

盛达信 编著

机器零件的压光加工

中国工业出版社

750
633
25
1

机器零件的压光加工

戚达信 编著

中国工业出版社

本书系专门讨论机器制造中用途较广的各种压光加工法的，包括外圆柱面、内圆柱面与平面的滚压加工。

书中详细地叙述了各种方法的实质、所用的工具、各工艺参数的选择、应用范围、使用效果及使用经验等。

本书偏重于实用，所以对实际使用有关的理论作了必要的叙述；对于与实际使用关系较少的理论，未作过多的讨论。

本书可供工程技术人员、高等学校师生与科学研究人员学习与参考之用。

机器零件的压光加工

盛达信

机械工业图书编辑部编辑（北京苏州胡同141号）

中国工业出版社出版（北京佳园胡同10号）

（北京图书刊出版事业许可出字第110号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{5}{8}$ · 插页 1 · 字数 121,000

1964年4月北京第一版·1964年4月北京第一次印刷

印数 0,001—5,560 · 定价(科六) 0.75 元

*

统一书号: 15165·1676(一机-341)

序 言

压光加工法系利用压力来改变零件的尺寸和形状，使其达到一定的精度与光洁度，并且使零件表面产生冷作硬化层，从而提高了零件抵抗各种载荷的能力。在很多情况下，它可以代替零件的表面处理（如表面淬火、镀铬等）及精加工工序（如抛光、研磨等），使零件制造的劳动量大大减小。因此，它是一种高生产率的精密强化加工法。在近代机械制造业中，它已得到了日益广泛的重视和应用。

根据文献記載，早在 1927 年苏联紅色索尔莫夫工厂加工机車軸頸时，就已开始采用滚压法代替磨削；1928 年德国人 O. Föpl 也建議用滚压加工来提高金屬零件的疲劳强度，并对滚压加工后的零件做了疲劳試驗，結果証明疲劳强度提高了 5~30%；我国某些机車修理工厂早在抗日战争期間就已采用过滚压加工法；美国在 1944 年以后亦采用了滚压加工法。但是，压光加工法在机器制造业中得到較广泛的重视和应用，还只有近十年左右。

近年来，随着我国机器制造业的迅速发展，特别是 1958 年以来，我国也已开始研究和推广这种加工工艺。

国外在压光加工方面的文献資料虽然有一些，但系統叙述的专著却很少。我国在这方面的书籍也很显缺乏。著者有鉴于此，特将过去所搜集和积累的一些資料系統地加以整編成册。

压光加工的应用范围很广，如：重型与矿山机械制造、机床制造、动力机械制造、汽車与拖拉机制造、机車制造、精密机器与仪器制造……中的外圓柱表面、內圓柱表面、平面、螺

紋面、齒輪曲面與各種特殊表面等。由於螺紋與齒輪的壓光加工已有一些專門的書籍，所以，本書只討論外圓柱表面、內圓柱表面、平面的滾壓加工與內孔的擠壓加工。

著者學識與經驗均很淺薄，書中謬誤之處在所難免，希望大家批評指教。

著者識于沈陽

目 录

序言

第一章 緒論	1
第一节 机器零件压光加工的实质	1
第二节 机器零件压光加工的分类与运用	4
第二章 外圓柱表面的滾压加工	10
第一节 用滾子滾压外圓柱表面	10
第二节 用滾珠滾压外圓柱表面	53
第三节 外圓柱表面的离心滾压法	72
第三章 內孔的压光加工	91
第一节 用滾子滾压內圓柱表面	91
第二节 用滾珠滾压內圓柱表面	105
第三节 內圓柱表面的离心滾压法	117
第四节 內孔的挤压加工	123
第四章 平面的滾压加工	160
第一节 用滾子滾压平面	160
第二节 用滾珠滾压平面	166
第三节 平面的离心滾压法	167
参考文献	170

