

高速内冷铣削过程混合流体场分析



扫码了解更多

■ 广东海洋大学工程学院 （湛江 524088） 付思远 谭光宇 李广慧 尹凝霞

摘要：本文使用仿真软件Fluent，对立铣刀高速加工过程中的混合流场情况进行三维模拟，得到流场的速度云图和压强云图。通过流场云图，可以得知在铣孔时刀具所承受的压强差和速度差随转速增加而增加，前刀面压强大于后刀面压强，后刀面会产生负压。本文的研究指出流场对刀具的压强梯度和速度梯度分布有重要影响，为进一步研究刀具寿命影响因素提供理论支持。

立铣刀作为高速加工的主要工具，磨损现象十分普遍。在高速加工中，切削液在刀具高速旋转的带动下，夹杂着加工过程中产生的切屑，将刀具暴露在复杂的流场当中。切削液对铣刀的不断冲刷以及切削液中含有的第二相固体颗粒对刀具表面的冲击作用，可能会导致刀具表面出现凹坑，产生破坏，从而使得刀具发生磨损。

刀具磨损使得切削力增加，切削温度升高，导致工件表面粗糙度降低，不仅浪费工时，还会增加加工成本。因此对于立铣刀切削区流场的研究，显得尤为重要。本文借助Pro/E和Fluent软件，运用计算流体动力学知识和刀具铣孔知识，对刀具的三维流场进行模拟，得到刀具铣孔时的混合流场速度云图、速度矢量图和压强云图，为立铣刀的流场磨损提供理论依据。

1.计算模型

本文主要针对刀具切削区混

合流场进行仿真，因此在创建几何模型时，只需考虑流场内刀具参与工作的部分。立铣刀主要几何参数如表1所示。

表1 立铣刀主要几何参数

长度 L / mm	刃径 d / mm	刀柄直径 D / mm	刃长 l / mm	刃数 Z	前角 γ_0	后角 α_0	螺旋角 β
10	16	16	15	4	5°	15°	35°

根据数控编程铣孔经验，采用 $\phi 16\text{mm}$ 的立铣刀加工直径和深度均为20mm的孔，刀具流场几何模型如图1所示。

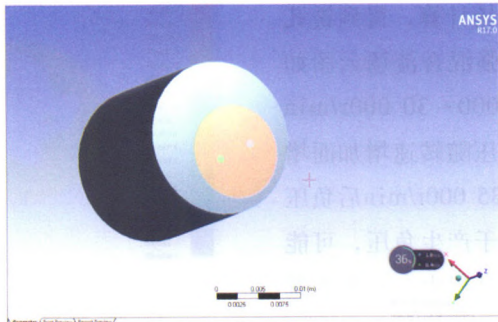


图1 刀具流场模型

刀具网格划分采用TGrid类型（见图2），工件采用默认的网格划分。网格划分之后，在Specify Continuum Conditions中，对动静区域进行设置，区域类型选择Fluid，假设壁面边界为无滑移绝热边界固壁条件。以Mesh文件输出，进入Fluent 三维双精度求解器开发界面设置求解条件。导入Fluent检查是否出现负体积。采用基于密度的隐式求解器。假设流体流动为定常流动，不可压缩流体，采用标准k- ϵ 湍流模型，速度压力耦合问题方程采用SIMPLE算法，离散格式采用一阶迎风格式，所有项的残差收敛范围均为 10^{-3} 。由于流场温度变化较大，需要考虑温

度变化,激活能量方程。松弛因子保持默认设置。使用有限体积法求解离散方程,使用多重参考系(MRF)对不同区域内的流动状态进行设定。假定动区域内的流体与立铣刀均以10 000~35 000r/min的转速顺时针旋转,转速每次相差5 000r/min。立铣刀处于动区域内,立铣刀和周围的流体以相同的转速运动,因此立铣刀相对于动区域是静止的。

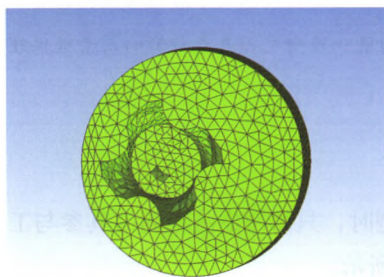


图2 刀具流场网格模型

2. Fluent混合流场计算结果及分析

(1) 不同转速下立铣刀混合流场压强云图及分析。通过Fluent混合流场计算,得到铣孔 $d=0.01\text{m}$ 时压强混合流场云图如图3所示。10 000~30 000r/min时后刀面的负压随转速增加而增加。而转速到35 000r/min后负压减小。正是由于产生负压,可能导致刀具旋转过程中,一些本就存在于切削液中的气泡在刀具旋转的推动作用下,由压强较大的地方运动到压强较小的地方。由于压强的改变,气泡体积逐渐增大,直到发生破坏,产生瞬时冲击力,影响刀具使用寿命和工件表面质量,并对流体流动造成影响。

