



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107832535 A

(43)申请公布日 2018.03.23

(21)申请号 201711138384.3

(22)申请日 2017.11.16

(71)申请人 东北大学

地址 110169 辽宁省沈阳市浑南区创新路
195号

(72)发明人 何纯玉 矫志杰 武晓刚 肖畅
丁敬国 王君

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任
公司 21212

代理人 王丹 李洪福

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

G06N 3/08(2006.01)

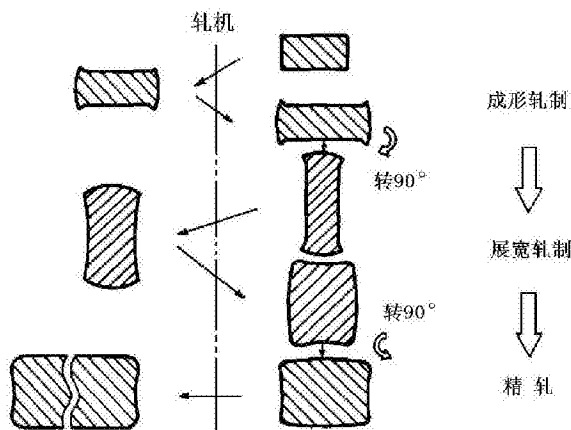
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种中厚板平面形状智能预测的方法

(57)摘要

本申请一种中厚板平面形状智能预测方法，包括如下步骤：建立钢坯轧制过程中的三维有限元显式动力学模型，设定轧制条件，模拟钢坯轧制过程，提取模拟结果轧件边缘处节点坐标；根据所述的边缘处节点坐标拟合生成当前模拟过程对应的金属流动曲线；重复上述过程，获取不同钢坯和对应不同轧制条件轧制过程对应的多条金属流动曲线；选择轧件入口厚度H、宽度W、压下率 ϵ 作为输入参数；选择所述的多条金属流动曲线上的关键点作为人工神经网络的输出，训练所述的人工神经网络；将当前待预测的钢坯参数和轧制条件输入完成训练的人工神经网络，生成预测结果，完成成型预测。



1. 一种中厚板平面形状智能预测方法,其特征包括如下步骤:

—建立钢坯轧制过程中的三维有限元显式动力学模型,设定轧制条件,模拟钢坯轧制过程,提取模拟结果轧件边缘处节点坐标;

—根据所述的边缘处节点坐标拟合生成当前模拟过程对应的金属流动曲线;

—重复上述过程,获取不同钢坯和对应不同轧制条件轧制过程对应的多条金属流动曲线;

—选择轧件入口厚度H、宽度W、压下率 ϵ 作为输入参数;选择所述的多条金属流动曲线上的关键点作为人工神经网络的输出,训练所述的人工神经网络;

—将当前待预测的钢坯参数和轧制条件输入完成训练的人工神经网络,生成预测结果,完成成型预测。

2. 根据权利要求1所述的中厚板平面形状智能预测方法,其特征还在于:对于中厚板横-纵轧制模式下的平面形状预测,将多道次轧制划分为钢坯展宽阶段、纵轧第一道次阶段和纵轧剩余道次轧制阶段;

—展宽阶段,基于所述训练完成的人工神经网络预测每一展宽阶段对应轧制道次侧边形状,生成与道次对应的预测结果;完成全部展宽阶段轧制道次后,叠加每一道次对应的预测子结果,得到展宽阶段最末道次侧边预测结果;

—纵轧第一道次阶段:轧件经展宽轧制后旋转 90° 进行纵向轧制,并将所述的展宽阶段最末道次侧边预测结果作为纵轧第一道次头尾形状的初始值;计算轧机带载压下所遵循的平面形状曲线参数的设定引起的轧件头尾形状变化;

通过所述训练完成的人工神经网络直接预测纵轧第一道次,得到预测的头尾形状变化;

—叠加上述形状变化,得到纵轧第一道次阶段轧件头尾形状预测结果;

—纵轧剩余道次轧制阶段:

—叠加纵向正常延展引起的头尾形状变化,基于人工神经网络预测求得的纵轧道次头尾形状变化,作为最终的头尾形状,即最终预测结果。

3. 根据权利要求2所述的中厚板平面形状智能预测方法,其特征还在于:所述计算轧机带载压下所遵循的平面形状曲线参数的设定引起的轧件头尾形状变化具体过程如下:

—设定轧机带载压下所遵循曲线的控制参数:稳定段长度为 L_1 、带载压下段长度为 L_2 、带载压下量为 Δh 和中心形状补偿量为 d ;钢板宽度为 L ,初始设定出口厚度为 h ;7点平面形状控制点坐标分别为 $(0, h-a+\Delta h)$, $(L_1, h-a+\Delta h)$, $(L_1+L_2, h-a)$,

$$\left(L_1+L_2 - \frac{L-2(L_1+L_2)}{2}, h-a-d \right), (L-L_1-L_2, h-a), (L-L_1, h-a+\Delta h), (L, h-a+\Delta h);$$

对应的厚度 $thk1=h-a-d$, $thk2=h-a$, $thk3=h-a+\Delta h$;

—通过如下公式计算得到平面形状控制下保证轧出长度保持不变的中间变量 a :

$$a = \frac{\Delta h(2L_1+L_2) - \frac{d}{2}(L-2L_1-2L_2)}{L}$$

在不投入平面形状控制时,横轧末道次钢板由厚度 H 轧成厚度 h ;而在投入平面形状控制时,横轧末道次为平面形状控制道次,此时钢板由厚度 H 轧成由7点曲线设定的变厚度形

