



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102330021 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201110273632. 1

(22) 申请日 2011. 09. 16

(73) 专利权人 刘鹏程

地址 014010 内蒙古自治区包头市昆区团结大街西河楞南包钢钢威液压件有限责任公司

专利权人 刘宝志
任新建

EP 0538519 A1, 1993. 04. 28,

CN 1134858 A, 1996. 11. 06,

JP 特许第 3240035 B2, 2001. 12. 17,

CN 101643829 A, 2010. 02. 10,

审查员 吴静

(72) 发明人 刘鹏程

(74) 专利代理机构 成都立信专利事务所有限公司 51100

代理人 黄立

(51) Int. Cl.

G22C 38/16 (2006. 01)

G22C 38/02 (2006. 01)

G21D 8/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5679178 A, 1997. 10. 21,

权利要求书 2 页 说明书 9 页

(54) 发明名称

低温取向硅钢生产全工艺

(57) 摘要

本发明的低温取向硅钢生产全工艺, 涉及冶金技术领域, 旨在解决传统冷轧取向硅钢的板坯加热温度高、加热炉寿命短、能源浪费、取向硅钢因 C 及其它化学元素含量要求范围窄及转炉冶炼牌号命中率低等技术问题。本发明的低温取向硅钢生产全工艺, 其工艺流程为铁水预处理→转炉→RH 真空处理→板坯连铸→热装热送→板坯加热→热轧→一次冷轧→一次脱碳退火→二次冷轧→低温恢复退火及涂氧化镁→高温罩式炉退火→拉伸涂绝缘层→纵剪、包装、入库, 最终生产出低温取向硅钢。

1. 低温取向硅钢生产全工艺,其特征在于该工艺包括如下步骤:

a) 铁水预处理,将 Fe-Si 合金、Fe-Mn 合金、废钢、活性石灰、萤石和白云石加入转炉冶炼,将铁水中 S 含量脱至 ≤ 0.005 重量%;其中 Fe-Si 合金的 C 含量 ≤ 0.10 重量%、S 含量 ≤ 0.050 重量%、P 含量 ≤ 0.050 重量%、Cr 含量 ≤ 0.10 重量%、Ti 含量 ≤ 0.030 重量%、V 含量 ≤ 0.030 重量%、Nb 含量 ≤ 0.030 重量%、Zr 含量 ≤ 0.020 重量%;Fe-Mn 合金的 C 含量 ≤ 0.10 重量%、S 含量 ≤ 0.020 重量%、P 含量 ≤ 0.10 重量%;废钢的 C 含量 ≤ 0.20 重量%、S 含量 ≤ 0.020 重量%、P 含量 ≤ 0.020 重量%、Cr 含量 ≤ 0.10 重量%、Ti 含量 ≤ 0.050 重量%、V 含量 ≤ 0.050 重量%、Nb 含量 ≤ 0.050 重量%;活性石灰的 S 含量 ≤ 0.030 重量%;萤石的 S 含量 ≤ 0.10 重量%;白云石的 S 含量 ≤ 0.020 重量%;

b) 将上述预处理后的铁水和废钢按重量比 9:1 加入顶底复合吹转炉,在铁水和废钢的每吨混合料中加入活性石灰 40~50Kg、轻烧白云石 15~20kg、氧化镁球 1.5~1.9Kg、萤石 2~3kg 及氧化铁皮 1.5~2.5kg 进行造渣,并控制炉渣碱度 R 为 4.0~4.5,进行脱磷处理后,采用一次吹炼使终点钢水的成份满足以下要求:C <0.04 重量%、Mn <0.015 重量%、P <0.010 重量%、S <0.010 重量%、O <1000 重量 ppm;出钢温度为 1650~1660°C;

c) 出钢过程中按每吨钢水中加入 8Kg \times 钢水中氧重量%比例的铝进行脱氧;并根据低温取向硅钢所要求的化学成份及取样分析结果,在出钢过程中加入铜、硅铁和锰铁进行合金化,出钢量到 70% 前加完铜、硅铁和锰铁,同时按每吨钢水加入 20~30Kg 石灰防止钢水回磷,在出钢结束前,用挡渣锥或挡渣球在出钢口进行挡渣,控制罐内渣层厚度小于 80mm,出钢后的钢水进入钢水包;出钢过程中进行吹氩,出钢 3 分钟后停止吹氩;

d) 将钢水包送入 RH 真空炉进行真空处理,真空处理开始时控制钢水温度为 1630~1650°C,控制真空度小于 50Pa 进行脱氧,真空处理时间 20~25 分钟;真空处理后,根据取样分析结果和低温取向硅钢所要求的化学成份加入铜、硅铁、锰铁、氮化硅和铝进行成份微调,使钢水的化学成份满足以下要求:C 含量为 0.025~0.055 重量%;Si 含量为 2.9~3.3 重量%;Mn 含量为 0.15~0.25 重量%;Cu 含量为 0.45~0.63 重量%;P 含量 ≤ 0.015 重量%;S 含量为 0.07~0.018 重量%;Als 含量为 0.008~0.032 重量%;N 含量为 50~130 重量 ppm;O 含量 ≤ 20 重量 ppm;真空处理后温度为 1575~1590°C;

e) 将真空处理后的钢水包吊至连铸平台上进行浇铸,浇铸过程中采用自动开浇装置进行开浇和长水口进行保护浇铸;结晶器使用的保护渣和中间包使用的覆盖剂均采用微碳或无碳型;

f) 控制过热度为 20~30°C、拉速为 0.7~0.9m/min,控制冷却水量和钢水量的比例为 1.15~1.25L/kg 进行浇铸;

g) 将浇铸得到的钢坯送至加热炉中,入炉温度大于 550°C;加热温度为 1270~1300°C,在炉加热时间大于 3 小时;然后对钢坯进行粗轧,粗轧温度 1100~1200°C,压下率大于或等于 80%;粗轧完成后进行精轧,精轧温度 900~1080°C,压下率大于或等于 90%,轧制成 2.2~2.5mm 钢带;通过层流冷却将钢带冷却到温度为 550~600°C 进行卷取;

h) 冷却卷取后的钢带通过抛丸、酸洗,去除钢带表面的氧化铁皮;

i) 酸洗后的钢卷预热后,利用二十辊轧机进行一次冷轧;

j) 将一次冷轧后的钢卷送至连续脱碳退火机组,开卷后先用 3~5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂,再经水清洗,之后通过热风干燥器干燥后进入脱碳退火炉进行脱碳处理,炉内气

氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火温度为 $820 \sim 850^\circ C$ ，钢带以 $6 \sim 15m/min$ 的速度通过脱碳退火炉，实现一次脱碳；

k) 脱碳退火后的钢带再利用二十辊轧机进行二次冷轧，轧制到产品所要求的厚度尺寸；

l) 二次冷轧后的钢卷在氧化镁机组进行开卷并用 $3 \sim 5\%$ 的 $NaOH$ 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗，之后通过热风干燥器干燥，进入退火炉进行低温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火后在钢带表面涂敷一层 MgO ，经烘干炉烘干后卷取成卷；

m) 涂敷完 MgO 后的钢卷再送到高温罩式炉内进行高温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，退火温度 $1150 \sim 1200^\circ C$ ，保温时间为 $20 \sim 24$ 小时；

n) 将高温罩式炉出来的钢卷在拉伸涂层机组进行清洗并涂敷绝缘层，然后烘干并经过退火炉进行退火及拉伸平整，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，炉内温度 $800 \sim 850^\circ C$ ；

o) 将拉伸涂层后钢卷进行剪切去除缺陷后，包装入库变为最终产品。

低温取向硅钢生产全工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金技术领域,特别是一种低温冷轧取向硅钢生产全工艺。

背景技术

[0002] 取向硅钢是制作变压器、互感器等电力设备的主要原料。电力系统的电能的损耗是很大的,其中电力变压器损耗约占电力系统损耗的 20 ~ 25%。而中小变压器的损耗占电力系统变压器损耗的 40 ~ 50%。提高低温取向硅钢的磁感和降低铁损,不但可降低变压器的损耗和节约能源,而且可使铁芯断面缩小,变压器体积减小,重量减轻,同时大幅降低了变压器制作成本。

[0003] 取向硅钢具有磁感高、铁损低的优点,用其制作的变压器可大幅度降低的变压器损耗,具有较好节能效果,但取向硅钢的生产周期长、生产工艺和设备复杂、化学成分控制严、影响因素多。因此,取向硅钢是冶金行业中科学技术含量高的高附加值产品之一。

[0004] 国内生产的取向硅钢由于是选用 MnS、AlN 为主作为抑制剂,抑制剂的作用是利用“固溶—析出”原理,即在高温时将大颗粒 MnS、AlN 的固溶,在热轧过程中析出细小的均匀的 AlN、MnS。由于在晶界上析出的细小、均匀的 AlN 和 MnS 在晶界上起到钉扎的作用,抑制了一次晶粒长大,使(110)(001)二次晶粒长大,所以最后才能成为理想的取向硅钢产品。抑制剂的固溶温度决定了板坯的加热温度,采用 AlN、MnS 为主作为抑制剂的板坯加热温度为 1330 ~ 1350℃。加热温度高严重影响加热炉的使用寿命,并且能源浪费大、生产成本低。这些因素都极大地制约了我国取向硅钢的发展。

[0005] 目前,日本新日铁公司和川崎制铁公司生产的冷轧硅钢无论在产品质量,还是新技术和新产品开发等方面,都处于世界领先地位。新日铁公司是采用以 AlN 为主的抑制剂和大压下率一次冷轧法生产出高磁感、低铁损的 Hi-B 钢系列产品。川崎制铁公司是采用以 MnSe + Sb 抑制剂和两次冷轧法生产技术生产出高磁感、低铁损的 RGH 钢系列产品。中国上世纪五十年代就开始研究取向硅钢,但由于生产技术不过关,产品成材率和合格率低及生产成本低等原因,限制了取向硅钢的发展。1974 年武汉钢铁(集团)公司从日本新日铁引进了冷轧硅钢制造装备和专利,1979 年正式生产 11 个牌号的取向及无取向硅钢。通过几十年的消化、吸收,在技术和质量上有了很大的提高,推动了我国取向硅钢的快速发展。但随着我国国民经济的快速发展,电力供应明显不足。发电容量在不断地增加,发电总容量超过了 6.1 亿 kW,平均每年需要取向硅钢 150 万吨以上,我国现已成为世界取向硅钢最大消费市场之一。国内生产取向硅钢的量满足不了需求,并需要进口取向硅钢。

[0006] 取向硅钢生产技术由于生产工艺和设备复杂、生产成本低、技术门槛高等原因限制了许多钢铁企业的投产及扩产。其主要原因是:(1)选用抑制剂较为单一、抑制剂的固溶温度高,在生产热轧卷时板坯的加热温度,需要加热到 1330 ~ 1350℃,致使许多钢铁企业的加热炉不能达到温度要求;(2)由于取向硅钢要求的化学成份范围很窄,冶炼时不能够达到要求,致使取向硅钢牌号命中率低;(3)生产工序多、生产周期长、设备复杂、影响因素多,无法保证产品质量;(4)生产成本低。

