



第十一章

机械加工表面质量





学习内容

- 一、机械加工表面质量的含义
- 二、已加工表面形成机理
- 三、影响加工表面质量的因素
- 四、机械加工过程中的振动
- 五、控制加工表面质量的途径





学习要求

了解机械加工表面质量的基本内容及对零件使用性能的影响。通过研究影响加工表面质量的因素,控制加工过程中的相应参数,以保征零件的机械加工表面质量。





第十一章 机械加工表面质量

第一节 机械加工表面质量的含义

第二节 已加工表面形成机理

第三节 影响加工表面质量的因素

第四节 机械加工过程中的振动

第五节 控制加工表面质量的途径



第一节 机械加工表面质量的含义

表面质量是零件机械加工质量的组成部分之一。加工表面质量是指机械加工后零件表面层的几何结构和受加工过程的影响，表面层金属材料与基体材料性质产生变化的情况。零件的磨损、腐蚀和疲劳破坏都是从零件表面开始的，所以零件的表面加工质量将直接影响零件的工作性质。特别是在高速、高应力和高温情况下，表层的任何缺陷不仅直接影响零件的工作性能，而且还会引起应力集中、应力腐蚀等现象，加速零件的失败。

- 一、表面质量的含义
- 二、机械加工表面质量对零件使用性能的影响
- 三、表面的完整性



一、表面质量的含义

机械加工后的表面，不可能是理想的光滑表面，总存在一定的微观几何形状偏差，表面层的物理力学性能也发生变化。因此机械加工表面质量包括：加工表面的几何特征和表面层物理力学性能的变化。

1、加工表面的几何特征：

2、表面层物理力学性能的变化

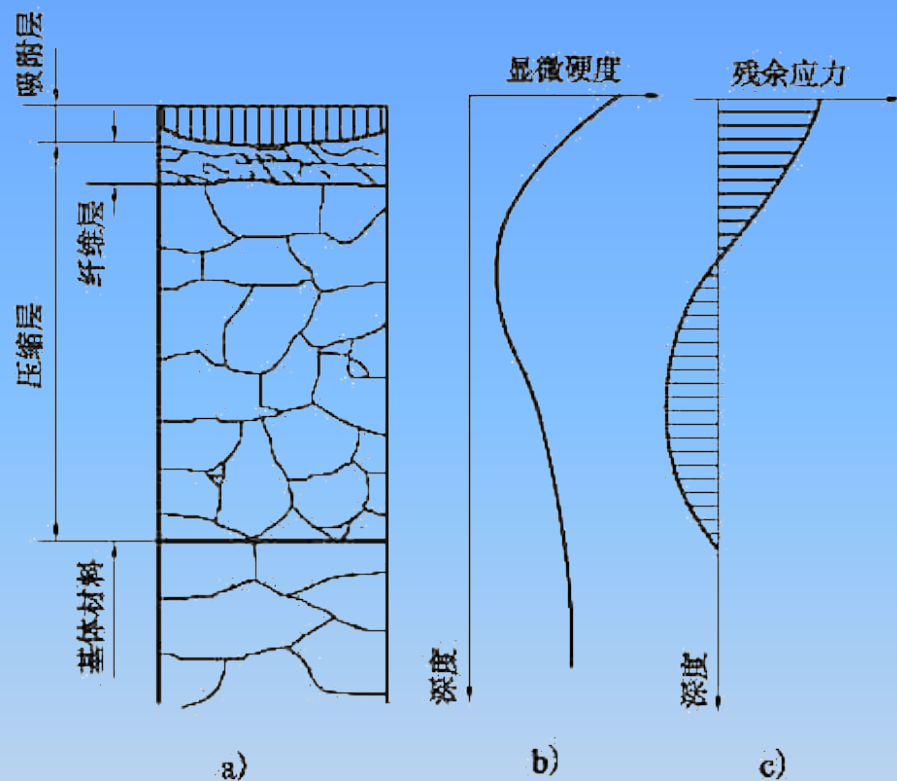
加工表面的几何特征是指其微观几何形状，主要包括表面粗糙度、刀痕方向、和表面波度。当 L/H （波距 / 波高） < 50 为表面粗糙度，

