大直径连轧管机芯棒的研制*

成海涛¹, 吴晓春²

(1. 攀钢集团成都钢钒有限公司, 四川 成都 610303; 2. 上海大学, 上海 200444)

摘要: 分析了大直径连轧管机芯棒的使用条件, 提出了连轧管机芯棒用钢的化学成分, 芯棒热处理工艺和芯棒表面镀铬层质量控制措施。研制出的芯棒用 H13 钢的主要理化指标符合北美压铸协会 NADCA 207-2006《优质和超级 H13 钢材和热处理验收》标准对优质热作模具钢的质量要求。芯棒的组织、性能、寿命均达到了国际先进水平, 其制造成本比进口芯棒降低了 28% 左右。

关键词: 大直径连轧管机; 芯棒; 成套制造加工; 使用效果

中图分类号: TG333.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2009)05-0067-03

R & D of Mandrel for Large-sized MPM

Cheng Haitao¹, Wu Xiaochun²

(1. Pangang Group Chengdu Steel and Vanadium Co., Ltd., Chengdu 610303, China;

2. Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: Operational conditions of the mandrel of the large-sized MPM are analyzed, resulting in determination of the MPM mandrel-purpose steel, the heat treatment process for the mandrel and control measures for quality of the mandrel surface chromium-coating. The main physiochemical targeted values of the H13 Steel as developed for making the said MPM mandrel have been up to the requirements for quality of the hot-work die steel as specified under Specification NADCA 207-2006—*Quality Super H13 Steel and Heat Treatment Acceptance*. As a result, the structure, properties and service span of the mandrel have also been up to relevant advanced international level, whereas manufacture cost thereof is 28% lower than that of the imported ones.

Key words: Large-sized MPM; Mandrel; Package production; Operational effectiveness

0 引言

芯棒是连轧管机组最重要的变形工具之一, 轧制过程中芯棒的服役条件十分恶劣, 其表面承受着压应力、摩擦力和冷热交变应力等。芯棒的破坏形式主要有表面热疲劳龟裂、机械划伤、剥落掉块、镀铬层损坏等。芯棒质量的好坏, 关系到轧制过程

能否顺利进行, 所轧钢管质量能否满足标准要求, 以及钢管制造成本的高低。

目前, 大直径限动芯棒连轧管机组所使用的芯棒绝大部分依赖进口, 特别是 $\Phi 280$ mm 以上规格的大直径芯棒因制造十分困难而全部依靠进口。进口芯棒不仅价格十分昂贵, 且交货期不能控制, 对生产造成一定影响。

据资料^[1]报道, 2008 年我国无缝钢管产量已达 2 018 万 t。据不完全统计, 我国已投产和即将投产的连轧管机组共有 26 套, 连轧管机组年产能可在 1 000 万 t 以上, 按照连轧管机组平均消耗芯棒 1.0 kg/t 管计算, 年消耗芯棒近 1 万 t, 已经出现供不应求的局面。由此可见, 连轧管机芯棒国产化工作十分必要。2007 年攀钢集团成都钢铁有限责任公

* 本项目相关内容已申请国家发明专利 3 项(申请号: 200910059502.0 等), 实用新型专利 3 项(申请号: 200920081475.2 等)。

成海涛(1958-), 男, 副总经理, 教授级高级工程师, 享受国务院政府特殊津贴。中国钢标准化技术委员会钢管分技术委员会主任委员、中国金属学会轧钢学会钢管学术委员会常务副主任委员兼秘书长、《钢管》杂志社社长/主编。长期从事无缝钢管生产科研、技术管理工作。

司(简称攀成钢公司)与上海大学联合成立了《大直径连轧管机芯棒国产化研究》项目课题组,历时2年,通过开展相关研制工作,于2009年7月开发出具有自主知识产权的大直径连轧管机芯棒。本文将对芯棒试制工艺及使用情况进行介绍。