状,为了保证轧出的长度与未投入平面形状时轧出的长度保持一致,根据体积不变原则和平面形状设定参数,计算得到中间变量a的值。

4.根据权利要求2所述的中厚板平面形状智能预测方法,其特征还在于:所述纵轧剩余道次轧制阶段的计算过程中,入口厚度断面形状假设为矩形断面;假设纵轧过程无宽展,纵向正常延展量根据体积不变原则计算;

按照平面形状设定参数在轧件半宽度方向设置多个跟踪点,对于纵轧每一道次轧制,根据跟踪点位置计算对应正常延伸长度,与神经网络输出的头尾形状叠加,即得到此道次轧制结束的头尾形状。

5.根据权利要求1所述的中厚板平面形状智能预测方法,其特征还在于:采用4次曲线作进行拟合,4次曲线形式如下:

$$y = A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4$$

其中,x为节点归一化横轴坐标,x=节点横轴坐标/1000,对于展宽轧制,横轴方向为轧制方向,对于纵向轧制横轴方向为宽度方向;y为拟合曲线形状输出; A_2 、 A_3 和 A_4 为曲线的拟合参数。

一种中厚板平面形状智能预测的方法

技术领域

[0001] 本发明属于轧制领域,特别涉及一种中厚板平面形状智能预测的方法。主要涉及专利分类号G06计算;推算;计数G06F电数字数据处理G06F17/00特别适用于特定功能的数字计算设备或数据处理设备或数据处理方法G06F17/50计算机辅助设计。

背景技术

[0002] 中厚板在多道次轧制过程中由于三维变形下金属的自由流动会导致最终产品的平面形状偏离矩形,如图1所示,造成了后续剪切过程中切损量的增加,这是影响成材率的重要因素之一。目前常见的控制手段是在成形末道次或展宽末道次通过液压系统进行带载压下平面形状控制,将缺陷部分的体积转换为板坯横截面的厚度的相应变化,以使最终钢板平面形状接近矩形,最大程度的减少钢板头尾和侧边的切损。

[0003] 平面形状的控制精度决定于不同工艺条件下对钢板最终平面形状的预测精度,常见的平面形状预测方法是通过实验模拟,根据实测数据回归得到数学模型。

[0004] 由于回归模型简单,实际生产条件复杂,实验条件下建立的平面形状预测曲线难于适应实际生产,预测精度不高,平面形状在线应用效果无法满足最优成材率控制要求。

发明内容

[0005] 针对传统的平面形状预测模型简单、精度差,难以实现在线高精度计算的问题,本发明提出了一种中厚板平面形状智能预测方法,基于人工神经网络对有限元软件数值模拟结果进行训练,获得轧制过程三维变形的曲线输出,作为金属的流动规律,结合平面形状多点设定参数和轧制过程钢坯的正常延伸,对多道次轧制工艺下钢板的头尾形状进行智能预测,获得高精度平面形状控制的评价参数,主要包括如下步骤

[0006] 一建立钢坯轧制过程中的三维有限元显式动力学模型,设定轧制条件,模拟钢坯轧制过程,提取模拟结果轧件边缘处节点坐标;

[0007] 一根据所述的边缘处节点坐标拟合生成当前模拟过程对应的金属流动曲线;

[0008] 一重复上述过程,获取不同钢坯和对应不同轧制条件轧制过程对应的多条金属流动曲线;

[0009] 一选择轧件入口厚度 H 、宽度 W 、压下率 ε 作为输入参数;选择所述的多条金属流动曲线上的关键点作为人工神经网络的输出,训练所述的人工神经网络;

[0010] 一将当前待预测的钢坯参数和轧制条件输入完成训练的人工神经网络,生成预测结果,完成成型预测。

[0011] 作为优选的实施方式,对于中厚板横-纵轧制模式下的平面形状预测,将多道次轧制划分为钢坯展宽阶段、纵轧第一道次阶段和纵轧剩余道次轧制阶段;

[0012] 一展宽阶段,基于所述训练完成的人工神经网络预测每一展宽阶段对应轧制道次侧边形状,生成与道次对应的预测结果;完成全部展宽阶段轧制道次后,叠加每一道次对应的预测子结果,得到展宽阶段最末道次侧边预测结果;

[0013] 一纵轧第一道次阶段:轧件经展宽轧制后旋转90°进行纵向轧制,并将所述的展宽阶段最末道次侧边预测结果作为纵轧第一道次头尾形状的初始值;计算轧机带载压下所遵循的平面形状曲线参数的设定引起的轧件头尾形状变化;

[0014] 计算轧机带载压下所遵循的平面形状曲线参数的设定引起的轧件头尾形状变化;

[0015] 通过所述训练完成的人工神经网络直接预测纵轧第一道次,得到预测的头尾形状变化;

[0016] 叠加上述形状变化,得到纵轧第一道次阶段轧件头尾形状预测结果;

[0017] 一纵轧剩余道次轧制阶段:

[0018] 叠加纵向正常延展引起的头尾形状变化、基于人工神经网络预测求得的纵轧道次头尾形状变化,作为最终的头尾形状,即最终预测结果。

[0019] 更进一步的,所述计算轧机带载压下所遵循的平面形状曲线参数的设定引起的轧件头尾形状变化具体过程如下:

[0020] 一设定轧机带载压下所遵循曲线的控制参数:稳定段长度为 L_1 、带载压下段长度为 L_2 、带载压下量为 Δh 和中心形状补偿量为 d ;钢板宽度为 L ,初始设定出口厚度为 h ;7点平面形状控制点坐标分别为 $(0, h-a+\Delta h)$, $(L_1, h-a+\Delta h)$, $(L_1+L_2, h-a)$, $(L_1+L_2-\frac{L-2(L_1+L_2)}{2}, h-a-d)$, $(L-L_1-L_2, h-a)$, $(L-L_1, h-a+\Delta h)$, $(L, h-a+\Delta h)$;对应的厚度

