

連続焼鈍炉における超高強度冷延鋼板製造技術の改善

Improvement of the Production Technology of Ultra High Strength Cold Rolled Steel Sheets in Continuous Annealing Line

(株)神戸製鋼所 加古川製鉄所

蒔野秀忠*・田中純彦・田中福輝

前田広幸・植山通孝

本社

大蔵峰樹

1. 緒言

神戸製鋼所 加古川製鉄所の連続焼鈍ライン（以下、CAL）は初めてのロール冷却方式、水焼入れ（以下、WQ）方式併設ラインとして、1982年に稼動した。当CALでは均熱後の第1冷却帯として、一般材は再加熱エネルギーの不要なロール冷却設備、高強度鋼板（以下、ハイツ材）では少ない合金元素で高強度が得られるWQ設備を利用して製造している。

本報では、自動車の軽量化・安全性の向上を図るべく製造を開始した980N/mm²越えハイツ材を安定製造するための設備改善について報告する。

2. 設備概要

当社CALの一次冷却帯の設備概要をFig. 1に示す。

ガスジェット冷却帯(GJ Sect.)で徐冷されたハイツ材は、焼入れ板温を測定後、水冷ノズルを有する急冷タンク(Rapid Cooling Tank)で焼入れされる。冷却によって生じた鋼板表面の酸化皮膜は酸洗(Pickling Cold Rinse)、中和タンク(Neutralizing Hot Rinse)で除去され、再過熱帯(Re-heating Sect.)で焼戻しをおこない、巻き取られる。

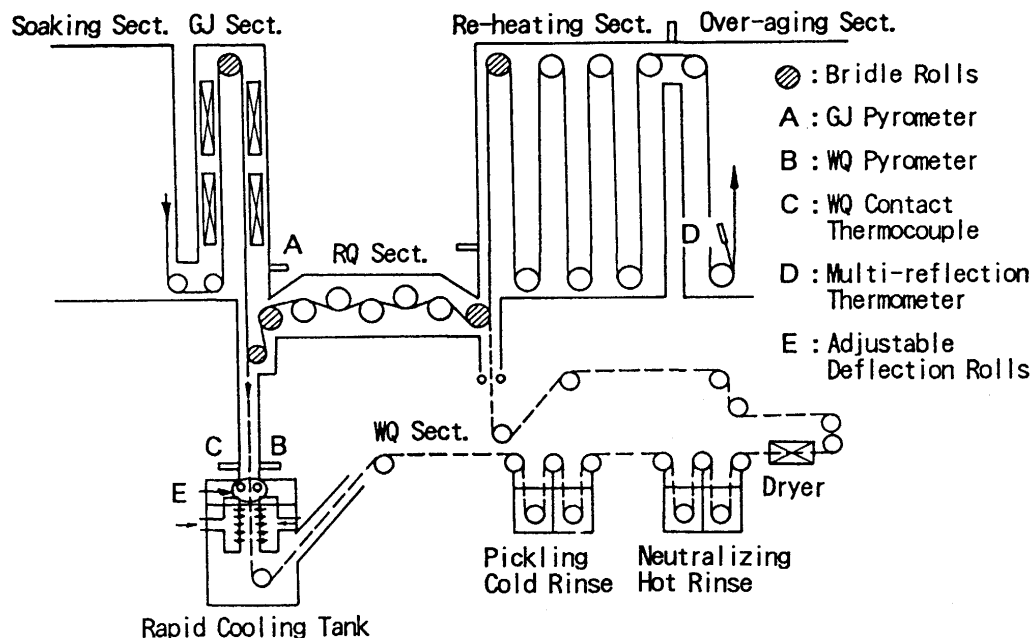


Fig. 1 Layout of Primary Cooling Section

3. 設備改善

3. 1 形状改善

低合金で高強度のハイテン材が製造可能なWQ方式では、焼入れ時に鋼板に熱収縮による板反りが発生する。鋼板に生じる板反り発生の様式図をFig. 2に示すが、板幅1600mmの鋼板を700℃から100℃前後まで焼入れた場合には、焼入れ部で90～100mm前後の反りが生じる。とくに980N/mm² 越えハイテン材では合金添加元素が多く、焼入れ後の強度が高いため、この熱収縮による板反りが焼戻し後も鋼板の製品形状に残留する問題がある。

