给，保证了良好的滚压条件，孔内金属屑沫能及时地被油带走，而获得了很高的表面光洁度。

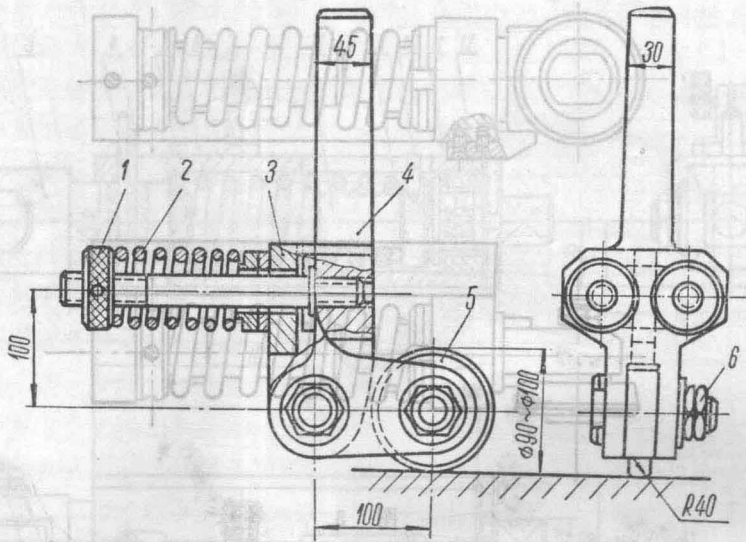


图6 平面滚压工具：

- 1 — 调整螺帽；2 — 压力弹簧；3 — 摇杆；
4 — 本体；5 — 滚轮；6 — 螺帽。

图6所示是弹性平面滚轮滚压工具。

它是由调整螺帽1、压力弹簧2、摇杆3、本体4、滚轮5所组成。压力的产生是通过摇杆压缩弹簧来实现的。旋转两个调节螺帽就可以改变弹簧压力的大小，通过一定的比例关系就能够算出实际的滚压力。工具可装在牛头刨床或龙门刨床上使用。

调整螺帽时应注意同时旋转两个螺帽，使两个弹簧压力一致，以保证压力的均匀。这样才能获得较好的滚压效果。

应该指出：这种结构的工具在使用中还有问题，还有缺点，即是滚轮滚入和滚出工件表面时有冲击。因此工件两端有变形，另外工具结构较笨重，使用不方便。总之平面滚压的应用要比外圆和内孔滚压有更多的困难和问题。

上述几种工具结构，除内孔滚压工具外，其它都为单滚滚压工具。它们的共同特点是结构简单，使用方便。单滚滚压适用于短粗或刚性较大的零件。用单滚滚压细长零件时，由于径向力的影响，往往造成零件弯曲。因此我们又设计了多滚的滚压工具。多滚滚压工具的试验与使用情况将另行总结。这里仅把单滚滚压工具的试验情况整理如下。

二 滚压参数对表面光洁度的影响

1. 滚压力对表面光洁度的影响

(1) 滚压力的定义及其规定方法

滚压加工时对工件施加的力称为滚压力，其值的大小有时用对工件施加的总压力 (P) 表示，但这不能表示出工件的受压强度，因为工件和滚轮 (珠) 的直径不同，虽在同一总压力 (P) 下，滚轮 (珠) 与工件的接触面积 (F) 并不相同，即单位面积上所受的压力也不同，然而滚压加工的强化作用则取决于单位面积上所受的壓力，因此，滚压力的定义是：在滚压工具与工件的单位接触面积上所受到的压力，简称为单位压力 (p)。

即

$$p = \frac{P}{F} \text{ 公斤/毫米}^2$$

否则在讨论总压力 (P) 对工件表面光洁度、压下量 (滚压精度)、机械性能的影响时,往往是很困难的,例如虽然增加了总压力 (P) 而由于接触面积 (F) 亦增加,此时单位压力 (p) 并不一定有明显的增加 (图 7)。

