



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110180982 B

(45) 授权公告日 2020.12.29

(21) 申请号 201910622294.4

(22) 申请日 2019.07.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110180982 A

(43) 申请公布日 2019.08.30

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72) 发明人 袁林 徐福昌 梁伟康 韩乐
单德彬 郭斌

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109
代理人 牟永林

(51) Int. Cl.
B21J 5/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107552700 A, 2018.01.09

CN 101491822 A, 2009.07.29

CN 101633029 A, 2010.01.27

CN 105436368 A, 2016.03.30

CN 107497984 A, 2017.12.22

CN 106903247 A, 2017.06.30

CN 102944513 A, 2013.02.27

CN 101972830 A, 2011.02.16

审查员 陈成

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种模具温度高于坯料温度的热成形方法

(57) 摘要

一种模具温度高于坯料温度的热成形方法, 它涉及一种热成形方法, 它包括: 一、准备原始坯料; 检查原始的挤压棒材, 用锯床进行下料, 得到一定尺寸的棒材; 二、镦粗制坯: 将得到的棒材加热后在不同温度平砧模具上进行镦粗; 模具温度高于坯料温度; 三、将镦粗后的锻件冷却至室温, 测量鼓肚处和两端面的直径, 进行鼓肚程度的计算。本发明使模具温度高于坯料温度, 与模具接触的坯料温度升高, 有利于材料流动和热传导, 从而实现大高径比棒料镦粗, 改善了普通镦粗高径比范围内鼓肚现象。

1. 一种模具温度高于坯料温度的热成形方法,其特征在于:它包括以下步骤:

一、准备原始坯料:检查原始的挤压棒材,用锯床进行下料,得到一定尺寸的棒材;

二、镦粗制坯:将得到的棒材加热后在不同温度平砧模具上进行镦粗,镦粗高径比为3.0-4.0的棒材,以1mm/s的速度镦粗至51.75mm,变形量为50-60%;模具温度高于坯料温度,高于的温度区间为30°C-120°C;

三、将镦粗后的锻件冷却至室温,测量鼓肚处和两端面的直径,进行鼓肚程度的计算; $K_D = (D_G - D_D) \div D_D$,其中: D_G 为镦粗后锻件鼓肚处直径; D_D 为镦粗后锻件端面直径, K_D 表征鼓肚程度,该方法成形前使用Deform软件建立有限元模型进行模拟,采用二分法寻找合理的模具温度,高温镦粗产生双鼓肚,此时模具温度 T_1 ,等温镦粗产生鼓肚,此时模具温度 T_2 ,在 T_1-T_2 温度区间内必存在某一温度 T ,模具温度为 T 时,镦粗不产生鼓肚,取下一次实验温度为 $T_3 = (T_1 + T_2) / 2$,若模具温度为 T_3 时镦粗结果为鼓肚,则下一次实验温度 $T_4 = (T_3 + T_1) / 2$;若模具温度为 T_3 时镦粗结果为双鼓肚,则下一次实验温度 $T_4 = (T_3 + T_2) / 2$,以此类推直至找到合理模具温度 T 。

2. 根据权利要求1所述一种模具温度高于坯料温度的热成形方法,其特征在于:得到的棒材镦粗变形量为50%。

3. 根据权利要求1或2所述一种模具温度高于坯料温度的热成形方法,其特征在于:模具比坯料温度高75°C。

4. 根据权利要求1所述一种模具温度高于坯料温度的热成形方法,其特征在于:棒材截面为圆形。

一种模具温度高于坯料温度的热成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种热成形方法,具体涉及一种通过合理控制模具温度和坯料温度,使模具温度高于坯料温度的热成形方法。

背景技术

[0002] 热锻造是依赖模具而进行塑性加工的方法。在锻造的众多参数中,模具温度对于锻件的成形影响十分显著。普通热模锻一般模具温度低于坯料温度,而等温热模锻是坯料温度和模具温度在相同温度。为此提出一种模具温度高于坯料温度的成形方法,该方法有别于传统热锻造成形方法,并在热锻粗工艺上进行相关验证。