第一章 緒 論

第一节 机器零件压光加工的实质

現代的机器制造业正向着高压、高速、高精度与减少机器重量和体积的方向发展。这就要求机器制造部門要不断地提高零件的精度与强度。为此，方法之一是对零件进行磨削、研磨、珩磨…，和表面热处理、表面噴鍍等。如果采用压光的方法来加工，則不仅不采用那些复杂的設備，而且又能簡化工艺方法。

压光加工与切削加工相比較，有下列优点：

1) 切削加工时，由于金屬纖維被切断，所以金屬表面层变弱，使用性能也随着降低；压光加工时，由于加工工具压力的作用，使原始表面的微觀不平度大大减小，而形成了紧密的表面层組織，使表面产生了冷作硬化层。这样，金屬表面不但不减弱，反而得到了很大的强化，有利于抵抗各种載荷。

2) 用切削加工法进行精密加工时，需要有精密的机床設備与高度熟练的工人；而压光加工时，可以在不需要上述条件的情况下，得到很高的精度与光洁度。

3) 切削加工时，要从零件的加工面上去除很多金屬，因而消耗了大量的零件材料和刀具材料；压光加工是一种无切屑加工，它沒有上述的材料消耗，而使零件的成本降低。

4) 切削加工中，精密加工大多是采用磨料作为切削工

具。在加工过程中，高硬度的磨料会嵌入零件的表面层中，而使零件在使用过程中的磨损加快。

压光加工是一种高生产率的加工方法。在重型机器制造中加工大型零件时，它比其他的精密加工法可提高劳动生产率 3~10 倍。

压光加工法是利用金属的塑性特点，即在一定条件下，使金属表面在外力作用下产生塑性变形和表层組織結構改变，而不使整体破坏。零件在经过压光后，金属并未脱落，而只是表层体积重新分布，使零件得到所需要的形状和精度。金属塑性变形的同时还产生弹性变形。根据弹性与塑性的理論得知，造成金属弹性和塑性变形的原因是由于：压力的作用使被加工金属表层組織中产生原子晶格間距的改变，或是使其产生晶內或晶間滑移的緣故。如果这种改变是暫时的，当作用力去掉后，晶格的变形便完全消除，物体便恢复到原来的形状，这就是所謂弹性变形。当所加的力超过一定数值时，除了产生弹性变形外，物体在去除外力后，还将把一部分变形保留下来，而造成残余变形——即塑性变形。它使物体得到了新的形状。由于塑性变形的結果，不但零件的形状改变了，而且金属的組織結構和性能也发生了改变——晶粒变得細长了，并且沿着变形最大的方向拉伸，形成了基体金属具有更高强度的紧密层組織。同时，在金属表层內产生很大的残余压缩应力，使零件的强度得到了很大的提高。

无论在切削或压光加工后，零件都会发生表面冷作硬化。但压光加工时所出現的冷作硬化程度和深度，都比切削加工的高得多，并且可用調整压光加工时的工艺参数来控制。因此，用这种方法加工时，可根据零件的使用要求来調整压光加工过程，而使金属获得所需的物理机械性能。

压光加工后，一般可使零件表面层的显微硬度●提高10~50%（相对于零件的原始硬度），因此，使很多原来需要表面热处理的零件免去了这个复杂的工序。

同时，由于压光加工后零件表面上造成具有残余压应力的紧密层組織，使零件的疲劳强度大大提高。对于軸类零件來說，一般可使疲劳强度提高20~50%，有时甚至可提高几倍。因此，压光加工后的零件特别适宜于承受交变載荷。

压光加工后，金屬的抗蝕能力亦有很大的提高，其原因是：压光加工后，零件表面的残余压缩应力使表面的細孔堵塞，減小了腐蝕破坏的敏感性，以及由于光洁度的提高，使腐蝕介质和零件接触面积大大减少。

