

669.14. 018.8: 669.15'20'26)
 -194.56: 669.3
 : 669.786 639

Table 3. Room temperature mechanical properties. No. 62173

No.	σ_s (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	δ (%)	ϕ (%)	Kb (kg-m)	σ_s (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	δ (%)	ϕ (%)
	As rolled					As solution treated			
3	28.1	62.5	53	67	15.3	20.5	54.9	64.4	69.7
4	31.3	63.8	54	67	25.8	24.1	56.0	62.8	68.5
5	38.2	65.8	46	62	11.9	22.5	57.2	51.4	65.2
7	39.6	68.4	48	60	13.5	21.7	57.2	52.8	68.7

じ、とくにC系介在物の減少が顕著であつた。ただし各試料ともS含有量がかなり低いので、とくに硫化物系介在物について期待したような差異は認められなかつた。なお炭化物の形態、分布やその他の顕微鏡組織にはとくに変化はなかつた。

(3) 機械的性質

常温の引張試験および衝撃試験を圧延のまま、および溶体化処理の状態について測定した結果は Table 3 に例示してある。圧延状態では常温引張成績は、RE 処理鋼の方がやや強度、伸びともに大であるが、その効果は微細であり、溶体化状態ではほとんど差異はない。ただ衝撃値は RE 処理鋼の方が非処理鋼に比していちじるしく高い値を示したが、とくにスクラップを多量にチャージした 18-8 鋼において、その効果が顕著であつた。この理由としてガス成分の減少または安定化が考えられるが、18-8 鋼の試料 No. 3, 4 についてのガス分析結果は O, H および N のいずれも処理鋼の方がやや低値を示した。

高温の機械的性質としては、主として熱間加工性、あるいは熱間靱性の観点から、熱間衝撃試験および熱間衝撃圧縮試験を行なつた。結果は Table 4 に示すごとく、RE 処理によるこれら熱間性能の改良はほとんど現れなかつたが、1200°C の高温では熱間衝撃値がやや増大を示している。

(4) その他の性質

以上のほか各試料について短時間熱間引張、クリープ強さ、耐硫酸試験、粒界腐食試験、応力腐食割れなどについて RE 処理の効果を比較したが、若干の改良効果を認めた他には、いちじるしい差異は認められなかつたので、結局これら Cr-Ni 系ステンレス鋼に対する微量の RE 処理は、ガス成分、S, P および介在物の減少または安定化などの清浄作用によつて、靱性の改良のような 2 次的効果を示すものと考えられる。

Table 4. High temperature properties.

Steel No.	Impact tests at				Impact-compression test at 1190°C
	900°C	1000°C	1100°C	1200°C	
3	5.8	7.5	7.5	6.4	9.75
4	5.8	7.9	7.5	7.1	10.02
5	6.2	7.1	6.7	5.2	11.92
7	5.9	7.4	6.5	6.1	11.71

(173) Cr-Ni ステンレス鋼の諸性質におよぼす成分および組織の影響 (Cu, N の影響)

金属材料技術研究所

○乙黒靖男・河部義邦・工博 中川竜一

Effects of Chemical Composition and Structural Conditions on Properties of Cr-Ni Stainless Steels.

(Effect of Cu and N addition)

Yasuo OTOGURO, Yoshikuni KAWABE
 Dr. Ryuichi NAKAGAWA.

I. 緒言

Cu, N はともにオーステナイト生成元素であり、特に N はその能力がきわめて大きく、その Ni 当量は 25~30 倍と報告されている。したがつて Ni 節減を目的として Fe-Ni-Cr-N 系、Fe-Cr-Mn-N 系などの組織に関して数多くの研究が報告されている。

Cu は Cu-rich 相の析出硬化を利用して強度を高める PH ステンレス鋼に添加されることが多いが、そのオーステナイト生成能力は比較的弱く Ni の代用としてはあまり用いられず、したがつて Ni-Cr 鋼の組織におよぼす影響についてはあまりよく知られていない。

本実験においては Ni-Cr ステンレス鋼の組織、特に δ フェライト量におよぼす Cu, N の影響を調べ、組織と機械的性質および化学的性質との関係を調べるため、18Cr-4Ni 系に Cu, N を種々の量添加した試料について、組織の観察、時効硬さ測定、引張り試験、腐食試験などを行なつた。

