



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113894341 A

(43) 申请公布日 2022.01.07

(21) 申请号 202111253475.8

(22) 申请日 2021.10.27

(71) 申请人 湘潭大学

地址 411105 湖南省湘潭市雨湖区湘潭大学

(72) 发明人 宋铁军 王鹤鑫 周正 雷宾

(51) Int. Cl.

B23C 5/02 (2006.01)

B23C 5/18 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种适用于粗加工的陶瓷铣刀

(57) 摘要

本发明为一种适用于粗加工的陶瓷铣刀。铣刀的材料为AL203/TiB₂金属陶瓷材料,主要由柄部、颈部、切削刃部组成,柄部的前端连接颈部的后端,颈部的前端连接切削刃部的后端,柄部用于刀具与刀柄安装,颈部为铣刀切削加工时避开干涉用,切削刃部为铣刀实际参与镍基高温合金工件切削部位,分为两部分,第一部分为螺旋切削刃部包括切削刃、容屑槽,切削刃由周刃、端刃及连接周刃和端刃的刀尖R角组成,刀尖R角用于连接对应位置的周刃和端刃,两个端刃相对于切削刃部的前端面中心径向均布设置,每个端刃分别对应一个刀尖R角、一个周刃,周刃在切削刃部的周环面螺旋向间隔排布,容屑槽在切削刃部的内周环面螺旋向间隔排布(位于环形牙锥台部之后,切削刃部之前)。第二部分为环形牙锥台,该刃部上的圆周面上具有至少三条刃,相邻刃之间设有排屑槽;所述刃由沿轴向等距间隔布置的切削牙构成。

1. 主要由柄部、颈部、切削刃部组成。柄部的前端连接颈部的后端,颈部的后端连接切削刃部的后端,铣刀的材料为AL203/TiB2金属陶瓷材料,柄部用于刀具与刀柄安装,颈部为铣刀切削加工时避干涉用,切削刃部为铣刀实际参与镍基高温合金工件切削部位,分为两部分,第一部分为螺旋切削刃部包括切削刃、容屑槽,切削刃由周刃、端刃及连接周刃和端刃的刀尖R角组成,刀尖R角用于连接对应位置的周刃和端刃,两个端刃相对于切削刃部的前端面中心径向均布设置,每个端刃分别对应一个刀尖R角、一个周刃,周刃在切削刃部的外周环面螺旋向间隔排布。第二部分为环形牙锥台,该刃部上的圆周面上具有至少三条刃,相邻刃之间设有排屑槽;所述刃由沿轴向等距间隔布置的切削牙构成。容屑槽在切削刃部的内周环面螺旋向间隔排布(位于环形牙锥台部之后,切削刃部之前)。

2. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述铣刀的材料为AL203/TiB2陶瓷。

3. 如权利要求2所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述切削刃部为切削刃的数量2个和两组环形牙锥台。

4. 如权利要求3所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述切削刃部的直径为15~20mm,所述切削刃部的长度为直径的1.5倍,所述切削刃部的芯厚为直径的0.75~0.85倍。

5. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述刀尖R角的半径为0.5mm~1.5mm。

6. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述容屑槽的前角角度为 -3° ~ 10° ,所述周刃的后角角度为 6° ~ 15° 所述容屑槽的端面倾角为 0° ,为防止切削刃底部切屑堆积致使的刀具磨损和刀具结构稳定,所示容屑槽没有出刀角。

7. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述周刃的螺旋角角度为 45° ~ 55° 。

8. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述刀尖R角的前刀面设置有容屑槽。

9. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述切削刃部的两组环形牙锥台的锥度范围为0.3/100至0.5/100,两相邻环形牙台之间切屑槽的芯厚为直径的0.7倍,该环形牙锥台部的槽背比为2:1。

10. 如权利要求1所述的一种粗加工整体陶瓷铣刀,其特征在于:所述环形牙锥台刃部的横截面上,每一个排屑槽的槽前刀面在横截面上均匀分布,每一条槽背的背宽均等宽。

一种适用于粗加工的陶瓷铣刀

技术领域

[0001] 本发明属于航空航天工程与机械加工工程的交叉领域,涉及镍基高温合金的加工领域,具体为对镍基高温合金进行粗加工的陶瓷刀具。

背景技术

[0002] 随着镍基高温合金在核电、石油化工、航空航天等领域的广泛运用,对镍基高温合金的加工技术的研究也日益增多。镍基高温合金有着耐热、耐腐蚀、耐延展、抗蠕变、抗疲劳等优良特性,但是其对加工技术的要求也十分严苛。镍基高温合金在切削过程中主要有切屑不易折断、切削温度过高、以及刀具磨损严重等问题,使得高速钢刀具和一般的硬质合金刀具都无法对其加工。

