



注塑机用钢 CL.516D 的开发生产实践

王超, 张涛, 马玉超

(山东寿光巨能特钢有限公司, 山东 寿光 262711)

摘要:根据技术协议要求,结合产品服役条件,设计了钢的化学成分内控要求,制定了相应的冶炼、轧制及退火工艺,山东寿光巨能特钢有限公司成功开发生产了注塑机用钢 CL.516D。产品质量统计表明,屈服强度 846~985 MPa,抗拉强度 989~1127 MPa,断后伸长率 16.5%~20%,20℃冲击功 66~95 J;低倍组织良好,一般疏松 0~1.0级,中心疏松 1.0~1.5级,锭型偏析 0~1.0级;钢材的纯净度较好,晶粒度 7~8.5级。产品的各项性能指标满足技术协议要求。

关键词:注塑机用钢;CL.516D 钢;力学性能;疏松;锭型偏析

中图分类号: TG335.6

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2017)06-0024-03

1 前言

注塑机又名注射成型机或注射机,是将热塑性塑料或热固性塑料利用塑料成型模具制成各种形状的塑料制品的主要成型设备。拉杆是注塑机合模机构产生合模力的重要高刚度弹性零件,直接关系到合模机构的运行可靠和使用寿命,关系到最终注塑产品的质量^[1]。

本次试制生产的注塑机拉杆用钢 CL.516D 规格为 $\Phi 95 \sim \Phi 180$ mm,原材料经车削加工、调质处理、再次车削后用作注塑机的拉杆,没有二次锻造加工。因此对原材料的低倍组织要求非常严格,同时为了

保证钢材的使用性能,要求钢材具有较高的淬透性,以保证钢材的力学性能能够满足用户的使用要求。山东寿光巨能特钢有限公司在现有生产 42CrMoA 钢的基础上,对化学成分进行调整,保证钢材的 DI 值 ≤ 170 ,同时对冶炼及轧制工艺进行优化,确保钢材的低倍组织、力学性能及淬透性等指标均能够达到要求。

2 产品设计及工艺流程

通过了解用户使用要求,结合生产 42CrMoA 钢模拟热处理检验结果及用户技术协议给出的成分范围,最终确定的材料化学成分控制要求见表 1。

表 1 CL.516D 钢要求及内控化学成分 %

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Als	Cu
要求	0.40~0.46	0.17~0.37	0.90~1.00	≤ 0.025	≤ 0.025	1.10~1.20	0.20~0.30		≤ 0.25
内控	0.42~0.44	0.23~0.27	0.93~0.98	≤ 0.012	≤ 0.010	1.13~1.18	0.26~0.27	0.015~0.025	≤ 0.10

为了保证材料的淬透性,特别是大规格材料的淬透性,材料的 Mn、Cr、Mo 合金含量均按协议的中上限进行控制,同时为保证材料的低温冲击性能,材料的 C、Si 含量按协议的中限控制,加严了 P、S 及 Cu 含量的控制。该钢种经车削加工后调质使用,中间没有锻打工序,要求钢材外表面至直径 13% 深度范围内,不允许存在锭型偏析及疏松点。为此在冶炼过程中通过弱化电磁搅拌,适当提高过冷度,增加二冷比水量和降低拉速来减轻易偏析元素在等轴晶转变处的富集^[2],轧制过程通过增加高温扩散时间,增大初道次压下量,使锭型偏析向钢材内部转移,以达到减轻钢材锭型偏析级别甚至是消除锭型偏析的目的。

工艺流程:80%高炉铁水热装 \rightarrow 80 t 顶底复吹转炉 \rightarrow 70 t LF 炉外精炼 \rightarrow VD 真空脱气 \rightarrow R17 m 三机三流连铸机连铸生产 $\Phi 600$ mm 连铸坯 \rightarrow 热送(冷送) \rightarrow 双蓄热步进梁式加热炉 \rightarrow 高压水除鳞 \rightarrow $\Phi 1350$ 二辊可逆开坯机 \rightarrow $\Phi 950$ 精轧机 \rightarrow 热锯锯切 \rightarrow 冷床收集 \rightarrow 入坑缓冷 \rightarrow 出坑退火 \rightarrow 表面检查 \rightarrow 内部超探 \rightarrow 包装 \rightarrow 计量、标识、入库。

3 工艺控制要点及分析

3.1 冶炼工序

因本钢种对夹杂物、低倍组织及有害残余元素要求较严,生产时要求:1) 冶炼时需确认铁水 P 含量,选用 $P \leq 0.125\%$ 的铁水冶炼本钢种;2) 因本钢种要求钢材的奥氏体晶粒度 ≤ 6 级,生产时 Als 按 0.015%~0.025% 控制;3) 精炼时严控过热度,保证控制在 20~30℃;4) 加强真空脱气,真空度 < 59 Pa 保持时间 > 15 min;5) 连铸时确保结晶器液面稳定,不

