



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111220648 A

(43)申请公布日 2020.06.02

(21)申请号 202010113420.6

(22)申请日 2020.02.24

(71)申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号

(72)发明人 校文超 岳文 康嘉杰

(74)专利代理机构 北京知呱呱知识产权代理有限公司 11577

代理人 孙志一

(51)Int.Cl.

G01N 25/20(2006.01)

G06F 30/23(2020.01)

G06F 30/17(2020.01)

B21C 51/00(2006.01)

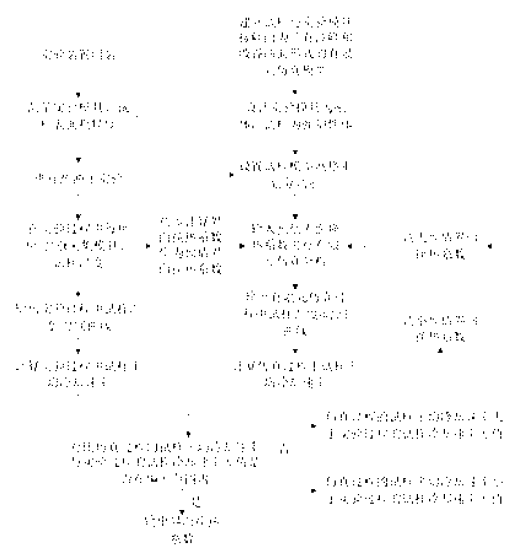
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法

(57)摘要

本发明提供了一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,包括以下步骤:测量实验模具和试样的表面粗糙度;在热冲压实验过程中每间隔单位时间t采集实验模具和试样的温度;输出实验过程中试样温度-时间曲线,并计算预估界面换热系数;根据测得的表面粗糙度建立微观尺度有限元仿真模型;输入预估界面换热系数进行有限元仿真分析;输出有限元仿真过程中所述试样的温度-时间曲线;对比仿真过程的试样温度-时间曲线与实验过程的试样温度-时间曲线是否一致,如果是,将所述预估界面换热系数作为最终结果输出,如果否,修正预估界面换热系数并重新分析。该方法可消除掉表面粗糙度对测量结果的影响,提升热冲压工艺中界面换热系数的测量精度。



CN 111220648 A

1. 一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1: 组装实验装置并测量实验模具和试样的表面粗糙度;

步骤2: 进行热冲压实验,在热冲压实验过程中每间隔单位时间 $t$ 采集所述实验模具和所述试样的温度;

步骤3: 输出实验过程中试样温度-时间曲线,并计算预估界面换热系数;

步骤4: 根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度建立微观尺度有限元仿真模型;

步骤5: 输入预估界面换热系数进行有限元仿真分析;

步骤6: 输出有限元仿真过程中所述试样的温度-时间曲线;

步骤7: 对比仿真过程的试样温度-时间曲线与实验过程的试样温度-时间曲线是否一致,如果是,将所述预估界面换热系数作为最终结果输出,如果否,对所述预估界面换热系数的大小进行修正并返回步骤5。

2. 根据权利要求1所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述步骤4中,根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度建立微观尺度有限元仿真模型的具体方法为:

步骤41: 根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度,将试样及实验模具相接触的表面为具有波峰与波谷的曲面形状;

步骤42: 设计所述实验模具为刚体,在冲压过程中不发生变形;

步骤43: 设计所述试样为弹塑性体,在冲压过程中可发生塑性变形;

步骤44: 采用网格的重划分功能对所述试样的仿真模型进行设置。

3. 根据权利要求2所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述有限元仿真模型为二维截面模型。

4. 根据权利要求2所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述试样及实验模具相接触的表面为具有波峰与波谷的曲面形状,所述曲面形状采用样条曲线绘制。

5. 根据权利要求2所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述试样宽度方向的尺寸为 $100\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求2所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述试样进行网格的重划分功能设置时,网格单边长度不大于 $0.6\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求1所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述步骤2中,所述实验模具和所述试样上水平设置有多个对温度进行采集的热电偶,所述热电偶连接有温度采集模块。

8. 根据权利要求1所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述步骤7中对比仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线是否一致的具体方法为:

