包钢CSP轧机刚度数字化分析

张 玮, 贾瑞杰, 刘政峰

(内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章分析了热连轧轧机刚度对轧制稳定性的影响, 介绍了热连轧轧机刚度的评价方法; 最后, 通过包钢CSP轧机的PDA数据, 运用数据化的方法进行该轧机刚度分析研究。

关键词: 热连轧轧机; 轧机刚度; PDA数据

中图分类号: TG333.7 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2018)01-0062-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.020

Digital Analysis of Stiffness of CSP Mill in Baotou Steel

ZHANG Wei, JIA Rui-jie, LIU Zheng-feng

(*CSP Plant of Inner Mongolia Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: In the paper, it is analyzed the influence of hot rolling mill stiffness on the rolling stability and is introduced the method of evaluating the hot rolling mill stiffness; finally, through the PDA data of CSP mill in Baotou Steel, the mill stiffness analysis is carried out by the data method.

Key words: hot rolling mil; mill stiffness; PDA data

轧机刚度是反映轧机结构性能的重要参数, 是轧机所能获得轧制精度的主要指标。轧机刚度为编制新的合理的轧制规程提供必要的设备性能数据, 并且为实现带钢厚度的自动调节及计算机控制提供数据, 同时, 轧机刚度也是影响轧制稳定性的重要因素之一, 所以确定轧机的刚度有很重要的实际意义[1]。本文针对包钢CSP的热连轧机, 利用IbaAnalyzer采集的PDA数据进行机架刚度分析, 为轧机的稳定生产和精度管理提供重要理论依据。

1 轧机刚度的概念

CSP生产线轧机是7机架4辊连轧机组, 轧机刚度是指在轧制过程中, 轧机的变形抗力通过轧辊最后传给机架。从轧辊到机架这一系列受力部件都要产生一定量的弹性变形, 这些受力部件的弹性变形的总和[2]。轧机的弹跳是由轧机的弹性变形引起的, 其总变形量可达几个毫米, 它包括机架、轧辊系统以及压下系统的弹性变形, 其中, 轧辊变形占总变形量的40% ~70%。

为了更好了解轧机刚度的概念, 引入轧机刚度弹性曲线和系数公式, 轧机刚度弹性曲线如图1所示。

由图1可见, 轧机刚度弹性曲线并不完全是一条直线, 在弹性曲线的起始阶段并不是直线, 而是一小段曲线, 这是由于轧机各部件之间存在一定的间隙和接触不均匀之故。随着轧制压力的增加, 弹性曲线的斜率逐渐增大。当轧制压力增大到一定数值后, 弹性曲线近似地也可看成一条直线。实际生产

* **收稿日期**: 2017-09-14

作者简介: 张 玮(1982-), 男, 河北省张家口市, 工程师, 现从事轧机工艺相关技术工作。

中国知网 https://www.cnki.net

中，轧机大多工作在弹性曲线的直线段范围内，因此，通常将直线部分的斜率称为轧机的刚度系数 K 或称为轧机模数。轧机的刚度系数 K，可用式(1) 表示:

$$K = \tan\alpha \tag{1}$$

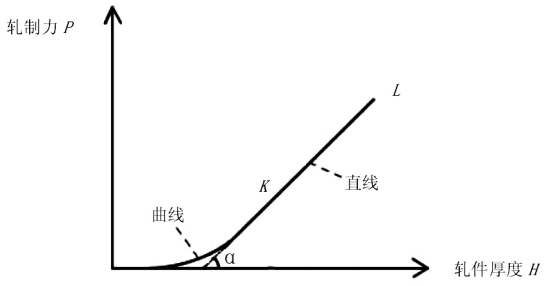


图 1　轧机刚度弹性曲线

也就是由弹性曲线直线部分的轧制压力变化量与弹性曲线直线部分的机座弹性变形的变化量的比值。表示轧机弹性变形与轧制压力之间的关系的曲线称为轧机的弹性曲线。如图 1 所示，轧制压力越大，轧机的弹性变形也越大[3]。

2　轧机刚度的物理意义及其影响

轧机刚度的物理意义是指轧机工作机座抵抗弹性变形的能力的大小。轧机的牌坊断面尺寸所带来的固有弹性变形系数称之为固有轧机刚度; 影响轧机刚度的主要因素包括: 轧辊压扁、轧辊直径、压下系统及其附件、油膜轴承厚度、轧件宽度、轧辊凸度、轧制油膜厚度、轧机的振动。

而在实际生产过程中，由于轧机的正常磨损及维护原因，往往实测刚度因轧机间隙等问题影响，实际刚度往往低于固有刚度，通常以正常的轧制压力内刚度与固有刚度的比值，称之为刚度保持率，通常高精度的轧机刚度保持率应在 95% 以上; 而低于 90% 的轧机则会严重影响轧制稳定性及产品质量，当轧机刚度低于 80% 时轧机状况处于崩溃状态，将出现产品质量大幅度下降、废钢增多、极限规格不能有效轧制、轴承座大量烧毁等问题。

3　轧机刚度的数据采集

一般是通过轧机的压靠或者零调过程，对轧机的实际刚度进行测试，从而了解轧机的刚度保持率状况，通过数字化分析有效掌握轧机刚度状况。

测试条件: 利用轧机更换轧辊后进行的零调标定的过程，或者轧机在没有轧钢的运转过程中对轧机压靠以后，采集相关的数字信息，即可计算出轧机的实际刚度，并对轧机当前的实际精度状况进行评估。

