

100%水素焼鈍炉の設備と操業状況

Facility and Operation of 100% Hydrogen Annealing Furnaces

住友金属工業(株)和歌山製鉄所 宮崎英明*・白水正輝

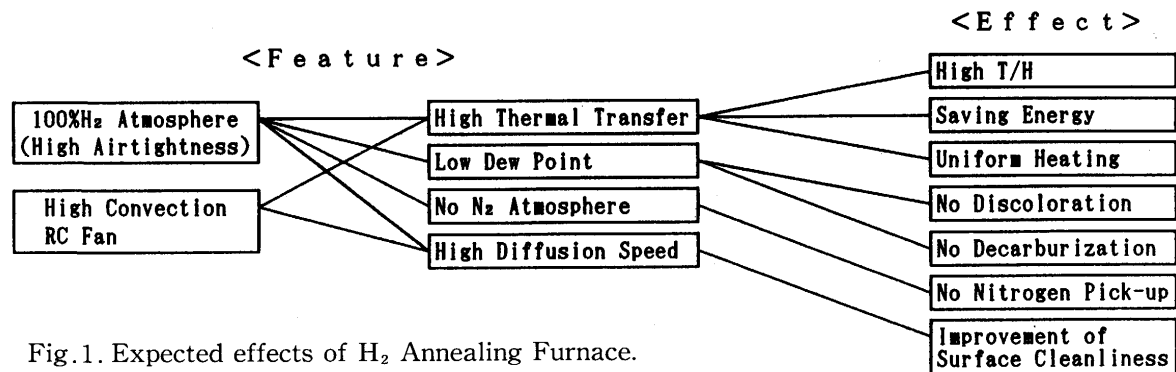
1. 緒言

和歌山製鉄所冷延工場では多品種・小ロット、薄物、高炭素鋼板などの特殊品対応として日本で初めて100%水素焼鈍炉を導入した。1991年5月より1992年1月にかけて11炉22ベースが順次稼動し、現在まで順調な操業を行っている。以下に本設備の概要、品質面について紹介する。

2. 100%水素焼鈍炉の特徴

水素焼鈍炉の特徴は、100%水素雰囲気の使用とそれによる大型循環(RC)ファンの採用により高能率焼鈍と均一加熱化をもたらしているということにある。

水素焼鈍炉にはFig. 1に示すように多くの優れた効果がある。

Fig.1. Expected effects of H₂ Annealing Furnace.

3. 設備概要

主仕様をTable. 1, 炉構造をFig. 2に示す。

水素焼鈍炉の特徴として、安全性と気密性を確保するために、インナーカバーフランジとベース間にOリングを配置

Table.1. Main specifications of Hydrogen Annealer.

Item	Specification
Furnaces	1 1 Furnaces
Bases	2 2 Bases
Nominal Capacity	17,550Ton/M
Charging measurement (max.)	Height :4500mm Diameter:2000mm Weight :100Ton
Coil temperature	250~870°C
Burners	$4.8 \times 10^8 \text{ J/h} \times 12$
Fuel	COG
RC fan	57/32/17kW 1800/900/600rpm
RC fan diameter	1 0 5 0mm
Clamping mechanism for Inner cover	Hydraulic clamping cylinder
Cooling system	Air/Water

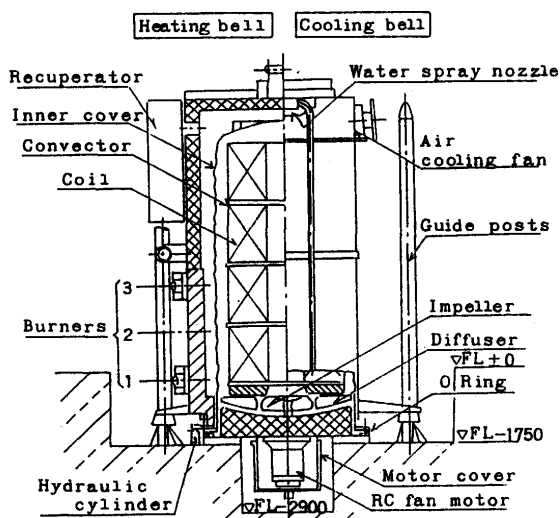


Fig.2. General assembly.