因此,从理论上讨论问题时,应采用单位压力 (p) 这个概念,为了由总压力 (P) 求出单位压力 (p),建议采用下述几个公式算出接触面积 (F) 来。现只讨论滚珠滚压时的接触面积。

滚珠与圆柱形工件的压痕在平面上的投影是一个椭圆,其短半轴 b 的数值 (图 8) 为:

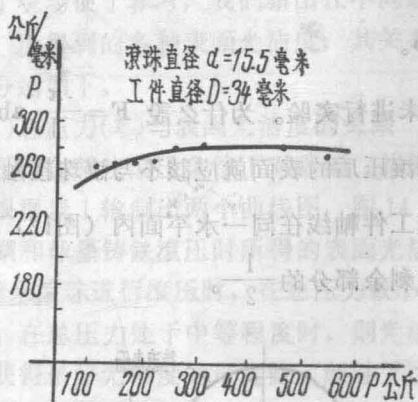


图 7 P 与 p 的关系 (在一定条件下)。

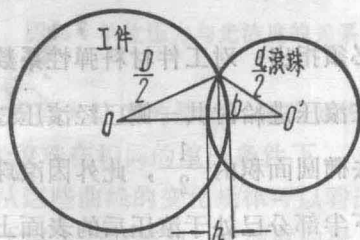


图 8

$$b = \frac{1}{D+d-2h} \sqrt{(D+d-h)(D-h)(d-h)h}$$

因公式很繁,故应采用近似数值如图10所示,可使下式成立:

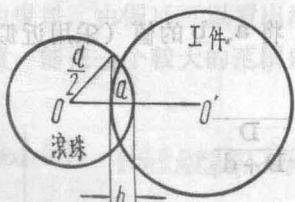


图 9

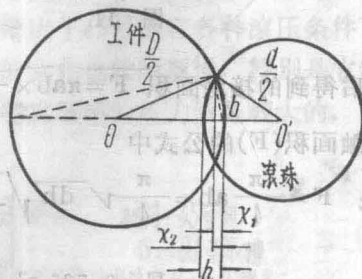


图 10

$$\frac{b^2}{D-x_1} = x_1$$

$$\frac{b^2}{d-x_2} = x_2$$

即

$$Dx_1 - x_1^2 = dx_2 - x_2^2 \quad (1)$$

以 $h-x_1=x_2$ 代入 (1) 式中可得到 x_1 的近似值

$$x_1 = \frac{dh}{D+d-2h} \approx \frac{dh}{D+d} \quad (2h \text{ 一般只占 } D+d \text{ 的 } \frac{1}{800} \text{ 左右})$$

又

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - x_1\right)^2 = b^2$$

将 x_1 的近似值代入, 可得:

$$b \approx \sqrt{\frac{Ddh}{D+d}}$$

此椭圆的长半轴 a 的近似值 (见图 9) 是:

$$a = \sqrt{dh - h^2} \approx \sqrt{dh} \quad (h^2 \text{ 一般只为 } dh \text{ 的 } \frac{1}{300} \text{ 左右})$$

滚压时的接触面积 (F) 应该是接触曲面在平面上投影的 $\frac{1}{4}$, 即

$$F = \frac{\pi}{4} ab.$$

必须指出: 对工件材料弹性系数 (E) 的影响还未进行实验。为什么说 $F = \frac{\pi}{4} ab$ 呢?

