



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108067506 A

(43)申请公布日 2018.05.25

(21)申请号 201611008823.4

(22)申请日 2016.11.16

(71)申请人 上海优控科技有限公司

地址 201203 上海市浦东新区哈雷路866号
304室

(72)发明人 王琦

(51)Int.Cl.

B21B 37/58(2006.01)

B21B 37/74(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

中厚板轧制道次动态变设定控制方法

(57)摘要

本发明名称为中厚板轧制道次动态变设定控制方法,所属领域为黑色金属和有色金属压延控制技术领域。中厚板在轧制指定道次时,本发明采用温度预估计算方法,根据实测轧制压力沿着钢板长度的分布,根据温度影响系数方法,计算出温度延钢板长度方向的分布。在道次轧制完成后,根据温降模型,计算出下一道次轧制时,温度沿着钢板长度方向的分布,采用温度影响系数的方法重新计算延钢板长度方向的动态变设定控制的轧制压力、辊缝、弯辊力,控制下一道次的轧制,达到减少设定误差,提高设定精度的目的。

1. 一种新型的中厚板轧制生产过程动态变设定控制方法,用于热轧中厚板生产领域在线设定控制系统,其特征在于,所述方法包括轧制规程计算模块、道次号及段长选定模块、实际值记录及处理模块、实际轧制力的检测、实际辊缝的检测、轧制压力偏差计算模块、温度偏差计算模块、温度计算模块、新设定计算模块;

所述规程计算模块,是根据实际的设备参数,板坯和成品规格参数,按照一定算法计算出来的道次设定规程;

所述道次号及段长选定模块,是根据轧制规程和轧制出口钢板的长度采用的本方法的起始记录道次和对应各钢板段的段长;

所述实际值记录及处理模块中,实际轧制力的检测,是使用油压传感器或者测压头测量实际轧制力;

所述实际值记录及处理模块中,实际辊缝的检测,是使用位移传感器测量实际辊缝;

所述各段轧制压力偏差计算模块,根据采样的实际轧制压力、辊缝调整引起的轧制压力、设定轧制压力计算出的各段的轧制压力偏差;

所述道次温度偏差计算模块是根据轧制偏差计算和偏微分计算出来沿钢板长度的温度分布;

所述温度计算模块是指经过道次间隙之后,各段钢板的温降;

所述新设定模块是根据新计算出来的温度重新计算各长度段的轧制压力设定、辊缝设定;

所述设定值发送送至执行机构模块是将各长度段对应的设定值发送到执行机构。

2. 根据权利要求1所述的道次动态变设定控制方法,其特征在于:不依赖于温度检测仪表,通过采样段的轧制压力偏差计算出沿钢板长度方向的变形温度分布。

3. 根据权利要求1所述的道次动态变设定控制方法,其特征在于:在选定使用本方法之前的道次(含采用本方法的道次)采用单点设定值,而之后的道次采用多点动态变设定控制。

4. 根据权利要求1所述的道次动态变设定控制方法,其特征在于:多道次采用本方法,其采样的段长度根据压下率可以直接计算得到,前道次的多点动态设定值作为后续道次动态设定的计算基础。

中厚板轧制道次动态变设定控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属热加工板带产品轧制技术领域,涉及一种新型的过程控制道次设定计算方法,尤其是在线计算动态变设定控制,提高生产过程的稳定性和产品的尺寸精度。

背景技术

[0002] 中厚板轧制时,要将厚的板坯轧制成厚度较小的成品板材,由于轧机设备能力的限制,不能够一次性轧制成型,需要多次往复轧制才能获得最终的成品厚度,每轧制一次称为一个道次,每个道次都承担一部分的厚度压下量。在轧制过程中,由于温度的不均匀,往往产生较大的厚度偏差,影响产品的质量。板带材热轧时,温度分布一般是头部和尾部温度较低,中部温度较高,对于较长的钢板(30m以上),该现象特别明显,对不同的钢种和规格,由于加热等原因,中部的温度和头尾温度相比,要高出30~110℃。这给热轧板带的厚度精度控制带来了很大的影响,常使头、尾厚度偏厚,中间厚度偏薄。