平成6年8月10日受付 (Received on Aug. 10, 1994)

* Hideaki Miyazaki(Wakayama Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.,1850 Minato Wakayama 640)

し、この間を油圧シリンダーでクランプしている。

また、冷却時の水冷モードの採用によりトータルの焼鈍時間を短縮し、水素焼鈍炉の生産性を更に高めている。

4. 品質

4・1 コイル内温度の均一性

水素焼鈍炉では100%水素雰囲気採用により窒素雰囲気に比較して、密度、粘性係数が小さく、循環(RC)ファンの回転抵抗が減少するためファンの大型化が可能になった。そのため水素の高熱伝達率、高熱伝導率と相まってコイル内温度の均一性が既設炉に比較し大幅に向上した。

最熱点のオーバーヒートはFig. 3に示すように無く、それぞれの温度差に到達する時間は既設炉に比較し60%程度に短縮が可能となった。また、コイル内温度差はFig. 4に示すように既設炉では温度差10℃に到達することができなかったが、水素焼鈍炉では46.5Hrで達成した。

更に、既設炉では輻射の影響により円周方向の外部温度差がFig. 5に示すように $\Delta t=27.0^{\circ}\text{C}$ と大きいが、水素焼鈍炉では 5.7°C と既設炉に比べて著しく小さくなった。

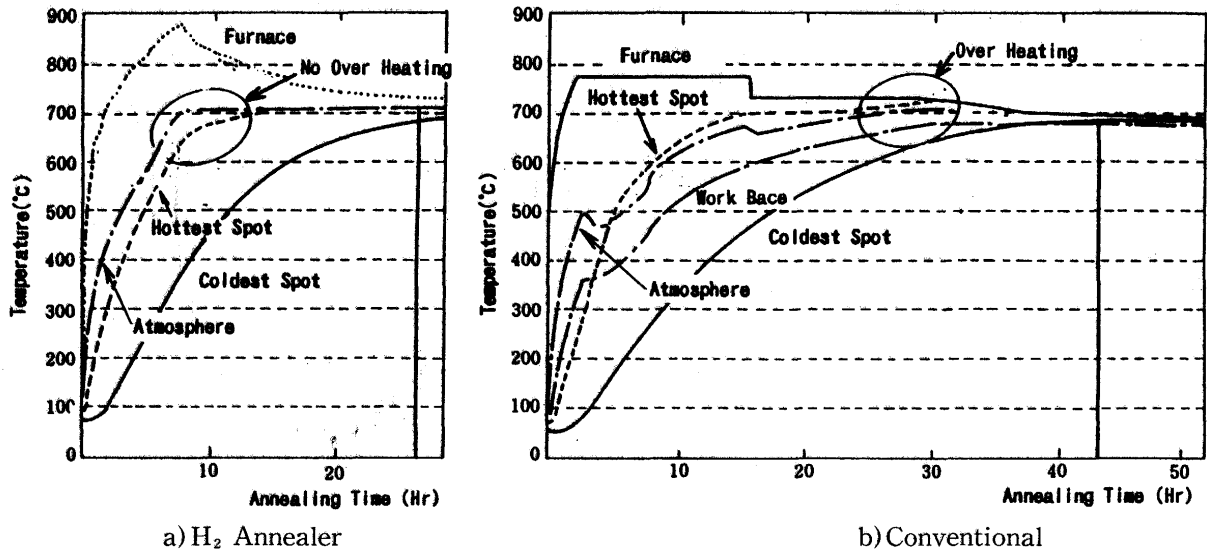


Fig. 3. Comparison of heating performance.

