

(4) 結晶粒成長の活性化エネルギーを求めたがその値はデータの整理や線のあてはめ方のわずかな違いにより大きく変化するのであまり意味がない。

## (72) ステンレス鋼管の光輝焼鈍について

住友金属工業, 鋼管製造所

工博 岡本 豊彦・○高橋 啓三

### Bright Annealing of Stainless Steel Tubes.

*Toyohiko Okamoto, Keizou Takahashi.*

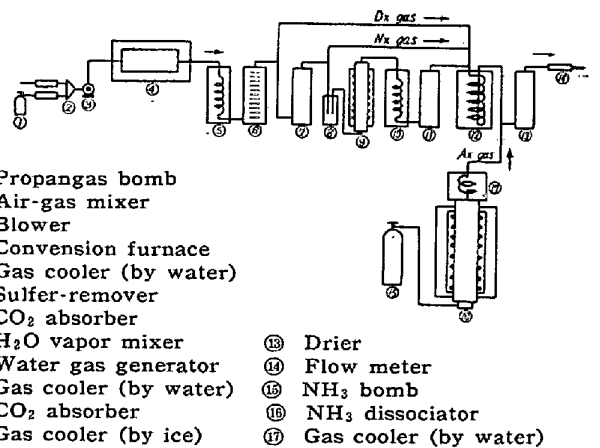
#### I. 緒 言

最近、炭素鋼、ステンレス鋼およびその他の特殊鋼の光輝焼鈍がさかんに利用されるにいたつた。光輝焼鈍法としては古くより種々の方法があり、真空中の焼鈍が理論的に最も理想的と考えられるが、実用的な面においてはまだ問題点を残しており、現段階においては雰囲気ガス（保護ガス）調整による方法が実用的として広く採用されている。今度当所においても実験用の真空焼鈍炉と雰囲気ガス変成装置を設置し、まず原子炉あるいはその他寸法公差および表面状態の厳格なステンレス鋼管に対する光輝熱処理の基礎的な実験として変成ガスおよび市販のボンベガスを用いた雰囲気ガスによる方法と真空による方法について実験を行つた。

#### II. 実 験 装 置

##### (1) 雰囲気ガス変成装置

装置の概略図を Fig. 1 に示した。プロパンガスを変成した DX, NX, および HNX ガスとアンモニヤを分解した AX ガスの4種を発生させることができる。まず、DX ガスはプロパンガスと空気を適当な混合比になるように混ぜ、燃焼して作つたガスを冷却後、脱硫をし-5°C 以下の水冷槽および活性アルミナを充填した脱水塔を通して露点を下げた。NX ガスは DX と同様にして作つたガスからジェタノールアミンを用いた CO<sub>2</sub> 吸収



- ① Propangas bomb
- ② Air-gas mixer
- ③ Blower
- ④ Conversion furnace
- ⑤ Gas cooler (by water)
- ⑥ Sulfur-remover
- ⑦ CO<sub>2</sub> absorber
- ⑧ H<sub>2</sub>O vapor mixer
- ⑨ Water gas generator
- ⑩ Gas cooler (by water)
- ⑪ CO<sub>2</sub> absorber
- ⑫ Gas cooler (by ice)
- ⑬ Drier
- ⑭ Flow meter
- ⑮ NH<sub>3</sub> bomb
- ⑯ NH<sub>3</sub> dissociator
- ⑰ Gas cooler (by water)

Fig. 1. Gas producer.

塔にて CO<sub>2</sub> を除いた後、露点を下げるために水冷槽および脱水塔を通した。次に、NHX ガスは上記の CO<sub>2</sub> を除いたガスを水分添加による水性ガス反応を行つて変成した。AX ガスは触媒を充填して加熱したレトルト中へアンモニヤを通し分解させて作つた。これらのガスの発生能力および組成は Table 1 に示す通りである。

##### (2) 分析装置

一般に行われているオルザット法による分析の他に、最近各方面に利用されてきたガスクロマトグラフィーを用いて連続作業時中のガスの組成の安定性を試験した。今回使用したガスクロマトグラフィーはダブルカラム形式としてサンプリングコックを2個取付け、一器で多くの組成の分析が可能になるようにした。

##### (3) 真空焼鈍炉

到達真空度は炉が常温の場合には  $5 \times 10^{-5}$  mmHg 以下となり、1100°C に加熱すると  $10^{-4}$  mmHg となる。炉体は有効加熱長さ 2m で内径 100mm φ の耐熱鋼製の加熱部と外側水冷による冷却部よりなつている。加熱はいずれもエレマ発熱体を用いた。熱処理後材料をワイヤーで水冷帯に移して冷却速度を早める方式となつている。

#### III. 雰囲気ガスによる実験

##### (1) 実験方法

Table 2 に示した6種のガス雰囲気による表面の酸化

Table 1. Composition of converted gas.

