

# 破鳞参数对带钢酸洗速率影响规律的研究

邵素娟, 叶东东, 陈建钧

(华东理工大学 机械与动力工程学院, 上海 200237)

**摘要:** **目的** 研究拉矫破鳞参数对带钢表面酸洗速率的影响规律。**方法** 运用自行研发的拉矫破鳞机对带钢试样进行试验,运用数学软件对实验数据进行拟合,得出破鳞参数对酸洗速率的影响模型,并分析其规律。**结果** 随着张紧力和压下量的增大,带钢延伸率增加,酸洗时间减少,当压下量大于 36 mm 时,酸洗时间基本不再变化。**结论** 影响破鳞效果的主要因素是压下量,压下量对酸洗速率的影响存在饱和点,超过这个点酸洗速率不会发生明显的变化;破鳞机的压下量对酸洗时间的影响成指数关系。

**关键词:** 拉矫; 破鳞; 酸洗模型

**中图分类号:** TG356.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3660(2015)02-0119-04

**DOI:** 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2015.02.023

## Study of the Law for the Effect of Descaling Parameters on Pickling Speed

SHAO Su-juan, YE Dong-dong, CHEN Jian-jun

(School of Mechanical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To study the influencing law of descaling parameters on pickling speed. **Methods** The strip sample was descaled by the tension-bending leveler. The effect of descaling parameters on pickling speed was analyzed and fitted using mathematical software, to obtain the influencing model of descaling parameters on pickling speed and analyze the law. **Results** With the increase of insert depth of roller and tension of descaling machine, the strip elongation increased and the pickling time reduced. The pickling time changed slightly when the screw down amount exceeded 36 mm. **Conclusion** Tests showed that the strip elongation was mainly impacted by the screw down amount, and the pickling time decreased insignificantly when the screw down amount exceeded the saturation point. The screw down amount affected the pickling speed exponentially.

**KEY WORDS:** tension-bending; descaling; pickling model

热轧带钢在进入酸洗机组之前,需经过拉伸矫直机的破鳞及矫直工序,该工序不仅可以矫正板型,还能使钢材表面产生微小裂纹得以更方便地去除表面氧化铁皮。由于氧化铁皮与铁基体的弹塑性及破坏强度不同,经拉弯矫直机的反复拉弯后,带钢发生变

形并产生一定的延伸率,氧化铁皮因不能适应其塑性变形而发生断裂产生裂纹。一方面,氧化铁皮中较疏松部分易发生脱落而不被带入酸槽,可以大大减小带钢酸洗面积;另一方面,由于裂纹的存在,酸液可以直接与铁基体反应,产生的氢气泡对氧化铁皮具有机械

收稿日期: 2014-10-08; 修订日期: 2014-11-18

Received: 2014-10-08; Revised: 2014-11-18

基金项目: 国家自然科学基金(51105143)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China(51105143)

作者简介: 邵素娟(1989—),女,山东人,硕士,主要从事金属材料表面工程研究。

Biography: SHAO Su-juan(1989—), Female, from Shandong, Master, Research focus: surface engineering of metal materials.

剥离作用,缩短酸洗时间。

为准确判定酸洗结束时间,运用电位导数首零法<sup>[1]</sup>作为酸洗终点的判定方法。该方法以带钢酸洗过程中电位变化规律为依据,结果准确、操作简单。

不同拉矫破鳞参数会得到不同的破鳞效果,而氧化铁皮的破碎程度直接影响酸洗速率的快慢。一般情况下,随着延伸率的增大,氧化铁皮的破碎程度增加,酸洗速率会相应提高。但这一趋势并非无限制增长,当延伸率达到一定的值时,酸洗时间不会发生明显的变化<sup>[2]</sup>。辊子压下量和张紧力是影响拉矫破鳞的两个参数,本文对两者进行合理控制,以得到较好的延伸率。

1 实验

破鳞装置采用自行研发的拉矫破鳞试验机<sup>[3]</sup>,如图 1 所示。试样尺寸为 50 mm×1800 mm,试验前将试样中部每隔 250 mm 做标记,用于计算带钢延伸率。

