



成形零件的机械磨削

Б·М·馬尔金著

中国工业出版社

本书的内容主要是叙述怎样利用臥軸矩台平面磨床和万能工具磨床，以机械化的方法来磨削成形的零件，如样板、冲头、楔子、量规等。并且较详细地叙述了磨削中所用的各种夹具的结构。

本书首先叙述了砂輪的特性及其选择、应用、修整成形砂輪的方法等；然后介绍了在平面磨床上所用的磁性吸盘、正弦尺、以及各种正弦工具的使用方法，还详细地说明了平面磨床上所用万能夹具的结构和用途，以及在工具磨床上利用光学分度头进行加工的方法。最后叙述了对齿状零件的磨削法。

本书特别举出了许多磨削各种成形零件的实例，并且还说明了对这种零件的检验方法。

本书可供工具厂或机器制造厂中从事工具制造的工长、高级磨工及工程技术人員参考之用。

Б. М. Малкин

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Машгиз 1954

* * *

成形零件的机械磨削

束順譯

*

机械工业图书編輯部編輯 (北京苏州胡同141号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟閣路10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第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·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $5 \frac{1}{16}$ · 字数 109,000

1963年8月北京第一版·1963年8月北京第一次印刷

印数 0,001— 3,070 · 定价 (10-6) 0.68 元

*

統一书号: 15165 · 2383 (一机-493)

前 言

在成批和大量制造机器的现代工艺中，要应用许多的模具、成形样板、夹具和压模。为了迅速地生产出足够数量的、为工农业所需的各种优质机器，就必须在极短的期限内制造出必要的装备（工具、夹具、模具等）。

在制造装备时，其中大部分是属于成形的样板、冲头和模子，它们在许多企业中还是依靠高级样板钳工的手工操作来进行制造。

当用手工来加工样板、冲头及其他类似零件成形时，样板钳工必须在铣好成形后、在热处理前，进行较高精度的修锉；同时还得留下最后研磨用的余量。为了减少热处理后研磨成形所花的劳动量，就需要在修锉时尽量少留一些研磨的余量。但是，留给研磨的余量如果不够大，则时常会由于在热处理时冲头和样板的成形发生变形而报废。

这种对样板、冲头、模子及其他类似零件成形的加工方法，是繁重而复杂的，且生产率低、成本高。

现在在样板钳工工作的机械化方面，我们的工业已积累了许多的经验。

近来已广泛应用卧轴平面磨床和万能工具磨床来进行这个工作。

在平面磨床和万能工具磨床上加工成形零件时，其精度和表面光洁度，不仅决定于正确地调整机床和采用精密的夹具，并且还要依靠正确地选择初磨和终磨用的砂轮。

对于各种模具的冲头来讲，磨削一般是其最后的一道工序。

当制造精密样板或其他重要零件时，在磨削后还时常要对成形零件进行研磨；但与不用机床进行成形的初加工而用手铰的情况比较起来，则研磨成形所需的劳动量要小得多。

在制造样板、模具零件及压模时，采用成形磨削后，就取消了热处理前精加工成形所花的非生产性的劳动量。

近几年来，许多先进工厂工具车间的磨工工段都应用了万能坐标夹具。在这种夹具内，样板或冲头在一次装夹下就能加工好复杂的成形。被加工零件在这种夹具内的正确定位，是依靠它沿着两个坐标轴的移动而达到的。

在这种夹具内磨削零件，尤其是大尺寸的，其劳动生产率和加工表面的质量，比在光学磨床上加工时为高。

在样板钳工操作机械化方面进行工作的工具制造工艺师和合理化建议者，其任务就是要进一步把制造装备零件中的手工加工改变为机械加工，推行新的工艺过程，即在平面磨床上配备高生产率的夹具。这种夹具既适合于制造各种装备上的零件，又能在加工中及加工完毕后对零件的尺寸进行检验。

