



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103160729 B

(45) 授权公告日 2015.06.03

(21) 申请号 201310118844.1

G21D 8/02(2006.01)

(22) 申请日 2013.04.08

审查员 张艳艳

(73) 专利权人 内蒙古包钢钢联股份有限公司

地址 014010 内蒙古自治区包头市昆区河西  
工业区

(72) 发明人 周彦 智建国 宋俊涛 李德跃  
冯岩青

(74) 专利代理机构 北京康盛知识产权代理有限  
公司 11331

代理人 张良

(51) Int. Cl.

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/54(2006.01)

G22C 33/06(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54) 发明名称

中碳微合金化工程机械履带链片用钢及其生  
产工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢,化学组分按质量百分数为:C 0.30~0.37%、Si 0.15~0.35%、Mn 0.80~1.50%、P ≤ 0.025%、S 0.005~0.030%、Al ≤ 0.055%、B 0.0005~0.0035%、V 0.008~0.15%、Ti ≤ 0.080%、Cr ≤ 0.30%、Ni 0.05~0.30%、Cu 0.08~0.35%、Mo 0.04~0.15%、Pb 0.005~0.020%、Sn 0.003~0.030%,其它为Fe和不可避免的杂质。本发明还公开了生产上述中碳微合金化工程机械履带链片用钢的制备方法。本发明得到的钢的表面质量、低倍组织、非金属夹杂物、晶粒度、金相组织等冶金质量均满足技术条件要求。

1. 一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢,其特征在於,化学组分按质量百分数为:C 0.30 ~ 0.37%、Si 0.15 ~ 0.35%、Mn 0.80 ~ 1.50%、 $P \leq 0.025\%$ 、S 0.005 ~ 0.030%、 $Al \leq 0.055\%$ 、 $B 0.0005 \sim 0.0035\%$ 、 $V 0.008 \sim 0.15\%$ 、 $Ti \leq 0.080\%$ 、 $Cr \leq 0.30\%$ 、Ni 0.05 ~ 0.30%、Cu 0.08 ~ 0.35%、Mo 0.04 ~ 0.15%、Pb 0.005 ~ 0.020%、Sn 0.003 ~ 0.030%,其它为 Fe 和不可避免的杂质。

2. 如权利要求 1 所述的中碳微合金化工程机械履带链片用钢,其特征在於,化学组分按质量百分数为:C 0.33%、Si 0.24%、Mn 1.24%、 $P 0.016\%$ 、 $S 0.013\%$ 、 $Al 0.023\%$ 、 $B 0.0017\%$ 、 $V 0.074\%$ 、 $Ti 0.01\%$ 、 $Cr 0.22\%$ 、Ni 0.05%、Cu 0.08%、Mo 0.04%、Pb 0.005%、Sn 0.003%,其它为 Fe 和不可避免的杂质;或者,C 0.36%、Si 0.28%、Mn 1.27%、 $P 0.020\%$ 、 $S 0.019\%$ 、 $Al 0.044\%$ 、 $B 0.0020\%$ 、 $V 0.080\%$ 、 $Ti 0.08\%$ 、 $Cr 0.23\%$ 、Ni 0.30%、Cu 0.35%、Mo 0.15%、Pb 0.020%、Sn 0.030%,其它为 Fe 和不可避免的杂质;或者,C 0.35%、Si 0.26%、Mn 1.26%、 $P 0.018\%$ 、 $S 0.015\%$ 、 $Al 0.030\%$ 、 $B 0.0019\%$ 、 $V 0.078\%$ 、 $Ti 0.05\%$ 、 $Cr 0.22\%$ 、Ni 0.20%、Cu 0.19%、Mo 0.11%、Pb 0.010%、Sn 0.014%,其它为 Fe 和不可避免的杂质;或者,C 0.30%、Si 0.15%、Mn 0.80%、 $P 0.011\%$ 、 $S 0.005\%$ 、 $Al 0.055\%$ 、 $B 0.0005\%$ 、 $V 0.150\%$ 、 $Ti 0.060\%$ 、 $Cr 0.30\%$ 、Ni 0.17%、Cu 0.21%、Mo 0.13%、Pb 0.005%、Sn 0.017%,其它为 Fe 和不可避免的杂质;或者,C 0.37%、Si 0.35%、Mn 1.50%、 $P 0.025\%$ 、 $S 0.030\%$ 、 $Al 0.017\%$ 、 $B 0.0035\%$ 、 $V 0.008\%$ 、 $Ti 0.050\%$ 、 $Cr 0.19\%$ 、Ni 0.28%、Cu 0.11%、Mo 0.12%、Pb 0.010%、Sn 0.006%,其它为 Fe 和不可避免的杂质。