II. 試料

本実験に用いた試料の化学組成を Table 1 に示す。Mn, Si, Cr, Ni はおのおの 2, 1, 18, 4% と一定とし、Cu 量を変えた C 系では Cu を 1, 3, 4% 添加し、N 量を変えた N 系では N を 0.05, 0.10, 0.20, 0.30% 添加した。C は出来るだけ低く抑えた。

溶解は 10 kg 高周波溶解炉で 9 kg 溶製し、80mm ϕ のインゴットとし、鍛造は硬さ、組織用には 10mm 角に、引張試験用には 13mm ϕ 、腐食試験用には 18mm ϕ の丸棒に鍛造した。溶体化処理は δ フェライト量と処理温度の関係を調べるため、1100°, 1150°, 1200°, 1250°C の 4 段階で各 1 時間行なつた。

III. 実験結果および考察

a) 時効硬さ

時効は δ フェライトから σ 相への変化が高温ほど速く

Table 1. Chemical composition (%) of steels tested.

Steels	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	N (sol)	Fe
C 1	0.039	0.94	1.92	4.02	16.89	0.83	—	Bal.
C 2	0.033	0.93	1.76	4.05	16.88	2.40	—	Bal.
C 3	0.047	0.87	1.94	3.94	18.13	3.58	—	Bal.
N 5	0.042	0.48	1.66	4.18	16.89	—	0.0699	Bal.
N 6	0.037	0.50	1.42	3.68	18.33	—	0.1055	Bal.
N 7	0.047	0.49	1.66	4.28	18.47	—	0.2070	Bal.
N 8	0.033	0.47	1.63	4.10	18.34	—	0.2729	Bal.

おこるので 750°C で行なつた。

C 系では時効硬さは Cu 量によらずほぼ同じであり、また時効曲線の形状もほとんど変化ない。まず 3 時間まで硬さは低下し、その後二次フェライトの析出によるためと思われるが、硬さは上昇を続け 100 時間で飽和し、300 時間まではほぼ一定の値を保ち、500 時間後にはやや低下する。N 系では N 量の増加とともに δ フェライトが減少しかつ地の組織変化がおこるため、溶体化処理のままの硬さは両者の影響と N 自体の影響のために Fig. 1 のようになる。時効曲線はほぼ同様で 500 時間まで硬度上昇は続くが、これは二次フェライトの析出とおそらく CrN の析出によるものと考えられる。また δ フェライトの存在する試料 N 5, N 6 は時効初期に δ フェライトの分解による δ フェライト量減少のため 3 時間まで硬さは低下している。N 量の多い N 8 は最もオーステナイトが安定で二次フェライト量が少ないため 500 時間後の硬さは他の試料にくらべてきわめて低い。硬化の程度は N 7 が最も大きい。

(b) 顕微鏡組織

顕微鏡組織は溶体化処理のまま、750°C での時効による組織変化とも観察した。前記溶体化処理温度から急冷して得られた δ フェライト量を線分析法により求めた結果を Fig. 2 に示す。オーステナイトの安定に対する Cu の効果は比較的弱いといわれているが、δ フェライトの減少に対する効果は Ni の約 1/2 であつた。マルテンサイト生成を抑制する能力は Mn に較べかなり弱いようであるが、かなり効果はあるようである。時効による

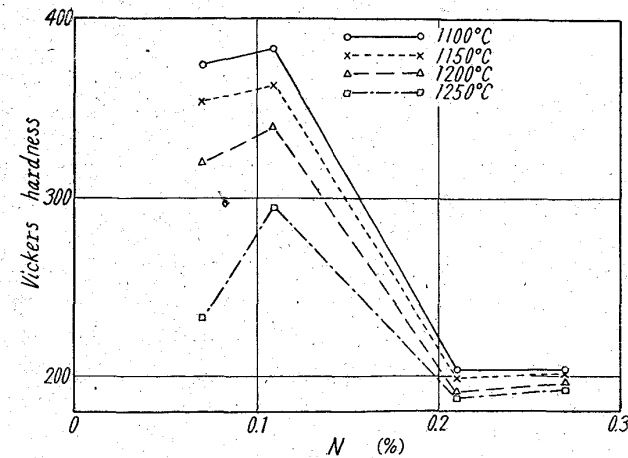


Fig. 1. Relation between hardness of as-solution-treated specimens and N content.

