展延性を高めているものと考えられる).

(4) 線材のフェライト粒が適度に細かい.

(5) 上記の長所のために,実際に線引応力は小さく,安定した線引性を示す.

2. 転炉鋼は次の点では平炉鋼と概ね同等である.

(1) Cr, As の含有量

(2) オーステナイト粒度

(3) 常温での歪時効硬化

621.785.34:621.783.223

(199) 連続焼鈍炉による光輝焼鈍法の研究

63389

金属材料技術研究所

○倉部兵次郎・田中龍男

Studies on the Bright Annealing by Continuous Furnace.

1637~1639

Hyojiro KURABE and *Tatsuo* TANAKA.

I. 緒言

連続焼鈍は高能率であるばかりでなく,材質的にも機械的性質の均一性,板の平滑度および結晶粒の微細化の点でバッチ式焼鈍法に優れていることが明らかにされている.本研究は堅型連続焼鈍炉を用いて低炭素鋼,ステンレス鋼,硅素鋼などの光輝焼鈍の可能性と焼鈍効果およびその問題点を調査したので報告する.

II. 実験方法

供試材の組成を Table 1 に示す.各鋼種毎に板厚 1 mm,巾 200mm の焼鈍コイルを 0·2, 0·4, 0·6mm に冷圧し,各板厚につき 3 m の長さに切断後,スポット溶接により 9 m の供試材とした.使用した連続焼鈍炉の概略図を Fig. 1 に示す.本炉の常用使用温度は 700~1200°C で,容量は 100 kVA の電気炉である.炉内の雰囲気ガスのシールはシールロールを用い炉圧を 10~15mm 水柱に保つた.雰囲気ガスには A ガス,B

Table 1 Chemical analysis of steels tetsed (%)

Steels	C	Si	Mn	Cr	Ni
Low C steel	0·09	tr	0·38	—	—
Silicon steel	0·01	3·06	0·06	—	—
18-Cr stainless steel	0·07	0·39	0·59	17·46	0·31
18-8 stainless steel	0·07	1·00	1·72	18·12	9·82

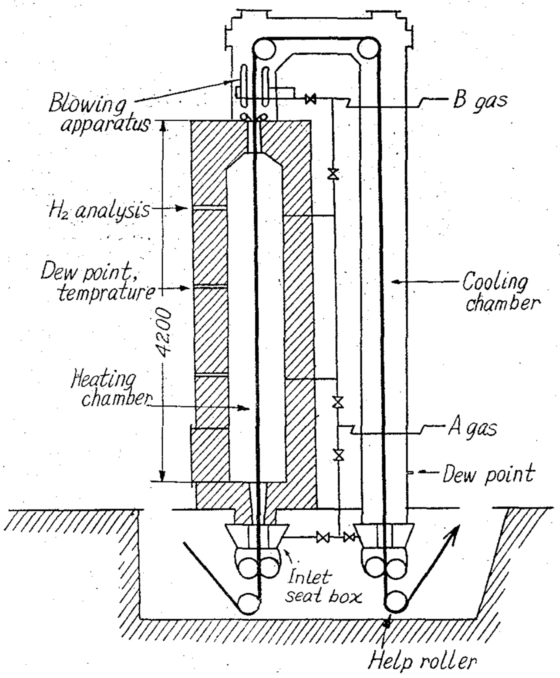


Fig. 1. Continuous furnace for bright annealing and measuring points.

Table 2 Influence of experimental conditions on surface brightness of annealed steel strips of 0·2, 0·4 and 0·6mm thickness.