步骤71: 计算实验过程中所述试样的平均冷却速率;

步骤72: 计算仿真过程中所述试样的平均冷却速率;

步骤73: 比较仿真过程中所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差是否小于或等于10%,如果是则判定仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线一致,如果否则判定不一致。

9. 根据权利要求1所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述步骤7中对所述预估界面换热系数的大小进行修正的具体方法为:仿真过程中所述试样的平均冷却速率大于实验过程中所述试样的平均冷却速率,则调小预估界面换热系数;仿真过程中所述试样的平均冷却速率小于实验过程中所述试样的平均冷却速率,则调大预估界面换热系数。

10. 根据权利要求1所述的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,其特征在于,所述单位时间 $t$ 的取值为 $0.02s$ 。

## 一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及金属塑性成形领域,尤其涉及一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法。

### 背景技术

[0002] 界面换热系数在铝合金热冲压工艺中是一个十分重要的工艺参数,它反映了模具与试样之间的热交换能力,对有限元模型的仿真结果有十分重要的影响。常规铝合金热冲压工艺界面换热系数实验,采用的方法是:通过热电偶测量冲压过程中模具内部温度和试样温度的变化曲线,通过差值计算的方法计算界面换热系数的理论值。在真实环境中,试样表面粗糙度的大小对界面换热效率的高低存在显著影响;而在有限元模型中,通常不考虑表面粗糙度的影响,因而在有限元仿真中利用实验获得的界面系数进行仿真,往往仿真结果与实验结果存在一定差距。

[0003] 为了进一步提升有限元仿真的准确性,需要提出一种更为合理的测量换热系数的方法,以降低表面粗糙度对换热系数测量的影响。因此,本发明将常规铝合金热冲压工艺界面换热系数实验与有限元仿真相结合,利用表面粗糙度模拟试样的不平整表面在冲压过程中的塑性变形,以更真实地反映铝合金热冲压过程中模具与板料之间界面的变化,从而消除表面粗糙度对测量结果的影响,提升铝合金热冲压工艺中界面换热系数的测量精度。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明旨在提出一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,从而消除表面粗糙度对测量结果的影响。

[0005] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0006] 一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1:组装实验装置并测量实验模具和试样的表面粗糙度;

[0008] 步骤2:进行热冲压实验,在热冲压实验过程中每间隔单位时间 $t$ 采集所述实验模具和所述试样的温度;

[0009] 步骤3:输出实验过程中试样温度-时间曲线,并计算预估界面换热系数;

[0010] 步骤4:根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度建立微观尺度有限元仿真模型;

[0011] 步骤5:输入预估界面换热系数进行有限元仿真分析;

[0012] 步骤6:输出有限元仿真过程中所述试样的温度-时间曲线;

[0013] 步骤7:对比仿真过程的试样温度-时间曲线与实验过程的试样温度-时间曲线是否一致,如果是,将所述预估界面换热系数作为最终结果输出,如果否,对所述预估界面换热系数的大小进行修正并返回步骤5。

[0014] 进一步的,所述步骤4中,根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度建立微观尺度有限元仿真模型的具体方法为:

[0015] 步骤41:根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度,将试样及实验模具相接触的表面为具有波峰与波谷的曲面形状;

[0016] 步骤42:设计所述实验模具为刚体,在冲压过程中不发生变形;

[0017] 步骤43:设计所述试样为弹塑性体,在冲压过程中可发生塑性变形;

[0018] 步骤44:采用网格的重划分功能对所述试样的仿真模型进行设置。

[0019] 进一步的,所述有限元仿真模型为二维截面模型。有限元模型的设计仅需考虑试样垂直轧制方向的截面部分,采用二维截面模型,能够使有限元仿真分析更加简洁,缩短分析时间。

[0020] 进一步的,所述试样及实验模具相接触的表面为具有波峰与波谷的曲面形状,所述曲面形状采用样条曲线绘制。该设置中曲面形状垂直于纸面方向投影后为曲线形状,采用样条曲线绘制使得建模方法简单快捷。

[0021] 进一步的,所述试样宽度方向的尺寸为 $100\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ 。由于表面粗糙度的尺寸在 $\mu\text{m}$ 级别,因此试样和实验模具整体外形的尺寸范围不应过大。

