

## 模具制造领域的 25 个常见问题解答

1) 选择模具钢时什么是最重要的和最具有决定性意义的因素？

成形方法 — 可从两种基本材料类型中选择。

A) 热加工工具钢，它能承受模铸、锻造和挤压时的相对高的温度。

B) 冷加工工具钢，它用于下料和剪切、冷成形、冷挤压、冷锻和粉末加压成形。

塑料-一些塑料会产生腐蚀性副产品，例如 PVC 塑料。长时间的停工引起的冷凝、腐蚀性气体、酸、冷却/加热、水或储存条件等因素也会产生腐蚀。在这些情况下，推荐使用不锈钢材料的模具钢。

模具尺寸 — 大尺寸模具常常使用预硬钢。整体淬硬钢常常用于小尺寸模具。

模具使用次数 — 长期使用 (> 1 000 000 次) 的模具应使用高硬度钢，其硬度为 48—65 HRC。中等长时间使用 (100 000 到 1 000 000 次) 的模具应使用预硬钢，其硬度为 30—45 HRC。短时间使用 (<100 000 次) 的模具应使用软钢，其硬度为 160—250 HB。

表面粗糙度 — 许多塑料模具制造商对好的表面粗糙度感兴趣。当添加硫改善金属切削性能时，表面质量会因此下降。硫含量高的钢也变得更脆。

2) 影响材料可切削性的首要因素是什么？

钢的化学成分很重要。钢的合金成分越高，就越难加工。当碳含量增加时，金属切削性能就下降。

钢的结构对金属切削性能也非常重要。不同的结构包括：锻造的、铸造的、挤压的、轧制的和已切削加工过的。锻件和铸件有非常难于加工的表面。

硬度是影响金属切削性能的一个重要因素。一般规律是钢越硬，就越难加工。高速钢 (HSS) 可用于加工硬度最高为 330-400 HB 的材料；高速钢+钛化氮 (TiN) 涂层，可加工硬度最高为 45 HRC 的材料；而对于硬度为 65-70 HRC 的材料，则必须使用硬质合金、陶瓷、金属陶瓷和立方氮化硼 (CBN)。

非金属参杂一般对刀具寿命有不良影响。例如 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (氧化铝)，它是纯陶瓷，有很强的磨蚀性。

最后一个是残余应力，它能引起金属切削性能问题。常常推荐在粗加工后进行应力释放工序。

3) 模具制造的生产成本由哪些部分组成？

粗略地说，成本的分布情况如下：

切削 65%

工件材料 20%

热处理 5%

装配/调整 10%

这也非常清楚地表明了良好的金属切削性能和优良的总体切削解决方案对模具的经济生产的重要性。

#### 4) 铸铁的切削特性是什么？

一般来说，它是：

铸铁的硬度和强度越高，金属切削性能越低，从刀片和刀具可预期的寿命越低。用于金属切削生产的铸铁其大部分类型的金属切削性能一般都很好。金属切削性能与结构有关，较硬的珠光体铸铁其加工难度也较大。片状石墨铸铁和可锻铸铁有优良的切削属性，而球墨铸铁相当不好。

加工铸铁时遇到的主要磨损类型为：磨蚀、粘结和扩散磨损。磨蚀主要由碳化物、沙粒参杂物和硬的铸造表皮产生。有积屑瘤的粘结磨损在低的切削温度和切削速度条件下发生。铸铁的铁素体部分最容易焊接到刀片上，但这可用提高切削速度和温度来克服。

在另一方面，扩散磨损与温度有关，在高切削速度时产生，特别是使用高强度铸铁牌号时。这些牌号有很高的抗变型能力，导致了高温。这种磨损与铸铁和刀具之间的作用有关，这就使得一些铸铁需用陶瓷或立方氮化硼（CBN）刀具在高速下加工，以获得良好的刀具寿命和表面质量。

