



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109622905 B

(45)授权公告日 2020.02.21

(21)申请号 201910121075.8

审查员 王海洋

(22)申请日 2019.02.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109622905 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(73)专利权人 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 祭程 朱苗勇 李应焕 关锐

(74)专利代理机构 沈阳优普达知识产权代理事  
务所(特殊普通合伙) 21234

代理人 孙奇

(51)Int.Cl.

B22D 11/12(2006.01)

G06F 30/20(2020.01)

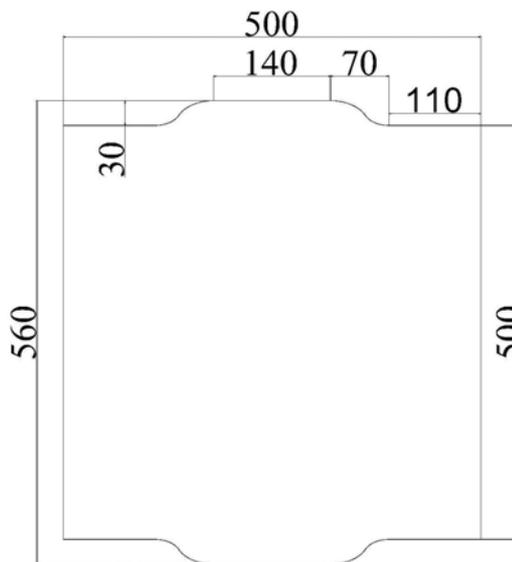
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法

(57)摘要

本发明属于大方坯连铸生产领域,具体涉及一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法。本发明的拉矫机高次多项式凸型辊设计特点为辊身采用分段曲线其中包括边缘区、高次多项式曲线区和平辊区组成,所述的高次多项式曲线区曲线由最高次为3-5次多项式曲线绘制而成,边缘区为与高次多项式曲线区接合的直线,平辊区相对边缘区呈凸出状,是与高次多项式曲线区另一端接合的直线。本发明提供的大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法,能够大幅度提高铸坯中心致密度使铸坯的中心疏松(偏析)能得到有效控制,而且平滑的曲线过渡能够有效避免因过渡区应力集中导致的表面裂纹,增强对铸坯形状的控制能力,同时将过渡区域曲线数据化利于加工制造。



1. 一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法,其特征在于:拉矫机高次多项式曲线凸型辊的辊身采用分段曲线,其中包括边缘区、高次多项式曲线区和平辊区组成;

所述高次多项式曲线区曲线由最高次为3-5次多项式曲线绘制而成;

所述边缘区为与高次多项式曲线区接合的直线,平辊区相对边缘区呈凸出状,是与高次多项式曲线区另一端接合的直线;

分段函数的多项式曲线,其辊型函数如下所示:

$$y(x) = \begin{cases} y_1(x) & s_0 \leq x \leq s_0 + l_{c1} \\ y_2(x) & s_0 + l_{c1} \leq x \leq s_0 + l_{c1} + l_{s1} \\ y_3(x) & s_0 + l_{c1} + l_{s1} \leq x \leq s_0 + l_{c1} + l_{s1} + l_q \\ y_4(x) & s_0 + l_{c1} + l_{s1} + l_q \leq x \leq s_0 + l_{c1} + l_{s1} + l_q + l_{s2} \\ y_5(x) & l - l_{c2} \leq x \leq l \end{cases}$$

式中, $y(x)$ 为所述凸型辊辊身的辊型函数,单位为mm;

$y_1(x)$ 为辊身左侧边缘区常值辊型函数, $y_1(x) = l_{c1}$ 单位为mm;

$y_2(x)$ 为辊身左侧高次多项式曲线区3-5次多项式辊型函数,

$$y_2(x) = A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$$

$$\text{或者 } y_2(x) = A_4x^4 + A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$$

$$\text{或者 } y_2(x) = A_5x^5 + A_4x^4 + A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c \text{ 单位为mm;}$$

$y_3(x)$ 为辊身平辊区常值辊型函数, $y_3(x) = l_q$ 单位为mm;

$y_4(x)$ 为辊身右侧高次多项式曲线区3-5次多项式辊型函数,

$$y_4(x) = B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$$

$$\text{或者 } y_4(x) = B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$$

$$\text{或者 } y_4(x) = B_5x^5 + B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c \text{ 单位为mm;}$$

$y_5(x)$ 为辊身右侧边缘区常值辊型函数, $y_5(x) = l_{c2}$ 单位为mm;