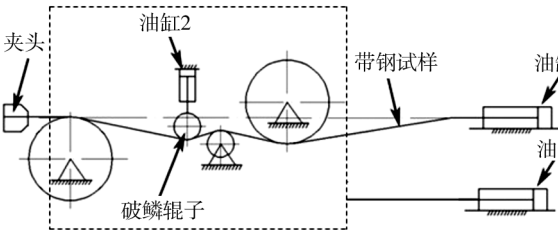


图 1 破鳞拉矫机示意

Fig.1 Sketch diagram of descaling and tension leveler testing machine

酸洗实验中,盐酸质量浓度为 0.16 g/mL,水浴恒温为 55 ℃。酸洗前用硅橡胶将试样切面进行密封。采用 CHI604B 电化学工作站测量反应过程的开环电位,采用电位导数首零法判定酸洗结束时间。酸洗过程中的电位及导数曲线如图 2 所示。

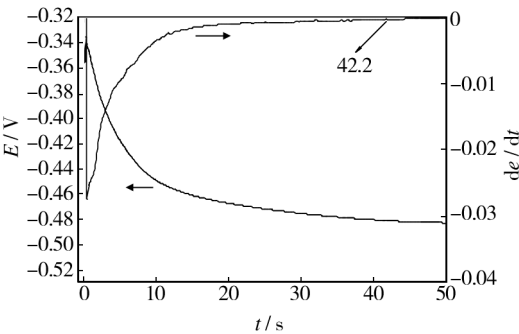


图 2 酸洗电位曲线及导数曲线

Fig.2 Pickling potential curve and derivative curve

2 结果与分析

拉矫破鳞机的主要调节参数为辊子压下量与张紧力,压下量越大,带钢与工作辊的包角越大,相同张力下可以产生更大的中性层偏移,引起更大的延伸率;张紧力越大,带钢受拉产生塑性变形越大,延伸率也就增大。本实验参数为:压下量范围 20 ~ 40 mm,张紧力 60 ~ 80 MPa。采用正交试验得出两个因素的主次关系。不同压下量、张紧力的正交酸洗试验结果见表 1。

表 1 带钢酸洗正交试验结果

Tab.1 Orthogonal test result of descaling

序号	压下量 / mm	张力 / ( N · mm <sup>-2</sup> )	延伸率 / %	酸洗时 间/ s
1	20	60	0.53	42.0
2	20	70	0.67	31.6
3	20	80	0.86	22.4
4	30	60	0.80	23.3
5	30	70	0.91	18.8
6	30	80	1.14	15.1
7	40	60	1.10	16.7
8	40	70	1.34	13.6
9	40	80	1.58	13.3
<i>t</i> <sub>1</sub> /s	96.0	82.0		
<i>t</i> <sub>2</sub> /s	57.2	64.0		
<i>t</i> <sub>3</sub> /s	43.6	50.8		
$\bar{t}_1$ /s	32.0	27.3		
$\bar{t}_2$ /s	19.07	21.3		
$\bar{t}_3$ /s	14.5	16.9		
极差	17.5	10.4		

从试验因子的极差来看,压下量的极差较大,即压下量对破鳞程度影响较大,为主要影响因子。为研究压下量对酸洗速度的具体影响关系,控制张紧力为 70 MPa 不变,压下量取 15 ~ 45 mm,每隔 3 mm 做一组试验(每组可取 3 ~ 5 个),取每组结果平均值作为试验数据,可以得到压下量与延伸率的关系以及延伸率与酸洗时间的关系,如图 3、图 4 所示。

通过观察对比不同破鳞参数下的带钢表面形貌,可以清晰地看到氧化铁皮的破裂程度随破鳞参数增大而增大,并伴随部分氧化铁皮脱落,裸露的铁基体面积扩大,从而大大提高酸洗速率。从表 1 可以看出,压下量改变对酸洗时间的影响比张紧力的影响更