[0003] 锻粗工艺作为锻造中最为基础的成形工序之一,广泛应用于锻造制坯。一般模锻原始坯料为棒料,为了获得合理的预成形坯料形状,往往需要对棒料进行锻造预制坯,锻粗是锻造预制坯的关键工序。传统自由锻锻粗的高径比(高度与直径之比) $\leq 2.5-3$,当锻粗高径比 >3 时,会产生弯曲失稳,并可能发展成折叠,不能成功实现锻粗变形,因此一般为防止锻粗时的纵向弯曲,棒料高度与直径之比一般采取2-2.2范围内。以铝合金为例,在航空航天领域,飞行器等向整体化、大型化趋势发展,随之而来使毛坯的尺寸规模逐渐增大,而原始棒料外径尺寸受制于目前的金属冶炼和挤压工艺、设备水平,在保证组织性能的要求下无法获得大直径棒料,制备大型锻件所需要饼坯经常通过对原始棒料进行锻粗来获得,所以大高径比锻粗而不发生失稳成为锻粗制坯的主要难题。

发明内容

[0004] 本发明为克服现有技术不足,提供一种模具温度高于坯料温度的热成形方法,该方法可实现大高径比棒料锻粗以及改善普通高径比锻粗鼓肚现象。具体通过使模具温度高于坯料温度实现该成形方法,并在热模锻基础工艺锻粗工艺进行验证。该方法有别于传统热锻造成形方法,传统热锻造成形方法为模具温度低于坯料温度(热锻)或模具温度等同于坯料温度(等温锻),通过该方法可以获得超越传统锻粗高径比极限,及改善普通锻粗高径比范围内鼓肚现象。

[0005] 本发明的技术方案是:

[0006] 一种模具温度高于坯料温度的热成形方法,它包括以下步骤:

[0007] 一、准备原始坯料:检查原始的挤压棒材,用锯床进行下料,得到一定尺寸的棒材;

[0008] 二、锻粗制坯:将得到的棒材加热后在不同温度平砧模具上进行锻粗,以1mm/s的速度锻粗至51.75mm,变形量为50-60%;模具温度高于坯料温度,高于的温度区间为30℃-120℃;

[0009] 三、将锻粗后的锻件冷却至室温,测量鼓肚处和两端面的直径,进行鼓肚程度的计算;

[0010] $K_D = (D_G - D_D) \div D_D$,其中: D_G 为锻粗后锻件鼓肚处直径; D_D 锻粗后锻件端面直径, K_D 表征鼓肚程度。

[0011] 进一步地, 镦粗高径比为3.0-4.0的棒材。

[0012] 本发明相比现有技术的有益效果是: 本发明通过合理控制模具温度和坯料温度, 使模具温度高于坯料温度, 与模具接触的坯料温度升高, 有利于材料流动和热传导, 从而实现对鼓肚现象的改善和大高径比棒料镦粗, 是一种有效降低鼓肚程度, 实现大高径比镦粗的成形方法, 对部分模锻件的研制有一定的指导意义。

[0013] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案

附图说明

[0014] 图1为镦粗得到的有限元模拟模型图;

[0015] 图2为三种镦粗得到的锻件数值模拟图;

[0016] 图3为二分法下不同温度组的模拟结果图;

[0017] 图4为实施例中用2024铝合金棒料;

[0018] 图5为实施例中镦粗后的锻件图;

[0019] 图6为分别采用等温镦粗和高温镦粗高径比为3.7的镦粗结果比对图;

[0020] 图7为二分法下不同组模具温度模拟结果图。

具体实施方式

[0021] 一种模具温度高于坯料温度的热成形方法, 它包括以下步骤:

[0022] 一、准备原始坯料: 检查原始的挤压棒材, 用锯床进行下料, 得到一定尺寸的棒材;

[0023] 二、镦粗制坯: 将得到的棒材加热后在不同温度平砧上进行镦粗, 以1mm/s的速度镦粗至51.75mm, 变形量为50-60%; 模具温度高于坯料温度, 高于的温度区间为30℃-120℃;

[0024] 三、将镦粗后的锻件冷却至室温, 测量鼓肚处和两端面的直径, 进行鼓肚程度的计算;

