

Masazō Okamoto, Ryōhei Tanaka,
Akira Satō, Shigeru Aoki.

I. 緒 言

第Ⅲ報¹⁾において、16-15-6 型合金(16%Cr-15%Ni-6%Mo-7.5%Mn)では概して熱冷加工が常温加工よりも高い硬度をもたらす傾向があり、かつNおよびC量の多いほどこの傾向がいちじるしいことを明らかにするとともに、700°C 20%の熱冷加工によつてこの合金の曲げクリープ特性が改善されることを指摘した。しかし熱冷加工の耐熱性におよぼす効果は合金の種類により、あるいは加工方法や加工条件により種々相違することであろう。そこで本報では前記 16-15-6 型合金および316 L型鋼(17%Cr-12%Ni-2%Mo)について加工条件の影響を明らかにするために、これらの鋼の硬度、時効特性ならびに高温曲げクリープ特性と加工温度および加工度との関係についてしらべ、窒素の影響についても考察した。

II. 試料および実験方法

試料の組成を Table 1 に示した。316 L 型鋼は第 V 報²⁾の実験に用いた 2 気圧の窒素雰囲気中で熔製せるもの(約 0.2% N を含む、記号 EN)を主とし、また同種鋼の大気中熔解材および真空熔解材(記号 EA および EV)を比較試料として一部の実験に供した。16-15-6 型合金は N を添加しない N-0 と 0.3% の N を添加した N-3 の 2 種類である。16-15-6 型合金の熔製方法は第 I 報³⁾と同様で、Table 1 には配合組成を示した。

溶体化処理は 316 L 型鋼では 1150°C × 1 h 加熱、16-15-6 型合金は 1200°C × 1 h 加熱し、いずれも水冷した。

III. 実験結果および考察

1. 硬度におよぼす加工の影響

Fig. 1 は圧延温度による硬度の変化を示したものであ

2) クリープ試験前の試料に対する高分解能電子回折および化学分析の結果、1300°C よりの水冷材では TiC はほとんどオーステナイト中に固溶しているが Ti/C 比の高い場合には TiC の残留が認められる。その他の熱処理材ではいずれも TiC の析出が試験前に認められた。

3) クリープ破断材中に析出する TiC は diffractometer による X 線分析の結果、いずれも TiC が析出物の主体をなしており、また Ehrlich の data によれば Ti/C 比は 1/0.4~1/1 の範囲にわたっている。

4) 321 型不銹鋼のクリープ破断強度に対しては結晶粒度の影響よりも析出物の影響の方が大きく 1100°C 以上の高温からの水冷処理が妥当と考えられる。

文 献

- 1) 鉄と鋼, Vol. 45 (1959) No. 3, p. 380~383

(79) 316 L 型鋼ならびに 16-15-6 型合金の耐熱性におよぼす加工の影響

(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—Ⅷ)

東京工業大学 工博 岡本正三・工〇田中良平
城南鉄工所 工 佐藤 昭
千代田化工建設 工 青木 茂

Effect of Working on Heat-Resisting Properties of 316 L Type Steels and 16-15-6 Type Alloys.

(On the function of nitrogen as an alloying element in heat-resisting materials—Ⅷ)

Table 1. Chemical composition of steels used.

Type	Mark	Melting atmosphere	Composition (%)											
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Sol. N	Insol. N	Total N
316 L Type	EN	Nitrogen 2 atm.	0.017	0.17	0.46	0.003	0.014	0.03	11.64	15.89	1.77	0.190	0.008	0.198
	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
	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
16-15-6 Type	N-0*	Air	—	—	—	—	—	—	15.0	16.0	6.0	—	—	—
	N-3*	Air	—	—	—	—	—	—	15.0	16.0	6.0	—	—	0.3**

* Charge composition. ** Value of total N content by chemical analysis is 0.305%.

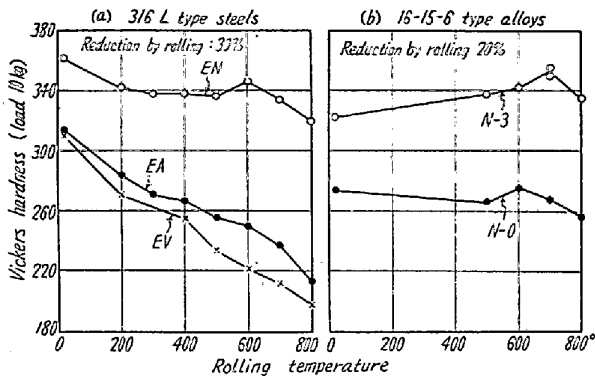


Fig. 1. Effect of rolling temperature on the hardness of 316L type steels and 16-15-6 type alloys.