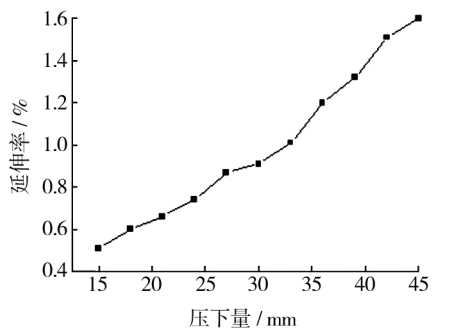


图 3 压下量与延伸率关系

Fig.3 Relationship between the screw down amount and the elongation rate

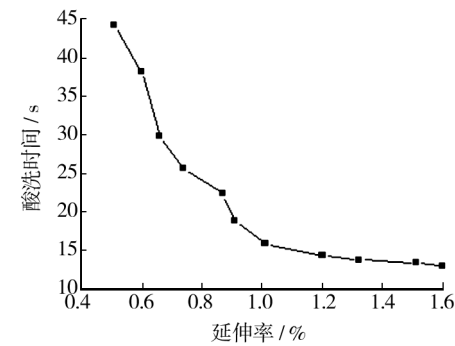


图 4 延伸率与酸洗时间关系

Fig. 4 Relationship between elongation rate and the descaling time

大。从氧化铁皮的破坏形式来看,压缩作用导致氧化铁皮破碎并脱落,使得氧化铁皮与铁基体的结合力下降从而利于破鳞;拉伸作用导致氧化铁皮产生或扩大裂纹,形成一个“孤岛”,但结合力并未减弱。

从图 3 可以看出,随压下量的增加,延伸率增加,且延伸率与压下量基本成线性相关。在 60,80 MPa 的张紧力下进行对比试验,可以得出相似的关系。

随着破鳞程度的增加,氧化铁皮的破碎度增大,延伸率也随之增加。通过图 4 可以看出,延伸率增加可大大缩短酸洗时间,当延伸率达到 1.5% 左右时,酸洗时间变化逐渐缓慢,进一步增加延伸率对酸洗速率的影响不明显,即存在一个饱和点。

3 数学模型分析

图 5 为压下量对酸洗时间的影响。从图 5 可以看出,随着压下量的增大酸洗时间在缩短,当压下量增大到一定值时,酸洗时间变化程度减弱。经过判

断,压下量( $x$ )与酸洗时间( $y$ )呈现指数函数关系,指数函数拟合的结果为: $y=135.02\times e^{(-\frac{x}{11.144})}+9.854$ 。

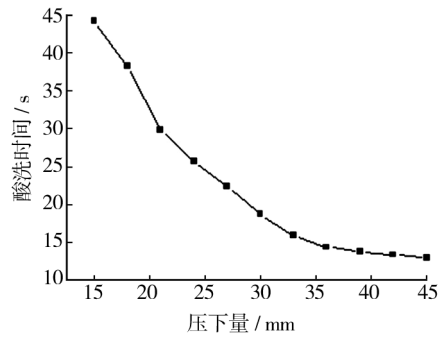


图 5 压下量与酸洗时间关系

Fig.5 Relationship between the screw down amount and the descaling time

为验证模型的准确性,在同一酸洗条件下,随机采取了 10 组实验参数进行测试,结果如图 6 所示。可以看出,试验值与理论值的相关系数为 0.9801,相关度较高,说明拟合方程可以作为破鳞参数对酸洗时间影响的参考模型。

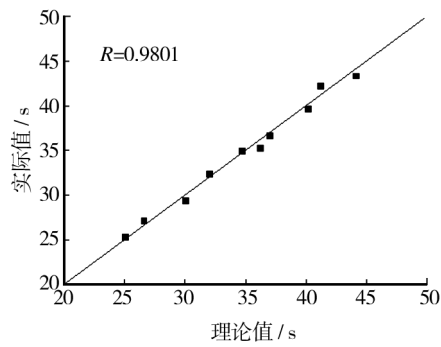


图 6 实验值与理论值比较

Fig. 6 The comparison of the experimental value with the theoretical value

4 结论

1) 通过正交试验,得出影响破鳞效果(酸洗速率)的主要因子是辊子压下量。且随着压下量的增加,带钢氧化铁皮的破碎程度提高,酸液直接接触铁基体的面积增大,可以大幅提高酸洗速率。压下量为 36 mm 时,达到饱和。

2) 根据拟合分析,压下量( $x$ )与酸洗时间( $y$ )呈现指数函数关系,关系式为: $y=135.02\times e^{(-\frac{x}{11.144})}+9.854$ 。