$thk1=h-a-d$, $thk2=h-a$, $thk3=h-a+\Delta h$;

[0021] 一通过如下公式计算得到平面形状控制下保证轧出长度保持不变的中间变量 a :

$$[0022] \quad a = \frac{\Delta h(2L_1+L_2) - \frac{d}{2}(L-2L_1-2L_2)}{L}$$

[0023] 在不投入平面形状控制时,横轧末道次钢板由厚度 H 轧成厚度 h ;而在投入平面形状控制时,横轧末道次为平面形状控制道次,此时钢板由厚度 H 轧成由7点曲线设定的变厚度形状,为了保证轧出的长度与未投入平面形状时轧出的长度保持一致,根据体积不变原则和平面形状设定参数,计算得到中间变量 a 的值。

[0024] 更进一步的,所述纵轧剩余道次轧制阶段的计算过程中,入口厚度断面形状假设为矩形断面;

[0025] 假设纵轧过程无宽展,纵向正常延展量根据体积不变原则计算;

[0026] 按照平面形状设定参数在轧件半宽度方向设置多个跟踪点,对于纵轧每一道次轧制,根据跟踪点位置计算对应正常延伸长度,与人工神经网络输出的头尾形状叠加,即得到此道次轧制结束的头尾形状。

[0027] 作为优选的实施方式,采用4次曲线作进行拟合,4次曲线形式如下:

$$[0028] \quad y = A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4$$

[0029] 其中, x 为节点归一化横轴坐标, $x = \text{节点横轴坐标}/1000$,对于展宽轧制,横轴方向为轧制方向,对于纵向轧制横轴方向为宽度方向; y 为拟合曲线形状输出; A_2 、 A_3 和 A_4 为曲线的拟合参数。

附图说明

[0030] 为了更清楚的说明本发明的实施例或现有技术的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1为本发明背景技术中提到的中厚板轧制过程形状变化示意图

[0032] 图2为本发明轧件形状拟合曲线上关键训练点选取示意图

[0033] 图3为本发明人工神经网络结构示意图

[0034] 图4为本发明展宽阶段侧边形状的计算处理过程示意图

[0035] 图5为本发明平面形状对应选取的7点控制曲线示意图

[0036] 图6为本发明轧制过程轧件平面形状预测示意图

[0037] 图7为本发明同宽度轧件的有限元模拟计算结果示意图,其中图7a为压下率20%,入口厚度为50mm的头部形状有限元模拟计算结果示意图;图7b为压下率20%,入口厚度为200mm的头部形状有限元模拟计算结果示意图

[0038] 图8为本发明实施例中神经网络训练10000次时的误差状态示意图

[0039] 图9为本发明实施例中各个纵轧道次轧制过程中头、尾形状的变化示意图,其中图9a为头部变化示意图;图9b为尾部变化示意图

具体实施方式

[0040] 为使本发明的实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚完整的描述:

[0041] 如图1-图9所示:一种中厚板平面形状智能预测方法所采用的技术路线如下:

[0042] 1. 使用有限元软件对单道次轧制过程进行模拟计算

[0043] 建立钢坯轧制过程三维有限元显式动力学模型,

[0044] 设定轧辊为刚体,轧件为变形体,以覆盖生产过程坯料和成品的初始条件,包括轧件厚度、宽度和压下率,在有限元软件中对轧件进行单元划分、设定摩擦条件、施加轧辊和轧件的初始速度等参数后进行模拟,在结果中提取轧件头尾和侧边处的节点坐标作为金属流动的评估计算依据。

[0045] 轧件初始模拟参数如下:

[0046] 展宽阶段轧制模拟初始参数

[0047] ●钢坯宽度:2000mm,2400mm,2800mm,3200mm

[0048] ●钢坯厚度:150mm,200mm,250mm,300mm

[0049] ●压下率:5%,10%,15%,20%

[0050] 纵轧阶段轧制模拟初始参数

[0051] ●钢坯宽度:1500mm,2000mm,2400mm,2850mm,3300mm

[0052] ●钢坯厚度:10mm,50mm,100mm,150mm,200mm,250mm,300mm

[0053] ●压下率:5%,10%,15%,20%,30%

[0054] 2. 建立轧制过程的金属流动拟合曲线

[0055] 为了简化计算,对于展宽轧制,跟踪距离头尾800mm内的侧边金属流动;对于纵向轧制,跟踪轧件的半宽度范围内头尾的金属流动。

[0056] 在有限元软件的模拟结果中获得节点坐标,处理后采用4次曲线进行拟合,4次曲线采用如下形式,方便参数拟合。

$$[0057] \quad y = A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4 \quad (1)$$

[0058] 其中,x为节点归一化横轴坐标,x=节点横轴坐标/1000,对于展宽轧制,横轴方向为轧制方向,对于纵向轧制横轴方向为宽度方向;y为拟合曲线形状输出;A₂、A₃和A₄为曲线的拟合参数。

[0059] 为了能够保证对拟合曲线的人工神经网络训练精度,本发明等间距选取4次拟合曲线上的3个关键点P₁、P₂和P₃的高度h₁、h₂和h₃作为神经网络输出,

[0060] 如图2所示。假设轧件半宽度为w,则3个点横轴坐标的选取分别为:x₁=w/3,x₂=w*2/3,x₃=w,h₁、h₂、h₃为拟合曲线上对应的高度。

[0061] 3.利用神经网络对单道次三维轧制金属流动进行训练

[0062] 选择以轧件入口厚度H、宽度W、压下率ε作为输入参数,以拟合曲线上选择的3个关键点高度h₁、h₂、h₃作为输出参数,对有限元软件三维模拟的多组结果进行训练,得到训练神经网络的最优参数,训练好的神经网络可以计算任意规格轧件单道次轧制过程的金属流动曲线,神经网络的结构如图3所示。