3. 一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺,包括转炉冶炼、钢包炉精炼、真空脱气、连铸、轧钢和热处理,得到的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的化学组分按质量百分数为:C 0.30 ~ 0.37%、Si 0.15 ~ 0.35%、Mn 0.80 ~ 1.50%、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S 0.005 \sim 0.030\%$ 、 $Al \leq 0.055\%$ 、 $B 0.0005 \sim 0.0035\%$ 、 $V 0.008 \sim 0.15\%$ 、 $Ti \leq 0.080\%$ 、 $Cr \leq 0.30\%$ 、Ni 0.05 ~ 0.30%、Cu 0.08 ~ 0.35%、Mo 0.04 ~ 0.15%、Pb 0.005 ~ 0.020%、Sn 0.003 ~ 0.030%,其它为 Fe 和不可避免的杂质;所述轧钢在加热炉内进行,钢坯在加热炉内的加热时间大于 4 小时,钢坯开轧温度为 1150℃ -1180℃,终轧温度为 930℃ -980℃,轧制规格为  $\phi 60\text{mm} - \phi 70\text{mm}$ ,热锯后圆钢下线采取堆垛缓冷,避开风口堆放,缓冷时间大于 36 小时;所述热处理包括:末端淬透性热处理和力学性能热处理;其中,所述末端淬透性热处理的工艺为:所述圆钢在 890℃  $\pm 10^\circ\text{C}$  正火,然后在 860℃  $\pm 5^\circ\text{C}$  淬火;所述力学性能热处理工艺为:所述圆钢在 860℃  $\pm 5^\circ\text{C}$  淬火,然后在 530℃  $\pm 10^\circ\text{C}$  回火。

4. 如权利要求 3 所述的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺,其特征在於,所述转炉冶炼的过程包括:每炉转炉冶炼钢水加入白灰 4000-5000kg,白云石 900-2200kg,铁皮球 1600-2200kg,出钢过程中加入锰铁 200kg,矽锰合金 1200kg,高碳铬铁 200kg,铝硅锰 200kg,增碳剂无烟煤 160-330kg 进行脱氧合金化,所述每炉转炉冶炼钢水的质量为 120 吨;所述转炉冶炼的出钢温度 1596-1629℃,转炉终点钢水的碳质量百分数为 0.04-0.19%,磷质量百分数为 0.006-0.020%;其中,转炉铁水中磷的质量百分含量  $\leq 0.012\%$ 。

5. 如权利要求 3 所述的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺,其特征在於,所述钢包炉精炼的过程包括:根据所述转炉冶炼后钢水成分及温度加辅料造渣,加合

金微调 and 升温操作 ;其中,每炉转炉冶炼后钢水加入白灰 300-400kg, 矾土 100-200kg, 电石 100-200kg 造渣, 每炉转炉冶炼后钢水的质量为 120 吨 ;根据精炼就位时钢水的成分每炉精炼就位的钢水加入锰铁 50-300kg、硅铁 60-120kg、钒铁 90kg、硅钙钡镁 100kg、硼铁 15-16kg、喂入铝线 100m 进行微调, 每炉精炼就位的钢水的质量为 120 吨 ;所述钢包炉精炼的就位温度 1538-1581℃, 钢包炉精炼的离位温度 1621-1670℃, 精炼处理时间 32-55min。