因为在滚压进给时其一侧已经滚压过 (图 11), 而滚压后的表面就应该不与滚珠接触, 因而要减去椭圆面积的 $\frac{1}{2}$, 此外因滚珠的最大半径与工件轴线在同一水平面内 (图 12), 因此滚珠下半部分已处于滚压后的表面上, 故应再减去剩余部分的 $\frac{1}{2}$ 。

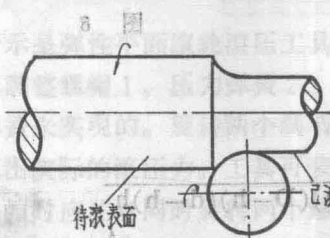


图 11

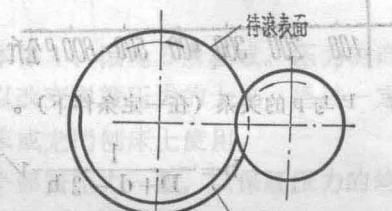


图 12

最后得到的接触面积 $F = \pi ab \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{\pi}{4} ab$ 。将 a 、 b 的值 (采用近似值) 代入求接触面积 (F) 的公式中

$$\text{得: } F = \frac{\pi}{4} ab = \frac{\pi}{4} \sqrt{dh} \sqrt{\frac{Ddh}{D+d}} = 0.785 dh \sqrt{\frac{D}{D+d}}$$

或

$$F = 0.785 a^2 \sqrt{\frac{D}{D+d}}$$

求得接触面积 (F) 以后, 不难算出单位压力 (p) 来。

在工作中为了便于测量又省掉数学运算, 也常常应用总压力 (P) 来控制滚压的质量。

(2) 单位压力 (p) 与表面光洁度的关系

滚压加工不仅可使工件表面冷作硬化, 提高其机械性能, 同时还可以大大提高工件的表面光洁度, 在一定的条件下 (滚压前工件的切削用量 $v = 63$ 米/分, $t = 0.2$ 毫米, $s = 0.1$ 毫米/转。滚压用量的 v 及 s 与切削时相同) 滚压后表面光洁度与单位压力之间的关系曲线如图 13 所示。

该曲线可分成四个区域:

$p_1=150\sim 220$ 公斤/毫米²时, 表面光洁度有显著提高。

$p_2=220\sim 270$ 公斤/毫米²时, 表面光洁度的提高已趋于缓慢。

$p_3=270\sim 330$ 公斤/毫米²时, 表面光洁度几乎未有提高。

$p_4=330$ 公斤/毫米²以上时, 首先使工件表面产生波紋, 然后就被压裂, 有碎屑, 而使表面光洁度急驟降低。

为了現場便于参考, 我們給出在不同总压力滚压的情况下, 所得到的各种表面光洁度, 其关系曲线及其变化規律分述如下。

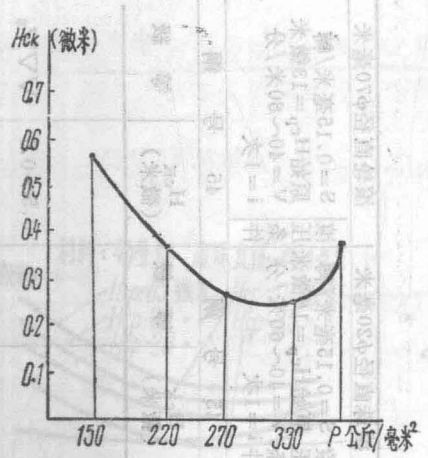


图13 单位压力与光洁度的关系。

(3) 总压力(P)与表面光洁度的关系

总压力在某些滚压条件下对碳鋼、鉻鋼和球墨鑄鐵的表面光洁度的影响, 測得如表 1 的結果, 根据表 1 繪制出两个曲线图, 图 14 是用 $\phi 9.5$ 毫米滚珠在相同的滚压条件下, 对碳鋼、鉻鋼和球墨鑄鐵滚压时所得的表面光洁度变化規律。从这些曲线的变化規律可以看出, 用 $\phi 9.5$ 毫米滚珠进行滚压时, 在总压力較小的范围内, 由于滚压力的增加, 光洁度的提高是較快的。在总压力处于中等程度时, 則光洁度的提高就比較慢了。当总压力加到某一个极限值时是获得最好光洁度的最优值。超过了这个最优值, 总压力如再加大会引起表面光洁度的迅速降低。