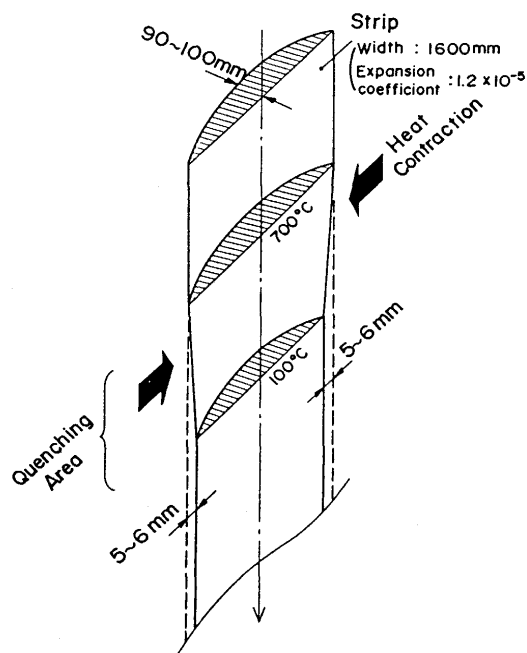


Fig. 2 Crossbow with Heat Contraction in Water Quenching Section

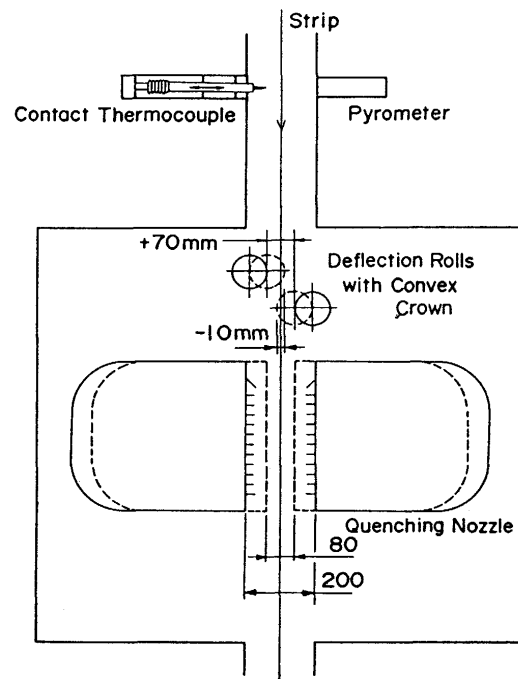


Fig. 3 Layout of Water Quenching Equipment

3. 1. 1 焼入れ部反り矯正

980N/mm² 越えハイテン材に発生する形状不良（板反り）は、高強度のためCAL後の調質圧延では修正できない。このため、形状不良を防止するには焼入れ部で板反り発生を防止することが必要である。当社は板反り防止対策として水冷ノズルの直上に設置していたガイドロールを新たにデフレクトロールに改造した。Fig. 3に設備改造後のWQ設備の構成を示す。デフレクトロールは適切な凸クラウンを有しており焼入れ温度（冷却量）や板幅、鋼種によって変化する板反りに対し、押し込み量を調整することで発生する板反りを吸収している。また、このデ