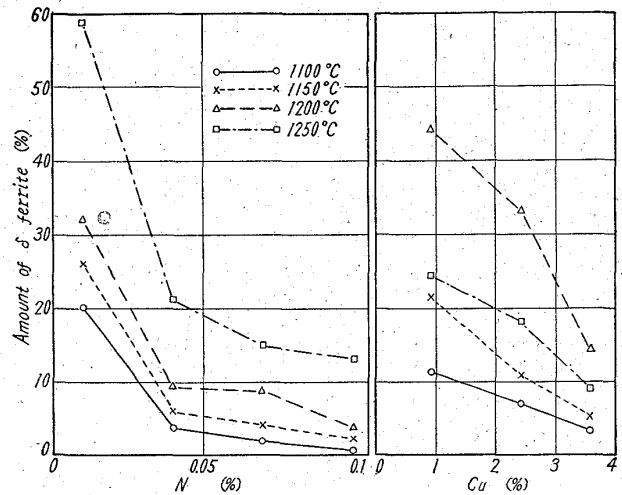


Fig. 2. Relation between amount of δ ferrite and Cu and N content.

組織変化は δ フェライトは周囲からオーステナイトを析出して減少し、地からは二次フェライトが析出する。この二次フェライトは Cu 量の高い試料ほど凝集、合粒が遅れ、層状を呈している。

またもとの δ フェライト周辺に Cr₂₃C₆ と思われる析出物が存在する。

N のオーステナイト生成能力はきわめて大きく、本実験で求められた δ フェライト減少に関する N の Ni 当量は約 20 である。N 系でも時効により δ フェライトは減少し、また二次フェライトが析出するが、N 量の多い N 7, N 8 では二次フェライトはまず粒界に析出し、時効が進むにつれ粒内へと発達していく様子が観察される。しかしながらいずれの系でも 750°C で 500 時間までの時効によつては δ フェライトから σ 相への変化は観察されない。

(c) 引張り強さ

引張り試験は 1100°C で溶体化処理後、室温、500°C、600°C、700°C、800°C で行なつた。

Fig. 3 に引張り強さと元素量の関係を示す。C 系では試験温度 500°C までは Cu 量とともに引張り強さは減少するが、600°C ではほぼ一定で、700°C 以上ではわずかながら増加する。

これはおそらく Cu の影響がきわめて小さく、組織の影響を受けるためと思われる。すなわち 500°C 以下では δ フェライトあるいはマルテンサイトの方がオーステナイトより強いためであり、それ以上では δ フェライトの強度が低下するためである。N 系では試験温度 500°C

669.14.018.8
 : 669.1524'26-194
 : 669.111.3:620.193.0/
 210.62.174

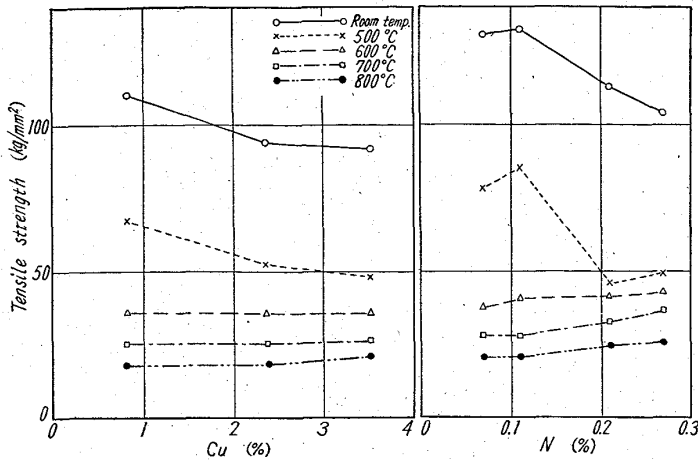


Fig. 3. Relation between tensile strength and Cu and N content.

