

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6503530号  
(P6503530)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019. 4. 17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019. 3. 29)

(51) Int. Cl.

F 1

<b>B 2 1 B</b>	<b>43/00</b>	<b>(2006. 01)</b>	B 2 1 B	43/00	B
C 2 1 D	8/06	(2006. 01)	B 2 1 B	43/00	Z
C 2 2 C	38/00	(2006. 01)	C 2 1 D	8/06	B
C 2 2 C	38/58	(2006. 01)	C 2 2 C	38/00	3 O 1 Y
			C 2 2 C	38/58	

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-29345 (P2018-29345)

(22) 出願日 平成30年2月22日(2018. 2. 22)

審査請求日 平成30年9月7日(2018. 9. 7)

特許権者において、権利譲渡・実施許諾の用意がある。

早期審査対象出願

(73) 特許権者 306030275

山田 榮子

兵庫県神戸市北区藤原台北町3-2-6

(74) 代理人 393025334

山田 勝彦

(72) 発明者 山田 勝彦

兵庫県神戸市北区藤原台北町3丁目2番6号

審査官 河口 展明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱延棒鋼の加速冷却方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱間圧延後の棒鋼を切断してウォーキングビーム式冷却床に搬送し、該冷却床において搬送方向と平行に並列し垂直方向に並進しつつ加速冷却する方法であって、

1) 冷却床を主に棒鋼列を上置き整列させる連続山形溝を上面に設けた数条のラックを平行棒状に組み立てた固定台と該固定台と同様の構造を持ち昇降と前後進の両方又は一方の駆動機構を持ち上下前後に周回可能とした駆動台とから構成し、

2) 溝の形状と駆動台の周回軌跡とを組み合わせ、棒鋼の荷重を受ける溝上の2支点は常時、片側は固定台側他は駆動台側とすることにより駆動に伴って周回の全周において該棒鋼を転動させ、

3) 棒軸と直交して衝風を作用させ、700 から600 における冷却速度を空冷の2倍以上とすることを特徴とする棒鋼の加速冷却方法。

【請求項2】

1) 固定台側の溝の開き角を90°以上120°以下とし、2) 駆動台側の溝の形状を固定台側の溝と同一とし、3) 駆動台側の溝底の周回軌跡を固定台側の溝の前後斜面を要素として頂部の下方に形成される平行四辺形を原形に該四辺形の中心を基点に85%以上97%以下に相似縮小した四辺形としたことを特徴とする請求項1に記載した棒鋼の加速冷却方法。

【請求項3】

1) 固定台側の溝の開き角を90°以上120°以下とし、2) 駆動台側の溝の形状を

後斜面は固定台側の溝の後斜面と平行、前斜面は固定台側の溝の前斜面よりも急傾斜として全体を鋸歯状とし、3) 駆動台側の溝頂部の前後位置を固定台側の溝底の後方寄りとし、4) 駆動台の周回軌跡を上下のみとして下限を駆動台側の溝頂部が固定台側の溝斜面の直上、上限を駆動台側の溝底が固定台側の溝頂部直下とすることを特徴とする請求項1に記載した棒鋼の加速冷却方法。

【請求項4】

1) 固定台側の溝の開き角を90°以上120°以下とし、2) 駆動台側の溝の形状を固定台側と同一とし、3) 駆動台側の溝底の周回軌跡を固定台側の溝の前後斜面を要素として頂部の下方に形成される平行四辺形に内接又は内在する円又は楕円としたことを特徴とする請求項1に記載した棒鋼の加速冷却方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は熱間圧延後の棒鋼に加速冷却を施す方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

棒鋼圧延において所定寸法に圧延された棒鋼は所定長さに切断され冷却床に送られる。該冷却床では圧延材走行方向に対して平行に並列され、垂直方向に同一歩調で多段の溝上を並進する。並進させる手段として通常ウォーキングビームと称される棒列を上置する固定台と上昇・前進・下降・後退のメカニズムが附加された該固定台とほぼ同一構造の駆動台とから成る移送装置が設けられ、棒列をまとめて交互に載せ替えて前進させる。

20

その間棒鋼は空冷される。空冷故に焼準と同様の金属組織を持ち、中庸の強度と安定した延靱性が得られる。特別の機械的性質例えば高強度・低強度・高加工性・高延性等を必要とする場合には、棒鋼に2次加工例えば焼入焼戻しや焼鈍等が施される。

【0003】

線材では圧延直後の制御冷却の技術が充実していて各種の熱処理が施され、品質改良他2次加工の簡素化がなされるが棒鋼では事例が多くない。その理由は、

- 1) 棒鋼では多くの場合それ自体が製品であって特別の熱処理を要しない、
- 2) 特殊鋼のように材料として製造される場合、通常金属組織で特に不都合が無い、
- 3) 棒径が大きいので金属組織の改質に必要な冷却速度が得にくい、
- 4) 改質要求にはコスト上は不利だが合金添加によって容易に対処できる場合がある、
- 5) 必要な冷却能を持ち且つ多様な熱処理が可能な制御冷却方法は既にあることはあるが特別な設備を必要とし、既存の広大な冷却床を全面改造することになり設備投資上問題が大きい。

30

【0004】

得られる効果が顕著でなくとも現行設備の改造によって製品改良例えば高抗張力化がなされればそれなりの意義がある。

棒鋼の中で最大生産量を占める汎用鉄筋の降伏強度は約300MPaである。細径(10~18mm)では合金添加により800MPaとなる高強度品が製造されているが、近年太径(22~51mm径)の高強度材が期待されている。これは本発明の目的の一つである。

