

た. 図に示すごとくCは0.36%の場合が最もラプチャー時間が大きく, Crは本実験の範囲内ではCr量の増加にしたがいラプチャー時間を減少する. Moは2.43%で最大値を示し. これ以上Moの増加にしたがい急激にラプチャー時間が減少する. Vは0.55%で最大値を示す. なおCr, MoおよびVの図中にはC2試料のCr, MoおよびVの量がそれぞれ挿入してある.

IV. 結 言

3% Cr 耐熱鋼の焼入, 焼戻カタサ, 高温機械的性質およびラプチャー時間におよぼすC, Cr, Mo およびVの影響について実験を行い最適の成分を決定した.

なお本鋼はダイキャスト用ダイス鋼としても使用されるので, この場合を考慮して変形率を測定し従来の5% Cr 鋼との比較を行った. この点も併せ発表する.

(94) Cr-Mo-V 鋼の焼入冷却速度と機械的性質との関係

(スチームタービン用鋼材の研究)

Relation between the Cooling Velocities and the Mechanical Properties for Cr-Mo-V Steel.

(Study on the materials for a steam-turbine generator shaft.)

Minoru Makioka, et alii.

神戸製鋼所, 神戸研究部

理 中野 平・〇牧岡 稔・新名英司

I. 緒 言

タービンのローターシャフト機のように常温付近だけでなく, 高温においてもすぐれた機械的性質が要求される場合, この両者の本質がかなり趣を異にしているのでその最適の熱処理条件を十分に把握しておく必要がある. この意味から最近の新鋭蒸気タービン発電機の高圧ローターシャフトとして広く使用されているCr-Mo-V鋼(ASTM A293-55T class 8)を対象として焼入冷却速度と高温ならびに常温の機械的性質との関係を調べたので報告する.

II. 実験材ならびに実験方法

実験材の化学成分は Table 1 のごとくで, 10 t 塩基性電気炉で熔製した2 t 鋼塊を直径 300 mmの丸棒に鍛

Table 1. Chemical composition of samples.

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
0.32	0.28	0.84	0.014	0.009	0.12	1.05	1.02	0.23

Specimen	Hardening procedure	Average cooling velocity between 800°C and 400°C	Cooling velocity at 400°C (°C/h)	Microstructure
A	30% V air cool	2200	4020	Lower bainite
B	20% V oil quench (12/150 R)	1400	2700	Lower bainite
C	30% V special cool (12/150 R)	880	1080	Lower bainite + upper bainite
D	20% V air cool (12/150 R)	125	276	Upper bainite
E	3% Cr Furnace cool (1)	80	100	Ferrite + upper bainite
F	30% Cr Furnace cool (1)	44	46	Ferrite + upper bainite
G	30% Cr Furnace cool (3)	34	40	Ferrite + upper bainite

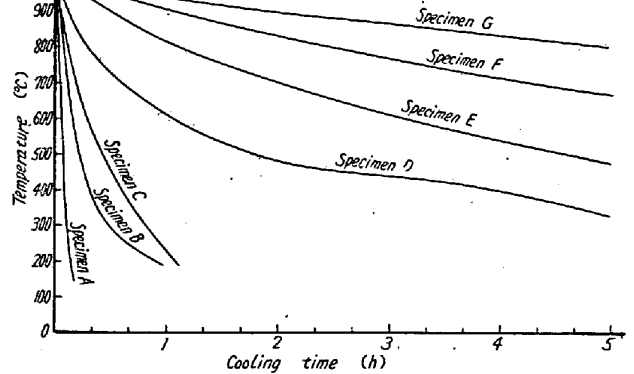


Fig. 1. Cooling curves of specimens.

造して製作した. 焼入冷却速度は Fig. 1 に示すごとく 300 mm 丸棒をそれぞれ油冷, 空冷および特殊冷却したものが3通り, 30 mm 角棒をそれぞれ空冷, 炉冷(3種類)したものが4通り, 合計7通りに変化させた. 焼戻は抗張力が71~91 kg/mm² にほぼ揃うように適当に温度を選んで行なつた. なお試験片はすべて 300 mm 丸棒試験材の外周部から軸方向に採取した.

III. 実験材の冷却変態の様相と顕微鏡組織

実験材の焼入冷却曲線と焼入組織および硬度, そして本多式熱膨脹試験により調べた冷却変態の様相を Fig. 1 に示す. 試料 A)~D)は, 下部ベーナイトまたは上部ベーナイト組織, 試料 E)~G)は初折フェライトと上部ベーナイトの混合組織を示した. (写真省略)

IV. 機械的性質について

1) 常温における機械的性質

常温における機械的性質を引張試験, キーホールシャルピー衝撃試験, Vノッチシャルピー衝撃遷移温度の比較の面より検討を加え, 焼入冷却速度の効果について考察を行つた.

a) 引張試験およびキーホールシャルピー試験

抗張力が 85 kg/mm² にそろふよう焼戻を行なつた後引張試験およびキーホールシャルピー試験を行なつた結果は Table 2 のごとくで, 伸び, 絞り焼入冷却速度が大きいほど大きくなる傾向にあるが, 全般的にみてその影響は小さい.

一方キーホール衝撃値は焼入冷却速度の影響がかなり明瞭に現われ, 冷却速度の減少とともに衝撃値は低下の傾向を示す.

