DP590双相钢开裂分析*

张嘉华,王 皓,闫 鑫,张 建

(内蒙古包钢金属制造有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 包钢DP590双相钢在生产试制初期用户旋压加工过程中出现开裂现象,通过对开裂部位分析研究,找到了造成开裂的主要原因为钢板中心存在马氏体带状组织,提出了改善铸坯中心偏析的措施,解决了DP590双相钢旋压加工过程中的开裂问题。

关键词: DP590双相钢; 低倍组织; 开裂; 马氏体组织

中图分类号: U466 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2020)05-0055-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.05.017

Analysis on Cracks of Dual Phase Steel DP590

Zhang Jia-hua, Wang Hao, Yan Xin, Zhang Jian

(*Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: At the preliminary stage of production test, there were cracks on the DP590 dual phase steel of Baotou Steel in the metal spinning process of user. It is found that the main cause for cracks is the martensite banded structure in the center of steel plate by analyzing and studying the position with cracks. The measures for improving the center segregation of casting blank are proposed so that the problem is solved.

Key words: DP590 dual phase steel; macrostructure; crack; martensitic structure

双相钢的发展和应用起始于20世纪60年代末和70年代初,为了适应汽车工业轻量化的需要,在白车身上双相钢的用量达到75%~80%,日本在双相钢的研究和应用一直处于世界领先地位。日本有先进的连续退火线,双相钢采用C-Si-Mn或C-Mn系,其成本非常具有优势,用其制造的车轮成型性较好,构件的疲劳寿命也大幅提高[1]。我国从1978年起对双相钢的性能特性进行了研究,国内钢厂开展了双相钢的开发与研究,宝钢完成了双相钢从540 MPa、590 MPa、600 MPa级的研制[2]。包钢DP590双相钢在生产试制初期用户旋压加工过程中出现开裂现象,通过对开裂部位研究分析,找到了造成开裂的主要原因为钢板中心存在马氏体带状组织,提出相应改善铸坯中心偏析的措施,有效地解决了DP590双相钢旋压加工过程中的开裂问题。

1 开裂端口形貌特征

国内钢厂生产重卡车轮用途的双相钢产品主要是基于重卡行业的轻量化需求。包钢生产11 mm厚度规格的双相钢用于轮辐的制造,以替代原14 mm的普通车轮用钢产品,实现车轮的轻量化。用户在产品厚度规格11 mm的双相钢轮辐旋压加工过程中出现开裂,从断裂的位置可以明显看到钢板的断裂部位出现了明显分层开裂的形貌特征,如图1所示。

* **收稿日期**: 2020-06-22

作者简介: 张嘉华(1979-),男,内蒙古乌兰察布市人,高级工程师,现从事炼钢产品研发工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

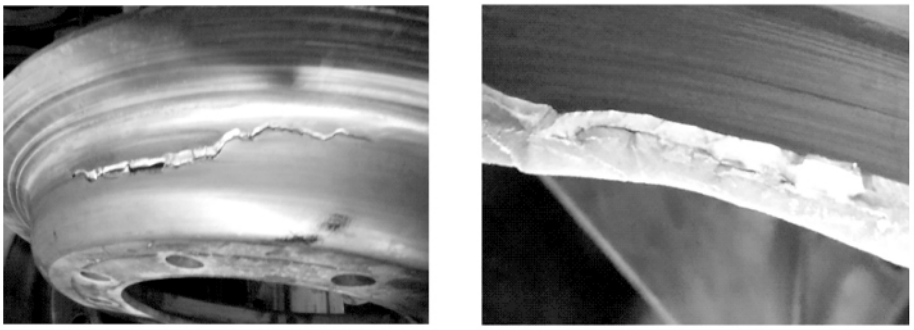


图1 DP590钢开裂断口

2 开裂原因分析

通过双相钢轮辐开裂试样化学成分、金相组织和中心偏析的分析，确定双相钢中心偏析是开裂的主要原因。

2.1 化学成分分析

取双相钢轮辐开裂试样，将试样抛光处理后，对断口位置进行化学成分分析见表1，化学成分满足设计成分要求。

表1 DP590双相钢化学成分(质量分数) %

项目	C	Si	Mn	P	S	Al
设计要求	0.05~0.08	0.30~0.50	1.50~1.70	≤0.020	≤0.010	0.020~0.050
DP590	0.07	0.40	1.60	0.016	0.001	0.04