一般对加工铸铁所要求的典型刀具属性为：高热硬度和化学稳定性，但也与工序、工件和切削条件有关；要求切削刃有韧性、耐热疲劳磨损和刃口强度。切削铸铁的满意程度取决于切削刃的磨损如何发展：快速变钝意味着产生热裂纹和缺口而使切削刃过早断裂、工件破损、表面质量差、过大的波纹度等。正常的后刀面磨损、保持平衡和锋利的切削刃正是一般需要努力做到的。

#### 5) 什么是模具制造中主要的、共同的加工工序？

切削过程至少应分为 3 个工序类型：

粗加工、半精加工和精加工，有时甚至还有超精加工（大部分是高速切削应用）。残余量铣削当然是在半精加工工序后为精加工而准备的。在每一个工序中都应努力做到为下一个工序留下均匀分布的余量，这一点非常重要。如果刀具路径的方向和工作负载很少有快速的变化，刀具的寿命就可能延长，并更加可预测。如果可能，就应在专用机床上进行精加工工序。这会在更短的调试和装配时间内提高模具的几何精度和质量。

#### 6) 在这些不同的工序中应主要使用何种刀具？

粗加工工序：圆刀片铣刀、球头立铣刀及大刀尖圆弧半径的立铣刀。

半精加工工序：圆刀片铣刀（直径范围为 10—25 mm 的圆刀片铣刀），球头立铣刀。

精加工工序：圆刀片铣刀、球头立铣刀。

残余量铣削工序：圆刀片铣刀、球头立铣刀、直立铣刀。

通过选择专门的刀具尺寸、槽形和牌号组合，以及切削参数和合适的铣削策略，来优化切削工艺，这非常重要。

关于可使用的高生产率刀具，见模具制造用样本 C-1102:1

#### 7) 在切削工艺中有没有一个最重要的因素？

切削过程中一个最重要的目标是在每一个工序中为每一种刀具创建均匀分布的加工余量。这就是说，必须使用不同直径的刀具（从大到小），特别是在粗加工和半精加工工序中。任何时候主要的标准应是在每个工序中与模具的最终形状尽可能地相近。

为每一种刀具提供均匀分布的加工余量保证了恒定而高的生产率和安全的切削过程。当  $ap/ae$ （轴向切削深度/径向切削深度）不变时，切削速度和进给率也可恒定地保持在较高水平上。这样，切削刃上的机械作用和工作负载变化就小，因此产生的热量和疲劳也少，从而提高了刀具寿命。如果后面的工序是一些半精加工工序，特别是所有精加工工序，就可进行无人加工或部分无人加工。恒定的材料加工余量也是高速切削应用的基本标准。

恒定的加工余量的另一个有利的效应是对机床——导轨、球丝杠和主轴轴承的不利影响小。

#### 8) 为什么最经常将圆刀片铣刀作为模具粗加工刀具的首选？

如果使用方肩铣刀进行型腔的粗铣削，在半精加工中就要去除大量的台阶状切削余量。这将使切削力发生变化，使刀具弯曲。其结果是给精加工留下不均匀的加工余量，从而影响模具的几何精度。如果使用刀尖强度较弱的方肩铣刀（带三角形刀片），就会产生不可预测的切削效应。三角形或菱形刀片还会产生更大的径向切削力，并且由于刀片切削刃的数量较少，所以他们是经济性较差的粗加工刀具。

另一方面，圆刀片可在各种材料中和各个方向上进行铣削，如果使用它，在相邻刀路之间过渡较平滑，也可以为半精加工留下较小的和较均匀的加工余量。圆刀片的特性之一是它们产生的切屑厚度是可变的。这就使它们可使用比大多数其它刀片更高的进给率。圆刀片的主偏角从几乎为零（非常浅的切削）改变到 90 度，切削作用非常平稳。在切削的最大深度处，主偏角为 45 度，当沿带外圆的直壁仿形切削时，主偏角为 90 度。这也说明了为什么圆刀片刀具的强度大——切削负载是逐渐增大的。粗加工和半粗加工应该总将圆刀片铣刀，如 CoroMill 200（见模具制造样本 C-1102:1）作为首选。在 5 轴切削中，圆刀片非常适合，特别是它没有任何限制。

