

た。温度(600°C ~ 1000°C), 保定および冷却時間(合計が 30 s ないし 150 s の範囲)の影響を調べた。その結果, 750°C 前後の温度の影響と 10 s 前後の冷却時間の影響がもつとも大きいことが認められた。そして, 温度が 750°C 以上で, 冷却が 10 s 以上であれば, 軟かく, かつ加工性があるものが, 安定して得られ, これ以上の温度, 冷却時間でも大差ないことがわかった。保定の影響はごくわずかである。方向性は繰りかえし曲げにのみある程度認められた。

(101) 肌焼鋼の機械的性質におよぼす サブゼロ処理の影響

(鋼のサブゼロ処理に関する研究—Ⅲ)

新三菱重工業, 神戸造船所

○薄田 寛・安藤 智純

Effect of Subzero Treatment on the Mechanical Properties of Carburized Steels.

(Studies on subzero treatment of steels—Ⅲ)

Hiroshi Susukida and Tomozumi Ando.

I. 緒 言

肌焼鋼も滲炭後焼入すると, 滲炭層の表面付近に相当量の残留オーステナイトを生ずるため表面硬度が低下する。この残留オーステナイトをサブゼロ処理によつて分解し硬度を上昇せしめることはすでに報告されている

が, サブゼロ処理を含めた熱処理の組合せ条件と機械的性質との関係を研究した報告は極めて少ない。

そこで著者らは C, Ni-Cr, Cr-Mo, Ni-Cr-Mo 系の肌焼鋼 5 種を対象にしてサブゼロ処理を含む各種条件で熱処理を行い, 硬度, 耐摩耗性, 引張強度, 繰返衝撃耐久力などにおよぼすサブゼロ処理の影響を比較検討した。

II. 試料および実験方法

試料は JIS に規定された各種肌焼鋼の中より, 炭素肌焼鋼 S15CK, Ni-Cr 肌焼鋼 SNC21, SNC22, Cr-Mo 肌焼鋼 SCM21 および Ni-Cr-Mo 肌焼鋼 SNCM24 を選んだ。Table 1 にその化学成分を示した。

Table 2 は各試料の熱処理条件を示すものである。肌焼鋼においては原則として一次, 二次の二段にわたつて焼入することが規定されている。このうち一次焼入は内部結晶粒の調整に加えて, 網状炭化物の固溶化による滲炭層の組織調整が主目的と考えられる。ところが一次焼入はその温度が高いため残留オーステナイトが多量に現われ, 表面硬度を低下せしめる。サブゼロ処理はこれを防止するために極めて有効と考えられるのであつて, 表示のように一次焼入, 二次焼入および一次・二次焼入のあとサブゼロ処理ならびに焼戻を行なつたものと, サブゼロ処理を施さないものとを比較検討するようにした。

サブゼロ処理温度はすべて -95°C とし, 保持時間もすべて 1 h に一定し, 焼入までの放置時間は前報と同様 20 分を基準として行なつた。一次焼入温度は JIS 規定温

Table 1. Chemical composition of samples.

Samples	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Dimension (mm)
S15CK	0.15	0.29	0.54	0.009	0.014	—	—	—	36
SNC21	0.14	0.24	0.52	0.013	0.012	2.29	0.43	—	36
SNC22	0.15	0.26	0.35	0.011	0.014	3.14	1.06	—	38
SCM21	0.18	0.29	0.81	0.009	0.012	—	0.99	0.19	38
SNCM24	0.25	0.29	1.03	0.014	0.021	2.99	1.30	0.35	100

Table 2. Heat treatment.

Samples	Condition of combination	Subzero treatment	Quenching (°C)		Tempering (°C)		
			Primary	Secondary			
S 15CK	Q ₁ T, Q ₁ ST	-95°C × 1 h	920	(o.c.)	775	(w.c.)	180 (A.C.)
SNC21	Q ₂ T, Q ₂ ST		900	(o.c.)	775	(o.c.)	
SNC22	Q ₁ Q ₂ T		880	(o.c.)	775	(o.c.)	
SCM21	Q ₁ Q ₂ ST		900	(o.c.)	820	(o.c.)	
SNCM24			900	(o.c.)	825	(o.c.)	

Carburizing: 930°C × 8 h

Q₁: primary quenching. Q₂: secondary quenching
T: tempering S: subzero treatment

度範囲の上限を、二次焼入および焼戻温度は規定範囲の平均温度を採つた。滲炭は各鋼種を通じすべて $930^{\circ}\text{C} \times 8\text{h}$ の条件で固態滲炭剤による滲炭を施した。

以上のごとき要領で熱処理を施した各試料に対し、硬度、摩耗、引張、繰返衝撃、顕微鏡組織などの試験を実施した。

III. 実験結果および考察

(1) 硬 度

各試料に対し各種条件で熱処理を行なつたものにつき表面および滲炭層各部においてビッカース硬度を測定した。Fig. 1 および 2 は試料 SNC22 および SNCM24 の焼入後の滲炭層硬度分布を一例として示したものである。