[0025] $K_D = (D_G - D_D) \div D_D$, 其中: D_G 为镦粗后锻件鼓肚处直径; D_D 为镦粗后锻件端面直径, K_D 为鼓肚程度。

[0026] 在一个实施方式中, 可选取, 模具比坯料温度高75℃。必要时, 步骤一车掉外皮可能存在的粗晶环。

[0027] 在另一个实施方式中, 能镦粗高径比为3.0-4.0的棒材。棒材截面为圆形。

[0028] 结合图1-图7说明, 以一个具体实施例说明模具温度高于坯料温度的热成形方法, 它包括以下方面:

[0029] 一、在实验之前先使用Deform软件建立图1所示的有限元模型进行模拟。模拟用原始坯料尺寸为高度为400mm, 半径为200mm, 压下量60%, 即镦粗至高度为160mm, 在不发生鼓肚的理想状态下, 坯料变形后半径为316.228mm。引入 K_D 量, 用来表征鼓肚程度, K_D 即为镦粗后锻件鼓肚处直径与端面处的直径差值除以端面处直径。公式: $K_D = (D_G - D_D) \div D_D$, 其中: D_G 为镦粗后锻件鼓肚处直径; D_D 为镦粗后锻件端面直径。普通镦粗、等温镦粗及高温镦粗结果见图2, 依次对应, 从左至右显示的模具温度比坯料低、模具温度和坯料温度相同以及模具温度比坯料温度高的镦粗。

[0030] 测量计算得表1。从表1及图2中, 左侧图为普通镦粗, 坯料外轮廓往右边鼓, 即出现

鼓肚,中间图为等温镦粗,坯料外轮廓也往右边鼓,而右侧图可以看出在高温模具镦粗时不仅镦粗中的鼓肚问题得到改善明显,而且在模具温度较高的情况下,甚至出现了双鼓肚,其原因是与工件接触的坯料流动速度较坯料中间局部的金属材料流动速度快,出现此种情况是比较合理的。因此,在等温镦粗和高温镦粗之间一定存在一个不产生鼓肚的模具温度,采用二分法寻找合理的模具温度(本发明中的二分法:高温镦粗产生双鼓肚,此时模具温度 T_1 ,等温镦粗产生鼓肚,此时模具温度 T_2 ,在 $T_1 \sim T_2$ 温度区间内必存在某一温度 T ,模具温度为 T 时,镦粗不产生鼓肚,取下一次实验温度为 $T_3 = (T_1 + T_2) / 2$,若模具温度为 T_3 时镦粗结果为鼓肚,则下一次实验温度 $T_4 = (T_3 + T_1) / 2$;若模具温度为 T_3 时镦粗结果为双鼓肚,则下一次实验温度 $T_4 = (T_3 + T_2) / 2$),以此类推直至找到合理模具温度 T 。

[0031] 表1模拟结果数据处理

	模具温度/°C	坯料温度/°C	鼓肚半径/mm		端面半径/mm	K_D
等温镦粗	380	380	322		299	0.08
普通镦粗	100	380	328		280	0.17
高温模具	480	380	317		309	0.03
镦粗	480 (恒定)	380	半高	端面	最大	—
			307	322	323	

[0032] 采用二分法之后的各组模拟结果见图3,上排图显示等温镦粗、普通镦粗和高温镦粗;下排图显示高温模具镦粗下模具温度分别为430°C,436°C和439°C;测量计算结果见表2,由图以及数据,可以很明显看出随着模具温度的变化,镦粗结果的变化情况。模具温度与坯料温度相差越大,则鼓肚的情况改善越明显,因为材料的流动速度随着温度升高而变快,并且材料的变形抗力也因为模具向坯料不断传热而降低。但是也要将工艺控制温度在适当的范围内,否则会出现双鼓肚的情况。最终模拟所得合理模具温度为439°C,模具与坯料的温差59°C。

[0034] 表2二分法多组模拟结果数据处理

	模具温度/°C	坯料温度/°C	鼓肚半径/mm		端面半径/mm	K_D
等温镦粗	380	380	322		299	0.08
普通镦粗	100	380	328		280	0.17
	100 恒定	380	329		276	0.19
高温模具	430	380	317		309	0.03
镦粗 (模具 边界温度 均恒定)	436	380	316		310	0.02
	439	380	315		311	0.01
	出现镦粗双鼓肚		半高	端面	最大	
	442.5	380	315	311	316	—
	455	380	312	315	318	—
	480	380	307	322	323	—

