



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103361547 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201210092207. 7

JP 特开 2009-203549 A, 2009. 09. 10, 全文.

(22) 申请日 2012. 03. 30

JP 特开 2011-225975 A, 2011. 11. 10, 全文.

(73) 专利权人 鞍钢股份有限公司

审查员 于霞

地址 114021 辽宁省鞍山市铁西区鞍钢厂区内

(72) 发明人 刘仁东 吕家舜 王旭 徐荣杰
王科强 林利 徐鑫

(51) Int. Cl.

G22C 38/04(2006. 01)

G21D 8/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101638749 A, 2010. 02. 03, 第2页第4段,
第3页第13段-第4页第6段.

CN 102021472 A, 2011. 04. 20, 全文.

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种冷成型用超高强度钢板的生产方法及钢板

(57) 摘要

本发明提供一种冷成型用超高强度钢板的生产方法及钢板,该方法包括冶炼、铸造、热轧、冷轧,冷轧钢板在带有快冷处理的连续退火生产线加热到奥氏体温度后保温一段时间,而后进行淬火处理,得到M+A为主要组织的钢板,然后在罩式退火炉内进行分配处理。该钢板的成分质量百分数为:C 0.02%~0.60%, Si 0.05%~3.5%, Mn 0.20%~3.50%, $0.005\% \leq P \leq 0.50\%$, $S \leq 0.05\%$, Al 0.02%~3.00%, $Cr \leq 0.50\%$, $Ni \leq 3.00\%$, $Cu \leq 0.50\%$, $Mo \leq 1.50\%$, $V \leq 0.50\%$, $Ti \leq 0.20\%$, $Nb \leq 0.20\%$, 余量为Fe和不可避免的杂质。采用本发明方法生产的钢板具有强度高、可冷成型的优点,而且有效解决了Q&P钢工业化生产的工艺路线。

1. 一种冷成型用超高强度钢板的生产方法,包括冶炼、铸造、热轧、冷轧,其特征在于冷轧钢板在带有快冷处理的连续退火生产线上加热到奥氏体温度后保温一段时间,而后进行淬火处理,得到 M+A 为主要组织的钢板,然后在罩式退火炉内进行分配处理;所述钢板的成分质量百分数为:C 0.02%~0.60%, Si 0.05%~3.5%, Mn 0.20%~2.50%, $0.005\% \leq P \leq 0.50\%$, $S \leq 0.05\%$, Al 0.60%~3.00%, $Cr \leq 0.50\%$, $Ni \leq 3.00\%$, $Cu \leq 0.50\%$, $Mo \leq 1.50\%$, $V \leq 0.50\%$, $Ti \leq 0.20\%$, $Nb \leq 0.20\%$,余量为 Fe 和其它不可避免的杂质;所述连续退火生产线的加热温度为 700~900℃,保温时间为:10 秒-180 秒,淬火冷却速度在 30℃/s~2000℃/s,淬火后钢板的温度控制在室温~400℃,然后在此温度保温 20 秒-300 秒,然后缓冷至室温;在所述罩式退火炉内进行分配处理的温度为 200~600℃,分配处理的时间为 10min~100h。

2. 根据权利要求 1 所述的冷成型用超高强度钢板的生产方法,其特征在于依据所述钢板合金元素含量对连续退火处理后的钢板进行酸洗、烘干处理。

3. 根据权利要求 1 所述的冷成型用超高强度钢板的生产方法,其特征在于对酸洗烘干后的钢板进行电镀镍、电镀锌或电镀铁处理。

4. 根据权利要求 1 所述的冷成型用超高强度钢板的生产方法,其特征在于依据所述钢板合金元素含量对罩式退火炉分配处理后的钢板进行酸洗、烘干处理。

5. 一种权利要求 1~4 中任一权利要求所述方法生产的冷成型用超高强度钢板,其特征在于所述钢板的成分质量百分数为:C 0.02%~0.60%, Si 0.05%~3.5%, Mn 0.20%~2.50%, $0.005\% \leq P \leq 0.50\%$, $S \leq 0.05\%$, Al 0.60%~3.00%, $Cr \leq 0.50\%$, $Ni \leq 3.00\%$, $Cu \leq 0.50\%$, $Mo \leq 1.50\%$, $V \leq 0.50\%$, $Ti \leq 0.20\%$, $Nb \leq 0.20\%$,余量为 Fe 和其它不可避免的杂质。