通过使用良好的编程，圆刀片铣刀在很大程度上可代替球头立铣刀。跳动量小的圆刀片与精磨的、正前角和轻切削槽形相结合，也可以用于半精加工和一些精加工工序。

#### 9) 什么是有效切削速度 ( $v_e$ ) 和为什么它对高生产率非常重要？

切削中，实际或有效直径上的有效切削速度的基本计算总是非常重要。由于台面进给量取决于一定切削速度下的转速，如果未计算有效速度，台面进给量就会计算错误。

如果在计算切削速度时使用刀具的名义直径值 ( $D_c$ )，当切削深度浅时，有效或实际切削速度要比计算速度低得多。如圆刀片 CoroMill 200 刀具（特别是在小直径范围）、球头立铣刀、大刀尖圆弧半径立铣刀和 CoroMill 390 立铣刀之类的刀具（这些刀具请参见山特维克可乐满的模具制造样本 C-1102:1）。由此，计算得到的进给率也低得多，这严重降低了生产率。更重要的是，刀具的切削条件低于它的能力和推荐应用范围。

当进行 3D 切削时，切削时的直径在变化，它与模具的几何形状有关。此问题的一个解决方案是定义模具的陡壁区域和几何形状浅的零件区域。如果对每个区域编制专门的 CAM 程序和切削参数，就可以达到良好的折中和结果。

#### 10) 对于成功的淬硬模具钢铣削来说，重要的应用参数有哪些？

使用高速铣对淬硬模具钢进行精加工时，一个需遵守的主要因素是采用浅切削。切削深度应不超过 0.2/0.2 mm ( $a_p/a_e$ : 轴向切削深度/径向切削深度)。这是为了避免刀柄/切削刀具的过大弯曲和保持所加工模具拥有小的公差和高精度。

选择刚性很好的夹紧系统和刀具也非常重要。当使用整体硬质合金刀具时，采用有最大核心直径（最大抗弯刚性）的刀具非常重要。一条经验法则是，如果将刀具的直径提高 20%，例如从 10 mm 提高到 12 mm，刀具的弯曲将减小 50%。也可以说，如果将刀具悬伸/伸出部分缩短 20%，刀具的弯曲将减小 50%。大直径和锥度的刀柄进一步提高了刚度。当使用可转位刀片的球头立铣刀（见模具制造样本 C-1102:1）时，如果刀柄用整体硬质合金制造，抗弯刚性可以提高 3—4 倍。

当用高速铣对淬硬模具钢进行精加工时，选择专用槽形和牌号也非常重要。选择像 TiAlN 这样有高热硬度的涂层也非常重要。

#### 11) 什么时候应采用顺铣，什么时候应采用逆铣？

主要建议是：尽可能多使用顺铣。

当切削刃刚进行切削时，在顺铣中，切屑厚度可达到其最大值。而在逆铣中，为最小值。一般来说，在逆铣中刀具寿命比在顺铣中短，

这是因为在逆铣中产生的热量比在顺铣中明显地高。在逆铣中当切屑厚度从零增加到最大时，由于切削刃受到的摩擦比在顺铣中强，因此会产生更多的热量。逆铣中径向力也明显高，这对主轴轴承有不利影响。

在顺铣中，切削刃主要受到的是压缩应力，这与逆铣中产生的拉力相比，对硬质合金刀片或整体硬质合金刀具的影响有利得多。当然也有例外。当使用整体硬质合金立铣刀（见模具样本 C-1102:1 中的刀具）进行侧铣（精加工）时，特别是在淬硬材料中，逆铣是首选。这更容易获得更小公差的壁直线度和更好的 90 度角。不同轴向走刀之间如果有不重合的话，接刀痕也非常小。这主要是因为切削力的方向。如果在切削中使用非常锋利的切削刃，切削力便趋向将刀“拉”向材料。可以使用逆铣的另一个例子是，使用老式手动铣床进行铣削，老式铣床的丝杠有较大的间隙。逆铣产生消除间隙的切削力，使铣削动作更平稳。

