

現場技術報告

100%水素高対流ベル型焼鈍炉(HCA)の操業と品質

Operation of 100%Hydrogen and High-Convection Bell Type Annealing Furnace (HCA) and Quality of Products

日新製鋼（株）大阪製造所

村上寛・赤見大樹*・相原博行

1. 緒言

近年、省エネルギー、短納期、コストダウンの観点から、連続圧延、連続焼鈍など設備の連続化が進められており、特に普通鋼の薄板分野でその進歩は著しい。しかし、刃物、ゼンマイ、ワッシャー、パネ、チェーンその他自動車部品等に使用されている特殊鋼は、連続焼鈍では加工性を付与する事が難しく、小ロット、多品種という市場の特殊性によってバッチ式のベル型焼鈍で焼鈍を行っている。そのため、品質、生産性、コストの面で様々な問題があった。

日新製鋼大阪製造所では、この問題点を克服するため、高水素、高対流ベル型焼鈍炉（以下HCAと称す）を導入した。現在22ベースが稼働をし、品質、生産性の面でその威力を発揮している。

2. HCA炉設備の特徴

2.1 HCA炉設備の特徴

Fig.1にHCA炉の炉構造、Table1に設備仕様を示す。従来炉と比較してHCA炉の大きな特徴は次の2点である。

- (1) 従来炉の雰囲気ガスがNXガスであるのに対して100% H_2 ガスを使用。
- (2) 雰囲気ガス攪拌用のRCファンが従来比で3.8倍パワーの高対流型。

Table2に H_2 ガスと N_2 ガスの特性を比較する。 H_2 ガスは高熱伝導性、高還元性、低密度、という特性を持っている。この特性を最大限に活用するため炉内雰囲気を100% H_2 とし、後に紹介する様な高能率、品質改善の効果を得ることができた。また、高対流用のRCファンの導入も H_2 ガスが低密度であることからその効果を発揮し、炉内対流伝熱の促進および均一化を図り、あわせてNG原単位の低下を実施することができる。この様なHCAの効果について従来炉との対比で示したのがFig.2である。

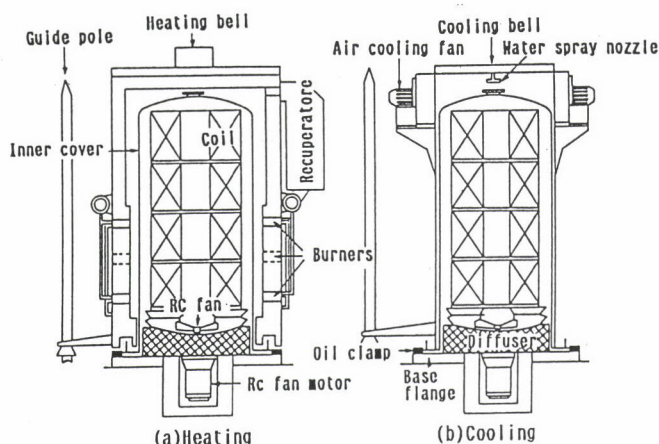


Fig.1. Structure of HCA furnace.

Table 2. Comparison of H_2 and N_2 .

	H_2	N_2
Atomic No.	1	7
Density (g/cm^3)	0.0898	1.250
Viscosity ($10^{-6} Pa \cdot s$)	8.8	17.6
Thermal conductivity ($10^{-2} W/m \cdot K$)	16.82	2.40
Diffusion coefficient ($10^{-3} cm^2/s$)	9.04	126

Table 1. Specifications of HCA.