例如 45 号鋼在表 1 所列的滚压条件下, 当总压力在 20 到 70 公斤的范围内, 光洁度提高較快。在 70 到 100 公斤范围内, 光洁度提高較慢。在总压力为 100 公斤的地方, 就是最优的压力值。超过了这个压力值, 光洁度反而是越来越坏。

又如鉻鋼和球墨鑄鐵也都有相应的曲线和最优的压力值。

图 15 是根据表 1 繪制出来的另一个曲线图, 在图上繪出了 45 号鋼在各种滚压条件下光洁度变化的規律, 由图 15 可以看出滚珠的直径越大, 曲线的变化也就越緩慢, 特别是它們的最优压力值, 能在一个較大的范围内保持稳定, 但这个較稳定区域的压力值是較大的, 因此这

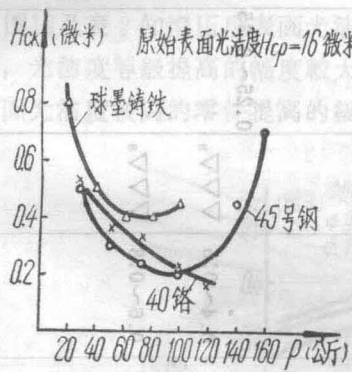


图14 滚压力与光洁度的关系 ($\phi 9.5$ 滚珠)。

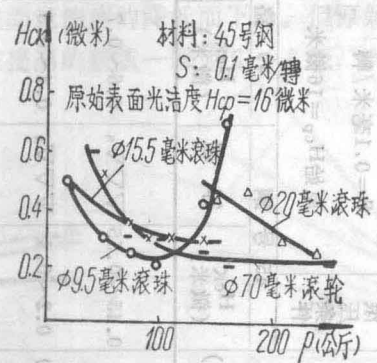


图15 用不同直径滚珠滚压时滚压力与光洁度的关系。

表 1 滚压力对表面光洁度的影响

序 号	总 滚 压 力 (公斤)	滚 珠 直 径 $\phi 9.5$ 毫米				滚 珠 直 径 $\phi 15.5$ 毫米				滚 珠 直 径 $\phi 20$ 毫米		滚 珠 直 径 $\phi 70$ 毫米	
		滚 压 条 件		S=0.1毫米/转 原始 $H_{cp}=16$ 微米 V=40~60米/分 i=1次		S=0.1毫米/转 原单 $H_{cp}=16$ 微米 V=40~60米/分 i=1次		S=0.15毫米/转 原始 $H_{cp}=16$ 微米 V=40~60米/分 i=1次		S=0.15毫米/转 原始 $H_{cp}=16$ 微米 V=40~60米/分 i=1次		S=0.15毫米/转 原始 $H_{cp}=13$ 微米 V=40~60米/分 i=1次	
		45 号 钢		40 铬		45 号 钢		40 铬		45 号 钢		45 号 钢	
		H_{ck} (微米)	等 级	H_{ck} (微米)	等 级	H_{ck} (微米)	等 级	H_{ck} (微米)	等 级	H_{ck} (微米)	等 级	H_{ck} (微米)	等 级
1	20	0.45~0.55	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.6~0.7	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.45~0.55	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.5~0.55	$\nabla\nabla\nabla_8$				
2	24												
3	40												
4	47, 50	0.2~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.4~0.5	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.3~0.75	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.35~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$				
5	60												
6	70												
7	74	0.1~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.3~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.3~0.4	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.35	$\nabla\nabla\nabla_9$				
8	80												
9	90					0.2~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$						
10	100	0.1~0.3	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.25~0.3	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.2~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.2~0.25	$\nabla\nabla\nabla_9$				
11	110					0.2~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$						
12	120												
13	125					0.2~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.15~0.2	$\nabla\nabla\nabla_{10}$				
14	140	0.4~0.5	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.25~0.35	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.2~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$			0.3~0.6	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.2~0.3	$\nabla\nabla\nabla_9$
15	150												
16	160	0.6~0.8	$\nabla\nabla\nabla_8$					0.35~0.6	$\nabla\nabla\nabla_8$			0.15~0.25	$\nabla\nabla\nabla_9$
17	180												
18	200												
19	210									0.3~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$		
20	240							0.2~0.25	$\nabla\nabla\nabla_9$				
21	250											0.2~0.25	$\nabla\nabla\nabla_9$