对DP590双相钢铸坯的成分偏析情况进行了检测分析，选取DP590双相钢铸坯低倍检验结果为中心疏松2.0级、中心偏析B类1.5级的铸坯试样，分别在铸坯中心位置以及两侧内外弧厚度方向距中心5 mm、10 mm、55 mm和105 mm的位置取样进行化学成分分析，沿DP590铸坯厚度方向不同位置存在一定的成分偏析，偏析较为严重的位置在中心及距离中心5 mm外弧处，厚度方向的成分偏析和铸坯低倍检验结果具有一定的对应性。铸坯中心碳含量偏析比达到1.12，其它成分硫元素、磷元素、锰元素以及硅元素都存在着不同程度的偏析，如图2所示。

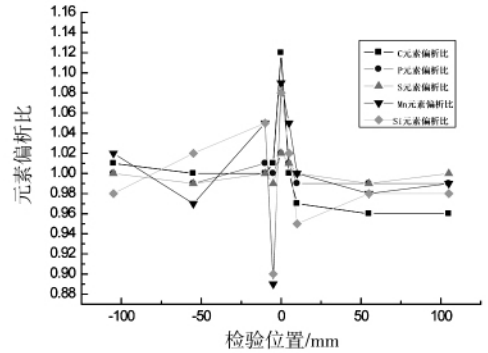


图2 铸坯成分偏析检验结果

2.2 金相组织分析

为了分析双相钢轮辐开裂原因，对DP590双相钢钢板未加工的母材部分和旋压减薄部位进行取样，试样抛光腐蚀后在金相显微镜下观察。发现未加工的母材和旋压减薄部位试样的中心位置都存在着马氏体连续带状组织，马氏体连续带状组织是导致钢板旋压加工过程中出现开裂的主要原因，如图3和图4所示。

2.3 中心偏析对金相组织的影响

为了验证DP590双相钢中心偏析对马氏体带状组织的影响，取不同批次铸坯中心偏析的钢板母材进行金相组织检验，一个批次母材存在轻微的马氏体带状组织见图5。对2个批次铸坯母材中心偏析为B类1.0级的钢板进行金相组织检验，钢板母材存在严重的马氏体带状组织，并存在中心裂纹，见图6。可见中心偏析是影响马氏体带状组织形成的重要原因。只有通过优化工艺控制手段，不断的改善中心偏析，防止钢板马氏体带状组织的形成，才能改善双相钢轮辐母材的开裂问题。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