样板、冲头及普通机器零件等的成形磨削，提高了加工精度和劳动生产率，并且能够在热处理后硬度很高的情况下对零件进行磨削。

目 次

前 言	3
第一章 砂輪, 砂輪的選擇和磨削淬硬鋼的特点	1
1. 磨料和砂輪的特性	1
2. 砂輪的選擇和磨削淬硬鋼的特点	4
第二章 修整砂輪用的工具和夾具	10
1. 金剛石和非金剛石修整工具	10
2. 用非金剛石修整工具的修整方法和用量	15
3. 平面磨床上非金剛石修整用的夾具	18
4. 用金剛石工具修整砂輪的夾具	24
第三章 在磁性吸盤上磨削零件時定位、夾緊和測 量用的夾具	39
1. 磁塊	39
2. 磁性元寶鉄	40
3. 样板虎鉗	40
4. 磨削互成 90° 角度的薄片平面用的夾具	41
5. 直角元寶鉄	42
6. 磨削多面形零件用的夾具	43
7. 專用分度器	44
8. 磨削多面形零件平面用的分度夾具	48
9. 正弦尺	50
10. 正弦體	51
11. 正弦迴轉頂尖座	52
12. 正弦磁性吸盤	56
13. 正弦分度夾具	73
14. 調整式裝置	80
15. 萬能千分表支架	81

第四章 在平面磨床上对成形零件进行座标磨削用的万能夹具	83
1. 在一次安装中对零件的非封闭成形进行磨削用的万能夹具	83
2. 在一次安装中对零件的封闭成形进行磨削用的万能夹具	95
3. 检验零件成形尺寸的方法	127
第五章 在工具磨床上磨削成形零件	135
1. 用光学分度头磨削样板	135
2. 花键套筒中槽子的磨削	139
3. 对模子和齿轮内啮合齿形的磨削	145
第六章 在平面磨床上磨削复杂齿状零件	149
1. 齿状冲头的磨削	149
参考文献	155

第一章

砂輪，砂輪的選擇和磨削淬硬鋼的特点

1 磨料和砂輪的特性

砂輪是用特种結合剂把大量的磨粒相互粘接而成的。砂輪中磨粒的形状是各式各样的，但其硬度必須高于被加工材料的硬度。

砂輪中的磨粒必須具有鋒利的切削刃，用它从被加工零件上切下薄的金屬层。在砂輪的結合剂和磨粒之間还留有一些空隙，在加工过程中这种空隙能够容納磨屑。

天然磨料（剛玉、金剛砂、石英砂）或人造磨料（普通电炉氧化鋁、白色氧化鋁、綠色碳化硅、黑色碳化硅），都可用来制造砂輪。

在制造平面磨削和成形磨削用的砂輪时，很少采用天然磨料。因为这种砂輪的生产率比用人造磨料的要低得多，尤其在磨削淬硬鋼时更为显著。此外，采用人造磨料能够在更广的範圍內来規定砂輪的硬度、組織和粒度。

用得最广的磨料为綠色碳化硅 ($\text{SiC} \geq 97\%$) 和普通电炉氧化鋁 ($\text{Al}_2\text{O}_3 86 \sim 91\%$)。碳化硅本身的硬度，比制造砂輪的其他磨料的硬度都高。它的粉碎后的晶体具有极鋒利的棱边，甚至可用来切削硬质合金。

普通电炉氧化鋁的硬度不及碳化硅高，但其强度較好。因此，当加工极限强度高的材料时，它具有較好的切削性能。

砂輪的粒度决定于磨粒的大小，用号数表示。这号数就

是磨粒能通过最后一道标准筛子孔的孔数。按苏联国家标准ГОСТ 3238-46的规定，对于长度大于40微米的磨粒，要用两个相邻号码的标准筛子来确定它的号数，而筛孔的尺寸则根据ГОСТ 2851-45的规定。