[0003] 目前的热轧板带材都采用了计算机控制系统对整个轧制过程进行控制,对轧制过程进行高精度设定获取高精度的产品质量。各道次设定的主要物理量包括轧制力、轧辊辊缝、弯辊力、轧制力矩、轧机速度、冷却水量等,其中最为重要的就是轧制力和轧辊辊缝的设定。一般情况下,计算机控制系统根据生产的板材品种、规格和坯料的规格,在轧钢前,先给出轧制道次总数以及各道次的主要物理量的预设定值。预设定的物理量的数值在生产过程中,根据轧制的实际情况对预设定各物理量的数值进行动态修正,以获得较好的控制效果。

[0004] 热轧板带材轧制生产时,由于生产的品种、规格、加热制度等变化,温度沿钢板长度方向波动大,而且温度往往无法准确测量。目前多数轧机各道次设定仍采用单点设定的方法(即在各道次轧制时,只采用多个固定不变的设定值,如固定不变的设定轧制压力、设定辊缝、弯辊力等,即同一道次的设定值保持不变),即便有道次设定采用头、中、尾三段设定的产线,由于温度误差等原因精度难以满足生产的需求,很多生产线目前还只能采用头部单点设定的方法来控制全长的钢板,这给最终的产品厚度精度带来了不良影响,特别是针对长钢板和中厚板炉卷轧机的卷轧道次。

[0005] 常规的道次内变设定,由于难以精确地描述真实情况下的沿钢板长度方向的温度分布,很难获得高精度的变设定,因此,国内不少轧线设计的3点设定基本上没有投用。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是:提出了一种新的方法,建立了动态变设定计算模型,利用前面道次的轧制信息,精确地计算出沿钢板长度方向的温度分布,解决了头、中、尾温度偏差问题,实现了全钢板长度方向的道次动态变设定控制。该方法特别在轧制道次钢板较长的情况下效果更为突出。

[0007] 中厚板轧制一般采用多道次往复轧制成形。生产过程中,可以利用前面道次轧制时的信息,对后面道次进行修正。钢板的温度分布一般呈头、尾低,中间高的趋势。对于轧制过的道次,可以根据头尾的长度、以及中部的长度记录相应的轧制信息,并对这些信息进行

处理,将处理后的这些信息应用到后续道次进行修正,就可以达到提高后续道次设定精度的目的。

[0008] 在某道次如i道次(非最后道次)轧制时,将钢板沿长度方向进行划分,每隔固定长度段取一个点,并计算在此固定长度段范围内所获取的轧制压力平均值作为对应点的轧制压力数值,同时记录在此固定长度段内的辊缝平均值作为对应点的辊缝值。随着钢板轧制进行,假定可以获得n个相对应的轧制压力数值和n个相对应的辊缝值。各对应的轧制压力数值计为 $P_{i1}, P_{i2}, P_{ik}, P_{i...}, P_{inx}$,各辊缝点的辊缝值记录为 $S_{i1}, S_{i2}, S_{ik}, S_{i...}, S_{inx}$,假定i道次设定的轧制压力为 P_{ei} ,设定辊缝为 S_{ei} ,各固定长度段记为 L_{ik} ($k=1, 2 \cdots n$)。通过公式(1)可以获得i道次各记录点辊缝调节产生的轧制压力变化。

$$[0009] \quad \Delta P_{ik} = -\frac{M_i Q_i}{S_i + Q_i} (S_{ei} - S_{ik}) \quad (1)$$

(1)式中,M为轧机刚度系数,Q为钢板的塑性系数。由此,可以计算出真实的外界扰动引起的轧制压力偏差,如公式(2):

$$\Delta P_{eik} = P_{ei} - (P_{ik} - \Delta P_{ik}) \quad (2)$$

(2)式中,该偏差是计算温度分布的基础。

[0010] 根据轧制理论,轧制压力是板材宽度、板材的入口厚度、板材的出口厚度、板材的温度、轧机速度、轧辊半径的函数,可以写作:

$$P = f(B, H, h, T, V, R) \quad (3)$$

(3)中,P为轧制力,B为板材宽度,H为板材入口厚度,h为板材出口厚度,T为板材温度,V为轧机速度,R为轧辊半径。

[0011] (3)取全微分,可得:

$$\Delta P = \frac{\partial f}{\partial B} \Delta B + \frac{\partial f}{\partial H} \Delta H + \frac{\partial f}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial f}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial f}{\partial V} \Delta V + \frac{\partial f}{\partial R} \Delta R \quad (4)$$