40

【0005】

棒鋼の金属組織を改質して高強度化等を図る制御冷却方法の先行事例を検討する。

1. テンプコア法： 非特許文献1

主に鉄筋用低炭素鋼を対象に仕上げ圧延直後の直進する棒鋼を強力な水冷装置により短時間急冷し、表層をMs点(マルテンサイトが発生する温度)以下に誘導して表層のみ焼入れし、その後内部の自己熱により焼入れ部を焼き戻す方法である。降伏強度は約500MPa、合金添加により600MPaが得られる。強力精密な水冷装置の他は特に設備改造を要しないことも有利である。問題は、

- 1) 棒径が大きいほど効果が低下する、

50

- 2) 表層は焼入焼戻し組織であるから水素Hに起因する遅れ破壊に敏感である、  
 3) 特別の冷却床を要せず走行する棒鋼を強力ジェット水流によって冷却するだけであるが、凹凸のある棒鋼に正確均等な冷却を施すことが意外に困難であり、曲げ性にも問題があること等により国内では製造されていない。

## 【0006】

## 2. ミスト冷却法： 特許文献1、特許文献2

圧延後の棒鋼を棒列に形成して冷却床上で並進させるに当たり、各棒を自転させつつ斜行並進させ、他方冷却床上方に全面配置したミストスプレー・ノズルによりスプレー冷却を適用する。棒軸方向、接線方向共に冷却が均等になるよう工夫されている。高炭素低合金鋼のPC鋼棒の Patenting による強靱化に利用されているが問題は、

- 1) 冷却強化のため水量を増加すると棒鋼と駆動接触部に水が溜まり局所異常冷却が発生する。  
 2) 上方だけからの噴射であるため実効表面積が約1/3となり、この2点から大きな冷却能が得られず、平均総括熱伝達率は高々160(W/m<sup>2</sup>K)程度である。  
 3) 実施する設備は全面的に新設となり設備費が大きく、そのため内外で1基しか稼働していない。当該装置も単機能的である。

## 【0007】

## 3. TMC P法： 非特許文献2

加工熱処理とも言われ、成分・圧延条件・冷却条件の3要因を総合的に組み合わせて結晶粒微細化と金属組織を改質する方法であり、高強度と高延靱性が得られる。主に厚板・薄板を対象とし走行中に処理される。

上記文献には、細粒化元素(V, Nb)の添加、800以下の低温圧延によるオーステナイト粒の微細化、再結晶粒の成長抑止と変態組織制御のための適切な水冷の3プロセスにより3μm径以下の微細フェライト又はベイナイト又はマルテンサイトを主組織とし、厚板において500~900MPaの高強度化が可能と示されている。

## 【0008】

本方法を棒鋼に応用する場合の問題は、

- 1) 低温圧延に耐える圧延機耐力の強化が不可欠である。  
 2) 走行中に熱処理するので必要処理時間に対応する強制冷却装置の長さ(走行距離も)が異常に大きくなりスペース上実施困難となる。従って実施されていない。因みに厚板では断面積が大きいので走行速度は小さく、必要冷却時間約100秒に対してスペース上の問題は大きくない。

## 【0009】

## 4. 常温流動床冷却： 特許文献3

該文献には熱延棒鋼に対して多様な熱処理が可能な制御冷却方法が開示されている。それによると強力な冷却能を持つ常温流動床の槽内に棒鋼冷却床を設け、該冷却床は前記特許文献2に開示された自転する棒鋼を並進斜行させる構造であり、棒列と平行な多段の遮蔽板と保温板を設け、該板を適宜開閉して冷却強さと冷却時期を調節する。

焼入から徐冷まで種々の連続冷却・恒温変態が可能な多機能方法・装置である。先行例に比較し多様且つ高度な処理が可能となるが、問題点は設備が一層複雑・高価になる。維持にも種々の難点が予想される。

## 【0010】

制御冷却には適さないが常用されているウォーキングビーム式冷却床の問題を検討する。

図1は全体構造、図2は移送のメカニズムを示す。棒鋼を圧延材走行方向に対して平行に並列して積載する固定台4と該固定台4とほぼ同一構造であり上昇・前進・下降・後退のメカニズムが付設された駆動台6とから成り、該両台は数条の平行ラックを枠状に組み立てたものであり、ラックの溝上に棒鋼が並列する。駆動ラックの作動により棒列2をまとめて交互に載せ替え、同一歩調で並進し多段の溝を渡り歩く。

作動1 上昇； 棒列は途中で固定台から駆動台へ乗り換え

- 2 前進； 固定台の上方を溝 1 ピッチ分前進
- 3 下降； 途中で駆動台から固定台へ乗り換え
- 4 後退； 固定台の下方を後退して基準点へ復帰

駆動機構にはカム・リンクを使用した回転方式も多用されるが原理は上記と同様である。

#### 【 0 0 1 1 】

通常は空冷であるから冷却ムラによる金属組織のムラはほとんど無い。溝部材への接触による局所冷却もラックを棒列に対して斜行させる等により接触点の分散が図られる。ところが静置と移動を完結的に反復すると空冷と言えども棒鋼の接線方向には冷却ムラが生じ、また自重も重なりわずかな曲がりが発生する。曲がり大きい場合、以後の作業に混乱を来す。小さい場合でも顧客における種々の加工時（例；網状への溶接組立）に作業トラブルの原因となる。