## 12) 仿形铣削还是等高线切削？

在型腔铣削中，保证顺铣刀具路径成功的最好方法是采用等高线铣削路径。铣刀（例如球头立铣刀，见模具制造样本 C-1102:1）外圆沿等高线铣削常常得到高生产率，这是因为在较大的刀具直径上，有更多的齿在切削。如果机床主轴的转速受到限制，等高线铣削将帮助保持切削速度和进给率。采用这种刀具路径，工作负载和方向的变化也小。在高速铣应用和淬硬材料加工中，这特别重要。这是因为如果切削速度和进给量高的话，切削刃和切削过程便更容易受到工作负载和方向改变的不利影响，工作负载和方向的变化会引起切削力和刀具弯曲的变化。应尽可能避免沿陡壁的仿形铣削。下仿形铣削时，低切削速度下的切屑厚度大。在球头刀中央，还有刃口崩碎的危险。如果控制差，或机床无预读功能，就不能足够快地减速，最容易在中央发生刃口崩碎的危险。沿陡壁的上仿形铣削对切削过程较好一些，这是因为在有利的切屑速度下，切屑厚度为其最大值。

为了得到最长的刀具寿命，在铣削过程中应使切削刃尽可能长时间地保持连续切削。如果刀具进入和退出太频繁，刀具寿命会明显缩短。这会使切削刃上的热应力和热疲劳加剧。在切削区域有均匀和高的温度比有大的波动对现代硬质合金刀具更有利。仿形铣削路径常常是逆铣和顺铣的混合（之字形），这意味切削中会频繁地吃刀和退刀。这种刀具路径对模具质量也有不好的影响。每次吃刀意味刀具弯曲，在表面上便有抬起的标记。当刀具退出时，切削力和刀具的弯曲减小，在退出部分会有轻微的材料“过切削”。

## 13) 为什么有的铣刀上必须有不同的齿距？

铣刀是多切削刃刀具，齿数（ $z$ ）是可改变的，有一些因素可以帮助

确定用于不同加工类型的齿距或齿数。材料、工件尺寸、总体稳定性、悬伸尺寸、表面质量要求和可用功率就是与加工有关的因素。与刀具有关的因素包括足够的每齿进给量、至少同时有两个齿在切削以及刀具的切屑容量，这些仅是其中的一小部分。

铣刀的齿距（ $u$ ）是刀片切削刃上的点到下一个切削刃上同一个点的距离。铣刀分为疏、密和超密齿距铣刀，大部分可乐满铣刀都有这3个选项，见模具制造样本 C-1102:1。密齿距是指有较多的齿和适当的容屑空间，可以以高金属去除率切削。一般用于铸铁和钢的中等负载铣削。密齿距是通用铣刀的首选，推荐用于混合生产。

疏齿距是指在铣刀圆周上有较少的齿和有大的容屑空间。疏齿距常用于钢的粗加工到精加工，在钢加工中振动对加工结果影响很大。疏齿距是真正有效的问题解决方案，它是长悬伸铣削、低功率机床或其它必须减小切削力应用的首选。

超密齿距刀具的容屑空间非常小，可以使用较高的工作台进给。这些刀具适合于间断的铸铁表面的切削、铸铁粗加工和钢的小余量切削，例如侧铣。它们也适合于必须保持低切削速度的应用。铣刀还可以有均匀的或不等的齿距。后者是指刀具上齿的间隔不相等，这也是解决振动问题的有效方法。

当存在振动问题时，推荐尽可能采用疏齿不等齿距铣刀。由于刀片少，振动加剧的可能性就小。小的刀具直径也可改善这种情况。应使用能很好适应的槽形和牌号的组合——锋利的切削刃和韧性好的牌号组合。