る。316L 型鋼では EA が EV より常にわずかに高い硬度を示すが、この両者はともに圧延温度の上昇につれていちじるしく硬度が低下する。それらにくらべて約 0.2% の N を含む窒素中溶解材 EN は全圧延温度範囲にわたつてはるかに高い硬度を示し、また高温での硬度低下も少なく、とくに 600°C 付近ではむしろ硬度の山を示している。16-15-6 型合金では N を添加しない N-0 でも加工温度の上昇にともなう硬度の低下は少ないが、やはり N を含む N-3 では N-0 より常に高い硬度を示し、とくに 700°C 付近でいちじるしい硬度の山を示している。このように含窒素鋼が熱冷加工によつて比較的高い硬度を示すのは、オーステナイト中に高濃度に固溶している N が加熱と加工を同時に与えられるために歪時効的に働き、あるいは窒化物として微細に析出して加工による硬化を助長するものであろう。しかし溶体化試料を単に 600°C や 700°C に加熱しても窒化物の析出によると思われる硬度増加は両鋼種ともあまり認められないことから、前記含 N 試料の熱冷加工による高硬度は主として N による歪時効的現象に起因するものと考えられる。しかして顕微鏡組織から低温での加工による変形は主として結晶粒内のじりによつて起り、また高温では粒界変形が主で粒内のじりはほとんど起らないものようである。

2. 加工試片の焼戻しによる硬度変化

316L 型鋼 EN の 700°C、1000h までの時効硬度変化では、概して圧延温度の低いほど、また圧延率の大きいほど軟化が早く、たとえば常温 50% 圧延試料は 700°C × 1,000h 時効後に Hv 210 にまで軟化する（溶体化硬度は Hv 170）のに対し、700°C 20% 圧延試料はなお Hv 260 程度を保つ。加工試片を 100°C から 950°C まで各 1h ずつ加熱焼戻しても同様の傾向が認められ、圧延温度の低いほど、また圧延率の大きいほど再

結晶温度は低い。

16-15-6 型合金の 700°C 時効でも加工度の大きいほど硬度低下は速やかであるが、N-0、N-3 のいずれも 700°C × 500h 後も加工の影響は維持されて加工度の大きいほど若干高い硬度を保つ。しかし 500°C および 700°C の加工温度による差は少ない。

3. 高温曲げクリープ特性

700°C での曲げクリープ試験において撓み量 10mm に達するに要する時間、または 10mm に達せずに破断した場合はその破断時間を求め圧延率に対して図示すると Fig. 2 のようになる。試験荷重は 316L 型鋼では 11 kg、また 16-15-6 型合金では 16 kg とした。図から明らかなように 316L 型鋼の EN 冷間圧延試料は溶体化試料よりかえつて抗クリープ性に乏しく、比較的早期に、かつわずかの撓み量で破断するケースが多く、一方 500°C あるいは 700°C での熱冷加工では常温加工の場合より概して強く、とくに 700°C で 20% 程度の加工を行つた場合は約 700h 後に漸く撓み量 10mm に達して破断した。しかし 700°C 圧延でも加工度の大きくなるにつれて短時間で破断する傾向がある。500°C 圧延試料はいずれも撓み速度が遅く、また加工度が大きくなるとともに曲げクリープ特性は幾分改善される。一方 16-15-6 型合金の N-3 では同図 (b) にみるように冷間加工は抗クリープ性を害し、500°C および 700°C での熱冷加

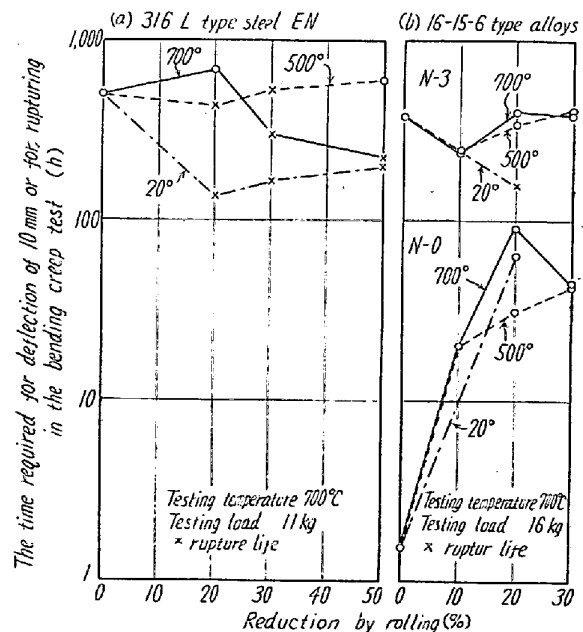


Fig. 2. The time required for deflection of 10mm or for rupturing in the bending creep test of cold worked and hot-cold worked 316L type steel and 16-15-6 type alloys.