1 芯棒试制

1.1 工艺路线

1) 模拟试样试制

根据芯棒的质量要求,制订了芯棒的技术条件。在实验室条件下采用计算机对芯棒热处理工艺参数进行模拟,并试制出模拟热处理工艺参数条件下的芯棒试样;对模拟试样的理化性能和金相组织进行检测、分析,不断优化芯棒的热处理工艺参数。

表1 芯棒用 H13(4Cr5MoSiV1)钢化学成分(质量分数)

牌 号	C	Mn	Si	S+P	S	Cr	Mo	V
H13(4Cr5MoSiV1)	0.30~0.38	≤0.60	0.70~1.20	≤0.020	≤0.008	4.50~5.50	1.00~1.50	0.80~1.20

注:钢中[H]≤0.000 2%, [O]≤0.003 0%。

1.3 芯棒用 H13 钢的冶炼

芯棒用 H13 钢采用电炉冶炼+真空冶炼+电渣重熔的冶炼工艺流程,大大降低了钢中的 S、P 等有害元素含量,减少了钢中的夹杂物,夹杂物形态也得到了有效控制,提高了钢的纯净度。

选用有效直径为 1 000 mm、重量达 16 t 的大型电渣锭,以保证后续锻造过程中的形变量。在电渣重熔过程中,控制电极棒的熔化速度,加强水冷效果,优化电渣锭结晶条件,以改善凝固组织,降低偏析;同时优化电渣重熔渣系组成,改善重熔过程中的渣洗效果,尽可能降低钢中的夹杂物,从而提高了芯棒坯的冶金质量。经检验,芯棒用 H13 钢达到了北美压铸协会 NADCA 207-2006《优质和超级 H13 钢材和热处理验收》标准对优质热作模具钢冶金质量的要求。

1.4 芯棒热处理工艺

针对大直径连轧管机芯棒的质量要求和芯棒用 H13 钢的成分特点,基于计算机模拟的芯棒热处理工艺参数,制定了淬火+硬化处理+二次回火处理的芯棒热处理工艺路线。

淬火加热温度为 1 000~1 080 ℃,采用适宜的淬火冷却速度,以期获得较理想的淬火组织。淬火之后,在 500 ℃左右的温度条件下进行二次硬化处理;之后,再在 640 ℃左右的温度下进行第一次回

2) 芯棒试制工艺流程

在模拟试样试制的基础上,确定了芯棒制造工艺流程:电炉冶炼+钢包炉精炼(真空脱气)→电渣重熔→高温均质→锻造及球化退火→粗车→调质处理→矫直及去应力退火→精车→镀铬及磷化。

1.2 芯棒用钢的化学成分选择

课题组分析比较了法、德等国大直径芯棒的合金化特点,运用宝钢近年建成的世界先进的优质模具钢生产装备,结合积累的高品质热作模具钢生产技术经验,在 H13 钢的成分范围内,基于 Jmatpro 相图优化分析结果和以期提高芯棒的高温强度、高温耐磨性和热稳定性,从而达到提高芯棒的高温服役性能和使用寿命的目的,确定了如表 1 所示的芯棒用 H13 钢的化学成分。

火处理,得到所需要的回火组织;为稳定该回火组织,还须进行第 2 次回火处理。由于在 500 ℃左右的温度条件下进行了二次硬化处理,芯棒内的 Mo、V 等合金碳化物弥散析出,对位错起到了钉扎作用,提高了芯棒的强度和热稳定性。

芯棒用 H13 钢在锻造、机加工并经过上述热处理后的金相组织达到了北美压铸协会 NADCA 207-2006《优质和超级 H13 钢材和热处理验收》标准要求。

国家钢铁材料检测中心对试制芯棒试样进行检测、对比后从以下几个方面得出结论:

(1) 成分均匀性。试制芯棒的表面碳和心部碳以及合金元素的均匀性均高于进口芯棒。

(2) 非金属夹杂物水平。参照 ASTM E 45 标准检验,试制芯棒的夹杂物水平略优于进口芯棒。检测结果见表 2。

(3) 微观金相组织。参照北美压铸协会 NADCA 207-2006《优质和超级 H13 钢材和热处理验收》标准进行检验,试制芯棒心部淬火组织优于进口芯棒心部淬火组织。