Type of gas	Gas composition (volume %)					Dew point (°C)	Flow rate (l/mn)
	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
DX	5.5~11.5	0.7~10.5	0~0.5	0.7~15	Balance	< -30	25
NX	0 ~ 0.05	0.7~10.5	0~0.5	0.7~15	Balance	< -30	25
HNX	0 ~ 5.5			1.4~25.5	Balance	< -30	25
AX				75	25	< -50	25

Table 2. Gas composition for test.

Type of gas	Gas composition (volume %)					Dew point (°C)	Flow rate (l/mn)
	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
H <sub>2</sub>						-30	0.5
N <sub>2</sub>						-35	0.5
Ar						-40	0.5
AX				75	25	-60	2
DX	5.0	11.1	0	16.2	Balance	-45	2
NX	0.4	0.6	0	0.3	Balance	-45	2

Table 3. Chemical composition of specimens (weight %).

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
No. 1	0.019	0.61	1.65	0.02	0.016	0.01	12.94	18.90
No. 2	0.027	0.48	1.51	0.02	0.012	0.06	13.14	18.15
No. 3	0.059	0.51	1.34	0.02	0.010	0.27	9.70	18.95
No. 4	0.262	0.85	4.48	0.01	0.024	0.08	9.15	11.45

と還元，窒化および脱炭と浸炭について実験した。H<sub>2</sub> ガス，N<sub>2</sub> ガスおよび Ar ガスの 3 種は市販のボンベガスを用い，AX ガス，DX ガスおよび NX ガスの 3 種は前述の装置による変成ガスである。加熱炉は内径 100 mmφ，長さ 1m のカンタル電気炉に内径 18mmφ の石英管を装入して中に試料を入れた。試料は Table 3 に示した組成のいずれも管状試片で酸化，還元には外径 10 mmφ，肉厚 0.5mm，長さ 50mm をまた，窒化および脱炭，浸炭には外径 8.5mmφ，肉厚 0.5mm，長さ 50mm を用いた。

#### (2) 雰囲気ガスによる表面状況

Table 2 に示した 6 種の雰囲気ガス中で，Table 3 の No.3 試料を 400°C，600°C，800°C，900°C，1000°C および 1100°C におおの 10mn 加熱して表面の状態を調べた。DX ガスおよび NX ガスでは光輝度は空気中の場合よりも多少よい程度でステンレスの光輝焼鈍には適当ではない。すなわち，DX ガスは 600°C 以上では煤が付き黒くなる。NX ガスは 1000°C まではおおむね N<sub>2</sub> ガスなどに近い色を示しているが，1100°C においては全く酸化し相当のスケールを生ずる。

DX ガスおよび NX ガス以外のガスでの場合には 1000°C 以上では光輝程度は AX ガスが最もよく，つぎに H<sub>2</sub> ガスで Ar ガスと N<sub>2</sub> ガスは同程度でやや悪い。1000°C 以下では酸化のための着色(変色)の傾向がいずれも同様である。すなわち，400°C では全く酸化していないが，600°C で黄褐色，800°C で青紫色，900°C で白鼠色で光沢が鈍る。1000°C においてはさらに白鼠色が淡くなる。これが 1100°C になると AX ガスにおいては完全なる光輝状態となるが，H<sub>2</sub> ガスではやや曇りを

生ずる。これは Table 2 に示した露点および微量 O<sub>2</sub> による影響と考えられる。

Ar ガスおよび N<sub>2</sub> ガスにおいては部分的に緑色の酸化着色をする。

#### (3) 含 N<sub>2</sub> 雰囲気ガスによる窒化

Table 3 の No.2 の試料について N<sub>2</sub> ボンベガスと AX ガスの 2 種の雰囲気による窒化物を調べた。窒化の程度は Table 4 に示したごとく，N<sub>2</sub> 量の増加はいちじるしく相当顕著な窒化が認められる。なお N<sub>2</sub>% の高いボンベガスの場合と，N<sub>2</sub> 25% の AX ガスの場合の試料の N<sub>2</sub> 増加量が同程度であるのはガス流量による影響と考えられる。

Table 4. Nitriding by N<sub>2</sub> gas and AX gas (weight %).

