

## 福山第3連続焼鈍水焼入れ設備の操業

## The Equipment and Operation of Fukuyama No. 3 CAL Water Quench System

NKK 福山製鉄所 松井 直樹\*・実川 正治・出石 智也  
設備技術センター 山崎 雅之

## 1. 緒言

近年のCAFEによる自動車軽量化の動きによって急速に高まりつつある厚物、巾広高張力鋼板の需要動向に対応することを目的として、福山NO. 3CAL<sup>1)</sup>へ水焼き入れ(WQ)設備を設置した。

No. 3CALは、本設備の設置により、既設のRQ設備と併せて、WQ炉とRQ炉の兼用ラインとなることから、炉の切替を短時間でこなせる様に、NKK-CALとしては初めて、板切りなしでの切替方法を採用し、種々の新機構を導入した。

No. 3CALのWQ設備は、1990年9月に営業生産を開始し、順調に稼働している。

以下、福山No. 3CAL WQ設備の設備、操業状況および品質の概要について報告する。

## 2. WQ関連設備の配置と構成

## 2.1 新設設備の配置と主仕様

WQ設備新設にあたり、軟質冷延鋼板の製造をRQ炉で、高張力鋼板をWQ炉で生産することとし、次の2点について特に留意した。

(1) WQ炉とRQ炉の切替を実施する際、短時間でかつ容易に切替が可能であること。

(2) 既存設備と新設設備がRQ炉による軟質冷延鋼板の製造とWQ炉による高張力鋼板の製造のそれぞれに兼用出来ること。

これらを実現することを目的として、WQ設備をRQ設備の前部へ連続して配置し、酸洗設備を炉出側へ配置した。本ラインのレイアウトをFig-1に、主仕様をTable-1に示す。

No. 3CALにおいては、新レイアウトの採用により板の切断、接続作業が不要なこと、WQ設備の前後に設置した炉間クランプ装置の使用により炉内への空気の侵入を防止出来ることから、切替時間の短縮が可能となった。これにより、切替時間を従来炉と比較し30%削減している。

又、WQ炉において、OA帯の一部を再加熱帯として使用する熱サイクルで操業する時、再加熱帯におけるストリップの蛇行防止を目的として、OA帯入口に誘導加熱設備を設置した。Table-2に新設設備の主仕様を示す。

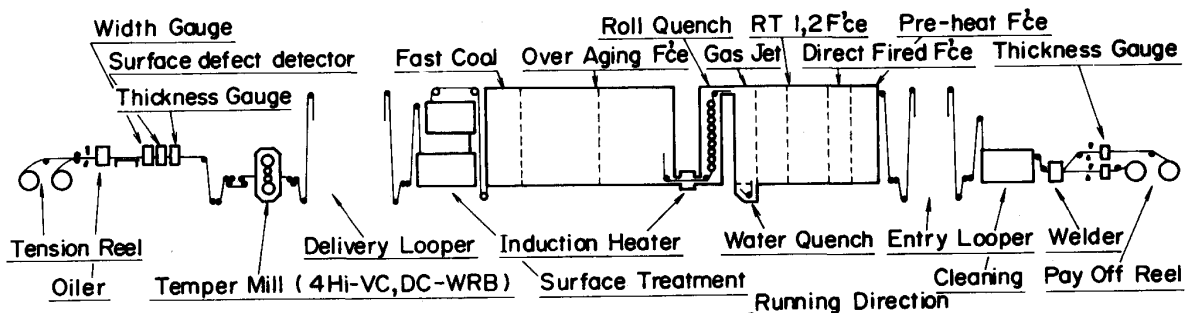


Fig - 1 Layout of the Fukuyama NO. 3CAL

Table-1 Main Specifications

Item		Specifications	
Strip size	Thickness	0.35-2.30	mm
	Width	600-1650	mm
Furnace capacity	RQ	210 t/H	at CQ
	WQ	60 t/H	at 590MPa