[0022] 进一步的,所述试样进行网格的重划分功能设置时,网格单边长度不大于 $0.6\mu\text{m}$ 。由于一般情况下试样的表面粗糙度 $R_a$ 为 $0.8\mu\text{m}\sim 6.4\mu\text{m}$ ,所以划分的网格尽可能尺寸较小,保证有限元仿真分析的准确度。

[0023] 进一步的,所述步骤2中,所述实验模具和所述试样上水平设置有多个对温度进行采集的热电偶,所述热电偶连接有温度采集模块。

[0024] 进一步的,所述步骤7中对比仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线是否一致的具体方法为:

[0025] 步骤71:计算实验过程中所述试样的平均冷却速率;

[0026] 步骤72:计算仿真过程中所述试样的平均冷却速率;

[0027] 步骤73:比较仿真过程中所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差是否小于等于10%,如果是则判定仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线一致,如果否则判定不一致。

[0028] 进一步的,所述步骤7中对所述预估界面换热系数的大小进行修正的具体方法为:仿真过程中所述试样的平均冷却速率大于实验过程中所述试样的平均冷却速率,则调小预估界面换热系数;仿真过程中所述试样的平均冷却速率小于实验过程中所述试样的平均冷却速率,则调大预估界面换热系数。

[0029] 进一步的,所述单位时间 $t$ 的取值为 $0.02\text{s}$ ,由于冲压过程较短, $t$ 的取值必须保证采集足够多的次数,以保证后续数值计算准确度。

[0030] 本发明所述的一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法具有以下优势:

[0031] (1) 本发明所述的一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,通过在仿真过程中模拟试样表面的粗糙度可被压缩变形,以更真实地反映铝合金热冲压过程中模具与板料之间界面的变化,从而消除表面粗糙度对换热系数测量结果的影响,对于提升铝合金热冲压工艺有限元仿真的准确性具有重要意义;

[0032] (2) 本发明所述的一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,可以应用到其他需要测量界面换热系数的热成形加工工艺。

## 附图说明

[0033] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0034] 图1为本发明实施例所述界面换热系数的测量方法的步骤示意图;

[0035] 图2为本发明实施例所述界面换热系数的测量方法具体流程图;

[0036] 图3为本发明实施例所述的界面换热系数的测量实验装置示意图;

[0037] 图4为本发明实施例所述的实验模具和试样常规模型示意图;

[0038] 图5为本发明实施例所述的实验模具和试样微观尺度模型示意图。

[0039] 附图标记说明:

[0040] 1、上模,2、试样,3、定位销,4、下模,5、第一热电偶,6、第二热电偶,7、第三热电偶,8、第四热电偶,9、第五热电偶。

## 具体实施方式

[0041] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0042] 在本发明中涉及“第一”、“第二”、“上”、“下”等的描述仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”、“上”、“下”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外,各个实施例之间的技术方案可以相互结合,但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础,当实施例之间的技术方案能够实现结合的,均在本发明要求的保护范围之内。

[0043] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0044] 如图1所示,一种铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法,包括以下步骤:

[0045] 步骤1:组装实验装置并测量实验模具和试样的表面粗糙度;

[0046] 步骤2:进行热冲压实验,在热冲压实验过程中每间隔单位时间 $t$ 采集所述实验模具和所述试样的温度;

[0047] 步骤3:输出实验过程中试样温度-时间曲线,并计算预估界面换热系数;

[0048] 步骤4:根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度建立微观尺度有限元仿真模型;

[0049] 步骤5:输入预估界面换热系数进行有限元仿真分析;

[0050] 步骤6:输出有限元仿真过程中所述试样的温度-时间曲线;

[0051] 步骤7:对比仿真过程的试样温度-时间曲线与实验过程的试样温度-时间曲线是否一致,如果是,将所述预估界面换热系数作为最终结果输出,如果不是,对所述预估界面换热系数的大小进行修正并返回步骤5。

