

Fig. 3. Relation between reduction of area and time to rupture.

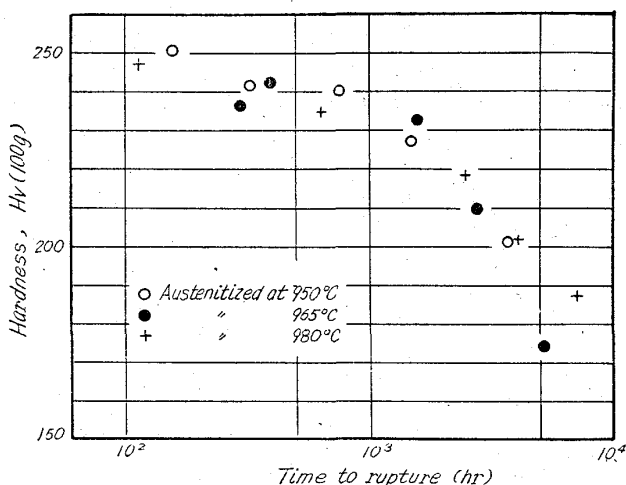
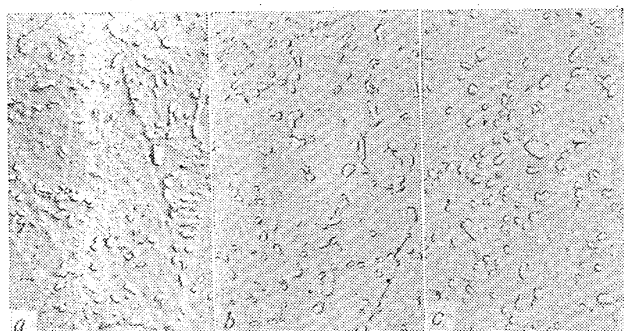


Fig. 4. Relation between hardness and time to rupture.



a) Before creep rupture test.
b) 330 hr at 550°C.
c) 3760 hr at 550°C. ×7000 (1/2)

Photo. 1. Micro structures of specimens austenitized at 950°C.

約 10,000 hr 付近からこの強度比が 1 以下となることが予想される。もちろん、切欠感受性は切欠の形状や材料の延性などいろいろの因子によつて影響されることが報告されており³⁾⁴⁾、今回のこの 1 種類の切欠の結果のみで、その材料の高温における切欠感受性のすべてをあらわすことはできないが、オーステナイト粒の大きな場合には平滑材のクリーブ破断強度は高められるが切欠弱

化を起す恐れがあることが予想される。

Fig. 3 は平滑試験片の破断時の絞りと時間の関係を示したもので、結晶粒の大きさに関係なく時間とともに絞りが減少しているのがみられる。これに対して、Fig. 4 に示した試験片の破断面付近の硬度と時間の関係では、時間とともに硬度が低下しており Fig. 3 に示した絞りの結果と矛盾している。Photo. 1 は 950°C でオーステナイト化した試料の試験前およびクリーブ破断後の電子顕微鏡組織を示したものであり、明らかに炭化物の粒状化および粗大化が認められる。ほかのオーステナイト処理を施した試料についても同様の傾向がみられている。以上の破断時の絞りおよび硬度の測定、および組織の観察結果から、クリーブ破断試験においては、とくに長時間側では、結晶粒界の影響が次第に大きな割合を占めていることが示唆され、粒界に何らかの析出物が生成していることが想像される。

IV. 結 言

実験室的にオーステナイト粒の大きさを 3 種類に変えて約 8,000 hr までのクリーブ破断試験を行ないつぎのような結果がえられた。

1. 平滑試験片の結果では、この試験の範囲では、オーステナイト粒が大きくなるほど、クリーブ破断強度が高い結果がえられた。しかし、さらに長時間ではオーステナイト粒の大きさによる強度の差はほとんどなくなるものと思われる。
2. 切欠試験片では、短時間側ではオーステナイト粒の大きさによる切欠クリーブ破断強度の差は小さいが、長時間側ではオーステナイト粒の大きくなるにつれて強度が低下する傾向がみられた。すなわち、オーステナイト粒の大きな場合は、平滑試験片のクリーブ破断強度は高めるが、切欠弱化を起す恐れがあることが予想される。
3. 破断時の絞り、硬度および破断後の組織から、長時間試験においては結晶粒界の影響が次第に大きな割合を占めてくることが示唆された。