$x$ 为辊身坐标,单位为mm;

$A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 为辊型系数,单位mm;

$B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$ 为辊型系数,单位mm;

$c$ 为截距,单位mm;

$s_0$ 距原点水平偏移量,单位mm;

$l_{c1}$ 左侧边缘区水平长度,单位mm;

$l_{c2}$ 右侧边缘区水平长度,单位mm;

$l_{s1}$ 左侧高次多项式曲线区水平长度,单位mm;

$l_{s2}$ 右侧高次多项式曲线区水平长度,单位mm;

$l_q$ 平辊区水平长度,单位mm;

$l$ 为工作辊辊身长度,单位mm;

通过给定的工作辊辊身长度 $l$ ,左侧边缘区水平长度 $l_{c1}$ ,右侧边缘区水平长度 $l_{c2}$ ,左侧高次多项式曲线区水平长度 $l_{s1}$ ,右侧高次多项式曲线区水平长度 $l_{s2}$ ,平辊区水平长度 $l_q$ 以

及辊径 $D$ 、轴径 $d$ ,对所述凸型辊基本绘制,再根据现场实际工艺要求对所述凸型辊的高次多项式曲线形貌进行具体绘制,将所绘制的曲线进行多项式拟合,根据实际加工要求选取最高次3-5次多项式曲线进一步确定 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $c$ 参数, $s_0$ 距原点水平偏移量根据实际加工要求进行选取;

根据以上各式以及现场加工选取的参数对所述凸型辊型曲线进行确定和加工。

## 一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于大方坯连铸生产领域,具体涉及一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法。

### 背景技术

[0002] 大方坯连铸生产过程中多采用拉矫机铸辊压下完成凝固末端压下工艺,为了施加大压下量,大多数大方坯连铸拉矫机均需要通过提高液压设备能力以提高压坯能力,其改造费用较大。根据大方坯的凝固特点,其液芯为锥形,因此在凝固末端压下过程中,铸坯变形抗力主要集中在两侧坯壳。因此,如果能采用中间凸起的铸坯进行压下,可将辊压下作用力集中于铸坯的中心区域,从而显著提高压下效率。

[0003] 根据这一理念,国内外的研究者提出多种凸型辊设计以、使用方法和相关工艺实施。例如:韩国浦项的学者提出双1/4圆形过渡弧型凸型辊 (ISIJ International, Vol. 52 (2012), No. 7, pp. 1266-1272)。这种结构主要特点是:直径450mm的辊中间300mm区域为凸型起面,其中凸起面与平面之间的半径为40mm的双1/4圆形过渡弧。这种结构能显著提高液芯挤压能力,据报道,改造后的14mm的压下量可以达到改造前30mm压下量的工艺效果。然而,这一设计机构将不可避免的导致双1/4圆形过渡弧位置处的应力集中,从而造成铸坯边角裂纹。

[0004] 专利申请CN107537987A“连铸合金钢大方坯凸型组合及重压下工艺”,针对连铸合金钢大方坯提出了渐变曲率有凸台的凸型辊和恒定曲率无凸台凸型辊,解决连铸坯的心部质量问题;专利申请CN106001475A“连铸合金钢大方坯渐变曲率凸型辊及重压下工艺”,提出了采用渐变曲率凸型装备、重压下工艺生产规格380mm×490mm的高合金钢连铸坯,经其检验低倍表明连铸坯的心部质量得到了显著的提升、质量稳定。

[0005] 上述研究所采用的双圆弧式和渐变曲率式,由于未给出方程式加工困难而且辊列曲线无法得到有效控制,目前凸型辊对铸坯的心部改善情况已是公知然而对与凸型辊的具体设计方法还存在不足。

### 发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供的目的在于本发明提供一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法,在保证工艺稳定实施和连铸坯质量的情况下,对凸型辊进行合理设计有利于加工制造和满足各种压下工艺的实施。

[0007] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0008] 一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法,拉矫机高次多项式曲线凸型辊的辊身采用分段曲线,其中包括边缘区、高次多项式曲线区和平辊区组成;

[0009] 所述高次多项式曲线区曲线由最高次为3-5次多项式曲线绘制而成;