压光加工后，可以增大零件有效的支承面积。一般它的支承面积要比良好磨削后所得者大20%，从而增加了零件工作时的耐磨性和稳定性。所以，在很多場合下，可以取消或大大减少跑合过程的时间。

零件的表面光洁度对机器零件配合特性的稳定性及使用寿命都有很大的影响。例如：一个軸与孔原来的配合为 $\frac{A}{C}$ ，由于零件表面较为粗糙，在使用过程中微观几何的頂峰遭到很快的磨平，間隙很快增加，使零件的使用性能受到影响。表面光洁度对紧配合連接的接合强度具有更大的影响。例如，在紧配合連接中，随着零件表面光洁度的降低，装配过程中表面微观不平度被挤去的就愈多，而使連接公盈值大为减小，从而大大降低了零件的結合强度。在結合零件的公称直径愈小、表面愈粗糙、精度愈高的情况下，这种恶化就愈明显。

● 显微硬度系表示在显微区域中結構組織的硬度，它具有高度的灵敏性。請參看黃仁：“显微硬度的性质及其在金屬切削研究方面的应用”[机械制造]1957年第11与12期。

在切削加工中，要达到 $\nabla\nabla\nabla 8$ 以上的表面光洁度，必須采用精磨、研磨、珩磨(用于內孔)或拋光等工序，并需要精密或特殊的机床和高度熟练的工人；而压光加工可以在不需要上述条件的情况下，較容易的达到 $\nabla\nabla\nabla 8 \sim \nabla\nabla\nabla\nabla 10$ 。压光加工后的表面光洁度可比原来的提高 1~3 級，有时甚至可达 5 級。

某些压光加工法（如利用球形刀具对內孔的挤压），在不需花費很大劳动量的情况下，可以达到 3 級至 2 級精度，有时甚至可达 1 級精度。压光加工后零件的宏观几何形状精度（橢圓度、錐度、鼓形、凹形等），在一般情况下亦不越出某一級精度的范围。一般，压光加工很少能修整上一道工序所遗留下来的宏观几何形状偏差，所以，它实际上是把原始表面的宏观几何形状完全保留下来，但也不会使它变坏。

压光加工法可用于各种材料（碳素鋼、合金鋼、鑄鉄和有色金屬等）的零件。压光加工的效果将随着零件原始硬度的降低而提高。实际上，对原始硬度很高的零件（超过 $H_B 400$ ），压光加工后的强化效果是很小的。所以，进行压光加工的零件，其原始硬度以不超过 $H_B 350$ 为宜。

由上可看出，压光加工是一种高生产率的高精度强化加工法。它和切削加工相比較，具有很多优点。因此，这项年輕的压光加工工艺，在近代机械制造工业上已得到了广泛的重视和推广。

第二节 机器零件压光加工的分类与运用

压光加工工艺的种类和型式很多，分类的方法也很多。但到目前为止，还没有得出能充分反映各种压光加工工艺特点的統一分类方法——一般仅根据作为工艺規程主要因素的

零件形状和类型的不同，分成六大类：1) 用于加工外圆柱表面的。2) 用于加工内圆柱表面的。3) 用于加工平面的。4) 用于加工螺纹面的。5) 用于加工齿轮曲面的。6) 用于加工各种特殊表面的。

由于前面三类在机械制造中的用途最为广泛，所以本书专门讨论前三类加工方法。现将这三类方法的分类与运用分述如下：

1 外圆柱表面的滚压加工

A. 用滚子滚压外圆柱表面 (图1-1) 它是机械制造中最早应用的一种压光加工法。将滚子与零件的加工表面在压力下相互对滚，由于滚子的表面硬度很高，所以使零件表面产生塑性变形，提高了零件表面的光洁度，并使金属表面获得紧密冷硬的强化层。滚压时，可以用一至四个滚子。用一个滚子滚压时，由于很大的单向压力，容易使工件发生弯曲，所以，只能用于刚性较好的零件——最适宜于加工大型的轴类零件。这一工序通常是在精车或半精车以后直接在车床或立式车床上进行。车削后的表面光洁度应不低于 $\nabla\nabla 5 \sim \nabla\nabla 6$ 。滚压后的表面光洁度可达 $\nabla\nabla\nabla 8 \sim \nabla\nabla\nabla\nabla 10$ ，比滚压前提高了2~4级；耐疲强度可提高20~50%；零件表面的显微硬度可比原来提高10~40%。