收稿日期:2017-09-04

作者简介:王超,男,1984年生,2007年毕业于山东理工大学材料科学与工程专业。现为山东寿光巨能特钢有限公司市场开发部工程师,从事新产品开发工作。

出现波动,目标拉速 0.24 m/min,二冷配水按强冷执行,结晶器电搅参数按 150 A/1.6 Hz 设定,末端电磁搅拌参数按 350 A/4.5 Hz 设定。

3.2 轧制工艺

为减轻大规格连铸坯成分偏析,加热时严控加热温度以及保温时间:预热段炉气温度 $\geq 800\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间 $> 150\text{ min}$;加热段炉气温度 $1\ 200\sim 1\ 240\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间 $\leq 360\text{ min}$;均热段炉气温度在 $1\ 210\sim 1\ 230\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间 $\leq 260\text{ min}$ 。初轧机采用大压下量的轧制工艺,以提高渗透变形程度,减轻钢材内部疏松及锭型偏析级别。钢材经冷床收集后及时入坑缓冷,入坑温度 $\leq 560\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 退火工艺

为保证钢材具备合适的车削加工硬度,钢材出坑后先进行矫直(避免退火后矫直产生内应力造成后续热处理变形或弯曲),然后进行退火处理,钢材入炉升温至 $760\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保温 4 h,随炉冷却至 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后保温 2 h,随炉冷却至 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后出炉空冷。

4 产品实物质量检测分析

4.1 化学成分及力学性能

对试生产的 60 余炉 CL516D 钢进行检验分析,钢材调质处理后 ($870\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保温 260 min 油淬 + $610\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保温 260 min 水冷),端面弃去 50 mm 以上再切取力学性能试样,试样取样位置在钢材 1/3 直径处。CL516D 钢的机械性能要求及统计结果见表 2。钢材的综合力学性能良好,尤其是大规格材料的性能均能满足协议要求,证明材料的淬透性较好。

表 2 CL516D 钢力学性能

项目	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A/\%$	$20\text{ }^{\circ}\text{C}\ A_{kv}/\text{J}$
要求	≥ 650	≥ 850	≥ 12	≥ 50
统计	846~985	989~1 127	16.5~20	66~95

4.2 钢材低倍组织

钢材经热酸浸蚀后的低倍组织良好,一般疏松 0~1.0 级,中心疏松 1.0~1.5 级,锭型偏析 0~1.0 级。一般疏松及锭型偏析级别低,个别大规格 ($\Phi 175$ 、 $\Phi 180\text{ mm}$ 规格)中心疏松 1.5 级,其余规格为 1 级。 $\Phi 100$ 、 $\Phi 130$ 、 $\Phi 160$ 及 $\Phi 180\text{ mm}$ 规格的低倍组织见图 1。

对材料的疏松点距边缘的距离进行统计,所有规格的钢材都符合疏松点距边 13% 直径深度范围内不允许存在疏松点的要求,统计结果见表 3。

4.3 晶粒度及夹杂物

钢材的奥氏体晶粒细小均匀,晶粒度 7~8.5 级,钢材的带状组织 2 级以下,同时钢材的纯净度较好,见表 4。

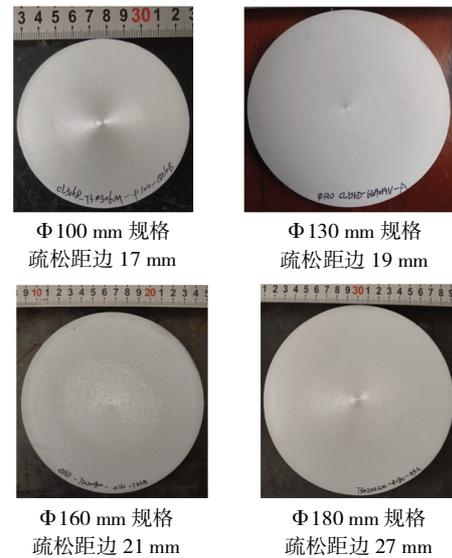


图 1 CL516D 钢不同规格低倍组织及疏松情况

表 3 疏松点距边缘距离统计情况

规格/mm	疏松点距边 最小距离/mm	疏松点距边距离 与直径比
$\Phi 100$	15~21	15.0~21.00
$\Phi 110$	15~23	13.6~20.90
$\Phi 115$	16~22	13.9~19.10
$\Phi 130$	18~25	13.8~19.20
$\Phi 155$	21~27	13.5~17.40
$\Phi 160$	21~28	13.1~17.50
$\Phi 175$	24~29	13.7~16.60
$\Phi 180$	25~28	13.8~15.60

表 4 CL516D 钢夹杂物级别

A 类		B 类		C 类		D 类	
粗	细	粗	细	粗	细	粗	细
0~0.5	0~1.5	0~1.0	0~1.0	0~1.5	0~2.0	0~1.5	0~1.0