[0003] 目前对镍基高温合金主要采用硬质合金及其涂层铣刀来粗/精加工,但是其加工效率较低,切削速度只有30~60m/min,切削效率较低。相对于硬质合金刀具而言,陶瓷刀具具有着耐高温、耐磨、化学性质稳定的优点,因此在陶瓷刀具相较于硬质合金刀具具有着更高的加工效率。

[0004] 虽然陶瓷铣刀在加工镍基高温合金时有着硬质合金刀具无法企及的优势,但是陶瓷铣刀在加工过程中刀具磨损严重。陶瓷刀具的磨损主要与温度和切屑有关。在对陶瓷刀的磨损方式进行分析后,确定其主要的磨损方式为粘结磨损和沟槽磨损;切削温度过高是造成粘结磨损的主要原因,且切削温度过高也容易导致锯齿形切屑的产生。镍基高温合金具有耐延展、抗疲劳的特性,所以其切屑难以折断。镍基高温合金切屑的形成主要是由于镍基高温合金在切削过程中由于其导热系数低,容易在切削区域聚集大量的切削热。在高温下加工材料热软化效应大于加工硬化效应,从而使得剪切失稳,形成锯齿形切屑。切屑在加工过程中容易与刀具、加工工件发生摩擦,既影响刀具使用寿命又对加工工件的表面质量产生影响。甚至有一些研究者认为沟槽磨损就是切削毛刺和切屑毛边与前刀面之间粘结、滑移导致的结果。

[0005] 有鉴于此,如何设计一种适用于粗加工高温镍基合金的陶瓷铣刀,减少它的切削温度、阻止锯齿形切屑的形成,使其具备高寿命和高效率大特点,便是本发明研究的课题。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明提供了一种整体式陶瓷铣刀来解决在对镍基高温合金进行粗加工时产生粘结磨损和沟槽磨损等问题,并大幅度提升刀具使用寿命。

[0007] 该陶瓷铣刀的技术方案是这样的,其包括柄部、颈部和切削刃部,所述柄部的前端连接所述颈部的后端,所述颈部的前端连接所述切削刃部的后端,其特征在于:在切削刃部包括切屑槽、排屑槽和两种不同的切削刃,其中一种切削刃为螺旋切削刃由周刃、端刃及刀尖R角组成,两组上述切削刃绕切削刃部对称螺旋排列,另一种切削刃为一环形牙锥台,至少有三条环形牙锥台均匀分布在刃部的圆周面上,两相邻环形牙锥台之间设有排屑槽,两组环形牙锥台绕切削刃部对称螺旋排列,两种不同切削刃之间设有排屑槽。

- [0008] 其进一步特征在于:所述刀具的材料为AL203/TiB2金属陶瓷。
- [0009] 所述切削刃部的切削刃数量为2个切削刃和2组环形牙锥台。
- [0010] 切削刃部的直径为15~20mm,切削刃部的长度为直径的1.5倍,所述切削刃部的芯厚为切削刃部的0.75~0.85倍;
- [0011] 所述螺旋切削刃的刀尖R角的半径为0.2~1.5mm。
- [0012] 所述刀尖R角的前刀面设置有容屑圆角槽,能极大程度地提高刀尖R角的强度,使其在高速高温切削加工镍基高温合金时不容易崩碎,提高刀具寿命。
- [0013] 所述螺旋切削刃周刃的前角角度为 $-10^{\circ}\sim-3^{\circ}$,每个所述周刃的后角角度为 $6^{\circ}\sim15^{\circ}$ 。
- [0014] 所述螺旋切削刃部和环形牙锥台之间的容屑槽的前角角度为 $-5^{\circ}\sim0^{\circ}$,所述容屑槽的端面倾角为 0° ,为防止切削刃底部切屑堆积致使的刀具磨损和刀具结构稳定,所述容屑槽没有出刀角;所述端刃的后角角度为 $6^{\circ}\sim15^{\circ}$;所述周刃的螺旋角角度为 $45^{\circ}\sim55^{\circ}$ 。
- [0015] 所述环形牙锥台切削刃部的锥度范围为0.3/100至0.5/100,两相邻环形牙台之间切屑槽的芯厚为直径的0.7倍,该环形牙锥台部的槽背比为2:1。
- [0016] 在所述环形牙锥台刃部的横截面上,每一个排屑槽的槽前刀面在横截面上均匀分布,每一条槽背的背宽均等宽。
- [0017] 本发明提供了一种用于粗加工镍基高温合金的陶瓷刀具,能够有效解决镍基高温合金加工中存在的刀具破损严重、使用寿命短以及加工效率低的问题。切削速度可达800~1000m/min,在此切削速度区间内,产生的切削温度会使镍基高温合金材料表面软化,切削力减小,切削变得相对容易,切削效率提升达12倍以上;且由于陶瓷刀具本身的耐高温、化学性质稳定等优点,在高温环境下也难以和工件发生化学反应,所以处于高温环境下的高速铣削不仅可以提升加工效率,还可以延长刀具使用寿命;且通过两种不同切削刃部的交替可以打断高速铣削时产生的切屑,使其不会在高速铣削时和螺旋切削刃部的前刀面发生粘结、滑移现象,从而大幅度降低发生沟槽磨损的可能性。
- [0018] 本陶瓷刀具材料选取为AL203/TiB2金属陶瓷,因考虑到加工是处于高速、较大进给的粗加工环境中,其不仅要有机械强度高、耐高温的优点,还要有在高温环境保持自身化学性质稳定的特性,所以这里我们使用AL203/TiB2复合金属陶瓷来作为刀具材料。

