(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104874630 B
(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201510294562.6
(22)申请日 2015.06.02
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104874630 A
(43)申请公布日 2015.09.02
(73)专利权人 太原理工大学
地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街79号
(72)发明人 汪程鹏 薛凤梅 林鹏 李克伟 杨琳 池成忠 王文先
(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101
代理人 江淑兰
(51)Int.Cl.
B21C 25/02(2006.01)
B21C 23/00(2006.01)
审查员 王红玲

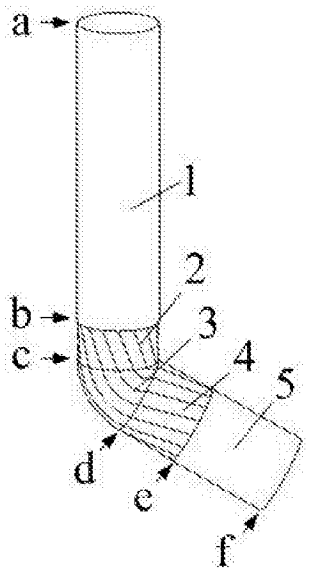
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种等通道转角旋挤模具及方法

(57)摘要

本发明公开了一种等通道转角旋挤模具及方法，属于材料加工领域。模具包括螺栓和瓣模，两个瓣模上分别对应设有螺栓孔，二者通过螺栓紧固；两个瓣模的分型面完全贴合，组合成的结构中心为模具的挤压模腔，所述挤压模腔为等通道转角挤压模腔，等通道转角挤压模腔按照成形过程依次设有模腔导入段、模腔导入渐变段、模腔转角段、模腔导出渐变段、模腔导出段和模腔取出段。本发明具有晶粒细化能力强、操作方便、结构简单、可连续挤压的优点。



CN 104874630 B

1.一种等通道转角旋挤模具，包括螺栓和瓣模，两个瓣模的分型面完全贴合，组合成的结构中心为模具的挤压模腔，两个瓣模上分别对应设有螺栓孔，二者通过螺栓紧固；其特征在于：所述挤压模腔为等通道转角挤压模腔，等通道转角挤压模腔按照成形过程依次设有模腔导入段、模腔导入渐变段、模腔转角段、模腔导出渐变段、模腔导出段和模腔取出段；

所述模腔导入段为等径圆通道，其截面形状为圆形，直径为D，模腔导入段的有效长度为L；

所述模腔导入渐变段为等面积变形状的光滑过渡通道，该段模腔的端面从圆形截面过渡到正N边形截面，与模腔导入段相接的端面为圆形截面，与模腔转角段相接的截面为正N边形截面，两端面在竖直方向上有β角度的扭转，模腔导入渐变段的有效长度为0.2L；

所述模腔转角段的两端面以及该段模腔内的任意横截面均为形状和面积相同的正N边形截面，两端面在竖直方向有β角度的扭转，该段模腔为光滑过渡通道；

所述模腔导出渐变段为等面积变形状的光滑过渡通道，该段模腔的端面从正N边形截面过渡到圆形截面，与模腔转角段相接的截面为正N边形截面，与模腔导出段相接的端面为圆形截面，两端面在竖直方向有β角度的扭转，模腔导出渐变段的有效长度为0.3L；

所述模腔导出段为等径圆通道，截面形状为圆形，直径为D，模腔导出段的有效长度为0.5L；

所述模腔取出段为等径圆通道，截面形状为圆形，直径为1.3D，模腔取出段的有效长度为0.2L。

2.根据权利要求1所述的等通道转角旋挤模具，其特征在于：所述N为偶数，且N≥4。

3.根据权利要求1所述的等通道转角旋挤模具，其特征在于：所述β取值范围为β=360°/N。

4.根据权利要求1所述的等通道转角旋挤模具，其特征在于：所述模腔转角段是模腔导入渐变段和模腔导出渐变段的过渡段，是有一定圆弧过渡的夹角通道，内交角为Φ，Φ取值范围为100~120°，外接弧角为ψ，ψ=180°-Φ。