[0063] 训练好的人工神经网络输出的3个关键点的高度h₁、h₂和h₃,带入4次拟合曲线公式(1)可以求得曲线参数A₂、A₃和A₄。

$$[0064] \quad \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1^3 & x_1^4 \\ x_2^2 & x_2^3 & x_2^4 \\ x_3^2 & x_3^3 & x_3^4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$[0065] \quad \text{所以拟合曲线参数为:} \begin{bmatrix} A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1^3 & x_1^4 \\ x_2^2 & x_2^3 & x_2^4 \\ x_3^2 & x_3^3 & x_3^4 \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix}$$

[0066] 4.多道次轧制过程轧件头尾形状叠加预测方法

[0067] (1)展宽阶段形状预测

[0068] 展宽阶段,钢坯需要旋转90度进行轧制,原来钢坯的头尾变为侧边,展宽过程侧边的形状也会发生变化,需要进行跟踪,

[0069] 这一阶段每一道次侧边的形状变化基于人工神经网络预测,最后对展宽阶段每一道次的形状变化进行叠加处理。

[0070] 展宽过程中侧边形状变化主要集中在靠近头尾的部分,本发明选择距离头尾800mm长度作为侧边形状的计算范围,如图4所示。

[0071] 经过多道次叠加计算之后得到展宽末道次侧边的最终形状,作为纵轧初始的头尾形状。

[0072] (2)纵轧第一道次轧制轧件头尾形状预测

[0073] 展宽阶段末道次作为平面形状的控制道次,此道次轧机的液压系统会按照设定曲线进行带载压下,常见的7点设定曲线的控制参数包括:L₁、L₂、Δh和d,平面形状控制示意图如图5所示:

[0074] 图5中,L₁、L₂、Δh和d为平面形状控制参数;L为钢板宽度;h为入口设定厚度;thk1、

thk2和thk3为控制点对应的厚度;a为需要确定的中间变量。

[0075] 在展宽阶段末道次,即平面形状控制道次,为了保证钢板的最终控制宽度,按照体积不变原则确定轧件的入口厚度H参数a之间的关系:

$$[0076] \quad a = \frac{\Delta h(2L_1 + L_2) - \frac{d}{2}(L - 2L_1 - 2L_2)}{L} \quad (3)$$

[0077] 在不投入平面形状控制时,横轧末道次钢板由厚度H轧成厚度h;而在投入平面形状控制时,横轧末道次为平面形状控制道次,此时钢板由厚度H轧成由7点曲线设定的变厚度形状,为了保证轧出的长度与未投入平面形状时轧出的长度保持一致,根据体积不变原则和平面形状设定参数,计算得到中间变量a的值。

[0078] 所以纵轧第一道次的头尾的形状的预测计算包括三部分叠加:

[0079] 展宽阶段侧边的形状变化、平面形状曲线设定引起的头尾形状变化、基于人工神经网络预测求得的纵轧第一道次头尾形状变化。

[0080] (3) 纵轧剩余道次轧件头尾形状预测

[0081] 从纵轧第二道次开始,入口厚度断面形状假设为矩形断面,头尾形状的变化包含以下两部分的叠加:纵向正常延展引起的头尾形状变化、基于人工神经网络预测求得的纵轧道次头尾形状变化。

[0082] 假设纵轧过程无宽展,则纵向正常延展量可根据体积不变原则计算。

[0083] 为了能够对头尾形状进行精确计算,按照平面形状设定参数在轧件半宽度方向设置多个跟踪点,对于纵轧每一道次轧制,根据跟踪点位置计算对应正常延伸长度,与人工神经网络输出的头尾形状叠加,即得到此道次轧制结束的头尾形状。

[0084] 将此道次各跟踪点叠加后的最终延伸长度作为下道次的初始长度,依次循环计算,直至所有道次计算完成,得到最终的头尾形状。按照轧制工艺规程对轧件平面形状预测示意图如图6所示。

[0085] 实施例

[0086] 本实施例对某中厚板轧制工艺规程进行平面形状预测,轧制产品的工艺参数如下:

[0087] ●钢种:Q235

[0088] ●坯料规格:220mm×2000mm×300mm

[0089] ●成品规格:55mm×2200mm

[0090] ●展宽末道次7点平面形状设定参数: $L_1=150\text{mm}$, $L_2=177.57\text{mm}$, $\Delta h=3.1\text{mm}$, $d=1.0\text{mm}$

[0091] 轧制工艺规程及预计算数据如表1所示。

[0092] 表1轧制工艺规程表

[0093]

道次	辊缝/mm	转速/ r/min	状态	轧制力/kN	厚度/mm
1	212.36	26.0	展宽	14400	211.37
2	195.34	26.0	展宽	22451	195.34
3	165.23	26.0	延伸	25415	165.65
4	134.95	26.0	延伸	29954	135.96
5	106.59	26.0	延伸	30998	107.74
6	85.65	26.0	延伸	26190	86.18
7	68.80	26.0	延伸	24516	69.11
8	55.80	26.0	延伸	22748	55.87

[0094] 轧制规程一共8道次,采用横-纵轧制模式,其中前2道次进行展宽轧制,余下的6道次进行纵轧,展宽末道次采用了7点平面形状控制。最终轧件头尾的平面形状的预测考虑3部分影响因素:展宽轧制道次时轧件侧边的形状、平面形状参数设定、纵轧道次轧制时头尾的形状。头尾部形状预测以轧制时在宽向不同位置的延伸作为计算依据,不同的延伸量经过多道次叠加即可得到钢板的头尾最终形状。

