

性破壊を起す。全般に熱浴焼入のものが油焼入-焼戻のものより大きい破断荷重, 最大撓み, 破断エネルギーを有する。また①, ②, ③は破壊までに僅かながら降伏し, かつエネルギーが他のものに比して著しく大きい。これは著者が別報で述べた共析炭素鋼の場合(日本金属学会 38 回大会で発表)と同様に, 多量に存在する R-r' が大きく影響しているものと思われる。

#### IV. 総 括

熱浴焼入による変形すなわち膨脹は油焼入に比して小さく, R-r' の多いものでは収縮する。また熱浴焼入後の常温時効では膨脹する。ただし, l-B(+t-M)+R-r' 組織のものでは殆ど変形しない。熱浴焼入によつて Rc 63 以上の硬度を保持し, かつ油焼入-焼戻のものより高い曲げの破断エネルギーすなわち靱さが得られる。その原因として R-r' の影響が認められるが, R-r' は降伏荷重を低くする。

### (111) 低合金鋼の高温強度について (II)

On the High Temperature Strength of Low Alloy Steels. (II)

S. Yamamoto, et alii.

神戸製鋼所研究部

工 土屋秀介・工〇 山本俊二・谷藤弥寿生

#### I. 緒 言

当社において受託せる低合金鋼蒸気タービンローターシャフト素材の残材および他の熔製試験材について, 前報では常温機械的性質およびこれに関連する焼入性の諸問題について報告し, 高温機械的性質については高温短時間引張試験並びに 500°C, 14.0kg/mm<sup>2</sup>, 300h クリープ試験を行つて, これら試験結果による試験材の比較を行つたに留めたが, 今回 500 および 550°C の 300h クリープ試験ならびに 500°C クリープ破断試験を前報試験材中の代表的鋼種 5 種について求め, 総合的な比較

を行つたのでここに報告する。

#### II. 供 試 材

供試材は前報にて報告したローターシャフト素材の本体より切断した残材および 100kVA 塩基性電気炉により熔製した 12 チェージ中より Table 1 に示す如き代表的鋼種 5 種を選んだ。鍛造および熱処理も前報におけると同様で 30 mm 中に鍛伸後焼準・焼戻して実験に供した。いずれも縦目方向に鍛錬比 23 以上をもつもので, 鍛錬比不同による相互差は無いと考えられるものである。

#### III. 実 験 結 果

##### (1) クリープ試験

各供試材共焼準・焼戻処理後直径 8mmφ のクリープ試験片を製作し, 2t クリープ試験機で JIS 規格案に準じて試験した。試験温度はこれら素材の使用蒸気温度を考慮して, 500° および 550°C とし, 前者は 14 および 20kg/mm<sup>2</sup>, 後者は 7 および 12kg/mm<sup>2</sup> の荷重で 300h 試験を行つた。

この結果 500 および 550°C においてはいずれの場合も符号 A (Cr-Mo-V 鋼) が最もクリープ強度強く次いで符号 C (Ni-Mo-V 鋼), 符号 D (1% Cr-Mo 鋼), 符号 B (Ni-Cr-Mo 鋼) の順位で符号 E (2.5% Cr-Mo 鋼) が最もクリープ強度弱く, 0.07% 程度の V でもかなりクリープ強度を強めること, Cr-Mo 鋼では 1% 程度の Cr 量が 2.5% 程度の Cr 含有鋼よりもクリープ強度が強かつた。

##### (2) クリープ破断試験

クリープ試験の場合同様熱処理後 8mmφ クリープ破断試験片を作成し, 3t クリープ破断試験機により, JIS 規格案に準じて試験した。

試験温度は 500°C とし 試験時間は最高 1000h 前後で, 破断応力を 1 鋼種について少くとも 3 応力加え応力および破断時間を両対数軸にとつた場合のほぼ直線的関係から比較検討を加えた。

Fig. 1 に各供試鋼によつて求めた design curve を

Table 1. Chemical composition of the specimen tested.

	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	
A	0.35	0.72	0.27	0.026	0.031	0.19	0.14	1.04	1.14	0.24	1000°C·2h→880°C A.C.→700°C·4h A.C.
B	0.32	0.56	0.16	0.011	0.013	—	1.74	0.97	0.24	—	880°C·2h A.C.→680°C·4h A.C.
C	0.29	0.55	0.29	0.016	0.014	—	2.66	0.42	0.28	0.062	880°C·2h A.C.→670°C·4h A.C.
D	0.33	0.60	0.29	0.017	0.015	0.08	0.06	1.29	0.30	—	880°C·2h A.C.→660°C·4h A.C.
E	0.31	0.66	0.53	0.008	0.013	0.06	0.02	2.73	0.36	—	900°C·2h→880°C A.C.→700°C·4h A.C.