文 献

- 1) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963) 8, p. 1079
- 2) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963) 13, p. 1892
- 3) F. GARAFALO: Proceedings of Amer. Soc. Test. Materials, 59 (1959), p. 957
- 4) 宮川, 宮野: 日本材料学会, 高温強度部門委員会資料 (第 11 期第 3 回)

(153) 12%Cr 耐熱鋼の研究

関東製鋼, 渋川工場

工博 大沢秀雄・○山田誠吉・雨宮時雄

Study of 12%Cr Heat Resisting Steels.

Dr. Hideo ŌSAWA, Seikichi YAMADA and Tokio AMAMIYA.

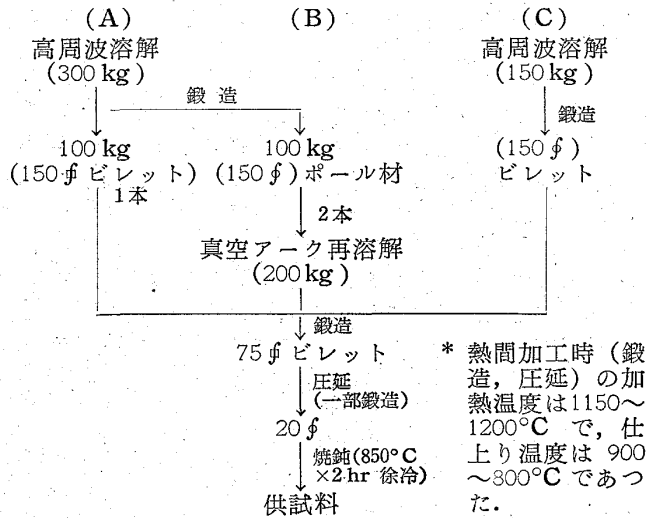
I. 緒 言

さきに 0.1%C-12%Cr 耐熱鋼¹⁾, 0.2%C-12%Cr-

Mo, Co, Ni 耐熱鋼²⁾について報告したが、本報告は 0.2% C-12% Cr 鋼に Mo, V, Cb の総量約 1.3% を添加した Jessop H46 (1961 年) 系とこれにさらに 0.04% B を加えた TAF 鋼系の 12% Cr 耐熱鋼の諸性質におよぼす Mo, V, Cb, B, Co と溶解法(大気溶解と真空溶解)の影響を検討したものである。すなわち H46 (0.2% C-12% Cr-0.6% Mo-0.3% V-0.25% Cb) と、V を 0.15%, Cb を 0.20% に減じ、Mo を 0.9% に高めた H46 modify, さらにこれに B を 0.04% 程度添加した TAF 鋼と、それに Co を 1% 程度加えた TAF+Co 鋼の大気溶解材ならびに H46 と TAF+Co 鋼をそれぞれ真空アーク再溶解したもの、計 6 種の 12% Cr 耐熱鋼について熱間および常温の諸性質などについて調査したので以下に報告する。

II. 試料

供試料は H46, TAF+Co についてはつぎの (A), (B) 工程により、H46 modify, TAF については (C) 工程により製造されたものである。



試料の化学組成を Table 1 に示す。

III. 実験結果

(1) 非金属介在物

JIS 第3法によつて非金属介在物の検査を行なつたところ一般に A 系は 0.05% 程度存在し、B 系は 0.02% 以下で少なく、C 系は 0.06~0.02% 程度存在している。真空溶解すると A 系、C 系は幾分減少し、B 系は皆無となる。

(2) 熱間加工性(熱間振り試験)

