

669.14.018.44: 669.15'24'26'786-194.56
 : 669.28: 669.786: 539.434

Table 3. Results of X-ray analysis of electrolytical residues.

Mark	As solution treated	Ageing temperature (°C)	Ageing time (hr)						
			1	3	10	30	100	300	1000
2Mo-0.10N		700		○	○	○	○ ●	○ ●	○ ●
4Mo-0.07N		700 800		●	●	●	●	●	●
4Mo-0.15N		700 800		○	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
6Mo-0.04N		700 800		●	●	●	●	●	●
6Mo-0.54N	○	700 800	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ● ○ ●	○ ● ○ ●	○ ○
2Mo-0.17N*	○	700	—	—	○	○	○ ●	○ ●	○ ●
4Mo-0.17N*	○	700	—	—	○	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
6Mo-0.17N*	○	700	—	—	○	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●

* Aged under a tensile stress of 8 kg/mm². ○: Cr₂N. ●: CrN. ●: σ phase.

場合とはほぼ同様の傾向が認められ、8 kg/mm² 程度の応力では析出がとくに早められる様子はみられなかつた。しかし 6Mo-0.17N 鋼では 100hr 以後で顕著な硬化が現われ、応力によつて σ 相の析出がかなり促進されるもののである。

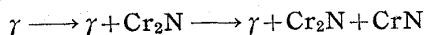
3.5 電解分離による析出物の同定

単純時効および応力時効試料の電解残渣を X 線解析し、その結果を Table 3 に示した。この表からつぎのことが知られる。

(1) 低窒素鋼では σ 相の析出と同時にわずかではあるがクロム窒化物の析出があり、高窒素鋼は σ 相が生成せずクロム窒化物のみ析出する。

(2) Cr₂N は 700°C でも容易に析出するが、CrN は比較的高い温度でのみ析出する。

(3) 窒化物の生成過程はつぎのように表わすことができる。



(4) 応力によつて σ 相の生成は促進される。

4. 結 言

25% Cr-28% Ni オーステナイト耐熱鋼の高温時効による組織変化をしらべ、Mo および N 量ならびに溶体化温度の影響を検討した。その結果を要約すると、

(1) 高窒素鋼では高温時効により主としてクロム窒化物が粒界に析出するけれども、硬さはあまり増加しない。低窒素鋼では粒内に σ 相が Widmanstätten 状に析出してかなりの硬化をもたらす。

(2) 析出の速度は溶体化温度および時効温度によつてかなりの遅速が認められる。

(3) Mo は基質を強化して再結晶温度を高めるが、σ 相の析出を促進する。

(4) 応力下で時効させても低 Mo 鋼での窒化物析出にはあまり影響が現われないが、高 Mo 鋼の σ 相析出は

促進される。

文 献

- 1) 岡本, 田中, 藤本: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1802
- 2) 岡本, 田中, 藤本: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 613
- 3) 岡本, 田中, 深海: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1565

(159) 高窒素 25% Cr-28% Ni 耐熱鋼の高温強度におよぼす Mo と窒素の影響

(高窒素 25%Cr オーステナイト耐熱鋼に関する研究—V)

東京工業大学 工博 田中良平
 日本鋼管 〇篠田隆之

Effect of Molybdenum and Nitrogen on High-Temperature Strength of High-Nitrogen 25%Cr-28%Ni Heat-Resisting Steels.

(Studies on high-nitrogen 25%Cr austenitic heat-resisting steels—V)

Dr. Ryohei TANAKA and Takayuki SHINODA.