6. 如权利要求 3 所述的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺, 其特征在于 :所述真空脱气的深真空时间 > 13min, 深真空度 ≤ 0. 10KPa, 软吹时间 10-16min, 软吹流量 45-50NL/min, 上台温度 1559-1611℃ ;所述真空脱气后喂入硅钙线 150-200m 进行夹杂物变性并且根据真空脱气时的钢水中的硫含量加入硫铁调节, 使硫的质量百分含量在 0. 010-0. 030%。

7. 如权利要求 3 所述的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺, 其特征在于 :所述连铸的过热度为 24-30℃, 拉速为 0. 70m/min-1. 15m/min ;二冷区采用弱冷冷却, 连铸铸坯下线采取下铺上盖型堆垛缓冷, 避开风口堆放, 缓冷时间大于 36 小时。

8. 如权利要求 3 所述的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺, 其特征在于, 得到的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的化学组分按质量百分数为 :C 0. 33%、Si 0. 24%、Mn 1. 24%、P 0. 016%、S 0. 013%、Al 0. 023%、B 0. 0017%、V 0. 074%、Ti 0. 01%、Cr 0. 22%、Ni 0. 05%、Cu 0. 08%、Mo 0. 04%、Pb 0. 005%、Sn 0. 003%, 其它为 Fe 和不可避免的杂质 ;或者, C 0. 36%、Si 0. 28%、Mn 1. 27%、P 0. 020%、S 0. 019%、Al 0. 044%、B 0. 0020%、V 0. 080%、Ti 0. 08%、Cr 0. 23%、Ni 0. 30%、Cu 0. 35%、Mo 0. 15%、Pb 0. 020%、Sn 0. 030%, 其它为 Fe 和不可避免的杂质 ;或者, C 0. 35%、Si 0. 26%、Mn 1. 26%、P 0. 018%、S 0. 015%、Al 0. 030%、B 0. 0019%、V 0. 078%、Ti 0. 05%、Cr 0. 22%、Ni 0. 20%、Cu 0. 19%、Mo 0. 11%、Pb 0. 010%、Sn 0. 014%, 其它为 Fe 和不可避免的杂质 ;或者, C 0. 30%、Si 0. 15%、Mn 0. 80%、P 0. 011%、S 0. 005%、Al 0. 055%、B 0. 0005%、V 0. 150%、Ti 0. 060%、Cr 0. 30%、Ni 0. 17%、Cu 0. 21%、Mo 0. 13%、Pb 0. 005%、Sn 0. 017%, 其它为 Fe 和不可避免的杂质 ;或者, C 0. 37%、Si 0. 35%、Mn 1. 50%、P 0. 025%、S 0. 030%、Al 0. 017%、B 0. 0035%、V 0. 008%、Ti 0. 050%、Cr 0. 19%、Ni 0. 28%、Cu 0. 11%、Mo 0. 12%、Pb 0. 010%、Sn 0. 006%, 其它为 Fe 和不可避免的杂质。

## 中碳微合金化工程机械履带链片用钢及其生产工艺

### 技术领域

[0001] 本发明涉及冶金及金属材料领域,具体地说,涉及一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢及其生产工艺。

### 背景技术

[0002] 工程机械履带用钢,是机械工业大量使用的钢材,对钢的机械性能要求十分严格。工程机械的主要结构件承受的是复杂多变的周期载荷,要求其构件材料具有高的屈服强度和疲劳强度、良好的冲击韧性、冷成型性和优良的可焊性能。随着工程机械向大型化轻型化发展,对上述性能的要求更为突出。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢,具有优良的力学性能。

[0004] 本发明的技术方案如下:

[0005] 一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢,化学组分按质量百分数为:C 0.30 ~ 0.37%、Si 0.15 ~ 0.35%、Mn 0.80 ~ 1.50%、 $P \leq 0.025\%$ 、S 0.005 ~ 0.030%、 $Al \leq 0.055\%$ 、B 0.0005 ~ 0.0035%、V 0.008 ~ 0.15%、 $Ti \leq 0.080\%$ 、 $Cr \leq 0.30\%$ 、Ni 0.05 ~ 0.30%、Cu 0.08 ~ 0.35%、Mo 0.04 ~ 0.15%、Pb 0.005 ~ 0.020%、Sn 0.003 ~ 0.030%,其它为Fe和不可避免的杂质。

