

Fig. 2. Effect of duration of holding in quenching oil on amount of retained austenite.

られる。この図から 60°C 以上の温度範囲では徐冷による stabilization の効果が 60°C 以下でのそれに比べてかなり少ないことが解る。

Fig. 2 は 60° および 120°C の油浴に焼入後氷水冷した場合の油浴保持時間の影響を示したもので、60°C の場合は保持時間と共に残留オーステナイト量が急激に増加するのに対し、120°C ではその変化はさほど著しくはない。stabilization は温度の高い程起り易い反面、共存するマルテンサイト量が多い程、この現象を著しく促進するらしいことは既に諸家の報告の一致している所であり、こゝではその後者の影響が顕著に現われていると思われるが、60°、120°C のいずれの場合も残留オーステナイト量の保持時間による変化はむしろ 2 段に現われているようで、stabilization の機構は今日なお明かではないが、この事実は興味のあるものと考えられる。

なお焼戻し差膨脹曲線において 50°C 附近より 240°C 附近にかけての第 1 段の収縮量は、焼入れによつて生ずるマルテンサイトの量およびそれが焼入処理中に焼戻される程度によつて増減するが、残留オーステナイトの分解の後、270°C 附近より始まる顕著な第 2 段の収縮量は焼入時に残留したオーステナイト量とは無関係に、トルースタイトを含まぬ試料ならばどの試料もすべてほぼ同程度の収縮量を示している。この事実は残留オーステナイトの焼戻によつて生ずるベイナイトと、焼戻マルテンサイトとの類似性を示唆するようで興味がある。

IV. 結 論

焼入浴としての水および油の温度、焼入浴中の保持時間、焼入浴より取出してからの冷却方法などの焼入冷却条件を種々に変えて残留するオーステナイト量を比較した。水でも油でもそれらの温度を 60°C 附近とし、これに焼入後約 60°C 以下を徐冷する場合に stabilization が特に顕著に現われる。このことは 60°C 附近に保持するとき、より高温の場合よりも stabilization がかなり

顕著に起る事実と符号する。従来油冷によつて残留オーステナイト量を増すことが述べられて来たが、焼入油の温度が室温以上にあるときにはこの油に焼入後室温にもち来すまでの僅かの温度範囲における冷却速度の大小が残留オーステナイト量にかなり著しい影響があるのである。なお stabilization なる現象は一定温度における保持時間と共に単純一様に起るものでなく、むしろ二段に起るようである。

文 献

- 1) F. R. Morgan, T. Ko, Acta Metallurgica, 1 (1953), 36.

(110) 高-C, 低-Cr, 低-W 鋼の低温熱浴焼入 (II)

(焼入および時効変形と靱性について)

Hot-Bath Quenching at Low Temperature Range of High-C, Low-Cr, Low-W Steel (II)
(On the Deformation in Quenching and Aging, and Toughness)

I. Tatsukawa

熊本大学工学部 立川逸郎

I. 緒 言

前報 (本会第 51 回大会で発表) で SKS 2 に相当する高 C-低 Cr-低 W 鋼の下ベイナイト変態域の低温部ならびにマルテンサイト変態域における恒温変態、および熱浴焼入後の組織成分とその焼戻性について述べた。ところで、本鋼種の熱処理変形や靱性については従来種々の研究がなされているが、低温熱浴焼入ことに長時間恒温処理の場合については殆ど明かにされていない。よつて本研究では、種々の熱浴焼入とその後の常温時効による長さの変化を測定し、また靱性を静的曲げ試験による破断エネルギーで比較した。そうしてこれらの結果と組織成分との関連性を考察し、かつ油焼入-焼戻のものと比較検討した。

II. 試料ならびに実験方法

試料には前報と同じ組成 (C 1.0, Cr 1.0, W 1.4%: Ms 点 162°C) を有する 5φ×65mm の丸棒を用い、その (A)~(E) のグループ (各グループは 2~3 本) に、主として 850°C から油焼入または熱浴焼入 (浴温 210°~130°C, 恒温処理後空冷)→常温時効 (約 20°C×200h)→180°C×30mm 焼戻を行つて、その間の長さの変化を測定し、さらに硬度と常温磁気の強さ (本多式装置—

磁場の強さ 240 Oe—による) を測り、最後に曲げ試験を行つて荷重—撓み曲線を求め、これから破断エネルギーを求めて靱さを比較した。熱浴焼入の浴温と保持時間、および焼戻温度は Re 63 の高硬度が得られる範囲で選んだ、常温時効後の 180°C 焼戻はそれによる変形を知るとともに、焼入と時効によつて生じた焼入マルテンサイト (M) の量を比較し、かつ靱性を低下させる M を焼戻マルテンサイト (t-M) にした組織で曲げ性質値を比較するために行つた。また M の t-M 化によつて、すべての試料の組織は t-M~下ベイナイト (L-B)+残留オーステナイト (R-r~r') となり、常温磁気の強さによつて R-r~r' の量を大略比較できる。なお、長さの変化の測定には Carl Zeiss 社製水平型オプテメータ (精度 0.25μ) を用いた。以上のすべての測定は同一処理の 2~3 本の試料について行い、その平均値を採つた。