需要采集标定过程中的数据测试数据信息内容有以下三方面: 标定过程中的轧机两侧测压头压力; 轧机两侧压力传感器压力; 轧机压下系统 AGC 液压缸两侧伸出量。以精轧机 F7 的采集过程为例，轧机 F7 换辊完成，标定程序结束后，记录标定过程的开始和结束时间。打开 IbaAnalyzer 分析软件，找到 F7 机架相对应的需要采集的记录名称，共 6 组记录，具体如表 1 所示。

表 1　轧机刚度数据采集

序号	名称	含义
1	Actual absolute HGC position OS entry F7	F7 操作侧入口 HGC 位置
2	Actual absolute HGC position OS exit F7	F7 操作侧出口 HGC 位置
3	Actual absolute HGC position DS entry F7	F7 驱动侧入口 HGC 位置
4	Actual absolute HGC position DS exit F7	F7 驱动侧出口 HGC 位置
5	Actual roll force OS F7	F7 操作侧实际轧制力
6	Actual roll force DS F7	F7 驱动侧实际轧制力

将机架两侧共 6 个测量记录显示在主画面中，并按照标定开始和结束的时间段进行截取数据，如图 2 所示。

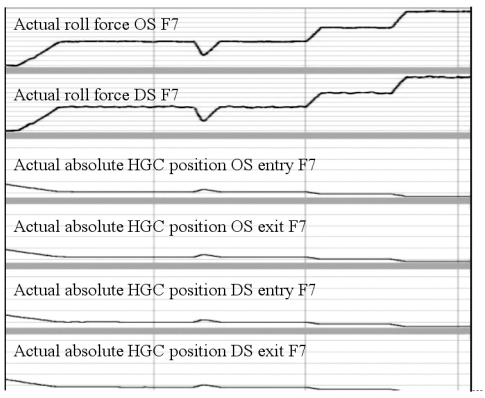


图 2　轧机刚度数据

4　采集数据的整理与分析

由于轧机刚度的几何意义在于轧机弹性曲线直线段的斜率。所以，需要通过轧制压力与压下位置

中国知网　https://www.cnki.net

的数据计算出轧机两侧共4个弹性曲线斜率，此过程可以通过EXCEL软件中的斜率计算公式得出，经过计算得出包钢CSP热轧机组F1至F7的实际刚度，具体如表2所示。

表2 F1—F7轧机实际刚度

机架	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
位置	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
入口侧刚度 kN/mm	2 815	2 827	2 895	2 831	2 906	2 859	3 044
出口侧刚度 kN/mm	2 955	3 004	2 984	2 814	2 824	2 887	3 079
入口侧位置/mm	30.50	32.44	20.55	17.44	26.38	58.75	17.08
出口侧位置/mm	25.56	31.65	19.69	16.82	25.67	57.18	16.66
单机评价/%	70.00	60.00	60.00	60.00	50.00	50.00	77.78
刚度保持率/%	89.96	88.58	86.98	88.79	89.38	88.71	95.70

由表2的数据可以计算出刚度保持率:

刚度保持率 = 机架实际刚度/机架原始刚度 × 100%

分析: 七个机架的单侧刚度值为2 649 kN/mm至3 094 kN/mm，刚度保持率在86.98% ~95.7%(正常范围80% ~99%)，总体来说处于正常范围，F7是2008年新增机架，刚度保持率最高。单机架两侧的刚度，出口和入口刚度存在明显差异，两侧HGC液压缸的伸出量也存在明显差异，这些数据间的差异将严重地影响板形模型的有效计算; 同时薄规格轧制时的板形问题表现将更加突出，严重影响带钢的轧制稳定性。

包钢CSP轧机刚度状况处于临界点的精度状况，如放松设备精度的管理，轧机刚度可能会急剧下降，而高精度的轧机磨损会比较差的轧机磨损小得多，建议进一步加强设备精度管理，着重消除机架两侧的间隙，增加润滑，有利于消除机架两侧的刚度差，稳定生产和设备运行。

5 结论

(1) CSP轧机刚度保持率为86.98% ~95.7%，其中前6机架刚度保持率为86.98% ~89.96%，第7机架刚度保持率为95.7%，由于是新增机架，刚度保持率最高。

(2) 前6机架刚度保持率为86.98% ~89.96%，低于90%的轧机会严重影响轧制稳定性及产品质量，因此应加强设备精度管理，着重消除机架两侧的间隙，增加润滑，消除机架两侧的刚度差，稳定生产和设备运行。

(3) 利用IbaAnalyzer软件分析出7台轧机换辊后的标定数据，利用标定数据计算轧机实际刚度值，得出了刚度保持率等评定参数，提出机架的维护建议，通过这种数字化方法定期对机架刚度进行评定，有效的预知轧机的各个机架的状况，有针对性地采取措施，达到事半功倍的管理效果。

参 考 文 献

[1] 崔青玲，赵民，刘相华，等. 四辊轧机刚度的计算分析[J]. 重型机械，2007，(1)：53 -55.

[2] 李立新，周家林，汪凌云 . 四辊轧机横向刚度的理论计算[J]. 金属成型工艺，2000，(6)：22 -24.

[3] 李长宏 黄贞益 王萍. 轧机两侧刚度差异对热轧宽厚板两侧厚度偏差的影响[J]. 安徽工业大学学报，2009，26(4)：373 -376.

中国知网 https://www.cnki.net