5 结 语

CL516D 是在 42CrMoA 基础上通过对化学成分进行适当调整,使材料的淬透性得到改善,尤其是大规格材料经整体热处理后性能指标达到协议要求,通过对连铸及轧制工艺进行优化,钢材能够稳定满足协议要求的钢材表面至直径 13% 范围内无疏松点的要求。

自该钢种试制成功后,批量生产约 4 800 t 并交付用户,全部用于制作注塑机拉杆,通过对用户加工、使用过程进行跟踪了解到,材料在使用过程中质量稳定,各项指标均能满足用户要求,获得用户认可。此次生产的注塑机用钢,不仅是公司铬钼钢向更大规格迈进的一次突破,更是铬钼钢走向不同加工用途的一次全新尝试,将会使山东寿光巨能特钢有限公司钢材在注塑机用钢市场占有一席之地,同时会进一步提升产品知名度。

参考文献:

[1] 黄步明, 许忠斌. 高速超精密注塑机的技术进展及发展动向[J]. 工程塑料应用, 2002, 30(12): 47-49.

[2] 许伟阳. 连铸齿轮钢矩形坯碳“锭型”偏析的形成与控制[D]. 北京: 钢铁研究总院, 2012: 95.

Development and Production Practice of CL.516D Steel for Injection Molding Machine

WANG Chao, ZHANG Tao, MA Yuchao

(Shandong Shouguang Juneng Special Steel Co., Ltd., Shouguang 262711, China)

Abstract: According to technology agreement requirements, combining the service conditions of the product, internal control requirements for chemical composition of steel were designed and the corresponding smelting, rolling and annealing processes were worked out. Shandong Shouguang Juneng Special Steel Co., Ltd. successfully developed and produced the steel CL.516D for injection molding machine. The quality statistics showed that the yield strength is 846-985 MPa, the tensile strength is 989-1 127 MPa, percentage elongation after fracture is 16.5%-20%, the impact energy at 20 °C is 66-95 J. The macrostructure is good, general porosis is grade 0-1.0, center porosis is grade 1.0-1.5, the pattern segregation is grade 0-1.0. The purity of steel is better and the grain fineness grade 7-8.5. Each performance index of the product meets the technical agreement requirements.

Key words: steel for injection molding machine; CL.516D steel; mechanical properties; porosity; square segregation

(上接第 21 页)

5 结论

莱钢采用配料→100 t 电炉冶炼→LF 精炼 +VD 真空脱气处理→连铸→热送 / 入坑缓冷→轧制→精整工艺生产 AISI4137H 钻杆接头用钢工艺路线正确可行。通过优化设计化学成分, 合理制定炼钢、连铸、

轧制各项工艺参数, 生产的钢材组织致密、晶粒细小、洁净度高、淬透性好、力学性能稳定, 较好地满足了作为钻杆接头用钢的技术要求。

参考文献:

[1] 赵金凤, 余世杰, 袁鹏斌, 等. 加重钻杆接头刺漏原因分析[J]. 石油矿场机械, 2014, 43(8): 47-51.
[2] 杨志宁. 天铁 26CrMo4 圆管坯生产实践 [J]. 天津冶金, 2015 (6): 9-11.

Development and Production Practice of AISI4137H Steel for Drill Pipe Joint

YUAN Shujun

(Laiwu Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

Abstract: By optimizing the chemical composition, rationally formulating the key control parameters of smelting, continuous casting and rolling process, AISI4137H steel for drill pipe joint was successfully developed. The product quality testing show that: the steel is compact in structure, the central porosis is grade 0.5-1.0, the grain size is fine between grade 7-8, the cleanliness is higher, hardenability is better and the mechanical properties is stable, the minimum strength value is higher than the standard requirement of 30 MPa or more, and the low temperature impact energy at -20 °C is 84-108 J, which meets the steel standard and application requirement of the drill pipe joint.

Key words: drill pipe joint steel; AISI4137H steel; hardenability; high cleanliness

(上接第 23 页)

Development and Production of Weldable High Strength Steel Bar 500B

HAN Xiaoyu

(HBIS International Xuanhua Branch, HBIS Group, Xuanhua 075100, China)

Abstract: The production technology of weldable high strength steel bar 500B is slag-converter-LF refining furnace-12 machine 12 stream continuous casting machine (165 square electromagnetic stirring) - bar rolling in Xuan steel. The detailed key points of process control in the steelmaking, refining, continuous casting, rolling process were made. The actual production situation showed that the overall performance is better and stable. After welding, the product has good weldability. Such as the yield strength (549 MPa) is decreased by 2 MPa, the tensile strength (697 MPa) is increased by 1 MPa, the tensile fracture is ductile, and the fracture process occurs in the base metal.

Key words: high-strength bar 500B; welding performance; mechanical property; development