$L/H = 50 \sim 1000$ 为表面波度。表面层金属物理力学性能的变化主要受表面层加工硬化、残余应力和表面层的金相组织变化的影响。机械零件在加工中由于受切削力和热的综合作用，表面层金属的物理力学性能相对于基体金属的物理力学性能发生了变化。

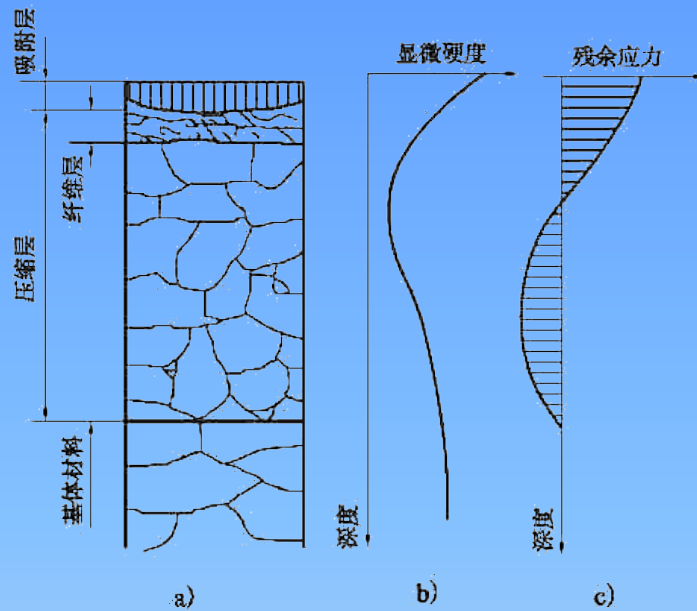
R_a

表面粗糙度与波度

图示零件表面层沿深度方向的变化过程，表面层可分为吸附层和压缩层。



最外层是吸附层，是由氧化膜或其他化合物吸收、渗进了气体粒子而形成的一层组织。第二层是压缩层，是由于切削力和基体金属共同作用造成的塑性变形区域，在其上部存有纤维组织，是由于刀具摩擦挤压而形成的。有时在切削热的作用下，表面层的材料还会产生相变和晶粒大小的变化。



表面层的物理力学性能主要受压缩层的组织结构的影响。

表面层的物理力学性能随表面层的加工硬化程度而变化；硬化程度越大，表面层的物理力学性能变化越大。

表面层残余应力是在加工过程中，由于弹、塑性变形及温度和金相组织的变化造成的不均匀体积变化而在表面层中产生的残余应力。

表面层金相组织的变化是由于加工过程中产生的切削热使工件表层材料的温度发生变化而造成的。这种变化包括相变、晶粒大小和形状的变化、析出物的产生和再结晶等。金相组织的变化主要通过对显微组织的观察来确定。