[0052] 所述单位时间 $t$ 的取值为大于0的数值,单位为秒,优选的, $t$ 的取值为0.02秒,即每秒采样50次,由于热冲压的过程较短,所述单位时间 $t$ 的取值为较小的值,能够保证尽可能多的采集温度数值,保证整个测量结果的准确性。

[0053] 进一步的,所述步骤2中,所述实验模具和所述试样上水平设置有多个对温度进行采集的热电偶,所述热电偶连接有温度采集模块,热电偶水平设置,能够保证采集温度数值更加准确。

[0054] 优选的,整个实验过程中,所述板料和所述模具的温度采用K型热电偶进行采集,温度采集模块中使用数据采集卡进行记录。

[0055] 进一步的,所述步骤4中,根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度建立热冲压微观尺度有限元仿真模型的具体方法为:

[0056] 步骤41:根据所述实验模具和所述试样的表面粗糙度,将试样及实验模具相接触的表面为具有波峰与波谷的曲面形状;

[0057] 步骤42:设计所述实验模具为刚体,在冲压过程中不发生变形;

[0058] 步骤43:设计所述试样为弹塑性体,在冲压过程中可发生塑性变形;

[0059] 步骤44:采用网格的重划分功能对所述试样的仿真模型进行设置。

[0060] 为考虑表面粗糙度的影响,这里的有限元分析不再像图4中常规模型那样,将实验模具和试样的接触面设计成平面,而是设计成实验模具和试样拥有波峰与波谷的曲面,如图5所示,以模拟微观尺度下的表面粗糙度。

[0061] 优选的,热冲压实验所用试样均为轧制板材,轧制板材延轧制方向有明显纹路,而纹路引入的粗糙度占试样粗糙度的主要部分。因此,有限元模型的设计仅需考虑试样垂直轧制方向的截面部分,使用二维截面模型进行仿真分析。

[0062] 更优选的,使用CAD软件设计实验模具与试样的形状,表面粗糙度的形状采用样条曲线绘制。例如当试样表面粗糙度为 $Ra = 1.6\mu\text{m}$ 时,先绘制试样的上表面为平面,然后将上表面向上下分别偏移 $0.8\mu\text{m}$ ,使用样条曲线依次点击上下偏移线,最终生成试样的表面粗糙度形状,同理绘制实验模具的表面粗糙度形状。

[0063] 更优选的,考虑到接触换热中上模、下模的对称性,在有限元仿真过程中只对上模与试样上表面的接触进行模拟,并且试样模型的厚度为实际厚度的一半。

[0064] 值得说明的是,由于表面粗糙度的尺寸在 $\mu\text{m}$ 级别,因此试样和实验模具整体外形的尺寸范围不应过大,所述试样宽度方向的尺寸为 $100\mu\text{m} \sim 2000\mu\text{m}$ ,当试样表面粗糙度为 $Ra = 1.6\mu\text{m}$ 时,可考虑试样宽度 $500 \sim 1000\mu\text{m}$ ,优选为 $800\mu\text{m}$ ,便于网格划分与计算。将绘制好的CAD模型导入有限元模型中,设置相应模型参数,与常规分析方法类似。不同之处在于,由于考虑表面粗糙度效应,试样表面波峰在与实验模具接触过程中会产生变形,需要在模型设置中引入试样网格的重划分功能,以使得网格适应接触过程中的大变形。同时,需要尽可能细化网格尺寸,网格单边长度不大于 $0.6\mu\text{m}$ ,当 $Ra = 1.6\mu\text{m}$ 时,可考虑设置网格单边长度不超过 $0.16\mu\text{m}$ ,优选 $0.16\mu\text{m}$ ,便于分析计算。

[0065] 在真实实验中,在冲压过程中粗糙度的尖峰可能会被压平,导致界面换热系数发生变化,因此仿真模型模拟试样表面的粗糙度,使得粗糙度的尖峰可被压缩变形,以更真实地反映铝合金热冲压过程中模具与板料之间界面的变化,从而消除表面粗糙度对换热系数测量结果的影响。

