

(165) 18-8 ステンレス鋼のオーステナイト安定度と機械的性質とにおよぼす熔製雰囲気の影響

(18-8ステンレス鋼の諸性質におよぼす
熔製雰囲気の影響—I)

東京工業大学

工博 岡本正三・工博○田中良平・伊藤六郎
Influence of Melting Atmospheres on
Austenite Stability and Mechanical
Properties of 18-8 Stainless Steels.

(Influence of melting atmospheres on various
properties of 18-8 stainless steels—I)

Dr. Masazō Okamoto, Dr. Ryohei Tanaka
and Rokuro Ito.

I. 緒 言

本報においては単純な 18% Cr-8% Ni のいわゆる 18-8ステンレス鋼について窒素雰囲気中で熔解铸造を行なつたもののオーステナイト相の安定度、圧延加工や時効処理にともなう硬度ならびに機械的性質などの変化をしらべて同種鋼の大気熔解材ならびに真空熔解材との比較をこころみた。

II. 試 料 の 熔 製

試料の配合組成は 18%Cr-8%Ni-1%Mn とし、1 チャージ 6 kg を窒素中、真空中ならびに大気中の各雰囲気中で熔解铸造した。大気中熔解は 20kVA の普通高周波炉をもちい、また真空中および窒素中熔解には 40 kVA の内熱型高周波真空熔解炉を使用した。窒素中熔解の場合は熔解炉の都合により窒素雰囲気中の圧力は 600 mmHg とし、とくに窒素をふくむ母合金を添加しない場合と、0.18% の窒素を窒化フェロクロムの形で加える場合との 2 種類の熔解を行なつた。しかして窒素中熔解にあたつては、坩堝中に原料装入後一旦 10^{-4} mm Hg 以下の真空中に排氣してから、窒素ガスを導入し、その後加熱をはじめ熔解、铸造の間常に約 600 mmHg

を保つように炉内圧力を調整した。熔解および铸造温度はいずれも 1460~1520°C であつた。脱酸剤として 0.2% の単体 Si を铸造直前に投入した。熔解原料としてはとくに高純度のものをもちい Fe および Ni はともに純度 99.9% 以上の電解製、Cr は電解 Cr (99.25%Cr) N は窒化フェロクロム (0.074% C, 60.82% Cr, 0.19% Al, 1.543N) でそれぞれ添加した。铸造寸法は上部径 75 mm, 下部径 65 mm, 高さ 145 mm である。各鋼塊は表面切削後断面 15×15 mm のビレットに鍛伸 (鍛錬比約 13) し、さらに厚さ 5 mm 程度まで熱間圧延をほどこして以下の実験に供した。

Table 1 は試料の化学組成を示す、この表より明らかなように、窒化フェロクロムを加えず單に 600 mmHg の窒素中で熔解 (記号 NM) したのみでも 0.158% N が含有されているのに対し、あらかじめ 0.18% の窒素を添加したもの (記号 NNM) では 0.177% N となり N 添加量と鋼塊の N 含有量とがほとんど一致している。しかし大気中熔解材の窒素含有量はこれより一桁少なく、また真空熔解材はさらに一桁小さい値を示している。なお真空熔解材は Mn の大部分が蒸発してわずかに 0.08% となつているが、その他の化学組成はいずれの鋼もほぼ配合値に近いものが得られている。

III. 実験結果とその考察

1. オーステナイトの安定度

各試料を 1050°C に 1 h 加熱水冷した状態の組織は NM および NNM はともに均一オーステナイトのみ、AM は少量のマルテンサイトを混じており、VM は大部分マルテンサイトに変態している。Fig. 1 は 1050°C ~ 1 h 水焼入後ただちに示差熱膨張計にとりつけて 3.3°C / mn で 1050°C まで加熱し、10 分間保持したのち電気炉をはずして放冷し引続き常温以下にまで冷却したときの示差熱膨張曲線を示した。VM のマルテンサイト組織は 500~750°C への加熱によってオーステナイトに変態し、また 1050°C よりの放冷時にはこのオーステナイトは約 120°C に Ms 点を示してマルテン化する。AM 以外の加熱曲線はオーステナイトが多いだけにいざれも右上りと

Table 1. Chemical composition of materials melted.