二、机械加工表面质量对零件使用性能的影响

1、表面质量对耐磨性的影响

1) 表面粗糙度对耐磨性的影响

2) 表面加工硬化对耐磨性的影响

表面粗糙度对零件表面磨损的影响很大。一般说表面

2、表面质量对疲劳强度的影响

1) 表面粗糙度对疲劳强度的影响

2) 残余应力、加工硬化对疲劳强度的影响

加工表面的冷作硬化使摩擦副表面层金属的显微硬度提高，

3、表面质量对耐蚀性的影响

4、表面质量对配合质量的影响

5、表面质量对其他性能的影响

残余应力对零件疲劳强度的影响很大，而且残余拉应力将使疲劳裂纹

表面粗糙度值的大小将影响配合表面的配

表面质量对零件的接触刚度、结合面的导热性、导电性、导磁性、密封性、光的反射与吸收、气体和液体的流动阻力均有一定程度的影响。

粗糙度值大会使配合过程中一部分量减小，降低



三、表面的完整性

表面的完整性主要是反映表面层的性能，包括：

1、表面形貌：

主要包括表面粗糙度、表面波度和纹理。

2、表面缺陷：

主要是指加工表面上出现的宏观裂纹、伤痕和腐蚀。

3、微观组织和表面层的冶金化学性能

主要包括微观裂纹、微观组织变化及晶间腐蚀等。

4、表面层物理力学性能：

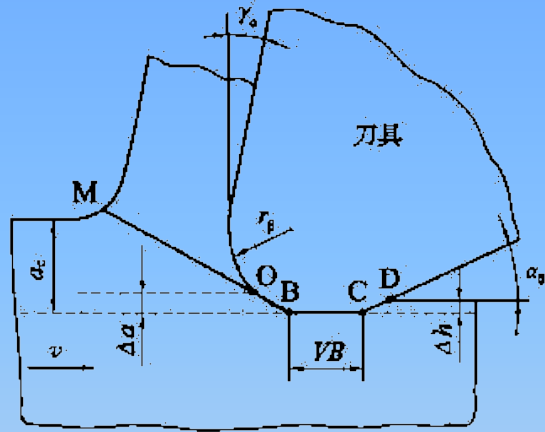
主要包括表面层硬化深度和程度、表面层残余应力的大小、分布。

5、表面层的其他工程技术特征：

主要包括摩擦特性、光的反射率、导电性和导磁性。

二、已加工表面形成机理

金属切削过程中，加工表面经过第三变形区后，形成已加工表面。第三变形区的刀具与加工表面的相互作用将直接影响已加工表面质量。



已加工表面的形成过程

在实际生产中使用的刀具，为提高刃口的承载能力，刀具刃口都具有一个半径为 r_f 的钝圆，其大小决定于刀具的刃磨质量、刀具材料。由图可知，当切削层金属以 v 的速度趋近于刀刃时，由于 r_f 的作用切削层金属 O 点以上的部分通过剪切滑移，沿前刀面流出成为切屑；

O 点以下，厚度为 Δa 的一层金属在圆弧刃的作用下，被挤压留在已加工表面上，在 BC 段，这层金属又受到后刀面上被磨损的一段小棱面 VB 的挤压与摩擦，使该层金属又发生塑性变形，表层下面的基体金属则受到弹性变形。当刀具与之脱离接触后，该层金属又弹性恢复 Δh ，最后形成已加工表面。由此可见，圆弧部分 OB 、磨损小棱面 BC (VB) 及 CD 三部分构成后刀面上的总接触长度，其接触情况直接影响已加工表面质量。已加工表面形成机理是分析已加工表面质量的重要物理基础。



第三节 影响加工表面质量的因素

加工表面质量主要受到表面粗糙度的大小、加工硬化程度、残余应力和金相组织变化的影响。因而分析影响加工表面质量的因素，就需要分析加工过程中的诸因素对表面粗糙度、加工硬化程度、残余应力状态和金相组织变化的影响。