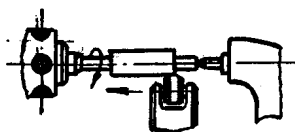


图1-1 用滚子滚压外圆柱表面。

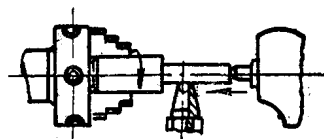


图1-2 用滚珠滚压外圆柱表面。

B. 用滾珠滾壓外圓柱表面(圖1-2) 上面說過, 滾子滾壓不适宜于加工剛性較差的零件。而用滾珠滾壓外圓柱表面時, 則就大大減少了二者的接觸面積, 因而克服了上述的缺點。為了保證提高加工表面的光潔度, 用滾珠滾壓時只能採用較小的走刀量。為了減少滾珠的強烈磨損, 它不宜用于直徑和長度很大的零件, 而宜于用作直徑較小或剛性較差的零件。用滾珠滾壓時, 由於所用的滾珠是標準的, 所以其滾壓工具製造簡便。用滾珠滾壓後, 可提高零件的耐疲強度 $10\sim 30\%$; 表面光潔度可達到 $\nabla\nabla\nabla 8\sim \nabla\nabla\nabla\nabla 12$; 表面显微硬度比原來提高 $20\sim 50\%$ 。它通常也是在精車或半精車以後直接在車床上進行。滾壓前的表面光潔度不應低於 $\nabla\nabla 6$ 。

C. 外圓柱表面的离心滾壓法(圖1-3) 它系用一種高速旋轉的強化器來進行加工。強化器由鋼球、圓盤等組成。鋼球可在圓盤的徑向溝槽中運動, 當強化器的圓盤高速旋轉時, 鋼球在離心力的作用下, 就處於溝槽的最外邊緣位置。所以, 當鋼球與零件相接觸時, 鋼球和被加工表面就發生沖擊作用。沖擊後, 鋼球從被加工表面彈回來, 而在離心力的作用下很快又恢復至溝槽的最外邊緣位置。加工過程中, 由於零件以一定的速度旋轉, 並且強化器相對於零件作縱向走刀運動, 因而鋼球每次都能沖擊到零件表面上新的部位。這種沖擊, 使零件表面層的組織發生變化(晶粒拉長), 而獲得緊密的強化層, 並提高了表面光潔度。用這種方法滾壓前, 零件表面必須精車或磨削至 $\nabla\nabla 6\sim \nabla\nabla\nabla 8$ 。滾壓後表面光潔度可達 $\nabla\nabla\nabla 8$

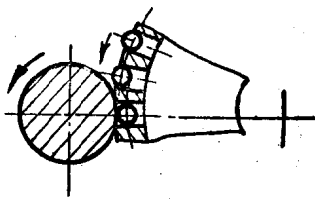


圖1-3 外圓柱表面的离心滾壓法。

~▽▽▽▽10, 比滾压前提高 1~2 級; 疲劳极限可提高 10~50%; 表面层的显微硬度可提高 17~80%。滾压可在外圓磨床上进行, 此时砂輪由强化器所代替。当加工尺寸很大的零件时, 在外圓磨床上无法进行, 此时可在車床上加工, 但須有一套特殊的夹具以带动强化器作高速的旋轉。