#### 14) 为了获得最佳性能，铣刀应怎样定位？

切削长度会受到铣刀位置的影响。刀具寿命常常与切削刃必须承担的切削长度有关。定位于工件中央的铣刀其切削长度短，如果使铣刀在任一方向偏离中心线，切削的弧就长。要记住，切削力是如何作用的，必须达到一个折中。在刀具定位于工件的中央的情况下，当刀片切削刃进入或退出切削时，径向切削力的方向就随之改变。机床主轴的间隙也使振动加剧，导致刀片振动。

通过使刀具偏离中央，就会得到恒定的和有利的切削力方向。悬伸越长，克服所有可能的振动也就越重要。

#### 15) 为了消除切削过程中的振动，应采取什么措施？

当存在振动问题时，基本措施是减小切削力。这可通过使用正确的刀具、方法和切削参数达到。

遵守下面的已证明有效的建议：

- 选择疏齿距或不等齿距铣刀。
- 使用正前角、小切削力刀片槽形。
- 尽可能使用小铣刀。当使用减震接杆进行铣削时，这一点特别重要。

- 使用小切削刃钝化半径（ER）的刀片。从厚涂层到薄涂层。如需要可使用非涂层刀片。应使用基体为细晶颗粒的高韧性刀片牌号。
- 使用大的每齿进给。降低转速，保持工作台进给量（等于较大的每齿进给量）。或保持转速并提高工作台进给量（较大的每齿进给量）。切勿减小每齿进给量！
- 减小径向和轴向切削深度。
- 选择稳定的刀柄，如可乐满 Capto。使用尽可能大的接柄尺寸，以获得最佳稳定性。使用锥度加长杆，以获得最大刚性。
- 对于大悬伸，使用与疏齿距不等齿距铣刀结合的减震接杆。安装铣刀时，使铣刀与减震接柄直接连接。
- 使铣刀偏离工件中心。
- 如果使用偶数齿的刀具——可每隔一齿拆下一个刀片。

16) 为了使刀具平衡，应采取的最重要措施有哪些？

在整个切削过程中，为达到刀具平衡牵涉到的典型步骤如下：

- 测量刀具/刀柄组件的不平衡。
- 通过变更刀具、切削它以去除一些质量，或移动刀柄上的配重来降低不平衡。
- 经常必须重复这些步骤，包括再次检查刀具、再次精确调整，直到达到平衡。

刀具平衡还牵涉到几个未讨论过的工艺中的不稳定性。其中之一是刀柄与主轴之间的配合问题。其原因是夹紧时常常有可测量的间隙，也可能是锥柄上有切屑或脏污。这会造成锥柄每次定位都不相同。即使刀具、刀柄和主轴在各个方面的状态都很好，但如果存在沾污，也会造成不平衡。为了平衡刀具，必须会增加切削过程中的成本，如果刀具平衡对降低成本非常重要，就应并对每种的具体情况进行分析。但是，为了很好地平衡刀具，在选择正确的刀具时还有许多工作要做。以下几点是选择刀具时应给予考虑的：

- 购买高质量的刀具与刀柄。应选择预先已消除了不平衡的刀柄。
- 最好使用短的和尽可能轻的刀具。
- 定期检验刀具和刀柄，检查是否有疲劳螺纹和变形的征兆。

工艺能接受的刀具不平衡由工艺自身的情况来确定。这些情况包括切削过程的切削力、机床的平衡状况及这两个因素彼此相互影响的程度。试验是找到最佳平衡的最好方法。用不同的不平衡值运行几次，例如从不平衡值为 20 克毫米或更低开始。每次运行后，再用更加平衡的刀具重复试验。最佳平衡应该是这样的一个点：超过这个点后，进一步提高刀具平衡不会提高工件的表面质量；或是这样的一个点：在此点上工艺能易于保证规定的工件公差。