5.根据权利要求4所述的等通道转角旋挤模具，其特征在于：所述模腔转角段的两端面有交点，即内交角Φ的顶点为模腔转角段的内交点。

6.根据权利要求1所述的等通道转角旋挤模具，其特征在于：所述模具采用模具钢制作。

7.一种等通道转角旋挤方法，采用权利要求1~6任一项所述的等通道转角旋挤模具，其特征在于：包括以下步骤：

(1)待加工坯料放入模腔导入段，在挤压杆的作用下，沿模腔导入段进入模腔导入渐变段，坯料横截面从圆形变为正N边形，发生渐变的横向剪切塑性变形；

(2)继续挤压，坯料从模腔导入渐变段，进入模腔转角段，发生横向和纵向双重剪切塑性变形；

(3)继续挤压，坯料从模腔转角段，进入模腔导出渐变段，发生渐变的横向剪切塑性变形，坯料横截面从正N边形变为圆形；

(4)继续挤压，坯料从模腔导出渐变段，进入模腔导出段，对坯料进行整形，变为圆形，最后坯料进入模腔取出段。

8.根据权利要求7所述的等通道转角旋挤方法，其特征在于：所述待加工坯料的外形尺

寸与模腔导入段的内孔尺寸相同，模腔导入段的有效长度为待加工坯料的长度的1.5~2倍。

一种等通道转角旋挤模具及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种等通道转角旋挤模具及方法，属于材料加工领域。

背景技术

[0002] 近年来，等通道转角挤压(ECAP)已成为剧烈塑性变形(SPD)发展最为快速的技术之一。ECAP可使材料在塑性变形时不改变试样断面的同时，累积大量的塑性变形，从而实现材料的重复形变和晶粒细化。

[0003] 传统的ECAP成形技术的主要剪切变形区位于模具通道转角处，并且存在材料变形不均匀的不足。中国发明专利公开号CN 1709605A，发明名称：制备超细晶材料的U形等通道反复挤压装置，该专利采用连续两次等通道挤压实现制备超细晶材料的目的，实质上是三段相连的ECAP组合。此外，在公开号分别为CN101259493、CN1709605、CN2757953、CN2757954和CN2768921的中国发明专利申请中提出的制备超细晶材料所用的L形、U形、C形、S形转角往复挤压模具和反复镦粗挤压模具仅仅是ECAP方法的简单形式改进，并无实质性的工业创新和解决生产问题。为克服传统ECAP技术不能连续生产的问题，国内外研究提出了很多改进的ECAP技术，如连续剪切工艺、旋转模具ECAP、反复侧边挤压、等径角轧制等方法(中国有色金属学报，2010，20(4)：587)，但上述ECAP改进技术存在所需工程力大，对设备要求高等工业问题。

[0004] 综上所述，传统的ECAP模具和挤压方法成形材料具有变形不均匀，一道次累积应变小的不足之处，而改进的ECAP的成形方法也存在所用设备昂贵且对设备要求高，加工成本增大等问题。如何实现多道次制备组织均匀的超细晶材料，以满足实际科研与生产的需要是当今材料研究亟待解决的难题。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种等通道转角旋挤模具及方法，使其晶粒细化能力强、操作方便、结构简单、可多道次连续挤压。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的：

[0007] 本发明提供了一种等通道转角旋挤模具，包括螺栓和瓣模，两个瓣模的分型面完全贴合，组合成的结构中心为模具的挤压模腔，两个瓣模上分别对应设有螺栓孔，二者通过螺栓紧固；所述挤压模腔为等通道转角挤压模腔，等通道转角挤压模腔按照成形过程依次设有模腔导入段、模腔导入渐变段、模腔转角段、模腔导出渐变段、模腔导出段和模腔取出段；

[0008] 所述模腔导入段为等径圆通道，其截面形状为圆形，直径为D，模腔导入段的有效长度为L；

[0009] 所述模腔导入渐变段为等面积变形状的光滑过渡通道，该段模腔的端面从圆形截面过渡到正N边形截面，与模腔导入段相接的端面为圆形截面，与模腔转角段相接的截面为正N边形截面，两端面在竖直方向上有 β 角度的扭转，模腔导入渐变段的有效长度为0.2L；