由(4)可以得到(5):

$$\Delta T = \left(\Delta P - \frac{\partial f}{\partial B} \Delta B - \frac{\partial f}{\partial H} \Delta H - \frac{\partial f}{\partial h} \Delta h - \frac{\partial f}{\partial V} \Delta V - \frac{\partial f}{\partial R} \Delta R \right) / \frac{\partial f}{\partial T} \quad (5)$$

由此,根据(5)式可以计算出i道次各个点对应的温度偏差 ΔT_{ik} ,由此,可以计算出各点对应的温度数值($T_{ei} + \Delta T_{ik}$),从而用各点连接线描绘出沿钢板长度方向的温度分布曲线。

[0012] 对于i+1道次,由i道次获得的n个点的温度点经过温降模型(温降模型可以参考各类轧制教科书)计算,得到新的温度计算值,用于i+1道次的轧制压力设定计算,由此计算出对应的各点的辊缝设定。第i道次的出口即第i+1道次的入口。

[0013] 在其它条件不变的情况下,也可以用(4)的简化形式计算出各对应点设定轧制压力偏差,即: $\Delta P_{e_{k_{i+2}}} = \frac{\partial f}{\partial T_{i+1}} \Delta T'_{k_{i+2}}, \Delta T'_{k_{i+2}}$ 为经过道次温降之后的温度偏差。计算出来的 $\Delta P_{e_{k_{i+2}}}$ 值作为初始设定温度值 $T_{e_{i+2}}$ 对应轧制力 $P_{e_{i+2}}$ 的附加值,即 $P_{e_{i+2}} + \Delta P_{e_{k_{i+2}}}$ 作为各点的设定值。

[0014] 此后,根据轧制力的自适应方法,可以计算出动态变设定各点的自适应参数,用于后续钢板轧制的控制。

[0015] 本发明的实施步骤为：

1、计算钢板的轧制规程，获得各道次的预设定（单点值， P_{ei} ， S_{ei} 等）及各道次对应的偏微分系数；

2、选定开始记录的道次号*i*，一般要求该道次的钢板长度不少于10m，在该道次（含本道次）之前的道次都采用单点设定方法；

3、选定固定长度段*L*；

4、记录在第*k*个长度段*L*内的实际轧制平均压力 P_{ik} 、实际平均辊缝 S_{ik} ；

5、计算设定辊缝与实际辊缝偏差 $S_{ei}-S_{ik}$ ；

6、按照(1)式计算出辊缝调整引起的轧制压力变化 ΔP_{ik} ；

7、按照(2)式计算出外界扰动引起的轧制压力变化 ΔP_{sik} ；

8、根据(5)式计算出各长度段*L*的温度变化 ΔT_{ik} ；

9、计算*i*道次的温度点数值； $T_{ei} + \Delta T_{ik}$

10、通过温降模型计算出*i+1*道次的各固定长度段的入口温度偏差 $\Delta T'_{k_{i+1}}$ ；

11、利用公式(4)的简化形式计算*i+1*道次个点对应的点的轧制压力偏差

$$\Delta P_{sik_{i+1}} = \frac{\partial f}{\partial T_{i+1}} \Delta T'_{k_{i+1}} ;$$

12、初始设定的轧制压力与新计算的各长度段轧制压力偏差之和，即 $P_{ei} + \Delta P_{sik_{i+1}}$ ，作为各段实际的设定进行控制。

[0016] 13、新设定值下发时，考虑选择道次*i*的轧制方向，如果*i*是正向（奇数道次），那么新计算的数值也需要根据*i+1*道次方向（反向道次）进行前后顺序调换处理。根据不同的段长发送不同的设定值，由此成为多点动态设定。

[0017] 14、重复2~13的步骤直至轧制结束，可以得到更高的设定精度。此后各道次的设定值都是各对应段的设定，成为多点动态设定。

附图说明图1为本发明专利的组成示意图。

[0018]

