

Fig. 3. Correlation curves of as-tempered hardness to vanadium contents and excess-carbon contents.

等高線を描くことができる。

以上は種々のV鋼の焼戻硬度を推定するためのノモグラフの作成についてその概要を述べたが、Fig. 3 (ここでは焼戻温度 400°C および 550°C の場合は省略してある) から求めた推定硬度値は、本試験と全く無関係に求めたV鋼の実際の焼戻硬度ときわめてよい一致を示すことを確めた。またこのノモグラフより、実測では到底およばないほど詳細にVとCとの各種の組合せの場合の焼戻硬度曲線を求めることができ、これらの結果からV鋼の焼戻性におよぼすVおよびCの影響の相互関係を知ることができる。

文 献

- 1) W. CRAFTS & J. L. LAMONT: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 172 (1947), p. 222, 180 (1949), p. 471.
- 2) R. A. GRANGE & R. W. BAUGHMAN: Trans. Amer. Soc. Metals, 48 (1956), p. 165.

621.165-233, 620.172.22
 (130) 大型タービン軸実体の機械的性質について 623/0

神戸製鋼所中央研究所
 中野 平・○後藤督高・工博 山本俊二
 " 高砂工場 鈴木 定雄

On the Mechanical Properties of a Large Turbine Rotor Shaft. 1445~1447

Taira NAKANO, Tadataka GOTŌ,

Dr. Shunji YAMAMOTO and Sadao SUZUKI.

I. 緒 言

近年火力発電設備はタービンの高温、高圧化あるいは

大型化によつて、材料は益々高品質のものが要求されており、特にタービンローター軸については高速回転でしかも高温下で使用される処から、すぐれた切欠靱性と、高温での高いクリープ強度が必要とされている。筆者らは先に、タービンローター軸材、発電機軸材として使用される各種の材質について、焼入性、焼入組織と常高温での機械的性質との関係⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾などについての研究結果を発表した。大型タービンローター軸のように非常に大きな mass を有するものでは、位置により、また方向によつて機械的性質の変動が予想されるが、これまでこれらについての詳細な調査はほとんどなされていないようであるので、125,000 kW 高中圧ローター軸について実体各部の機械的性質を試験し、今後のローター製造に対する指針を得ることとした。

II. 試験材および試験方法

試験に供したローター軸は酸性 60 t 平炉により溶解し真空鑄造法により造塊した45 t 鋼塊を、鍛錬、熱処理、機械加工などの製造工程を経て製作したもので、胴部最大径 1,114mm, 全長5,257 mm の1%Cr-1¹/₄% Mo-¹/₄% V 鋼で、化学成分は Table 1 に示す通りである。熱処理については 954°C でオーステナイト化後、適切なペー Table 1. Chemical compositions of a rotor shaft (%).

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
0.32	0.27	0.68	0.018	0.014	0.06	0.05	0.98	1.15	0.21

ナイト組織をうるために 200°C ~ 300°C / h の冷却速度でミスト冷却し、引張強さ 77.3 kg ~ 91.4 kg / mm² を目標に 670°C で焼もどしたもので、常温機械的性質の一例を Table 2 に示す。オーステナイト結晶粒度は 5.5 ~ 7.0 の範囲である。

Fig. 1 は本ローター軸の最終寸法および、A(軸部) B(中圧部) C(高圧部) D(軸部) 計 4 個所の試験位置を示したもので、位置 A, B, D について衝撃遷移温度試験、位置 B, C についてクリープラプチャー試験を実

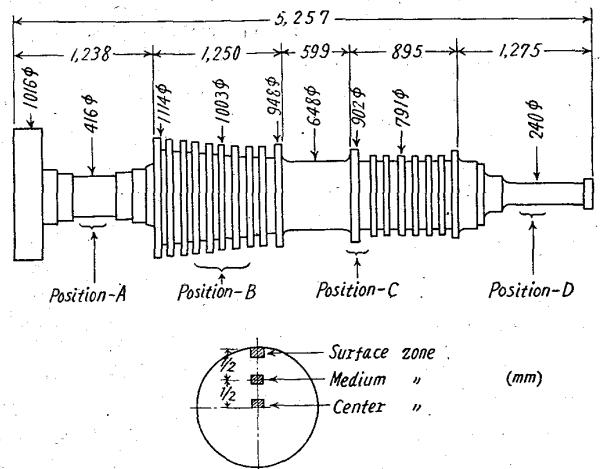


Fig. 1. Size of the rotor shaft and testing positions.

Table 2. Mechanical properties of the rotor shaft at room temperature.