#### 【 0 0 1 2 】

曲がり問題には、通常駆動台の前進ストロークを溝間隔と同一とせず、多少ずらせることにより固定台への乗り換え時には少し転動するという策が講じられる。溝を渡り歩く毎に回転が積み重なり冷却の接線方向均等化が進み曲りはほぼ解決される。ちなみに平鋼では乗り換えに際して裏返しを行い曲がり（そり）を防止する例がある。

#### 【 0 0 1 3 】

ところで並進棒列に対してミスト冷却を適用した先行例 2 の発明は、当初は固定台上では転動するが駆動台上にある時は転動が無い構造であったため急速に曲がりが発生した。冷却を強化すると一時的な転動停止でも冷却対面と背面との熱伝達の差が無視できないことが判明し、当問題を解決するため『常時転動』させる機構が追加組み込まれた。

#### 【 0 0 1 4 】

##### 5 . 転動附加冷却床； 特許文献 4

該文献には以下が開示されている。太径丸鋼（約 1 0 0 m m 径）の特殊鋼においては冷却床での空冷（実質徐冷）に際して冷却の接線方向不均一が不都合な残留応力を内蔵させ、以後の切削加工精度に悪影響となる。対策として通常のウォーキングビーム式冷却床であるが転動機構を巧みに組み込む。それによると、

1 ) 駆動台のストロークを可変とし、

2 ) 駆動台の基準点を可変とし適切な値に設定して、従来の駆動台から固定台への乗り換え時（戻り）だけでなく固定台から駆動台への乗り換え時（往き）にも転動を発現させ、さらに手待ち時間の間は搬送せず同一溝内で受け渡すアイドル駆動による転動を加える。

#### 【 0 0 1 5 】

対象課題は解決されるが、本方法を鉄筋のように 5 0 m m 径以下で且つ加速冷却を新たに適用しようとする場合の問題は、転動数が不足して均一冷却は困難と予測される。

なぜなら搬送モードにおいて 1 サイクル中の復路半周は固定溝上で静置状態にあり、往路半周のうち乗り換え時（ 2 回）のある時間帯だけが転げ落とすような転動が生じ、移送間はまた静置状態である（該文献請求項 2 ； . . . 該固定溝上で長手方向に移動させ、 . . . ）。従って転動時間率は搬送時は高々 1 / 4、アイドル時は同様 1 / 2 となる。その間棒鋼は不均一冷却を受ける。

#### 【 0 0 1 6 】

以上、空冷処理される常用のウォーキングビーム式冷却床では棒鋼表面の熱伝達率の接線方向の不均一に起因した棒鋼の曲がりの発生は、わずかな転動の組込により解決されているが、該冷却床に品質・性能向上のため加速冷却を適用しようすると該不均一は増幅し、曲がり発生は避けられず作業は不能になる。『常時転動』は有力な解決策であろう。

#### 【 0 0 1 7 】

高強度材の要望に対して、例えば高強度鉄筋（通常の降伏応力 3 0 0 M P a に対して 4 0 0 ~ 8 0 0 M P a ）では高価な合金添加によって応答している。 1 3 m m 径の剪断補強

筋 S D 7 8 5 では M n , C r 等の合金添加の他に更に単価が 1 0 倍以上の V が 0 . 3 ~ 0 . 5 % 添加され、資源の有効利用に問題がある。加速冷却を導入することにより合金の節減が期待される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 8 】

【特許文献 1】公開特許公報昭 6 1 - 2 6 7 3 0

【特許文献 2】公開特許公報平 1 - 2 3 4 5 2 7

【特許文献 3】特許第 4 1 0 6 4 1 2 号

【特許文献 4】公開特許公報 2 0 1 2 - 4 0 5 8 2

10

【非特許文献】

【 0 0 1 9 】

【非特許文献 1】日本鉄鋼協会、鉄鋼技術の流れ 4 : 制御圧延・制御冷却、P.151

【非特許文献 2】新日本製鐵(株)監修、NIPPON STEEL MONTHLY 2007,6,p.7 8

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 2 0 】

棒鋼の品質・性能改善を目指し、

1) 熱間圧延後冷却床において棒鋼に漫然と加速冷却を適用すると曲がりの発生が避けられない。先行例 2 , 4 の方法では品質及び作業の両面で解決されるが、冷却設備の全面新設が必要となり設備投資の問題が生ずる。

20

2) 既存のウォーキングビーム式冷却床において棒鋼移動時に転動を組み込んだ方法(特許文献 4)では転動時間率(=転動時間/駆動時間)が小さく空冷では均等化に有効でも加速冷却に対して転動数・転動時間率が相対的に不足し均一冷却は望めない。

3) 合金添加による解決策は容易であるがコスト及び資源上の問題がある。

本願発明は、既存のウォーキングビーム式冷却床の不均一冷却を克服し、且つ線材では常用されているが棒鋼では事例がない衝風冷却を組み込んで比較的簡素な設備により曲がり問題を解決しつつ合金量の節減を図ることを解決すべき課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 1 】

第 1 発明は、熱間圧延後の棒鋼を切断してウォーキングビーム式冷却床に搬送し、該冷却床において搬送方向と平行に並列し垂直方向に並進しつつ加速冷却する方法であって、

30

1) 冷却床は主に棒鋼列を上置し整列させる連続山形溝を上面に設けた数条のラックを平行棒状に組み立てた固定台と該固定台と同様の構造を持ち昇降と前後進の両方又は一方の駆動機構を持ち上下前後に周回可能とした駆動台とから構成され、