[0066] 进一步的,所述步骤5中,所述预估界面换热系数通过所述实验模具和所述试样的温度计算得出。

[0067] 预估界面换热系数的计算可采用公式:

$$[0068] \quad h_w = C_b \rho_b V / S \cdot (dT_b / dt) / (T_b - T_0)$$

[0069] 式中, $h_w$ 是换热系数,单位 $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , $C_b$ 和 $\rho_b$ 分别是试样材料的比热容和密度, $V$ 是试样体积, $S$ 是试样和实验模具的接触面积, $dT_b / dt$ 是试样的冷却速度, $T_b$ 与 $T_d$ 分别表示试样

与实验模具的表面温度,  $T_b$ 与 $T_d$ 的值根据采集的试样与实验模具的内部温度换算得出, 该计算方法为现有技术, 此处不再进行赘述。

[0070] 进一步的, 所述步骤7中对比仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线是否一致的具体方法为:

[0071] 步骤71: 计算实验过程中所述试样的平均冷却速率;

[0072] 步骤72: 计算仿真过程中所述试样的平均冷却速率;

[0073] 步骤73: 比较仿真过程中所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差是否小于等于10%, 如果是则判定仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线一致, 如果否则判定不一致。

[0074] 设定第一个单位时间 $t$ 时刻实验过程中所述试样温度为 $T_1$ , 第二个单位时间 $2t$ 时刻所述试样温度为 $T_2$ , 第 $n$ 个单位时间 $t*n$ 时刻所述试样温度为 $T_n$ , 其中 $n$ 为大于0的整数, 则

实验过程中所述试样的平均冷却速率  $V_{实} = \sum_{n=1}^n (T_n - T_{n-1}) / n * t$ ;

[0075] 设定第一个单位时间 $t$ 时刻仿真过程中所述试样温度为 $T_1'$ , 第二个单位时间 $2t$ 时刻所述试样温度为 $T_2'$ , 第 $n$ 个单位时间 $t*n$ 时刻所述试样温度为 $T_n'$ , 则实验过程中所述试样的

的平均冷却速率  $V_{仿} = \sum_{n=1}^n (T_n' - T_{n-1}') / n * t$ ;

[0076] 所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差为 $P$ , 其中 $P = |V_{仿} - V_{实}| / V_{实}$ ,  $P$ 的取值为小于或等于10%。

[0077] 进一步的, 所述步骤7中对所述预估界面换热系数的大小进行修正的具体方法为: 仿真过程中所述试样的平均冷却速率大于实验过程中所述试样的平均冷却速率, 则调小预估界面换热系数; 仿真过程中所述试样的平均冷却速率小于实验过程中所述试样的平均冷却速率, 则调大预估界面换热系数。

[0078] 如图3所示, 为实验装置的结构示意图, 实验装置包括上模1、试样2、定位销3、下模4、第一热电偶5、第二热电偶6、第三热电偶7、第四热电偶8、第五热电偶9, 试样2安装在下模4上, 定位销3安装在下模4上的边缘, 定位销3设置有多个, 对试样2进行定位, 上模1能够向下移动, 对试样2进行热冲压, 优选的, 上模1和下模4与试样2接触的表面为平面, 结构简单, 便于进行热冲压实验, 节约实验成本, 在上模1上加工两个直径1mm的孔, 孔的中心线与上模1与试样2接触的表面平行, 分别距模具表面1mm和2mm, 孔的深度为上模1的圆柱外表面至轴对称线处, 第一热电偶5和第二热电偶6直径均为1mm, 分别设置在两个孔内, 热电偶的端部抵接在孔的底部; 在下模4上加工两个直径1mm的孔, 孔的中心线与上模1与试样2接触的表面平行, 分别距模具表面1mm和2mm, 孔的深度为下模4的圆柱外表面至轴对称线处, 第四热电偶8和第五热电偶9直径均为1mm, 分别设置在两个孔内, 热电偶的端部抵接在孔的底部; 在试样2的板料厚度的中间位置, 加工直径为1mm的孔, 孔深度为试样2圆柱外表面至轴对称线处, 第三热电偶7插入孔内, 热电偶的端部抵接在孔的底部, 第三热电偶直径为1mm, 第一热电偶5、第二热电偶6分别测量各自所在位置的温度, 并换算成上模1的表面温度, 第三热电偶7测量试样2的温度, 第四热电偶8、第五热电偶9分别测量各自所在位置的温度, 并换算成下模4的表面温度, 由于理论上上模1和下模4表面温度一样, 所以在该处取上模1和下模4的表面温度的平均值, 进一步求取预估界面换热系数。