一种冷成型用超高强度钢板的生产方法及钢板

技术领域

[0001] 本发明属于金属热处理技术领域,具体涉及一种冷成型用超高强度钢板的生产方法和用该方法生产的超高强度钢板。

背景技术

[0002] 近年来,人们对环保、资源和能源的重视不断加强,对汽车的安全标准要求也不断提高,为了满足节能和安全的要求,要求汽车向轻量化发展,其中以相变强化为主的先进高强度汽车用钢的开发和应用已成为世界各大钢铁公司研究的主流课题之一。

[0003] 长期以来,传统的淬火和回火工艺被用于生产含马氏体组织的高强度钢。淬火形成的马氏体可提高钢的强度,回火消除内应力,使马氏体内析出碳化物和残余奥氏体分解,以调整钢的塑韧性。一些研究工作已经揭示:在淬火过程中,马氏体条间的残余奥氏体会增碳,早期的文献也讨论过碳在马氏体和残余奥氏体间的分配,以及在含硅钢中贝氏体相变时碳会向奥氏体扩散,形成无碳化物贝氏体,然而由于淬火温度较低,淬火后仅有少量原子扩散以及回火时明显发生了其它相变,所以碳由马氏体向残余奥氏体分配以稳定奥氏体的问题并未引起重视,更没有发展成钢的热处理工艺。

[0004] 最近,开发和研究了含硅和锰的在贝氏体区等温淬火形成的 TRIP 钢 [E. De Moor, S. Lacroix, L. Samek, J. Penning and J. G. Speer, Dilatometric Study of the Quench and Partitioning Process, The 3rd International Conference on Advanced Structural Steels Gyeongju, Korea, August 22-24, 2006]。受此启示,美国人将中碳高硅钢 (0.35C-1.3Mn-0.74Si) 进行淬火处理,再在 MS2Mf 之间一定温度等温,使碳由马氏体分配至残余奥氏体,以稳定残余奥氏体,提高钢的塑韧性 [M. J. SANTOFIMIA, L. ZHAO, and J. SIETSMA, Microstructural Evolution of a Low-Carbon Steel during Application of Quenching and Partitioning Heat Treatments after Partial Austenitization, METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A, VOLUME 40A, JANUARY 2009, 46-57]。这一新工艺被称为淬火和分配 (Q&P——Quenching and Partitioning) 工艺。此工艺引起了国际上的关注。

[0005] Q&P 处理工艺过程为 [徐祖耀, 淬火-碳分配-回火 (Q-P-T) 工艺浅介 [J], 金属热处理, 第 34 卷第 6 期, 2009 年 6 月。]: 首先对钢进行奥氏体化 (完全奥氏体化, 即在 A_{c3} 以上保温或部分奥氏体化即在 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间保温), 然后淬火至马氏体转变开始温度 (M_s) 与终结温度 (M_f) 之间的某一温度, 再进行碳的分配处理, 最后冷却至室温。在淬火温度等温进行碳分配处理, 称为一步 Q&P 法。如果加热到淬火温度以上进行碳分配处理, 称为两步 Q&P 法。

[0006] 国内 [徐祖耀. 钢热处理的新工艺 [J]. 热处理, 2007, 22(1): 1, 董辰, 江海涛, 陈雨来, 唐荻, 程知松, 热处理工艺对 Q&P 钢微观组织及力学性能的影响 [J], 上海金属, 第 31 卷第 4 期 2009 年 7 月]、国外 [Matlock D K, Krauss G. Speer J G. Microstructures and Properties of Direct Cooled Forging Steels [J]. Materials Processing Technology,