[0010] 所述边缘区为与高次多项式曲线区接合的直线,平辊区相对边缘区呈凸出状,是与高次多项式曲线区另一端接合的直线。

[0011] 如权利要求1所述的一种大方坯连铸拉矫机高次多项式曲线凸型辊设计方法,其优选方案为分段函数的多项式曲线,其辊型函数如下所示:

$$[0012] \quad y(x) = \begin{cases} y_1(x) & s_0 \leq x \leq s_0 + l_{c1} \\ y_2(x) & s_0 + l_{c1} \leq x \leq s_0 + l_{c1} + l_{s1} \\ y_3(x) & s_0 + l_{c1} + l_{s1} \leq x \leq s_0 + l_{c1} + l_{s1} + l_q \\ y_4(x) & s_0 + l_{c1} + l_{s1} + l_q \leq x \leq s_0 + l_{c1} + l_{s1} + l_q + l_{s2} \\ y_5(x) & l - l_{c2} \leq x \leq l \end{cases}$$

[0013] 式中,  $y(x)$  为所述凸型辊辊身的辊型函数,单位为mm;

[0014]  $y_1(x)$  为辊身左侧边缘区常值辊型函数,  $y_1(x) = l_{c1}$  单位为mm;

[0015]  $y_2(x)$  为辊身左侧高次多项式曲线区3-5次多项式辊型函数,

[0016]  $y_2(x) = A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$

[0017] 或者  $y_2(x) = A_4x^4 + A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$

[0018] 或者  $y_2(x) = A_5x^5 + A_4x^4 + A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$  单位为mm;

[0019]  $y_3(x)$  为辊身平辊区常值辊型函数,  $y_3(x) = l_q$  单位为mm;

[0020]  $y_4(x)$  为辊身右侧高次多项式曲线区3-5次多项式辊型函数,

[0021]  $y_4(x) = B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$

[0022] 或者  $y_4(x) = B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$

[0023] 或者  $y_4(x) = B_5x^5 + B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$  单位为mm;

[0024]  $y_5(x)$  为辊身右侧边缘区常值辊型函数,  $y_5(x) = l_{c2}$  单位为mm;

[0025]  $x$  为辊身坐标,单位为mm;

[0026]  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$  为辊型系数,单位mm;

[0027]  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$  为辊型系数,单位mm;

[0028]  $c$  为截距,单位mm;

[0029]  $s_0$  距原点水平偏移量,单位mm;

[0030]  $l_{c1}$  左侧边缘区水平长度,单位mm;

[0031]  $l_{c2}$  右侧边缘区水平长度,单位mm;

[0032]  $l_{s1}$  左侧高次多项式曲线区水平长度,单位mm;

[0033]  $l_{s2}$  右侧高次多项式曲线区水平长度,单位mm;

[0034]  $l_q$  平辊区水平长度,单位mm;

[0035]  $l$  为工作辊辊身长度,单位mm;

[0036] 通过给定的工作辊辊身长度  $l$ , 左侧边缘区水平长度  $l_{c1}$ , 右侧边缘区水平长度  $l_{c2}$ , 左侧高次多项式曲线区水平长度  $l_{s1}$ , 右侧高次多项式曲线区水平长度  $l_{s2}$ , 平辊区水平长度  $l_q$  以及辊径  $D$ 、轴径  $d$ , 对所述凸型辊基本绘制, 再根据现场实际工艺要求对所述凸型辊的高次多项式曲线形貌进行具体绘制, 将所绘制的曲线进行多项式拟合, 根据实际加工要求选取最高次3-6次多项式曲线进一步确定  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$ 、 $c$  等参数,  $s_0$  距原点水平偏移量可根据实际加工要求进行选取;

[0037] 根据以上各式以及现场加工选取的参数可对所述凸型辊辊型曲线进行确定和加

工。

[0038] 本发明的有益效果为:能够大幅度提高铸坯中心致密度使铸坯的中心疏松(偏析)能得到有效控制,而且平滑的曲线过渡能够有效避免因过渡区应力集中导致的表面裂纹,增强对铸坯形状的控制能力,同时将过渡区域曲线数据化利于加工制造。

### 附图说明

[0039] 图1为凸型辊结构图;

[0040] 图2为工作辊辊身左侧高次多项式曲线区;

[0041] 图3为工作辊辊身右侧高次多项式曲线区。

### 具体实施方式

[0042] 以下结合附图对本发明实施例进行进一步详细具体的说明。

[0043] 实施例1

[0044] 如图1所示,辊型设计时,给定工作辊辊身长度 $l=500\text{mm}$ ,左、右侧边缘区水平长度 $l_{c1}=l_{c2}=110\text{mm}$ ,左、右侧高次多项式曲线区水平长度 $l_{s1}=l_{s2}=70\text{mm}$ ,平辊区水平长度 $l_q=140\text{mm}$ 以及辊径 $D=560\text{mm}$ 、轴径 $d=500\text{mm}$ ,距原点水平偏移量 $s_0=0$ ,下一步结合给定参数对高次多项式曲线区域进行绘制。