平成 4年 1月27日受付 (Received Jan. 27, 1992)

\* Naoki Matsui (Fukuyama Works, NKK Corporation, 1 Kokan-cho Fukuyama 721)

Table-2 Newly installed equipment

Section	Equipment	Specification
WQ	WQ nozzle	Cooling capacity 60 t/H
		Flow rate MAX1500 t/H
	Dryer	Combuster capacity 410 kw
	Wringer roll	X 3sets
	WQ seal roll	X 2sets
OA	Induction heater	capacity MAX 1,000 kw
ST	Pickling tank	X 2
	Rectifier	capacity MAX 8,000 A
	Alkaline tank	X 1
	Scrubber tank	Brunshing roll X 2
	Wringer roll	X 2

## 2.2 高張力鋼板製造設備

### 2.2.1 WQ帯の構成

Fig-2にWQ帯の構成を示す。

クエンチング内でドライヤーの高温エアが炉内へ侵入し、炉内の露点が上昇することを防止する為に、クエンチング上部とドライヤー上部にはそれぞれシールロールと排気設備を設置した。クエンチング下部のシンクロロールは、RQプロセス時は高温の炉内雰囲気ガス中に、WQプロセス時は常温の水中に置かれる。それぞれのプロセスに適用可能とする為に、クエンチング内壁は遮熱板を備えた構造とし、シンクロロールの軸シールには気体シール方式を採用した。これによりRQプロセス時のクエンチング本体の熱変形や、シンクロロール軸のシール不良を防止している。

### 2.2.2 ST設備の構成

Fig-3にST帯設備の構成を示す。

酸洗部分は、大巾な速度変化に対しても、常に安定したスケール除去が行なえかつ良好な表面品質が得られる様に硫酸による電解酸洗方式を採用した。酸洗後高圧水(60MPa)で洗浄を行ない、更にアルカリ液で中和し、酸洗液残りを完全に除去することで表面品質の安定化を図っている。又、各タンク間の中間パイプでストリップが乾燥し、ストリップ表面にスティンが発生することを防止する為、ST帯各所に水スプレーを設置している。

### 2.2.3 WQスプレーノズル

WQスプレーノズルには、板巾方向均一冷却と、冷却効率の改善を目的として、新型スプレーノズルを採用した。新型ノズルでは、板巾方向で均一な冷却水量分布とすることを目的として、それぞれ独立したハダ型ノズルを多段に配置し、ストリップに衝突した水量がノズルの間を通りスプレーノズル後方へ流出する様に成っている。

Fig-4に実験設備で、気泡トレーサーにより確認したそれぞれのノズルのフローパターンを示す。従来ノズル<sup>2)</sup>では、板巾方向に安定した渦が形成され、板中央部から板エッジの方向へ水が流出してゆくのに対し、新型ノズルでは、板面上で安定した渦は形成されることなく、板へ衝突した水流はノズル後方へ滑らかに流出するのが観察された。

Fig-5に実験によって求めた、それぞれのノズルの板表面熱伝達係数の比較を示す。新型ノズルでは、水流の圧力損失が減少することにより、従来ノズルの2分の1の流量で同等の熱伝達係数が得られ、冷却効率が改善されていることが分かる。