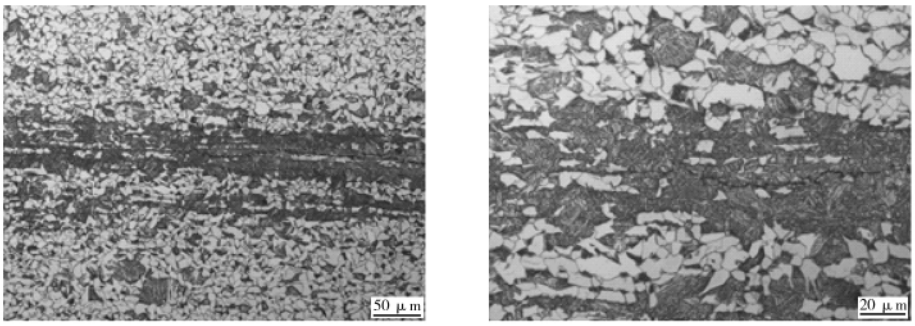


图 3　未加工的母材金相组织照片

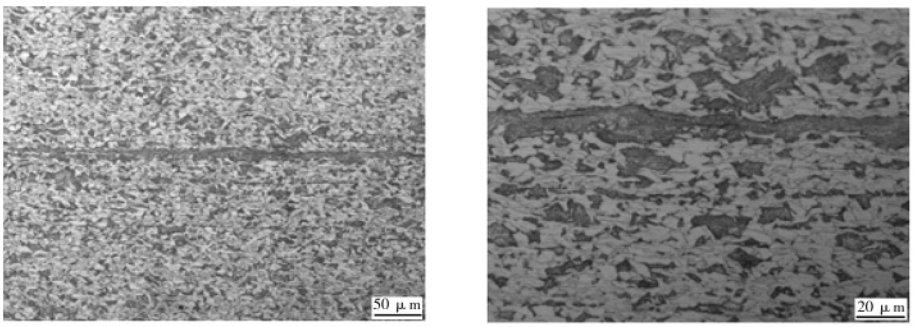


图 4　旋压减薄部位金相组织照片

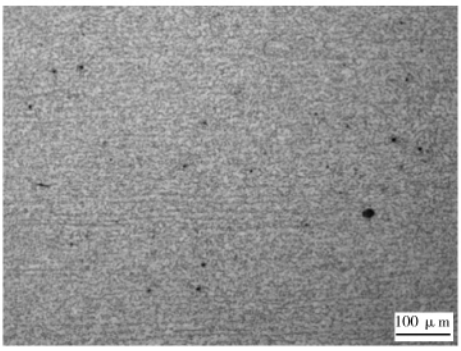


图 5　中心偏析 B 类 0.5 级金相组织照片

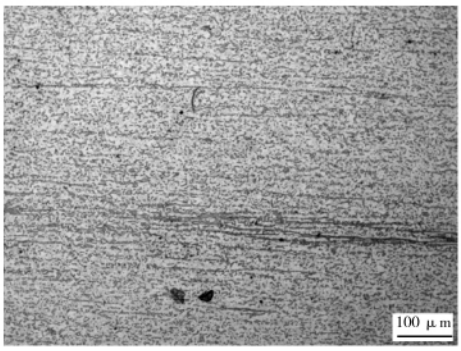


图 6　中心偏析 B 类 1.0 级金相组织照片

3　改进措施

为了改善 DP590 双相钢铸坯的中心偏析，降低 DP590 双相钢中心偏析到 B 类 1.0 级以下，提高铸坯内部质量，防止马氏体带状组织的形成。从优化设计成分出发、降低锰含量、控制磷含量、硫含量等，改善铸坯中心偏析，解决了 DP590 双相钢旋压加工过程开裂问题。

3.1　优化设计成分

DP590 双相钢锰元素含量较高，由于锰元素在凝固前沿偏聚，不可避免的造成板材不均匀组织分布。为了改善中心偏析，DP590 双相钢进行成分调整，DP590 双相钢设计成分锰含量由 1.60% 降低到 0.90%，同时添加了适量的铬元素，以补充降低锰含量导致的强度损失。

3.2　成分控制

钢中碳含量、硫含量及磷含量是形成铸坯中心偏析的主要因素，当铸坯中心碳含量、硫含量及磷含量较高时，造成碳、硫、磷元素严重偏析，同时合金元素在中心偏析带内富集，在铸坯轧制冷却过程改变了奥氏体稳定性，出现马氏体或贝氏体组织[3]。硫

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

含量和磷含量较高的双相钢，中心偏析带内有大量的硫化物和磷元素聚集，非金属夹杂物的变形程度与基体不一致，轧制过程中造成钢的内部裂纹。降低钢水的硫含量和磷含量，减轻硫含量和磷含量对偏析的影响。炼钢优化各工序控制，铁水采用深脱硫 KR 工序，经过 KR 脱硫处理 w[S] 在 0.002% 以内；转炉加优质低磷低硫废钢，采用双渣脱磷工艺，依靠高碱度、高氧化性、大渣量的炉渣进行深脱磷，降低钢水的磷含量；精炼炉降低钢中的氧和硫含量；RH 真空处理脱气去夹杂，提高了钢水的洁净度，改善了铸坯中心偏析。

