

安全工程师辅导：高速铣削刀具的安全性技术安全工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/645/2021_2022__E5_AE_89_E5_85_A8_E5_B7_A5_E7_c62_645446.htm

1 引言 高速铣削工艺在汽车、飞机和模具制造业中应用广泛。由于铣刀高速旋转时刀具各部分承受的离心力已远远超过切削力本身的作用而成为刀具的主要载荷，而离心力达到一定程度时会造成刀具变形甚至破裂，因此研究高速铣刀的安全性技术对发展高速铣削技术有着极其重要的意义。

2 高速铣刀安全性技术研究的现状

20世纪90年代初德国就开始了高速铣刀的安全性技术研究，并制订了DIN6589-1《高速铣刀的安全要求》标准草案，规定了高速铣刀失效的试验方法和标准，在技术上提出了高速铣刀设计、制造和使用的指导性意见，规定了统一的安全性检验方法。该标准草案已成为各国高速铣刀安全性的指导性文件。

2.1 高速铣刀的安全失效形式与试验方法

标准草案规定了高速切削的速度界限，超过该速度后离心力将成为铣刀的主要载荷，必须采用安全技术。在刀具直径与高速切削范围关系图中，曲线以上区域为该标准规定的铣刀必须经过安全检验的高速切削范围：对于直径 $d_1 \leq 32\text{mm}$ 的单件刀具（整体或焊接刀具），其切削速度超过 10000m/min 为高速切削范围；对于直径 $d_1 > 32\text{mm}$ 的装配式机夹刀具，高速切削范围为线段BC以上区域。高速铣刀的安全失效形式有两种：变形和破裂。不同类型铣刀的安全试验方法也不同。对于机夹可转位铣刀，有两种安全试验方法：一种方法是在1.6倍最大使用转速下进行试验，刀具的永久性变形或零件的位移不超过 0.05mm ；另一种方法是在2倍于最大使用转速下试验

，刀具不发生破裂（包括夹紧刀片的螺钉被剪断、刀片或其他夹紧元件被甩飞、刀体的爆裂等）。而对于整体式铣刀，则必须在2倍于最大使用转速条件下试验而不发生弯曲或断裂。

2.2 高速铣刀强度计算模型

高速刀具在离心力的作用下是否发生失效的关键在于刀体的强度是否足够、机夹刀的零件夹紧是否可靠。当把离心力作为主要载荷计算刀体强度时，由于刀具形状的复杂性，用经典力学理论计算得出的结果误差很大，常常不能满足安全性设计的要求。为了在刀具设计阶段对其结构强度在离心力作用下的受力和变形进行定性和定量的分析，可通过有限元方法计算不同转速下的应力大小，模拟失效过程和改进设计方案。高速铣刀有限元计算模型中包括刀体、刀体座、刀片和夹紧螺钉。首先计算刀体（包括螺钉、刀片等零件质量）的弹性变形，再对分离出的刀座作详细分析，把所获得的刀体弹性变形作为边界条件加到刀座分离体；然后由切出的刀座、刀片、螺钉及无质量的摩擦副组成刀片夹紧系统的模型，进行夹紧的可靠性分析。有限元模型能模拟刀片在刀座里的倾斜、滑动、转动以及螺钉在夹紧时的变形，可计算出在不同转速下刀片位移和螺钉受力的大小。

3 提高高速铣刀安全性的措施

结合高速铣刀安全性标准，通过有限元计算模型的分析，为适应安全性要求，可采取以下措施：（1）减轻刀具质量，减少刀具构件数，简化刀具结构。由试验求得的相同直径的不同刀具的破裂极限与刀体质量、刀具构件数和构件接触面数之间的关系，经比较发现，刀具质量越轻，构件数量和构件接触面越少，刀具破裂的极限转速越高。研究发现，用钛合金作为刀体材料减轻了构件的质量，可提高刀具的破裂极限和极限转速。但由于

钛合金对切口的敏感性，不适宜制造刀体，因此有的高速铣刀已采用高强度铝合金来制造刀体。在刀体结构上，应注意避免和减小应力集中，刀体上的槽（包括刀座槽、容屑槽、键槽）会引起应力集中，降低刀体的强度，因此应尽量避免通槽和槽底带尖角。同时，刀体的结构应对称于回转轴，使重心通过铣刀的轴线。刀片和刀座的夹紧、调整结构应尽可能消除游隙，并且要求重复定位性好。目前，高速铣刀已广泛采用HSK刀柄与机床主轴连接，较大程度地提高了刀具系统的刚度和重复定位精度，有利于刀具破裂极限转速的提高。此外，机夹式高速铣刀的直径显露出直径变小、刀齿数减少的发展趋势，也有利于刀具强度和刚度的提高。

（2）改进刀具的夹紧方式 模拟计算和破裂试验研究表明，高速铣刀刀片的夹紧方法不允许采用通常的摩擦力夹紧，要用带中心孔的刀片、螺钉夹紧方式，或用特殊设计的刀具结构以防止刀片甩飞。刀座、刀片的夹紧力方向最好与离心力方向一致，同时要控制好螺钉的预紧力，防止螺钉因过载而提前受损。对于小直径的带柄铣刀，可采用液压夹头或热胀冷缩夹头实现夹紧的高精度和高刚度。

（3）提高刀具的动平衡性 提高刀具的动平衡性对提高高速铣刀的安全性有很大的帮助。因为刀具的不平衡量会对主轴系统产生一个附加的径向载荷，其大小与转速的平方成正比。设旋转体质量为 m ，质心与旋转体中心的偏心量为 e ，则由不平衡量引起的惯性离心力 F 为： $F=em \omega^2=U (n/9549)^2$ 式中： U 为刀具系统不平衡量（ gmm ）， e 为刀具系统质心偏心量（ mm ）， m 为刀具系统质量（ kg ）， n 为刀具系统转速（ r/min ）， ω 为刀具系统角速度（ rad/s ）。由上式可见，提高刀具的动平衡性可显著减

小离心力，提高高速刀具的安全性。因此，按照标准草案要求，用于高速切削的铣刀必须经过动平衡测试，并应达到ISO1940 - 1规定的G4.0平衡质量等级以上要求。

4 结语 高速铣刀安全性技术是研究高速刀具的一个重要内容，应加强刀具安全性的定量分析，精确确定影响高速铣刀安全性的微量因素，并从刀具的材料、结构、制造工艺等方面解决好高速铣刀的安全性。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com