

Table 1. Chemical composition of 316L type steels used.

Mark	Melting atmosphere	Raw Cr used	Chemical composition (%)											
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Sol. N	Insol N	Total N
EN	Nitrogen (2 atm.)	Electrolytic Cr	0.017	0.17	0.46	0.003	0.014	0.03	11.64	15.89	1.77	0.190	0.008	0.198
EA	Air	"	0.025	0.19	0.42	0.002	0.016	0.07	12.20	15.96	2.12	0.027	0.005	0.032
EV	Vacuum	"	0.017	0.13	0.26	0.004	0.014	0.09	11.95	16.18	1.99	0.008	0.005	0.013
TA	Air	Thermit Cr	0.020	0.20	0.38	0.003	0.007	0.02	12.10	16.18	2.06	0.033	0.004	0.037
TV	Vacuum	"	0.015	0.13	0.15	0.003	0.007	0.10	11.87	16.25	1.97	0.016	0.007	0.023

III. 実験結果

1. 結晶粒度: 窒素中溶解材 EN の $1150^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 溶体化試料の結晶粒度は学振粒度番号で 4.5 を示し, 大気中溶解材 EA および TA より約 1 程度細かい。しかし真空溶解材も大気中溶解の EA および TA よりやや細かく, EV は粒度 4.5, また TV は 4 を示した。

2. 常温機械的性質: 溶体化温度の上昇とともに EN の硬度は少しく低下し, $1150^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 水冷で Hv 171. これは大気中および真空溶解材の溶体化硬度 Hv 120~130 にくらべてかなり高い。また真空溶解材 EV および TV の溶体化硬度は大気中溶解材 EA および TA に比して常に Hv 10 程度軟かく, 一方原料 Cr の影響はわずかであるが電解 Cr を使用せるものの方が常にやや硬度は低い。同様の傾向は常温の引張試験の結果にも認められ, EN の抗張力は $1150^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 溶体化状態で $65.2\text{kg}/\text{mm}^2$, 常温および 700°C 20% 圧延試料でそれぞれ 84.1 および $75.8\text{kg}/\text{mm}^2$ を示し, 他の 4 チャージに比していずれも $14\sim 19\text{kg}/\text{mm}^2$ 大きく, 反面伸びは他に比して若干少ない。

3. 圧延による加工硬化: 50% までの冷間圧延による加工硬化はいずれの試料もかなりいちじるしいが, EV EA, TV および TA の 4 チャージ間には全く差が認められず, EN のみこれらの 4 チャージより常に Hv 30~60 程度高い硬度を示した。 700°C での圧延による熱冷加工では真空溶解材は大気中溶解材に比して, また電解 Cr を使用せる鋼種はテルミット Cr 使用材に比していずれも常に Hv 10~20 程度低い。しかし窒素中溶解材 EN はこれら 4 チャージに比してとくに加工硬化がいちじるしく, 700°C 50% 圧延では他より Hv 100 以上も高い硬度を示すにいたる。このように N を含む鋼の熱冷加工による硬化が他に比してとくにいちじるしいことは第 3 報で述べたように熱冷加工中の窒化物の析出を推測させる。

4. 圧延試料の再結晶による軟化: 常温および 700°C で 20% の圧延加工を施した試片について 50°C おきに 950°C まで, 各温度 1 h 加熱焼戻をおこない硬度変化を測定したところ, 再結晶によつて急速に軟化する温度は EN 以外の 4 チャージにはいずれも顕著な差が認められず冷間圧延試料は 750°C 以上で急激に軟化し, また 700°C 圧延試料は 850°C 以上で同様に軟化して溶解雰囲気および原料の Cr 影響は明らかではない。このように EN 以外の 4 チャージは 700°C 圧延試料が冷間圧延試料にくらべて約 100°C ぐらい再結晶温度が高いのであるが, EN は常温および 700°C 圧延試料の両者とも 850°C 以上で再結晶を起し, かつ他チャージにくらべて常に硬度がいちじるしく高い。

5. 700°C 時効による硬度変化: $1150^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 溶体化試料はいずれも 700°C で 1,000 h までの時効によつてほとんど硬度は変化しない。しかし常温圧延試料は Fig. 1 に示すように時間とともに軟化し, とくに真空溶解材 EV および TV 試料の軟化は他に比していちじるしく早く, EV は $700^{\circ}\text{C} \times 200\text{h}$ で Hv 140 以下に低下

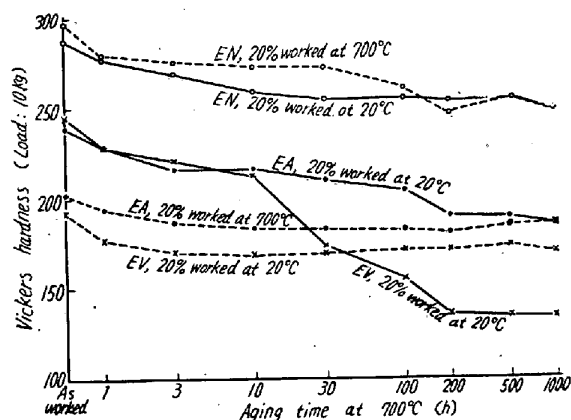


Fig. 1. Hardness change of cold-worked or hot-cold worked specimens of 316L type steels during aging at 700°C .