1. 緒 言

25% Cr-28% Ni オーステナイト耐熱鋼に 6% までの Mo を添加して窒素と共存せしめた 5 種類の鋼について、高温クリープラプチャー試験を実施し、この種の鋼の高温特性に対する Mo および窒素の影響ならびに溶体化処理温度の影響をしらべるとともに、前報¹⁾で述べた組織変化との関連性を検討した。

2. 試料および実験方法

試料は前報の Table 1 に示した上部 5 鋼種を使用した。溶体化温度は 1100°, 1150°, 1200°, および 1250°C とし、各温度 1hr 加熱後水冷してクリープラプチャー試験を行なった。試験片は平行部の巾 5mm、厚さ 3mm、標点距離 30mm の板状のものを用いた。また試験温度は 700°C のみを採用した。

3. 実験結果と考察

Fig. 1 (A) に 2Mo-0.10N 鋼の応力-破断時間曲線を示した。溶体化温度の影響はあまり顕著ではないが、1200°C の方がわずかに高い値を示している。試験後の破断部の組織はチャック部と著しい相違が認められた。すなわち、破断部では全面に析出物が現われているのに対し、チャック部付近の組織ではオーステナイト結晶粒内にほとんど析出が認められない。この相違については破断部で応力によつて析出が促進されるということも考えられるが、前報で述べた単純時効の場合、900°C でも 2Mo-0.10N 鋼は粒内に析出物をほとんど生じなかつたことから、ラプチャー試験中に高温で空气中にさらされて窒素吸収が起こり、クロム窒化物を形成してこれが粒内に析出点に在るにいたるものと考えられる²⁾³⁾。

4Mo-0.15N 鋼の応力-破断時間曲線を Fig. 1 (B) に示した。各溶体化温度の曲線が交叉して溶体化処理の影響は明らかではないが、1100°C 溶体化材が概しても

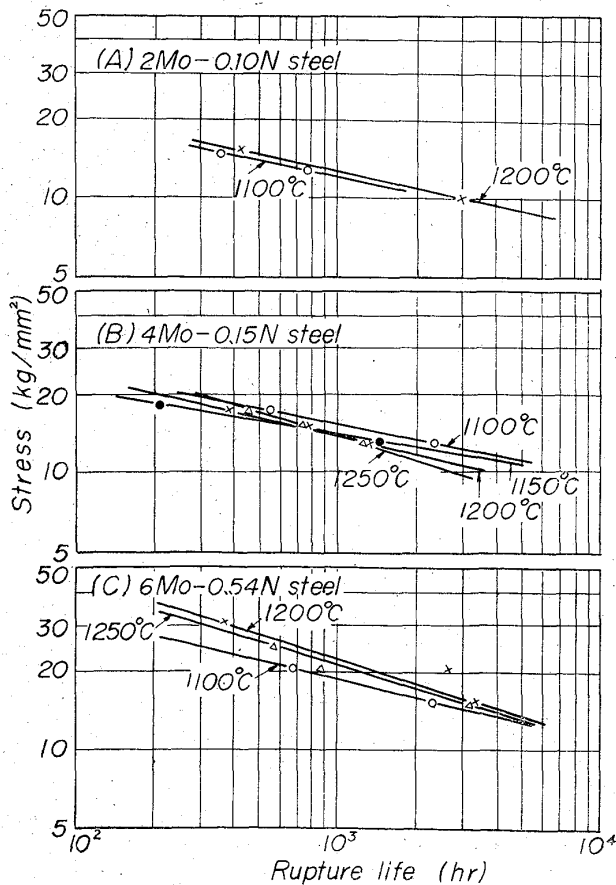


Fig. 1. Stress vs. rupture life curves at 700°C of solution-treated (A), (B) and (C) samples.