[0010] 所述模腔转角段的两端面以及该段模腔内的任意横截面均为形状和面积相同的正N边形截面，两端面在竖直方向有β角度的扭转，该段模腔为光滑过渡通道；

[0011] 所述模腔导出渐变段为等面积变形状的光滑过渡通道，该段模腔的端面从正N边形截面过渡到圆形截面，与模腔转角段相接的截面为正N边形截面，与模腔导入段相接的端面为圆形截面，两端面在竖直方向有β角度的扭转，模腔导出渐变段的有效长度为0.3L；

[0012] 所述模腔导出段为等径圆通道，截面形状为圆形，直径为D，模腔导出段的长度为0.5L。

[0013] 所述模腔取出段为等径圆通道，截面形状为圆形，直径为1.3D，模腔取出段的有效长度为0.2L；

[0014] 所述β=360°/N。

[0015] 所述有效长度为模腔变形段所在中心轴线的长度。

[0016] 所述各模腔变形段之间光滑过渡。

[0017] 所述模腔转角段是模腔导入渐变段和模腔导出渐变段的过渡段，是有一定圆弧过渡的夹角通道，内交角为Φ，Φ取值范围为100~120°，外接弧角为ψ，ψ=180°-Φ。

[0018] 所述模腔转角段的两端面有交点，即内交角Φ的顶点为模腔转角段的内交点。

[0019] 两瓣模依靠螺栓连接定位固定组合成等通道转角旋挤通道，挤压杆位于等通道转角旋挤通道的模腔导入段，可以自由进出模腔导入段，挤压杆与挤压动力结构相连接，挤压动力结构为现有成熟技术。

[0020] 本发明模具采用模具钢制作。

[0021] 本发明提供了一种等通道转角旋挤方法，包括以下步骤：

[0022] (1)待加工坯料放入模腔导入段，在挤压杆的作用下，沿模腔导入段进入模腔导入渐变段，坯料横截面从圆形变为正N变形，发生渐变的横向剪切塑性变形；

[0023] (2)继续挤压，坯料从模腔导入渐变段，进入模腔转角段，发生横向和纵向双重剪切塑性变形；

[0024] (3)继续挤压，坯料从模腔转角段，进入模腔导出渐变段，发生渐变的横向剪切塑性变形，坯料横截面从正N变形变为圆形；

[0025] (4)继续挤压，坯料从模腔导出渐变段，进入模腔导出段，对坯料进行整形，变为圆形，最后坯料进入模腔取出段。

[0026] 所述待加工坯料的外形尺寸与模腔导入段的内孔尺寸相同，模腔导入段的长度为待加工坯料的长度的1.5~2倍。

[0027] 由于等通道转角旋挤模具的挤压通道为等截面面积的通道，并且模腔导入段和模腔导出段截面形状尺寸与加工坯料相同，所以加工坯料可进行多道次变形，坯料就可以获得无限大的应变，得到超细晶坯料，以改善坯料的性能。

[0028] 本发明提出上述等通道转角旋挤方法及模具，具有显著的晶粒细化效果，模具结构简单，加工容易，实用性强，可实现连续挤压；可以制备纯金属、合金、金属基复合材料、高分子材料等超细晶材料。此外，可对模具和材料进行一定的加热温度或者增大模具通道转角的角度，实现难变形材料的制备，如镁合金等。

附图说明

[0029] 图1为本发明的模具挤压型腔结构示意图。

[0030] 图2为图1中对应位置的截面示意图。

[0031] 图3为模具的剖视图。

[0032] 图4为图3中沿A-A线的剖面图。

[0033] 图5为利用本发明对纯铜进行等通道转角旋挤变形前后的组织图。

[0034] 图中：1.模腔导入段，2.模腔导入渐变段，3.模腔转角段，4.模腔导出渐变段，5.模腔导出段，6.模腔取出段，7.挤压杆，8.瓣模，9.螺栓。

具体实施方式

[0035] 本实施例利用本发明的成形模具和方法对直径10mm，长度为25mm的工业纯铜进行等通道转角旋挤变形。

[0036] 所使用的等通道转角旋挤模具，包括螺栓9和瓣模8，两个瓣模8的分型面完全贴合，组合成的结构中心为模具的挤压模腔，两个瓣模8上分别对应设有螺栓孔，二者通过螺栓9紧固；所述挤压模腔为等通道转角挤压模腔，等通道转角挤压模腔按照成形过程依次设有模腔导入段1、模腔导入渐变段2、模腔转角段3、模腔导出渐变段4、模腔导出段5和模腔取出段6；