2) 溝の形状と駆動台の周回軌跡とを組み合わせる棒鋼の荷重を受ける溝の前後斜面上のどちらか一方の支点は常時固定側他方は駆動側に置くことにより駆動に伴って周回の全周において転動させ、

3) 棒軸と直交して衝風を作用させ、7 0 0 から 6 0 0 における冷却速度を空冷の 2 倍以上とすることを特徴とする棒鋼の加速冷却方法である。

40

【 0 0 2 2 】

第 2 発明は、1) 固定台側の溝の開き角を 9 0 ° 以上 1 2 0 ° 以下とし、2) 駆動台側の溝の形状を固定側と同一とし、3) 駆動台側の溝底が周回する軌跡を固定台側の溝の前後斜面を要素として頂部の下方に形成される平行四辺形を原形に該四辺形の中心を基点に 8 5 % 以上 9 7 % 以下に相似縮小した四辺形としたことを特徴とする第 1 発明に記載した棒鋼の加速冷却方法である。

【 0 0 2 3 】

第 3 発明は、1) 固定台側の溝の開き角を 9 0 ° 以上 1 2 0 ° 以下とし、2) 駆動台側の溝の形状を後斜面は固定側の溝の後斜面と平行、前斜面は固定側の溝の前斜面よりも急傾斜として全体を鋸歯状とし、3) 駆動側の溝頂部の前後位置を固定台側の溝底の後方寄

50

りとし、4) 駆動台の周回軌跡を上下のみとして下限を駆動台側の溝頂部が固定台側の溝斜面の直上、上限を駆動台側の溝底が固定台側の溝頂部直下とすることを特徴とする第1発明に記載した棒鋼の加速冷却方法である。

【0024】

第4発明は、1) 固定台側の溝の開き角を90°以上120°以下とし、2) 駆動台側の溝の形状を固定側と同一とし、3) 駆動台側の溝底が周回する軌跡を固定台側の溝の前後斜面を要素として頂部の下方に形成される平行四辺形に内接又は内在する円又は楕円としたことを特徴とする第1発明に記載した棒鋼の加速冷却方法である。

【0025】

ここで述語の定義として、『周回』には四辺形、円だけでなく上下反復も含める。

『連続山形溝』とは、V字形の連続折線によって形成される溝の列であり、最下点を溝底、最上点を頂部と称する。

『固定台側の溝』、『駆動台側の溝』を以後、『固定溝』、『駆動溝』と称する。

【発明の効果】

【0026】

本発明の特徴は以下である。即ち、溝上の棒鋼は溝の前後2斜面で支えられる。一方の支点は固定台の溝斜面上、他方は駆動台の溝斜面上に常時あるよう幾何的に構成されているので、駆動溝の後斜面が棒鋼を前方へ押す際、前向きに転動しつつ山を上下して溝を1段前進する。駆動台が後退(又は下降)する際にも棒鋼は固定側の溝底部で停滞しつつ駆動溝の摩擦移動により転動し、従って常時転動しつつ衝風冷却を受ける。常時転動により衝風冷却固有の熱伝達の接線方向不均一は平坦化され加速冷却においても曲がりの発生を抑制することができる。

【0027】

第2発明では、既存の冷却床の駆動機構が昇降と前後進から成っている場合、それらを流用しつつ本発明を実施する具体策を示し、必要設備費が節減される。

第3発明は第2発明において昇降と前後進の両機構の同期・同調作動に精密性を欠く場合の対策として昇降機構のみで常時転動させるものであり設備と制御は一層簡素になる。

第4発明は、既存の冷却床の駆動機構が上下前後の回転の場合にそれらを流用しつつ本発明を実施する具体策を示し、同様に設備費用と工期に有利性がある。

【0028】

衝風の作用(風速約10~20m/s)により対流熱伝達率は自然対流の数倍に増加する。放射伝熱を合わせた総括熱伝達率も空冷の2倍以上が容易となる。冷却速度は総括熱伝達に比例して増加、棒径に反比例して低下するものであり、適切な風速により空冷の2倍増が得られる。

棒鋼における冷却の強度と風速との関係を理論で解明し実験で確認したので応用には過誤は小さい。

【0029】

冷却の強さに対応して棒鋼の金属組織は改良され、その結果強度の上昇又は合金量の節減のいずれかがなされる。高強度鉄筋(降伏応力が400~800MPa)の製造に際して、本発明の加速冷却と適切最少の合金(C, Si, Mn, Cr, V等)との組み合わせにより、通常の空冷処理の場合に比較して合金量を削減することが容易になる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】従来の一般的なウォーキングビーム式棒鋼冷却床の概略図である。

【図2】従来のウォーキングビームの作動原理を説明する図である。

【図3】本発明例(2)の加速冷却を実施する冷却床の概略図であり、衝風装置の有無と駆動機構の細部を除いて従来の冷却床と概ね同一構造を持つ。

【図4】本発明例(2)の駆動ラックの駆動軌跡と棒鋼の転動を説明する図である。

【図5】本発明例(3)の加速冷却を実施する冷却床(上下駆動)の概略図である。

【図6】本発明例(3)の駆動ラックの駆動軌跡と棒鋼の転動を説明する図である。

【図 7】本発明例（４）の駆動ラックの駆動軌跡と棒鋼の転動を説明する図である。

【図 8】本発明例（４）の溝形状の他の例の溝と駆動動軌との関係図である。

【図 9】衝風冷却における対流熱伝達率に及ぼす風速と棒径の影響を示す。

【図 10】衝風冷却における総括熱伝達率に及ぼす風速と棒径の影響を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 1 】