关键是始终将重点放在工艺上，而不是将动平衡等级-G 值或其它任

意确定的平衡值作为目标。此目标应为达到效率尽可能高的工艺。这牵涉到权衡刀具平衡的成本和因此而获得的好处，因此应在成本与好处之间合理地进行平衡。

关于刀具平衡更详细的技术信息，请与当地的可乐满代表联系。

17) 在常规和高速切削应用中，为了得到尽可能好的效果，我应使用何种刀柄？

高速加工时，离心力非常大，会导致主轴孔慢慢变大。这对一些 V 形法兰的刀柄会产生负面影响，因为 V 形法兰的刀柄仅在径向面上与主轴孔接触。主轴孔变大会使刀具在拉杆恒定的拉力作用下被拉入主轴。这甚至会引起刀具粘住或 Z 轴方向的尺寸精度降低。

与主轴孔和端面同时接触的刀具，即径向和轴向同时配合的刀具更适用于高速下的切削。当主轴孔扩大时，端面接触可避免刀具在主轴孔内向上的移动。使用空心刀柄的刀具也容易受离心力的影响，但它们已设计成在高速下随主轴孔的增大而增大。刀具和主轴在径向和轴向都接触提供了良好的夹紧刚性，使刀具可以进行高速切削。采用独有的椭圆三棱短锥设计的可乐满 Capto 接口在传递扭矩和高生产率切削时，具有更优秀的性能。

高主轴转速时主轴表面接触的对照表

主轴转速 ISO 40 HSK 50A Coromant Capto C5

0 100% 100% 100%

20 000 100% 95% 100%

25 000 37% 91% 99%

30 000 31% 83% 95%

35 000 26% 72% 91%

40 000 26% 67% 84%

当安排高速切削时，应尽量使用由对称的刀具和刀柄组合而成的刀具系统。有几种可用的不同刀具系统。先将刀柄加热使孔扩张，待它们冷却后刀具就被夹紧了，这就是过盈配合系统。对于高速切削来说，这是最好和最可靠的固定刀具方法。这首先是因为它的跳动量非常小；第二，这种连接能传递大扭矩；第三，它很容易构建定制刀具和刀具组件；最后，用这种方法组成的刀具组件有极高的总体刚性。

另一种出众并非常通用的刀具夹紧装置是可乐满高精度强力夹头

——CoroGrip。这种刀柄系统覆盖了从粗加工到超精加工的所有应用。一个夹头可夹紧使用直柄、惠氏刻槽或侧压式刀柄的面铣刀到钻头的所有类型的刀具。标准弹簧夹套，如可用液压（HydroGrip）、BIG、Nikken、NT 的弹簧夹套，均可用于 CoroGrip 夹头。在 4XD 处的跳动量仅为 0.002 – 0.006 mm。夹紧力和扭矩传递特别高，其平衡设计使

它用于高速切削（< 40 000 转/分）时有非常完美的性能。关于刀柄的详细信息，请参见模具制造样本 C-1102:1。

#### 18) 我应怎样切削转角才能没有振动的危险？

传统的切削转角的方法是使用线性切削(G1),在转角的过渡不连续。这就是说，当刀具到达角落时，由于线性轴的动力特性限制，刀具必须减速。在电机改变进给方向前，有一短暂的停顿，这会产生大量的热量和摩擦。很长的接触长度会导致切削力的不稳定，并常常使角落切削不足。典型的结果是振动——刀具越大和越长，或刀具总悬伸越大，振动越强。

此问题的最佳解决方案：

- 使用圆角半径比转角半径小的刀具。使用圆弧插补生成角落。这种加工方法在块的边界处不会产生停顿，这就是说，刀具的运动提供了光滑和连续的过渡，产生振动的可能性大大地降低了。
- 另一种解决方案是通过圆弧插补产生比图纸上的规定稍大些的圆角半径。这是很有利的，这样，有时就可在粗加工中使用较大的刀具，以保持高生产率。
- 在角落处余下的加工余量可以采用较小的刀具进行固定铣削或圆弧插补切削。