一、影响表面粗糙度的因素

二、影响加工表面层物理力学性能的因素

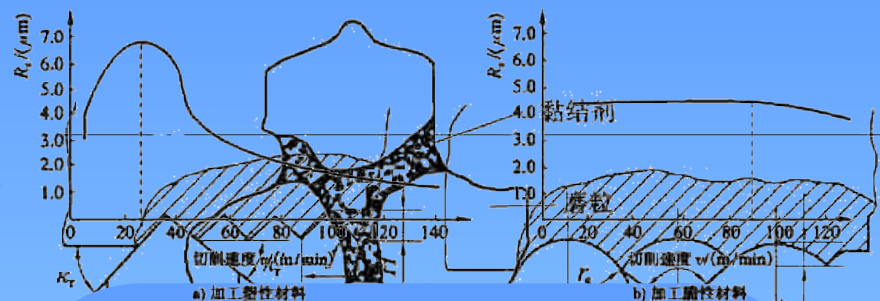
一、影响表面粗糙度的因素

1. 切削加工对表面粗糙度的影响因素

- (1) 刀具几何形状及切削运动的影响
- (2) 工件材料性质的影响
- (3) 积屑瘤的影响
- (4) 切削用量的影响

2. 磨削加工对表面粗糙度的影响

- (1) 砂轮的粒度
- (2) 砂轮的硬度
- (3) 砂轮的修整
- (4) 磨削速度
- (5) 磨削径向进给量与光磨次数
- (6) 工件圆周进给速度与轴向进给
- (7) 工件材料
- (8) 切削液



切削速度对表面粗糙度的影响

切削用量中，切削速度对表面粗糙度的影响比较复杂。在切削塑性材料时，一般情况下低速或高速切削时不会产生积屑瘤，加工表面粗糙度值较小。但在中等速度下，塑性材料由于容易产生积屑瘤与鳞刺，且塑性变形较大，因此表面粗糙度值会变大。切削加工过程中的切削变形愈大，加工表面就愈粗糙。在高速切削时，由于变形的传播速度低于切削速度，表面层金属的塑性变形较小，因而高速切削时表面粗糙度较低。加工脆性材料时，由于塑性变形很小，主要形成崩碎切屑，切削速度的变化，对脆性材料的表面粗糙度影响较小。



二、影响加工表面层物理力学性能的因素

在切削加工中，工件由于受到切削力和切削热的作用，使表面层金属的物理机械性能产生变化，最主要的变化是表面层金属显微硬度的变化、金相组织的变化和残余应力的产生。由于磨削加工时所产生的塑性变形和切削热比刀刃切削时更严重，因而磨削加工后加工表面层上述三项物理机械性能的变化会很大。

- 1、表面层加工硬化
- 2、表面层金相组织的变化
- 3、表面层残余应力



1、表面层加工硬化

1)冷作硬化及其评定参数

机械加工过程中因切削力作用产生的塑性变形，使晶格扭曲、畸变，晶粒间产生剪切滑移，晶粒被拉长和纤维化，甚至破碎，这些都会使表面层金属的硬度和强度提高，这种现象称为冷作硬化（或称为强化）。表面层金属强化的结果，会增大金属变形的阻力，减小金属的塑性，金属的物理性质也会发生变化。


被冷作硬化的金属处于高能位的不稳定状态，只有一种可能，金属的不稳定状态就要向比较稳定的状态转化，这种现象称为弱化。弱化作用的大小取决于温度的高低、温度持续时间的长短和强化程度的大小。由于金属在机械加工过程中同时受到力和热的作用，因此，加工后表层金属的最后性质取决于强化和弱化综合作用的结果。

评定冷作硬化的指标：表层金属的显微硬度 H_V 、硬化层深度 h 和硬化程度 N 。

$$N = ((H_V - H_{V0}) / H_{V0}) \times 100\%$$

H_V —加工后表面层的显微硬度；

H_{V0} —原材料的显微硬度。



2) 影响冷作硬化的主要因素

① 切削用量

切削速度增大，刀具与工件的作用时间缩短，使塑性变形扩展深度减小，冷硬层深度减小。切削速度增大后，切削热在工件表面层上的作用时间也缩短，将使冷硬程度增加。进给量增大，切削力也增大，表层金属的塑性变形加剧，冷硬作用加强。

② 切削温度

切削刃钝圆半径增大，对表层金属的挤压作用增强，塑性变形加剧，导致冷硬增强。刀具后刀面磨损增大，后刀面与被加工表面的摩擦加剧，塑性变形增大，导致冷硬增强。

③ 工件材料

工件材料的塑性愈大，冷硬现象就愈严重。



2、表面层金相组织的变化

1) 磨削烧伤

金相组织的变化主要受温度的影响。当被磨工件表面层温度达到相变温度以上时，表层金属发生金相组织的变化，使表层金属强度和硬度降低，并伴有残余应力产生，甚至出现微观裂纹时称为磨削烧伤。在磨削淬火钢时，可能产生以下三种烧伤：