[0006] 进一步,化学组分按质量百分数为:C 0.33%、Si 0.24%、Mn 1.24%、P 0.016%、S 0.013%、Al 0.023%、B 0.0017%、V 0.074%、Ti 0.01%、Cr 0.22%、Ni 0.05%、Cu 0.08%、Mo 0.04%、Pb 0.005%、Sn 0.003%,其它为Fe和不可避免的杂质;或者,C 0.36%、Si 0.28%、Mn 1.27%、P 0.020%、S 0.019%、Al 0.044%、B 0.0020%、V 0.080%、Ti 0.08%、Cr 0.23%、Ni 0.30%、Cu 0.35%、Mo 0.15%、Pb 0.020%、Sn 0.030%,其它为Fe和不可避免的杂质;或者,C 0.35%、Si 0.26%、Mn 1.26%、P 0.018%、S 0.015%、Al 0.030%、B 0.0019%、V 0.078%、Ti 0.05%、Cr 0.22%、Ni 0.20%、Cu 0.19%、Mo 0.11%、Pb 0.010%、Sn 0.014%,其它为Fe和不可避免的杂质;或者,C 0.30%、Si 0.15%、Mn 0.80%、P 0.011%、S 0.005%、Al 0.055%、B 0.0005%、V 0.150%、Ti 0.060%、Cr 0.30%、Ni 0.17%、Cu 0.21%、Mo 0.13%、Pb 0.005%、Sn 0.017%,其它为Fe和不可避免的杂质;或者,C 0.37%、Si 0.35%、Mn 1.50%、P 0.025%、S 0.030%、Al 0.017%、B 0.0035%、V 0.008%、Ti 0.050%、Cr 0.19%、Ni 0.28%、Cu 0.11%、Mo 0.12%、Pb 0.010%、Sn 0.006%,其它为Fe和不可避免的杂质。

[0007] 本发明所要解决的另一技术问题是提供一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺,使得到的履带链片用钢具有优良的力学性能。

[0008] 本发明的技术方案如下:一种中碳微合金化工程机械履带链片用钢的生产工艺,包括转炉冶炼、钢包炉精炼、真空脱气、连铸、轧钢和热处理,得到的中碳微合金化工程机

械履带链片用钢的化学组分按质量百分数为： $C: 0.30 \sim 0.37\%$ 、 $Si 0.15 \sim 0.35\%$ 、 $Mn 0.80 \sim 1.50\%$ 、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S 0.005 \sim 0.030\%$ 、 $Al \leq 0.055\%$ 、 $B 0.0005 \sim 0.0035\%$ 、 $V 0.008 \sim 0.15\%$ 、 $Ti \leq 0.080\%$ 、 $Cr \leq 0.30\%$ 、 $Ni 0.05 \sim 0.30\%$ 、 $Cu 0.08 \sim 0.35\%$ 、 $Mo 0.04 \sim 0.15\%$ 、 $Pb 0.005 \sim 0.020\%$ 、 $Sn 0.003 \sim 0.030\%$ ，其它为 Fe 和不可避免的杂质；所述轧钢在加热炉内进行，钢坯在加热炉内的加热时间大于 4 小时，钢坯开轧温度为  $1150^{\circ}C - 1180^{\circ}C$ ，终轧温度为  $930^{\circ}C - 980^{\circ}C$ ，轧制规格为  $\phi 60mm - \phi 70mm$ ，热锯后圆钢下线采取堆垛缓冷，避开风口堆放，缓冷时间大于 36 小时；所述热处理包括：末端淬透性热处理和力学性能热处理；其中，所述末端淬透性热处理的工艺为：所述圆钢在  $890^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$  正火，然后在  $860^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$  淬火；所述力学性能热处理工艺为：所述圆钢在  $860^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$  淬火，然后在  $530^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$  回火。