Mark	Melting atmosphere	Chemical composition (%)													
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Sol. N ₂	Insol. N ₂	Total N ₂	O	H ppm
VM	Vacuum	0.009	0.02	0.08	0.001	0.011	0.01	8.15	17.60	tr	0.005	0.001	0.006	0.0095	5.38
AM	Air	0.009	0.16	0.80	0.001	0.012	0.01	8.01	16.76	tr	0.039	0.003	0.042	0.0217	9.13
NM	Nitrogen (600 mmHg)	0.016	0.11	0.98	tr	0.014	0.01	7.81	18.05	tr	0.157	0.001	0.158	0.0144	6.44
NNM	Nitrogen (600 mmHg)	0.016	0.21	1.03	0.005	0.012	0.01	7.88	17.77	tr	0.175	0.002	0.177	0.0078	6.50

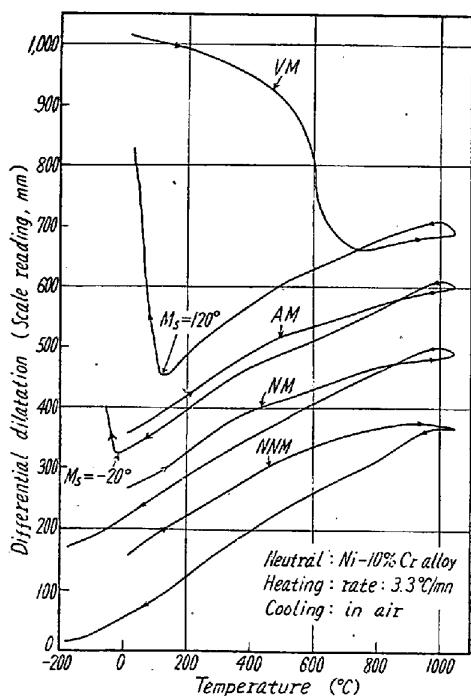


Fig. 1. Differential dilatation curves of 18-8 stainless steels.

なる。AMでは放冷時のMs点は -20°C に観察されたが、 $1050^{\circ}\text{C}-1\text{h}$ 水焼入のまま室温(20°C)に長時間保持すれば長さ、硬度および磁性の変化からかなりの量のマルテンサイトが等温的に生成することを認めた。しかし 50°C 保持ではこれらの変化があらわれず、また $1050^{\circ}\text{C}-1\text{h}$ 加熱放冷の状態では室温でも等温マルテンサイトの生成は認められなかつた。また $1050^{\circ}\text{C}-1\text{h}$ 加熱水冷後それぞれ 100°C と 200°C に 2h ずつ焼戻して室温に放置し、硬度および磁性の変化を測定したところ、 100°C 焼戻試料では 1050°C 水冷のままで同様に室温で等温マルテンサイトの生成が認められたが、 200°C 焼戻ではこれが認められなかつた。すなわち 200°C 焼戻しではオーステナイトが安定化して室温での等温マルテンサイトの生成が起らなくなつたものと思われる。これらの結果から 1050°C より水冷したものは常温でもマルテン化が進行するのに反して膨脹計中で放冷した場合にMs点が -20°C にも降下するのは、後者の場合放冷中にオーステナイトの安定化が起るためと考えられ、試料AMの真のMs点は $20\sim50^{\circ}\text{C}$ の範囲にあるものと推定される。

NMおよびNNMは -170°C まで連続的に冷却測定しても、マルテンサイト生成による異常膨脹はまつたく認められず、また焼入試片を液体窒素中に直接浸漬してその前後の磁性および硬度をしらべてもまつたく変化が認められないことから、この両鋼のMs点は存在すると