Heating bell	Bell	Type	bell type Annealer
		Size	$\phi 3260 \times 6085mm$
		Temp. (max)	900°C
		Furnaces	13furnaces
Burner		Burners	9 + 1after burners
		Type	High-velocity type
		Power	$3.77 \times 10^6 J/h$
Inner cover		Size	$\phi 2200 \times 5200mm$
		Material(Thickness)	SUS304(t=6mm)
		Clamp type	Oil Clamp
		Structure of seal	Neoprene round rubber seal
Cooling bell		Furnaces	22furnaces
		Size	$\phi 2357 \times 5946mm$
		Cooling Type	Air & Water
		Furnaces	11furnaces
RC fan		Fan size	$\phi 850mm$
		Motor power	17/32/57kW
		Revolution	900/1200/1800rpm
		Charge weight	60t
Base		Coil size(max)	1800mm
		Bases	22bases

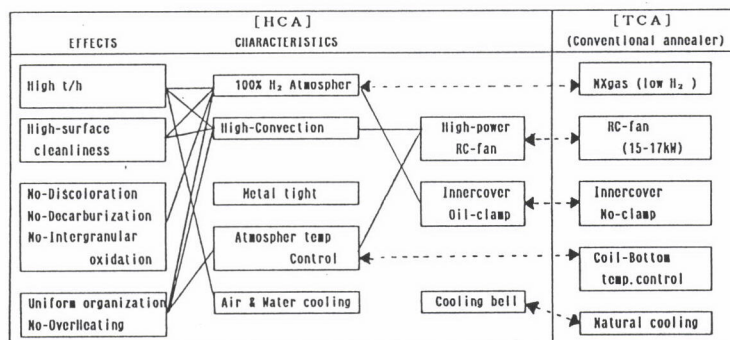


Fig.2. Characteristics and effect of HCA furnace.

1995年12月11日受付 (Received on Dec.11,1995)

* Taiju Akami (Osaka Works,Nisshin Steel Co., Ltd., 2-1-171 Sakurajima Konohana-ku Osaka 554)

3. HCA炉と従来炉の生産性および品質の比較

大阪製造所におけるHCAの導入効果について従来炉と比較しながら簡単に紹介する。

3.1 生産性比較

HCA炉と既設炉の生産性比較をFig.3に示す。炉内挿入重量が47t/チャージの一般的な焼鈍サイクルの場合、加熱t/hで2.02倍、冷却t/hで2.04倍、トータルのベースt/hでは2.03倍の能率アップであり、生産性が飛躍的に向上した。これはH₂ガスの高伝熱性および、冷却時に採用している強制水冷による効果である。この事は、従来から足かせとなっていた、焼鈍でのリードタイムを半分以下に低減でき、全工程日数の短縮による短納期化が達成できた。

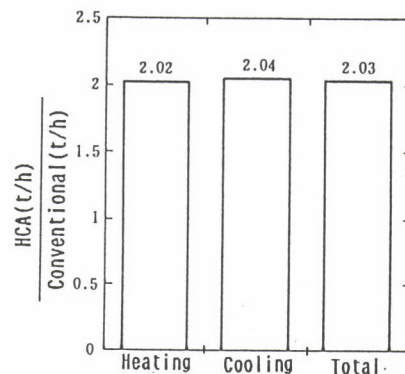


Fig.3. Comparison of production efficiency.

3.2 原単位比較

Fig.4に従来炉との原単位比較を従来炉をベースに示す。NG原単位は、従来炉の89%であり、これはH₂ガスによる熱伝導率アップと高気密性によるエネルギー損失が、抑制されたものと考えられる。電力原単位は、高対流、大容量RCファンを採用したにもかかわらず、70%に減少しており、低密度のH₂ガス負荷軽減の効果が現れたと考える。トータル原単位は、H₂ガスおよびNXガスの原単位増加にもかかわらず5%の原単位低減を達成した。

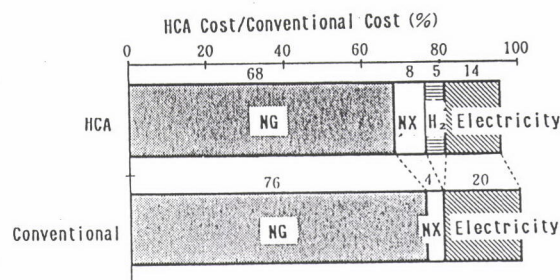


Fig.4. Comparison of utility cost.