[0045] 如图2和3所示,提取工作辊高次多项式曲线区辊身外形,对辊型函数进行拟合,得到辊型函数:

$$[0046] \quad y(x) = \begin{cases} 250 & 0 \leq x \leq 110 \\ y_2(x) & 110 \leq x \leq 180 \\ 280 & 180 \leq x \leq 320 \\ y_4(x) & 320 \leq x \leq 390 \\ 250 & 390 \leq x \leq 500 \end{cases}$$

[0047] 其中: $y_2(x) = A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$c$
[0048]	$-0.02622 \pm$	$0.01334 \pm$	$-1.04651\text{E}-4 \pm$	$23.60294 \pm$
[0049]	0.00312	8.66729E-5	6.69444E-7	0.02971

[0050] 或者 $y_2(x) = A_4x^4 + A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$c$	
[0051]	$-0.02622 \pm$ $0.00602$	$0.01334 \pm$ $3.00482E-4$	$-1.04648E-4 \pm$ $5.38633E-6$	$-1.50108E-11$ $\pm 3.14196E-8$	$23.60294 \pm$ $0.03475$	
[0052]	或者 $y_2(x) = A_5x^5 + A_4x^4 + A_3x^3 + A_2x^2 + A_1x + c$					
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$c$
[0053]	$0.00148 \pm$ $2.98654E-4$	$0.0108 \pm$ $2.34283E-5$	$-2.19701E-5 \pm$ $7.20955E-7$	$-1.1077E-6 \pm$ $9.45232E-9$	$5.21263E-9 \pm$ $4.42509E-11$	$23.55494 \pm$ $0.00114$
[0054]	或者 $y_4(x) = B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$					
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$c$		
[0055]	$0.02622 \pm$ $0.00312$	$-0.01334 \pm$ $8.66729E-5$	$1.04651E-4 \pm$ $6.69444E-7$	$53.50847 \pm$ $0.02971$		
[0056]	或者 $y_4(x) = B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$					
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$c$	
[0057]	$0.02622 \pm$	$-0.01334 \pm$	$1.04653E-4 \pm$	$-1.50108E-11$	$53.50846 \pm$	
[0058]	$0.00602$	$3.00482E-4$	$5.38633E-6$	$\pm 3.14196E-8$	$0.03475$	
[0059]	或者 $y_4(x) = B_5x^5 + B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + c$					
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$c$
[0060]	$-0.00148 \pm$ $2.98654E-4$	$-0.0108 \pm$ $2.34283E-5$	$2.19752E-5 \pm$ $7.20955E-7$	$1.10767E-6 \pm$ $9.45232E-9$	$-5.21263E-9 \pm$ $4.42509E-11$	$53.55646 \pm$ $0.00114$

[0061] 以上所述的实施例仅为本发明较佳的具体实施方式,本发明的保护范围不限于此,任何熟悉本领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可显而易见地得到的技术方案的简单变化或等效替换,均属于本发明的保护范围之内。