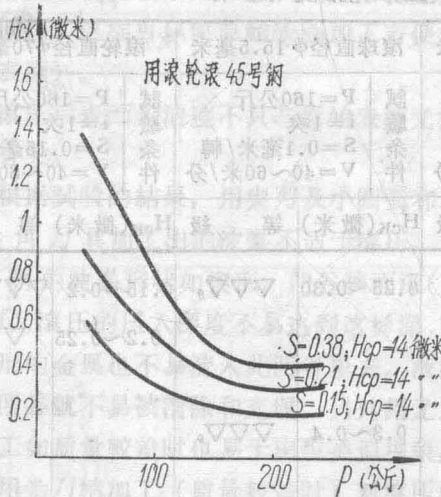


图16 滚轮滚压时压力与光洁度的关系。

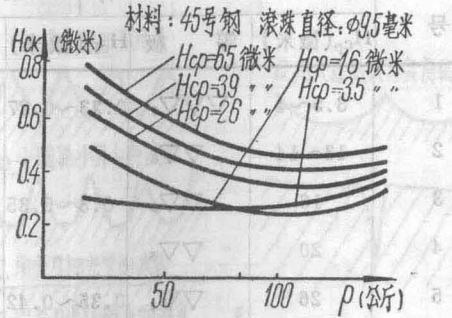


图 17

时就要求具有较大的工艺系统刚度。同时也可以说，要获得较好的工艺系统刚度，则应当尽量采用较大直径的滚珠和滚轮。

另外，用滚轮在一定条件下（原始表面光洁度 $H_{cp}=14$ 微米， $V=40\sim60$ 米/分及滚压一次）滚压 45 号钢，当改变总压力和进给量时，所得的曲线如图 16。这个图说明了当总压力较大时，进给量的改变对所获得的光洁度影响并不很显著，即采用较大进给量时须采用较大的总压力。

另外用 $\phi 9.5$ 毫米滚珠， $S=0.1$ 毫米/转滚压一次的条件来滚压 45 号钢，当改变总压力和原始表面光洁度时，得到的曲线如图 17 所示。这个图说明了当总压力较大时原始表面光洁度的改变对所获得的光洁度的影响并不显著，所以当原始表面光洁度较低时，应采用较大的总压力。

2. 原始表面光洁度对滚压后光洁度的影响

原始表面光洁度是影响滚压后表面光洁度较大的参数之一。经过试验得出的影响规律见表 2 和图 18。

由图 18 及表 2 知滚压后表面光洁度是随着原始表面光洁度的降低而下降。但原始表面较粗糙时，光洁度等级提高的幅度较大。表面光洁度被提高的级数一般为 3~6 级，对铸铁及原始表面光洁度较高的零件提高的级数都较小。

