

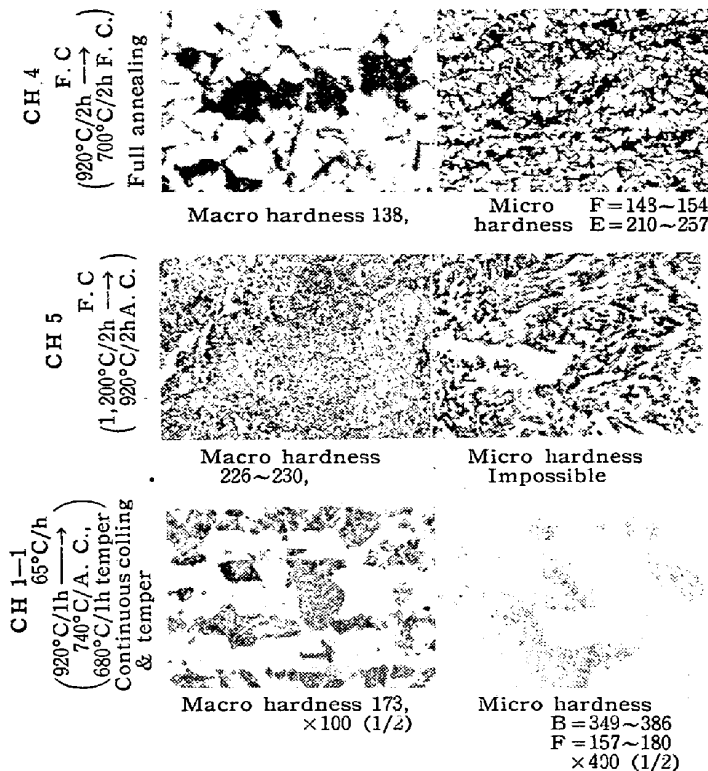


Photo. 1. Microscopic structure observed after typical heat treatments.

の代表的な組織およびマイクロ硬度計による硬度測定結果を示した。硬度から明らかなごとく Photo. No. 1 の CH 1-1 は、連続冷却変態による典型的なフェライト＋パーライト組織を示している。Table 3 の結果より明らかなごとく連続冷却途中より放冷焼戻または 1200°C でオーステナイト化した後 920°C より放冷焼戻せる場合に最も秀れた強度がえられるが、現場作業的には前者の方が秀れている。また、焼戻温度は、クリープ強度にいちじるしい影響を与え、連続冷却途中より放冷焼戻材では、焼戻温度が 680°C と 730°C の場合とでは相当いちじるしい差が認められる。なお C 量が規格上限値に近く連続冷却放冷低温焼戻 (680°C) を行なった場合に最も秀れた結果がえられている。1200°C でオーステナイト化を行ない、以後放冷焼戻を行なった CH 1-1 もきわめて秀れた強度を示しているが、硬度は ASTM 記載の硬度をやや上廻っている。

V. 結 論

1) 1Cr-1/2Mo 鋼のクリープ強度を向上せしめ、かつ ASTM 平均値以上のクリープ強度を確保するための熱処理方法としては、連続冷却途中より放冷焼戻を行なう方法を採用すべきであり焼戻温度は下限温度を選定した方が好結果がえられる。

2) 焼戻温度を上昇させ炭化物に球状化傾向を与え軟化させるとクリープ強度は、低下する。鋼管は実際に溶

接を行なつて使用されているが、溶接部に対して Welding Handbook (1950 年) によれば 630~730°C の歪取焼鈍を行なうよう推奨されており、一般にこの温度が採用されているが、上記の点も考慮に入れて熱処理法を選定しなければならない。

3) 1Cr-1/2Mo 鋼のクリープ強度を向上せしめるためには、Cr, Mo などと反応して炭化物を生成する C の含有量を規格の上限値に近くとることが必要である。

文 献

- 1) ASTM Special Technical Publication No. 151
- 2) 平野, 山本, 金田, 日浦: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 9 (鉄鋼協会 33 年度秋期発表)

(84) 3%Cr-Mo 鋼のタービン・ローターへの適用

(3%Cr-Mo 鋼大型鍛鋼品に関する研究—I)

日本製鋼所, 室蘭製作所

川口三郎・渡辺十郎・柴崎鶴雄・緒方 博

Application of 3% Cr-Mo Steel for Turbine Rotors.

(Studies on large forgings of 3% Cr-Mo steel—I)

Saburo Kawaguchi, Juro Watanabe,
Tsuruo Shibasaki and Hiroshi Ogata.