Steels	Tamprature (°C)	Line speed (m/mn)	Inlet ways of gas: A gas	Inlet ways of gas: B gas	Dew point of furnace gas (°C)	Furnace gas: H_2 content (%)	Furnace gas: H_2O content (%)	P_{H_2O}/P_{H_2} of gas: Furnace gas	P_{H_2O}/P_{H_2} of gas: Equilibrium	Surface brightness
Low carbon steel	800	0·4	Terminal box and inlet seal box	—	−20	8·8	0·10	0·114	0·528	Bright
		0·8			−20	8·0	0·10	0·125		Bright
		1·7			−20	8·0	0·10	0·125		Bright
		4·0			−20	8·0	0·10	0·125		Bright
18-Cr stainless steel	900	0·4	Inlet seal box	Blowing	−11	6·6	0·23	$3·48\times10^{-2}$	$9·12\times10^{-5}$	Light blue
		0·8		Terminal box	1	49·0	0·62	$1·27\times10^{-2}$		Light blue
18-8 stainless steel	1200	0·4	Inlet seal box	Blowing	−8	6·4	0·30	$4·69\times10^{-2}$	$7·77\times10^{-3}$	Greenish brown
		0·65			−6	8·5	0·37	$4·35\times10^{-2}$		Greenish brown

ガスを用い，Aガスはアンモニヤ燃焼ガスで，ガス組成は H_2 4～12%，残り N_2 で流量は 30 m³/h である．Bガスはアンモニヤ分解ガスで，ガス組成は H_2 75%，N_2 25%で流量 14 m³/h である．送ガス方法は Fig. 1 に示す通りである．炉は 1200°C で 5h 乾燥後Aガス，B ガスを炉内に送ガスし 8 日間のシーズニングを行ない，炉気露点が 25°C より −5°C まで低下した時に 18-8 ステンレス鋼のテストを開始した．焼鈍条件は Table 2 の左側に示す．テスト中の炉況の測定項目および測定場所は Fig. 1 に示した通りである．露点は Alnor 露点計と露点カップ，水素はオルザットガス分析計を使用した．機械試験は JIS 5 号引張試験片を供試材の中央および両端より切断して用いた．

III. 実験結果と考察

（1） 光　輝　性

H_2-N_2 系ガス中での高温における金属の光輝焼鈍は炉気の P_{H_2O}/P_{H_2} 値によつて判断できる．F. D. Richardson による Fe, Cr, Si, H_2 の酸化自由エネルギーより FeO, Cr_2O_3, SiO_2 の H_2 による還元平衡値を計算した値を Table 2 に示す．飽和水蒸気量は E. W. Washburn のデータより露点から換算して求めた．低炭素鋼の場合は平衡値が 0·528に対し炉気は 0·114～0·125 であり，また光輝性は良好であつた．18 Cr ステンレス鋼での炉気は平衡値からみれば酸化雰囲気であり，ストリップ表面はわずかにブルーイングを生じたが，5% HF の濃硝酸溶液では容易に除去できた．18-8 ステンレス鋼でも酸化雰囲気のため帯緑褐色に着色し，酸溶液での除去は困難であつた．ステンレス鋼の光輝焼鈍は Cr_2O_3 の還元平衡値から考察すると，炉気露点を著しく下げる必要がある．

（2） Coil break

coil break とは完全焼鈍された低炭素鋼に発生する局部伸びの一種で本試験では焼鈍後の低炭素鋼ストリップに Fig. 1 に示す冷却室出口側ヘルプローラの個所を通過するときに発生した．ストリップの長さ 30 cm に発生した coil break 数の平均値を測定し，その結果を Table 3 に示す．coil break は板厚，巻取径，張力および材質に関係する．ストリップがヘルプローラを通過するとき生ずる歪 e は，板厚 t のストリップがローラ径 d によつて生ずる歪と張力 T によつて生ずる歪の和であるから，E を弾性係数とすれば次式で表わされる．

$$e=t/(d+t)+T/E$$

R. S. Burns は coil break の発生を防止するためには，歪の安全限界値として実験的に求め 0.2%としている．張力による歪を無視し，上式よりローラ径の安全限界値を求めるとストリップの板厚 0·2, 0.4, 0·6mm に対し，ローラ径はそれぞれ 100, 200, 300mm となる．使用したヘルプローラ径は 256mm であるから，Table 3 に示す結果とともに coil break はローラ径に著しく影響されることがわかる．

Table 3 Coil breaks produced in low carbon steel strip annealed at 800°C.