磨粒愈细粒度号数愈大。

对于粗磨工作，采用粒度10~36的粗粒度砂轮；而对于精磨工作，则用粒度46以上的细粒度砂轮。

我们利用各种不同的材料使砂轮中的磨粒结合在一起，这些材料就称为结合剂。

用得最广的结合剂为粘土、树脂和橡胶；用得较少的是氧化美和硅酸盐。

大部分砂轮是用粘土结合剂制造的，因为这种结合剂可以把各种磨料制成任意粒度和组织的、硬度高的砂轮。

粘土结合剂是防水的，因此，当使用由这种结合剂制造的砂轮工作时，就能够使用冷却液。其缺点是抗冲击和弯曲的性能差。

对于大直径的薄砂轮，为了增加其强度，要用树脂浸过。

粘土结合剂的砂轮可以用于各种的磨削形式。而在割断和切割狭槽的工作中不用它。

硅酸盐结合剂的砂轮只能用于不用冷却液的磨削工作，因此它的生产率很低。在加工中，这种砂轮的磨粒比粘土结合剂的脱落得快，因此，属于软砂轮一类。

硅酸盐结合剂的砂轮用来刃磨刀口很薄的刀具，并且可以制成较大的直径。

用树脂结合剂可以制出高强度和弹性好的、各种形状和尺寸的砂轮。大多数的高速砂轮都是用它制造的。这种砂轮

能够在負荷不稳定的情况下进行工作，例如磨削鑄件和去除鋼錠上的氧化皮等。

与粘土砂輪相比較，树脂砂輪磨粒与結合剂之間的粘結强度較低，因此，在工作中发热較少。

橡胶結合剂砂輪的彈性較好，但是比树脂結合剂的耐熱性差。由于橡胶結合剂的彈性很高，所以用它能够制造出用于割断工作和切割狹槽的很薄的砂輪。当溫度超过 150°C 时，橡胶結合剂会軟化，而使磨粒压入到它里面。因此，用这种砂輪工作时（允許的圓周速度不大于80米/秒），必須加冷卻液。这种砂輪的組織紧密，因此就限制了磨粒的切入深度，所以，常常用于精加工。

所謂砂輪的硬度，就是磨粒在外力作用下，它本身对于从結合剂表面脫落下来的抗力。它是决定于許多因素的，如結合剂的种类和数量、砂輪的組織、粒度及其制造工艺。

在砂輪整个体积中的結合剂数量愈少，則在磨削时磨粒的脫落愈容易。

表1 所列為磨削工具的硬度等級(在ГОСТ 3151-47中，

表1 磨削工具的硬度等級

磨 削 工 具 的 硬 度	硬 度 符 号	
	大 类	小 类
軟	M	M1; M2; M3
中 軟	CM	CM1; CM2
中	C	C1; C2
中 硬	CT	CT1; CT2; CT3
硬	T	T1; T2
很 硬	BT	BT1; BT2
最 硬	YT	YT1; YT2

規定着确定磨削工具硬度的方法)。

文字符号右面的数字 1、2 和 3 表示硬度递升的次序。磨削工具硬度等級的符号，仅仅是在不加工的情况下对其特性作比較用的。砂輪在工作中的硬度是不同的，它决定于磨削用量、磨粒和結合剂所受应力的大小以及其他一些因素。

結合剂、磨粒和空隙之間在数量上的比值，以及它們在砂輪中的相互排列，决定該砂輪的組織。

砂輪的組織分为紧密組織 (№ 0、1、2 和 3)，中型組織 (№ 4、5 和 6)，疏松組織 (№ 7、8、9、10、11 和 12)。組織的号数愈小，則磨粒的排列愈紧密。在疏松組織的情况下，砂輪的单位体积內具有数量較少、但比較大的空隙；而在紧密組織中則具有数量較多的小空隙。

如果磨粒之間空隙的大小足够容納磨削过程中所产生的切屑，則該砂輪是能够正常工作的。按照預先規定的組織制造的砂輪称为組織砂輪。同样粒度、硬度和結合剂的砂輪，可以有各种不同的組織。