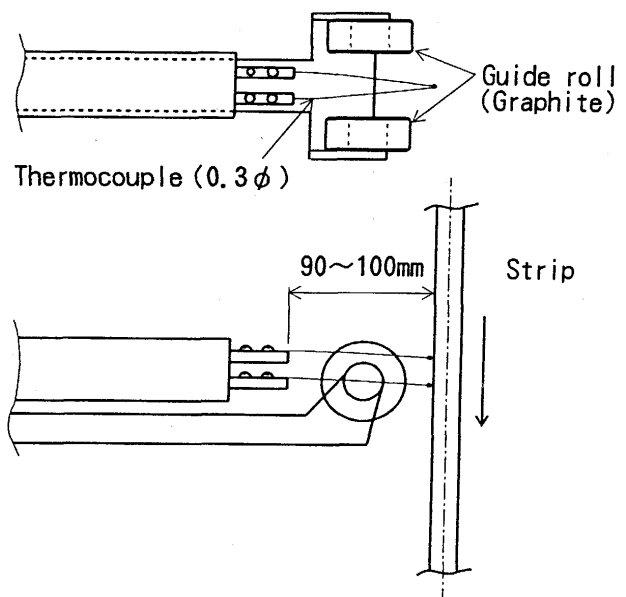


Fig. 4 Layout of Contact Thermocouple

フレクトロールにより鋼板のふらつきを防止することも可能となり、鋼板と水冷ノズルヘッド間隔を近づけることで材質の安定化に寄与している。

3. 2 材質安定化

ハイテン材は一般材に比べ合金成分を多く添加しているため、鋼板表面の輻射率が変化しやすい。とくに 980 N/mm^2 越えハイテン材では、輻射率の変動すなわち測定板温の変動が強度に大きく影響する。従来の輻射板温計ではこのような輻射率変動を補正できず、真の鋼板板温の測定が困難であった。

当社はハイテン材の材質への影響が大きい焼入れ板温、焼戻し板温について測定精度を向上させるため以下の改善を実施している。

3. 2. 1 焼入れ板温測定

a) 測定位置の見直し

焼入れ開始板温はハイテン材の強度に大きく影響を与えるため、実際に焼入れする部分のごく近傍で板温を測定する必要がある。当初、RQパスとWQパスの急冷開始板温計を共用するため、Fig. 1 Aの板温計(GJ Pyrometer)で測定していたが、測定部から実焼入れ部間で板温が降下し、かつ板サイズ、通板速度で板温降下量が変化していた。このため焼入れ板温計をFig. 1 B (WQ Pyrometer)の位置に変更している。

b) 輻射率補正

測定位置を変更した輻射板温計の輻射率の影響を補正するため、輻射板温計の裏面側に自動接触式熱電対板温計を設置している。この熱電対板温計はコイル長手方向の先端部で接触測定し、輻射板温計と温度を比較することで鋼板の輻射率を補正している。なお、熱電対板温計の自動接触かつ安定な測定を可能とするため、次の点に注意した。

- ① 前述の焼入れ部直上ガイドロールで鋼板を拘束し、ふらつきを防止した。
- ② 熱電対板温計に接地検出機能を設け、接地検出後数mm押込み停止する設備とした。
- ③ 鋼板の微小なふらつきを吸収させるため、熱電対のシース径および長さを適切なものとし、取付け方向を鋼板の進行方向と直角とした。(Fig. 4 参照)