までは δ フェライトの存在する試料にくらべ、N量が増加し地がオーステナイト組織の試料はいちじるしく強度が低い。600°C 以上では引張り強さは N 量とともに増加しているが、これは N の影響の他に δ フェライトが減少している影響も含まれていると考えられる。同一試料について溶体化処理温度の影響を見ると、いずれの系でも、いずれの試験温度とも溶体化処理温度の高いほど引張り強さは減少している。

(d) 腐食試験

腐食試験は硫酸中および硝酸中を行なつたが試験条件は 40% 沸騰硝酸中で 24 時間 1% 沸騰硫酸中で 4 時間行ない腐食減量を測定した。

試験結果の一部を述べると溶体化処理のままの試料では耐硫酸性は Cu 量、N 量の増加とともに改良されるが、その効果は Cu の方が大きく、N の影響は N 量の増加に伴う組織変化すなわち δ フェライト量の減少によるものと思われる。耐硝酸性は Cu 系の試料についてはきわめて良好であり Cu 量の増加とともに腐食量はわずかに減少している。

N 系の試料では腐食量は N 量とともに増加している。Uhlig は粒間腐食に対する感受性は C だけでなく N によつても影響されることを確かめ、N は C の約 1/2 であることを報告しており、N 系試料における耐硝酸性の結果はこれによつて説明出来る。

IV. 結 言

- 1) δ フェライト減少に対する Cu, N の Ni 当量はおのおの約 1/2 および 20 である。
- 2) C 系, N 系とも時効硬化は主に二次フェライトの析出による。
- 3) C 系, N 系とも 750°C で 500 時間時効によつて δ フェライトから σ 相への変化は起らず, Cu, N の添加は σ 相の生成を遅らすと考えられる。
- 4) 500°C 以下では引張り強さは δ フェライトによつて強化されるが, 600°C 以上では有害である。
- 5) 耐硫酸性は Cu 量, N 量とともに増大するが, 耐硝酸性は N 量の多い試料ほど悪化する。

(174) 18-8 ステンレス鋼の炭化物析出と耐食性

八幡製鉄所技術研究所
 牟田 徹・○竹村 右・溝口 茂
 Carbide Precipitation and Corrosion Properties of 18-8 Stainless Steel.
 Tohoru MUTA, Susumu TAKEMURA and Shigeru MIZOGUCHI.

I. 緒 言

溶体化処理によつて過飽和に溶解せしめられた 18-8 鋼中の炭素は溶解度が小さかつ拡散が比較的容易な温度域において炭化物として析出する。その場合、18-8 鋼においては、ほとんどが $M_{23}C_6$ 型の析出物となり多量の Cr をその中に捕え、鋼中の Cr の拡散が遅いため Cr 欠乏層を生じ、鋼の耐食性を劣化させるものと考えられている。このような析出炭化物相の種類について、あるいは、析出の温度時間および耐食性との関係を表す T-T-S (time-temperature-sensitization) 曲線については数多くの研究がなされている。当研究の結果からも明らかのように、最初炭化物の析出とともに耐食性を減じ、さらに長時間の加熱によつて最初形成された Cr 欠乏層が Cr の拡散によつて Cr の濃度が母地と等しくなり、耐食性は増す結果になる。この両現象のずれが、鋼中の炭素の影響を強く受けることが予想されるので、実用的な濃度範囲の鋼について、その関係を明らかにしたいと考えた。この実験によつては、また T-T-S 曲線の形状におよぼす C の影響も明瞭になるものと期待される。今回はその予備的実験として実験方法の確認と挙動の一部について結果を得たので報告する。

II. 実験方法

試料としては Table 1 に示すごとき普通の 18-8 ステンレス鋼を選び、22mm ϕ に圧延後、1050°C 15 分保定水冷の溶体化処理を行なつた。なお Ti は特に意図して加えられたものではない。その後、Table 2 に示すごとく 500~750°C の各温度に 1~1000 h 保定水冷の熱処理を与え各試験片を切出した。

Table 1. Chemical composition of sample.

Component	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti
wt. %	0.07	0.50	1.41	0.033	0.011	9.19	18.44	0.05

Table 2. Sensitization schedule.

Time	Temp.			
	500°C	600°C	700°C	750°C
1 h	0	0	0	0
10 h	0	0	0	0
100 h	0	0	0	0
1000 h	0	0	0	0

腐食試験片は 20mm ϕ \times 5mm の寸法で仕上、#500 研磨後、洗滌乾燥後秤量した。試験は 65% HNO_3 , $CuSO_4 + H_2SO_4 + Cu$ および 5% H_2SO_4 を腐食液とし煮沸後洗滌乾燥秤量を行ない、重量減で腐食度を表示す