しても -196°C 以下であると考えられる。

つぎに各試料のオーステナイト相の塑性加工に対する安定性をみるためにAM, NM, およびNNMを $1050^{\circ}\text{C}-1\text{h}$ 水冷後ただちに $400^{\circ}\text{C}\sim-70^{\circ}\text{C}$ の各温度で30%の圧延をほどこして磁性を測定した。これより塑性加工によってオーステナイトがマルテンサイトに変態する上限の温度Md点は、AMでは 400°C 以上、NMでは 100°C 付近、またNNMでは 20°C 付近にあるものと推定された。

2. サブゼロ処理、圧延加工および時効による硬度変化

以上の結果からVMおよびAMはオーステナイト相がいちじるしく不安定であり、また多量のNを含むNMおよびNNMでもMd点が常温付近にあることを知つたので、オーステナイト→マルテンサイト変態に関連する機械的性質の変化をしらべる目安として、まず硬度の変化を測定した。 $1050^{\circ}\text{C}-1\text{h}$ 水冷状態でAMのみは前述したように室温で等温的マルテン化を起すため常温放置のみでもかなりの硬化を示したが、他の試料は焼入後単に常温時効するのみでは硬度変化はほとんど認められなかつた。またこれらの焼入試料を 300°C で時効せしめてもやはりなんらの硬度変化もあらわれなかつた。一方 -70°C および -196°C で 2h までサブゼロ処理するとVMおよびAMの2試料のみマルテンサイトの生成による硬化を示し、とくに保持時間とともに若干硬度を増し等温的マルテン化の傾向が認められた。つぎに 1050°C 水冷試料に圧延加工を行なうと加工硬化がきわめて顕著であり、かつ加工後 300°C で時効せしめるとVM以外はさらに硬度を増加し約 8h 時効でほぼ最高の硬度を示すにいたる。Fig. 2は常温圧延あるいは -196°C サブゼロ圧延²⁾を行なつた各試料の圧延硬度および、各圧延後 300°C に 8h 時効せしめたときの硬度を圧延率に対して図示したものである。VMのみは圧延による硬化が他に比していちじるしく小さいが、これは 1050°C 水冷状態すでに多量のマルテンサイトを含むため他試料のようなオーステナイト特有のいちじるしい加工硬化を示さないのであろう。またVMが 300°C 時効によつて他試料のようないわゆる歪時効硬化をほとんど示さないのはCやNなどの侵入型固溶元素の含有量がいちじるしく少ないと考えられる。これに対して他試料の圧延硬化は顕著であり、とくにNを含むNM、NNMのサブゼロ圧延による硬化はいちじるしいものがある。これはオーステナイト特有の加工硬化に加えて、生成する含窒素マルテンサイトがそれ自体高い硬

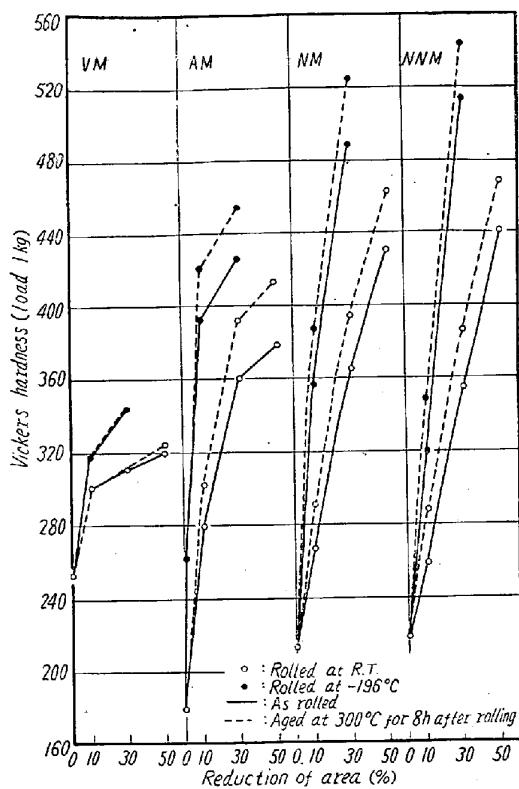


Fig. 2. Effect of cold-rolling, subzero-rolling and subsequent aging at 300°C for 8h on the hardness of 18-8 stainless steels.