3.3 铸机工序控制

连铸作为一种应用广泛的钢水凝固结晶的技术过程，连铸坯的质量对终端产品质量有着重要的影响，控制连铸坯中心偏析至关重要。在连铸过程中，钢水的非平衡凝固使得溶质元素在固相中不均匀分布，造成成分偏析。成分偏析造成铸坯材质不均匀，降低铸坯和钢铁产品的力学性能[4]，需采取措施改善铸坯中心偏析。

铸机采用低过热度浇注，控制精炼供钢水温度，减小铸坯柱状晶带的宽度，从而达到控制铸坯的凝固结构，降低铸坯成分偏析。铸坯的凝固末端采用轻压下技术，来补偿铸坯最后凝固的收缩，从而抑制残余钢水的流动，减轻或消除中心偏析。采用轻压下可以阻止收缩空隙形成、补偿最后凝固阶段的收缩，消除中心疏松及内部裂纹，减少中心宏观偏析。采用电磁搅拌技术，消除柱状晶“搭桥”，增大中心等轴晶区宽度，达到减轻或消除中心偏析，改善铸坯质量[5]。

4 结论

(1) DP590 双相钢心部位存在着连续马氏体带状组织，马氏体带状组织是导致钢板旋压加工过程中出现开裂的主要原因。

(2) 铸坯中心偏析对低倍组织影响较大，通过低倍检验分析中心偏析为 B 类 0.5 级的 DP590 双相钢钢板母材马氏体带状组织不明显，中心偏析为 B 类 1.0 级的 DP590 双相钢钢板母材存在严重的马氏体带状组织，可见中心偏析是影响马氏体带状组织形成的重要原因。

参 考 文 献

[1] 狄国标，陈连生，刘振宇，等. 低成本热轧双相钢组织性能研究 [J]. 轧钢，2007，24(5)：17－20.

[2] 傅世枢. 当代汽车用钢和超轻钢制汽车技术的开发 [J]. 汽车工艺与材料，2008，(2)：39－48.

[3] 陈训浩. 中心偏析原因、危害、评定以及预防 [J]. 冶金标准化与质量，1998，(4)：12－17.

[4] 陈辉，张立，赵素，等. 连铸中心偏析控制研究进展 [J]. 热加工工艺，2012，41(9)：45－51.

[5] 宋世雄，任晨辉，查显文. 消除连铸板坯中心偏析与中心疏松的研究 [J]. 重型机械，2017，(2)：37－40.

(上接第 54 页)

5 结束语

通过宏观及微观分析，厚壁 X80 管线钢 DWTT 落锤断口出现不同的断口形貌与材料的显微组织、偏析以及夹杂物等有直接的关系。一方面通过改进连铸工艺、优化电磁搅拌，使铸坯的夹杂物得以控制，偏析得到改善；另一方面通过优化轧制工艺，合理控制冷却及卷曲温度获得理想均匀的针状铁素体＋细小弥散分布贝氏体组织。

参 考 文 献

[1] 陈宏达，霍春勇，冯耀荣，等. 管线钢落锤撕裂实验方法的建立、应用及发展 [J]. 钢铁研究学报，2005，17(6)：1－5.

[2] 李国宝，徐洪庆，彭海红. 管线钢落锤性能的影响因素分析 [J]. 宽厚板，2006，12(6)：5－8.

[3] 徐勇，文小明. 厚规格高级别管线钢 X80 的研究与开发 [J]. 金属世界，2015，(4)：31－34.

[4] 饶添荣，李杰. X80 管线钢 DWTT 试验断口分离原因分析 [J]. 上海金属，2011，33(6)：54－56.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net