发明内容

[0007] 本发明旨在解决传统取向硅钢的热轧板坯加热温度高、加热炉寿命低、能源浪费、取向硅钢 C 及其它化学成份要求范围窄、转炉冶炼牌号命中率低等技术问题,以提供具有加热温度低、加热炉寿命长、转炉冶炼命中率高、生产工艺相对简单(一次脱碳退火)、生产成本低、最终产品磁性能更好等优点的低温取向硅钢生产全工艺。

[0008] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的。

[0009] 本发明的低温取向硅钢生产全工艺,包括如下步骤:

[0010] a) 铁水预处理,将 Fe-Si 合金、Fe-Mn 合金、废钢、活性石灰、萤石和白云石加入转炉冶炼,将铁水中 S 含量脱至 ≤ 0.005 重量%;其中 Fe-Si 合金的 C 含量 ≤ 0.10 重量%、S 含量 ≤ 0.050 重量%、P 含量 ≤ 0.050 重量%、Cr 含量 ≤ 0.10 重量%、Ti 含量 ≤ 0.030 重量%、V 含量 ≤ 0.030 重量%、Nb 含量 ≤ 0.030 重量%、Zr 含量 ≤ 0.020 重量%;Fe-Mn 合金的 C 含量 ≤ 0.10 重量%、S 含量 ≤ 0.020 重量%、P 含量 ≤ 0.10 重量%;废钢的 C 含量 ≤ 0.20 重量%、S 含量 ≤ 0.020 重量%、P 含量 ≤ 0.020 重量%、Cr 含量 ≤ 0.10 重量%、Ti 含量 ≤ 0.050 重量%、V 含量 ≤ 0.050 重量%、Nb 含量 ≤ 0.050 重量%;活性石灰的 S 含量 ≤ 0.030 重量%;萤石的 S 含量 ≤ 0.10 重量%;白云石的 S 含量 ≤ 0.020 重量%;

[0011] b) 将上述预处理后的铁水和废钢按重量比 9:1 加入顶底复合吹转炉,在所述每吨混合料中加入活性石灰 40~50Kg、轻烧白云石 15~20kg、氧化镁球 1.5~1.9Kg、萤石 2~3kg 及氧化铁皮 1.5~2.5kg 进行造渣,并控制炉渣碱度 R 为 4.0~4.5,进行脱磷处理后,采用一次吹炼使终点钢水的成份满足以下要求: C <0.04 重量%、Mn <0.015 重量%、P <0.010 重量%、S <0.010 重量%、O <1000 重量 Ppm;出钢温度为 1650~1660℃;

[0012] c) 出钢过程中按每吨钢水中加入 8Kg \times 钢水中氧重量%比例的铝进行脱氧;并根据低温取向硅钢所要求的化学成份及取样分析结果,在出钢过程中加入铜、硅铁和锰铁进行合金化,出钢量到 70% 前加完铜、硅铁和锰铁,同时按每吨钢水加入 20~30Kg 石灰防止钢水回磷,在出钢结束前,用挡渣锥或挡渣球在出钢口进行挡渣,控制罐内渣层厚度小于 80mm,出钢后的钢水进入钢水包;出钢过程中进行吹氩,出钢 3 分钟后停止吹氩;

[0013] d) 将钢水包送入 RH 真空炉进行真空处理,真空处理开始时控制钢水温度为 1630~1650℃,控制真空度小于 50Pa 进行脱氧,真空处理时间 20~25 分钟;真空处理后,根据取样分析结果和低温取向硅钢所要求的化学成份加入铜、硅铁、锰铁、氮化硅和铝等进行成份微调,使钢水的化学成份满足以下要求: C 含量为 0.025~0.055 重量%;Si 含量为 2.9~3.3 重量%;Mn 含量为 0.15~0.25 重量%;Cu 含量为 0.45~0.63 重量%;P 含量 ≤ 0.015 重量%;S 含量为 0.07~0.018 重量%;Als 含量为 0.008~0.032 重量%;N 含量为 50~130 重量 Ppm;O 含量 ≤ 20 重量 Ppm;真空处理后温度为 1575~1590℃;

[0014] e) 将真空处理后的钢水包吊至连铸平台上进行浇铸,浇铸过程中采用自动开浇装置进行开浇和长水口进行保护浇;结晶器使用的保护渣和中间包使用的覆盖剂均采用微碳或无碳型;

[0015] f) 控制过热度为 20~30℃、拉速为 0.7~0.9m/min,控制冷却水量和钢水量的比例为 1.15~1.25L/kg 进行浇铸;

[0016] g) 将浇铸得到的钢坯送至加热炉中,入炉温度大于 550℃;加热温度为 1270~1300℃,在炉加热时间大于 3 小时;然后对钢坯进行粗轧,粗轧温度 1100~1200℃,压下率

大于或等于 80%；粗轧完成后进行精轧，精轧温度 900 ~ 1080℃，压下率大于或等于 90%，轧制成 2.2—2.5mm 钢带；通过层流冷却将钢带冷却到温度为 550 ~ 600℃进行卷取；

[0017] h) 前述热轧后的钢带通过抛丸、酸洗，去除钢带表面的氧化铁皮；

[0018] i) 酸洗后的钢卷预热后，利用二十辊轧机进行一次冷轧；

[0019] j) 将一次冷轧后的钢卷送至连续脱碳退火机组，开卷后先用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗，之后通过热风干燥器干燥，进入脱碳退火炉进行脱碳处理，炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火温度为 820 ~ 850℃，钢带以 6 ~ 15m/min 的速度通过脱碳退火炉，实现一次脱碳；

[0020] k) 脱碳退火后的钢带再利用二十辊轧机进行二次冷轧，轧制到产品所要求的厚度尺寸；

[0021] l) 二次冷轧后的钢卷在氧化镁机组进行开卷并用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗，之后通过热风干燥器干燥，进入退火炉进行低温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火后在钢带表面涂敷一层 MgO ，经烘干炉烘干后卷取成卷；