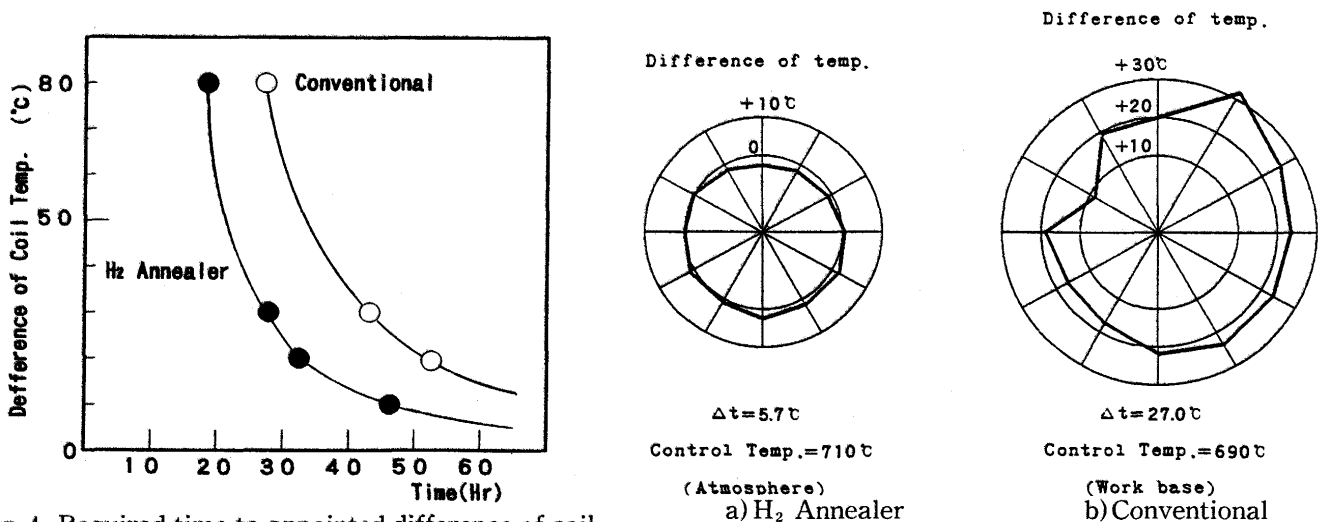


Fig. 4. Required time to appointed difference of coil temperature.

Fig. 5. Temperature distribution of outside of coil.

4・2 機械特性への影響

コイル内温度差が小さい水素焼鈍炉ではコイルの機械特性バラツキは極めて小さくなる。 Fig. 6に示すようにコイル

内長手方向の硬度変動 (HRB) で既設炉の3ポイントに対し、水素焼鈍炉は2ポイント以下となっている。

また、コイル間の機械特性バラツキについては、Fig. 7に示すように硬度バラツキの標準偏差が既設炉の0.85に比較し、水素焼鈍炉は、0.67へと減少した。

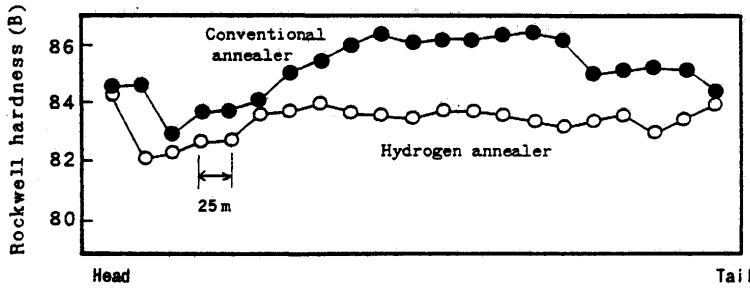


Fig. 6. Hardness distribution in the longitudinal direction of the strip.