つともすぐれているようであり、高温で溶体化したものは長時間になると強度が低下する傾向が認められる。この点は第3報(4)に述べたところとよく一致する。

4Mo-0.07N 鋼の応力-破断時間曲線は省略するが、この場合も同様に溶体化温度の高いほど長時間強度の劣化が認められた。

なお、4Mo-0.15N 鋼の 1100°C 溶体化材について 1000hr 破断強度を求めると、約 15.1 kg/mm² となり、4Mo-0.07N 鋼の同様処理の破断強度にくらべて 3~3.5 kg/mm² 大きい。両鋼の化学組成を前報¹⁾の Table 1 によつて比較すると、4Mo-0.15N の方が Mo 量で約 0.55%、N 量で 0.08% 多く含有しており、この両方の影響が考えられる。しかし後述するに Mo 2% 以上では Mo を増加しても本鋼種の抗クリープ性はほとんど改善されないところから、上記 2 鋼種の差異は主として窒素の効果としてよいであろう。

4Mo-0.15N 鋼の破断部の組織では、前述の 2Mo-0.10N 鋼に認められたような粒内析出は現われず、13 kg/mm² の応力下において 2366hr で破断したのもでも粒界がやや巾広く腐食されるだけである。この傾向は応力の大きいほどやや顕著となる。

Fig. 1 (C) は 6Mo-0.54N 鋼の応力-破断時間曲線である。この場合 1200°C は溶体化材が他の溶体化温度のものにくらべて、強度の点でも、また伸びの点でももつともすぐれており、とくに 1000hr 破断強度は約 22 kg/mm² を与えている。しかし、この鋼でもより長時間では各温度の曲線が互に交叉し、おそらく 10,000 hr 以上では 4Mo-0.15N 鋼などと同様に、1100°C 溶体化材がもつとも高い強度を示すであろう。

6Mo-0.04N 鋼の結果は省略するが、これと前記の 6Mo-0.54N 鋼の強度を比較すると、後者の抗クリープ性が著しく大であり、窒素の高温強度改善効果は明らかである。

高温強度におよぼす Mo および窒素の影響をさらに明確に求めるため、上記 5 鋼種のほか、第 1~3 報^{4)~6)}で報告した数鋼種を加えて、1000hr 破断応力をしらべた。

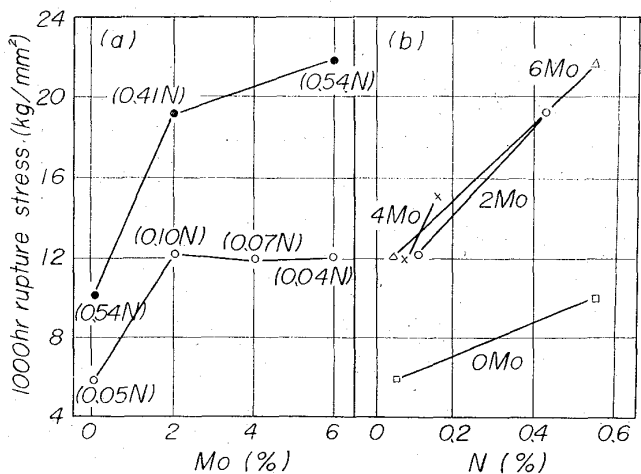


Fig. 2. Effect of Mo and N contents on 1000hr rupture stress of 25%Cr-28%Ni austenitic steels at 700°C.

669.15'26'28-194:539.4.016.3:669.293

Fig. 2 にその結果を示した. Fig. 2 (a) は窒素量 0.10% 前後のもの、0.4% 以上の高窒素のものに分けて Mo 量の影響を図示したもので、窒素量の多少にかかわらず、2% までの Mo の添加による効果は著しく大きい。2% 以上 Mo を加えても 0.1% 以下の窒素の場合はほとんど効果がない。0.4% 以上の窒素を含む場合は Mo を 6% まで増してもなおかなり強度は向上するようである。Fig. 2 (b) は窒素量を横軸にとつて示したもので、窒素による高温強度の改善は Mo 量の多少によつてあまり変わらず、常にかかなり大きな効果を与えることがわかる。

これらの結果から、高濃度の窒素とともに 6% 程度の Mo を添加し、1100°C 付近で溶体化焼入すれば、700°C 付近でかなりすぐれた抗クリープ性を示すことが期待できよう。

