

V. 総 括

Cr-Mo-V 鋼の常温ならびに高温長時間の機械的性質におよぼす焼入冷却速度の影響を総括すると、常温の機械的性質すなわち、伸び、絞り、キーホールシャルピー衝撃値、ならびにVノッチシャルピー衝撃遷移温度は焼入冷却速度が大きいほどすぐれた成績を示すが、高温長時間の機械的性質は、ペーナイト組織とくに上部ペーナイト組織が得られるような焼入冷却速度においてもつともすぐれた成績を示し、初折フェライト+上部ペーナイト→マルテンサイト組織の得られる焼入冷却速度の順にクリープ破断強度の低下することが認められた。したがって本鋼種の熱処理に当つては、要求される機械的性質に即応するような焼入冷却速度を選択する必要があると考えられた。

(95) H46 と TAF 鋼のクリープ破断特性について

(12% Cr 耐熱鋼の研究—Ⅲ)

Creep Rupture Properties of H46 and TAF Steel.

(Studies on 12% chromium heat-resisting steels—Ⅲ)

Toshio Fujita, et alius.

東京大学工学部 工藤 利夫
 " 工笹 倉 利 彦

I. 緒 言

12% Cr 耐熱鋼につき著者らは数年前より研究をすすめ、現在 12% Cr 耐熱鋼として最も強力な TAF 鋼につき各温度で長時間のクリープ破断試験および各種の機械的性質を調べている。本報ではこの TAF 鋼と 12% Cr 耐熱鋼としてもつとも代表的な英国の Jessop H46 とのクリープ破断試験を行なつた結果について述べる。

II. 試 料

本実験に使用した試料の化学組成を Table 1 に示す。試料 S1 は 1957 年 2 月 Wm. Jessop 会社から発表された H46 の標準成分を目標に熔解したもので、

Table 1. Chemical composition of specimens tested.

Steel No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	B*	N*
S 1	0.18	0.33	0.42	11.37	0.46	0.32	0.31	—	—
S 2	0.17	0.26	0.30	11.16	0.77	0.15	0.29	0.04	0.01
S 3	0.21	0.50	0.80	11.16	1.29	0.17	0.29	0.03	0.03

* Additional amount.

多少 C, Nb 量が高くなつている。試料 S2 は H46 の合金成分量 (Mo, V, Nb など) を改良し、さらに B 0.04%, N 0.01%, 添加したものである。試料 S3 は S2 の成分を多少改良したものである。

これらの試料は高周波電気炉で 90~100 kg 熔解し、22~23 mm の角棒に鍛造した。

III. 実 験 結 果

(1) H46 と TAF 鋼のクリープ破断試験

試料 S1 (H46 に相当) および試料 S2 (TFA 鋼) に対し、1150°C×1/2h→油冷、700°C×1h→空冷なる熱処理を行い、550°C、600°C、650°C、700°C でクリープ破断試験を行なつた結果を Fig. 1 に示す。破線は試料 S1, S2 に対し、1250°C×1/2h→油冷、700°C×1h→空冷なる熱処理を行なつたもの、650°C のクリープ破断曲線を示す。

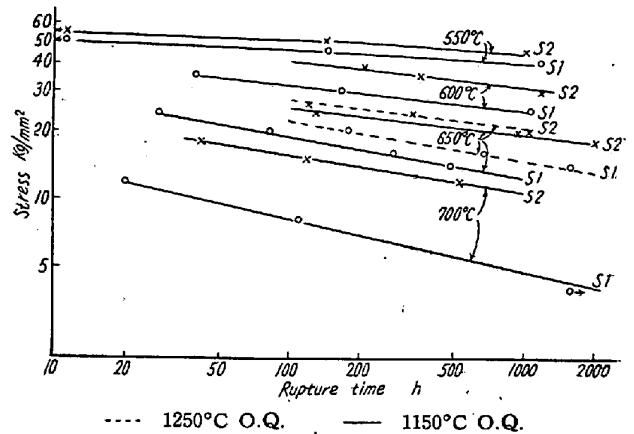


Fig. 1. Stress-time curves of TAF steel and H46.

これらの結果からつぎのことがわかる。

- (i) 550°C では 600°C~700°C に比較して、わずかの荷重に対し、破断時間がいちじるしくことなる。
- (ii) 温度が上昇するにしたがつて試料 S1 と S2 の破断時間の差が大きくなる。とくに 700°C ではその影響がいちじるしい。これは試料 S2 が B 添加によつて高温強度をいちじるしく強化したことを示す。
- (iii) 1250°C から焼入したものは 1150°C から焼入したものより 650°C の破断強度は S1 の方はかなり高くなるが、S2 の方はほとんど変わらない。これは B を添