Table 2. Mechanical properties at room temperature.

Hardening condition	Tempering temperature (°C)	Yield strength (0.2%) (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Keyhole Charpy impact value (kg m/cm ²)
A	720	63.0	81.0	24 A	66Rd	10.0 11.2
B	715	70.7	88.4	21 A	56Rd	8.0 8.5
C	710	72.2	86.3	23 A	62Rd	7.6 7.1
D	705	69.4	85.5	23 A	60Rd	5.8 7.1
E	690	73.5	90.5	16 B	51Rd	5.8 3.8
F	690	70.2	82.5	17 B	58Rd	4.9 4.1
G	680	71.6	91.1	16 B	54Rd	4.5 3.8

b) Vノッチシャルピー衝撃遷移温度

米国などではロータ材の品質判定の一方法として、Vノッチシャルピー衝撃遷移温度による評価が広く用いられているので、抗張力 80~90 kg/mm² の強度付近での焼入冷却速度のVノッチシャルピー衝撃遷移温度におよぼす効果を調査した。試験結果は Fig. 2 のごとくで焼入冷却速度が大きいほど衝撃遷移曲線は低温側に移り常温付近でのシャルピー値は高く、かつ遷移温度 (50%脆性破面で規定) が低温側へ移動する傾向が明瞭に認められた。

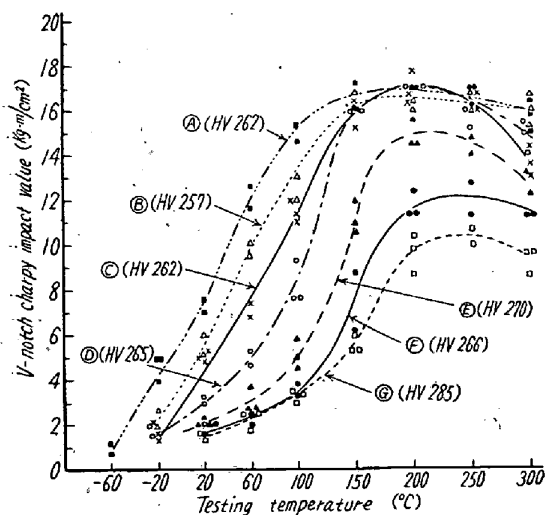


Fig. 2. Relation of the cooling velocity and V-notch Charpy transition curves.

2) 高温における機械的性質

高温 (500~600°C 付近) 長時間の機械的性質におよぼす焼入冷却速度の効果を知るため、まず焼入冷却速度を3種類に変え、マルテンサイト組織、下部ベーナイト組織および初折フェライト+上部ベーナイト組織の試料

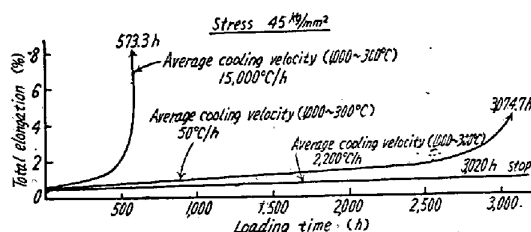


Fig. 3. Creep test result at 500°C.

を作り500°Cのクリープ破断強度を比較して焼入冷却速度の影響を調べた。試験結果は Fig. 3 のごとくで、高温クリープ破断強度は、下部ベーナイト→初折フェライト+上部ベーナイト→マルテンサイトの順に低下することが認められた。つぎにベーナイト組織間における高温クリープ破断強度を比較するため、焼入冷却速度 (B) (C) (D) の3者について試験を行なったが、その結果は Table 3 のごとくで、上部ベーナイト→下部ベーナイト+上部ベーナイト→下部ベーナイトの順にクリープ破断強度が低下することが認められた。これらの結果を総括すると、高温クリープ破断強度は焼入冷却速度に密接な関係を有し、上部ベーナイト組織を与えるような冷却を行なった場合、もつともすぐれた機械的性質を保証し得るように考えられる。

Table 3. Creep rupture strength at 550°C.

Hardening condition	Micro-structure	Creep rupture strength (kg/mm ²)	
		at 1,000 h	at 10,000 h*
B	Lower bainite	29.0	24.2
C	Lower bainite + upper bainite	32.4	27.5
D	Upper bainite	34.8	31.2

* Extended value

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。

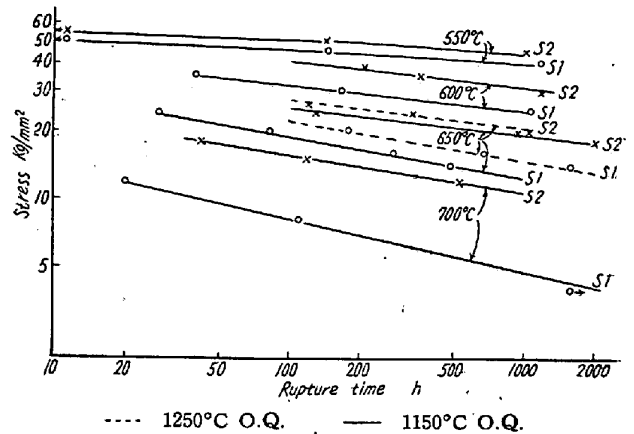


Fig. 1. Stress-time curves of TAF steel and H46.

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