①回火烧伤

如果磨削区的温度未超过淬火钢的相变温度，但已超过马氏体的转变温度，工件表层金属的回火马氏体组织将转变成硬度较低的回火组织（索氏体或托氏体）。

②淬火烧伤

③退火烧伤

如果磨削区温度超过了相变温度，而磨削区域又无冷却液进入，表层金属将产生退火组织，硬度和强度将急剧下降。

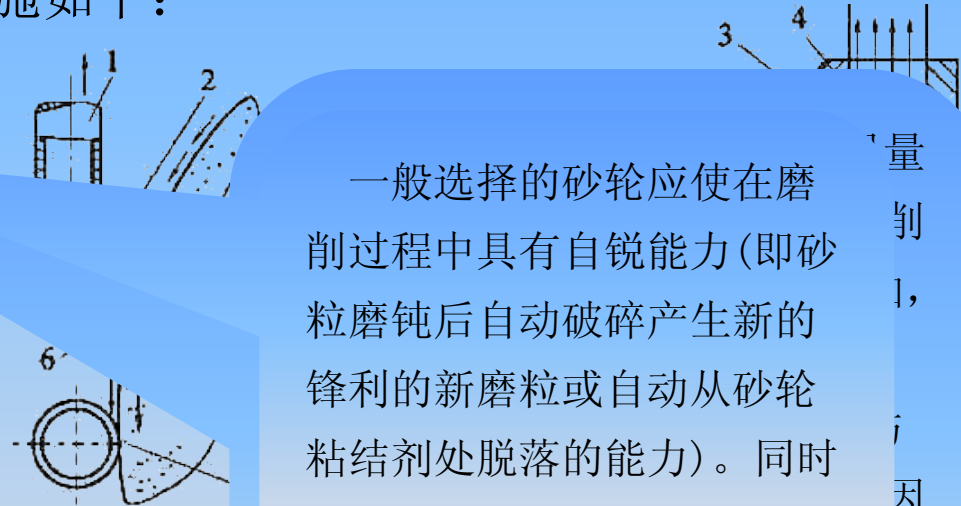
来的回火马氏体的高，在它的下层，因冷却较慢，出现了硬度比原先的回火马氏体低的回火组织（索氏体或托氏体）。

2) 防止磨削烧伤的途径

磨削热是造成磨削烧伤的根源，故改善磨削烧伤由两个途径：
一是尽可能地减少磨削热地产生；二是改善冷却条件，尽量使产生地热量少传入工件。具体工艺措施如下：

- (1) 正确选择砂轮
- (2) 合理选择磨削用量
- (3) 改善冷却条件

- a) 采用高压大流量冷却
- b) 为了减轻高速旋转的砂轮表面的高压附着气流的影响，使冷却液能顺利地喷注到磨削区，这对于高速磨削更为重要
- c) 采用内冷却法