工は加工度 10% 付近で幾分劣化するが、それ以上の加工度では逆に少しく抗クリープ性向上の傾向が認められる。しかし溶体化試料にくらべれば熱冷加工によつて抗クリープ性はほとんど改善されないようである。N-0は概して N-3 よりかなり抗クリープ性に乏しく比較的短時間で撓み量 10mm に達するが、N-3 とことなり冷間加工、熱冷加工のいずれによつても溶体化のままよりはかなり高温強度が改善されるものようである。

なお破断は圧延温度、圧延率にかかわらず粒界に沿つて起ることが顕微鏡的に確かめられた。

IV. 結 言

316L 型鋼ならびに 16-15-6 型合金について耐熱鋼としての二、三の性質におよぼす圧延加工の温度および加工度の影響をしらべた結果を要約すると、

(1) 両鋼種とも多量の N を含むものは 600°C ないし 700°C での熱冷加工による硬度増加がいちじるしい。これは熱冷加工に際して固溶 N が歪時効的に働き、加工硬化を助長するものと考えられる。

(2) 圧延加工の温度が低い場合の変形は主として結晶粒内のじりによつて起り、高温では粒界変形が主となつて粒内のじりはほとんど起らないものと推定される。

(3) 加工試片の加熱による軟化は加工温度の低いほど、また加工度の大きいほど概して速やかであるが、N を含む 16-15-6 型合金では加工温度の影響はあまり顕著ではない。

(4) 含 N 316L 型鋼の 700°C での曲げクリープ特性は冷間圧延によつてかなり害されるが、500°C 圧延では加工度の大きくなるほど幾分改善され、また 700°C 圧延では 20% 程度の加工度でかなり優れた抗クリープ性を示す。

(5) 16-15-6 型合金ではとくに N を含まない試料において加工による抗クリープ性改善の効果は明らかであるが、約 0.3% の N を含む合金では熱冷加工の効果はあまりいちじるしくなく、また冷間加工ではかえつて抗クリープ性が幾分害される。

文 献

- 1) 岡本, 田中, 佐藤, 石塚: 鉄と鋼, 45 (1959) 5, p. 517~522
- 2) 岡本, 田中, 佐藤: 日本鉄鋼協会第 57 回講演大会 (昭和 34 年 4 月) にて発表
- 3) 岡本, 田中, 佐藤, 石塚: 鉄と鋼, 45 (1959) 4, p. 423~432

(80) 25% Cr-12% Ni 鋼の性質におよぼす諸元素の影響

日本金属工業

工 塚本富士夫・工 須永寿夫・〇鈴木隆志
Effect of Various Elements on Properties of 25% Chromium - 12% Nickel Steel.

Fujio Tsukamoto, Hisao Sunaga, Takashi Suzuki.

I. 緒 言

25% Cr-12% Ni 鋼 (AISI Type 309) は多量の Cr を含有するため耐酸化性がすぐれ、またオーステナイト鋼であるため高温強度が大きいので 18-8 鋼では使用に耐えない 900°C 以上の耐熱鋼として、25 Cr-20 Ni 鋼 (AISI Type 310) とともに使用されているものである。本鋼種は 25 Cr-20 Ni 鋼にくらべて Ni 量が少いにもかかわらず耐熱鋼としての性能にはさほど遜色が見られないので、Ni 資源にめぐまれないわが国としてはその性質を十分に把握するとともに有用性を確認する必要があると考えられる。本鋼種の成分範囲は AISI 規格によれば C 0.20% 以下、Mn 2.0% 以下、Si 1.0% 以下 (ASTM A-167 では 3.5% 以下)、Cr 22~24%、Ni 12~15% となつていますが、25 Cr-20 Ni 鋼よりもオーステナイトが不安定なためわずかの成分の変動によつても性質が大きく変化するのではないかと考えられる。これら成分のうちとくに影響の大きい元素としては C, Si および Ni の 3 元素ではないかと考えられるのでこの 3 成分を種々変えた試料を溶製し、常温ならびに高温における諸性質を測定した。

II. 供 試 材

供試材は高周波誘導炉によつて溶製した 7 種の 50 kg 鋼塊を熱間圧延により 22mm 丸棒または 5mm 板に加工したもので、いずれも 1100°C に加熱空冷により焼鈍を行つてから実験に供した。供試材の化学分析結果を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of specimens tested.

Specimen No.	C	Mn	Si	Cr	Ni
1	0.11	1.65	0.55	23.79	13.43
2	0.17	1.67	0.57	23.62	13.39
3	0.28	1.64	0.66	23.44	13.39
4	0.16	1.57	1.30	23.65	13.33
5	0.16	1.62	2.27	23.90	13.42
6	0.13	1.53	0.65	23.58	11.94
7	0.12	1.59	0.69	23.62	14.96