2 內孔的压光加工

A. 用滾子滾压內圓柱表面 其方法和原理与滾子 滾压外圓柱表面相同。所用的滾压工具同样可分为单滾子式的和多滾子式的。单滾子式的滾压工具对零件产生很大的单向压力, 所以仅可用作长度較短而剛性較好的零件。滾压通常是在車床或鏜床上, 在精鏜或半精鏜以后直接进行。滾压前的表面光洁度应不低于▽▽5~▽▽6。滾压后的表面光洁度一般可以达到▽▽▽8~▽▽▽9; 表面显微硬度可提高 20~30%; 耐疲强度可提高 20~40%。

B. 用滾珠滾压內圓柱表面 其方法和原理与滾珠 滾压外圓柱表面相同。所用的工具亦可分为单滾珠式的和多滾珠式的。它通常是在車床或鏜床上, 在精鏜或半精鏜以后进行的。滾压前的表面光洁度应不低于▽▽5~▽▽6。滾压后可以达到▽▽▽8~▽▽▽11; 表面显微硬度可提高 20~50%; 耐疲强度可提高 10~40%。

C. 內圓柱表面的离心滾压法 其方法和原理与外圓柱表面的离心滾压法相同。用此法滾压前, 零件表面必須精車或磨削至▽▽6~▽▽▽8。滾压后的表面光洁度可达▽▽▽8~▽▽▽10, 比滾压前提高 1~2 級; 耐疲强度可提高 20~60%; 表面层的显微硬度可提高 17~80%。它可以在車床或內圓磨床上进行。在車床上进行时, 需要一套带动强化器

作高速旋轉的特殊夾具。

D. 內孔的擠壓加工 此法是用與內孔形狀相同的壓刀，通過已加工孔，而使孔內壁得到強化和提高光潔度。在擠壓過程中，壓刀與工件不发生相對轉動，而僅作沿內孔軸綫方向的相對移動。此法可用于擠壓圓孔、花鍵孔與各種特殊形狀的孔。擠壓圓孔時，如孔的尺寸及公差與滾珠的標準尺寸及公差相符合時，壓刀可以用標準的滾珠代替，從而大大簡化了壓刀的制造。內孔在擠壓加工前，最好用拉孔、鉸孔、精鏜等方法進行預加工，其表面光潔度必須達到▽▽6以上。內孔的擠壓加工可以在手動或機動壓床和拉床上進行。擠壓後的尺寸精度可以達2~1級，表面光潔度可以達▽▽▽9~▽▽▽▽12，表面層的顯微硬度可提高20~40%，耐疲強度可提高20~50%。此法特別適宜于用作加工小直徑而高精度的內孔。因為它比其他任何方法都能大大的提高生產率 and 降低成本。

3 平面的滾壓加工

A. 用滾子滾壓平面 其方法和原理與滾子滾壓內外圓柱表面相同。它通常可以在車床或刨床上在車削或刨削以後直接進行。滾壓前的表面光潔度應不低于▽▽5~▽▽6。滾壓後，表面光潔度可達▽▽▽8~▽▽▽▽10，耐疲強度可提高10~30%，表面層的顯微硬度可提高10~35%。

B. 用滾珠滾壓平面 其方法和原理與滾珠滾壓內外圓柱表面相同。它通常可以在車削或刨削以後，直接在車床或刨床上進行。滾壓前的表面光潔度應不低于▽▽5~▽▽6。滾壓後，表面光潔度可達▽▽▽8~▽▽▽▽11，耐疲強度可提高10~25%，表面層的顯微硬度可提高0~20%。

C. 平面的离心滚压法 其方法和原理与内外圆柱表面的离心滚压法相同。用此法滚压前，零件表面必须精刨或磨削至 $\nabla\nabla 6 \sim \nabla\nabla\nabla 8$ 。滚压后的表面光洁度可达 $\nabla\nabla\nabla 8 \sim \nabla\nabla\nabla\nabla 10$ ，耐疲强度可提高20~40%。它可以在平面磨床或刨床上进行。在刨床上进行时，需要一套带动强化器高速旋转的特殊夹具。