初めに、図 1、図 2 に従って本発明の基盤になっている通常のウォーキングビーム式冷却床について説明する。圧延後切断された棒鋼 1 は圧延パスの延長上にある搬入ローラーテーブル 2 により冷却床 3 横に到着し、走行方向と垂直に平行移動させて該冷却床 3 に移送される。冷却床 3 は主に平行数条の固定ラック 4 を組み立てた固定台 4 と該固定台 4 と同様に駆動ラック 5 を組み立てた駆動台 5 と該駆動台 5 を積載する台車 6 と該駆動台 5 を昇降させる昇降装置 7 と該台車 6 を前後させるプッシャー 8 とから構成される。固定ラック 4 及び駆動ラック 5 の上面にはそれぞれ棒鋼を整列させる山形の固定溝 9、駆動溝 10 が設けられる。

固定溝 9 上の棒列 11 は該固定ラック 4 直下で待機していた駆動ラック 5 の上昇により後者に乗り換える。次いで駆動ラック 5 は溝間隔（1 ピッチ）だけ前進し下降する。下降途中で固定ラック 4 に乗り換え、1 ピッチ前進することになる。駆動ラック 5 はさらに下降し、棒列 11 の下を潜って待機点直下まで後退し、次いで待機点まで上昇する。駆動ラックの周回軌跡は上下前後の四辺形 12（図中太点線）となる。

順次侵入してくる棒鋼は棒列 11 を形成して多段の溝を渡り歩き空冷される。空冷後搬出口ローラーテーブル 13 にまとめられて搬出される。

駆動ラック 5 の周回軌跡が円又は楕円の場合も同様に機能する。

【 0 0 3 2 】

以上は一般的に使用されているウォーキングビーム式棒鋼冷却床の構造と作業を示すが本発明では以下が展開される。

1) 空冷に対して衝風冷却装置を付設する。金属組織が改質され製品強度が向上するが、問題は曲がりが発生して操業が安定しない。

2) 前記問題解決のため従来の溝間の持ち上げ移送を転動移動に変更する。常時転動により冷却の接線方向不均等が平坦化される。

【 0 0 3 3 】

図 3 の概略図により本発明 2 の方法を説明する。固定ラック 31, 固定溝 32, 駆動ラック 33, 駆動溝 34, 昇降装置 39, 台車 40, プッシャー 41 等は従来同様の構造を持ち両溝形状は同一である。

新たに周回軌跡 36 を従来の上下水平移動の周回に対して溝の両斜面と平行な四辺形の周回とする。後述するように四辺形の大きさが重要である。

傾斜周回には昇降と前後進の機構・作動を適宜合成する。棒列 35 には送風機 38 により衝風 37 を直交して作用させる。

【 0 0 3 4 】

図 4 は駆動方法と転動の様子を示す。駆動ラック 33 の待機位置は基本的には従来同様固定ラック 31 と同位置即ち両溝底を合わせるが、駆動側は多少前方（移送方向へ）にずらせる。棒列 42 は固定溝 43 の前斜面と駆動溝 44 の後斜面によって支えられる（図中 A）。駆動ラックを固定溝前斜面と平行に前進させると棒列 42 は該溝斜面上を転動登坂する（B）。駆動溝 44 の底が固定溝 43 頂部に接近すると棒鋼心は頂部を超え、転がり落ち始める（C）。駆動溝 44 の底が固定溝 43 の頂部を超えず手前で駆動方向を後斜面と平行に登りから下りに切り換える。手前であるから両支点は固定側と駆動側に分かれ、転がりながら下る（D）。

【 0 0 3 5 】

駆動溝 44 の底が固定溝 43 の底に接近し両底が重なる手前で駆動方向を前斜面と平行に下り後退へ切り換える（E）。手前であるから棒鋼の両支点は固定側と駆動側に分かれ、後退により棒鋼は固定溝底に留まりながら駆動溝斜面の摺動を受け転動する（F）。

駆動溝 4 4 の頂部が固定溝 4 3 の底部に接近し溝底を超える手前で駆動方向を斜面と平行に登り後退へ切り換える ( G )。手前であるから棒鋼の両支点は固定側と駆動側に分かれ、後退により棒鋼は固定溝底に止まりながら駆動溝斜面の摺動を受け転動する ( H )。後退の終点が起点と一致し固定溝 4 3 の前斜面と駆動溝 4 4 の後斜面に支えられる ( A )。図中矢印は転動を示す。

#### 【 0 0 3 6 】

以上のメカニズムにより棒鋼は駆動台の駆動中は前進の登り下りだけでなく後退の上り下り中も転動を停止することが無い。鍵となる不可欠条件は前後ストロークを溝底間隔よりも小さくすること、上下ストロークを山高さの 2 倍よりも小さくすることにより常に一方の支点は固定台側他方は駆動台側に置くことにある。適切なストロークとして既述したように『手前』を溝底間隔の約 2 ~ 7 % を無難とすると前後上下とも 2 回分で 8 5 % 以上 9 7 % 以下に相似縮小することが実用範囲とされる。

駆動溝の底の周回軌跡 3 6 が固定溝の両斜面によって形成される四辺形 A B C D の内部に存在すると言うことは幾何的に駆動溝の一方の斜面は常に固定溝の他方の斜面の上方 ( 又は下方 ) にあると言うことである。これが『縮小』の意味である。