(2) 不同转速下混合流场速

度云图及分析。刀具径向截面速度云图如图4所示。与压强云图的分布类似,立铣刀的速度梯度与转速大小成正相关。图中可以看出在刀尖部位速度最大且随转速增加使靠近孔壁方向速度越来越大。这是由于立铣刀加工过程中是旋转间歇式加工,切削刃是逐渐参与切削之后又逐渐退出切削的过程。同一时刻,都会有两个切削刃参与工作。刀具强大的速度梯度,使得切削液中的一些细微颗粒运动规律更为复杂。与此同时,刀具旋转过程中,切削液受到刀具旋转的带动,在沿刀具

中心线方向上升一段距离之后回落,卷动切屑细微颗粒运动,对细微颗粒进行加速,切屑颗粒碰撞刀具表面和孔壁,可能会对刀具表面产生碰撞破坏,使切削区流体场变得更为复杂。

3. 结语

利用Fluent的分析,完成对不同转速下刀具切削区混合流场的数值仿真,根据压强云图、速度云图和速度矢量图,分析得出了立铣刀加工过程中,刀尖处压强大于其他地方,前刀面压强大于后刀面压强,后刀面产生负

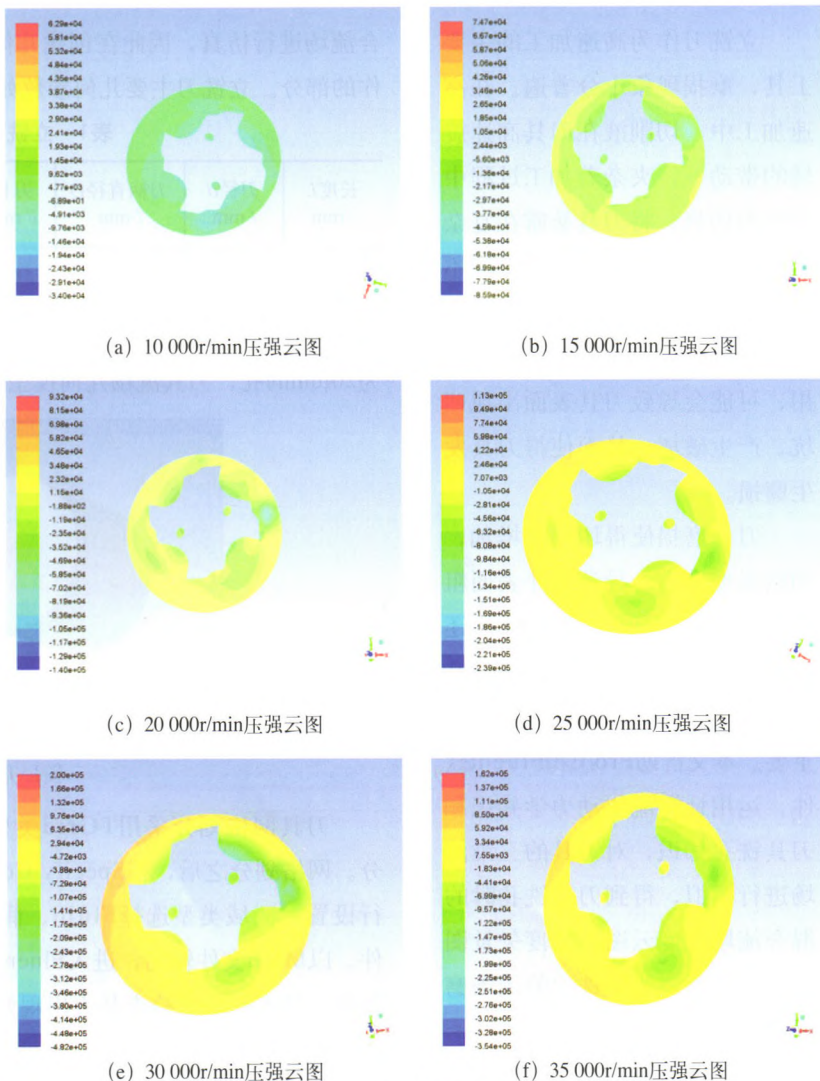
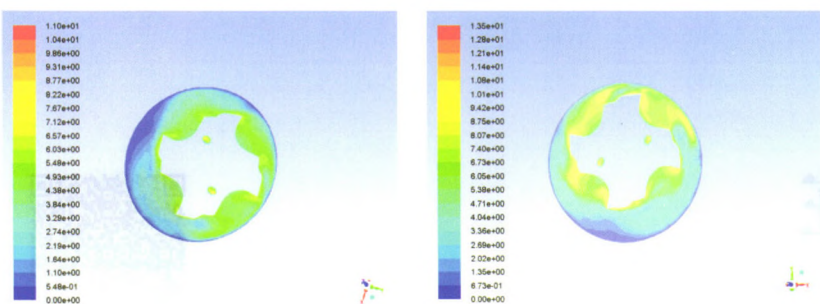
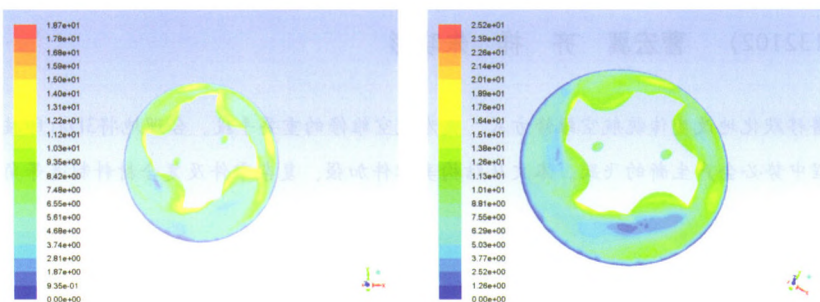