I. 緒 言

本邦においては、タービン用ローターシャフトのごとき高級大型鍛鋼品は 2~3%Ni-Mo-V 鋼または Ni-Cr-Mo 鋼が使用されており、米国もこれとほとんど同様である。これら材質のローターシャフトはきわめて優れた性状を示すのであるが、これに劣らない優れた材質を開発すべく、筆者などは 3% Cr-Mo 鋼について研究を進めている。

先ず船用タービン翼車, ピニオンについて第 1 次の研究を行ない 3% Cr-Mo 鋼はきわめて優れた材質であることが確められたので、さらに船用ローターシャフト, 大型高温用鍛鋼材, 圧延機ロールなどについて適性試験を進めている。本報ではこれら 3% Cr-Mo 鋼の開発研究のうち、特に船用の高・低圧タービン・ローター材について報告致したい。

II. 供 試 材

高圧タービンシャフトおよび低圧タービンシャフトとも、塩基性電気炉で熔製し鍛造、焼鈍後 Fig. 1 および

Fig. 2 に示すそれぞれの形状に機削して調質を行なった。すなわち高圧タービンシャフトは 7 ton 鋼塊を使用した。翼部径 595mm, 溝底径 340mm, 全長 3,460 mm のものであり, 低圧タービンシャフトは 30 ton 鋼塊を使用した 胴径約 1,000mm, 全長約 4,300mm のものである。

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
0.79	0.27	0.45	0.018	0.027	0.12	2.58	0.49	0.13

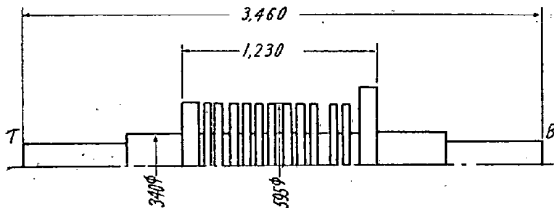


Fig. 1. Outline drawing of H. P. turbine shaft.

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
0.34	0.25	0.45	0.023	0.024	0.38	2.70	0.47	0.16

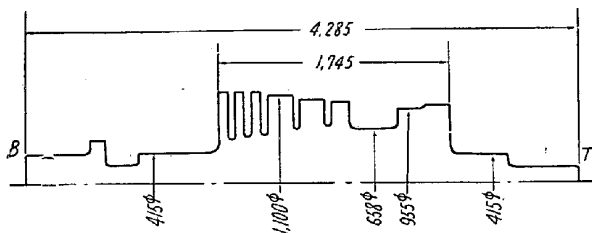


Fig. 2. Outline drawing of L. P. turbine shaft.

III. 高圧タービンシャフト

Fig. 1 の形状に機削したシャフトを 70 kg/mm^2 の抗張力を目標として 850°C から衝風冷却を行ない, 650°C に焼戻した。

軸端および胴端から採取した試験片でその機械的性質を調査した結果を Table 1 に示した。約 74 kg/mm^2 の抗張力に対して, 充分な靱性を示している。さらにこれを最終形状に仕上げてから, 胴部を切断して内外の機械的性質を比較した。この結果を Table 1 の下半部に示した。すなわち胴径 340mm 程度のもものではほとんど mass の影響は認められず, 内外抗張力の差は僅か 2 kg/mm^2 程度である。同時に行なった切線方向の V ノッチシャルピー試験片による遷移温度の測定結果を 50% 靱性破面温度で比較すると, 表層部の 18°C に対し中心部で 34°C であり, タービンシャフト材としてばかりでなく一般の構造用低合金鋼としてもきわめて優れた値を示している。また軸方向に採取した回転曲げ疲労試験片による疲労限は 36.2 kg/mm^2 で, 500°C における 1,000 時間のラプチャー強度は 29.0 kg/mm^2 であった。

IV. 低圧タービンシャフト

前述の高圧タービンシャフトの製造によって, 衝風冷却程度の焼入でも優れた機械的性質が得られ, また質量効果もほとんどないことが判つたので, さらに大型の鍛造品を製作し主として質量効果を調べるために, Fig. 2 に示した径約 1,000mm の低圧タービンシャフトを製造した。従来, 大型タービンシャフトなどの調質は残留応力のため液冷焼入が採用されていないが, ここでは試験的に油焼入焼戻を試みることにした。そこでこのシャフトには前後二回の熱処理を行ない, その第一回目を油焼入戻, 第二回目を衝風焼入戻とした。

Table 1. Mechanical properties of H. P. turbine shafts.

Heat treatment	Location		Direction	Yield strength (0.2%) kg/mm^2	Tensile strength kg/mm^2	Elongation %	Reduction of area %	Impact value (V-notch) $\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2$
$850^\circ\text{C} \times 10\text{h} \rightarrow \text{Fan}$	Journal	T	Longitudinal	55.2	74.9	26.2	67.2	23.3
		B		56.1	75.2	25.7	67.9	23.4
$650^\circ\text{C} \times 15\text{h} \rightarrow \text{F.C}$ $630^\circ\text{C} \times 15\text{h} \rightarrow \text{F.C}$	Body	T	Transverse	54.6	73.9	22.5	56.3	10.7
		B	"	55.3	74.3	22.3	57.2	12.8
		T	Radial	55.3	74.3	22.6	58.4	14.3
		B	"	55.6	74.2	22.3	60.7	12.7
Location	Distance from surface mm		Direction	Yield strength (0.2%) kg/mm^2	Tensile strength kg/mm^2	Elongation %	Reduction of area %	Impact value (V-notch) $\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2$
Blades	10		Transverse	55.3	74.1	23.5	60.8	16.0
	100		"	55.2	74.6	23.1	54.5	14.3
	150		"	56.2	76.1	21.9	50.9	8.1
Body	190		"	55.0	74.2	22.2	51.0	8.1
	235		"	54.2	73.3	22.4	50.7	6.2
	290		"	53.6	72.0	21.9	48.9	8.5

Table 2. Mechanical properties of L. P. turbine shafts.