(4) 晶粒度。试制芯棒晶粒度达到北美压铸协会 NADCA 207-2006《优质和超级 H13 钢材和热处理验收》标准规定的大于 7.0 级的要求,检测结果为 7.5 级。

表 2 试制芯棒与进口芯棒非金属夹杂物评级对比

芯棒	级											
	A		B		C		D		A+C		B+D	
	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系
试制	1	0.5	1	0	0	0	0.5	0	1	0.5	1.5	0
进口	1	0.5	1	0	0	0	1	0	1	0.5	2.0	0

(5) 热稳定性。对比试验表明, 试制芯棒热稳定性略高于进口芯棒。

1.5 镀铬质量控制

经分析认为, 影响芯棒表面镀铬层质量的因素包括芯棒表面粗糙度、镀铬时芯棒前进速度、镀液成分、镀液温度、电流大小及分布。

芯棒表面镀铬层质量控制措施: 采用粗糙度仪测量芯棒的表面粗糙度, 每一点的表面粗糙度应在 R_a 0.2~0.6 范围内, 并且相邻处表面粗糙度相差不能太大。

芯棒镀铬时的前进速度依据芯棒规格大小和所要求达到的镀层厚度而定。要求将芯棒的前进速度控制在 1.2~2.0 m/h, 镀层厚度为 55~65 μm , 镀层硬度为 58~65HRC。

随时检测镀槽中的镀液浓度, 并补充适量的介质; 随时检查镀槽中镀液的温度, 保持温度恒定。

检验结果表明, 通过采取上述质量控制措施, 芯棒表面镀铬层达到了规定的质量指标要求。

2 芯棒使用情况

将 2 支试制的 $\Phi 358.1$ mm 芯棒和 3 支同规格进口芯棒编成一组, 同时在攀成钢公司 $\Phi 340$ mm 连轧管机组投入使用。从 2008 年 11 月 3 日起到 2009 年 4 月 30 日止, 该组芯棒一共投入使用了 9 次, 累计轧制合格钢管 12 802 支。之后, 按照《芯棒工作段的检查、验收和报废技术条件》对芯棒进行检查后认为, 该组芯棒需下线重新进行加工, 以用于高质量钢管的生产。该组芯棒生产的主要品种包括油井管、管线管、锅炉管、机械结构用管、高压容器管等, 经质量部门检测, 产品质量满足相应的产品标准要求。试制芯棒与进口芯棒轧制的钢管数量见表 3。

表 3 试制芯棒与进口芯棒轧制的钢管数量

芯棒	编号	芯棒使用次数									合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		试制	4904	196	452	210	469	360	360	167	
	4931	196	452	230	489	359	292	177	142	226	2 563
	4925	196	452	230	485	359	296	177	142	223	2 560
进口	4928	196	452	230	478	359	303	178	142	221	2 559
	4929	196	452	230	478	359	303	177	142	223	2 560

使用结果表明, 试制芯棒使用寿命达到了进口芯棒的同等水平。

3 结 语

国家钢铁材料测试中心对进口芯棒和试制芯棒的相关指标(化学成分、室温布氏硬度、组织结构、红硬性、力学性能等)进行了检测。由检验报告及试用情况可知, 开发的大直径连轧管机芯棒达到国外同类产品的实物质量水平。

试制的大直径连轧管机芯棒的使用寿命达到了进口芯棒的同等水平, 能够替代进口, 从而实现了

大直径连轧管机芯棒的国产化。

4 参考文献

- [1] 严泽生. 扩大内需 调整结构 战胜危机 实现钢管业健康发展[J]. 钢管, 2009, 38(2): 1-5.

注: 本项目的主要研究人员还有闵永安、康强、邵光杰、柳国民、许珞萍、滕建明、徐明华、卢庆、韩伟、黄英等。

(修定日期: 2009-08-21)