[0037] 所述模腔导入段1为等径圆通道，其截面形状为圆形，直径为10mm，模腔导入段1的有效长度为50mm；

[0038] 所述模腔导入渐变段2为等面积变形状的光滑过渡通道，该段模腔的端面从圆形截面过渡到正十六边形截面，与模腔导入段1相接的端面为圆形截面，与模腔转角段3相接的截面为正十六边形截面，两端面在竖直方向上有22.5°的扭转，模腔导入渐变段2的有效长度为10mm；

[0039] 所述模腔转角段3的两端面以及该段模腔内的任意横截面均为形状和面积相同的正十六边形截面，两端面在竖直方向有22.5°的扭转，该段模腔为光滑过渡通道；

[0040] 所述模腔导出渐变段4为等面积变形状的光滑过渡通道，该段模腔的端面从正十六边形截面过渡到圆形截面，与模腔转角段3相接的截面为正十六边形截面，与模腔导入段1相接的端面为圆形截面，两端面在竖直方向有22.5°的扭转，模腔导出渐变段4的有效长度为15mm；

[0041] 所述模腔导出段5为等径圆通道，截面形状为圆形，直径为D，模腔导出段5的长度为25mm。

[0042] 所述模腔取出段6为等径圆通道，截面形状为圆形，直径为1.3D，模腔取出段6的有效长度为10mm；

[0043] 所述有效长度为模腔变形段所在中心轴线的长度。

[0044] 所述各模腔变形段之间光滑过渡。

[0045] 所述模腔转角段3是模腔导入渐变段2和模腔导出渐变段4的过渡段，是有一定圆弧过渡的夹角通道，内交角为Φ，Φ=120°，外接弧角为ψ，ψ=60°。

[0046] 两瓣模8依靠螺栓9连接定位固定组合成等通道转角旋挤通道，挤压杆7位于等通道转角旋挤通道的模腔导入段1，可以自由进出模腔导入段1，挤压杆7与挤压动力结构相连接，挤压动力结构为现有成熟技术。

[0047] 本发明模具采用模具钢H13制作，挤压杆的材质为W18Cr4V。

[0048] 本发明提供了一种等通道转角旋挤方法，包括以下步骤：

[0049] (1)待加工坯料放入模腔导入段1，在挤压杆7的作用下，沿模腔导入段1进入模腔导入渐变段2，坯料横截面从圆形变为正十六变形，发生渐变的横向剪切塑性变形；

[0050] (2)继续挤压，坯料从模腔导入渐变段2，进入模腔转角段3，发生横向和纵向双重剪切塑性变形；

[0051] (3)继续挤压，坯料从模腔转角段3，进入模腔导出渐变段4，发生渐变的横向剪切塑性变形，坯料横截面从正十六变形变为圆形；

[0052] (4)继续挤压，坯料从模腔导出渐变段4，进入模腔导出段5，对坯料进行整形，变为圆形，最后坯料进入模腔取出段6。

[0053] 所述待加工坯料的外形尺寸与模腔导入段1的内孔尺寸相同，模腔导入段1的长度50mm。

[0054] 由于等通道转角旋挤模具的挤压通道为等截面面积的通道，并且模腔导入段1和模腔导出段5截面形状尺寸与加工坯料相同，所以加工坯料纯铜可进行多道次变形。本实施例对其进行了4道次的挤压变形，图5给出了等通道转角旋挤变形前后纯铜的组织图，从图5(a)和图5(b)的对比来看，明显看到，材料晶粒得到了细化。