3.3 品質比較

3.3.1 焼鈍縞、脱炭、粒界酸化

Fig.5にHCA炉と従来炉での各種特殊鋼焼鈍について焼鈍縞、脱炭、粒界酸化の改善状況を示す。焼鈍縞は熱処理歪、脱炭は熱処理後の靱性低下、粒界酸化は熱処理製品の疲労強度低下を引き起こす原因となる可能性があった。今回HCAを導入した事によって、焼鈍縞は選択酸化の程度及びエッジからの侵入深さもほとんど確認できないレベルまで軽減でき、また、脱炭、粒界酸化もほぼ完全に近い形で抑制する事ができた。これは100%H₂ガスの強い還元力と気密に保たれた炉内雰囲気露点が一60℃以下を達成しているからである。

3.3.2 製品硬さのバラツキ

Fig.6は代表鋼種における従来炉焼鈍材とHCA炉焼鈍材の製品硬さのヒストグラムを示す。HCAは炉内の温度差をH₂ガスの高伝熱性によって低く抑えることができるため、製品硬さのレベルを変化させず、コイル間のバラツキ低減を達成することができた。

3.3.3 板厚変動の改善

従来炉では球状化焼鈍時コイル外周部にオーバーヒートが生じ、次工程での圧延において硬さの差による板厚変動が発生し、板厚精度の点で問題となっていた。しかし、HCAの場合、高対流で循環する雰囲気ガスを温度制御することでオーバーヒートを防止でき、板厚変動を大幅に改善できた。Fig.7に従来炉とHCA炉の圧延の板厚チャートを示す。

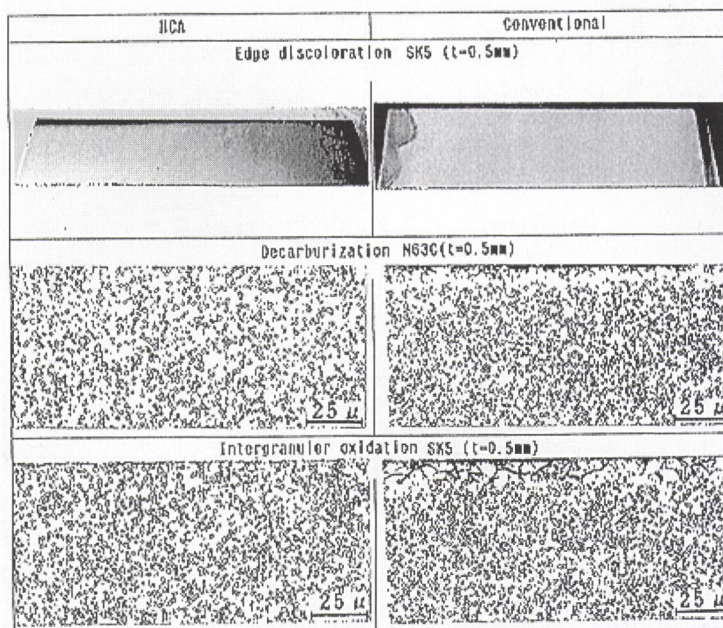


Fig.5. Comparison of discoloration, decarburization and intergranular oxidation.

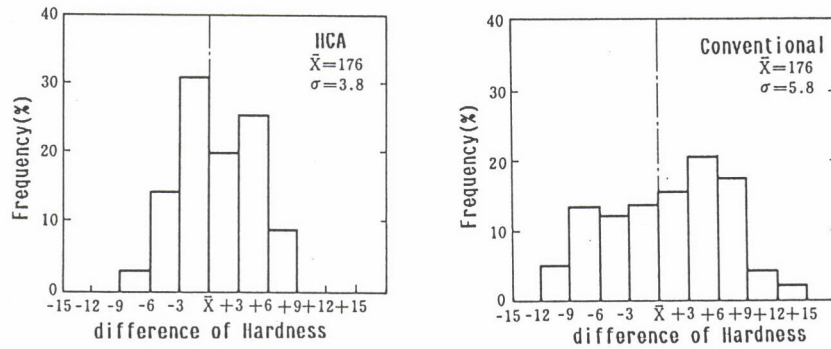


Fig.6. Distribution of hardness deviation.