[0095] 1.单道次轧制过程有限元三维模拟计算金属流动

[0096] 通过设定覆盖生产过程坯料和成品的初始参数预先进行轧制过程的有限元模拟计算,获得对应不同初始设定条件下的单元节点坐标,作为代表金属流动的规律。图7为分别对应压下率20%,厚度为50mm、100mm的不同宽度轧件的有限元模拟计算结果。

[0097] 2.单道次轧制过程的金属流动曲线拟合

[0098] 为了能够以曲线形式表示头尾形状的变化,基于有限元模拟结果,用4次曲线进行拟合获得曲线参数。对于展宽轧制,仅对靠近头尾800mm长度范围的侧边形状进行拟合;对于纵向轧制,对半宽度范围内的头尾形状进行拟合。有限元模拟计算的其中一组初始参数:入口厚度为100mm,压下率为20%,轧件宽度为2400mm,进行有限元轧制模拟得到的头部拟合曲线为: $y=0.7348x^2+0.0516x^3+9.67823x^4$,对应的3个关键点高度分别为:0.36863、4.4609和21.216;尾部拟合曲线为: $y=0.8206x^2+0.057x^3+10.6x^4$,对应的3个关键点高度分别为:0.406、4.894和23.251。

[0099] 3.神经网络对模拟数据的训练

[0100] 建立神经网络,输入层为3个变量:入口厚度、压下率和轧件宽度;输出层为3个变量,对应金属流动曲线上选择的3个关键点的高度 h_1 、 h_2 和 h_3 ,具体的神经网络参数设置如下:

[0101] ●神经网络结构:3层BP神经网络

[0102] ●输入层单元数3个;隐藏层单元数20个,输出层单元数3个

[0103] ●学习速率 η 取0.4

[0104] ●动量因子 α 取0.3

[0105] 图8为神经网络训练过程误差的收敛情况。对有限元模拟结果进行训练,经过32000次训练,网络输出误差小于 1.0×10^{-6} ,得到了满足精度要求的结果,训练后的神经网络可以对任意规格轧件单道次轧制后的金属流动进行形状预测。

[0106] 4.按照轧制工艺规程对轧件平面形状进行智能预测

[0107] 针对以上工艺中的7点平面形状控制,本发明在半宽度上按照平面形状的设置曲线分为19个形状跟踪点,其中L1长度上划分5份,L2长度上划分5份,剩余部分划分8份。在展宽阶段,将前2道次侧边的输出曲线进行叠加,得到距离头尾800mm的4次曲线参数;考虑展宽阶段末道次实施的平面形状控制,在纵向轧制第一道次预测出口形状时考虑初始侧边形状、平面形状设定引起的正常延伸和神经网络输出的金属自由流动三项影响,并进行叠加;从纵轧第2道次开始,影响轧件平面形状的变化因素只包含每道次压下过程的正常延伸和头尾的金属自由流动两项叠加。

[0108] 通过对宽向19个跟踪点的头尾金属自由流动结果与正常延伸计算值叠加,得到每一道次轧制结束的轧件头尾形状。按照轧制规程反复迭代计算直至最后一道次计算完成,即得到最终的轧件头尾形状,图9为各个纵轧道次轧制过程中头、尾形状的变化。

[0109] 经过多道次叠加计算后,在轧件半宽位置的曲线高度计算结果与实际测量值偏差小于5%,由于在计算过程未考虑轧件的宽展,在靠近轧件边部的形状预测与实际测量有一些差别,但这并不影响对平面形状控制参数的评价。以上开发的智能预测方法可用于生产过程对平面形状的快速预测,对平面形状参数的在线优化提供支撑。