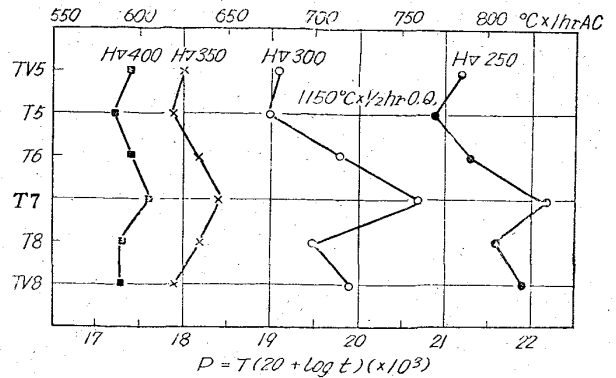
1050~1200°C で熱間振り試験を行なつて熱間加工性を調査した結果、この系の材料の熱間加工温度は 1100~1200°C が適当である。最も加工性の良好なものは TV5 で、劣るものは T7 である。真空溶解しても熱間加工性は大きく改善されない。

(3) 変態点

広根式自記熱膨張計により変態点の測定を行なつた結果によると、この程度の合金元素の変動では変態点には大きな変化がなく、Ac 点は 850~900°C 近傍にあり、Ar 点は 800~710°C にある。

(4) 焼入硬度

焼鈍材を 750~1250°C (50°C 間隔) で 30min 保持



(T: tempering temperature °C+273, t: tempering time, hours)

Fig. 1. Tempering hardness resistance of 12%Cr modified steels in four hardness levels.

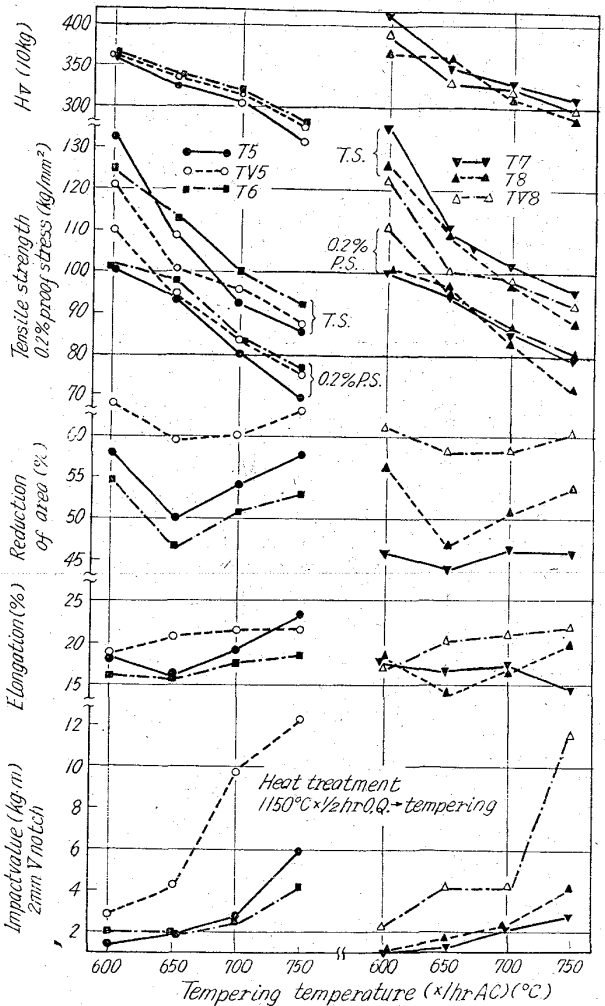


Fig. 2. Effect of tempering temperature on mechanical properties of 12%Cr modified steels at room temperature.

後油焼入れした。最高硬度は T7 を除き、1050~1100°C で現れ、T5, TV5, T8, TV8 はほぼ Hv 500 であり、T6 は 1050°C で Hv 560, T7 は 1250°C で Hv 580 にも達する。真空溶解鋼は大気溶解鋼に比較して最

高硬度に達する焼入温度が約 50°C 高いが、最高硬度に差異はほとんど見られない。

(5) 焼戻 硬度

焼戻 硬度を調査する目的で次の熱処理を施し、硬度を測定した。

1000°C }
1150°C } × 1/2 hr O. Q.
→ { 200, 300, 400°C × 1, 3, 5, 10 hr }
450, 500°C × 1, 3, 5, 10, 30 hr } A. C.
550, 600, 650, 700, 750°C
× 1, 3, 5, 10, 30, 100, 300 hr