[0022] m) 涂敷完 MgO 后的钢卷再送到高温罩式炉内进行高温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，退火温度 1150—1200℃，保温时间为 20 ~ 24 小时；

[0023] n) 将高温罩式炉出来的钢卷在拉伸涂层机组进行清洗并涂敷绝缘层，然后烘干并经过退火炉进行退火及拉伸平整，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，炉内温度 800 ~ 850℃；

[0024] o) 将拉伸涂层后钢卷进行剪切去除缺陷后，包装入库变为最终产品。

[0025] 本发明低温取向硅钢生产全工艺的有益效果：

[0026] 1. Cu_2S 的固溶温度为 1200 ~ 1250℃， AlN 的固溶温度为 1280℃， MnS 的固溶温度为 1315 ~ 1320℃， $(Mn, Cu)_2S$ 的固溶温度为 1250℃；在取向硅钢加入 Cu 形成的 $(Mn, Cu)_2S$ 复合抑制剂的固溶温度都较低，可降低板坯在加热炉的加热温度，降低温度约 30—50℃；可提高了加热炉的使用寿命和节能降耗，同时可减少硅钢的氧化烧损 1.5% 左右，并提高了成材率。

[0027] 2. 在钢中加入 Cu 后，在晶界上形成的细小均匀的 $(Mn, Cu)_2S$ 和 Cu_2S 颗粒，在晶界上起到了钉扎作用，抑制了一次晶粒长大。同时在晶界上还有 AlN 抑制剂， $(Mn, Cu)_2S$ 和 Cu_2S 与 AlN 的复合作用，使抑制一次晶粒长大能力得到了加强，有利于位向准确的 (110) (001) 晶粒进行选择性的晶粒长大。另外 Cu 是扩大 γ -相区的元素，有利于提高取向硅钢中的 Si 和 Als 含量，可提高磁感和降低铁损。

[0028] 3. 取向硅钢由于 C 含量成份范围很窄，为 0.02 ~ 0.035%，属于超低碳纯净钢。转炉冶炼将 C 含量控制在 0.030% 时，也是转炉冶炼的极限。另外，由于炼钢过程中加入的原料和辅助原料及盛钢水用的耐火材料中含的 C ，都会不同程度的使钢增碳。因此， C 含量很难满足成分标准的要求，转炉冶炼命中率低，造成生产成本大幅度增加；若将 C 含量成份范围放宽，降低了转炉冶炼难度，可提高转炉冶炼的命中率。通过放宽 C 含量成份范围方法，使转炉冶炼的命中率达到 100%。另外，转炉冶炼取向硅钢时，若 C 含量低，钢中 O 含量就高， Al 脱氧剂消耗量大，增加成本。另外， Al 与 O 反应生成的 Al_2O_3 熔点高、比重大、难以上浮， Al_2O_3 滞留在钢中对磁性能危害很大。提高 C 含量，可降低钢中的 O 含量，可降低生产成本和减少 Al_2O_3 对磁性能的影响。

[0029] 4. C 在取向硅钢中有有利的一面，也有不利的一面。 C 在热轧板中析出细小弥散

Fe_3C , 它可阻碍初次晶粒长大。可改善热、冷加工性能, 防止热轧板产生横裂。另外, C 使热轧时产生的 γ -相数量增多, 在保证 γ -相数量为 20 ~ 30% 时, 可使热轧板组织细化。但 Fe_3C 对钢的磁性能危害极大, 有磁时效的影响。在一次冷轧后(或在一次冷轧和二次冷轧之间), 进行脱碳退火中一次脱碳退火将 C 去除。脱碳退火根据每炉钢的原始 C 含量, 调整钢板的运行速度可使 C 含量满足标准要求, 简单易行。

[0030] 5. 采用 $\text{AlN} + (\text{Mn}, \text{Cu})_2\text{S} + \text{Cu}_2\text{S}$ 为复合抑制剂生产取向硅钢, 可采用一次脱碳退火和二次冷轧完成, 具有生产效率高, 生产成本低的优点。

具体实施方式

[0031] 本发明的应用原理、作用与功效, 通过如下实施方式予以说明。

[0032] 实施例 1

[0033] 本发明的低温取向硅钢生产全工艺, 包括如下步骤:

[0034] a) 铁水先预处理将铁水中 S 含量脱至 $\leq 0.005\%$;

[0035] b) 将预处理后重量比为 9 : 1 的铁水和优质废钢(废钢为不能使用和利用的钢)加入转炉内。转炉冶炼采用顶底复合吹转炉, 采用分批、多次加入活性石灰、轻烧白云石、氧化镁球、萤石及氧化铁皮等原材料进行造渣, 并控制炉渣碱度 $(R) \geq 4.0$, 进行脱磷。使终点成分和出钢温度满足以下要求: $\text{C} < 0.05\%$; $\text{Mn} < 0.015\%$; $\text{P} < 0.010\%$; $\text{S} < 0.010\%$; $\text{O} < 1000\text{PPm}$; 出钢温度为 $1650 \sim 1660^\circ\text{C}$;

[0036] c) 出钢过程中按每吨钢水加入 $8\text{Kg} \times$ 钢水中氧重量 % 比例的铝进行脱氧, 再边出钢边加铜、硅铁和锰铁; 加入铜、硅铁和锰铁的量是根据炼钢的成份要求和炼一炉钢的重量按照比例进行计算得出。即成份范围 Cu 含量为 $0.45 \sim 0.63$ 重量 %, Si 含量为 $2.9 \sim 3.3$ 重量 %; Mn 含量为 $0.15 \sim 0.25$ 重量 %, 出钢量到 70% 前要加完铜、硅铁和锰铁, 进行合金化, 同时加入 $20 \sim 30\text{Kg/t}$ 石灰防止钢水回磷。在出钢结束前, 用挡渣锥(球)在出钢口进行挡渣, 控制罐内渣层厚度小于 80mm , 出钢后的钢水进入钢水包; 为了使脱氧产物有利上浮, 出钢过程中进行吹氩, 出钢 3min 后停止吹氩;