4. 結 言

Mo および窒素含有量の異なる数種類の 25Cr-28Ni 耐熱鋼についてクリープ破断試験を行ない、Mo および窒素量の影響、並びに溶体化温度の影響を検討した。その結果を要約すると、

(1) 窒素量約 0.1% 程度の場合は Mo 2% までの添加により高温強度はかなり向上するが、それ以上 6% まで Mo を増してもほとんど強度は変わらない。

(2) 窒素量約 0.4~0.54% の場合も 2% までの Mo による高温強度改善効果は顕著であるが、それ以上 6% まで Mo を増してもなおかなり強度が向上する。

(3) 窒素の添加は Mo 量の多少にかかわらず、常に著しく抗クリープ性を改善する。

(4) 溶体化温度の影響は顕著ではないが、1100°C 付近の比較的低い温度で溶体化して、未溶解窒化物を残存させた方が、長時間クリープ破断強度は大となる。

文 献

- 1) 田中, 篠田: 鉄と鋼, 51 (1965) 11
- 2) E. J. DULIS & G. V. SMITH: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 194 (1952), p. 1083
- 3) G. V. SMITH, E. J. DULIS & E. G. HOUSTON: Trans. Amer. Soc. Metals, 42 (1950), p. 935
- 4) 岡本, 田中, 深海: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1565
- 5) 岡本, 田中, 藤本: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1802
- 6) 岡本, 田中, 藤本: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 613

(160) SCM3 の機械的性質におよぼす少量 Nb 添加の影響

神戸製鋼所, 中央研究所 鈴木 章
 " 神戸工場 金田 次雄
 " 中央研究所 新名 英司
 ○梶 晴男

The Influence of Small Niobium Addition on the Mechanical Properties of JIS SCM3 Steel.

Akira SUZUKI, Tsugio KANEDA
 Eiji NIINA and Haruo KAJI.

1. 緒 言

前報^{1,2)}において、少量の Nb が低炭素鋼および中炭素鋼の諸性質におよぼす影響について報告し、Nb はオーステナイト結晶粒の微細化に非常に有効であり、通常の熱処理では結晶粒微細化によつて Al と同程度の機械的性質改善効果を示すが、とくに高いオーステナイト化温度で熱処理すれば、Nb 炭化物の析出硬化によつて常温および高温強度を著しく向上せしめることをのべた。Nb の有するこれら 2 つの作用は、焼入れ焼もどし組織に対しても有利な影響をおよぼす可能性があるため、構造用合金鋼として用途の広い SCM3 を選び、その諸性質におよぼす少量 Nb 添加の影響を調査した。

2. 供 試 材

供試材は 0.04% Nb を含有するものおよび比較材として 0.012% Al を含有するもの 2 鋼種であり、100kVA 塩基性高周波炉を用いて溶解した。電気炉精製鋼を装入し、これが溶け落ちたとき Ferro Cr, Ferro Mo を投入し、次に Ferro Mn, Ferro Si で脱酸したのち Nb (Ferro Nb) または Al を添加し押湯付丸型鋳型に注入して 90kg 鋼塊を得た。各鋼塊は 30mm φ (ジョミニー試験および衝撃試験)、25mm φ (引張試験) および 20mm φ (疲労試験およびラプチャー試験) に鍛伸しそれぞれの試験に供した。Table 1 に供試材の化学成分を示す。

3. 試 験 方 法

Nb 炭化物をオーステナイトに固溶させるには非常に高温 (1200°C 付近) に加熱する必要があるため、Nb がフェライトの硬化に有効であるためには、まずオーステナイトに固溶していることが必要であること、および未溶解の Nb は grain refining には有効であるが、それ自

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

Steel	C	Si	Mn	P	S
Steel N	0.37	0.29	0.80	0.005	0.006
Steel A	0.39	0.33	0.79	0.006	0.006

Steel	Cr	Mo	Nb	Al	N
Steel N	1.03	0.25	0.04	—	0.0049
Steel A	1.03	0.24	—	0.012	0.0045