苏联的磨料制造厂生产着各种組織的砂輪，用它們可以高度的生产率来磨削各种零件。

2 砂輪的选择和磨削淬硬鋼的特点

在磨削中，如果要使被加工表面得到所需的光洁度和最大的生产率，在相当程度上决定于正确的选择砂輪。如果砂輪的性质不符合加工要求，那就会造成零件表面质量低劣，使被加工零件过度发热，使砂輪的磨損增多。在正确选择砂輪硬度的情况下，当磨粒的鈍化达到一定程度前，結合剂應該保持住磨粒，使其不会脫落下来。当磨削軟的材料时，磨粒的磨損和鈍化較慢，因此用新磨粒替代旧磨粒的情况可以少

发生一些，这时应采用硬的砂輪。反之，就要采用較軟的砂輪，以便磨損的磨粒較快地脫落，露出新的鋒利的磨粒。但是，像鉛、紫銅和黃銅等極韌而軟的材料却例外，这些材料的加工應該采用軟的砂輪。因这种韌的切屑，很快就會把硬砂輪的全部空隙填滿，形成塞實現象，造成極大的摩擦，产生大量的热量，使砂輪失去切削性能。

淬硬鋼較之軟鋼应采用硬度較低的砂輪。

在粗磨工作中，当切去大量的余量时，尤其在磨削不平的毛坯表面时，应采用較硬的砂輪，而精磨时則需要較軟的砂輪。

在磨削同一种鋼料的情况下，用細粒度砂輪时应比用粗粒度砂輪时选得較軟些，因为在粒度粗的砂輪上，其每顆磨粒所受到的負荷比較大。

表面的加工精度和光洁度，要依靠采用細粒度的砂輪来达到。

在粗磨以及加工軟而韌的材料时，應該采用粒度粗的砂輪。

粗粒度砂輪的生产率比較高，因它能够切除大量的切屑，但是，却在加工表面上留下許多粗的磨痕。

对于鑄鐵、鋁、紫銅、硬質合金、黃銅和青銅等的磨削，都应用碳化硅砂輪。加工結構鋼、工具鋼和可鍛鑄鐵时，則应用电爐氧化鋁的砂輪。

当用砂輪的外圓进行平面磨削时，建議采用組織为 5 或 6 号的中等緊密程度的砂輪；而在成形磨削时，用組織为 3 或 4 号的砂輪。

磨削塑性材料或者当磨削深度較深时，应采用疏松組織的砂輪 (№ 7、8、9、10、11、12)。

在選擇砂輪時，對機床的特點加以考慮是很重要的。如果在磨損了的機床上帶着相當大的振動進行加工，則應選用硬度較高的細粒度砂輪，因為不穩定的工作增加了砂輪的磨損。當在結構剛固的機床上磨削時，應採用較軟的粗粒度砂輪。

當磨削用 P8 或 ЭИ-184 鋼做的淬硬的刀具時，應用硬度為 M3、粒度為 120、用粘土結合的普通電爐氧化鋁砂輪。

當用砂輪外圓對淬硬鋼進行平面磨削時，則採用硬度 M1~CM1，組織為 8 號，粒度 24~46，用粘土或樹脂結合的白色氧化鋁或普通氧化鋁砂輪。在這種情況中，若用的是很薄的砂輪，則樹脂結合劑的比較好。

粘土砂輪能很好地保持住工作刃口的成形，這一點在磨削某些成形時是十分重要的。例如當磨削沖制轉子槽用的沖頭上的凸耳時，就要求達到小於 0.2~0.3 毫米的圓弧半徑。

螺紋磨削則採用高度疏松的用粘土結合的白色氧化鋁砂輪。砂輪的粒度主要取決於所磨螺紋的節距。對於節距為 2~5 毫米的螺紋，推薦用粒度為 120~140 的砂輪。

當磨削樣板和沖頭的成形時，建議採用硬度為 CM1~CM2 的粘土結合劑砂輪。如果加工表面要求達到 7~8 級的光潔度，則用粒度為 60 的砂輪；如要達到 8~9 級的光潔度，則用粒度為 100 的砂輪。