2001,117 :324 ;Matlock D K,Brautigam V E,Speer J G.Application of the Quenching and Partitioning(Q&P)Process to a Medium-Carbon High Si Microalloyed Bar Steel[J].Mater Sci Forum,2003,4262432 :1089 ;S. S.Nayak, R. Anumolu, R. D. K. Misra, K. H. Kim, D. L. Lee, Microstructure-hardness relationship in quenched and partitioned medium-carbon and high-carbon steels containing silicon, Materials Science and Engineering A 498 (2008)442-456 ;A. J. Clarke*, J. G. Speer, M. K. Miller, R. E. Hackenberg, D. V. Edmonds, D. K. Matlock, F. C. Rizzo, K. D. Clarke, E. De Moor, Carbon partitioning to austenite from martensite or bainite during the quench and partition(Q&P)process :A critical assessment, Acta Materialia 56 (2008)16-22] 的材料工作者近年来都致力于 Q&P 钢的工艺及成分、组织的研究工作,但一般都仅限于实验室研究,没有工业生产方面的报道。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服上述现有技术所存在的不足,提供一种可实现 Q&P 钢板生产的冷成型用超高强度钢板的生产方法,以及应用该方法生产出的具备冷成型性能的超高强度钢板。

[0008] 本发明是这样实现的,该冷成型用超高强度钢板的生产方法包括冶炼、铸造、热轧、冷轧,其特点是冷轧钢板在带有快冷处理的连续退火生产线加热到奥氏体温度后保温一段时间,而后进行淬火处理,得到 M+A 为主要组织的钢板,然后在罩式退火炉内进行分配处理。

[0009] 本发明生产方法所述钢板的成分质量百分数为 :C 0.02%~0.60%, Si 0.05%~3.5%, Mn 0.20%~3.50%, $0.005\% \leq P \leq 0.50\%$, $S \leq 0.05\%$, Al 0.02%~3.00%, $Cr \leq 0.50\%$, $Ni \leq 3.00\%$, $Cu \leq 0.50\%$, $Mo \leq 1.50\%$, $V \leq 0.50\%$, $Ti \leq 0.20\%$, $Nb \leq 0.20\%$,余量为 Fe 和其它不可避免的杂质。

[0010] 本发明生产方法所述连续退火生产线的加热温度为 700~900℃,保温时间 10 秒-180 秒,淬火冷却速度在 30℃/s~2000℃/s,淬火后钢板的温度控制在室温~400℃,然后在此温度保温 20 秒-300 秒后缓冷至室温;所述罩式退火炉内进行分配处理的温度为 200~600℃,分配处理的时间为 10min~100h。

[0011] 本发明生产方法可以依据钢板合金元素含量的多少选择对钢板的酸洗、烘干处理在连续退火处理后还是在罩式退火炉分配处理后,以及对酸洗烘干后的钢板是否进行电镀镍或电镀锌处理。

[0012] 采用本发明方法生产的冷成型用超高强度钢板的成分质量百分数为 :C 0.02%~0.60%, Si 0.05%~3.5%, Mn 0.20%~3.50%, $0.005\% \leq P \leq 0.50\%$, $S \leq 0.05\%$, Al 0.02%~3.00%, $Cr \leq 0.50\%$, $Ni \leq 3.00\%$, $Cu \leq 0.50\%$, $Mo \leq 1.50\%$, $V \leq 0.50\%$, $Ti \leq 0.20\%$, $Nb \leq 0.20\%$,余量为 Fe 和其它不可避免的杂质。

[0013] 本发明选择上述各特征及其具体参数的原因如下:

[0014] 连续退火生产线+罩式退火炉内分配处理钢板的方法获得超高强度钢板的原因在于,现有的连续退火生产线,一般均没有再加热功能,且不能够提供足够长的分配处理时间。