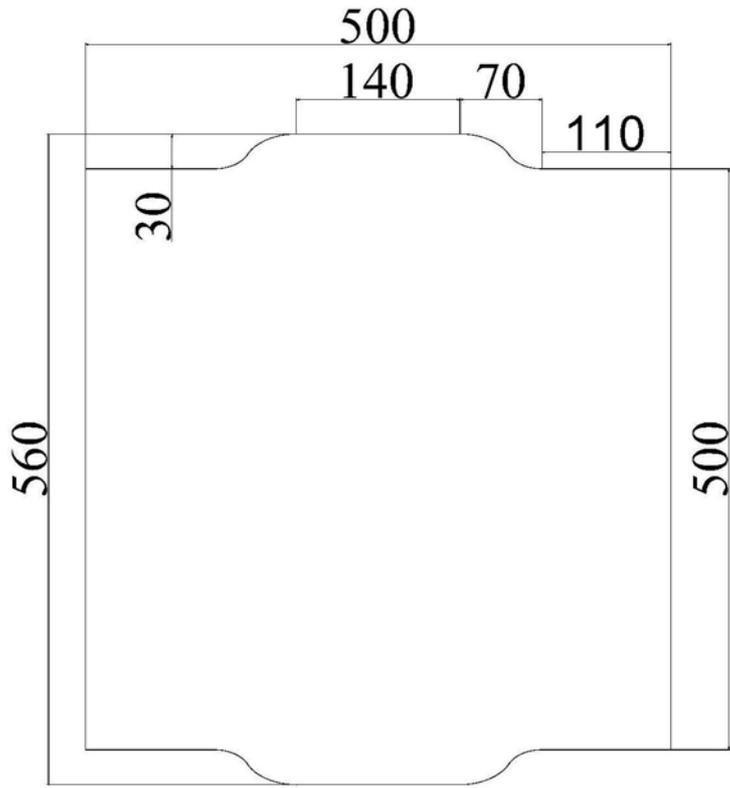


图1

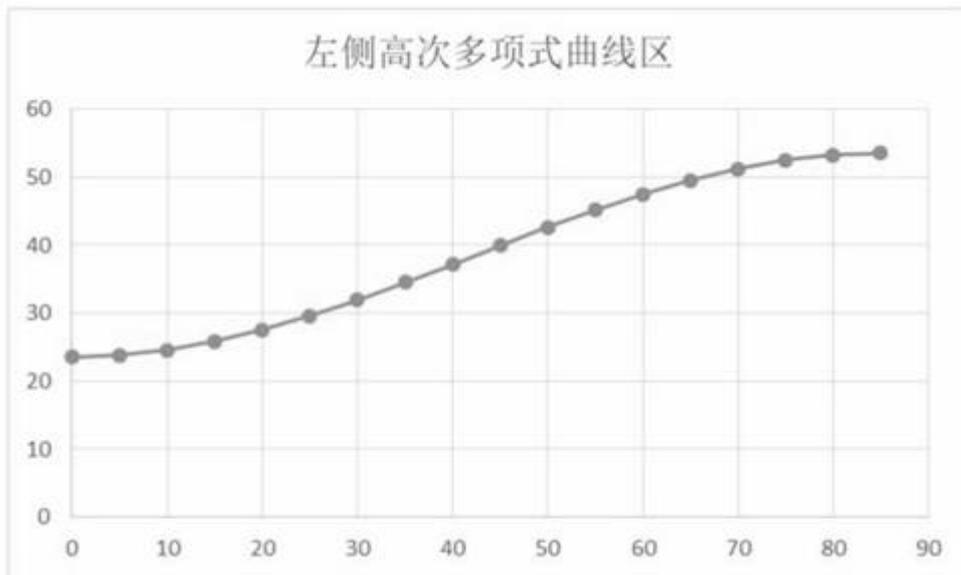


图2

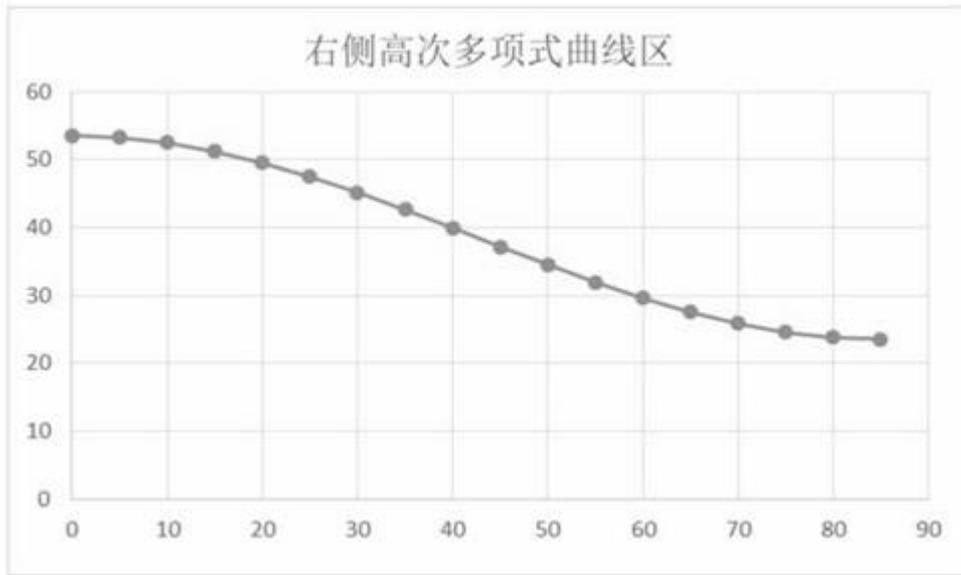


图3