Line speed (m/mn)	Thickness of strips (mm)	Avarage coil breaks per 30cm length
0·4	0·2	0
	0·4	0
	0·6	16
0·8	0·2	0
	0·4	3
	0·6	29
1·7	0·2	0
	0·4	6
	0·6	36
4·0	0·2	0
	0·4	11
	0·6	39

（3） 機械的性質

1 例として冷延低炭素鋼の焼鈍後の機械的性質を Fig. 2 に示す．ライン速度を 0·4～4·0 m/mn（保持時間 10～1 分）に変えても引張り強さ，伸びは変りなく保持時間 1 分でも焼鈍効果は充分であつた．18 Cr ステンレス鋼ではライン速度 0·4 と 0·8 m/mn（保持時間 10 分，5 分），18-8 ステンレス鋼ではライン速度を 0·4 と 0·65 m/mn（保持時間 10 分，6·2 分）のテストの場合の機械的性質はそれぞれ JIS 規格に合格した．

（4） 冷却速度

18-8 ステンレス鋼は溶体化処理後急冷によつて炭化物の粒間析出を阻止する必要がある．本炉でストリップは加熱後冷却室で空冷されるが，板厚 0·6 mm 以下の試料について顕微鏡組織および腐食試験を行なつた結果水冷材と同一の耐食性を示した．板厚 0·6mm 以下では特に急冷操作を考慮しなくてもよい．

IV. 結　　言

以上の実験結果を総括すれば次の通りである．

（1） 低炭素鋼の光輝焼鈍は容易であるが，18 Cr, 18-8 ステンレス鋼は H_2 による還元平衡値からみてもかなり困難であるため，炉の加熱室に高純度の耐火材を使用するなど極力炉気の露点を下げるよう配慮しなければならない．

（2） 低炭素鋼の coil break はストリップの板厚とローラ径との関係から解決できる．

（3） 本研究に用いた連続焼鈍炉においては，各材質のストリップの各温度での焼鈍効果はライン速度 0·65

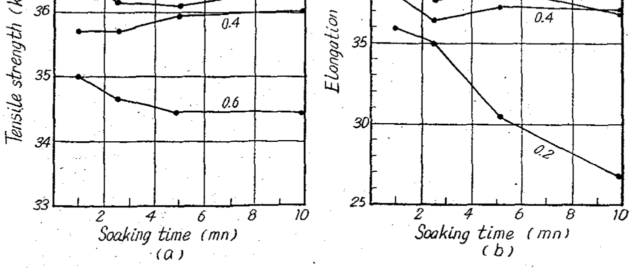


Fig. 2. Effect of soaking time on tensile properties of cold-rolled low carbon steel strips at 800°C.

～4 m/mn で充分であり，また板厚 0·6 mm 以下の18-8 ステンレス鋼の溶体化は冷却室での空冷状態でも支障はない.

621.783.222:621.785.6:621.78.062.3

(200) パージングおよびコンディショニングについて　63390

(バッチタイプ焼入炉における雰囲気調節—I)

大同製鋼研究所　1639～1641.
○保田正文・益本　茂

On the Purging and Conditioning.

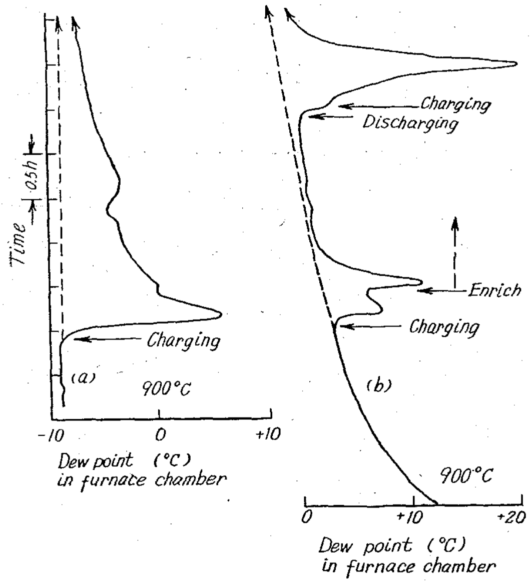
(Atmosphere control in the batch type hardening furnace—I)

Masabumi YASUDA and *Shigeru* MASUMOTO.