No. 3CALのWQスプレーノズルはこれらの実験結果に基づいて設計を行ない、従来ノズルと比較し、冷却水量を約40%削減した。

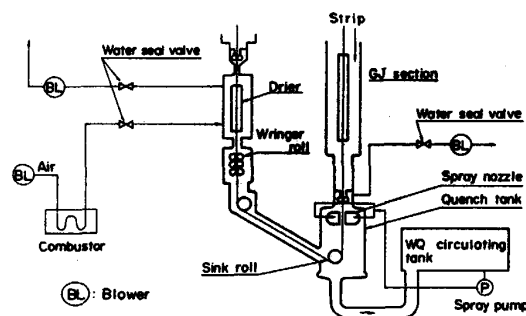


Fig-2 WQ section arrangement

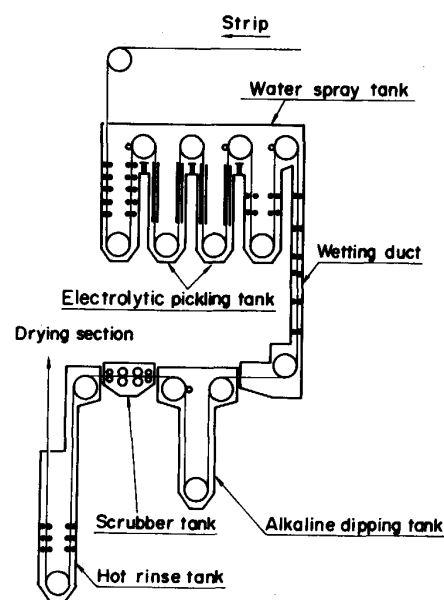


Fig-3 ST section arrangement

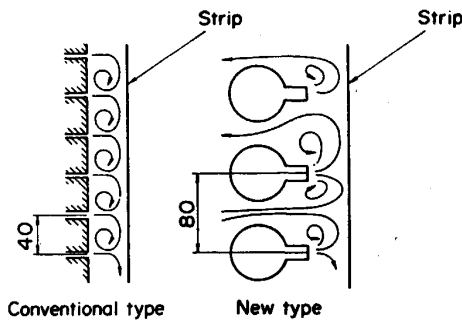
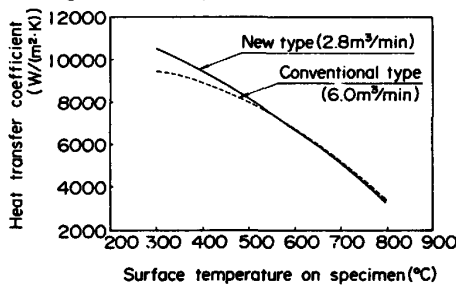


Fig-4 Flow pattern of each nozzle



Specification of nozzles

Nozzle width ;	600mm
pitch ;	New type : 80mm
	Conventional type : 40mm
number ;	New type : 7
	Conventional type : 13

Fig-5 Heat transfer coefficient

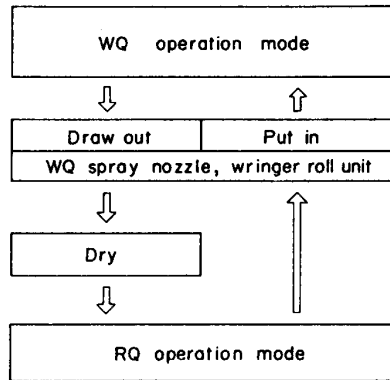


Fig-6 WQ section process change

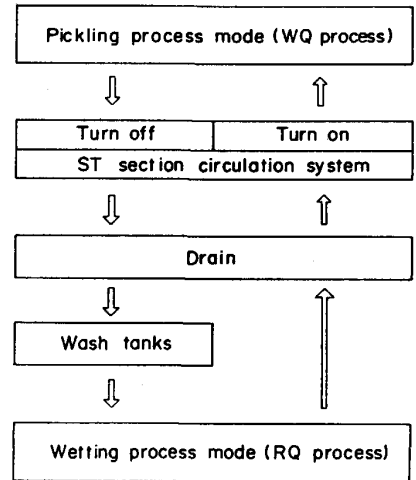


Fig-7 ST section process change

### 2.3 再加熱帯蛇行対策

WQ設備の設置により、NO.3CALはWQプロセス用とRQプロセス用の2種類熱サイクルを使用する必要がある。

WQプロセスで水焼き入れ後、再加熱処理を行う場合、輻射管のみによって加熱すると、炉温からの輻射熱により炉内ロール表面端部の温度が、板道部分のロール温度より高くなる為、マイナスのヒートクラックが形成される。これによりストリップが炉内で蛇行することが予想され、その対策として、インシャルクワンの大きなロールを装備することが考えられた。しかし、一方でRQプロセスにおいて、軟質冷延鋼板の薄物巾広材を通板した場合、その過大なロールクワンによって絞りの発生が予想される。