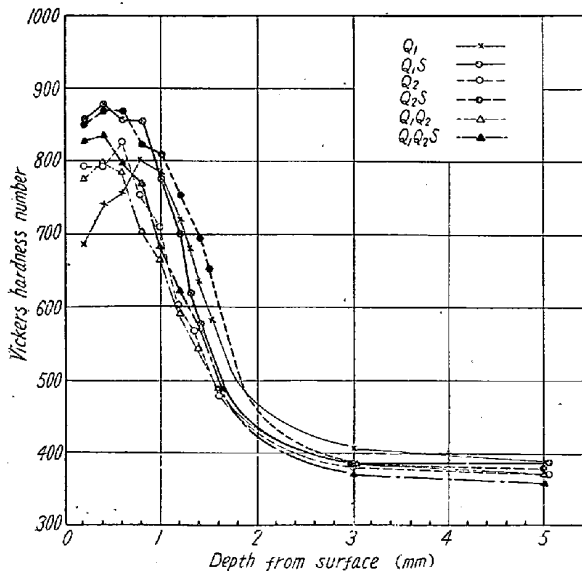


Fig. 1. Hardness distribution in the carburized case of sample SNC 22.

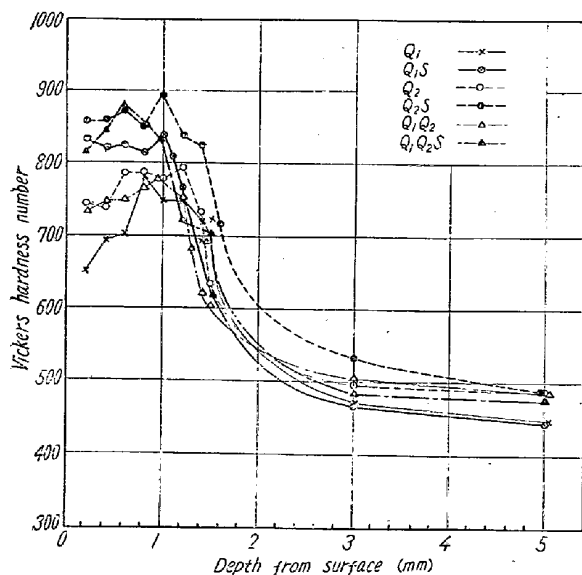


Fig. 2. Hardness distribution in the carburized case of sample SNCM 24.

滲炭層の硬度分布を比較すると、焼入のままでは一般に表面附近の硬度は低く、表面から 0.6mm 前後の所に硬度の最高値を示すものが多い。たとえば SNCM24 では表面附近は Hv 650 位に過ぎず、表面から 0.8mm の深さの所が最高硬度 Hv 760 に達している。所が焼入後サブゼロ処理を施すと表面附近は一躍 Hv 830 となり、かつ表面より 1.1mm 位までが一様に Hv 800 以上を示している。他の試料も程度の差はあるがこれとほぼ同様の傾向が認められる。すなわち焼入後サブゼロ処理を施せば表面附近の硬度がいちじるしく上昇するのみならず、その高い硬度が滲炭層のある深さ (1mm 程度) まではほぼ一様に維持されるようになる。

焼戻硬度の場合は同様のことがいえるのであつて、通常の熱処理を施した Q_1Q_2T に比し焼入後サブゼロ処理を行なつた Q_1ST は各試料を通じ表面硬度で Hv 34~81、滲炭層最高硬度で Hv 20~125 の硬度上昇が示された。また一次、二次焼入の間では一般に後者の方が高目の硬度を示したが、これは焼入による残留オーステナイト量の多少に起因するものと考えられる。

(2) 耐摩耗性

各試料に対し Q_1Q_2T , Q_1ST , Q_2T , Q_2ST の 4 条件で熱処理を行なつたものにつき大越式迅速摩耗試験機により摩耗試験を行なつた。試験要領は前報と同様である。試験結果の一例として試料 SNC22 の $V=3.6\text{m/s}$ の場合における比摩耗量を Fig. 3 に図示した。他の各試料を通じて比摩耗量は

$$Q_1Q_2T, Q_2T > Q_1ST, Q_2ST$$

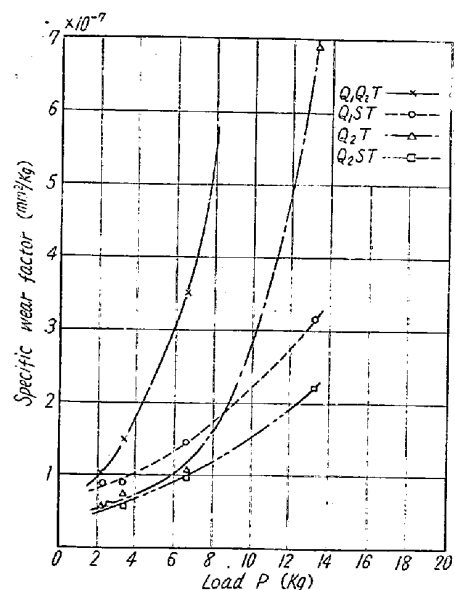


Fig. 3. Comparison of specific wear factor of sample SNC 22 under various heat treatments. ($V=3.6\text{m/s}$)