[0009] 进一步，所述转炉冶炼的过程包括：每炉转炉冶炼钢水加入白灰 4000-5000kg，白云石 900-2200kg，铁皮球 1600-2200kg，出钢过程中加入锰铁 200kg，矽锰合金 1200kg，高碳铬铁 200kg，铝硅锰 200kg，增碳剂无烟煤 160-330kg 进行脱氧合金化，所述每炉转炉冶炼钢水的质量为 120 吨；所述转炉冶炼的出钢温度  $1596 - 1629^{\circ}C$ ，转炉终点钢水的碳质量百分数为  $0.04 - 0.19\%$ ，磷质量百分数为  $0.006 - 0.020\%$ ；其中，转炉铁水中磷的质量百分含量  $\leq 0.012\%$ 。

[0010] 进一步，所述钢包炉精炼的过程包括：根据所述转炉冶炼后钢水成分及温度加辅料造渣，加合金微调和升温操作；其中，每炉转炉冶炼后钢水加入白灰 300-400kg，矾土 100-200kg，电石 100-200kg 造渣，每炉转炉冶炼后钢水的质量为 120 吨；根据精炼就位时钢水的成分每炉精炼就位的钢水加入锰铁 50-300kg、硅铁 60-120kg、钒铁 90kg、硅钙钡镁 100kg、硼铁 15-16kg、喂入铝线 100m 进行微调，每炉精炼就位的钢水的质量为 120 吨；所述钢包炉精炼的就位温度  $1538 - 1581^{\circ}C$ ，钢包炉精炼的离位温度  $1621 - 1670^{\circ}C$ ，精炼处理时间 32-55min。

[0011] 进一步：所述真空脱气的深真空时间  $> 13min$ ，深真空度  $\leq 0.10KPa$ ，软吹时间 10-16min，软吹流量 45-50NL/min，上台温度  $1559 - 1611^{\circ}C$ ；所述真空脱气后喂入硅钙线 150-200m 进行夹杂物变性并且根据真空脱气时的钢水中的硫含量加入硫铁调节，使硫的质量百分含量在  $0.010 - 0.030\%$ 。

[0012] 进一步：所述连铸的过热度为  $24 - 30^{\circ}C$ ，拉速为  $0.70m/min - 1.15m/min$ ；二冷区采用弱冷冷却，为了防止连铸铸坯产生裂纹，连铸铸坯下线采取下铺上盖型堆垛缓冷，避开风口堆放，缓冷时间大于 36 小时。

[0013] 进一步，得到的中碳微合金化工程机械履带链片用钢的化学组分按质量百分数为： $C 0.33\%$ 、 $Si 0.24\%$ 、 $Mn 1.24\%$ 、 $P 0.016\%$ 、 $S 0.013\%$ 、 $Al 0.023\%$ 、 $B 0.0017\%$ 、 $V 0.074\%$ 、 $Ti 0.01\%$ 、 $Cr 0.22\%$ 、 $Ni 0.05\%$ 、 $Cu 0.08\%$ 、 $Mo 0.04\%$ 、 $Pb 0.005\%$ 、 $Sn 0.003\%$ ，其它为 Fe 和不可避免的杂质；或者， $C 0.36\%$ 、 $Si 0.28\%$ 、 $Mn 1.27\%$ 、 $P 0.020\%$ 、 $S 0.019\%$ 、 $Al 0.044\%$ 、 $B 0.0020\%$ 、 $V 0.080\%$ 、 $Ti 0.08\%$ 、 $Cr 0.23\%$ 、 $Ni 0.30\%$ 、 $Cu 0.35\%$ 、 $Mo 0.15\%$ 、 $Pb 0.020\%$ 、 $Sn 0.030\%$ ，其它为 Fe 和不可避免的杂质；或者， $C 0.35\%$ 、 $Si 0.26\%$ 、 $Mn 1.26\%$ 、 $P 0.018\%$ 、 $S 0.015\%$ 、 $Al 0.030\%$ 、 $B 0.0019\%$ 、 $V 0.078\%$ 、 $Ti 0.05\%$ 、 $Cr 0.22\%$ 、 $Ni 0.20\%$ 、 $Cu 0.19\%$ 、 $Mo 0.11\%$ 、 $Pb 0.010\%$ 、 $Sn 0.014\%$ ，其它为 Fe 和不可避免的杂质；或者， $C 0.30\%$ 、 $Si 0.15\%$ 、 $Mn 0.80\%$ 、 $P$