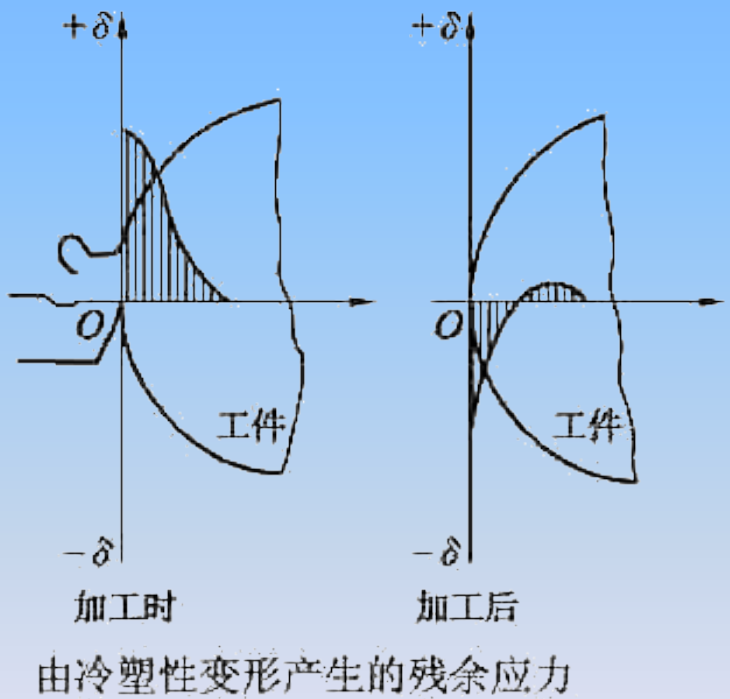
一般选择的砂轮应使在磨削过程中具有自锐能力(即砂粒磨钝后自动破碎产生新的锋利的磨粒或自动从砂轮粘结剂处脱落的能力)。同时磨削时砂轮应不致产生粘屑堵塞现象。

量削，
1，
i
因得
线
速度增大时磨削区温度会上升。但热的作用时间却减少了。一般在提高工件速度的同时提高砂轮的速度。

3、表面层残余应力

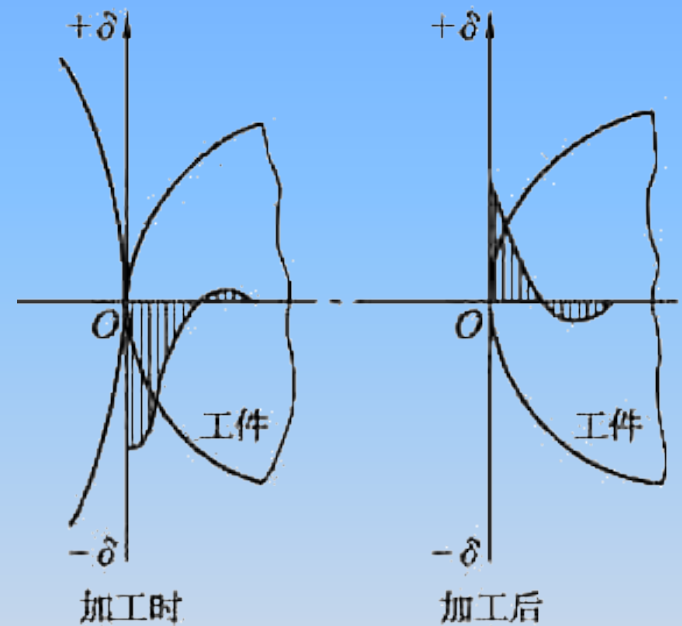
表面层残余应力主要是因为因为在切削加工过程中工件受到切削力和切削热的作用，在表面层金属和基体金属之间发生了不均匀的体积变化而引起的。

(1) 冷态塑性变形引起的残余应力
在切削加工过程中，由于切削力的作用，工件表面层产生塑性变形，使表面金属比容增大，体积膨胀，由于塑性变形只在表层金属中产生，表层金属的比容增大，体积膨胀，不可避免地要受到与它相连的里层金属的限制，在表面金属层产生了残余压应力，而在里层金属中产生残余拉应力。右图所示为加工后由冷塑态变形产生的残余应力的分布情况。