度をもつことにも原因するものと考えられる。しかしてマルテンサイト中のNは300°C焼戻に際しては歪時効的に働き一層の硬度増加をもたらしている。

3. 機械的性質

1050°C-1h水焼入状態ならびにこれをさらに30%冷間圧延した状態について引張試験を行なった。抗張力はFig. 2の硬度とほぼ対応するが、AMの水焼入試料は引張試験中にマルテンサイトを多量に生成するため抗張力約100 kg/mm²を示し、同じ熱処理状態のNMの77 kg/mm²、またNNMの70 kg/mm²に比してかなり高い。反面、伸びはN含有量の増加とともにいちじるしく大となり、NM、NNMはともに60%以上で、30%の冷間圧延をほどこしてもVMおよびAMの1050°C水冷の状態より大きな伸びを示した。これはNM、NNMとともにオーステナイトが安定であつて焼入試料はもちろん冷間圧延試料でも多量のオーステナイトを含むためと考えられる。絞りは各試料によつてあまり変化しないが概してNの添加によつて大となり、30%の冷間圧延によつて各試料とも少しく減少を示した。

つぎに厚さ3mmの各試料板材について平行部の幅5mm、標点距離30mmの小試片をつくり700°Cでの引張クリープラブチャーテストを実施した。Nを含有する

NMおよびNNMはいちじるしく抗クリープ性が大で、100hラブチャーテスト強度は13 kg/mm²であるのに対し、VM、AMは約8 kg/mm²に過ぎず、1000hラブチャーテスト強度で両者の差はやや少なくなるが窒素中熔解材は真空熔解材および大気中熔解材にくらべてかなり高い値を示した。

文 献

- 岡本、田中、佐藤：鉄と鋼、45(1959), 1351
- 小高：日本金属学会誌、18(1954), 455

(166) 18-8ステンレス鋼の耐食性におよぼす熔製雰囲気の影響

(18-8ステンレス鋼の諸性質におよぼす
熔製雰囲気の影響—II)

東京工業大学

工博 田中 良平・○伊藤 六郎

Influence of Melting Atmospheres on Corrosion Resistance of 18-8 Stainless Steels.

(Influence of melting atmospheres on various properties of 18-8 stainless steels—II)

Dr. Ryohei Tanaka and Rokuro Ito.

I. 緒 言

Cはステンレス鋼の耐食性を害し、とくにオーステナイト系ステンレス鋼においては粒間腐食の原因となるため、その許容限度について多大の関心が払われている。しかし、Nは鋼の合金元素としていろいろの点でCと同様の作用を営むことが多いが、鋼の耐食性に対してはむしろこれを改善する働きを有するものようである¹⁾。とくに粒間腐食の傾向はCの場合よりかなり少ないといわれ²⁾。Nはオーステナイト系ステンレス鋼の有用なる合金元素としてかなり注目されてよいものと考えられる。本研究ではこれらの点を明らかにして今後の高窒素ステンレス鋼に関する研究の基礎資料を得るために、前報と同じいろいろの雰囲気中で熔製して窒素含有量を異にする4種類の18-8ステンレス鋼について各種熱処理状態における塩酸、硫酸、硝酸に対する耐酸性ならびに粒間腐食性におよぼす窒素含有量の影響をしらべたものである。

II. 試料と実験方法

実験試料は18%Cr-8%Ni-1%Mnの配合組成のものを真空中(記号VM)、大気中(記号AM)および窒素中