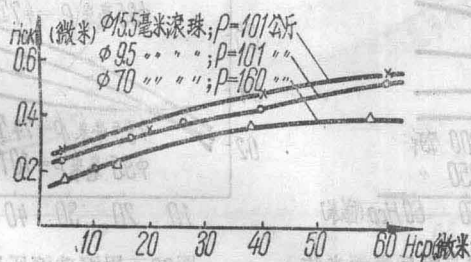


图18 原始表面光洁度与滚压后表面光洁度的关系。

表2 原始表面光洁度对滚压后光洁度的影响

序 号	原始表面光洁度		滚珠直径 $\phi 9.5$ 毫米		滚珠直径 $\phi 15.5$ 毫米		滚轮直径 $\phi 70$ 毫米	
	H_{cp} (微米)	等 级	試驗 条件	P=101公斤 i=1次 S=0.1毫米/轉 V=40~60米/分	試驗 条件	P=160公斤 i=1次 S=0.1毫米/轉 V=40~60米/分	試驗 条件	P=160公斤 i=1次 S=0.15毫米/轉 V=40~60米/分
	H_{cp} (微米)	等 级	H_{CK} (微米)	等 级	H_{CK} (微米)	等 级	H_{CK} (微米)	等 级
1	3.5~4	$\nabla\nabla\nabla_7$	0.23~0.27	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.25~0.30	$\nabla\nabla\nabla_9$	0.15~0.2	$\nabla\nabla\nabla\nabla_{10}$
2	13~14	$\nabla\nabla_5$					0.2~0.25	$\nabla\nabla\nabla_9$
3	16	$\nabla\nabla_5$	0.3~0.35	$\nabla\nabla\nabla_9$				
4	20	$\nabla\nabla_5$			0.3~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$		
5	26	$\nabla\nabla_4$	0.35~0.42	$\nabla\nabla\nabla_9$				
6	33	$\nabla\nabla_4$					0.35~0.4	$\nabla\nabla\nabla_9$
7	39~40	∇_3	0.4~0.5	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.45~0.5	$\nabla\nabla\nabla_8$		
8	59~60	∇_3					0.35~0.45	$\nabla\nabla\nabla_8$
9	63	∇_2	0.5~0.55	$\nabla\nabla\nabla_8$	0.5~0.6	$\nabla\nabla\nabla_8$		

图19及图20 是滚轮及滚珠在不同总压力 P 时原始表面光洁度对滚压后光洁度的影响。从图19滚轮滚压的曲线可知：当总压力較小时，原始表面光洁度有着明显的影响，但当滚压力超过一定数值（160~250公斤）时，原始表面光洁度的影响却較小。从图20滚珠滚压的曲线可知，除了同于滚轮滚压曲线的变化外，尚发现当总压力选择較大而原始表面光洁度选择也高时（用101公斤的总压力，原始表面光洁度 H_{cp} 为 5~20 微米），表面光洁度不是随着原始表面光洁度的上升而上升，却反而下降，这是因为当压力过大原始表面光洁度过高时表面被压出波纹或者被压裂，故光洁度低。

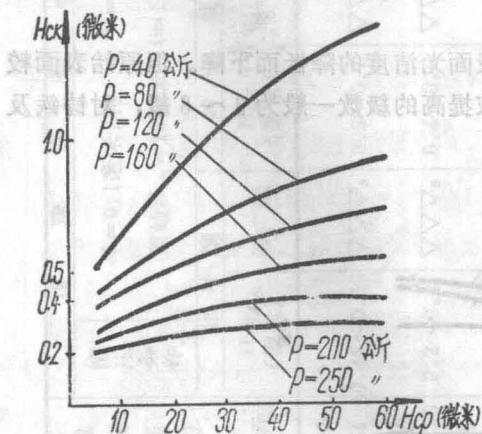


图19 原始表面光洁度与滚后表面光洁度的关系（滚轮滚压时）。

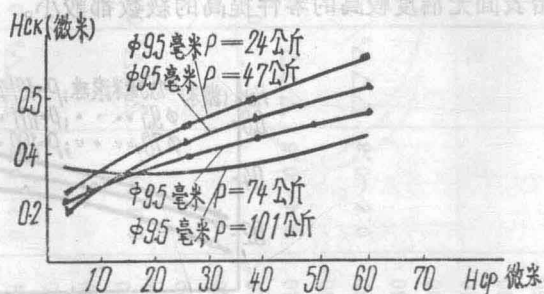


图20 用滚珠滚压原始表面光洁度与滚后表面光洁度的关系。

故当总压力较小时原始表面光洁度应选择的较高些，总压力较大时就应使原始表面光洁度偏低些。这样可以使原始表面加工方便（即可以采用高生产率的方法加工所要滚压工件的原始表面）。