III. 実験結果ならびに考察

常温時効における変形曲線の例として 150°C 熱浴焼入のものを Fig. 1 に示す。また Fig. 2 にすべての結果を総括して示す。これらの結果を比較し、かつ前報で述べた組織成分との関係を考察するとつぎの通りである。

(1) 焼入による変形: 油焼入では著しく膨脹する。210°C×5mn 熱浴焼入 (所謂マルテンパー) の④、⑤では M が少く、かつ R-r が多いため油焼入に比して膨脹が小さい。180°~130°C 熱浴焼入では r→l-B+r', r'→l-B なる恒温変態が起つて、焼入後 M が減つて R-r~r' が多くなるために、焼入による膨脹が小さくなりことに r' 化が充分起つた⑬、⑭、⑯ではかえつて収縮する。たゞし、① 180°C×24h のように r'→l-B が充分進行したもの、すなわち所謂 オーステンパーしたものは l-B の増加により相当の膨脹を示す。

(2) 時効変形: 油焼入のものでは若干の収縮が起る (主として M の容積変化による)。熱浴焼入のものは

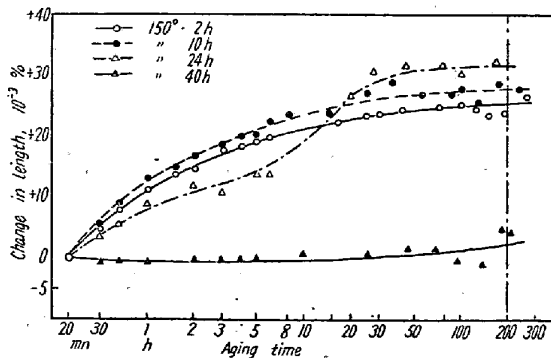


Fig. 1. Dimensional changes in aging at room temperature after hot-bath quenching at 150°C.

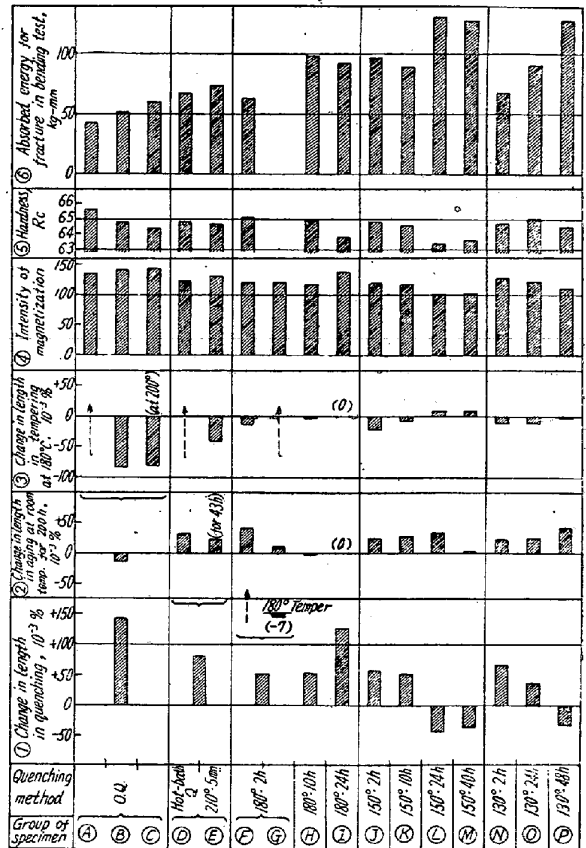


Fig. 2. Relation between dimensional changes, intensity of magnetization, hardness, absorbed energy and heat treatment.

R-r~r' が多く M が少いため、いずれも膨脹する (主として R-r の M 化による)。しかしながら、r の安定化が充分起つた⑩、⑪、⑭では多量の R-r' があるにもかかわらず殆ど変形しない。また熱浴焼入後にたゞちに 180°C で焼戻した④では焼入したまゝの⑤に比して膨脹が小さい。

(3) 焼戻による変形: 油焼入のものでは M→t-M による収縮が著しい。熱浴焼入のものでも保持時間の短いものでは若干の収縮が起るが、R-r' の多い⑬、⑭は僅かながら膨脹し R-r' の一部が分解していることが判る。

(4) 常温磁気の強さ: 概して熱浴焼入のものが油焼入のものに比して値が小さい。すなわち R-r~r' が多い。とくに、低温で長時間恒温処理した⑬、⑭、⑯が多い。

以上の (1)~(4) の結果から、焼入、時効および焼戻における変形と組織成分の量およびオーステナイトの安定性との密接な関係が明かにされた。

(5) 硬度: いずれも Rc 63 以上の値を保持するが、⑬、⑭、⑯が他に比してやや低い。

(6) 曲げ試験: ⑬、⑭、⑯を除きいずれも完全な脆

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/mm², 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/mm², 後者は 7 および 12kg/mm² 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.