[0037] d) 将钢水包运至 RH 真空炉工位进行真空处理, 真空开始钢液温度为 $1630 \sim 1650^\circ\text{C}$, 控制真空度小于 50Pa 进行脱氧, 真空处理时间 $20 \sim 25$ 分钟; 真空处理后进行取样, 如取样分析的结果与成份所要求的范围存在差异, 则根据取样分析的结果、成份所要求的范围及钢水总重量计算得出需要加的元素重量, 通过加入少量的铜、硅铁、锰铁、氮化硅和铝等进行成分微调, 使钢的化学成分满足成份所要求的范围, 即 C 含量为 0.050% ; Si 含量为 3.18% ; Mn 含量为 0.18% ; Cu 含量为 0.48% ; P 含量为 0.010% ; S 含量为 0.007% ; Al_s 含量为 0.028% ; N 含量为 83PPm ; O 含量为 19PPm ; 真空处理后温度为 1590°C ;

[0038] e) 将真空处理后将钢水包吊至连铸平台上进行浇铸, 浇铸过程中采用自动开浇装置进行开浇和采取长水口保护浇铸, 防止真空处理后的钢被二次氧化。结晶器使用的保护渣和中间包使用覆盖剂均采用微碳(或无碳)型, 防止钢液增碳;

[0039] f) 控制过热度为 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 、拉速为 $0.7 \sim 0.9\text{m/min}$, 并控制喷水比(冷却水量/钢水量) $1.15 \sim 1.25\text{L/kg}$ 进行浇铸和铸坯冷却;

[0040] g) 连铸坯要进行热装热送, 铸坯入炉温度要大于 550°C ; 钢坯加热温度为 $1270 \sim 1300^\circ\text{C}$, 在炉加热时间大于 3 小时; 然后对钢坯进行粗轧, 粗轧温度 $1100 \sim 1200^\circ\text{C}$, 压下率

大于或等于 80%；粗轧完成后进行精轧，精轧温度 900 ~ 1080℃，压下率大于 91% 轧制成 2.2—2.5 mm 钢带；钢带通过层流冷却，冷却到温度为 550 ~ 600℃ 进行卷取；

[0041] h) 前述热轧后的钢带通过抛丸、酸洗，去除钢带表面的氧化铁皮；

[0042] i) 酸洗后的钢卷，利用二十辊轧机进行一次冷轧；

[0043] j) 将一次冷轧后的钢带送至连续脱碳退火机组，钢带开卷后先用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗。然后，通过热风干燥器干燥后进入脱碳退火炉进行脱碳处理。脱碳退火炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火温度为 820 ~ 850℃，钢带运行速度为 6 ~ 8m/min；钢带运行速度根据原料钢的碳含量来确定；

[0044] k) 脱碳退火后的钢带再利用二十辊轧机进行二次冷轧，钢带轧制到产品要求的厚度尺寸；

[0045] l) 二次冷轧后的钢卷在氧化镁机组进行开卷并用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗，之后通过热风干燥器干燥，进入退火炉进行低温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火后在钢带表面涂敷一层 MgO ，经烘干炉烘干后卷取成卷；

[0046] m) 涂敷完 MgO 后的钢卷再送到高温罩式炉内进行高温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，退火温度 1150—1200℃，保温时间为 20 ~ 24 小时；

[0047] n) 将高温罩式炉出来的钢卷在拉伸涂层机组进行清洗并涂敷绝缘层，然后烘干并经过退火炉进行退火及拉伸平整，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，炉内温度 800 ~ 850℃；

[0048] o) 将拉伸涂层后的钢卷送至纵剪机组，通过剪切去掉钢带中有质量缺陷的部，包装入库成为最终产品。

[0049] 实施例 2

[0050] 本发明的低温取向硅钢生产全工艺，包括如下步骤：

[0051] a) 铁水先进行预处理，将铁水中 S 含量脱至 $\leq 0.005\%$ ，控制废钢、合金和辅助原料中的 C、S、P、Ti、V、Nb、Zr 等有害元素的量，其中 Fe-Si 合金的 C 含量 ≤ 0.10 重量%、S 含量 ≤ 0.050 重量%、P 含量 ≤ 0.050 重量%、Cr 含量 ≤ 0.10 重量%、Ti 含量 ≤ 0.030 重量%、V 含量 ≤ 0.030 重量%、Nb 含量 ≤ 0.030 重量%、Zr 含量 ≤ 0.020 重量%；Fe-Mn 合金的 C 含量 ≤ 0.10 重量%、S 含量 ≤ 0.020 重量%、P 含量 ≤ 0.10 重量%；废钢的 C 含量 ≤ 0.20 重量%、S 含量 ≤ 0.020 重量%、P 含量 ≤ 0.020 重量%、Cr 含量 ≤ 0.10 重量%、Ti 含量 ≤ 0.050 重量%、V 含量 ≤ 0.050 重量%、Nb 含量 ≤ 0.050 重量%；活性石灰的 S 含量 ≤ 0.030 重量%；萤石的 S 含量 ≤ 0.10 重量%；白云石的 S 含量 ≤ 0.020 重量%；