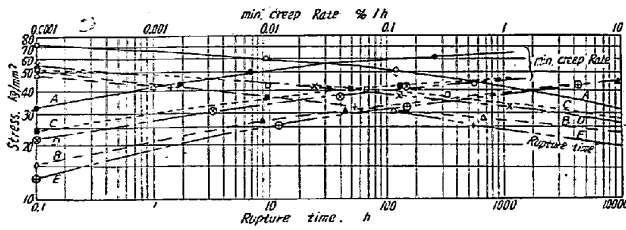


Fig. 1. Design curves at 500°C

示した。図中 0.1 h におけるクリープ破断強度は、500°C における高温引張強度を示し、又 0.0001%/h における最小クリープ速度は 500°C、300 h クリープ試験結果から求めた値を取った。この結果符号 A (Cr-Mo-V 鋼) がやはりクリープ破断強度最強で、次いで符号 C (Ni-Mo-V 鋼) と符号 D (1% Cr-Mo 鋼)、最も弱いのは符号 B (Ni-Cr-Mo 鋼) と符号 E (2.5% Cr-Mo 鋼) であるが符号 C および D あるいは符号 E および B は共に前者が短時間強度は優り、長時間になる程後者が優った結果であつた。この結果は短時間高温引張試験の結果で、その材料の耐クリープ性の優劣を比較すると、誤まる恐れのあることを示している。

クリープ破断後の伸びは符号 A は 12~13% で可成り低いが、符号 B, C, D は 20~30%、符号 E は 30% 以上の伸びを生じた。符号 A は耐クリープ性は良好であるが伸びが他に比べて低いので幾分衝撃に対して懸念があるが、蒸気タービンローターは殆ど衝撃的な要素は無いと考えられるので、この点についてはさほど考慮する必要はあるまい。

(3) 顕微鏡組織

500, 550°C クリープ試験後の試験片および 500°C 破断試験破断後の試験片につき、その縦断面を顕微鏡により観察して組織の変化を調べた。前報では焼準焼戻処理後 500 および 550°C で 300h 保持し、この再焼戻処理による衝撃値、組織の変化を調べたが、常温衝撃値も顕微鏡組織も共に変化は認められなかつた。今回調査したのは、前回同様 500~550°C における保持は約 300h 程度のクリープ試験後の試験片であるが、異なる点は負荷した状態で再焼戻した点にある。

この調査の結果、焼準・焼戻でかなり荒いベーナイト組織の残留を示す鋼種符号 B, C, D ではクリープ試験における試験温度・試験荷重の大なる程炭化物が無負荷の場合に比べて、幾分球状化する傾向が見られた。一方熱処理後この様なベーナイト組織を示さず、すでに球状化している符号 E, A ではこのような傾向は認められなかつた。このことは符号 E, A は B, C, D に比して  $A_c1$  変態点が可成り高く、従つて焼戻温度も高く

取つたため、熱処理によつてすでに炭化物が球状化しているためと思われる。

(註) 前報; 鉄と鋼, 第 42 年, 第 3 号, p. 334 (日本鉄鋼協会第 51 回講演大会にて講演)

(112) 高周波焼入の研究 (II)

(歪に関する実験)

A Study on Induction Hardening (II)

(Experiments on Distortion)

K. Nagaoaka

北海道立工業試験場 工長 岡 金 吾

I. 緒 言

熱処理に伴う歪は、生産上におよぼす影響が大きく、特に形状によつては材料並びに工程に多くの無駄と苦心が払われてもなお充分とは言えぬ結果で妥協せざるを得ないことがある。高周波焼入を機械部品に應用するについてはその歪発生の少いことが、他の方法に優つて實際的效果をあげ得る場合が多い。

高周波焼入での局部的急熱、急冷および変態による体積変化はいずれも残留応力、歪の発生する条件であつて、しかもなお高周波焼入によつて歪の少いのは、部分加熱により歪の発生を拘束する条件がこれに加わるからに他ならない。すなわち、場合によつてはむしろ大きな歪も生ずるのであつて、実際にもしばしば経験される。

高周波焼入による残留応力、歪の発生機構については既に議論されている。しかし、この歪を拘束する条件は種々の要素によつて影響されるものであるが、これについての詳細な報告はほとんど見られないので、實際作業に資するよう、焼入条件との関連において歪の発生を検討すべく二、三の実験を行つた。なお、焼入は真空管方式によるものであるが、この方式によれば、周波数が高く、加熱表層が薄いことが、歪の発生に如何なる影響をおよぼすかについても明らかにするように努めた。

II. 実験方法

高周波焼入による歪は、部分的急熱による加熱歪および焼入による冷却歪と変態歪とにその原因から分けられる。前者は収縮、後の 2 者は膨脹になる。中空円筒の表面を高周波焼入した場合、その焼入条件と肉厚によつては 1.0% もの直径の収縮が経験された。この収縮歪は高周波加熱の特色を示すものであるから、主としてこの歪に影響する条件について試験した。

焼入を行つた高周波発振機は真空管方式で周波数は