となり、耐摩耗性の向上にサブゼロ処理が効果的であり、硬度と密接な関係にあることが認められた。

(3) 引張強さ

試料 S15CK, SNC21, SCM21 の3種に対し、 Q_1Q_2T , Q_1ST , Q_2T , Q_2ST の4条件で熱処理を行なったものにつき引張試験を行い、破断荷重および引張強さと熱処理との関係を検討した。その結果全般的に Q_1ST 処理を施したものは通常の Q_1Q_2T 処理のものに比し破断荷重が若干低下する傾向が示された。これはサブゼロ処理による残留応力が $180^\circ\text{C} \times 1\text{h}$ 程度の焼戻では十分除去されないことなどによるものと考えられる。

(4) 繰返衝撃耐久力

試料 S15CK, SNC21, SCM21 の3種に対し、 Q_1ST および Q_1Q_2T の2条件で熱処理を行なったものにつき、松村式繰返衝撃試験機により繰返衝撃試験を行なった。その結果各試料とも Q_1ST は Q_1Q_2T に比し繰返衝撃耐久力が若干低下することが示された。これは比較的靱性に富む残留オーステナイトの減少やサブゼロ処理による残留応力などに起因するものと思われる。

以上のように Q_1ST は通常の Q_1Q_2T に比し硬度および耐摩耗性がいちじるしく改善されることが示された。すなわちサブゼロ処理を行えば二次焼入を省略できるのみでなく、従来の熱処理法によるよりも遙かに優れた性質が得られることが実証された訳である。これによれば一次焼入を行なつて内部結晶粒の標準化と滲炭層の組織調整を図つた後サブゼロ処理を行なつて表面附近を硬化した方が一層効果的と考えられる。

IV. 総 括

肌焼鋼の機械的性質におよぼすサブゼロ処理の影響に関し実験検討しつぎの結果を得た。

(1) 肌焼鋼に対するサブゼロ処理法としては「一次焼入・サブゼロ処理・焼戻」処理の組合せ条件が最良であり、これにより二次焼入を省略できるのみならず、性質の改善を図ることができる。

(2) 「焼入・サブゼロ処理・焼戻」処理を施したものは普通の焼入・焼戻処理を行なったものに比し硬度お

よび耐摩耗性がいちじるしく向上する。また引張強度および繰返衝撃耐久力は若干低下したが、適当な焼戻を行えば同程度の性質が得られると思われる。

(102) 重電機用大型ローター材の焼入性の研究

神戸製鋼所, 神戸研究部

西原 守・中野 平・牧岡 稔・○後藤督高
Study on Large Rotor Forging for
Thermal Power Generation.

Mamoru Nishihara, Taira Nakano,
Minoru Makioka and Tadataka Gotō.

I. 緒 言

重電機用の高圧タービンローター材の焼入冷却速度の変化にともなう常温および高温の機械的性質についてはさきに発表したが、今回は低圧タービンローター材、および発電機ローター材を対象として代表的な数種の鋼種を選び、焼入冷却速度と機械的性質の関係を試験した。本報では焼入性に関する試験結果について報告することにする。

II. 供試材および実験方法

供試材は Table 1 に示すごとく、現在米国、欧州、日本で用いられている Ni-Mo-V 系, Ni-Cr-Mo 系, Cr-Mo 系のおおの2鋼種、計6鋼種で、500kg 塩基性高周波炉により溶製した 350kg 鋼塊を、30mm 角材に鍛伸後、焼準→低温焼鈍を行なつて試験に供した。

焼入冷却速度としては広範囲の焼入性を知る目的で、30mm 角材の油焼入から直径 1200mm 丸棒中心の空気焼入の際の焼入冷却速度に亘つて変化させ、冷却速度の大なる範囲はジョミニー、一端焼入試験機を利用し、冷却速度の小なる範囲は本多式熱膨脹計および特殊焼入速度調節装置²⁾を用い、これと硬度、顕微鏡組織の試験を併用して連続冷却変態図を作成し焼入性を比較検討した。なおオーステナイト化条件は、 $850^\circ\text{C}/2\text{h}$ とした。

Table 1. Chemical compositions of specimens tested. (%)

Mark	Steel	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	References
T-1	Ni-Mo-V low-C	0.24	0.18	0.65	0.011	0.011	0.09	2.78	0.10	0.48	0.09	ASTM A292-58T class 4,5
T-2	" high-C	0.31	0.30	0.65	0.010	0.018	0.12	2.50	0.34	0.49	0.11	" "
T-3	Ni-Cr-Mo low-C	0.27	0.24	0.40	0.012	0.013	0.11	1.35	1.02	0.44	0.10	DIN 28 Ni Cr Mo 4
T-4	" high-C	0.35	0.29	0.77	0.019	0.011	0.13	1.82	0.75	0.28	—	AISI 4335
T-5	1% Cr-Mo	0.35	0.39	0.68	0.016	0.006	0.10	<0.10	1.00	0.23	0.10	AISI 4135 DIN 34Cr Mo 4
T-6	3% "	0.32	0.22	0.62	0.013	0.012	0.10	0.07	2.96	0.55	0.12	En 29