OA帯前半部において、現行の小ロールクワンで、RQプロセス操作時に絞りを発生することなく、WQプロセス操作時での炉内蛇行をも防止することを目的として、OA帯入口に誘導加熱設備を設置した。

これにより、OA帯前半部のハスロールクワンの変化を防止し、ストリップを安定して通板している。

### 2.4 プロセス切替 (WQ/RQ) 機構

WQ部におけるRQプロセスとWQプロセスの切替方法をFig-6に示す。

WQプロセスからRQプロセスへ操業モードの切替を行なう場合、スプレノズルとリンガーロールを炉外へ引き出し、冷却水循環用配管と炉体を分離した後、炉内乾燥を行なう。乾燥終了後、炉内の窒素で置換すると共に、炉体に接続されている各配管を水封弁でシールする。逆に、RQプロセスからWQプロセスへの切替は、炉内へスプレノズル、リンガーロールを装着し、冷却水循環用配管の接続を行なう。

ST帯においても、板切りなしでWQプロセスの切替を行なう。この為、WQプロセスにおいては、酸洗モードで運転し、RQプロセスにおいては、ウェッティングモード(全タンク水張り)で運転する。ST帯でのプロセス切替方法をFig-7に示す。

これらのプロセス切替作業を省力かつ短時間で行なう為に、既存の計装システムを最大限に利用した。WQ部の切替については、作業手順をオペレーションとして出側運転室CRTに表示すると共に、クエッチングの乾燥、炉内窒素置換などに必要なバルブ操作を完全に自動化した。ST帯においても、バルブ操作、各種ポンプの運転、停止を自動的にこなすようにしている。

## 3. 操業と品質

### 3.1 生産量推移

本設備は、1989年と1990年に、合計24日間ラインを休止し据付工事を行なった。続いてホットランによって、400MPa級から1500MPa級高張力鋼板まで全品種の品質確認を実施した。そして1990年9月から営業生産を開始した。Fig-8に高張力鋼板の生産量の推移を示す。

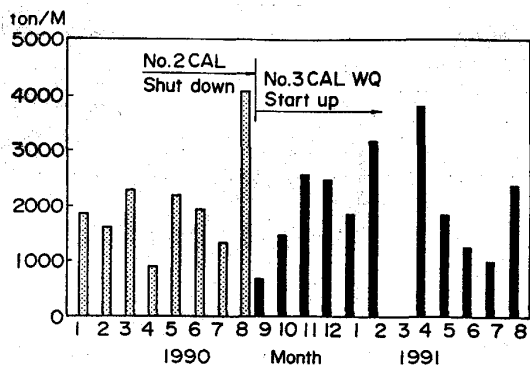


Fig-8 Production volume of high tensile strength steel

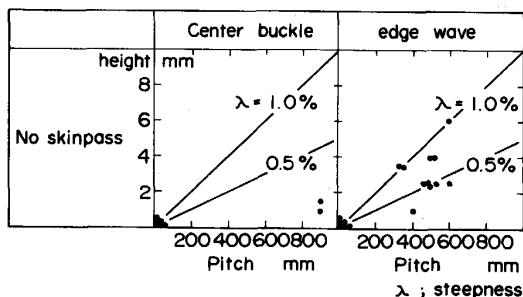


Fig-9 Strip shape

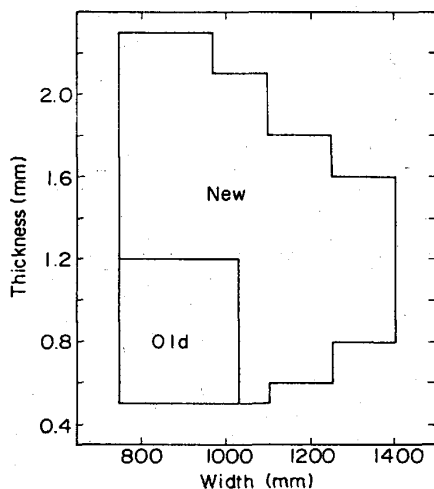


Fig-11 Production capability (980 MPa grade)