#### 19) 什么是开始切削型腔的最佳方法？

共有 4 种主要方法：

- 起始孔的预钻削，角落也可预钻削。不推荐这种方法：这需要增加一种刀具，同时此刀具也要占据刀具室内空间。单从切削的观点看，刀具通过预钻削孔时因切削力而产生不利的振动。当使用预钻削孔时，常常会导致刀具损坏。使用预钻削孔，也会增加切屑的再切削。
- 如果使用球头立铣刀或圆刀片刀具（见模具制造样本 C-1102:1），通常采用啄铣，以保证全部轴向深度都能得以切削。使用这种方法的缺点是排屑问题和使用圆刀片会产生非常长的切屑。
- 最佳的方法之一是使用 X/Y 和 Z 方向的线性坡走切削，以达到全部轴向深度的切削。

最后，可以以螺旋形式进行圆插补铣。这是一种非常好的方法，因为它可产生光滑的切削作用，而只要求很小的开始空间。

#### 20) 高速切削的定义是什么？

对于高速切削的讨论在一定程度上仍是混乱的。如何定义高速切削（HSM），目前有许多观点和许多方法。

让我们看一下这些定义中的几个：

- 高切削速度切削
- 高主轴速度切削

- 高进给切削
- 高速和高进给切削
- 高生产率切削

我们对高速切削的定义描述如下：

- **HSM** 不是简单意义上的高切削速度。它应当被认为是用特定方法和生产设备进行加工的工艺。
- 高速切削无需高转速主轴切削。许多高速切削应用是以中等转速主轴并采用大尺寸刀具进行的。
- 如果在高切削速度和高进给条件下对淬硬钢进行精加工，切削参数可为常规的 4 到 6 倍。
- 在小尺寸零件的粗加工到半精加工、精加工及任何尺寸零件的超精加工中，**HSM** 意味着高生产率切削。
- 零件形状变得越来越复杂，高速切削也就显得越来越重要。
- 现在，高速切削主要应用于锥度 40 的机床上。

关于高速切削的详细信息，请参见模具制造应用指南 C-1120:2。请参见模具制造应用指南 C-1120:2。

## 21) 高速切削的目标是什么？

高速切削的主要目标之一是通过高生产率来降低生产成本。它主要应用于精加工工序，常常是用于加工淬硬模具钢。另一个目标是通过缩短生产时间和交货时间提高整体竞争力。

达到这些目标的主要因素为：

- 一次（更少此数）装夹的模具加工。
- 通过切削改善模具的几何精度，同时可减少手工劳动和缩短试模时间。
- 使用 **CAM** 系统和面向车间的编程来帮助制定工艺计划，通过工艺计划提高机床和车间的利用率。

关于高速切削的详细信息，请参见模具制造应用指南 C-1120:2。请参见模具制造应用指南 C-1120:2。

## 22) 高速切削的实际优点是什么？

刀具和工件可保持低温度，这在许多情况下延长了刀具的寿命。另一方面，在高速切削应用中，切削量是浅的，切削刃的吃刀时间特别短。这就是说，进给比热传播的时间快。

低切削力得到小而一致的刀具弯曲。这与每种刀具和工序所需的恒定的加工余量相结合，是高效和安全加工的先决条件之一。

由于高速切削中典型的切削深度是浅的，刀具和主轴上的径向力低。这减少了主轴轴承、导轨和滚珠丝杠的磨损。高速切削和轴向铣削也是良好的组合，它对主轴轴承的冲击小，使用这种方法可以使用悬伸较长的刀具而振动的风险不大。