实施案例

某中厚板厂轧制生产A类船板，钢板目标长度为12mm，目标宽度2470mm，目标长度为50m；来料长度为4.05m，宽度为2470mm，来料厚度为150mm。

[0019] 计算出的初始轧制规程表（部分数值，其它弯辊等不在其内）如表1。

[0020] 表1 初始计算轧制规程表

道次号	Pe (10KN)	Se (m)	Te (°C)	温度微分项 (10KN/°C)	宽度微分项 (10KN/mm)	Me (10KN/mm)	Qe (10KN/mm)	钢板长度 (m)
1	2111	0.122818	1099	4.53	0.976	496.901	78.89	4.950
2	2128	0.097052	1098	4.625	1.063	504.552	85.38	6.286
3	2528	0.071102	1086	4.783	1.121	523.494	81.56	8.469
4	2504	0.051519	1104	4.917	1.092	512.553	85.04	11.677
5	2775	0.035117	1091	5.062	1.164	525.282	90.06	16.803
6	2663	0.025281	1100	5.311	1.078	513.967	97.8	22.918
7	2620	0.018265	984	5.666	1.02	533.282	110.68	29.090
8	2408	0.015066	976	5.686	0.975	521.273	137.71	35.394
9	2450	0.012325	900	6.69	0.992	521.812	185.41	41.412
10	2231	0.010884	928	7.581	0.903	510.066	219.24	47.196
11	1811	0.01053	766	8.576	0.733	478.979	220.37	50.624

为考察本方法的效果,根据表1中的数据,选取第10道次轧制时投用本方法,第10道次(含第10道次)之前的道次仍然采用单点设定。第10道次为偶数道次,段长取1m,根据基础自动化L1的采样频率25ms,轧制速度按照4m/s计算,每段可以采集到10个左右的点(中厚板轧制速度基本为恒速),本道次全长范围内共采集到48个点。各点对应的平均轧制压力和平均辊缝(平均压力和平均辊缝由基础自动化计算并发送至过程控制系统)参考下表:

采样点的数据表如表2所示。

[0021] 表2 采样数据表

采样点数	平均压力值(10KN)	平均辊缝(m)
1	2379.47	0.01066569
2	2385.24	0.010657206
3	2439.19	0.010577878
4	2501.84	0.010485757
5	2476.39	0.010523179
6	2413.11	0.010616226
7	2439.27	0.01057776
8	2376.15	0.010670572
9	2377.25	0.010668954
10	2388.76	0.01065203
11	2314.54	0.010761163
12	2248.24	0.01085865
13	2207.63	0.010918363
14	2239.92	0.010870884
15	2247.8	0.010859297
16	2206.21	0.010920451
17	2185.34	0.010951138
18	2016.29	0.011199709
19	2133.77	0.011026967
20	2073.48	0.011115617
21	2112.89	0.011057669
22	2256.01	0.010847225
23	2107.85	0.01106508
24	2017.38	0.011198106
25	1981.02	0.01125157
26	2019.45	0.011195063
27	2045.37	0.01115695
28	2006.23	0.011214501
29	1945.02	0.011304504
30	1879.35	0.011401065
31	1885.69	0.011391743

32	1945.32	0.011304063
33	1895.23	0.011377716
34	1876.59	0.011405124
35	1925.37	0.011333398
36	1988.64	0.011240366
37	1992.68	0.011234425
38	2078.31	0.011108515
39	2079.25	0.011107133
40	2133.33	0.011027614
41	2253.13	0.01085146
42	2275.31	0.010818847
43	2214.29	0.01090857
44	2345.62	0.010715463
45	2365.3	0.010686526
46	2298.39	0.01078491
47	2301.7	0.010780043
48	2415.88	0.010612153

