

Fig. 3. Test results of surface reflections at each position and total directions of reflection.

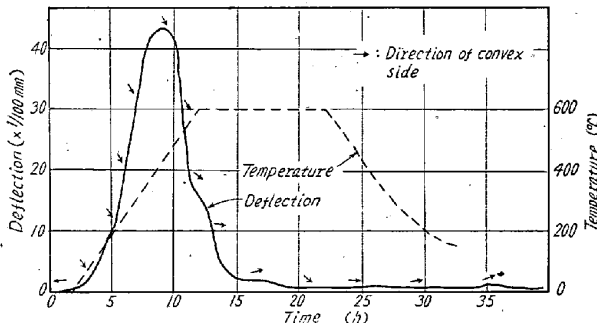


Fig. 4. Result of heat indication test, showing relations between deflections time and temperature.

(2) 加熱計測試験

反射能測定後、表面を十分に清拭した軸車について加熱計測試験を行なった (Fig.4)。この結果、昇温時 B-C 方向に最大 40/100mm の撓みを示し、この撓みは温度保持中に消滅し、降温時は撓みを殆んど示さなかつた。

IV. 実験結果の考察

最初に、反射能を測定して、その差が生じるということを考えてみると、軸車表面が熱的に黒いものは光源よりの光を多く吸収し、反射する光の量が少なく見掛温度として低い温度を指示しなければならず、逆に表面が熱的に白い方は高い温度を指示するはずである。熱的黒白の差は放射能の差と同様に考えられるから、反射能がより小さい方向に、試験時の撓みを生ずるはずである。

以上の結果、加熱計測試験の昇温時の撓み方向と軸車表面の反射能との関連性を調べてみると、撓みの方向と翼車頂部の反射能とはほぼ逆になっている。心棒表面の反射能についてはそれぞれに一定した方向性は認められず、したがって撓みの方向の予測はつけ難い。ここで、

心棒表面の反射能測定箇所 (Fig. 1 b, d, f および i) は翼車間にあり、この部分は翼車頂部あるいは広い面積を有する心棒表面 (例えば Fig. 1 e) より、より黒体条件に近いと考えられるので、軸車表面に放射能の差の因子があつても、試験時の撓みに直接影響しないと考えて省略すると、試験前測定した翼車頂部および心棒表面 (Fig. 1 e) の反射能の方向と撓みの方向はほぼ一致する。

ここで、翼車頂部の熱反射の方向は一定でなく、かなりのバラツキが見られ、明確な方向の予測は困難であつた。これは軸車が大型であるためさらに予測を困難にしたが、しかし反射の全体的な方向およびその量的推察により、B-C 方向あるいは B-C-D 方向の予測とほぼ一致した。

V. 結 言

加熱計測試験に於ける A 型撓みについて、常温の軸車表面の反射能を測定し、高温に於ける撓みの方向を予測する実験を行なった結果、翼車頂部ならびに広い面積を持つ心棒表面の反射能の方向と撓みの方向とはよく一致し、ほかの狭い面積の心棒表面の反射能とは一致しないものもあつた。

この結果、試験時の撓みの方向を予測するには、軸車表面の反射能を測定することにより、ある程度の方角を予測でき、とくに翼車頂部や広い面積の心棒表面などの反射能を測定するのも 1 つの方法であると思われるが、個々について未だ疑点があるので、それらについては今後の研究に待つべきである。

(144) タービン軸材の加熱計測試験における D 型撓みの成因について

日本製鋼所室蘭製作所研究所

工博 下田 秀夫・工博 小野寺 真作
徳田 昭・○相 沢・実

On the Cause of D-Type Deflection of a Turbine Shaft during Heat-Indication Test.

Dr. Hideo SHIMODA, Dr. Shinsaku ONODERA
Akira TOKUDA and Makoto AIZAWA

I. 結 言

タービン軸車の安定な運転を保証するために、最近加熱計測試験が重要視されるようになったのは周知の事実である。しかし、本試験に関するトラブルは必ずしも完全に解決しておらず、従来の研究結果に対する筆者らの

疑問点とその批判は既に述べたり、また本試験中における被試験軸材の挙動が本質的に解明されていないため、試験条件をいたずらに厳格にし、無用のトラブルを招いている点もないわけではない。筆者らはさきにA型、C型およびD型たわみは軸材表面の非軸対称な thermal emissivity が原因で出現することを示した²⁾。本報では、Timo³⁾らが示した“D型たわみの成因は軸材内部の本質的欠陥にある”という主張に対する追試と考察を中心に述べ、D型たわみの本質を明らかにする。さらにD型たわみはタービン軸材としての欠陥とは考えられず、むしろ1930年代から実施されてきた現在の試験方法が妥当でないことを明らかにする。