0.011%、S 0.005%、Al 0.055%、B 0.0005%、V 0.150%、Ti 0.060%、Cr 0.30%、Ni 0.17%、Cu 0.21%、Mo 0.13%、Pb 0.005%、Sn 0.017%，其它为 Fe 和不可避免的杂质；或者，C 0.37%、Si 0.35%、Mn 1.50%、P 0.025%、S 0.030%、Al 0.017%、B 0.0035%、V 0.008%、Ti 0.050%、Cr 0.19%、Ni 0.28%、Cu 0.11%、Mo 0.12%、Pb 0.010%、Sn 0.006%，其它为 Fe 和不可避免的杂质。

[0014] 本发明的技术效果如下：

[0015] 本发明通过制定严谨合理的生产工艺，优化转炉、精炼及连铸工艺，合理控制过程参数，对钢水的终点成分、连铸配水、铸坯拉速等进行严格控制，得到中碳微合金化工程机械履带链片用钢，其钢材的表面质量、低倍组织、非金属夹杂物、晶粒度、金相组织等冶金质量均满足技术条件要求。

### 具体实施方式

[0016] 本发明的生产工艺包括：转炉冶炼—钢包炉 (Ladle Furnace, LF) 精炼—真空脱气 (Vacuum Degassing)—连铸。

[0017] 工业试生产 5 炉钢，具体的生产过程如下：

[0018] 步骤 S1：转炉冶炼

[0019] 为保证产品质量及供精炼钢水成分，转炉铁水中磷的质量百分含量 $\leq 0.012\%$ 。在转炉冶炼过程中加入白灰、白云石等造渣辅料，出钢过程中根据成品钢成分要求加入增碳剂、锰铁、矽锰、铬铁和铝硅锰进行脱氧合金化。

[0020] 本发明的实施例中在转炉冶炼时每炉转炉冶炼钢水加入白灰 4000-5000kg，白云石 900-2200kg，铁皮球 1600-2200kg，出钢过程中加入锰铁 200kg，矽锰合金 1200kg，高碳铬铁 200kg，铝硅锰 200kg，增碳剂无烟煤 160-330kg 进行脱氧合金化。每炉转炉冶炼钢水的质量为 120 吨。转炉冶炼的出钢温度 1596-1629℃，转炉终点钢水的碳质量百分数为 0.04-0.19%，磷质量百分数为 0.006-0.020%。各实施例的转炉终点钢水的碳含量、磷含量（质量百分数）及出钢温度如表 1 所示。

[0021] 表 1 转炉出钢的成分及温度

[0022]

	出钢温度, °C	出钢碳含量, %	出钢磷含量, %
实施例 1	1596	0.08	0.006
实施例 2	1629	0.19	0.015

[0023]

实施例 3	1618	0.12	0.011
实施例 4	1621	0.04	0.008
实施例 5	1626	0.17	0.020

[0024] 步骤 S2：LF 精炼

[0025] LF 精炼的过程包括：根据转炉冶炼后钢水成分及温度加辅料造渣，加合金微调 and

升温操作。

[0026] 本发明的实施例中每炉转炉冶炼后钢水加入白灰 300-400kg, 矾土 100-200kg, 电石 100-200kg 造渣, 每炉转炉冶炼后钢水的质量为 120 吨。根据精炼就位时钢水的成分每炉精炼就位的钢水加入锰铁 50-300kg、硅铁 60-120kg、钒铁 90kg、硅钙钡镁 100kg、硼铁 15-16kg、喂入铝线 100m 进行微调。每炉精炼就位的钢水的质量为 120 吨。钢包炉精炼的就位温度 1538-1581℃, 钢包炉精炼的离位温度 1621-1670℃, 精炼处理时间 32-55min。各实施例的具体精炼 LF 炉的工艺控制参数如表 2 所示。