I. 緒　　　言

いわゆる雰囲気熱処理と称される，保護または調整雰囲気を使用する各種の熱処理においては，炉室内の雰囲気の状況，したがつて被熱物に与える影響の問題は常に最も重要な因子の一つである．ある安定または準安定状態で熱処理される連続式の炉とはちがつて，バッチタイプの炉では，たとえば焼入作業のように比較的短時間処理の場合には，炉室内の雰囲気はある過渡的な状態のままで始まり，そのまま安定しない中に終つてしまうことが多い．たとえば Fig. 1 に見られるとおりである．これに直接関連して重視されるのは炉室内でのパージングとコンディショニングの問題である．

パージングとは一般に主として安全確保の見地から，炉室内の空気を，あるいは可燃性のガスをパージすることであり，コンディショニングとは炉室を構成し，または炉室内に装着されている部品材料がある温度において炉室内の雰囲気と，もはや顕著な反応を行なうことなく，したがつて炉気の著るしい汚染の原因となり得なくなるまで，その材料の表面あるいは表面近くが変化を起こし，なじむまでの操作または所要期間であると解せられている．



Note : (a) After finishing the conditioning.
(b) On the way of the conditioning.

Fig. 1. Effect of charge or discharge on furnace atmosphere dew point.

さて実際の炉では炉室内の雰囲気の露点が上がる，あるいは CO_2 量が増加して，いわゆるカーボンポテンシアルを低下させるのは汚染が原因であると表現されていることが多い．このこと自体にとくに誤りがあるわけではないが，バッチタイプ炉の雰囲気制御を考慮する場合，単に汚染としてかたずけるのではなく，コンディショニングとパージングの現象を多少検討しておく必要を感じた．

この第 1 報は雰囲気の手動，自動を問わず調節のあり方を検討する始めに，まず調査または試験した結果を報告するものである．さらに安全のために，パージには少なくとも炉室内ガス量の 5 倍またはこれ以上の置換ガスの送気が必要であると称せられている問題についても検討を加えた．

II. 装置方法および結果

ガス置換過程をしらべるため小型の単純な形状の容器での試験を若干実施するとともに，主として工業的に現在使われているバッチタイプのガス浸炭焼入炉を利用した．検討条件としてはコンディショニングが十分に行なわれたと考えられる状態とそうでない場合，室温と加熱状態，送気の種類，送気量，炉内圧などを対象とし，コンディショニングあるいはパージングの状況は露点測定やガス分析の結果から判定した．

まずガス置換の過程は，たとえば分析用ガス採取瓶における試料ガス採取のような機械的置換と同一に考えることはできず，はるかに能率の悪い置換であることは容易に想像できる．送気量を v （単位時間当りの送気量でもよく，またある送気時間内の送気総量でもよい），炉室内すなわち置換されるべき室内の被置換ガスの量を V とおけば，送気ガスは炉室内にあらかじめ存在している被置換ガスとただちに均一に混合し，この混合気が送気量と同じ量だけただちに炉室から排出されるものと仮定して，パージングの過程は v/V の函数として表わすことができる．すなわち C を置換ガスが炉室内に送られ被置換ガスと均一に混合したときの混在割合とし，$1-C$ を逆に被置換ガスの残留割合とすれば，$C=1-e^{-v/V}$ および $1-C=e^{-v/V}$ とそれぞれ算出することができる．これは容器壁面の洗滌過程と類似の式である．簡単な数値を代入して結果を図示すれば Fig. 2 のごとくである．この計算では先にも触れたように v/V が 5 で，パージ率は 99·5% 近く完了することになる．この式からただちにわかるように，炉室容積に対してパージ用ガス送量が多いほど短時間でパージングを進めることができる．

しかし実際の炉では Fig. 3 の例に見られるように，炉室容積に対して送気流量をかなり多くした場合でも，パージングがほぼ完了するのは送気後 1·5～2 h で，この場合もし上式で示される過程が適用されるものとして v/V の値から計算すると約 17 分で99·9%のパージ率が得られるはずのものである．炉室が加熱されており，しかも送気と被置換ガスとがたがいに反応する場合にはパージ率を炉気の分析結果から判定することはむつかしく