[0015] 钢板在连续退火生产线加热到奥氏体温度保温一段时间,而后进行淬火处理,得到 M+A 为主要组织的钢板,钢板在连续退火生产线加热的温度为 $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$,保温时间 10 秒-180 秒,淬火冷却的速度在 $30^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 2000^{\circ}\text{C}/\text{s}$,淬火后钢板的温度控制在室温 $\sim 400^{\circ}\text{C}$,然后在此温度保温 20 秒-300 秒后缓冷至室温。加热到奥氏体区保温,目的在于得到均匀的奥氏体组织;低于 700°C ,钢板不能奥氏体化,高于 900°C ,将使奥氏体晶粒粗大化,并引起钢板强度的下降,易引起炉内断带;淬火速度低于 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$,将不能得到 M+A 组织;必须得到 M+A 为主要组织的原因在于,可在随后的分配过程中实现 C 原子由 M 向 A 中的分配,得到富碳的 A,淬火温度控制在室温 $\sim 400^{\circ}\text{C}$,温度过低得到的 A 量较少,温度过高 M 的量较少,甚至不能产生 M, M 的量较少必然导致 A 中的 C 含量不足。

[0016] 连续退火后的钢板在罩式炉内分配处理,分配处理的温度为 $200 \sim 600^{\circ}\text{C}$,分配处理的时间为 10min $\sim 100\text{h}$ 。分配温度低于 200°C ,钢中 C 原子的活动能力不足,达不到 C 原子再分配的效果,高于 600°C ,将使得 M 发生分解,降低钢板的强度。

[0017] 依据合金元素含量的多少选择对连续退火处理后的钢板进行酸洗、烘干处理,也可以对酸洗烘干后的钢板进行电镀镍或镀锌处理。当钢板中的 Si、Mn 等合金元素含量较高时,严重恶化钢板的表面状态,并且影响后处理工艺,此时可以对钢板进行酸洗处理,除去钢板表面的氧化物;对钢板进行电镀镍或镀锌处理的目的在于增加钢板的热浸镀性能。在分配处理后再进行酸洗、电镀可进一步提高表面质量,同时电镀镍、锌处理可以提高钢板的防腐蚀能力。

[0018] 钢板中的 C 含量控制在 $0.02\% \sim 0.60\%$,C 可以稳定奥氏体,碳含量过低钢板强度不足,且在分配的过程没有足够的 C 原子向残余奥氏体中富集,得到的残余奥氏体稳定性不足,含量过高将对成型性能、焊接性能不利。

[0019] Si 含量控制在 $0.05\% \sim 3.5\%$,Si 含量过低,不能够阻碍渗碳体的析出,起到稳定奥氏体的作用,硅含量过高,将引起钢板表面在退火过程中的选择性氧化,生成的氧化物影响钢板的表面质量及后处理工艺。

[0020] Mn 含量控制在 $0.20\% \sim 3.50\%$,Mn 是奥氏体稳定化元素,Mn 含量过低,钢的强度和淬透性均不足,Mn 含量过高可能导致奥氏体体积增多,Mn 含量过高钢的带状组织十分严重,影响性能的均一性。

[0021] P 含量 $\leq 0.50\%$,一定含量的 P 可以部分替代 Si 的功能,同时起到强化作用,但含量过高将引起钢的硬化,含量过低将使冶炼成本大量增加。

[0022] S 含量 $\leq 0.05\%$,越少越好,依据炼钢能力及经济性来确定。

[0023] Al 含量控制在 $0.02\% \sim 3.00\%$,Al 元素具有 Si 元素的作用,但是含量过高将引起炼钢、连铸过程的诸多问题,如氧化物夹杂、水口阻塞等。

[0024] Cr $\leq 0.50\%$,一定的 Cr 含量可以右移 C 曲线,降低淬火的临界冷却速度,但含量过高,淬透性增加,引起淬火后残余奥氏体量的降低甚至消失。

[0025] Ni $\leq 3.00\%$,一定的镍含量可以提高钢的综合机械性能,提高奥氏体的稳定性,含量过高造成成本上升。

[0026] Cu $\leq 0.50\%$,Cu 元素是很强的奥氏体形成元素,在渗碳体中也不溶解,有利于残余奥氏体的形成,可提高残余奥氏体的含量,另外可以提高强度,同时提高耐腐蚀性能。