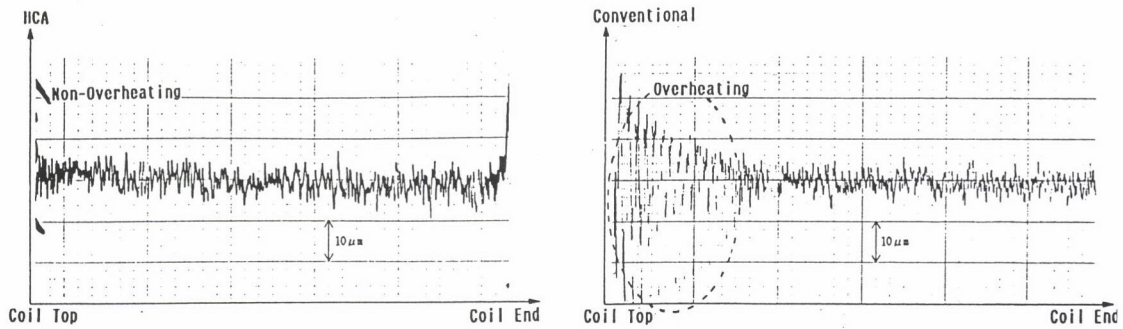


Fig.7. Comparison of thickness deviation.

4. これからのHCA炉の操業について

4.1 最冷点管理システムの適用

HCA炉は従来炉と違い雰囲気ガスの温度管理で制御を実施している。更にHCAは精細な制御が可能であるため、大阪製造所で独自の最冷点管理システムを構築した。Fig.8に最冷点温度予測精度について示す。現在、計算値と実測値の差異は±5℃以内を達成している。この最冷点管理システムを実機に適用することで、更なる生産性向上、原価低減が可能である。

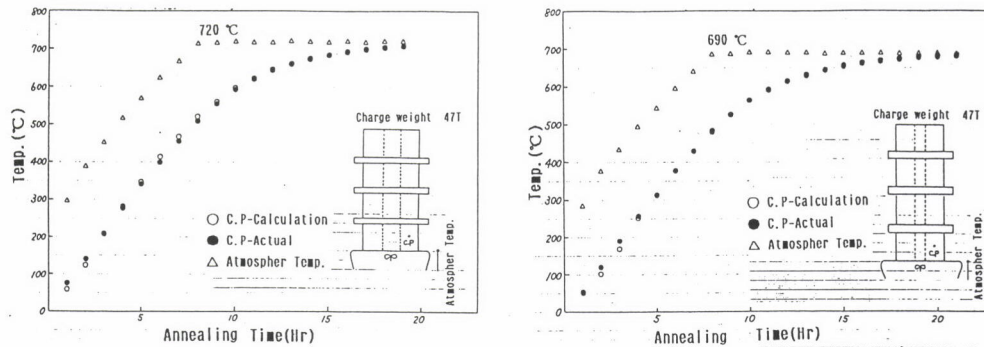


Fig.8. Accuracy of Cold-Point Prediction system.

4.2 製造プロセスの見直し

冷延鋼板の製造における現状の一般的なプロセスは「圧延工程—洗浄工程—焼鈍工程」である。しかし、HCA炉におけるH₂ガスの還元力を利用すれば、洗浄工程の省略が可能であることを確認している。Fig.9は普通鋼において「圧延—HCA工程（洗浄工程を省略）」を実施した鋼板の表面拡大を示した。従来炉において圧延からの直送焼鈍を実施すると鋼板表面の肌はカーボンによって黒く汚染される。これに対してHCA炉ではカーボンによる汚染は認められず現状工程材並の品質が得られることを確認している。

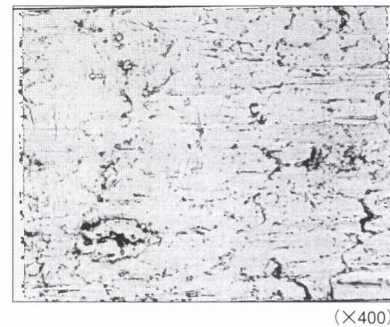


Fig.9. Coil surface of HCA Gas cleaning.

5. 結言

本設備は、特殊鋼の品質向上、生産性アップに威力を発揮し、現在22ベースが順調に稼働している。今後、最冷点温度管理システムの実機適用、製造プロセスの見直し等を推進し、更なる製造技術の改善、新技術の開発に努めていきたい。