Heat treatment	N <sub>2</sub> %	
	N <sub>2</sub> gas	AX gas
Before annealing	0.054	0.054
1100°C × 2mn	0.105	0.116
1100°C × 4mn	0.105	0.165
1100°C × 8mn	0.121	0.180
1100°C × 15mn	0.150	0.205
1100°C × 30mn	0.234	0.252
1100°C × 60mn	0.303	0.309
1100°C × 10 h	0.830	

#### (4) 雰囲気ガスによる脱炭と浸炭

Table 3 の No.1~No.4 の 4 種の C% 異つた試料に対して，H<sub>2</sub> ボンベガス，DX ガスおよび NX ガスによる脱炭および浸炭について試験した。その結果は Table 5 に示した。

Table 5. Carburizing and decarburizing (C %).

	Before annealing	H <sub>2</sub> Gas		DX Gas	NX Gas
		1100°C × 10mn	1100°C × 60mn	1100°C × 10mn	1100°C × 10mn
No. 1	0.019	0.019	0.013	0.048	0.021
No. 2	0.029	0.029	0.020	—	—
No. 3	0.059	0.047	0.027	—	—
No. 4	0.262	0.242	0.228	0.300	0.250

H<sub>2</sub> ボンベガスにおいては 1100°C×10mn の熱処理では C% の高いものは脱炭を呈しているが、低いものは変化していない。しかし 1100°C × 1 h の熱処理ではいずれも相当な脱炭を行つてゐることが認められる。DX ガスについては 1100°C×10mn でいちじるしく浸炭をしており、C 量は酷く増加している。これは CO の影響と考えられる。

つぎに NX ガスにおいては、C% の高いものおよび低いものもごく微量の変化を示しているが、ほとんど影響ないものと判断できよう。

#### IV. 真空による実験

外径 12mmφ、肉厚 1.0mm、長さ 2m 管で化学組成は Table 3 の No.3 の試料を炉に装入し、10<sup>-4</sup>mmHg の真空度にて試験したところ、理想的な光輝焼鈍が可能であることがわかつた。

#### V. 結 言

ステンレス鋼の光輝焼鈍としては真空焼鈍が最も理想的であることがわかつたが、雰囲気ガスによる試験では DX ガスおよび NX ガスでは浸炭および相当の酸化を生ずるためにステンレス鋼の光輝焼鈍としては適当ではない。

また、N<sub>2</sub> ガスおよび AX ガスでは窒化を生ずるのが欠点である。

Ar ガスでは幾分か着色を生ずるほか、コスト高となるので実用性に乏しい。

以上のような点からステンレス鋼の光輝焼鈍としては多少の脱炭を生ずるが、H<sub>2</sub> ガス、あるいは真空による方法が望ましい。しかし H<sub>2</sub> ガスにおいても現在市販のボンベガスでは十分ではなく、これを脱水および浄化して使用することが必要である。

### (73) 完全オーステナイト・ステンレス鋼の溶接割れの防止について

日本金属工業

工 塚本富士夫・工 須永寿夫・工 O 永吉寛二

### On the Prevention of Cracking in Welding Fully Austenitic Stainless Steels.

Fujio Tsukamoto, Hisao Sunaga,  
Kanji Nagayoshi.

#### I. 結 言

一般にオーステナイトステンレス鋼は溶接ビードに若干のフェライト相を含有させることにより溶接割れの防止を図つてゐるが、最近のボイラ、原子炉等のごとくステンレス鋼の高温高圧下の利用が進むにつれて、シグマ相に変態しやすいフェライト相の存在は常温衝撃抵抗、ラプチャー強度を劣化させるので新たな問題を生じてきている。したがつて高温度における組織が安定で、かつ溶接割れの欠陥のない完全オーステナイト溶接棒の製造は現在直面している最も重要な研究課題の一つである。

われわれ<sup>1)</sup>は昨年 10 月の日本金属学会講演大会において完全オーステナイト溶接棒の研究結果を報告したが本報においては高温で使用される機会が多く、しかも溶接割れを生じやすい完全オーステナイトの AISI 310 型、347 型についてさらに検討を進めた結果、Mn、N の同時添加によつてほぼ所期の目的を達成することができたので、その概要を報告する次第である。

#### II. 実 験 方 法

従来ステンレス溶接棒はライム系被覆の方がチタニア系被覆に比べて溶接割れを生じ難いとされているが作業性が劣るので、2つの特性を同時に生かすためにとくにチタニア系被覆の 4.0mmφ 溶接棒を製作した。供試材 Mn および N の量は被覆剤に窒化マンガン粉末を加え、その添加量の調節により変化させた。溶着金属の化学成分は Table 1 に示す。また試験にはすべて交流 130~140A の範囲の溶接電流を用いた。

きれつ感受性の試験は単層ビードの場合は segmented circular groove test<sup>2)</sup> (母材は同種板材を使用) を採用し、多層溶接の場合は Fig. 1 のごとく AISI 304 の厚板上に肉盛溶接を行い、内部欠陥を拡大するため溶着金属内から削り出した試片を母材側を内側にして