#### 【 0 0 3 7 】

図 5 の概略図により本発明 3 の方法を説明する。固定ラック 5 1 , 固定溝 5 2 , 駆動ラック 5 3 , 駆動溝 5 4 , 昇降装置 5 6 等は第 2 発明と同様の構造を持つ。昇降のみで転動移送を行う。

図 6 は駆動方法と転動の様子を示す。駆動ラック 5 3 は最下点において該駆動溝 5 4 の頂点が固定ラックの溝底から後方寄りて固定溝よりも僅かに高い位置を基点として配置する ( 図中 A )。固定溝の形状は前後対称の単純山形であるが駆動溝の形状は後斜面を固定溝と平行で同形状、前方斜面を固定溝と平行から図のように多少切り込みを設け全体を鋸歯状とする。

駆動ラック 5 3 の上昇により駆動溝後斜面 6 0 が棒列 5 7 を押し上げ、斜面に沿って転動しつつ登る ( 図中 B )。棒鋼が固定溝の頂部に接近して前方へ転げ落ちる ( 図中 C )。当該高さを昇降の上限とする。前記切り込みは滑らかな山越えを誘導する。

上限に達して下降に入ると駆動溝 5 4 の前斜面 5 9 が棒鋼前面をこすりながら転動させる ( 図中 D )。最下点は前記基点である ( 図中 E )。棒鋼は常に固定側と駆動側の斜面で支えられ常時転動する。

#### 【 0 0 3 8 】

図 7 は周回軌跡が既存設備において多用されている円又は楕円の場合の対処方法を示す。棒鋼を常に固定溝と駆動溝の 2 支点で受けるには回転円の直径と溝の寸法関係が鍵となる。既存冷却床の多くの部分を流用する場合、初めに回転円の直径  $d$  が与えられる。該円を包摂し対角が垂直水平となる平行四辺形 ( 菱形 A B C D ) を描き、上側 2 辺を固定溝の基本形とした山形とする。駆動溝は固定溝と同一形状・寸法である。開き角が  $90^\circ$  の場合、溝間隔は  $2 \times d$ 、 $120^\circ$  では  $2 \times d$  となる。

ちなみに従来円軌道移送では本発明とは逆に、設定された溝寸法によって形成される前記平行四辺形に対して円が外接するよう円の直径が決定され、駆動溝の底は該四辺形の外側円上を回る。

#### 【 0 0 3 9 】

固定溝 7 4 と駆動溝 7 3 との位置関係は上記円の最下点に駆動溝の底を配置する ( 点 w )。駆動溝の頂部 ( 図中淡灰色の 3 角形 ) は固定溝 7 4 の底直上に位置する。駆動溝 7 3 の底は内接円 ( 周回軌跡 7 1 ) にそって回転するので該溝 7 3 の後斜面は常に固定溝 7 4 の後斜面の上側、駆動溝 7 3 の前斜面は固定溝 7 4 の前斜面の下側に位置することになる。従って棒鋼の荷重は固定側と駆動側の 2 支点で受けられ、作動に対応して転動し、回転に対応して常時同一方向に転動する。具体的には図中 p 点から q、r、s、t 点までは転動移送、u 点から v、w 点までは溝底で摺動転動、w 点から p 点までは後続の棒鋼を摺動転動させる。

#### 【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50



既存の円軌道駆動装置の駆動半径が調節可能なら現行溝寸法を基準にして半径を縮小する。ラック自体の改造は不要になり駆動台の上下位置関係だけを修正すれば良い。

軌道が円ではなく楕円の場合も全く同様に処理される。固定溝の両斜面を要素とする菱形に楕円軌道が内接するように設定すればよい。

【 0 0 4 1 】

図 8 は溝の開き角を大きくして転動性を良くした溝形状の例を示す。固定溝 8 4 の両斜面で形成される菱形 A B C D に駆動溝 8 3 の底の軌道円 8 1 が内接する。開き角は従来ほとんど 9 0 ° であるが本発明では 9 0 ° 以上 1 2 0 ° 以下とする。本発明 2 , 3 , 4 と同問題なく適用することができる。木製の模型により試験すると登りでは転動せず滑ることがあるので開き角も特定要因とした。開き角が過大になると転動には良いがスペース ( 溝段数 ) が不足することになる。

10

本発明 2 , 3 , 4 において不可欠条件ではないが固定溝の頂部は丸めておくと滑らかに山越えする。駆動側は発明 3 , 4 では頂部の角は転動の引っかかりとして作用する。

【 0 0 4 2 】

以上本発明では駆動中は常時転動することになるが、通常移送ピッチ ( 溝渡り時間 ) はかなり速く、棒鋼の搬入ピッチは圧延条件により遅れることが多い。その間手待ちが生ずる。手待ち停止は曲がりの発生を誘発する。対策として手待ち中も駆動させる。駆動の軌跡を途中戻りの周回とする。同一溝内で前転・後転が生じ不均一冷却を防止する。制御回路の組込により容易になされる。

【 0 0 4 3 】

次に衝風冷却における冷却速度について説明する。線材において周知されているように冷却速度が空冷の 2 倍以上になると強度の上昇が見られる。円柱材の冷却速度は ( 1 ) 式で示される。