加した試料は、焼入温度を高めてもクリープ破断は高くならないことを示す。

(2) H46, TAF 鋼, 2 1/4Cr-1Mo 鋼, 13Cr 鋼の破断強度

Fig. 2 に H46(S1), TAF 鋼(S2), 2 1/4 Cr-1Mo 鋼, 13Cr 鋼の 550°C ~ 700°C の破断強度を示す。実線は 1000 h の破断強度を示し、破線は 100 h の破断強度を示す。H46 および TAF 鋼は 1150°C × 1/2 h → 油冷, 700°C × 1 h → 空冷なる熱処理を行なっている。2 1/4 Cr-1Mo 鋼は鋳鋼で、熱処理は 950°C から炉冷 (60°C/h) を行なったものについてクリープ破断を行なった。13Cr 鋼は 980°C × 1/2 h → 油冷, 700°C × 1 h → 油冷なる熱処理を行なったものである。

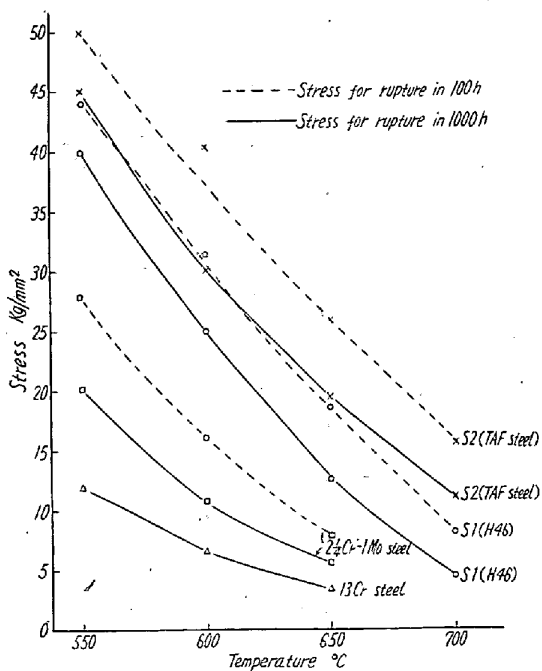


Fig. 2. Rupture strength of TAF steel, H46, 2 1/4 Cr-1Mo steel and 13 Cr steel.

これから H46, TAF 鋼が 13 Cr 鋼に比較して 550 ~ 650°C の高温強度がいちじるしくすぐれていることがわかる。すなわち 13 Cr 鋼の 12 kg/mm², 1000 h の破断温度は 550°C であるが, H46 は 650°C, TAF 鋼は 690°C である。したがって 13 Cr 鋼にわずか 1% 程度の合金元素を添加し, 適当な熱処理を行うことにより使用温度が 100 ~ 150°C 上昇することができる。現在蒸気タービン用ボイラー管として使用されている 2 1/4 Cr-1Mo 鋼に比較しても TAF 鋼は大体 100°C 使用温度が上昇している。

(3) 焼入温度のクリープ破断強度におよぼす影響

試料 S1 と S2 を 1050° ~ 1250°C に 1/2 h 加熱後油冷し 700°C で 1 h 焼戻を行い 650°C, 20 kg/mm²

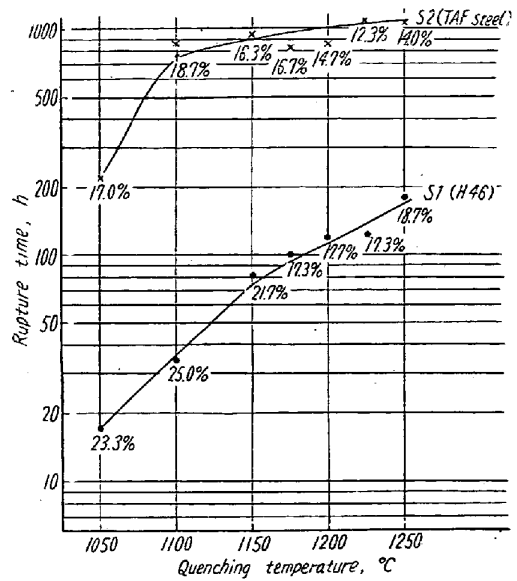


Fig. 3. Effect of varying the quenching temperatures of TAF steel and H46 on the result of rupture tests at 20kg/mm², 650°C.

でクリープ破断試験を行なった結果を Fig. 3 に示す。

すなわち焼入温度を高くもることによりクリープ破断時間を長くすることができるが, 破断伸びは多少減少する。

また S2(TAF 鋼) は S1(H46) に比較して同一熱処理状態でも 10 倍程度の破断時間を有する。S2 は標準の TAF 鋼より N 量が多少低いためクリープ破断強度はやや低いが N 量を 0.02 ~ 0.03% 程度にすることによりさらにクリープ破断強度を高められることはすでに第 10 報で述べた。

(4) H46(S1) と TAF 鋼 (S3) とのクリープ試験

H46(S1) と TAF 鋼(S3) を 650°C, 12 kg/mm² でクリープ試験を行なった結果を Fig. 4 に示す。

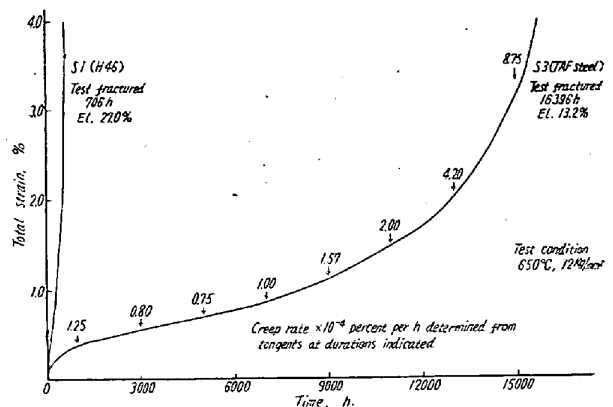


Fig. 4. Comparative creep curves of TAF steel and H46.