II. 熱伝導率測定実験法およびその供試材

熱伝導率は Fig. 1 に示す装置を使用し、比較法にて測定した。本実験では精度をあげることに重点をおき、とくに温度および試片の寸法などは細心の注意をはらって測定した。また試料と標準試片の接合部は Fig. 1 および Photo. 1 に示すような形状に加工し、ウッドメタルを充填し、空気層ができることを防ぎ、対流による熱の損失や熱抵抗を減少せしめた。このような諸点を考慮することによつて実験精度は結果的に ±1.3% 以内に行うことができた。

Table 1 に試料および標準試片の化学成分を示す。標準試片 P-1 は 0.29% 炭素鋼、試料 VMC は 1%

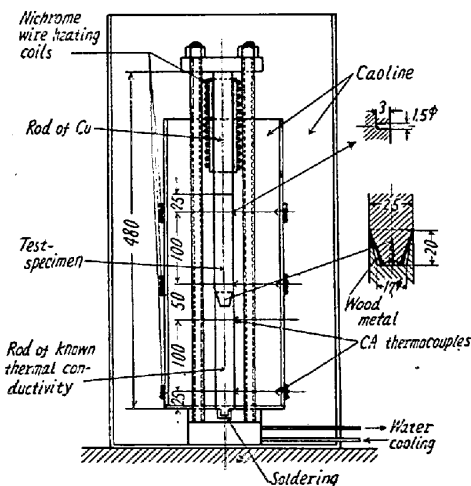


Fig. 1. Apparatus for determination of thermal conductivity by comparative method (Longitudinal heat-flow method).

Table 1. Chemical compositions of standard material and test specimen.

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V
Standard material, P-1	0.29	0.20	0.51	0.012	0.006	0.10	0.05	0.17	0.02	—
Test specimen VMC	0.30	0.35	0.80	0.017	0.019	0.45	1.06	0.18	1.18	0.25

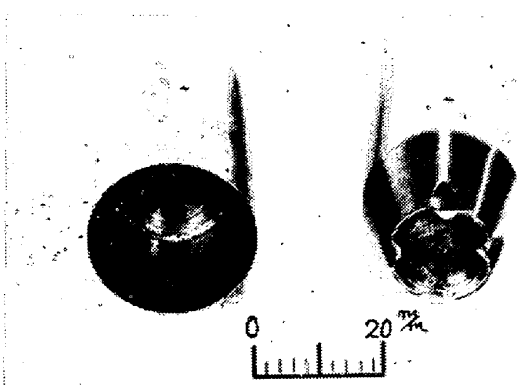


Photo. 1. Outlook of connecting parts of standard and test rods.

Cr-1% Mo-V 鋼で後者は発電機用の高圧および中圧タービン軸車用として現在使用されている材質である。

標準試片の熱伝導率としては ASM の Metals Handbook⁴⁾ から 0.23% 炭素鋼のそれを引用して用いた。標準試片は焼鈍して試験に供し、また測定する試料の 1% Cr-1% Mo-V 鋼は焼入し (1000°C × 1 h, O. Q.), 625, および 675°C の各温度に 1, 10 および 200 h のテンパを実施し、これらの熱伝導率を測定した。

III. 熱伝導率測定結果

熱伝導率の測定結果を Fig. 2 に示す。同図から明らかごとく、焼戻し温度が 50°C 上がると熱伝導率は 4~5% 増加する。また焼戻し時間が 1 h から 200 h まで増加すると熱伝導率もほぼ直線的に増加し、約 6% 上昇する。

IV. 偏テンパしたモデル軸の加熱計測試験結果

加熱計測試験時に現われる D 型撓みの成因として、

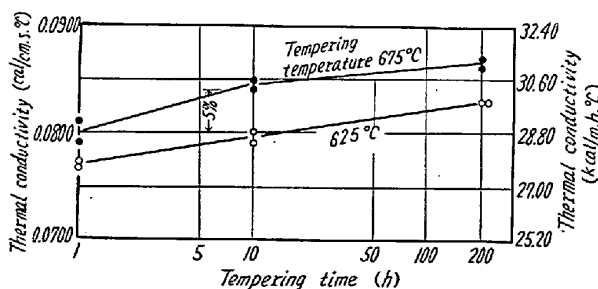


Fig. 2. Variation of thermal conductivity of 1% Cr-1% Mo-V steel at different tempering temperatures and with tempering time.