Testing position	Testing direction	Y. S. (0.02% offset) (kg/mm ²)	T. S. (kg/mm ²)	Elong. (%)	Red. area (%)	Charpy imp. value (kg m/cm ²)
A	Longitudinal	63.7	83.5	23	63	11.6
B	Radial	67.6	86.1	22	59	7.0
	Tangential	65.3	85.5	18	44	6.4
		66.0	86.5	20	59	10.6
D	Longitudinal	66.4	86.9	22	61	8.0

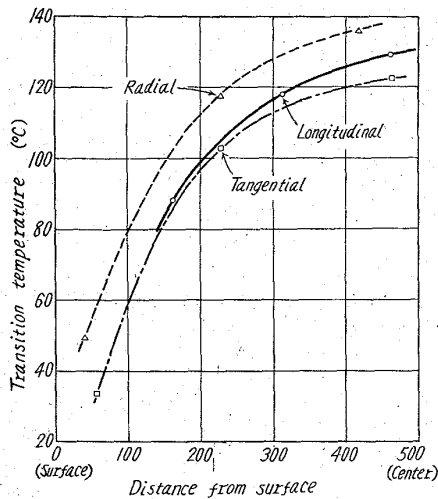


Fig. 2. Relation between testing direction and transition temperature. (Testing position B)

施したが、特に位置Bに対しては両者の試験をその内外各部および、軸、半径、切線の3方向について行なった。

衝撃遷移温度はJIS 4号衝撃試験片を用い、-25°C ~ 150°C間の温度で行ない、50%靱性破面率による遷移温度を求めた。

またクリープラプチャー試験は、平行部径6mm、長さ30mmの平滑型および、切欠底径6mm、切欠底R0.127mm、切欠角度60°の切欠型試験片により、538, 565, 593°Cの3通りの温度について100~5,000hの長時間に亘って行なった。

III. 試験結果

1) 衝撃遷移温度について

衝撃遷移温度はA, B, Dの各位置とも、勿論焼入冷

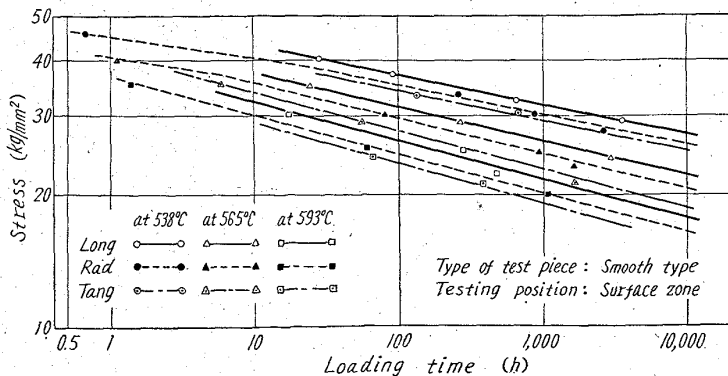


Fig. 3. Relation between testing direction and creep rupture strength.

却速度の大きい外周部の方が中心部よりも低い。位置Bについて試験した試験方向と遷移温度との関係はFig. 2のように半径方向が軸および切線方向に較べて10°C ~ 15°C高く、また内外部ともその差異がほぼ均一であることから製造が適切であつたといえるもので、遷移温度は高圧ローター規格に対してほぼ中心部まで満足する値を有している。

2) クリープラプチャー性質について

各試験温度ともラプチャー強度は軸、半径、切線方向の順に低下する傾向が認められ、全般に試験温度の上昇に伴ない長時間での強度低下が漸次大きくなつている。切欠型は平滑型に較べて試験時間の短い場合には強度は高いが、試験時間が長くなると逆に低くなる傾向を有する。軸内部は外周部よりもラプチャー強度が高く、かつ最少クリープ速度も小さく、焼入冷却速度の小さいベーナイト組織の方が高い強度を有することが裏書されているが、破断後の伸び、絞りは逆に若干低い (Fig. 3 ~ 5)。

IV. 結 言

1% Cr-1¹/₄% Mo-1¹/₄% V鋼, 高, 中圧タービン

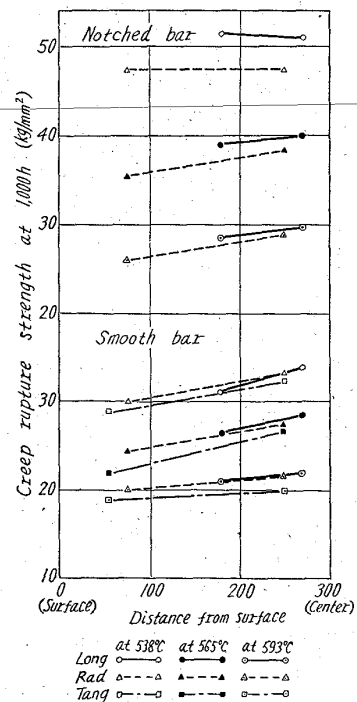


Fig. 4. Comparison of creep rupture strength at 1000 h. (Testing position B).