[0052] b) 将预处理后之铁水和优质废钢加入转炉内，两者的重量百分比为 9:1。转炉冶炼采用顶底复合吹转炉，采用分批、多次加入活性石灰、轻烧白云石、氧化镁球、萤石及氧化铁皮等原材料进行造渣，并控制炉渣碱度 $(R) \geq 4.0$ ，进行脱磷。使终点成分和出钢温度满足以下要求： $C < 0.05\%$ ； $Mn < 0.015\%$ ； $P < 0.010\%$ ； $S < 0.010\%$ ； $O < 1000PPm$ ；出钢温度为 1650 ~ 1660℃；

[0053] c) 出钢过程中加入一定量的铝、铜、硅铁、硅锰合金进行脱氧和合金化，同时加入一定量的石灰防止回磷。在出钢结束前，用挡渣锥(球)在出钢口进行挡渣，控制罐内渣层厚度小于 80 mm。为了使脱氧产物有利上浮，出钢过程中进行吹氩，出钢 3min 后停止吹氩；

[0054] d) 将钢水包运至 RH 真空炉工位进行真空处理，真空开始钢液温度为 1630 ~ 1650℃，控制真空度小于 50Pa 进行脱氧，真空处理时间 20 ~ 25 分钟；真空处理后根据取

样分析结果进行成份微调,使钢的化学成份满足以下要求: C 含量为 0.03%;Si 含量为 3.01%;Mn 含量为 0.22%;Cu 含量为 0.64%;P 含量为 0.011%;S 含量为 0.016%;Als 含量为 0.023%;N 含量为 106PPm;O 含量为 16PPm;真空处理后温度为 1585℃;

[0055] e) 将真空处理后的钢水包吊至连铸平台上进行浇铸,浇铸过程中采用自动开浇装置进行开浇和采取长水口保护浇铸,防止真空处理后的钢水被二次氧化。结晶器使用的保护渣和中间包使用覆盖剂均采用微碳(或无碳)型,防止钢液增碳;

[0056] f) 板坯连铸的钢水过热度控制在 20 ~ 30℃,拉速在 0.7 ~ 0.9m/min。通过控制喷水比(冷却水量 / 钢水量),提高柱状晶比例和减少铸坯的偏析;

[0057] g) 连铸坯要进行热装热送,铸坯入炉温度要大于 550℃;钢坯加热温度为 1270 ~ 1300℃,在炉加热时间大于 3 小时;然后对钢坯进行粗轧,粗轧温度 1100 ~ 1200℃,压下率大于或等于 80%;粗轧完成后进行精轧,精轧温度 900 ~ 1080℃,压下率大于 91% 轧制成 2.2mm—2.5mm 钢带;钢带通过层流冷却,冷却到温度为 550 ~ 600℃进行卷取;

[0058] h) 前述热轧后的钢带通过抛丸、酸洗,去除钢带表面的氧化铁皮;

[0059] i) 酸洗后的钢卷预热后,利用二十辊轧机进行一次冷轧;

[0060] j) 将一次冷轧后的钢卷送至连续脱碳退火机组,开卷并用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂,再经水清洗。之后通过热风干燥器干燥,进入脱碳退火炉进行脱碳处理。脱碳退火炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ,退火温度为 820 ~ 850℃,钢带在炉内的运行速度为 14 ~ 15m/min;钢带运行速度根据原料钢的碳含量来确定;

[0061] k) 脱碳退火后的钢带再经二十辊轧机二次冷轧,将钢带轧制到产品要求的厚度尺寸;

[0062] l) 二次冷轧后的钢卷在氧化镁机组进行开卷并用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂,再经水清洗,之后通过热风干燥器干燥,进入退火炉进行低温退火,炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ,退火后在钢带表面涂敷一层 MgO ,经烘干炉烘干后卷取成卷;

[0063] m) 涂敷完 MgO 后的钢卷再送到高温罩式炉内进行高温退火,炉内气氛为 N_2 、 H_2 ,退火温度 1150—1200℃,保温时间为 20 ~ 24 小时;

[0064] n) 将高温罩式炉出来的钢卷在拉伸涂层机组进行清洗并涂敷绝缘层,然后烘干并经过退火炉进行退火及拉伸平整,炉内气氛为 N_2 、 H_2 ,炉内温度 800 ~ 850℃;

[0065] o) 将拉伸涂层后的钢卷送至纵剪机组,通过剪切去掉钢带有质量缺陷的部份,包装入库变为最终产品。

[0066] 实施例 3

[0067] 本发明的低温取向硅钢生产全工艺,包括如下步骤:

[0068] a) 冶炼取向硅钢前,要先进行铁水预处理,将铁水中 S 含量脱至 $\leq 0.005\%$,控制废钢、合金和辅助原料中的 C、S、P、Ti、V、Nb、Zr 等有害元素的含量;

[0069] b) 将预处理后将重量比为 9 : 1 的铁水和优质废钢(废钢为不能使用和利用的钢)加入到转炉内。转炉冶炼采用顶底复合吹转炉,采用单渣法一次吹炼;为了提高冶金效果,采用恒压变枪位供氧操作;采用分批、多次加入活性石灰、轻烧白云石、氧化镁球、萤石及氧化铁皮等辅料进行造渣,并控制炉渣碱度 $(R) \geq 3.5$,进行脱磷。使终点成份和出钢温度满足以下要求: $C < 0.05\%$; $Mn < 0.015\%$; $P < 0.010\%$; $S < 0.010\%$; $O < 1000PPm$;出钢温度为 1650 ~ 1660℃;

[0070] c) 出钢过程中加入一定量的铝、铜、硅铁、锰铁合金进行脱氧和合金化,同时加入一定量的石灰防止回磷。在出钢结束前,用挡渣锥(球)进行挡渣,控制罐内渣层厚度小于 80 mm。为了使脱氧产物有利上浮,出钢过程中进行吹氩,出钢 3min 后停止吹氩;