[0110] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

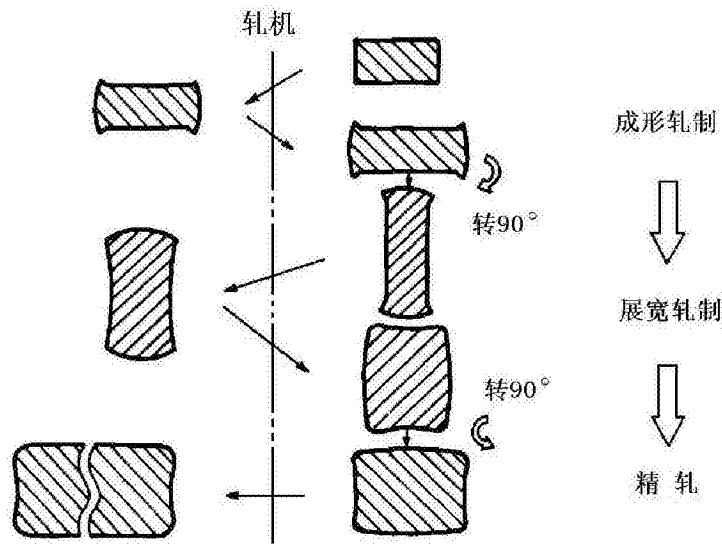


图1

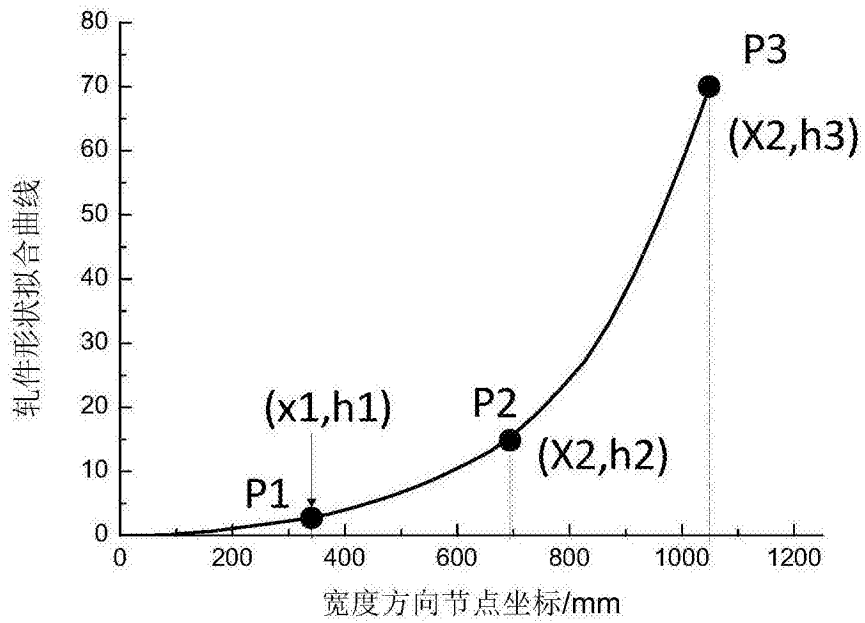


图2

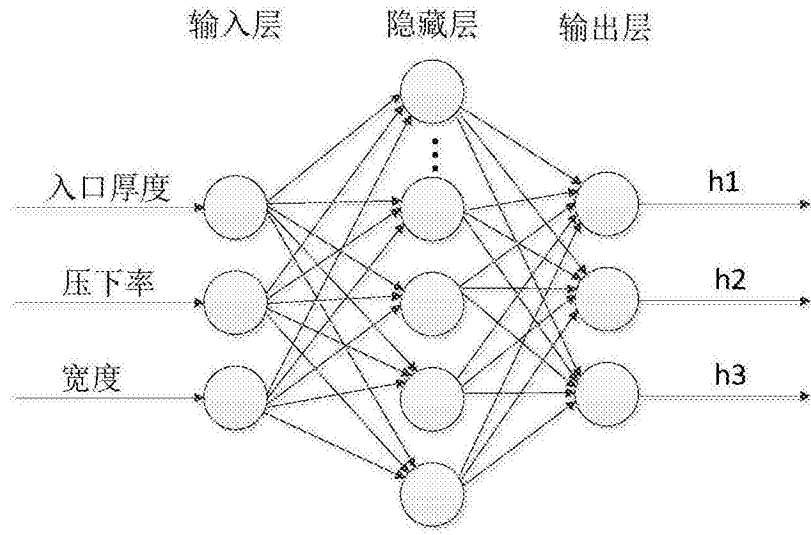