[0079] 如图2所示,为具体的铝合金热冲压工艺界面换热系数的测量方法流程图,首先对实验装置进行组装,测量实验模具和试样的表面粗糙度,进行热冲压实验,在实验过程中每单位时间 $t$ 采集模具和试样的温度,输出实验过程中试样的温度-时间曲线,同时根据采集模具和试样的温度值计算预估界面换热系数,根据实验过程中试样的温度-时间曲线计算实验过程中的试样平均冷却速率;其次根据实验模具和试样的表面粗糙度建立微观尺度的有限元仿真模型,设计实验模具为刚体,试样为弹塑性体,采用随机有限元模型模拟实验模具和试样的表面粗糙度分布,输入预估界面换热系数进行有限元仿真分析,输出有限元仿真过程中的试样的温度-时间曲线,根据其计算仿真过程中的试样平均冷却速率;比较仿真过程中所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差是否小于或等于10%,如果是则判定仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线一致,则以预估界面换热系数为最终的界面换热系数输出,如果仿真过程中所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差大于10%,则判定仿真过程中所述试样的温度-时间曲线与实验过程中所述试样的温度-时间曲线不一致,进一步判断,若仿真过程中所述试样的平均冷却速率大于实验过程中所述试样的平均冷却速率,则调小预估界面换热系数,重新进行有限元仿真分析,若仿真过程中所述试样的平均冷却速率小于实验过程中所述试样的平均冷却速率,则调大预估界面换热系数,重新进行有限元仿真分析,直至仿真过程中所述试样的平均冷却速率与实验过程中所述试样的平均冷却速率偏差小于或等于10%为止。