20

$$d / d t = 4 ( T - w ) / ( c D ) \dots ( 1 )$$

；温度、 w ；周辺温度、 t ；時間、 ；熱伝達率、 c ；比熱、 ；棒鋼密度、 D ；棒鋼直径

左辺冷却速度は熱伝達率 に比例する。熱延の場合該熱伝達率は対流と放射から成る。

$$= c + r \dots ( 2 )$$

；総括熱伝達率、 c ；対流分、 r ；放射分

【 0 0 4 4 】

対流熱伝達率 c は無次元熱伝達率であるヌセルト数 Nu から、ヌセルト数 Nu は流体の状態に関わる無次元数であるレイノルズ数 Re と流体の物性に関わる無次元数であるプラントル数 Pr から求めることができる。

30

$$= Nu \cdot \lambda / D \dots ( 3 )$$

$$Nu = f ( Re, Pr ) \dots ( 4 )$$

$$Re = V \cdot D / ( \mu / g ) \dots ( 5 )$$

；流体の熱伝導率、 V ；流速、 μ ；流体の粘性率、 g ；流体の密度

衝風に関しては多数の実験データから Re 数と Nu 数の関係が解明されているので該データから風速と熱伝達率と棒径の関係を明らかにすることができる。

図 9 は対流熱伝達率に及ぼす風速と棒径の関係を示す。

40

( データ事例 ; 板谷松樹、水力学、P.176、吉田正彦、実用熱工学、P.898 )

【 0 0 4 5 】

加速冷却によって金属組織を改質する際、700 ~ 600 のおける冷却速度が処理条件の目安となる。放射熱流束 Q と放射熱伝達率 r は以下の式によって求められる。

$$Q ( kcal/m^2h ) = \sigma ( T^4 - w^4 ) \dots ( 6 )$$

$$r = Q / ( T - w ) \dots ( 7 )$$

；放射率、 ；ステファンボルツマン定数、 ；絶対温度、 w ；周辺絶対温度

度

上記温度範囲の平均熱伝達率を計算すると以下となる。

$$r = 4.5 ( kcal/m^2h )$$

50

図10は総括熱伝達率に及ぼす風速と棒径の関係を示す。右図は低速域を拡大した。

【0046】

空冷における冷却速度は図10において風速1~2m/sの熱伝達率から求めることができる(式(1))。例えば棒径15mmの場合、総括熱伝達率は約70となる。風速約13m/sで約140となり冷却速度は倍増する。他の棒径についても風速を10~20m/sにすることにより冷却速度を空冷の2倍以上に誘導することができる。

【実施例】

【0047】

本発明の加速冷却の冶金的効果を立証する事例を表1にまとめる。対象製品は棒径13mm、降伏強度785MPa(D13-785)の剪断補強筋である。本来コイルに形成される線材として製造されていたが近年、直棒としても製造されている。線材では制御冷却が常用されていて容易に製造可能であるが、直棒の場合空冷であるから一層の合金添加が不可欠となっている。空冷における鋼材寸法と合金成分と強度との関係式はいくつか開示されている。C%の増加は最も効果的だが溶接性と延靱性が低下するので良くない。C%は極力低く抑えて価格の低いSi, Mn, Cr等を適切に添加し、不足分を少量のMo, Vで補うのが賢明である。本発明の効果により直棒においても線材と同等水準まで合金量を削減することができる。

【0048】

【表1】

	単位	従来品A	従来品B	従来品C	本発明
C	%	0.20	0.25	0.35	0.20
Si	%	1.00		0.7	1.00
Mn	%	1.60		1.5	1.60
Cr	%	0.90		0.2	0.90
V	%	0.05	0.2	0.3~0.4	0.10
鋼材形態		線材	線材	棒鋼	棒鋼
直径	mm	13	13	13	13
冷却形態		リング列	リング列	直棒	直棒
冷却方法		温水浸漬	衝風	空冷	衝風
熱伝達率	*	210	140	80	160
冷却速度	°C/s	9.6	6.4	3.7	7.4
降伏力	MPa	≥800	≥800	≥800	≥800
抗張力		850~950	850~950	850~950	850~950

\* kcal/m<sup>2</sup>h°C

【産業上の利用可能性】

【0049】

本発明の棒鋼の加速冷却方法は既存の棒鋼ミルに容易に適用することができる。

【符号の説明】

【0050】

1 ; 棒鋼      2 ; 搬入口ローラーテーブル      3 ; 冷却床      4 ; 固定ラック      4 ; 固定台  
 5 ; 駆動ラック      5 ; 駆動台      6 ; 台車      7 ; 昇降装置      8 ; プッシャー  
 9 ; 固定溝      10 ; 駆動溝      11 ; 棒列      12 ; 周回軌跡      31 ; 固定ラック  
 32 ; 固定溝      33 ; 駆動ラック      34 ; 駆動溝      35 ; 棒鋼      36 ; 周回軌跡  
 39 ; 昇降装置      40 ; 台車      41 ; プッシャー      42 ; 棒鋼  
 43 ; 固定溝      44 ; 駆動溝      51 ; 固定ラック      52 ; 固定溝      53 ; 駆動ラック  
 54 ; 駆動溝      55 ; 棒列      56 ; 昇降装置      57 ; 衝風      58 ; 送風機  
 59 ; 駆動溝前斜面      60 ; 駆動溝後斜面      71 ; 周回軌跡      72 ; 棒列

7 3 ; 駆動溝      7 4 ; 固定溝      8 1 ; 周回軌跡      8 2 ; 棒列      8 3 ; 駆動溝  
8 4 ; 固定溝

【要約】            (修正有)