## 参考文献

- [1] 陈姝洁,叶纯杰,潘红良. 盐酸酸洗终点电化学判断方法的研究[J]. 电化学,2008,14(3):288—291.  
CHEN Shu-jie, YE Chun-jie, PAN Hong-liang. The End-point Determination in Hydrochloric Pickling by Electrochemistry Method [J]. Electrochemistry, 2008, 14 (3): 288—291.
- [2] 李同庆,陈先霖,王建国. 拉伸弯曲矫直机破鳞功能的研究[J]. 冶金设备,1998(3):1—3.  
LI Tong-qing, CHEN Xian-lin, WANG Jian-guo. Research to the Descaling Function of the Tension Leveler[J]. Metallurgical Equipment, 1998(3):1—3.
- [3] 杨子良. 拉矫破鳞试验机及连续带钢酸洗模型的开发[D]. 上海:华东理工大学,2013.  
YANG Zi-liang. Development of Descaling and Tension Leveler Test Machine and Mathematical Model of Pickling on Strip Steel[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2013.
- [4] 杨子良,王欣,郑涛,等. 拉矫工艺参数对带钢酸洗速率影响的实验研究[J]. 轧钢,2013(2):28—30.  
YANG Zi-liang, WANG Xin, ZHENG Tao, et al. Study on Effect of Stretcher Lever Parameters on Pickling Time[J]. Steel Rolling, 2013(2):28—30.
- [5] GAINES M J L, BENTEZG J, PEREZ T, et al. Study of the Pick Ability of 1.8 mm hot-rolled Steel Strip in Hydrochloric Acid[J]. Latin American Applied Research, 2002(32): 281—288.
- [6] 杨双成. 拉弯矫直机组主要参数的确定[J]. 有色金属加工, 2006, 35(2):53—55.  
YANG Shuang-cheng. Determination of Main Parameters of Tension Leveling Line [J]. Nonferrous Metals Processing, 2006, 35(2):53—55.
- [7] 刘现翠,苏兰海,李忠富. 宝钢 2030 酸洗机组中拉矫机和平整机的延伸率分配[J]. 北京科技大学学报, 2005, 27(5):609—612.  
LIU Xian-cui, SU Lan-hai, LI Zhong-fu. Elongation assignment of steel plates between a tension leveler and a skin pass mill for the acid-Refined 2030 in BaoSteel[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2005, 27(5):609—612.
- [8] 董泉玉,李馨,李福伟. 电位跟踪法研究酸洗过程[J]. 表面技术, 1990, 19(2):8—9.  
DONG Quan-yu, LI Xin, LI Fu-wei. Study on Pickling Process with Potential Tracing [J]. Surface Technology, 1990, 19(2):8—9.
- [9] 王建,傅敏,丁培道. 钢铁超声酸洗过程的研究[J]. 表面技术, 2004, 33(4):28—30.  
WANG Jian, FU Min, DING Pei-dao. Study on the Process of Acid Pickling with Ultrasonic [J]. Surface Technology, 2004, 33(4):28—30.
- [10] 陈亮,姜爱华,丁毅. 304 不锈钢焊管环保型酸洗钝化工艺研究[J]. 表面技术, 2012, 41(6):85—87.  
CHEN Liang, JIANG Ai-hua, DING Yi. Study on Environment-friendly Pickling and Passivation for Welded Pipes of 304 Stainless Steel [J]. Surface Technology, 2012, 41(6):85—87.
- [11] 李龙,刘会云,张心金. 金属复合板表面处理技术的研究现状及发展[J]. 表面技术, 2012, 41(5):124—127.  
LI Long, LIU Hui-yun, ZHANG Xin-jin. Research Status and Progress on Surface preparation of Clad Metal Plate [J]. Surface Technology, 2012, 41(5):124—127.
- [12] 张圣麟. 酸洗除锈工艺的试验研究[J]. 表面技术, 2002, 31(4):35—38.  
ZHANG Sheng-lin. Experimental Study on Acid Rust Removallng Technique [J]. Surface Technology, 2002, 31(4):35—38.
- [13] 罗建东,曾德长,张弢. 刷镀镍-磷镀层的生长模型研究[J]. 表面技术, 2009, 38(6):6—8.  
LUO Jian-dong, ZENG De-chang, ZHANG Tao. Growth Model of Ni-P Layer by Brush Plating [J]. Surface Technology, 2009, 38(6):6—8.
- [14] HUDSON R M. Pickling of Hot Rolled Strip: An Overview [J]. Iron and Steelmaker, 1991, 9(1):31—39.
- [15] SOHLBERG B. Hybrid Grey Box Modeling of a Pickling Process [J]. Control Engineering Practice, 2005, 13(9): 1102—1093.
- [16] CHEN R Y. Oxide Scale Growth and Its Pickling Characteristics of Hot-rolled Steel Strip [C]//43rd Mechanical Working and Steel Processing Conference. 2001:287—299.
- [17] SUN W, TIEU A K. Surface Characteristics of Oxide Scale in Hot Strip Rolling [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 140(1):76—83.