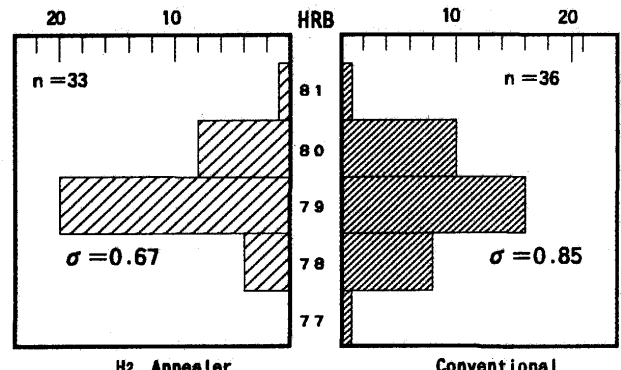


Fig. 7. Comparison of hardness (S55CM).

4・3 板厚変動への影響

高炭素鋼板等で冷圧前焼鈍をする場合、焼鈍外周部で円周方向の温度バラツキがあると硬度ムラのため冷圧ミルのAGCで制御困難な板厚変動を生じることがある。

そのため、Fig. 8に示すように既設炉では焼鈍外周部に板厚変動を生じるためコイルの大単重化が困難であった。水素焼鈍炉の場合、温度バラツキが極めて小さくなるため、コイル全長にわたって板厚精度 $\pm 4 \mu\text{m}$ (厚1.0mm)が確保されコイル大単重化が可能となった。

4・4 品格向上

高炭素鋼板は表面がブライツ肌でしかも高温焼鈍が必要なため、既設炉では外周部のオーバーヒートにより焼鈍焼付が多発していた (特に0.5mm以下の薄物)。そのため前工程の巻取張力を低下させることで焼付の低減を図っていたが、焼付が減少しても巻き締まりが増加するという問題点があった。

水素焼鈍炉はオーバーヒートによる焼鈍焼付が減少するため前工程の巻取張力Upが可能となりFig. 9に示すように焼付、巻き締まりの双方が減少し歩留が向上した。

4・5 テンパーカラー、粒界酸化の防止

既設炉では気密性が不十分なので低露点操業が困難でありしかも焼鈍時間が長い場合、Mn, Siの高い材料を焼鈍した場合、コイルエッジ部にテンパーカラーと呼ばれるMn, Siの濃化層を生じ、著しい場合には粒界酸化を発生させることがある。

水素焼鈍炉では100%水素雰囲気であり更に気密性が高いため -60°C 以下の低露点が可能で、短時間焼鈍が可能である。

そのためFig. 10に示すように少々のテンパーカラーの発生は認められるものの、既設炉に比較し大幅に減少した。更にFig. 11に示すように粒界酸化もエッジ部で $1 \mu\text{m}$ 以下と実用上全く問題のないレベルまで減少した。

4・6 高炭素鋼の炭化物球状化組織

水素焼鈍炉では①低露点操業 (非脱炭) ②短時間焼鈍 ③コイル内温度差小 ④冷却速度制御可能により2相域 ($\alpha + \gamma$)での高温焼鈍が可能となった。

そのためFig. 12に示すように炭化物球状化が促進され従来より、軟化焼鈍が可能となった。

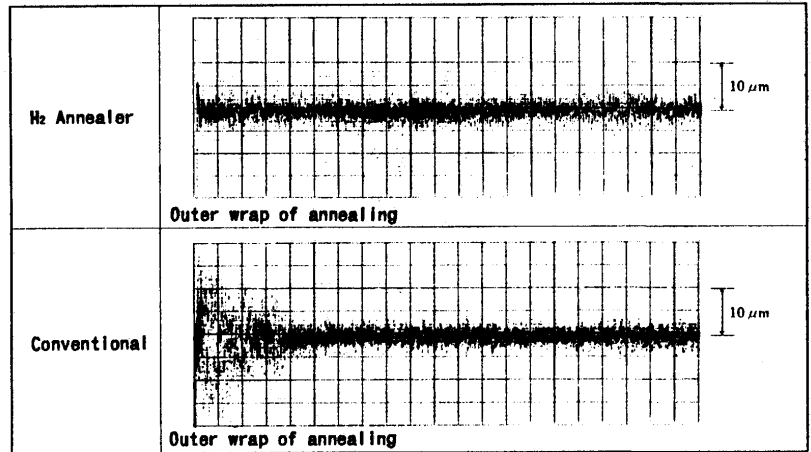


Fig. 8. Gage accuracy of strip ($t=1.0\text{mm}$, $\phi 2000\text{mm}$, S50C).