[0035] 二、实验采用图4所示2024铝合金棒料,原始坯料尺寸直径为69mm,高为103.5mm,共四件,高径比1.5。实验最高模具温度取450°C。实验取坯料温度均为370°C,然后模具温度

从210℃到450℃之间,温度差距间隔相等为80℃,取四个温度,进行4组以温度为单一变量的对比实验。压下量:50%,即压至51.75mm。变形速率:1mm/s,摩擦条件:无润滑。

[0037] 三、锻粗后得到图5所示锻件,待其冷却至室温后测量各组锻件尺寸,分别测量各组锻件上下两个端面的直径,鼓肚处最大直径以及件的高度。计算锻粗比: K_H 为坯料高与压下量的比值,鼓肚程度 K_D ,结果见表3。从结果可以看出,四组实验方案铝合金坯料锻粗后锻件都没有出现侧面开裂等缺陷,锻粗结果均较好。结果表明,高温模具锻粗的锻件鼓肚程度都要更小。经记录的数据处理之后,由引入的 K_D 量对比来看,第4组实验方案即高温模具实验组 K_D 更小,即鼓肚的程度是最小的。且在四组实验方案中,随着模具温度的升高, K_D 量在不断的减小,鼓肚程度也在不断减小。

[0038] 表3锻粗实验数据

	普通热锻 (模具温度 210℃,坯料 温度370℃)	普通热锻 (模具温度 290℃,坯料 温度370℃)	等温(模具 和坯料温度 均为370℃)	高温(模具 温度450℃, 坯料温度 370℃)
上端面直径 D_D /mm	87.192	87.756	87.424	87.212
[0039] 鼓肚处直径 D_G /mm	104.736	103.696	102.536	99.924
下端面直径 D_D /mm	85.632	87.032	87.788	87.864
高 h /mm	50.922	52.28	52.17	54.34
上下端面平均直径 D_D /mm	86.412	87.394	87.606	87.538
K_H	1.97	2.02	2.02	2.11
K_D	0.212	0.187	0.170	0.142

[0040] 四、使用Deform软件进行大高径比锻粗可行性研究。建立有限元模型,坯料为棒料,直径为100mm固定不变,改变坯料的高度从250mm以10mm递增,压下量固定为50%,高温锻粗时模具温度为480℃,坯料温度为380℃,等温锻粗时模具温度为380℃,坯料温度为380℃,每种规格坯料均进行等温锻粗和高温锻粗模拟。当锻粗高径比达到3.7时,如图6所示,右侧图显示高温锻粗产生双鼓肚,左侧图显示等温锻粗产生鼓肚,按照步骤一中的二分法寻找不产生鼓肚的合理模具温度,多组实验结果见图7,分别显示模具温度为380℃、405℃、430℃和480℃时的二分法模具温度模拟结果。最终确定对于直径为100mm的2024铝合金棒材,采用模具温度为405℃,坯料温度为380℃,50%压下量,可以实现锻粗高径比达3.7而不失稳。

[0041] 本发明已以较佳实施案例揭示如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可以利用上述揭示的结构及技术内容做出些许的更动或修饰为等同变化的等效实施案例,但是凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施案例所做的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属本发明技术方案范围。