图3

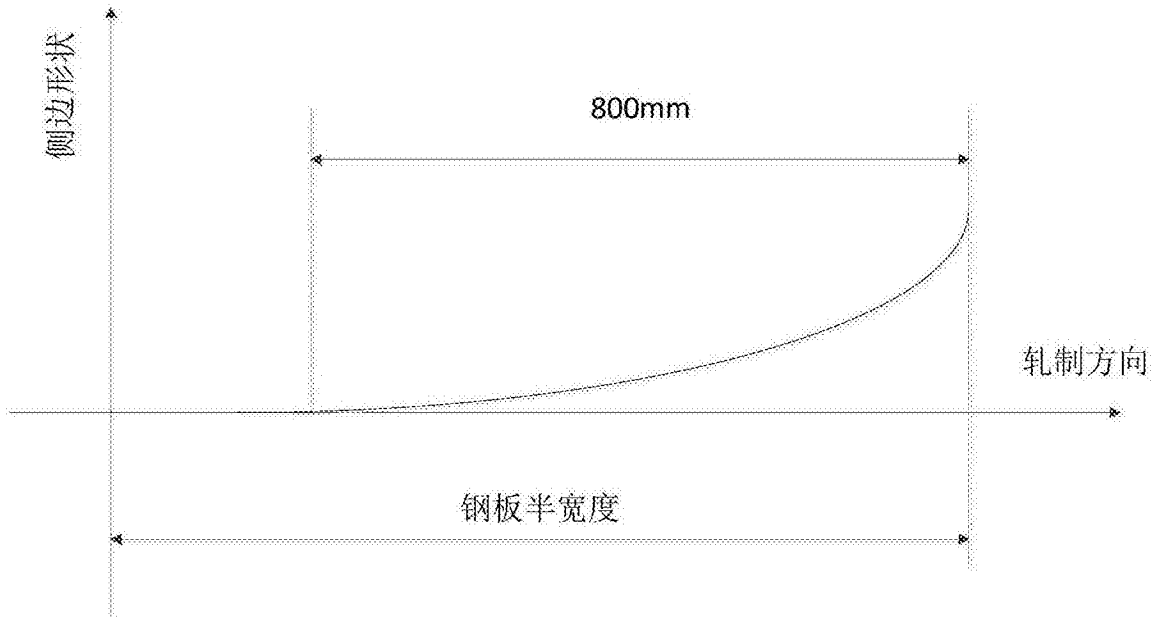


图4

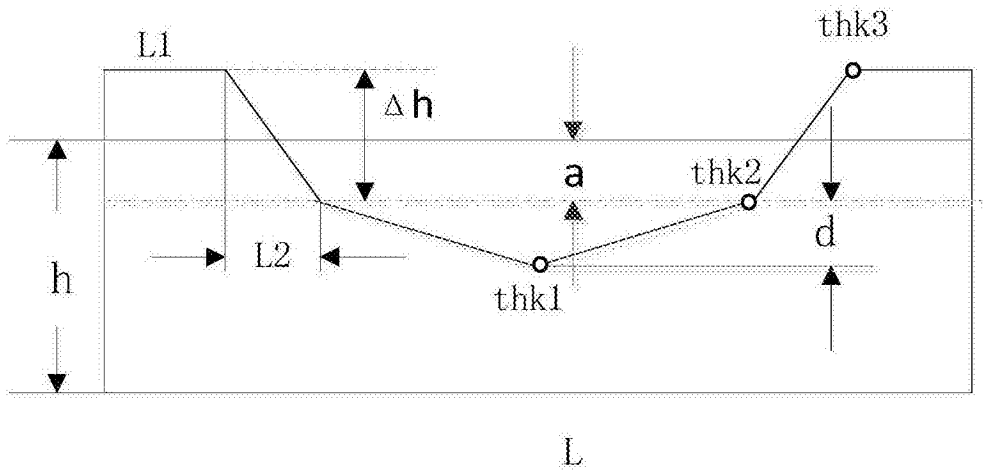


图5

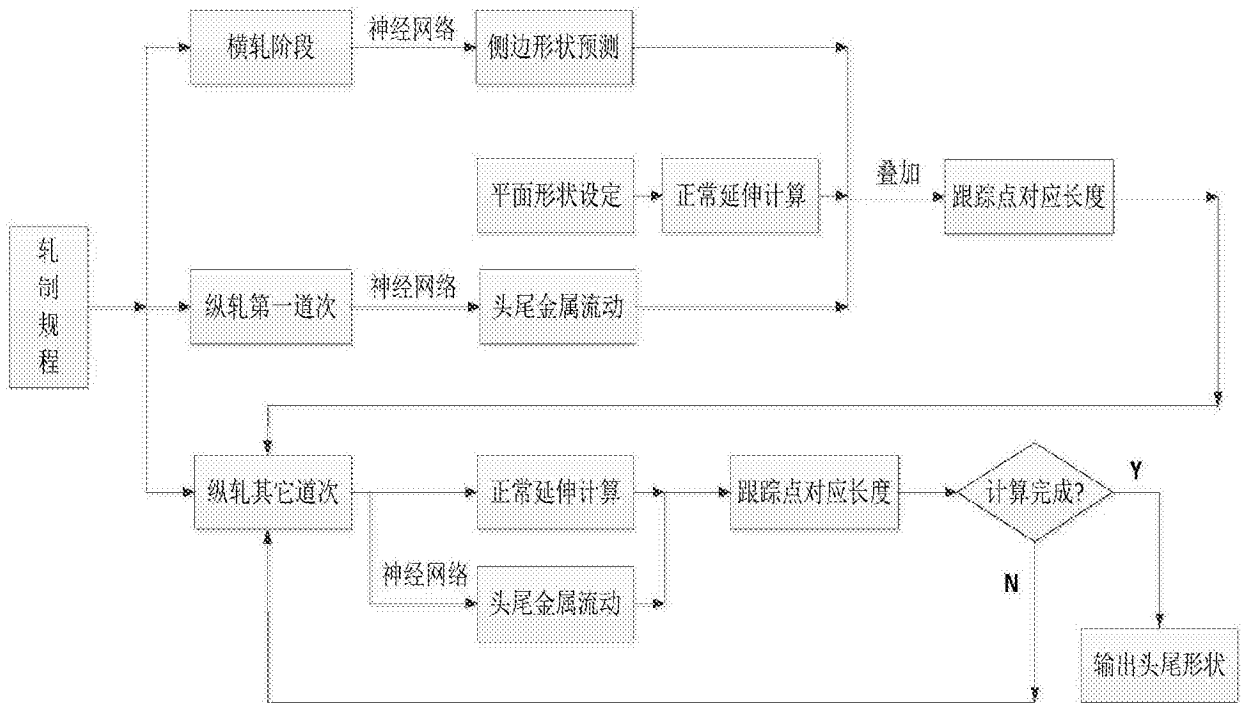


图6