Heat treatment	Location	Direction	Yield strength (0.2%) kg/mm ²	Tensile strength kg/mm ²	Elongation %	Reduction of area %	Impact value (V-notch) kg·m/cm ²	Transition temperature °C
850°C×18h→Oil 640°C×43h→F.C.	Journal	Longitudinal	68.5	85.6	23.6	65.4	21.0	-34
	Body	Transverse	66.5	83.0	21.3	53.6	11.1	-11
		Radial	66.4	82.8	23.8	63.1	18.8	—
870°C×18h→Fan 640°C×43h→F.C.	Journal	Longitudinal	61.3	79.8	24.5	64.8	23.2	+15
	Body	Transverse	61.9	80.9	20.5	47.9	9.0	+41
		Radial	61.7	80.6	22.2	56.0	7.2	—

Table 2 にそれぞれの熱処理後の軸端および胴端の機械的性質を示した。なお抗張力の目標は前述の高圧タービンシャフトの経験から、現在わが国で採用されている最も high grade の 75 kg/mm² とした。胴径が 1,000mm もある大型タービンシャフトにおいて、油焼入戻の場合はもちろんのこと衝風焼入戻の場合でも 640°C という高い焼戻温度で約 80 kg/mm² の抗張力が得られ、しかもタービンシャフト材として十分な靱性が保証できることが判った。

油焼入戻を施した場合の質量効果を知るために胴径 955mm の部分から直径方向に貫通した 25mmφ のコアを採取して、硬度分布および組織分布を調査した。この結果は表面から中心まで硬度はほとんど変化なく、内外一様な組織を示していた。続いて行なつた衝風焼入戻の場合の質量効果を知るために、最終形状に仕上げてから胴部を切断して内部の機械的性質を調査した。Fig. 3 に胴部切線方向の機械的性質の分布を示した。抗張力は内部でわずかに低下するが 0.2% offset 降伏比は内外とも約 77% を示しており靱性の低下もほとんど認めら

れない。同時に行なつた切線方向の V ノッチシャルピー試験片による遷移温度の測定結果を、50%靱性破面温度で比較すると、内外とも約 50°C でほとんど差がない。

また軸方向に採取した回転曲げ疲労試験片による疲労限は 38.5 kg/mm²、500°C における 1,000 時間のラバチャー強度は 31.8 kg/mm² である。

V. 結 言

3% Cr-Mo 鋼によつて船用の高・低圧タービンシャフトを製造し、その機械的性質と質量効果について調査した。その結果、胴径 1,000mm もある大型タービンシャフトに衝風冷却程度の熱処理を施すことによつて、十分な強靱性が得られまた内外の機械的性質の差もきわめて少く質量効果の小さいことを確認して、3% Cr-Mo 鋼がタービンシャフト材のみならずその他の大型鍛鋼品にも従来の Ni 系低合金鋼と同様に適用できることを明らかにした。

(85) 5Cr-1/2 Mo, 7Cr-1/2 Mo, 9Cr-1 Mo 鋼管材に関する研究

神戸製鋼所, 神戸研究部

平野 坦・山本俊二・○日浦 保

小林 弘・増田辰男

Study on 5 Cr-1/2 Mo, 7 Cr-1/2 Mo and 9 Cr-1 Mo Steels for Steel Tubes.

Hiroshi Hirano, Shunji, Yamamoto,

Tamotsu Hiura, Hiroshi Kobayashi,

Tatsuo Masuda.

I. 緒 言

最近石油工業の発達に伴い石油精製装置の加熱管として耐蝕、耐熱性の秀れた鋼管が要求されており、またボ

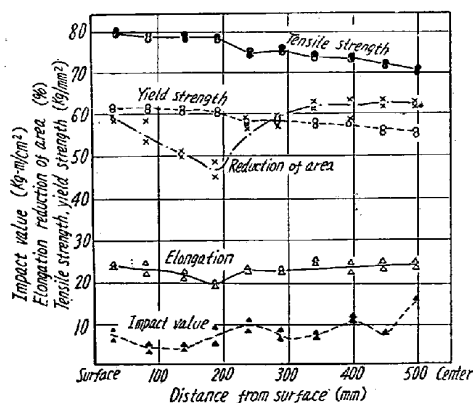


Fig. 3. Mechanical properties on transverse sections of fan cooled and tempered L. P. turbine shaft.