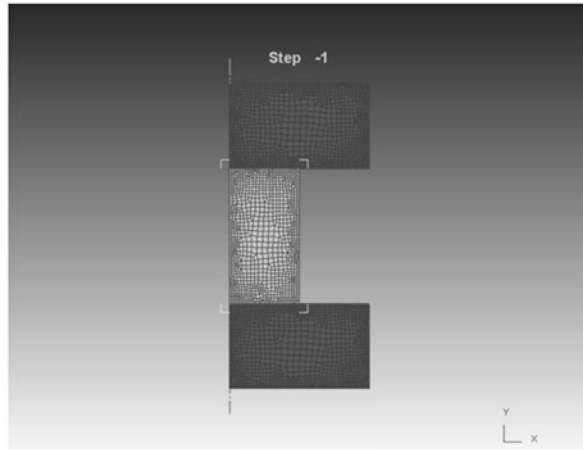


图1

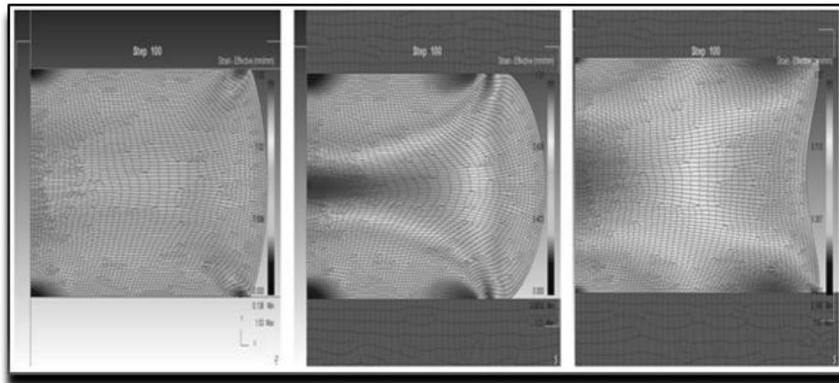


图2

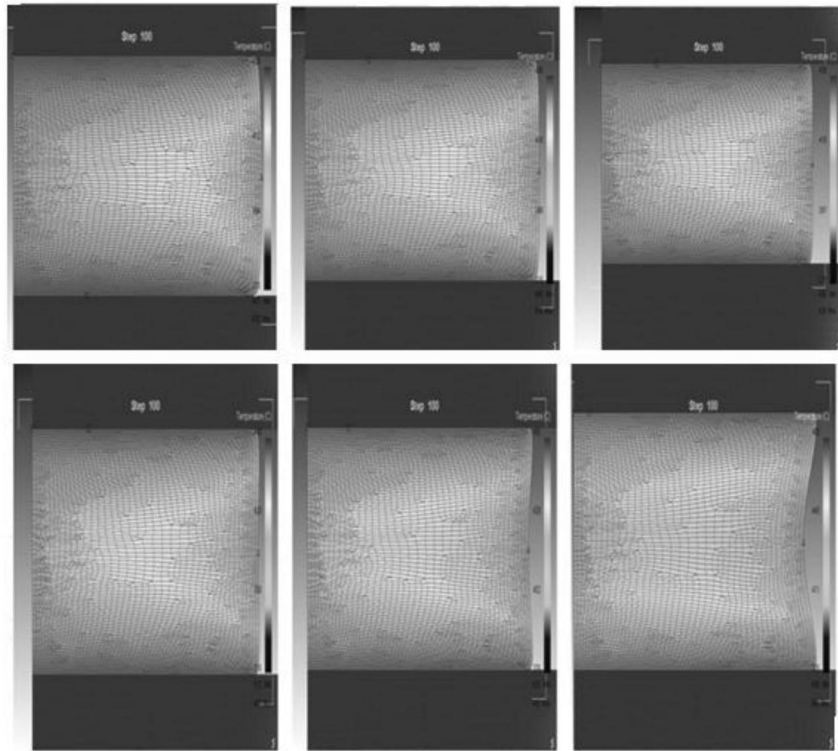


图3



图4

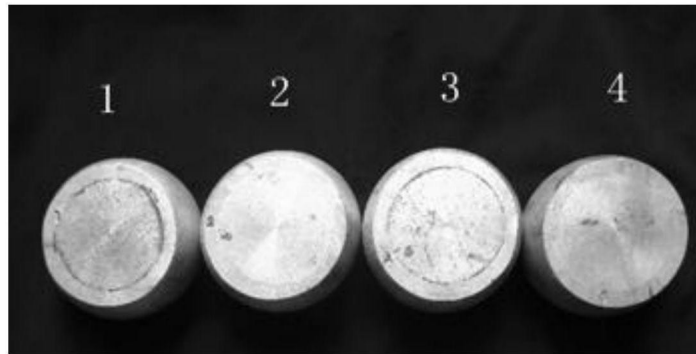


图5



图6



图7