當磨削用量和砂輪的性質選擇得不正確時，會使磨削表面燒傷而形成微細的裂紋。

當用砂輪的外圓對鋼料進行平面磨削時，砂輪的平均圓周速度在粗磨時可採取 23~25 米/秒，在精磨時為 25~30 米/秒。

在磨削的過程中，切屑的形成是在 800~900℃ 的高溫下

发生的。其特点在于发热的瞬时性，以及在砂輪和加工表面瞬时接触处热量的高度集中。因此就能够使加工面的表面层产生組織上的变化。磨粒在高的圓周速度下，由于其切削刃的几何形状不規則（大部分磨粒都具有負前角），引起很大的摩擦。在磨削中，热量是由于磨粒和切屑之間的摩擦，以及切屑在变形时分子之間的摩擦而形成的。

磨削淬硬鋼所造成的热量，其坏处就是会使加工表面产生內应力，甚至发生裂紋、燒伤和局部回火的現象。在局部发热的影响下，还会使被加工零件变形得很厉害。

淬硬鋼在磨削中的回火形成了軟的表面层，降低了零件的耐磨性。

为了避免磨削淬硬鋼时的过度发热，就必须正确选择磨削用量，并且要正确选择砂輪的硬度和粒度。

当采用过高的磨削用量时，在加工零件的表面上就会出现深的、局部的、微观組織的改变，称之为磨削燒伤。同时在加工表面上产生了拉伸应力，其数值一般超过被磨金屬的极限强度，因而形成裂紋。

在粗磨中，当从零件上切掉相当多的余量时，必須应用工作时摩擦較小的粗粒度砂輪。砂輪必須及时修整，因为磨鈍和塞实的砂輪，对零件所造成的发热現象是相当厉害的。淬硬零件在平面磨床上終磨时，应该在深度方向采用小的进給量（利用砂輪垂直进給的手輪来实现），而用大的机床台面的横向进給量来进行加工。用这样的进給量来磨削时，零件的发热情况大大降低，而能获得优质的加工表面。

在磨削样板和冲头的成形时，产生裂紋的原因之一是热处理得不正确。在热处理时对于薄的零件应该特別小心，因为当这种零件加热过度时，就会大大地增加內应力，从而形

成裂紋，而这种裂紋时常要在磨削过程中才会发现。

从淬硬零件磨削表面微观組織的分析可知，增加砂輪的圓周速度就会改善表面的质量。但是砂輪的最高圓周速度不應該超过砂輪强度所允許的数值。

当砂輪的圓周速度相当增加后，應該略微增加一点磨削深度，使在磨削中能有足够的压力，以便砂輪在不修整的情况下能保持它的切削性能。

当用高的圓周速度磨削时，應該采用較軟的砂輪，因为在单位時間內磨粒是以更多的次数进行工作，也就是說磨鈍得更快。

由于在高頻电流淬硬零件方面所获得的許多成就，使零件在不淬硬的情况下就可以进行磨削。这样就避免了加工表面脫碳的危險。与普通热处理方法比較，零件的变形是大大地降低了。

为了避免磨削表面的燒伤現象，應該使用冷却液。它可以保証很好地排除切屑和冲走廢的磨料，减少磨粒和被加工金屬之間的摩擦。

在平面磨床上加工夹紧在专用夹具內的样板类工件，或其他精密零件时，差不多都不用冷却液。主要原因是冷却液会损坏贵重的夹具，并且在磨削过程中很难測量工件。此外，冷却液的微細顆粒会在工件上造成擦伤。

在磨削时，加工表面的质量在相当程度上决定于砂輪的平衡度。砂輪在高速旋轉时，会引起很大的振动，造成主軸軸承和整台机床的磨損。同时砂輪也受到較早的磨損，使表面变得高低不平。砂輪在严重振动时所引起的应力，时常会超过它的强度而造成碎裂。

对精密零件进行成形磨削时，不仅必須把砂輪平衡好，

而且机床上所有高速旋轉的零件也都要平衡好。

夹紧在法兰盘上的砂輪，要利用专用的平衡装置进行平衡。

当砂輪的重心和旋轉中心綫相互一致时，我們就认为这个砂輪是平衡好了。

砂輪在运送或儲藏中都可能受到损伤。为了避免由于砂輪碎裂所造成的不幸事故，每一个砂輪都必須在具有安全防护装置的专用机床上經過机械强度的試驗。在試驗时，砂輪的旋轉速度应比其通常采用的速度大50~80%。在制造厂中試驗好后，就在砂輪上打上标记。