[0071] d) 将钢水包运至 RH 真空炉工位进行真空处理,真空开始钢液温度为 1630 ~ 1650℃,控制真空度小于 50Pa 进行脱氧,真空处理时间 20 ~ 25 分钟;真空处理后根据取样分析结果进行成份微调,使钢的化学成份满足以下要求:C 含量为 0.032%;Si 含量为 3.18%;Mn 含量为 0.18%;Cu 含量为 0.52%;P 含量为 0.010%;S 含量为 0.010%;Als 含量为 0.019%;N 含量为 91PPm;O 含量为 13PPm;真空处理后温度为 1580℃;

[0072] e) 将真空处理后的钢水包吊至连铸平台上进行浇铸,浇铸过程中采用自动开浇装置进行开浇和采取长水口保护浇铸,防止真空处理后的钢水被二次氧化。结晶器使用的保护渣和中间包使用覆盖剂均采用微碳(或无碳)型,防止钢液增碳;

[0073] f) 板坯连铸的钢水过热度控制在 20 ~ 30℃,拉速在 0.7 ~ 0.9m/min。通过控制喷水比(冷却水量 / 钢水量),提高柱状晶比例和减少铸坯的偏析;

[0074] g) 连铸坯要进行热装热送,铸坯入炉温度要大于 550℃;钢坯加热温度为 1270 ~ 1300℃,在炉加热时间大于 3 小时;然后对钢坯进行粗轧,粗轧温度 1100 ~ 1200℃,压下率大于或等于 80%;粗轧完成后进行精轧,精轧温度 900 ~ 1080℃,压下率大于 91% 轧制成 2.2mm—2.5mm 钢带;钢带通过层流冷却冷却到温度为 550 ~ 600℃,进行卷取;

[0075] h) 前述热轧后的钢带通过抛丸、酸洗,去除钢带表面的氧化铁皮;

[0076] i) 酸洗后的钢卷利用二十辊轧机进行一次冷轧;

[0077] j) 将一次冷轧后的钢带送至连续脱碳退火机组,开卷后先用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂,再经水清洗。然后,通过热风干燥器干燥后进入脱碳退火炉进行脱碳处理。退火炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ,退火温度为 820 ~ 850℃,钢带运行速度为 6 ~ 8m/min;钢带运行速度根据原料钢的碳含量来确定;

[0078] k) 脱碳退火后的钢带再用二十辊轧机进行二次冷轧,钢带轧制到产品要求的厚度尺寸。

[0079] l) 二次冷轧后的钢卷在氧化镁机组上开卷并用 3 ~ 5% 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂,再经水清洗。之后通过热风干燥器干燥,进入退火炉进行低温退火,炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ,退火后在钢带表面涂敷一层 MgO ,经烘干炉烘干后卷取成卷;

[0080] m) 涂敷完 MgO 后的钢卷再送到高温罩式炉内进行高温退火,炉内气氛为 N_2 、 H_2 ,退火温度 1150—1200℃,保温时间为 20 ~ 24 小时;

[0081] n) 将高温罩式炉出来的钢卷在拉伸涂层机组进行清洗并涂敷绝缘层,然后烘干并经过退火炉进行退火及拉伸平整,炉内气氛为 N_2 、 H_2 ,炉内温度 800 ~ 850℃;

[0082] o) 将拉伸涂层后钢卷进行剪切去除缺陷后,包装入库变为最终产品。

[0083] 实施例 4

[0084] 本发明的低温取向硅钢生产全工艺,包括如下步骤:

[0085] a) 冶炼低温取向硅钢前,铁水先进行预处理,即将铁水中 S 含量脱至 $\leq 0.005\%$,控制废钢、合金和辅料中的 C、S、P、Ti、V、Nb、Zr 等有害元素的含量;

[0086] b) 将预处理后重量比为 9:1 的铁水和优质废钢(废钢为不能使用和利用的钢)加入转炉内。转炉冶炼采用顶底复合吹转炉,采用单渣法一次吹炼;为了提高冶金效果,采用

恒压变枪位供氧操作；采用分批、多次加入活性石灰、轻烧白云石、氧化镁球、萤石及氧化铁皮等原材料进行造渣，并控制炉渣碱度 $(R) \geq 3.5$ ，进行脱磷。使终点成份和出钢温度满足以下要求： $C < 0.05\%$ ； $Mn < 0.015\%$ ； $P < 0.010\%$ ； $S < 0.010\%$ ； $O < 1000PPm$ ；出钢温度为 $1650 \sim 1660^{\circ}C$ ；

[0087] c) 出钢过程中加入一定量的铝、铜、硅铁、锰铁合金进行脱氧和合金化，同时加入一定量的石灰防止回磷。在出钢结束前，用挡渣锥(球)进行挡渣，控制罐内渣层厚度小于 100 mm 。为了使脱氧产物有利上浮，出钢过程中进行吹氩，出钢 3 min 后停止吹氩；

[0088] d) 将钢水包运至RH真空炉工位进行真空处理，真空开始钢液温度为 $1630 \sim 1650^{\circ}C$ ，控制真空度小于 50 Pa 进行脱氧，真空处理时间 $20 \sim 25$ 分钟；真空处理后根据取样分析结果进行成份微调，使钢水的化学成份满足以下要求： C 含量为 0.025% ； Si 含量为 3.01% ； Mn 含量为 0.22% ； Cu 含量为 0.63% ； P 含量为 0.011% ； S 含量为 0.016% ； Als 含量为 0.023% ； N 含量为 $106PPm$ ； O 含量为 $16PPm$ ；真空处理后温度为 $1587^{\circ}C$ ；

[0089] e) 将真空处理后的钢水包吊至连铸平台上进行浇铸，浇铸过程中采用自动开浇装置和采取长水口保护浇铸，防止真空处理后的钢水被二次氧化。结晶器使用的保护渣和中间包使用覆盖剂均采用微碳(或无碳)型，防止钢液增碳；