Fig. 1 は Hv 400, 350, 300, 250 に相当するパラメーター $P=T(\log t+20)$ (ここに T =焼戻 温度+273°C, t =焼戻 時間 hr) を求めて 6 鋼種の焼戻 抵抗性を比較したものである。 P が大きいものほど焼戻 抵抗性が大きいと考えられる。 1150°C 焼入の場合は T5, T6, T7 の順序で焼戻 抵抗性を大きくしているが、Co の入った T8 は T7 よりもかなり軟化する。

(6) 常温の機械的性質

1150°C × 1/2 hr O. Q. → 600, 650, 700, 750°C × 1 hr A. C. したものの引張性質と衝撃性質を調査したものを Fig. 2 に示す。

各鋼を比較すると 700~750°C 焼戻 では硬度、引張強さは T7 が最も高く、次が T6 であり、延性靱性は真空溶解した TV5, TV8 が高い。真空溶解鋼は大気溶解鋼に比較して硬度、引張強さ、耐力においては差なく、伸びを約 5%, 絞り伸びを約 10%, 衝撃値を 2~8 kg·m ほど増している。

(7) 熱間 (450~800°C) の機械的性質

1150°C × 1/2 hr O. Q. → 700°C × 1 hr A. C. 処理した試料を 450~800°C までの温度範囲で引張およびシャルピー、衝撃性質を調査した結果を Fig. 3 に示す。 T7 は 450~550°C で引張強さが最も高いが、600°C 以上では T6 の方が強い。そして T6, T7 は延性靱性にやや乏しい。真空溶解の効果は顕著であり、TV 5, TV 8 は T5, T8 と比較して、引張強さを低下させずに延性靱性を向上せしめる。

(8) クリープ・ラプチャー性質

1150°C × 1/2 hr O. Q. → 700°C × 1 hr A. C. 処理したものの 550, 600, 650, 700°C におけるクリープ・ラプチャー性質を調査した。

Fig. 4 には 600, 650°C における応力-時間曲線を示し、Fig. 5 には 100 hr, 1000 hr クリープ・ラプチャー強度を示した。一般的にいつて応力-時間曲線を見ると試験温度が高くなるにつれて曲線の傾きは急になり、特に 700°C では劣化が激しいが、真空溶解したものは、