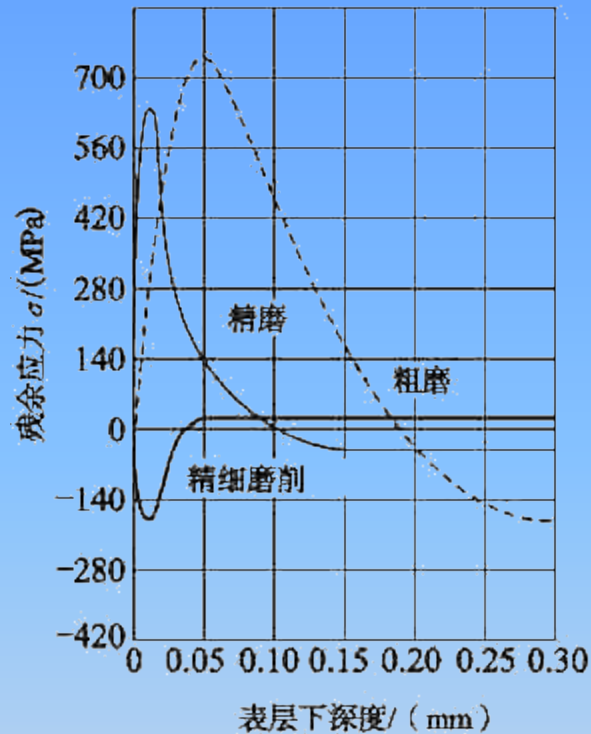
(2) 热态塑性变形引起的残余应力

切削加工中，切削区会有大量的切削热产生，使工件产生不均匀的温度变化，从而导致不均匀的热膨胀。切削加工进行时，当表面温度升高到使表层金属进入到塑性状态时，其体积膨胀受到温度较低的基体金属的限制而产生热塑性变形。切削加工结束后，表面温度下降，由于表面已产生热塑性变形要收缩，此时又会受到基体金属的限制，在表面产生残余拉应力。热塑性变形主要在磨削时产生，磨削温度越高，热塑性变形越大，残余拉应力越大，有时甚至会产生裂纹。右图所示为磨削时由热塑性变形产生的残余应力的分布情况。



由热塑性变形产生的残余应力

不同磨削方式下残余应力的分布情况。



磨削时表面残余应力的分布

(3) 金相组织变化引起的残余应力 不同金相组织具有不同的密度，金相组织的转变会引起金属材料的体积变化。加工过程中，当切削温度的变化使表面层金属产生了金相组织的变化时，表层金属的体积变化（增大或减小）必然要受到与之相连的基体金属的阻碍，因而就有残余应力产生。



第四节 机械加工过程中的振动

- 一、机械加工中的振动现象
- 二、受迫振动
- 三、减小受迫振动的途径
- 四、机械加工过程中受迫振源的查找方法



一、机械加工中的振动现象

机械加工中，由于刀具与工件之间常常产生周期性往复运动，既机械加工振动。一般说它是一种破坏正常切削过程的有害现象。各种切削和磨削过程都可能发生振动，当速度高、切削金属量大时会产生较强烈振动。

加工过程中的振动，使刀具与工件之间产生相对位移，使加工表面产生振痕、将严重影响零件的表面质量和使用性能。动态交变载荷使刀具极易磨损(甚至崩刃)，机床连接特性受到破坏，缩短了刀具和机床的使用寿命、而且振动严重时，使加工无法进行，为了减少振动，有时不得不降低切削用量，从而降低了生产率。

振动的分类按工艺系统可分为三类：

- 1、自由振动
- 2、受迫振动
- 3、自激振动。

系统在没有受到外界周期性干扰力(激振力)作用下产生的持续振动。维持这种振动的交变力是由振动系统在自身运动中激发出来的、称为自激振动。



二、受迫振动

机械加工中的强迫振动与一般机械中的强迫振动没有什么区别，强迫振动的频率与干扰力的频率相同或是它的倍数。

1、强迫振动的振源

即来自机床内部的机内振源和来自机床外部的机外振源两大类。

1)、机外振源：

甚多，但它们都是通过地基传给机床的，可通过加设隔振地基来隔离。

2)、机内振源主要又：

- a) 机床高速旋转件不平衡引起的振动
- b) 机床传动机构缺陷引起的振动
- c) 切削过程中的冲击引起的振动
- d) 往复运动部件的惯性力引起的振动

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/457036055164006121>