[0090] f) 板坯连铸的钢水过热度控制在 $20 \sim 30^{\circ}C$ ，拉速在 $0.7 \sim 0.9\text{ m/min}$ 。通过控制喷水比(冷却水量/钢水量)，提高柱状晶比例和减少铸坯的偏析；

[0091] g) 连铸坯要进行热装热送，铸坯入炉温度要大于 $550^{\circ}C$ ；钢坯加热温度为 $1270 \sim 1300^{\circ}C$ ，在炉加热时间大于 3 小时；然后对钢坯进行粗轧，粗轧温度 $1100 \sim 1200^{\circ}C$ ，压下率大于或等于 80% ；粗轧完成后进行精轧，精轧温度 $900 \sim 1080^{\circ}C$ ，压下率大于 91% ；轧制成 $2.2\text{ mm} \sim 2.5\text{ mm}$ 带；钢带通过层流冷却冷却到温度为 $550 \sim 600^{\circ}C$ 进行卷取；

[0092] h) 对前述热轧后的钢带通过抛丸、酸洗，去除钢带表面的氧化铁皮；

[0093] i) 酸洗后的钢卷预热后，利用二十辊轧机中进行一次冷轧；

[0094] j) 将一次冷轧后的钢带送至连续脱碳退火机组进行开卷，并先用 $3 \sim 5\%$ 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗。然后通过热风干燥器干燥，进入脱碳退火炉进行脱碳处理，炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火温度为 $820 \sim 850^{\circ}C$ ，钢带运行速度为 $14 \sim 15\text{ m/min}$ ；钢带运行速度根据原料钢的碳含量来确定；

[0095] k) 脱碳退火后的钢带再用二十辊轧机进行二次冷轧，钢带轧制到产品要求的厚度尺寸；

[0096] l) 二次冷轧后的钢卷在氧化镁机组进行开卷并用 $3 \sim 5\%$ 的 NaOH 溶液进行碱洗脱脂，再经水清洗，之后通过热风干燥器干燥，进入退火炉进行低温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 、 H_2O ，退火后在钢带表面涂敷一层 MgO ，经烘干炉烘干后卷取成卷；

[0097] m) 涂敷完 MgO 后的钢卷再送到高温罩式炉内进行高温退火，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，退火温度 $1150 \sim 1200^{\circ}C$ ，保温时间为 $20 \sim 24$ 小时；

[0098] n) 将高温罩式炉出来的钢卷在拉伸涂层机组进行清洗并涂敷绝缘层，然后烘干并经过退火炉进行退火及拉伸平整，炉内气氛为 N_2 、 H_2 ，炉内温度 $800 \sim 850^{\circ}C$ ；

[0099] o) 将拉伸涂层后钢卷进行剪切去除缺陷后，包装入库变为最终产品。

[0100] 本发明低温取向硅钢生产全工艺：铁水预处理→转炉→RH真空处理→板坯连铸→热装热送→板坯加热→热轧→一次冷轧→一次脱碳退火→二次冷轧→低温恢复退火及

涂氧化镁→高温罩式炉退火→拉伸涂绝缘层→纵剪、包装、入库,最终生产出低温取向硅钢。在 AlN 抑制剂的基础上,添加 0.48 ~ 0.63% 的 Cu 形成了 $\text{AlN} + (\text{Mn}, \text{Cu})_2\text{S} + \text{Cu}_2\text{S}$ 复合抑制剂,由于其固溶温度低(为 1250 ~ 1280℃),可降低钢坯的加热温度;放宽了 C 含量的成份范围,转炉冶炼成份命中率达 100%。通过调整钢带速度及炉内气氛达到了一次脱碳的目的,可直接将硅钢含碳量从 250—550ppm 一次脱至 30ppm 以下;采用 $\text{AlN} + (\text{Mn}, \text{Cu})_2\text{S} + \text{Cu}_2\text{S}$ 为复合抑制剂生产低温取向硅钢,使抑制一次晶粒长大能力得到了加强,位向准确的(110)(001)二次再结晶形成的更完善,磁性能更好。

[0101] 本发明冷轧取向硅钢生产工艺的主要技术指标:

[0102] 1. C 含量为 0.025 ~ 0.055%, C 含量从 250—550ppm 一次脱至 30ppm 以下;

[0103] 2. 磁感、铁损能完全达到国家标准,综合成材率 >89%;

[0104] 3. 抑制剂元素 Cu 的含量 0.45 ~ 0.65%。

[0105] 由本发明生产的冷轧取向硅钢主要技术指标:铁损值 ($P_{1.7/50}$)、磁感值 ($B_{0.8/50}$)

[0106] 1. 产品执行标准

[0107] 国标 GB/T2521-2008、GB/T3655-2008、GB/T2522-2007、YB/T5224-2006。

[0108] 2. 部分产品检测指标

[0109]

牌号	磁感应强度要求 (T) B_8	铁损要求 (W/Kg) $P_{1.7/50}$	产品达到该牌号的比 例 (%)
F30Q110	>1.86	<1.1	17
F30Q120	>1.85	<1.2	31
F30Q130	>1.83	<1.3	50
F30Q140	>1.80	<1.4	2

[0110] 其它的指标检测:

[0111] 层间电阻 $\geq 60 \Omega \cdot \text{cm}^2 / \text{片}$

[0112] 附着性 A-C 级

[0113] 综上所述,本发明低温取向硅钢生产全工艺,具有生产技术相对简单、降低生产成本、磁性能更好等技术特点,同时还具有热轧板坯所需加热温度低、转炉冶炼取向硅钢成份命中率高、一次脱碳退火等诸多优点。