附图说明

- [0019] 图1为本发明的外观主视图示意图
- [0020] 图2为本发明的切削刃局部放大视图
- [0021] 图3为本发明的切削底部局部放大视图
- [0022] 以上附图中:1.柄部;2.颈部;3.刃部;4.切削刃;5环形牙锥台;6.切削刃部;7.周刃;8.环形牙锥台;9.槽背;10.容屑槽;11.刀尖R角;12切屑牙;13.端刃;14.容屑槽底部;

具体实施方式

- [0023] 镍基高温合金有着极高的强度和硬度,在切削速度只有30~60m/min时,硬质合金刀具的加工效率极为低下。当切削速度提高时,切削温度也会急剧提高,当切削温度达到800℃时,镍基高温合金工件表面会出现热软化效应,工件材料的强度和硬度大幅降低,但

与此同时硬质合金刀具中的粘结相钴流失,这会使得刀具产生粘结磨损加剧,从而导致刀具急剧磨损,寿命大幅度下降,甚至还会使得刀具出现瞬间失效无法使用的状况。

[0024] 本发明为一种适用于粗加工的陶瓷铣刀,旨在通过改变常见的整体式陶瓷铣刀的结构来代替目前使用较为广泛的硬质合金刀具和陶瓷刀具,再匹配整体式陶瓷铣刀和螺纹铣刀参数,如芯厚、周刃前角、槽背比、锥台锥度、后角、容屑槽端面倾角、端面后角等,增加本陶瓷铣刀的强度,从而使得在以极高的切削速度加工镍基高温合金时,陶瓷铣刀可以轻易打断镍基高温合金的切屑,从而使得切屑可以及时排出不会与陶瓷铣刀表面产生过多的摩擦,降低刀具产生沟槽磨损的可能性,另一方面环形牙锥台的采用可以在螺旋刃部加工镍基高温合金工件之前,对工件材料进行预加工,降低螺旋刃部加工工件的难度,提高螺旋刃部的使用寿命。

[0025] 如表1所示为金属陶瓷和现有的硬质合金刀具的属性对比。可以看出,虽然金属陶瓷材料断裂韧性相较于硬质合金材料要低,但金属陶瓷材料的摩擦系数、导热率、线膨胀率都要远低于硬质合金材料。金属陶瓷材料更低的摩擦系数意味着刀具在加工过程中有着更高的排屑性能、更小的摩擦力、更低的切削温度、更少的刀具磨损、更长的刀具寿命。与此同时,金属陶瓷材料有着极低的热导率和线膨胀率,极低的热导率意味着在高速加工过程中工件材料和切屑上极高的切削热难以传递到刀具上来,极低的线膨胀率意味着金属陶瓷刀具在高温工作条件下能保持更高的精度。综上所述,通过金属陶瓷刀具较低的摩擦系数保证其在加工过程中产生更低的切削热,极低的线膨胀率和导热率可以保证刀具在高温环境下的稳定性。镍基高温合金材料在600℃以上时就会出现热软化现象,而金属陶瓷材料最高可以承受1600℃的高温,并能在该温度下保持高速切削时刀具材质的稳定,从而实现高速铣削镍基高温合金的目的。