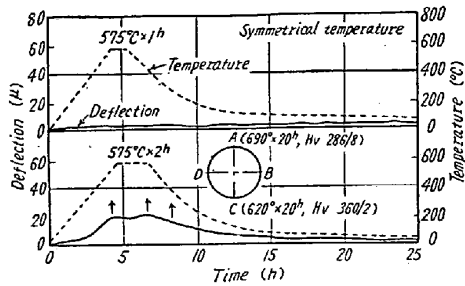


Fig. 3. Deflections due to asymmetric tempering.

TIMO らは別に紹介したように¹⁾非軸対称な熱伝導率の差をあげている。これに対し筆者らは高圧タービン軸車と同じ材質 (1% Cr-1% Mo-V 鋼) でモデル軸²⁾を作製し、これを用いて加熱計測試験³⁾を行なった。すなわち、正常な焼入、焼戻しを施したモデル軸で試験し、撓みが現われないことを確認した後、このモデル軸にA側は 690°C×20 h, C側は 620°C×20 h (ただし、表面温度) の偏テンパを施し、非軸対称な材質的差異を与えた。この時のA側とC側の硬度はそれぞれ Hv: 286~288 および Hv: 360~362 であつた。このモデル軸で毎時 120°C の昇温、降温速度で加熱計測試験を行なった所、C型撓み (A 方向に凸で大きさが 20 μ) のみが現われD型は現われなかつた。この結果を Fig. 3 に示した。

V. 考 察

TIMO らは D 型たわみを示す軸材の熱伝導率は昇温時に凸にたわんだ側が凹にたわんだ側より 2~2.5% 位大きいという実験結果を示し、この差は D 型たわみを起すに十分な大きさであると主張している。しかし、具体的にどのような組織的非軸対称性があるのか示していない。

偏テンパしたモデル軸では A 側 (凸) と C 側 (凹) の焼戻し温度は 70°C の差があるので、熱伝導率の測定結果から考えると、A 側の熱伝導率は C 側のそれより少なくとも 5% 以上高いものと考えられる。この時 TIMO らの説によるならば当然 D 型撓みが現われ、しかも昇温時には A 側が凸に撓みまた降温時には C 側が凸に撓むはずである。しかし上記のモデル軸による試験の結果 D 型撓みが現われなかつたことを考えると TIMO らが主張する D 型撓みの成因としての熱拡散率説は極めて疑わしいものと考えざるを得ない。また筆者の工場において経験する D 型たわみは、焙りなどの熱処理を実施することなく、軸材表面を清浄に機械的方法にて改善するのみで、完全に例外なく消滅するのである。以上の諸点を考慮すると現在の加熱計測試験において現われる D 型撓みは軸

材材質上の欠陥ではなく、加熱計測試験時に存在する、あるいは発生する軸材表面の熱的黑さの不均一が原因であると考えられるのである。したがつて、タービン稼動中の条件とは全く異なるところの 800~1000°C のニクロム線より主として輻射によつて加熱する現行の加熱計測試験条件のもとで、はじめて D 型撓みは出現するものであり、具体的にどのような素因が軸材表面の熱的性質の不均一の原因になるかは、改めて報告する。また、現在比熱の測定を実施中であるが、上述の諸考察を根本から覆がえすほどの影響はないと思われることを附云する。

VI. 結 言

高圧タービン軸材 (1% Cr-1% Mo-V 鋼) の焼戻し温度と時間を変えた場合の熱伝導率を測定し、焼戻し温度が 50°C 上昇すると熱伝導率は 4~5% 増加することを明らかにした。また焼戻し時間が増加すると熱伝導率も高くなることを確かめた。また偏テンパしたモデル軸による加熱計測試験結果、C 型のみしか現われないことを考え合せると、D 型撓みの成因は TIMO らが主張する熱伝導率の差によるものではないことが明らかとなつた。したがつて D 型撓みの原因は軸材表面の非軸対称な輻射能の差によるものと考えられる。

文 献

- 1) 下田, 他: 日本機械学会誌, 64, 507 (1961), 4, 621.
- 2) 下田, 他: 鉄と鋼, 47 (1961), 4, 591.
- 3) D. P. TIMO, D. F. PARENT: ASME Paper No. 58-A-270.
- 4) ASM, Metals Handbook, (1958), p. 314 ASM.

(145) 脆性亀裂伝播停止遷移温度を求め一方法について

日本海事協会技術研究所

工博 阿部 三郎

On a Method to Obtain Crack-Arresting Transition Temperature.

Dr. Saburō ABE

I. 緒 言

脆性亀裂伝播停止遷移温度の試験法としては Robertson¹⁾, double tension²⁾ などの方法があり、これらは優れた方法であると高く評価されている。しかしこれらのいづれの試験にも 300~500 t の容量の大型抗張試験機が必要であること、試験板が大型であること、試験になかなか手数がかかること、試験の費用がかさむことなど