小尺寸零件的高生产率切削，如粗加工、半精加工和精加工，在总的材料去除率相对低时有很好的经济性。

高速切削可在一般精加工中获得高生产率，可获得杰出的表面质量。表面质量常低于  $Ra\ 0.2\ \mu m$ 。

采用高速切削，使对薄壁零件的切削成为可能。使用高速切削，吃刀时间短，冲击和弯曲减小了。

模具的几何精度提高了，组装就容易和更快了。无论是什么人，技能如何，都能获得 CAM/CNC 生产的表面纹理和几何精度。如果花在切削上的时间稍多一些，费时的人工抛光工作可显著减少。常常可减少达 60-100%

一些加工，如淬火、电解加工和电火花加工（EDM），可以大大减少。这就可降低投资成本和简化后勤供应。用切削代替电火花加工（EDM），模具使用寿命和质量也得到提高。

采用高速切削，可通过 CAD/CAM 很快改变设计，特别是在不需要生产新电极的情况下。

关于高速切削的详细信息，请参见模具制造应用指南 C-1120:2。请参见模具制造应用指南 C-1120:2。

### 23) 高速切削有风险或缺点吗？

- 由于起始过程有高的加速度和减速度以及停止，导轨、滚珠丝杠和主轴轴承产生相对快的磨损。这常常导致较高的维护成本。
- 需要专门的工艺知识、编程设备和快速传送数据的接口。
- 可能很难找到和挑选高级技术员工。
- 常有相当长的调试和出故障时间。
- 加工中无需紧急停止，导致人为错误和软件或硬件故障会产生许多严重后果。
- 必须有良好的加工计划——“向饥饿的机床提供食物”。
- 必须有安全保护措施：使用带安全外罩及防碎片盖的机床。避免刀具的大悬伸。不要使用“重”刀具和接杆。定期检查刀具、接杆和螺栓是否有疲劳裂纹。仅使用注明最高主轴速度的刀具。不要使用整体高速钢（HSS）刀具！

关于高速切削的详细信息，请参见模具制造应用指南 C-1120:2。请参见模具制造应用指南 C-1120:2。

### 24) 高速切削对机床有哪些要求？

对 ISO/BT 40 号机床的典型要求如下：

- 主轴速度范围  $< 40\ 000$  转/分
- 主轴功率  $> 22\ kW$
- 可编程进给率  $40-60\ m/分$
- 快速横向进给  $< 90\ m/分$

- 轴向减速度/加速度 > 1 G
- 块处理速度 1-20 毫秒
- 数据传递速度 250 Kbit/s (1 毫秒)
- 增量（线性） 5-20 微米
- 或 NURBS 插补
- 主轴具有高热稳定性和刚性，主轴轴承具有高的预张力和冷却能力。
- 通过主轴的送风/冷却液
- 具有高的吸收振动能力的刚性机床框架
- 各种误差补偿——温度、象限、滚珠丝杠是最重要的。
- CNC 中的高级预见功能。

关于高速切削的详细信息，请参见模具制造应用指南 C-1120:2。请参见模具制造应用指南 C-1120:2。

## 25) 高速切削对切削刀具的典型特性或要求有哪些？

整体硬质合金：

- 高精度磨削，径向跳动低于 3 微米。
- 尽可能小的凸出和悬伸，最大的刚性，尽可能小的刀具弯曲变形和大的芯核直径。
- 为了使振动的风险、切削力和弯曲尽可能小，切削刃和接触长度应尽可能短。
- 超尺寸、锥度刀柄，这在小直径时特别重要。
- 细晶粒基体和为了得到高耐磨性的 TiAlN 涂层。
- 用于风冷或冷却液的内冷却孔。
- 适合淬硬钢高速切削要求的坚固微槽形。
- 对称刀具，最好是设计保证平衡。

使用可转位刀片的刀具：

- 设计保证的平衡。
- 在刀片座和刀片上的保证跳动量小的高精度，主刀片的最大径向跳动为 10 微米。
- 适合淬硬钢高速切削要求的牌号和槽形。
- 刀具体上有适当的间隙，以避免刀具弯曲（切削力）消失时产生摩擦。
- 送风或冷却液的冷却孔（立铣刀）。
- 刀具体上标明允许的最大转速。