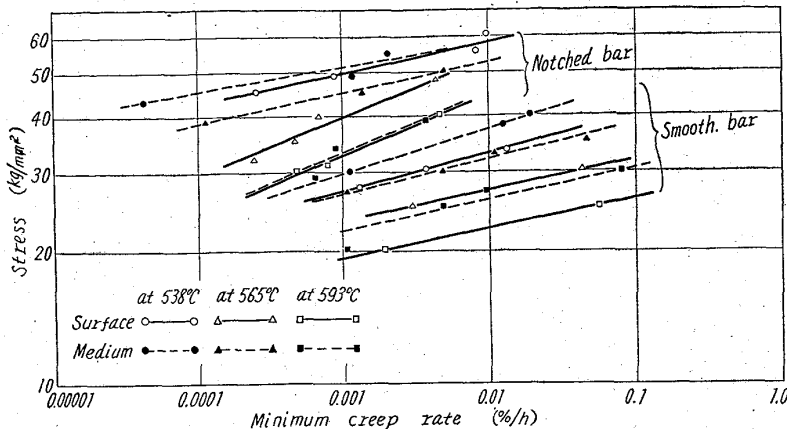


Fig. 5. Minimum creep rate-stress curve of testing position B. (Radial direction)

ローター軸実体の内外部および、それら三軸方向の衝撃遷移温度および、クリープラプチャー性質の変化を調べ、次の結論をえた。

1) 衝撃遷移温度は外周部から中心部に行くにしたがい高くなっているが、高圧ローター軸規格に対してはほぼ中心に近い位置まで満足する結果を示した。また胴部での試験方向による差異については軸方向と切線方向とは大した差異が認められないが、半径方向は前二者に較べると 10°C ~ 15°C 高い遷移温度を示した。しかしながらこの差異は外周部と中心部とでほとんど変化していない。これらの事実はこのローター軸の製造条件の適切であつたことを示唆している。

2) クリープラプチャー強度は軸方向が最も高く、半径方向、切線方向の順に低下しているがそれらの低下率は 5% ~ 10% 程度で小さい。切欠型試験片は平滑型に較べて短時間側で高く、長時間側で逆に低くなる傾向が認められた。軸内部は外周部よりもラプチャー強度は逆に高いが、破断後の伸び、絞りには逆に低くなっている。

文 献

- 1) 中野, 他: 鉄と鋼, 45 (1959) 3, p. 360.
- 2) 中野, 他: " 46 (1960) 3, p. 406.
- 3) 中野, 他: " 46 (1960) 10, p. 1342.

669.15174778-1942621.785.72620.172
 (131) Si-Mn 鋼における焼戻特性
 金属材料技術研究所 ○星野明彦

Tempering Characteristic of Si-Mn Steel.

Akihiko HOSHINO.

I. 緒 言

Si-Mn 鋼は従来より構造用鋼として利用されている

Table 1. Chemical composition of the steels tested.

Steels	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
Si-Mn	0.57	1.65	0.87	0.012	0.021	0.07	0.09	0.24
Plain C	0.56	0.35	0.82	0.013	0.013	0.18	0.10	0.28

が、この理由としては Si 添加によつて弾性限が比較的大きいことの他に、他の合金鋼に比べて安価であるという経済的優利のあるためである。前報¹⁾においてはこの Si-Mn 鋼を恒温変態処理した場合の機械的性質について研究を行ないその結果として低温での恒温変態処理によつてえられる機械的性質、特に降伏点および絞りはいちじるしく低下していることを認め、これは主として炭素原子の過飽和固溶による格子歪が原因であることを報告したが、この報告においては Si-Mn 鋼の焼戻過程における炭化物反応を普通炭素鋼における場合と比較し、Si-Mn 鋼の有する機械的特性を十分に発揮させるのに適した熱処理方法を指示せんとするものである。

II. 実験方法

1. 供 試 材

この実験に供した Si-Mn 鋼 (SUP 6) と普通炭素鋼 (S55C) の化学組成を Table 1 に示す。

2. 熱 膨 張 試 験

5mm φ × 80mm 試験片を 850°C 油焼入後、真空中において純鉄を標準片として 150°C/h の加熱速度で示差熱膨張試験を行なつた。

3. 焼戻による硬度変化

10 × 10 × 3mm の小試片を 850°C 油焼入後 300°C ~ 700°C の各温度において 100h にまでおよぶ焼戻処理を行なつてから硬度測定を行なつた。

4. 機 械 的 性 質

350°C ~ 650°C において 50°C 間隔の各温度で焼入後の焼戻を行ない、引張試験に供した。

III. 実験結果と考察

1. 熱 膨 張

Fig. 1 においては plain C 鋼と Si-Mn 鋼について

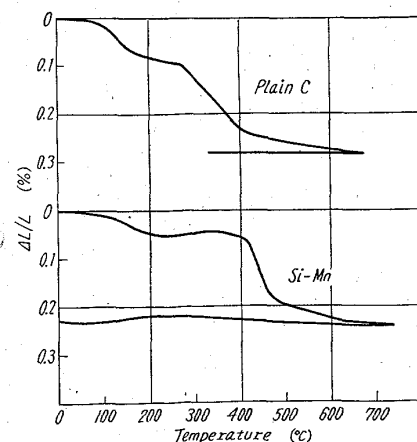


Fig. 1. Dilatometric changes.