由表2和设定的数据表中的数据以及公式(1)~(5)和温降模型一起可以计算出相应点的外界扰动、温度偏差、第11道次各点的温度,设定值如表3。

[0022] 表3 第10、11道次各段对应点的计算值

点数	10道次外扰轧制力 差(10KN)	10道次温度偏 差(℃)	11道次各点温度偏差 值(℃)	11道次轧制力分段偏 差值(10KN)	11道次各点设定计算值轧 制力(10KN)	11道次最终设定值轧 制力(10KN)	11道次最终的辊缝设定值 (m)
1	118.776	-15.6675903	-12.534	107.4922017	1918.492202	1944.853022	0.01078151
2	123.392	-16.2764806	-13.021	111.6696786	1922.669679	1862.186763	0.01062618
3	166.552	-21.9696609	-17.576	150.7294502	1961.72945	1859.790324	0.010621677
4	216.672	-28.580926	-22.864	196.0880171	2007.088017	1908.233129	0.010712701
5	196.312	-25.8952644	-20.716	177.6622305	1988.662231	1893.98482	0.010685928
6	145.688	-19.2175174	-15.374	131.8475439	1942.847544	1798.901969	0.010507268
7	166.616	-21.9781031	-17.582	150.7873701	1961.78737	1843.080417	0.01050279
8	116.12	-15.3172404	-12.253	105.0885234	1916.088523	1827.022108	0.010560106
9	117	-15.4333204	-12.346	105.8849228	1916.884923	1740.286972	0.01039713
10	126.208	-16.6479356	-13.318	114.2181568	1925.218157	1701.13308	0.01032356
11	66.832	-8.81572351	-7.0525	60.48291592	1871.482916	1700.452521	0.010322282
12	13.792	-1.81928505	-1.455	12.4817509	1823.481751	1638.456446	0.010205791
13	-18.696	2.466165414	1.973	-16.9198676	1794.080132	1635.531488	0.010200295
14	7.136	-0.94130662	-0.753	6.458075293	1817.458075	1589.724041	0.010114223
15	13.44	-1.77285318	-1.418	12.16319114	1823.163191	1586.481429	0.01010813
16	-19.832	2.61601371	2.093	-17.9479469	1793.052053	1598.28986	0.010130318
17	-36.528	4.818361694	3.855	-33.0578159	1777.942184	1630.021852	0.010189942
18	-171.768	22.65769687	18.126	-155.449926	1655.550073	1592.246274	0.010118962
19	-77.784	10.26038781	8.208	-70.3944687	1740.605531	1588.229887	0.010111415
20	-126.016	16.62260915	13.298	-114.044396	1696.955603	1629.831802	0.010189585
21	-94.488	12.46379106	9.971	-85.5115776	1725.488422	1668.608309	0.010262446
22	20.008	-2.63922965	-2.111	18.1072268	1829.107227	1693.403481	0.010309036
23	-98.52	12.99564701	10.396	-89.1605350	1721.839465	1657.837912	0.010242209
24	-170.896	22.54267247	18.034	-154.660767	1656.339233	1630.014612	0.010189929
25	-199.984	26.37963329	21.103	-180.985388	1630.014612	1656.339233	0.010239393
26	-169.24	22.32423163	17.859	-153.162088	1657.837912	1721.839465	0.010362468
27	-148.504	19.58897243	13.712	-117.596519	1693.403481	1829.107227	0.010564023

28	-179.816	23.71929825	16.603	-142.391691	1668.608309	1725.488422	0.010369324
29	-228.784	30.17860441	21.125	-181.168198	1629.831802	1696.955603	0.010315711
30	-281.32	37.10856088	25.9751	-222.770112	1588.229887	1740.605531	0.010397729
31	-276.248	36.43951985	25.507	-218.753725	1592.246274	1655.550073	0.01023791
32	-228.544	30.14694631	21.102	-180.978148	1630.021852	1777.942184	0.010467884
33	-268.616	35.43279251	24.802	-212.71014	1598.28986	1793.052053	0.010496276
34	-283.528	37.39981533	26.179	-224.518571	1586.481429	1823.163191	0.010552855
35	-244.504	32.25220947	25.801	-221.275958	1589.724041	1817.458075	0.010542135
36	-193.888	25.57551774	20.460	-175.468512	1635.531488	1794.080132	0.010498208
37	-190.656	25.14918876	20.119	-172.543554	1638.456446	1823.481751	0.010553453
38	-122.152	16.11291386	12.890	-110.547479	1700.452521	1871.482916	0.010643647
39	-121.4	16.01371851	12.810	-109.866919	1701.13308	1925.218157	0.010744616
40	-78.136	10.30681968	8.245	-70.7130284	1740.286972	1916.884923	0.010728958
41	17.704	-2.33531196	-1.868	16.02210832	1827.022108	1916.088523	0.010727461
42	35.448	-4.67590027	-3.740	32.08041662	1843.080417	1961.78737	0.010813329
43	-13.368	1.763355758	1.410680	-12.0980311	1798.901969	1942.847544	0.010777741
44	91.696	-12.0955019	-9.676	82.98481952	1893.98482	1988.662231	0.010863827
45	107.44	-14.1722727	-11.3378	97.23312914	1908.233129	2007.088017	0.010898449
46	53.912	-7.11146286	-5.689	48.79032444	1859.790324	1961.72945	0.01081322
47	56.56	-7.46075715	-5.968	51.1867627	1862.186763	1922.669679	0.010739827
48	147.904	-19.5098272	-15.607	133.8530225	1944.853022	1918.492202	0.010731978