する。これに対し 700°C 圧延試料は 700°C に 1,000 h 時効しても軟化ははなはだ少ない。とくに EN の常温および 700°C 各 20% 圧延試料は 700°C × 1,000 h 後も Hv 約 250 を示して他よりいちじるしく耐熱性のよいことが知られる。

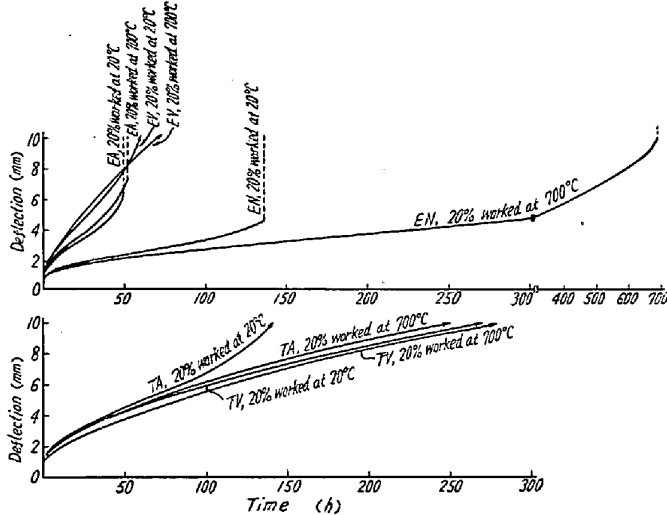


Fig. 2. Bending creep curves of cold-worked or hot-cold worked 316L type steels. (Testing temperature : 700°C, Testing load: 11kg)

6. 曲げクリープ特性: 各試料の常温および 700°C 各 20% 圧延材について 700°C, 荷重 11 kg で曲げクリープ試験をおこなった結果を Fig. 2 に示した。EN 700°C 熱冷加工試片は他に比していちじるしく強く、約 700 h 近い寿命を示して破断した。これに対し電解 Cr を使用した EV および EA はクリープ速度ははなはだ大で、いずれも約 50~70 h で破断ないしは 10 mm 以上の撓みを示して測定不能となつた。またテルミット Cr を原料として熔製したものは電解 Cr 使用材よりかなり強いが、全体を通じて熱冷加工材は冷間加工材に比して強く、また熔解雰囲気の影響としては大気中、真空中、窒素中の順にクリープ特性は向上する。

IV. 結 言

これらの結果から 17% Cr-12% Ni-2% Mo の 316 L 型鋼を約 2 気圧の窒素雰囲気中で熔製して約 0.2% の N を含有せしめると、同種鋼の大気中熔解材および真空熔解材にくらべて常に硬度が高く、高温加熱による軟化も遅く、また曲げクリープ特性がいちじるしく向上することが結論される。これは N が固溶してオーステナイト自身の強度を上げるとともに、高温においてはこれが窒化物として微細に析出して一層耐熱性の改善に寄与するものと考えられる。

大気中熔解材と真空熔解材の抗クリープ性の比較では後者がやや前者よりすぐれるが真空熔解材は冷間圧延試

料の 700°C 時効による軟化がかなり早い。またこの両者とも原料 Cr の曲げクリープ特性におよぼす影響がかなりいちじるしく、やや純度の低いと思われるテルミット Cr 使用材の方がすぐれた抗クリープ特性を示した。

(97) 20%Cr-Fe 合金の窒素吸収におよぼす N 量の影響

(耐熱材料における合金元素としての窒素の作用について—VI)

The Effect of N Content on the Nitrogen Absorption of 20% Cr-Fe Alloys. (On the function of nitrogen as an alloying element in heat-resisting materials—VI)

Omi Miyakawa, et alius.

東京工業大学 工博 岡本正三
東京都立大学 工〇宮川大海

I. 緒 言

第 4 報において 20% Cr-Fe 合金をきわめて高純度の N 雰囲気中で加熱した場合、素材の C 量の増加は N 吸収を容易にし、生成オーステナイト相を増すことを明らかにし、さらにこの生成オーステナイト相の熱処理挙動を C 量との関係において検討した。

本報は同じく 20% Cr-Fe 合金に対して、C と同様にオーステナイト生成元素である N を単独に、または不純物程度の少量の C と同時に添加して N 雰囲気中で加熱し、N の吸収によつて合金がさらにオーステナイト化する状況や、生成オーステナイト相の熱処理挙動などを素材の N および C 量との関係において検討したものである。

II. 試 料

原料金属として高純度の国産電解鉄、純度 99.2% の英国製テルミット Cr を用い、N は英国製テルミット Cr を用いて研究室で調製した窒化クロムにより、また C は高純度のフェロカーボンによつて添加し、Cr 20% で N をそれぞれ 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% 加えた合金および本合金に大気中熔製で安全確実に合金化する最大の N 量は約 0.2% と考えられるので、0.2% N と 0.1% C とを同時に添加した合金を試料とした。これらの合金はいずれもタンマン炉で急速熔解して 6×5×100 mm のシェル型に鑄造し、1000°C で断面減少率 17% の圧延を施し、つぎに 1150°C で 1/2 h 加熱後炉冷して以下の実験に供した。これらの各試料の記号をそれぞれ N-0, N-1, N-2, N-3 および N-C とする。