滚压后表面光洁度不只与原始表面光洁度的等级有关，而且与原始表面的波峰及凹谷的形状有关。

根据试验的结果，用尖刀及小圆弧和小刀尖角刀具加工出的波峰不适于滚压，因为它们的波峰形状如楔形，凹谷狭而深（见图21f），滚压的压入深度不易达到这样深，同时变形的金属也不易流入此凹谷里去。故波峰及凹谷就不易被消除和充填。另外用光刀精加工如质量较差时也易于出现类似现象，故当用光刀精加工（质量较差时）对滚压的好处不大。比较适用的波峰是用大圆弧刀头大刀尖角的刀具加工，这样形成的波峰，易于被压碎和变形，另外凹谷开阔，可将滚压中多余的金属充填到此凹谷中去。此种波峰滚后的光洁度不次于用光刀加工的原始表面，当然能用光刀仔细光整那是最适于滚压加工的，但生产率低。

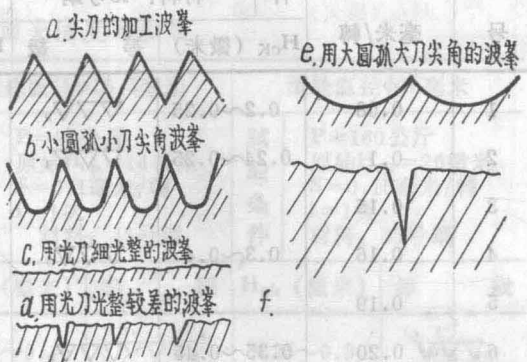


图21 刀痕形状。

滚前表面（原始表面）不但有上述要求，而且在加工的原始表面，不应有冷作硬化现象，否则不易滚压。

3. 滚压进给量对表面光洁度的影响

滚压进给量对表面光洁度的影响，用 $\phi 9.5$ 毫米滚珠、 $\phi 15.5$ 毫米滚珠及 $\phi 70$ 毫米滚轮进行了试验，其变化规律如图22及表3所示，即表面光洁度随着进给量的增加而下降。同时说明滚珠直径愈大，表面光洁度下降却愈小，但在滚压时允许的进给量可更大一些。故从进给量的观点应尽量选择直径较大的滚珠及较宽的滚轮。

另外从图23曲线可知，原始表面愈粗糙，进给量对表面光洁度的影响就愈大。故在原始表面光洁度较低时，应尽量采用较小进给量。

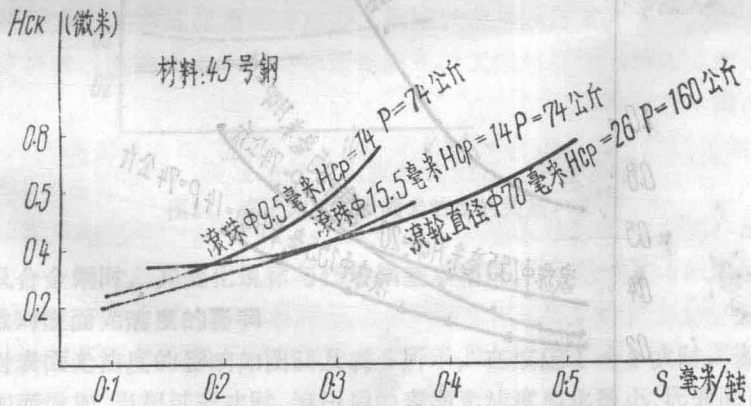


图22 滚压进给量与表面光洁度的关系。