图3 径向截面压强云图



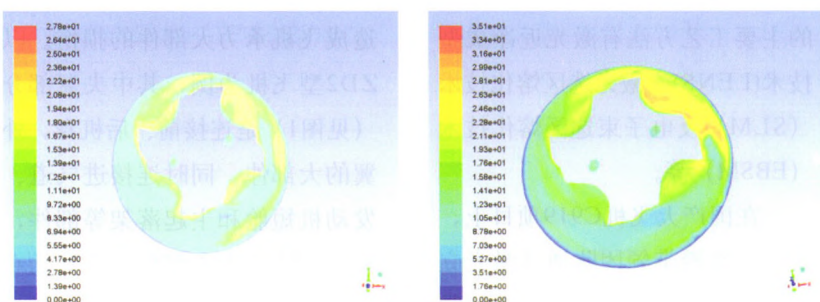
(a) 10 000r/min速度云图

(b) 15 000r/min速度云图



(c) 20 000r/min速度云图

(d) 25 000r/min速度云图



(e) 30 000r/min速度云图

(f) 35 000r/min速度云图

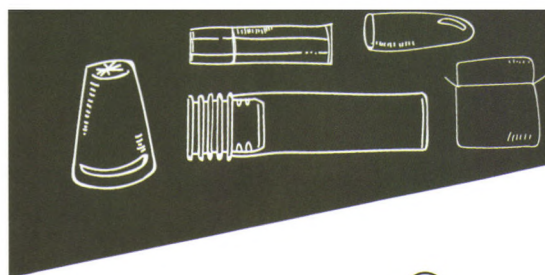
图4 径向截面速度云图

压且转速在10 000~30 000r/min时，后刀面负压逐渐增大，同时慢慢覆盖至整个后刀面，随转速增加使靠近孔壁方向速度越来越大。（基金：国家自然科学基金51375099）

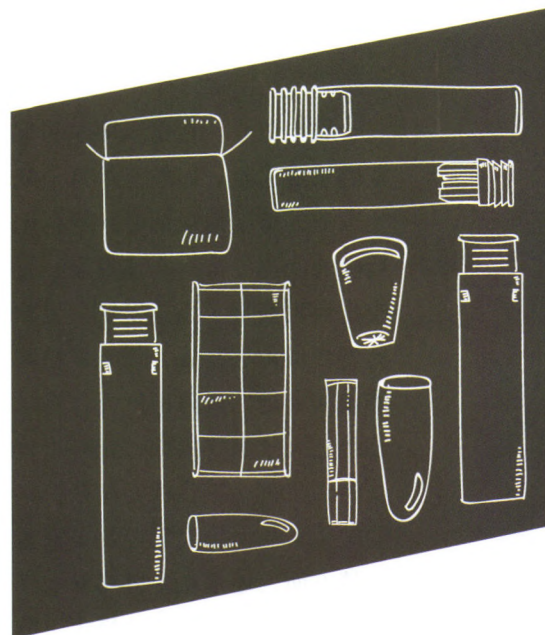
参考文献：

- [1] Rodolfo E. Haber, Jose E. Jiménez, C.Ronei Peres, José R. Alique. An investigation of tool-wear monitoring in a high-speed machining process [J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2004, 116 (3) : 539-545.

- [2] 韩占忠，王敬，兰小平. Fluent流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京：北京理工大学出版社，2014.
- [3] Michelassi V, Wissink J G, Rodi W. Direct numerical simulation, large eddy simulation and unsteady Reynolds – averaged Navier – Stokes simulations of periodic unsteady flow in a low – pressure turbine cascade: A comparison [J]. Journal of Power and Energy, 2003, 217 (4) : 403–412.
- MW** (收稿日期：20180421)



兆华塑品
刀具包装



常州市兆华塑料制品厂
CHANGZHOU ZHAOHUA PLASTICS FACTORY

地址/Add:

江苏省常州市新北区西夏墅工业园区岳山路三号
No.3 Yueshan Road, Xixiashu Industrial Zone,
Xinbei, Changzhou, Jiangsu Province, China

电话/Tel : 0519 83431121

传真/Fax : 0519 83441509

邮件/Email : czzhsl@126.com

邮编/Zip : 213135

网址/Website : www.zhaohua.cc



扫一扫 了解产品

◆广告 查询编号：3091