これから TAF 鋼が H46 に比較して 650°C で非常にすぐれていることがわかる。また 12% Cr 耐熱鋼のクリープは 650°C 付近になると一定速度でなく、絶えず変化していることがわかる。したがって 650°C 付近においては 2000~3000 時間のクリープ試験の結果から、数万時間の長時間のクリープ試験の結果を推定することは不可能であることがわかる。諸外国、特に英国では 12% Cr 耐熱鋼に対し数万時間の長時間クリープ試験を行なっているのも当然といえる。

IV. 結 言

以上の実験結果を要約するとつぎのごとくなる。

(1) H46 と TAF 鋼とに同一熱処理 (1150°C×1/2h→油冷, 700°C×1h→空冷)を行なつて 550°~700°C のクリープ破断試験を行なつた。

(2) H46 および TAF 鋼は 550°C ではわずかの荷重に対し破断時間がいちじるしくことなる。また 700°C 付近では TAF 鋼は H46 に比較していちじるしくクリープ破断強度がすぐれている。

(3) H46 および TAF 鋼は 13% Cr 鋼に比較してクリープ破断強度がいちじるしく強化され、とくに TAF 鋼の使用温度は 13% Cr 鋼のそれに比較して 150°C 上昇している。また TAF 鋼は 2 Cr-1Mo 鋼に比較して約 100°C 使用温度が上昇している。

(4) H46 と TAF 鋼は焼入温度を 1050°C から 1250°C に高めることにより 650°C のクリープ破断強度をいちじるしく高めることができる。しかし高温から焼入を行うと破断伸びはやや小さくなる。

(5) H46 と TAF 鋼の 650°C, 12kg/mm² のクリープ破断時間は非常にことなり、TAF 鋼の破断時間は H46 のその約 23 倍である。

(96) 316 L 型鋼の耐熱性におよぼす 熔解雰囲気の影響

(耐熱材料の合金元素としての窒素の作用について—V)

Influence of Melting Atmosphere on Heat-Resisting Property of 316L Type Steels.

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

Ryohei Tanaka, et alii.

東京工業大学 工博 岡 本 正 三
〃 工〇田 中 良 平
〃 工 佐 藤 昭

I. 緒 言

第 2, 3 報において 16-15-6 型合金に N を添加するとその耐熱性、とくにクリープ特性がいちじるしく改善されることを報告した。耐熱鋼に N を合金化せしめるには熔解に際して窒化クロムあるいは窒化マンガンの形で添加するのがもつとも普通であるが、この方法では鋼塊の凝固時に N がガスとして放出されてブローホールを作りやすく、健全な鋼塊を得るためには合金化の可能な N 量に自ら限度を生ずる。そこで窒素雰囲気中での圧力熔解、圧力鑄造などが必要となるのであるが、本報においてはこの圧力鑄造および圧力鑄造の予備実験として 316 L 型鋼、すなわち 17% Cr-12% Ni-2% Mo 組成のものを約 2 気圧の窒素雰囲気中で熔解鑄造し、N の合金量を求めるとともに、この鋼の耐熱鋼としての種々の特性を同種鋼の大気中熔解材および真空熔解材と比較した。また原料 Cr としては電解 Cr を用いたが、真空熔解および大気中熔解には英国製テルミット Cr を原料として熔製したものについても実験を行い、原料 Cr の影響をもあわせ比較検討した。

II. 試 料

試料は電解 Fe, 電解 Ni, 金属 Mo, および電解 Cr (99.3% Cr) または英国製テルミット Cr (98.2% Cr) などを原料とし、17% Cr-12% Ni-2% Mo, 残り Fe の組成に配合して 1 チャージ 7.5 kg または 8 kg とし、高周波真空熔解炉を利用して熔製した。脱酸剤としては Mn 0.5% と Si 0.2% を添加した。窒素中熔解の場合は原料装入後一度真空に引き、500~600°C 付近に昇温してから窒素を導入して約 2 気圧とし、その雰囲気の中で熔解鑄造をおこなつた。真空熔解は 10⁻³ mmHg 程度の真空度のもとでおこなつた。Table 1 の化学分析値から明らかなようにこの 2 気圧の窒素中熔解のみによつて約 0.2% の N を容易に合金化せしめ得ることがわかる。Cr は配合値 17% に対していずれも約 1% 前後 loss しており、また脱酸剤として加えた Mn は真空熔解材 EV および TV ではこれがかなり蒸発して 0.5% の添加に対し半分以下に減じている。その他の各元素の分析値は熔解雰囲気および原料 Cr の種類によつてあまり差が認められない。

鋼塊寸法は約 60×60×200 mm で、これを断面 10×20 mm のピレットに鍛伸して以下の実験に供した。