[0026] 表1

材质 项目		硬质合金	金属陶瓷
物理特性	密度 (g/cm ³)	14.4	3.4
机械特性	硬度 HV (GPa)	17	18
	抗拉强度(MPa)	1700	1000
	弹性模量 E (GPa)	593	300
	泊松比 ν	0.3	0.28
	断裂韧性 MPam ^{1/2}	10.5	5
	摩擦系数	0.4~1	0.10~0.2
热特性	线膨胀率 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	4.5~5	3.2
	热导率 20℃ (W/(m·k))	100	23
	耐热温度℃	500~800	1600
化学特性	亲和力	高	低

[0028] 刀具在加工镍基高温合金过程中的主要磨损形式有沟槽磨损、磨料磨损、黏结磨损、扩散磨损和氧化磨损。在较低速度下,刀具的磨损主要是以磨粒磨损和微剥落为主;较

高速度下,刀具主要磨损形式为磨粒磨损和沟槽磨损,黏结是加速沟槽磨损的重要因素。对磨损部位进行电镜扫描(SEM),证明刀具磨损处黏结物为工件材料,而粘结磨损是加速刀具沟槽磨损的重要原因。为了减少刀具的粘结磨损,我们应该尽量降低刀具在高温高速的加工过程中与工件材料发生化学反应的可能性。与硬质合金材料相比,金属陶瓷材料化学性质更加稳定,更难与工件材料发生化学反应,更难发生粘结、氧化、扩散磨损。

[0029] 基于金属陶瓷材料的特殊性质,以下阐述整体金属陶瓷粗铣刀技术方案。

[0030] 本发明粗加工整体陶瓷铣刀,不考虑到刀具得不同直径规格和加工工艺,铣刀切削刃的刃数一律设为4个。

[0031] 作为具体实施案例,以下图1所示铣刀为例、见图1至图3:主要由柄部1、颈部2、切削刃部3组成。柄部1的前端连接颈部2的后端,颈部2的前端连接切削刃部3的后端,铣刀的材料为AL203/TiB2金属陶瓷材料,柄部1用于刀具与刀柄安装,颈部2为铣刀切削加工时避干涉用,通常颈部2直径比铣刀刃径 d_c 小0.2~0.3mm左右。

[0032] 切削刃部3为铣刀实际参与镍基高温合金工件切削部位,分为两部分,第一部分为螺旋切削刃部包括切削刃4、容屑槽10,切削刃4由周刃7、端刃13及连接周刃7和端刃13的刀尖R角11组成,刀尖R角11用于连接对应位置的周刃7和端刃13,两个端刃13相对于切削刃部3的前端面中心径向均布设置,每个端刃13分别对应一个刀尖R角9、一个周刃7,周刃7在切削刃部3的外周环面螺旋向间隔排布。第二部分为环形牙锥台,该刃部1上的圆周面上具有至少三条刃8,相邻刃12之间设有排屑槽9;所述刃11由沿轴向等距间隔布置的切削牙12构成。如图3所示,所述螺纹铣刀的槽背比为2:1,其中,槽背比是指排屑槽9宽度与切削牙12宽度的比值。

[0033] 铣刀刃径 d_c 为12~20mm,刃部长度 l_c 为铣刀刃径 d_c 的1~1.2倍,芯厚 D_x 为铣刀刃径 d_c 的0.75~0.85倍,从而可以提高铣刀在高速高温切削加工镍基高温合金时强度,提高刀具寿命。

[0034] 刀具螺旋角为 $45^\circ \sim 55^\circ$;刀尖R角11半径为0.2~1.5mm。

[0035] 切削刃部仅在切削刃部4之前设置容屑槽;容屑槽端面倾角为 0° ,且没有出刀角和出刀面。

[0036] 作为本发明粗加工整体陶瓷铣刀的具体实施案例,通过对比两款刀具材质分别为硬质合金的赛隆陶瓷的D12立式铣刀在切削加工镍基高温合金GH3169时的加工工艺(如表2所示),可以发现,整体式金属陶瓷铣刀加工效率远比硬质合金要高,甚至可以达到其加工效率的12倍之多。另一方面,整体式金属陶瓷铣刀加工后的磨损量更低,刀具寿命可达达到硬质合金铣刀的1.5倍。充分说明了金属陶瓷刀具在加工镍基高温合金上的优越性,同时也为本发明的设计提供了一定的理论依据,不仅可以极大程度地提高加工镍基高温合金GH4169在粗加工时的加工效率,而且可以保证刀具寿命的提高。