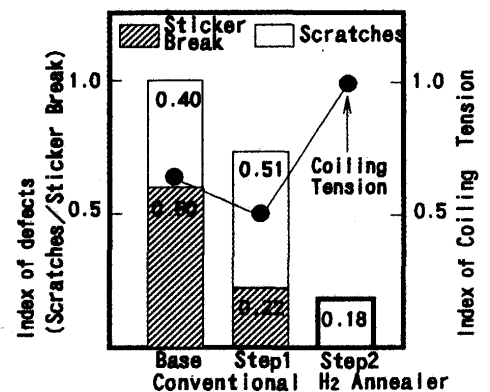
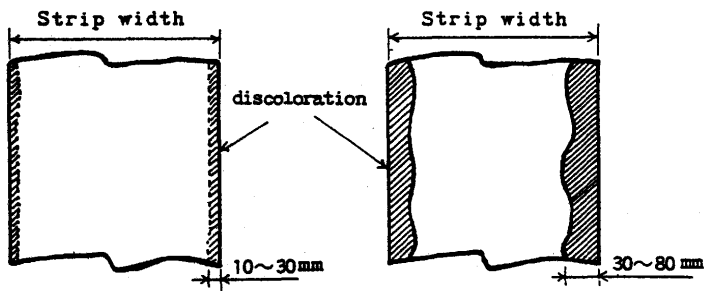


Fig. 9. Occurrence of Scratches/Sticker Break.



a) H₂ Annealer b) Conventional
 Fig.10. Comparison of width of discoloration.

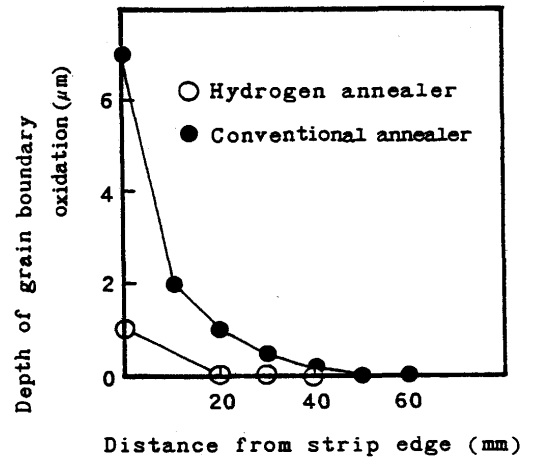


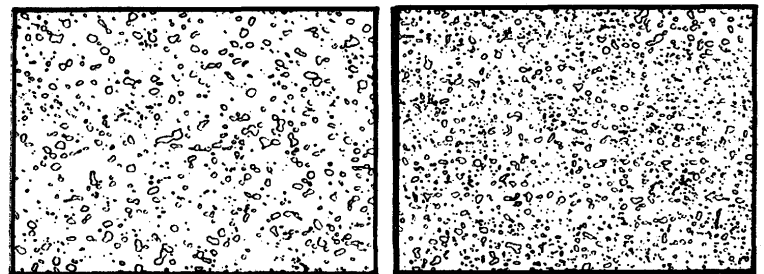
Fig.11. Comparison of depth of grain boundary oxidation.

5. 結言

和歌山製鉄所冷延工場における水素焼鈍炉の導入は高炭素鋼板の品格，歩留向上及びエネルギー，リードタイムの短縮に大きな効果をあげることができた。

今後，水素焼鈍炉の特徴を生かし，製造プロセスの改善による生産コストの低減を図っていく。

また，水素焼鈍炉は既設炉と比較し，精密制御が可能であるため，更なるエネルギー低減，生産性の向上を目指して，従来にない高精度の最冷点制御モデルを開発中である。この件に関しては別の時点での報告の機会を持ちたい。



a) H₂ Annealer b) Conventional

Fig.12. Micro structure (S65C).