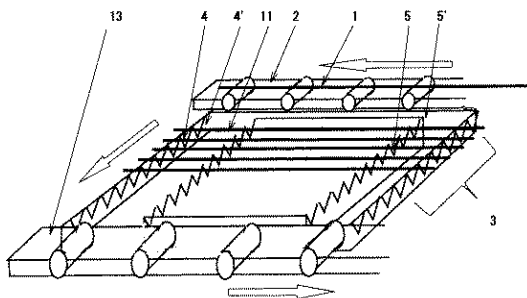
【課題】熱間圧延後の棒鋼をウォーキングビーム式冷却床において加速冷却する方法であって曲がりの発生を防止しつつ金属組織の改質を図る。

【解決手段】それぞれ棒列を上置するラック状の溝を持つ固定台と駆動台の双方の溝形状と駆動台の周回軌跡 3 6 とを適切に組み合わせて棒鋼荷重を受ける溝斜面の 2 支点の一方は固定側、他方は駆動側に置くことにより移送中及び空運転中において棒鋼 3 5 を棒軸回りに常時転動させて衝風を作用させる。熱伝達率の接線方向の不均一を平坦化する。棒径に対応して風速を設定し冷却速度を空冷の 2 倍以上とする。

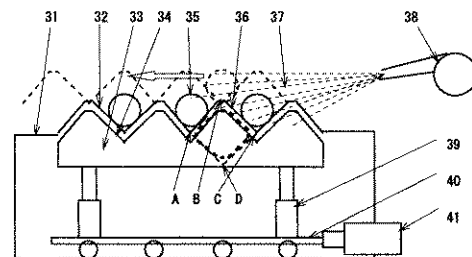
10

【選択図】図 3

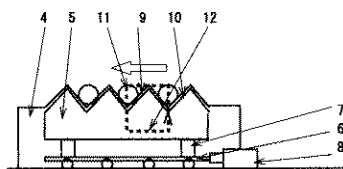
【図 1】



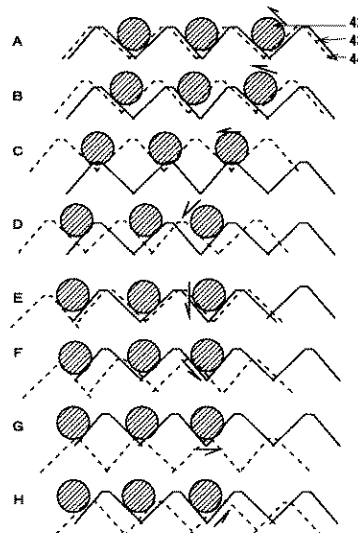
【図 3】



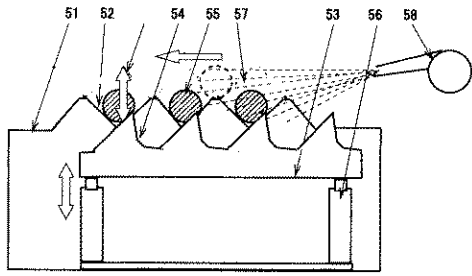
【図 2】



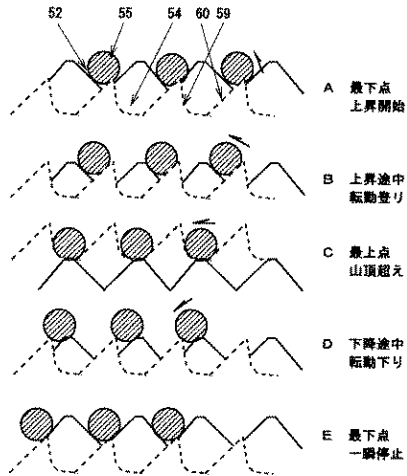
【図 4】



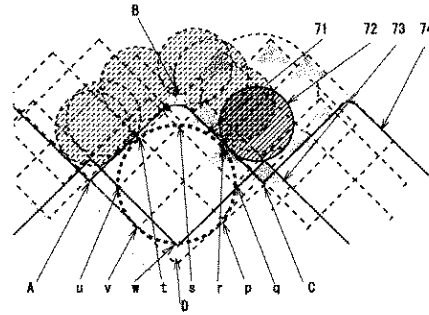
【 図 5 】



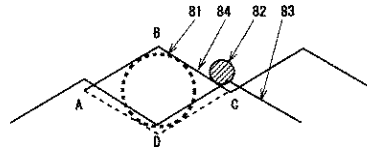
【 図 6 】



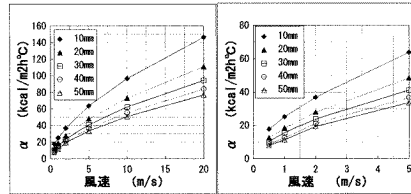
【 図 7 】



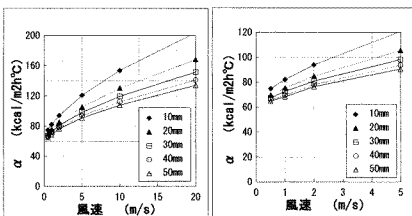
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭62-220210(JP,A)  
実開昭52-014311(JP,U)  
特開2012-040581(JP,A)  
特開昭47-017652(JP,A)  
特開昭61-029677(JP,A)  
特開昭51-106667(JP,A)  
特開昭49-079906(JP,A)  
米国特許第04513853(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21B 43/00 - 43/12  
C21D 1/00  
C21D 8/06 - 8/08