必须指出，在上述所有各种压光加工法中，都能促使零件的表面光洁度、表面硬度、耐疲强度及抗蚀能力等的提高，但都不能提高零件加工面的几何形状精度。因此，零件加工面的几何形状精度必须由压光加工前的工序来保证。但它也不会使零件的尺寸精度变坏，因为绝大部分压光加工法在加工过程中所引起零件尺寸的变化是很小的。

第二章 外圓柱表面的滾壓加工

第一节 用滾子滾壓外圓柱表面

用滾子滾壓外圓柱表面已有着悠久的历史。而且直到目前为止，它仍是各工厂中用得最广泛的一种压光加工法。因此，本书将对它作較詳細的討論。

滾子滾壓法的本质是，用高精度、高硬度且能作自由轉动的滾子对被加工表面加压对滾，使零件表层金属发生塑性变形，熨平粗糙度，从而获得紧密强化的表层組織，使零件的耐磨性、光洁度、耐疲强度提高。它也可用作保証压配零件的配合强度。

滾壓通常是在精車或半精車后进行，以代替磨削或拋光工序。

滾壓时可以用一个或多个滾子进行。单滾子滾壓工具(图 2-1 a)在构造上及使用上都非常簡便。但工作时有很大的单向压力的严重缺点，这种压力不但对机床某些部件起着不良影响(使磨損增加)，而且对剛性小的零件，常导之变形而使强化质量大大降低(甚至恶化零件的原始精度)。因而单滾子滾壓法仅适用于具有足够剛性的零件(特别

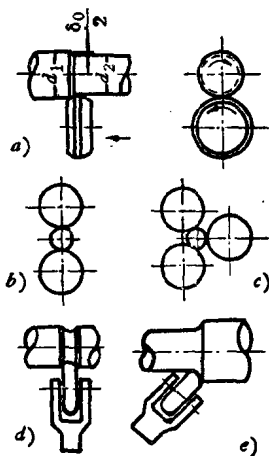


图2-1 用滾子滾壓外圓柱表面时的工作情况:

a—用一个滾子；b—用二个滾子；c—用三个滾子；d—滾压圓槽；e—滾压圓角。

是重型机器制造中加工轴类零件)。

多滚子滚压工具(如图2-1b为双滚子式,图2-1c为三滚子式)基本上克服了上述缺点,而适于对小型的刚性不足的零件的加工。但是,它在制造上、运用上都要比单滚子式的复杂。

图2-1d所示为滚压圆槽时的情况。

图2-1e所示为滚压轴肩圆角时的情况。

1 滚子式滚压工具

外圆柱表面的滚压加工可以在专用的滚压机床上进行。例如,英国伏亨公司(Vaughan Associates, Ltd.)所制7221-33型海根霞埃脱(Hegenscheidt)半自动滚子压光机床,可用来滚压汽车短轴轴颈和圆角。在工作过程中,可以用液压机构调节滚压压力;苏联红色无产者机床厂所生产的1835 MK177型专用机床,是为了专门车削和滚压机车轴轴颈用的。专门的滚压机床的用途是十分狭小的,它只有在大量生产中加工大批零件时采用,故这类机床目前制造得很少。目前,我国一般工厂的滚压加工通常是在普通车床上进行的,此时必须采用专门的滚压工具。滚压加工的效果,不但和滚压过程中所选用的各工艺参数有关,而且和滚压工具的结构、滚子的材料、几何形状、精度、硬度及滚压加工前表面的原始状态有关。现就普通车床上滚压外圆柱表面时所用的滚压工具叙述如下:

A. 滚子的材料及其几何形状 滚子必需具有高的硬度和耐磨性,通常是用碳素工具钢Y10A与Y12A、高速钢PΦ1、合金钢XBF、X12、X12M、5XHM、MIX15、3X12或3H-256等制成。由试验知道,在上述各种材料中,以高锰钢3H-256