[0027] 表 2 精炼 LF 炉工艺控制参数

[0028]

	精炼就位温度, °C	精炼离位温度, °C	精炼处理时间, min
实施例 1	1538	1621	32
实施例 2	1581	1670	55
实施例 3	1557	1632	45
实施例 4	1562	1621	39
实施例 5	1547	1621	54

[0029] 步骤 S3 :VD 脱气

[0030] 钢水经 VD 炉真空脱气处理, 进一步降低钢中有害气体含量, 提高钢的洁净度, VD 脱气后喂入硅钙线 150-200m 进行夹杂物变性并且根据真空脱气时的钢水中的硫含量加入硫铁调节, 使硫的质量百分含量在 0.010-0.030%。

[0031] VD 炉冶炼的深真空时间 > 13min, 深真空度 ≤ 0.10KPa, 软吹时间 10-16min, 软吹流量 45-50NL/min, 上台温度 1559-1611℃。各实施例的具体工艺参数见表 3。

[0032] 表 3 精炼 VD 炉工艺控制

[0033]

	软吹时间, min	软吹流量, NL/min	上台温度, °C
实施例 1	10	45	1559
实施例 2	16	50	1611
实施例 3	12	49	1576
实施例 4	10	50	1565
实施例 5	12	50	1569

[0034] 步骤 S4 :连铸

[0035] 连铸的过热度为 24-30℃, 拉速为 0.70m/min-1.15m/min。二冷区采用弱冷冷却, 为了防止连铸铸坯产生裂纹, 连铸铸坯下线采取下铺上盖型堆垛缓冷, 避开风口堆放, 缓冷时间大于 36 小时。连铸生产中各实施例的钢水的成分 (质量百分数) 控制如表 4 所示。

[0036]





避免的杂质。

[0045] 步骤 S7 性能测试

[0046] 1) 末端淬透性

[0047] 圆钢在  $880^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  正火后,加工成端淬试样后在  $850^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  淬火,测定各实施例的末端淬透性。各实施例的末端淬透性见表 5。

[0048] 表 5 各实施例的末端淬透性

[0049]

端淬距离		1.5mm	7mm	13mm
端淬硬 度 HRC	实施例 1	53.2	50.5	37.0
	实施例 2	51.0	44.0	30.0
	实施例 3	51.7	47.3	31.7
	实施例 4	58.0	48.7	40.0
	实施例 5	55.3	44.6	37.2

[0050] 2) 力学性能

[0051] 圆钢在  $860^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  淬火后,在  $530^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  回火,测定各实施例的力学性能。各实施例的力学性能如表 6 所示。

[0052] 表 6 各实施例的力学性能

[0053]

	力学性能					钢材退火或高温 回火供应状态布 氏硬度不大于 /HB
	抗拉强度 Rm/MPa 不小于	屈服点 Rel/MPa 不小于	伸长率 A/% 不小于	断面收缩 Z/% 不小于	冲击功 Akv/J 不小于	
实施例 1	1083	986	16.0	58	84	189
实施例 2	995	881	14.0	55	63	180
实施例 3	1009	748	14.2	45	72	207
实施例 4	1065	897	10.0	52	69	183
实施例 5	931	974	15.4	58	81	192

[0054] 3) 热顶锻性能

[0055] 按 GB/T233 标准对各实施例进行检验,钢材热顶锻后的试样高度为原试样高度的  $1/3$ ,顶锻后的试样合格率为 100%。

[0056] 4) 表面质量

[0057] 各实施例的热轧圆钢表面未发现表面裂纹等缺陷,完全满足热轧圆钢的表面质量

要求。

[0058] 综上所述,本发明通过制定严谨合理的生产工艺,优化转炉、精炼及连铸工艺,合理控制过程参数,对钢水的终点成分、连铸配水、铸坯拉速等进行严格控制,得到中碳微合金化工程机械履带链片用钢,其钢材的表面质量、低倍组织、非金属夹杂物、晶粒度、金相组织等冶金质量均满足技术条件要求。