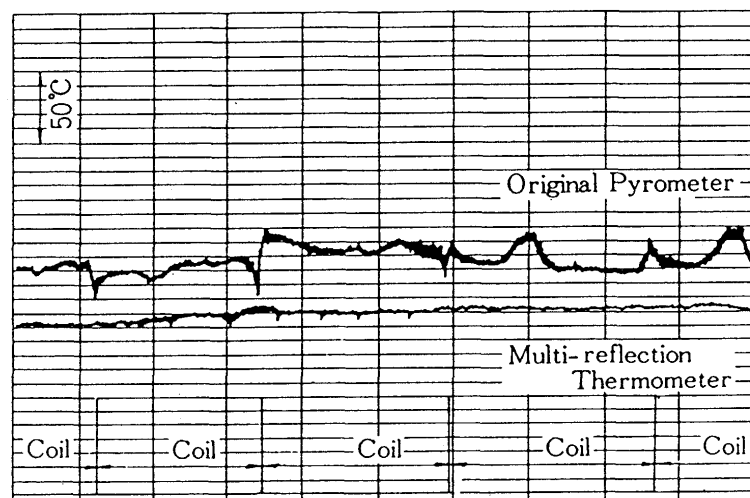


Fig. 5 Effect of Tempering Temperature with Multi-reflection Thermometer

3. 2. 2 焼戻し板温測定

焼戻し温度は、ハースロールとそのロールの巻き付いている鋼板がほとんど同じ温度になることに着目し、ハースロールと鋼板の巻き付き部分で多重反射させることで原理的に輻射率の影響を除去できる多重反射式板温計を設置している。Fig. 5に測定結果を示す。輻射板温計ではコイル内およびコイル間で測定結果が変動しているが、多重反射式板温計では変動していない。また、接触板温計に対しても安定した相関関係を有しており、コイル全長において真の温度での炉温制御が可能である。

4. 改善結果

980 N/mm² 越えハイテン材でのデフレクトロールによる形状改善結果と板温計の改善による材質ばらつきの低減結果をFig. 6に示す。このグラフは改善前の値を100%とした時の改善率を示している。設備改善の結果、板反りの発生を大幅に低減していることがわかる。また、材質ばらつきの減少の結果、再連続焼鈍材はおおよそ1/3となっている。

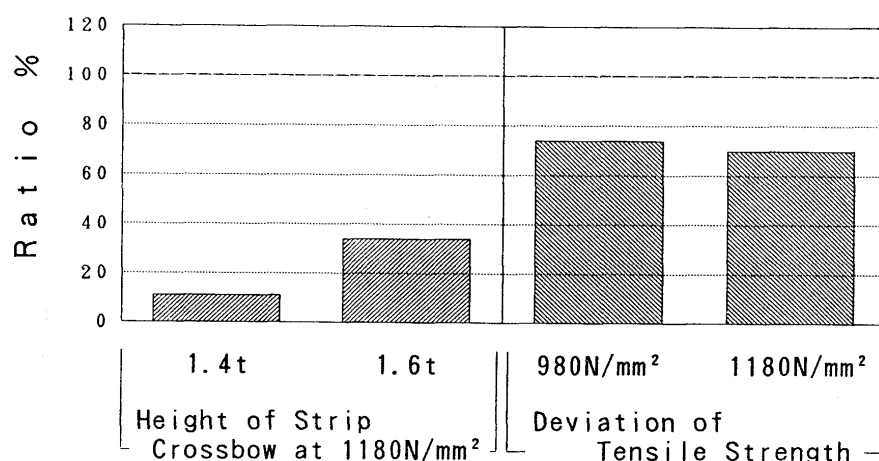


Fig. 6 Height of Strip Crossbow and Deviation of Tensile Strength

5. まとめ

980 N/mm² 越えハイテン材の安定製造のためには、次の2点が重要である。

- ① 鋼板形状を安定化させるには、形状不良の発生源すなわち焼入れ部での形状矯正が有効である。
- ② 鋼板の材質ばらつきを低減するには、外乱の影響を受けない板温測定が必要である。

当社ではこの2点について設備改善をおこない、980 N/mm² 越えを含め全ハイテン材を安定して製造している。

<参考文献>

- 1) Hidetada Makino et al. :Annealing of Sheet Steels, "Improvement in Primary Cooling Technique (Roll Quench and Water Quench) and the Properties of the Products", TMS FALL MEETING, (1991)
- 2) Naoki Matsui et al. :Annealing of Sheet Steels, "Outline of No.3 CAL Water Quench System at NKK Fukuyama Works", TMS FALL MEETING, (1991)