[0037] 表2

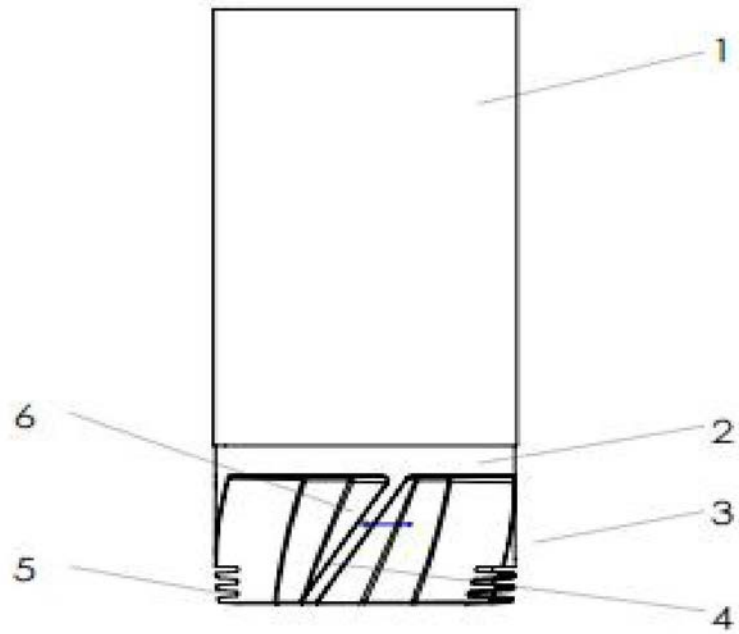
[0038]

刀具材料	硬质合金	金属陶瓷陶瓷
刀具规格	D12 立式陶瓷铣刀	
工件材料	镍基高温合金 GH4169	
铣削方式	外圆铣削、顺铣	
冷却条件	干切	
线速度 Vc(m/min)	40	220
转速 n(r/min)	1062	5500 (推荐)
进给 F(mm/min)	344	3000
切深 ap(mm)	0.3	0.3

[0039]

切宽 ae(mm)	12	12
加工效率比	1	8
铣刀寿命比	1	1.8

[0040] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。



1.柄部；2.颈部；3.刃部；4.切削刃；5 环形牙锥台；6.切削刃部；

图1



7.周刃；8.环形牙锥台；9.槽背；10.容屑槽；11.刀尖 R 角；12.切屑牙；

图2

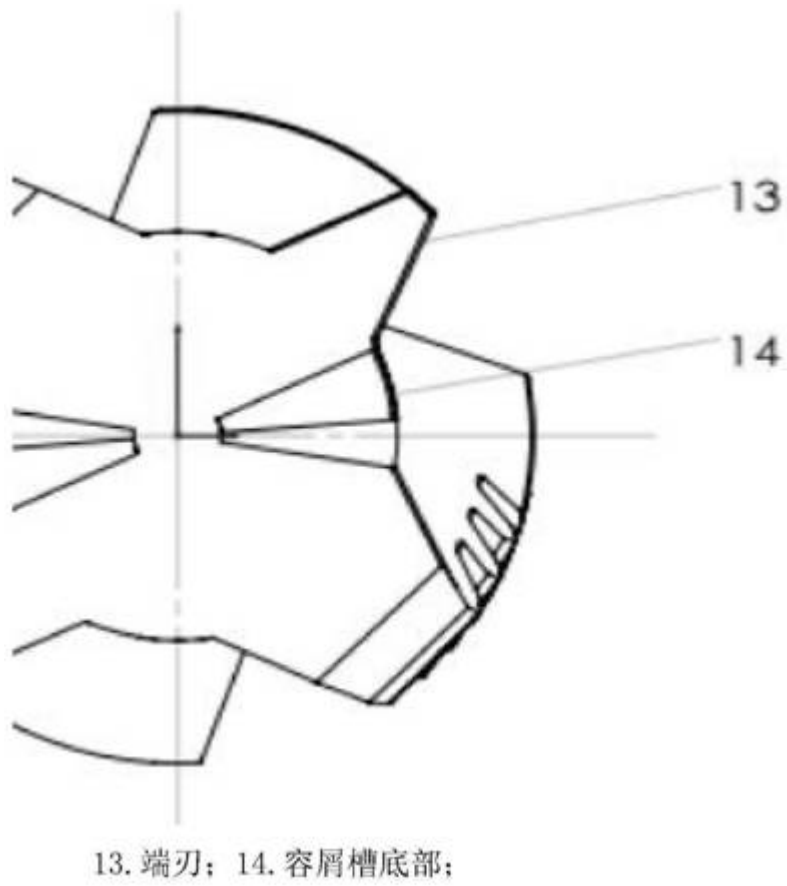


图3