从实际的效果看,第11道次(最后道次)按照各段对应的设定值设定计算后,整体的厚度波动大幅度减小,厚度控制精度在0.1mm范围之内,远超过原来0.3~0.4mm的精度。

[0023] 注意,由于中厚板轧制采用的往复可逆轧制,数据记录从第10道次轧制开始轧制,即钢板的尾部开始的;而第11道次的设定值应该从钢板的头部开始计算,因此,数据记录的先后顺序需要调换。这也是表3中各点设定值和最终设定值的区别。

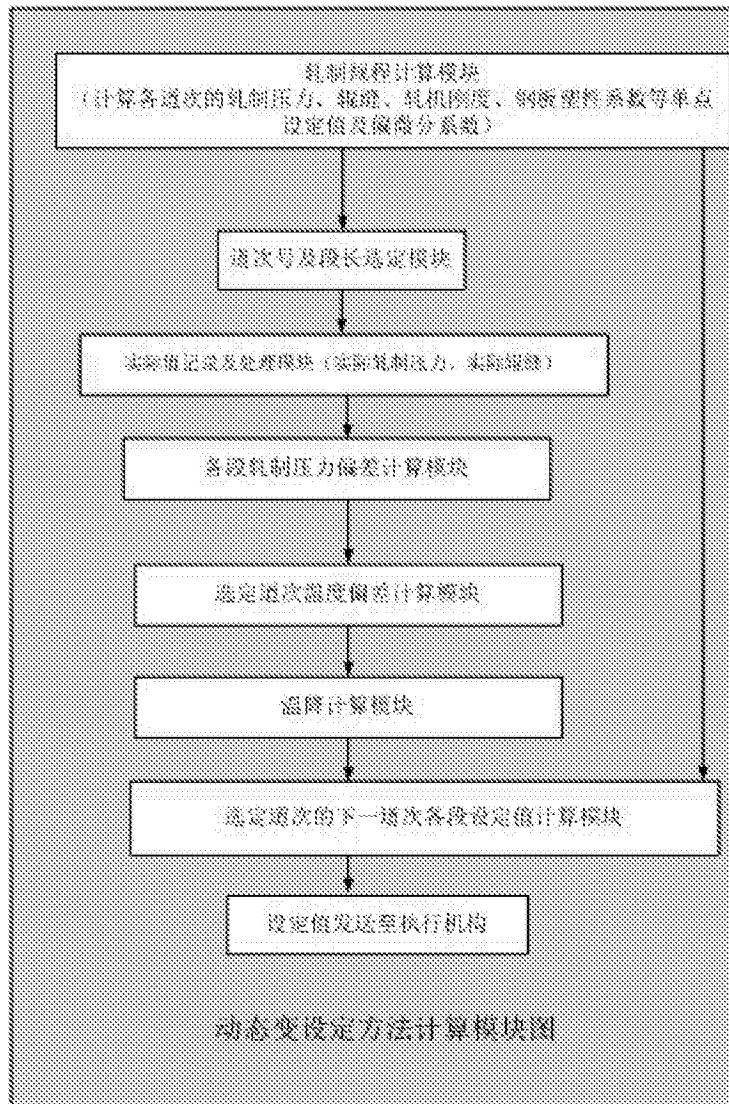


图 1