[0080] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

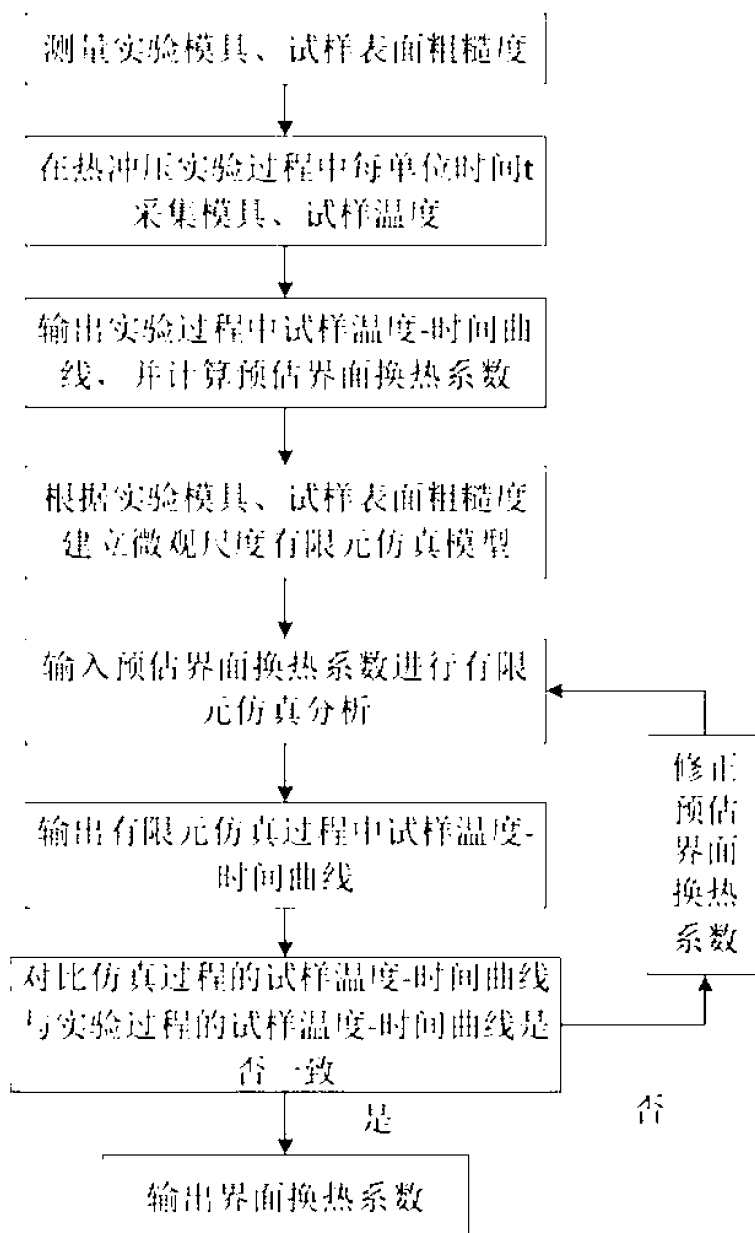


图1

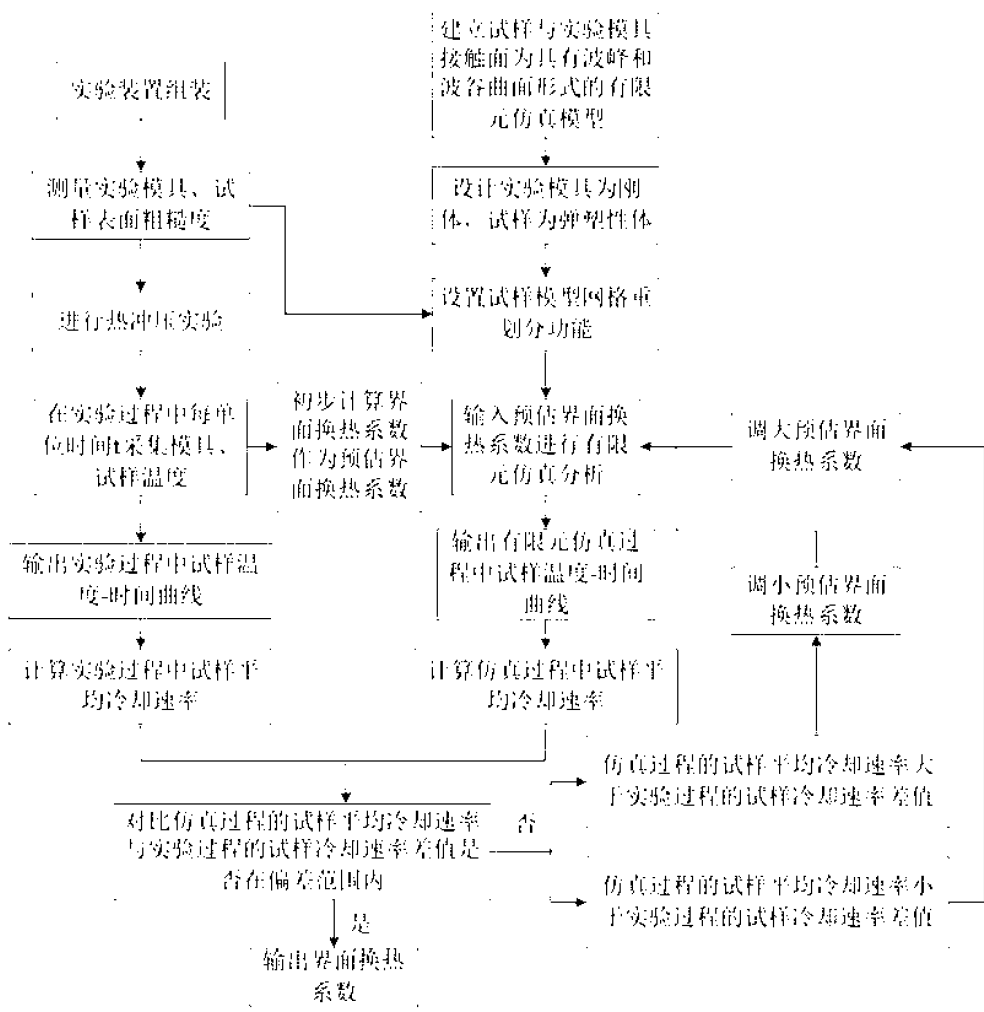