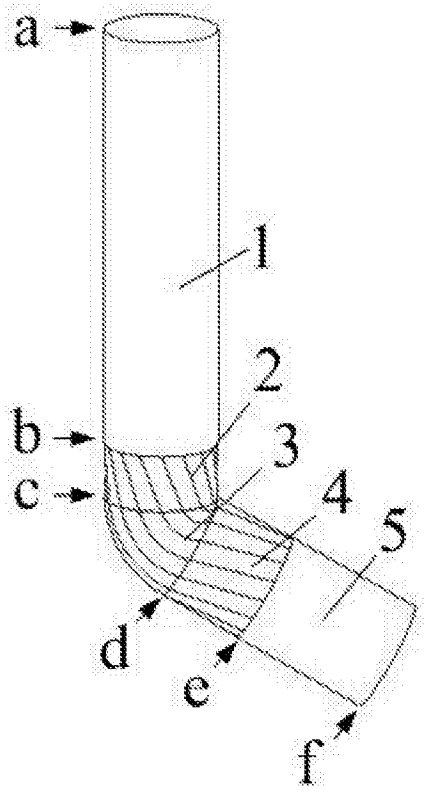


图1

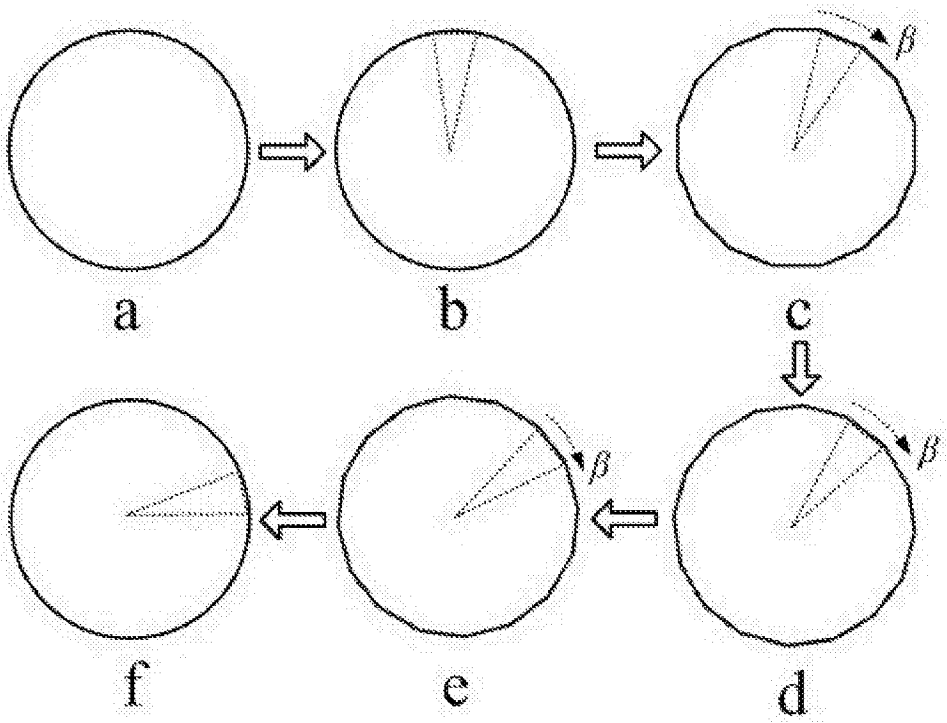


图2

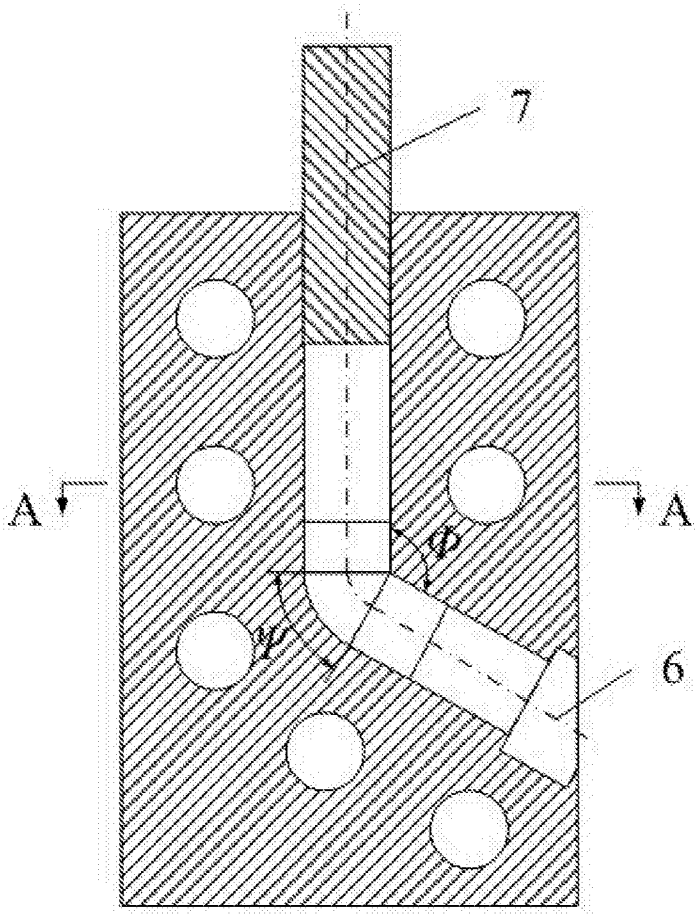