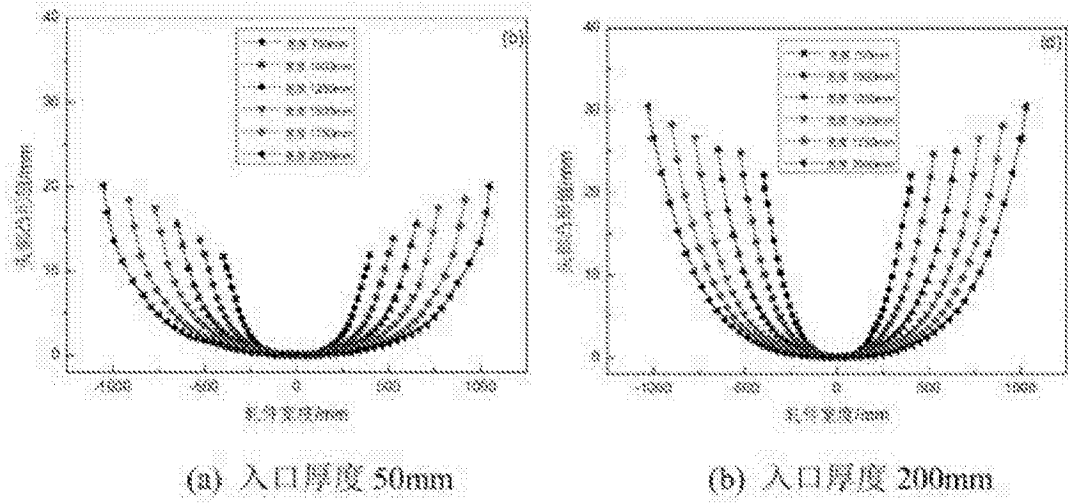


图7

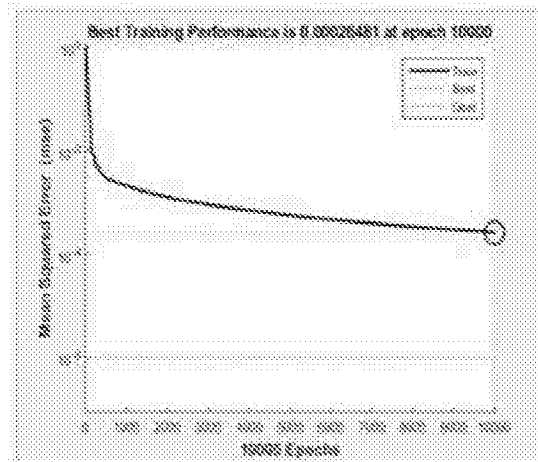


图8

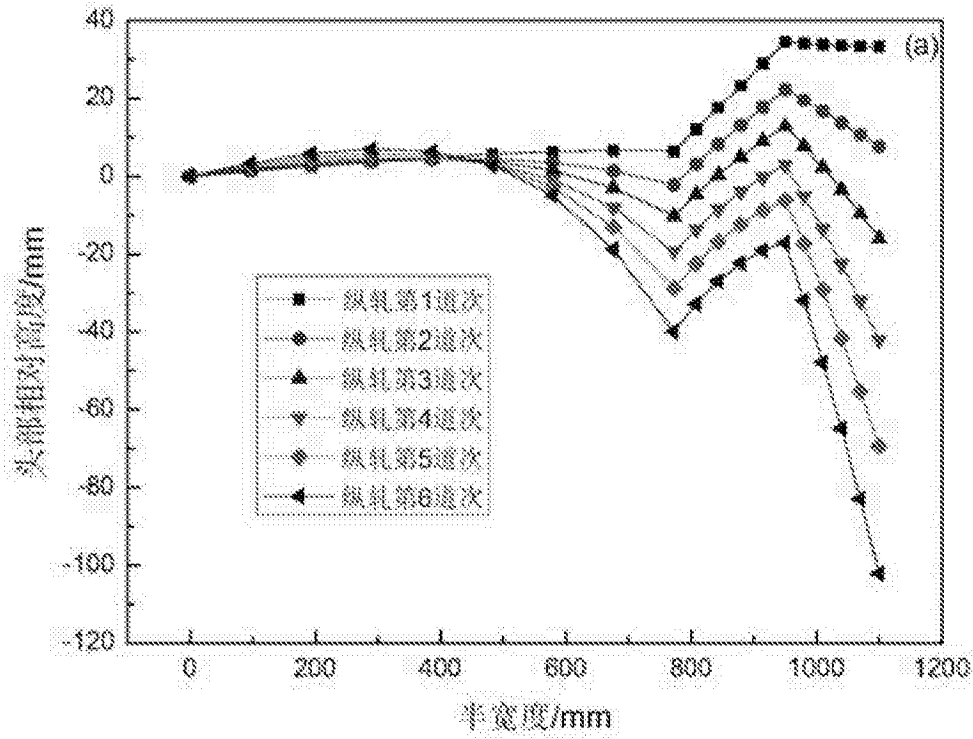


图9a

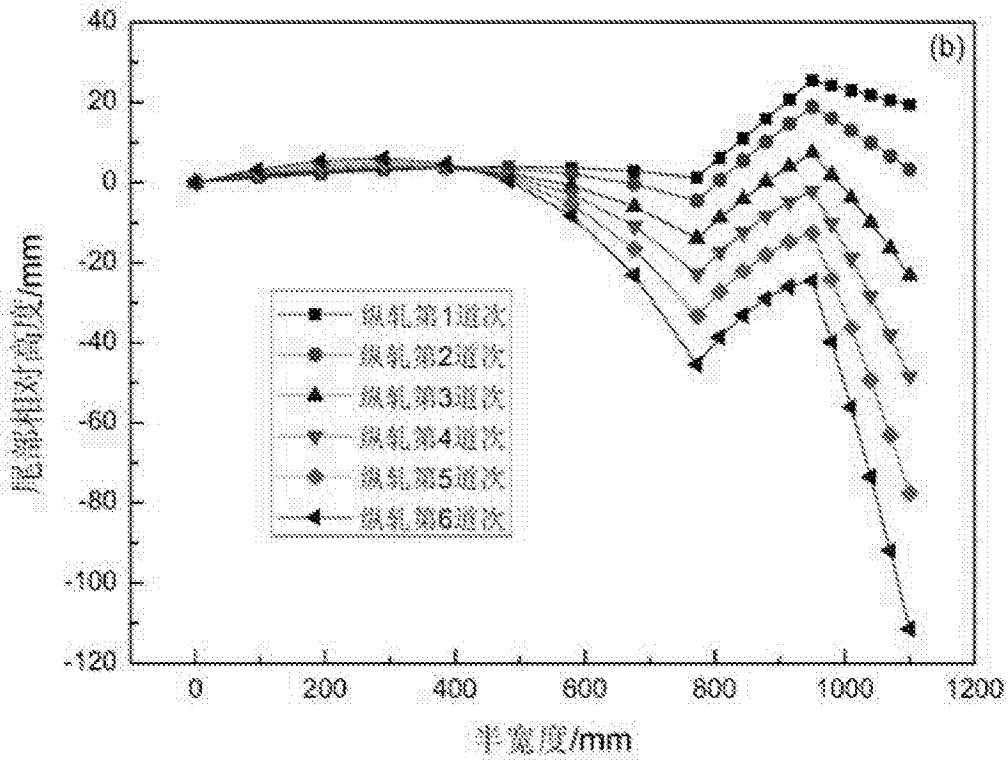


图9b