#### 4. 結言

NKKは、福山製鉄所No.3CALに水焼入れ(WQ)設備を設置し、RQプロセス、WQプロセス兼用ラインとした。

この改造においては、WQ設備とRQ設備を直列に配置し、酸洗設備を炉の出側へ配置することで、NKK-CALとしては初めて板切りなしで、RQプロセスとWQプロセスの切替を実施するレイアウトを採用した。又、RQプロセスとWQプロセスの兼用ライン化、プロセス間の短時間切替を目的として種々の新機構を導入している。

本設備は、1990年9月より高張力鋼板の営業生産を開始し、順調に稼働している。

これにより、No.3CALでは、RQプロセスによる軟質材からWQプロセスによる高張力鋼板まで、広範囲な冷延鋼板の製造体制を確立した。今後更に、製造寸法範囲の拡大、品種の拡大を進めてゆく。

Table-3 Example of mechanical properties

Process	Category	Grade (MPa)	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	BH (MPa)	Thickness (mm)
RQ	Soft steel	CQ	209	324	46	-	0.8
		DQ	178	319	47	-	0.8
		DDQ	162	307	48	-	0.8
		EDDQ	142	305	49	-	0.8
WQ	High tensile strength steel	390	265	403	37	88	1.2
		440	316	451	34	88	1.0
		490	362	510	32	88	1.2
		540	392	568	30	88	1.2
		590	406	603	27	78	1.2
		780	487	811	21	58	1.2
		980	631	1021	14	-	1.2
		1180	864	1229	9	-	1.6
		1470	1166	1546	8	-	2.3
		490L	304	548	34	29	1.0
		590L	313	598	34	29	1.2

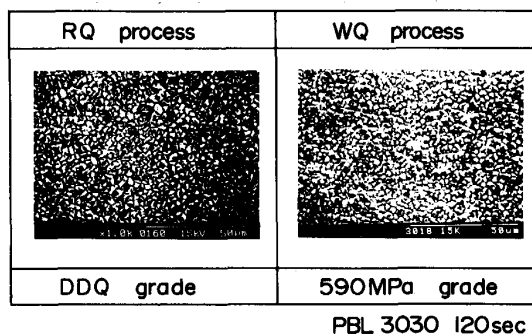


Fig-10 SEM image of the phosphate film

#### 3.2 品質

Fig-9にWQプロセスで製造した高張力鋼板の形状レベルを示す。780~980MPa級の未調圧材においても急峻度1%以下の良好な形状を得ている。

Fig-10に、RQプロセスで製造したDDQ材とWQプロセスで製造した590MPa級高張力鋼板について、化成処理後の皮膜写真を示す。いずれも均一な化成処理皮膜が形成されており、良好な表面性状が得られていることを示す。

Table-3に、各規格材の機械試験値の例を示す。WQ設備の装置により、No.3CALは、軟質材から超高張力鋼板まで、広範囲な冷延鋼板の製造が可能となった。

#### 3.3 高張力鋼板の製造寸法拡大

No.3CALのWQ設備の稼働により、従来のNo.2CALでの製造時と比較し、広範囲な寸法で、高張力鋼板の製造が可能となった。例として、Fig-11に980MPa級高張力鋼板の製造寸法範囲の拡大結果を示す。

#### 参考文献

- 1) 金藤秀司ほか, 日本鋼管技報, No.126, P16-23(1989)
- 2) 中岡一秀ほか, 鉄と鋼, vol.62(1976), NO.6, P634