图3

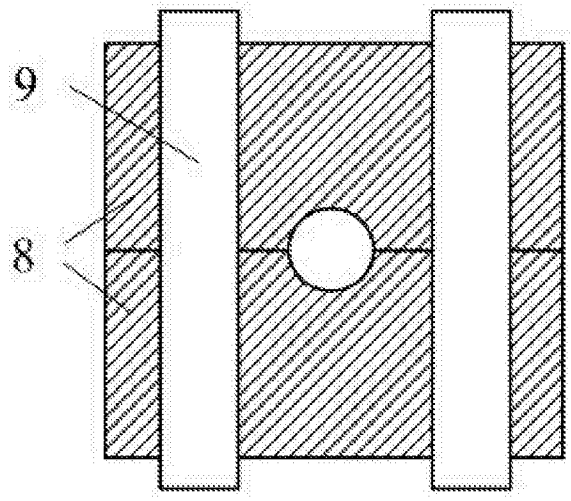


图4

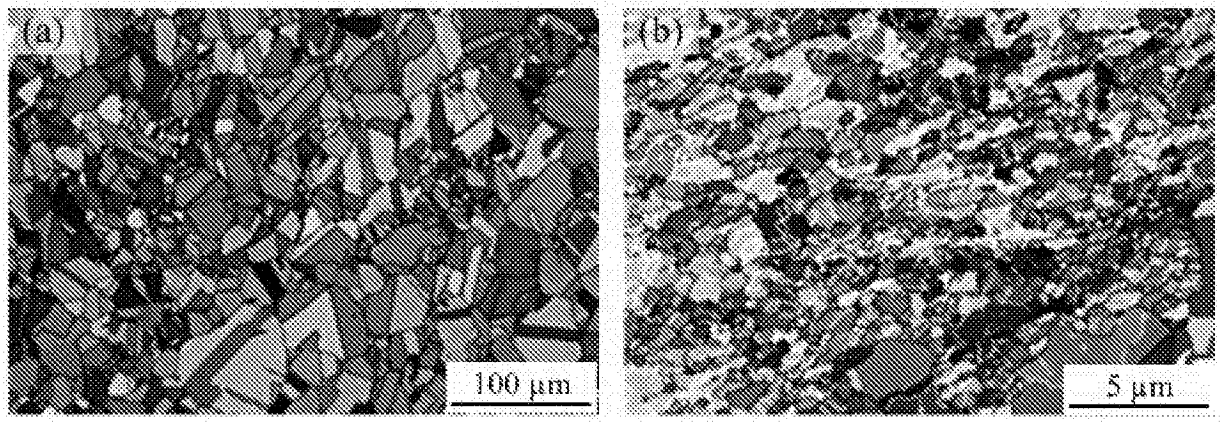


图5