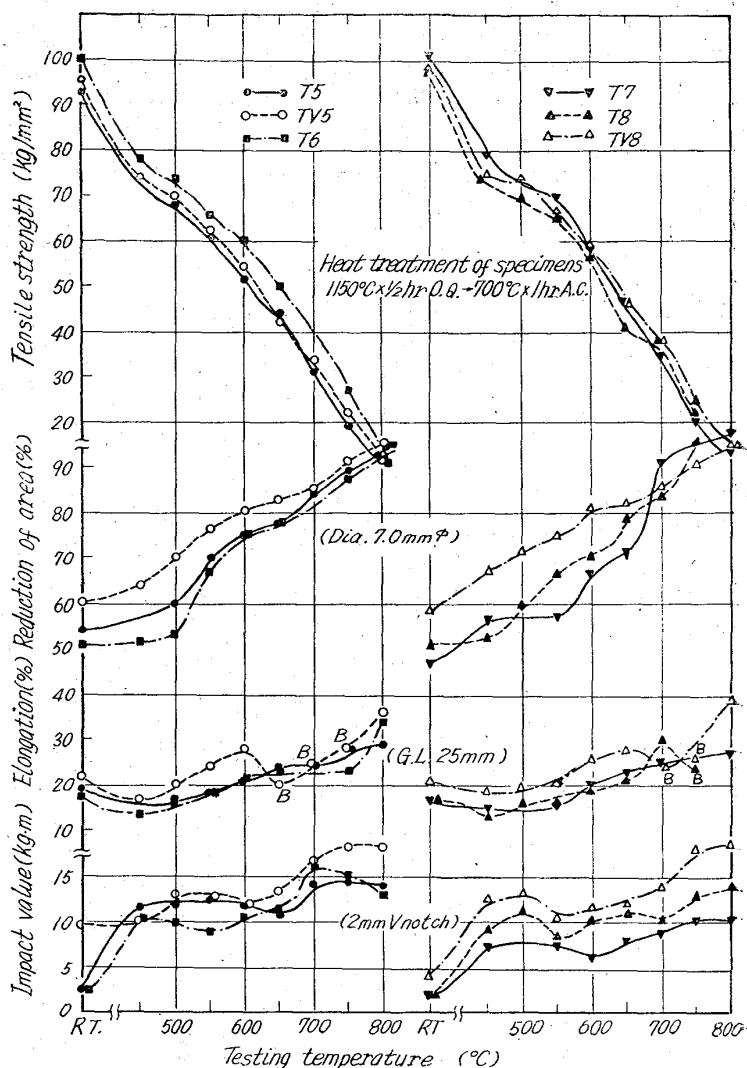


Fig. 3. Mechanical properties of 12%Cr modified steels at elevated temperature.

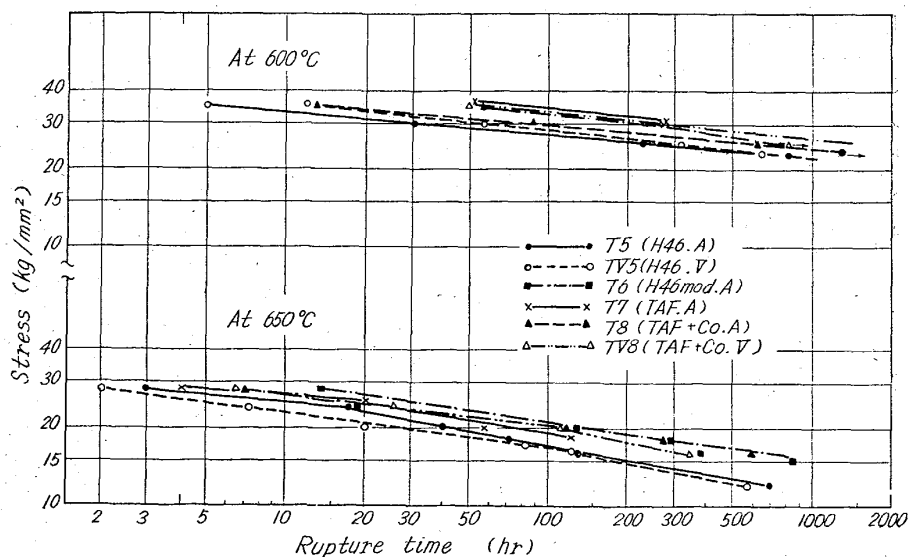


Fig. 4. Stress-rupture rime curves of 12%Cr modified steels.

その傾きがやや緩慢である。550~650°C では T7 が最も強い。T5 を真空溶解しても強度は上らないが、T8

Table 1. Chemical composition of specimens. (in wt.%)

Mark	Type of steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cb	Co	B
T 5	H46 (A)	0.19	0.33	0.76	0.016	0.016	0.09	11.24	0.65	0.36	0.26	—	—
TV 5	H46 (V)	0.19	0.35	0.74	0.016	0.016	0.10	11.12	0.62	0.37	0.25	—	—
T 6	H46 mod. (A)	0.20	0.29	0.77	0.016	0.007	0.08	11.21	0.94	0.19	0.19	—	—
T 7	TAF (A)	0.20	0.22	0.73	0.014	0.014	0.09	11.50	0.90	0.18	0.16	—	0.012
T 8	TAF+Co (A)	0.19	0.36	0.72	0.019	0.017	0.10	11.04	0.91	0.19	0.19	1.01	0.0065
TV 8	TAF+Co (V)	0.18	0.55	0.67	0.015	0.015	0.10	11.04	0.85	0.20	0.21	1.01	0.008

(A) air melted, (V) vacuum melted.

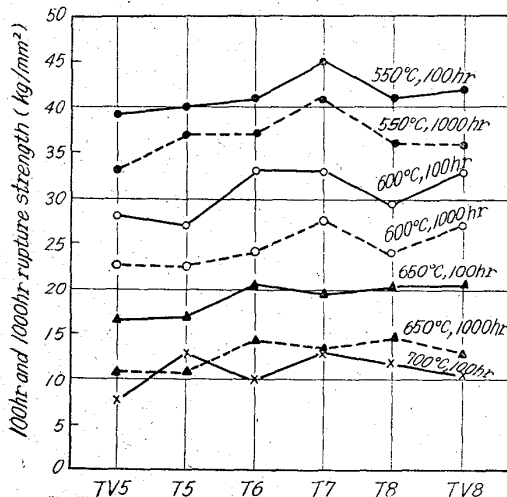


Fig. 5. 100 and 1000 hours rupture strength of 12%Cr-modified steels.