[0027] Mo $\leq 1.50\%$,Mo 是一种铁素体形成元素,并降低贝氏体转变起始温度,同时强烈

延迟奥氏体向铁素体和珠光体的相变,含量过高造成成本上升。

[0028] $V \leq 0.50\%$, $Ti \leq 0.20\%$, $Nb \leq 0.20\%$,这三种元素都具有析出强化的作用,但含量不宜过高。实际需要添加时可以选择一种或两种。

[0029] 采用本发明方法生产的钢板具有强度高、可冷成型的优点,而且有效解决了 Q&P 钢工业化生产的工艺路线。

具体实施方式

[0030] 下面通过实施例对本发明作进一步的说明。

[0031] 实施例 1:

[0032] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 820℃保温 60 秒,以 100℃每秒的速度冷却到 200℃保温 60 秒后卷取,罩式炉内分配温度为 400℃,分配处理的时间为 3h,钢板性能见表 2。

[0033] 实施例 2:

[0034] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 880℃保温 80 秒,以 100℃每秒的速度冷却到 240℃保温 60 秒后卷取,罩式炉内分配温度为 350℃,分配处理的时间为 5h,钢板性能见表 2。

[0035] 实施例 3:

[0036] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 880℃保温 10 秒,以 1000℃每秒的速度冷却到 300℃保温 90 秒后卷取,罩式炉内分配温度为 200℃,分配处理的时间为 50h,钢板性能见表 2。

[0037] 实施例 4:

[0038] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 900℃保温 40 秒,以 200℃每秒的速度冷却到 300℃保温 300 秒后卷取,罩式炉内分配温度为 380℃,分配处理的时间为 30h,钢板性能见表 2。

[0039] 实施例 5:

[0040] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 750℃保温 90 秒,以 2000℃每秒的速度冷却到 150℃保温 40 秒后,酸洗处理,罩式炉内分配温度为 300℃,分配处理的时间为 2h,钢板性能见表 2。

[0041] 实施例 6:

[0042] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 850℃保温 180 秒,以 2000℃每秒的速度冷却到 260℃保温 40 秒后,酸洗处理,罩式炉内分配温度为 330℃,分配处理的时间为 12h,钢板性能见表 2。

[0043] 实施例 7:

[0044] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 720℃保温 40 秒,以 2000℃每秒的速度冷却到 100℃保温 20 秒后卷取,罩式炉内分配温度为 150℃,分配处理的时间为 100h,退火后进行酸洗、电镀镍处理,钢板性能见表 2。

[0045] 实施例 8:

[0046] 钢的化学成分如表 1 所示,连续退火工艺为 920℃保温 30 秒,以 200℃每秒的速度冷却到 100℃保温 20 秒后卷取,罩式炉内分配温度为 300℃,分配处理的时间为 20h,退火后

进行酸洗、电镀锌处理,钢板性能见表 2。

[0047] 表 1 本发明实施例钢的化学成分(质量分数)%

[0048]

实施例	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu	Ti	Nb	V
1	0.10	1.80	0.20	0.06	0.01	0.40	0	0	1.50	0	0	0	0
2	0.60	0.5	0.08	0.50	0.008	0.50	0	1.4	0.90	0	0	0	0
3	0.15	2.00	0.30	0.03	0.01	0	0	0.50	1.00	0	0	0.05	0
4	0.20	1.2	0.8	0.02	0.015	0	0	0.20	0.60	0	0	0	0.05
5	0.30	2.50	0.50	0.30	0.01	0	0	0	0.80	0.30	0.03	0.03	0
6	0.40	3.5	3.5	0.006	0.009	0.50	0	0	0.07	0	0	0	0
7	0.50	3.00	2.00	0.01	0.01	0	0.60	0	0.05	0	0	0.01	0.10
8	0.35	2.8	0.50	0.012	0.006	0	0	0	3.5	0	0	0.04	0

[0049] 表 2 本发明实施例钢的力学性能

[0050]

实施例	屈服强度, MPa	抗拉强度, MPa	伸长率, A_{50mm} , %
1	1010	1080	18
2	990	1050	22
3	1180	1200	15
4	1290	1430	13
5	1240	1280	10
6	1470	1680	7
7	1500	1550	4
8	1320	1530	9