图2

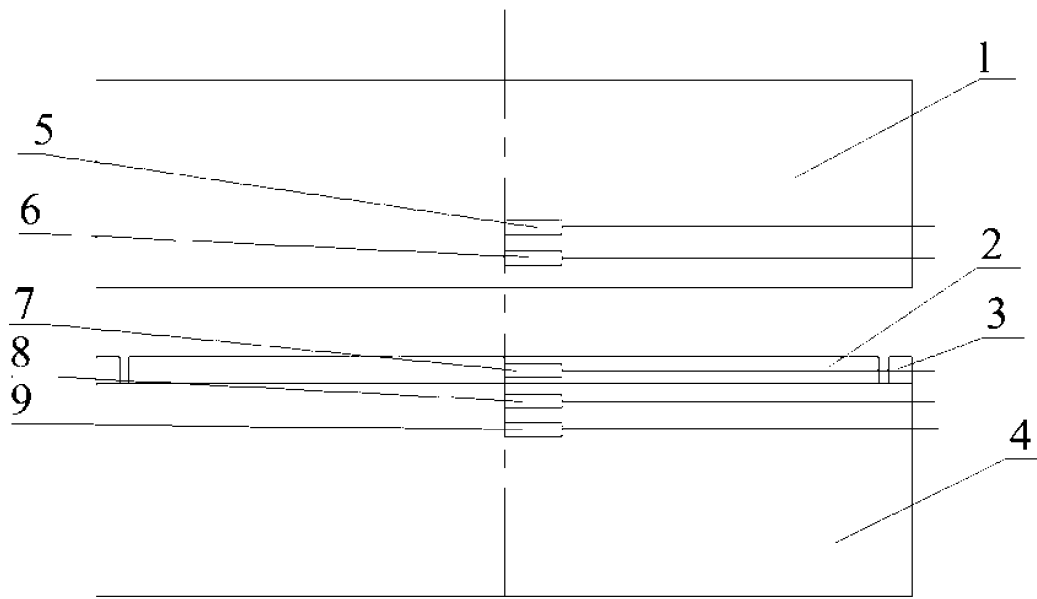


图3

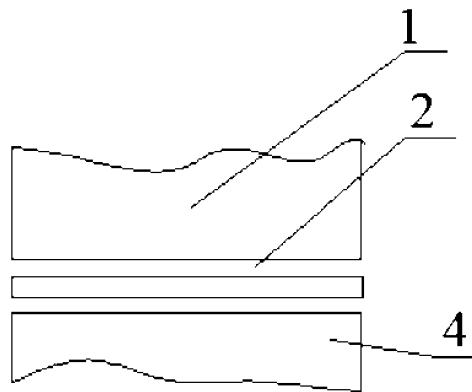


图4

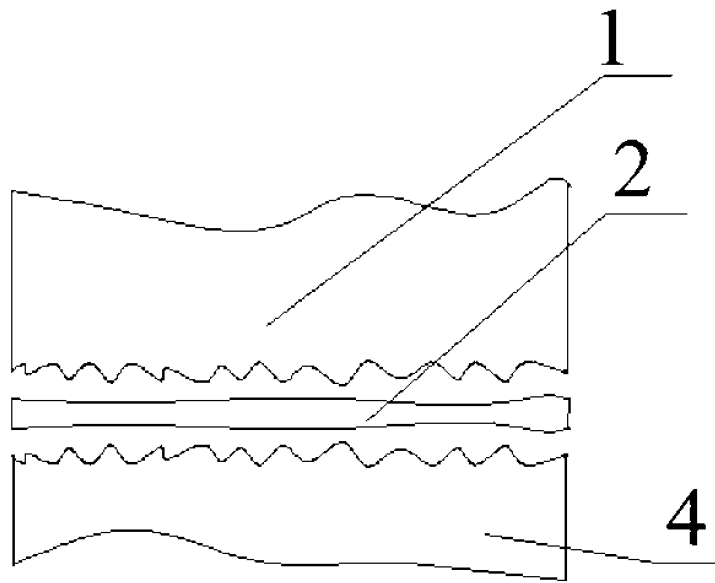


图5