は 600°C 以上では強度を上げる。

IV. 結 言

Jessop H46 (1961 年) H46 modify, TAF 鋼および TAF+Co 鋼に関して各種の実験を行なった結果を要約する。

(1) 非金属介在物は真空溶解することによつてかなり減少する。

(2) 熱間加工温度は 1100~1200°C が適する。

(3) 変態点は Ac 点が 850~900°C, Ar 点が 800~700°C 付近に存在し, 6 種の鋼において大きな差異は認められない。

(4) 焼入硬度は T7 を除き 1050~1100°C で最高硬度に達し, T5, TV5, T8, TV8 は Hv 500 位であり, T6, T7 は各々 Hv 560, 580 にも達する。

(5) 1000°C, 1150°C 焼入の後 200~750°C で 1~300 hr 焼戻して焼戻抵抗性を見ると, 525~550°C 付近で二次硬化が著しい。焼戻抵抗性は T7 が最も大きく, 次が T6 で, T8, T5 の順である。真空溶解すると Hv 300 以下の焼戻抵抗を増大する。

(6) 常温および熱間の機械的性質は T7, T6 が硬くて強いが, 延性靱性にやや乏しい。T5, T8 は延性靱性がやや高く, 特に真空溶解したものは延性靱性が改善されている。

(7) 1000 hr 程度のクリープ・ラプチャー強度は T7 が最も強く, T6, T8, T5 の順で強度が低い。Co の入った T8 を真空溶解すると 600°C 以下のクリープ・ラプチャー強度を上げるが, 650°C 以上ではかえつて強度

を下げる。

文 献

1) 大沢, 松岡, 山田: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 599~601

2) 大沢, 山田: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 603~605

(154) 12%Cr-Mo-V-Nb 耐熱鋼の性質
におよぼす Co および Ni の影響

日本特殊鋼

工博 澤 繁樹・工博 西 義澈・○中島治男
Effect of Co and Ni on the Properties
of 12%Cr-Mo-V-Nb Heat Resisting
Steels.

Dr. Shigeki SAWA, Dr. Yoshizumi NISHI
and Haruo NAKAJIMA.

I. 緒 言

フェライト系耐熱鋼として最も高温強度の高い, 12%Cr 系耐熱鋼¹⁾については, 古くから多くの研究がなされ^{2)~5)}, 現在ではかなりの多鋼種がスチームタービンやガスタービンの翼, ガスタービンローターおよびボルト材などに広く使用されている。しかし 12%Cr 系耐熱鋼では, 一般に高温強度を高めるため Mo, V および Nb を含有しているので, δ フェライトが現われ, しばしば問題とされてきた。

筆者らはこの種耐熱鋼の代表的なものとして有名な, 12%Cr-Mo-V-Nb 鋼の H46 について, δ フェライトの低減および常温および高温性質の改善について研究した。すなわち, δ フェライトの発生を防止するには, N, C, Ni および Co の添加が有効である⁶⁾。しかし N の添加は長時間における高温クリープ破断強さを低下させる傾向があり⁷⁾, C 含有量は 12%Cr 系耐熱鋼においては, 低い方が良く, 合金元素量の 1/10 程度が最もクリープ強さを高めるといわれているので⁸⁾, H46 に対する Ni および Co の影響を調べた。特に Co は 12%Cr あるいは 12%Cr-Mo-V-Nb-W-B 耐熱鋼において, 高温クリープ破断強さを高める傾向のあることが報告されている^{9)~10)}。

また一般に 12%Cr 系耐熱鋼では, 高温クリープ破断強さを高める目的で, 比較的高い焼入処理が推奨されているが, その場合には靱性特に衝撃値が低くなるので, 靱性が高いと同時に高温クリープ破断強さも高い鋼種に