第二章

修整砂輪用的工具和夾具

1 金剛石和非金剛石修整工具

如上所述，在磨削時砂輪上的磨粒用它鋒利的刃口從零件上切下切屑，由於受到很大的摩擦，它便逐漸變鈍。雖然砂輪本身具有一部分自銳性，可是，由於切削性能的降低，還必須對它進行修整。當所選的磨削用量和砂輪不正確時，就會使砂輪發生塞實的現象。所謂塞實，就是在砂輪的空隙中充滿了切屑和砂泥。這樣便會增加磨削時所耗的功率和有害的摩擦功，以致造成加工表面的燒傷和裂紋。為了恢復砂輪的切削性能，必須將它修整。此外，時常由於砂輪的幾何形狀和尺寸需要校正，也得對它進行修整。

及時而正確地修整砂輪的工作表面，在很大程度上決定了零件的加工精度和光潔度，因此它是磨削工藝中的一個主要因素。

修整砂輪可以應用金剛石的或非金剛石的修整工具。工業金剛石具有很高的硬度和耐磨性，在這方面，它超過所有現在應用的人造固體化合物和天然礦物。用金剛石工具修整砂輪時，基本上就是對砂輪上的磨粒進行切削，結果便獲得了光滑的而且幾何形狀正確的砂輪表面。但是這樣的砂輪的切削性能並不很高。

金剛石是一種昂貴而稀少的工具。因此，它的使用應該只限於修整特別精密的精磨工序中的砂輪。

修整用的金剛石顆粒應該牢靠地緊固在專用的刀柄內。

非金剛石的修整工具，根据它們的制造材料，主要可分为三类：磨料类(图1 a、б)；硬质合金类(图1 в、г、д、е)；金属类(图1 и、к、л；图2)。

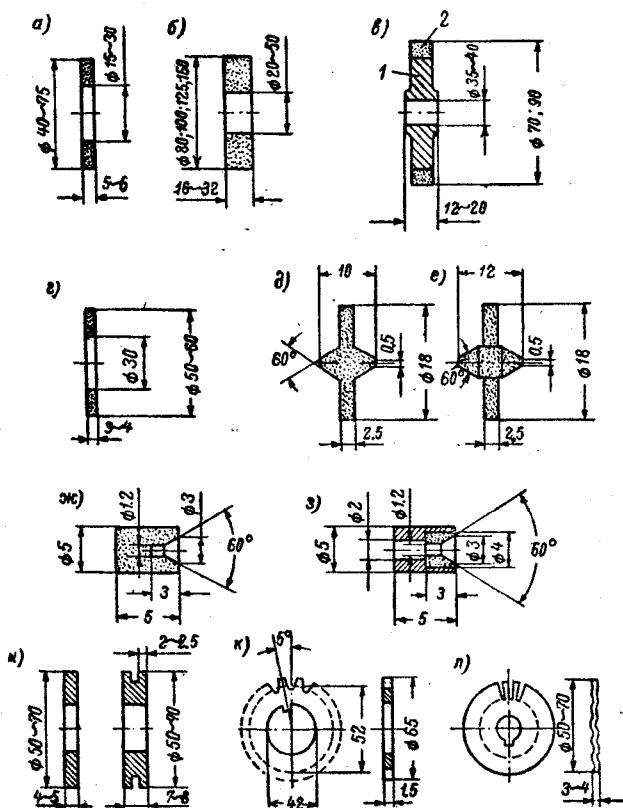


图1 非金剛石修整工具：

a—热剛玉圓片 A3； б—碳化硅圓片； в—硬質合金碎粒圓片；
1—鋼質壳体； 2—硬質合金碎粒； г—硬質合金圓片； д—小型整體
圓片； е—小型裝配式圓片； ж—整體軸承； з—裝配式軸承；
и—鋼片； к—星形鋼片； л—波浪形鋼片。