

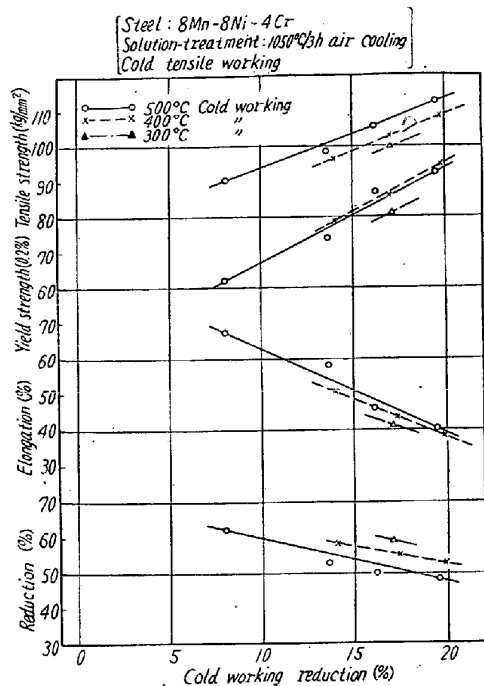


Fig. 2. Effect of cold-working temperature.

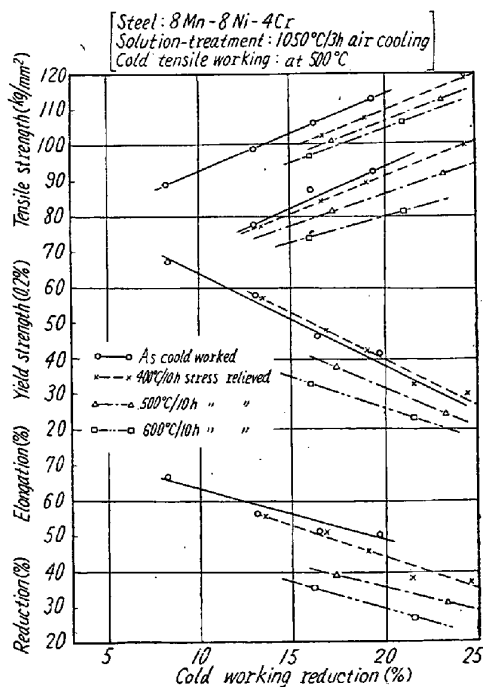


Fig. 3. Effect of stress-relieving after cold working.

間加工後の歪取焼鈍による影響は、加熱温度が加工温度よりも低い場合にはあまり変化は認められないが、加工温度ないしそれ以上になると強度、伸び、絞り、いずれも若干低下する傾向を示した。(Fig. 3) Fig. 4 は冷間圧縮加工した場合の加工硬化性を示したもので、18Mn-4Cr 鋼は 8Mn-8Ni-4Cr 鋼にくらべて硬化性が小さい。圧縮加工の場合は引張加工の場合よりも硬化性の

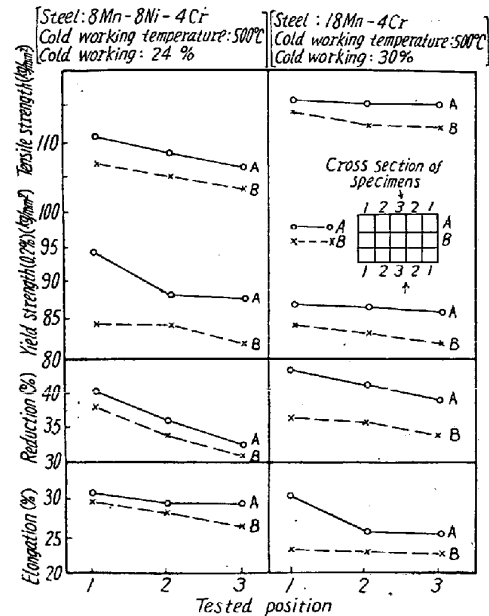


Fig. 4. Effect of cold-press working on mechanical properties.

小さい傾向が認められた。

V. 結 言

1) 冷間加工硬化性は 8Mn-8Ni-4Cr 鋼がもつとも大きく、14Mn-6Ni-4Cr 鋼がこれにつぎ、18Mn-4Cr 鋼がもつとも小さい。

2) 冷間加工温度の影響としては 300~500°C の間では温度が高くなるほど加工硬化程度が大きくなる。一方温度が高くなると加工中にカーバイトが粒界に析出して脆化する傾向にある。

溶体化温度からの冷却速度は 8Mn-8Ni-4Cr 鋼ではあまり影響しないが、18Mn-4Cr 鋼では水冷材は空冷材にくらべて、より低温で高い加工硬化を示す。

(137) タービンローターの熱変形試験の経験的考察

三菱製鋼長崎製鋼所

○渋谷勝美・松永和之・石井千秋

Experimental Consideration for Stability Tests of Turbine Rotors.

Katsumi Shibuya, Kazuyuki Matsunaga and Chiaki Ishii.

I. 緒 言

タービンローターの熱変形試験を 1954 年末より実施してきたが、1960 年はじめまで 5 年間 484 本の結果がまとまったので経験的結果を報告する。

II. 熱変形の変形様式について

変形の様式を Fig. 1 のごとく分類した。

- a) G型 (良型)
- b) A型 (プレーキ型)
- c) B型 (残留歪型)
- d) C型 (温度に比例して変形する型)
- e) D型 (フレ反対型)

以上の分類にしたがつて統計分類をおこなったがG型にA, C, D型が傾向的に含まれているわけであるが, はつきり傾向のわかっているものはおのおのの型にふくませることにした。

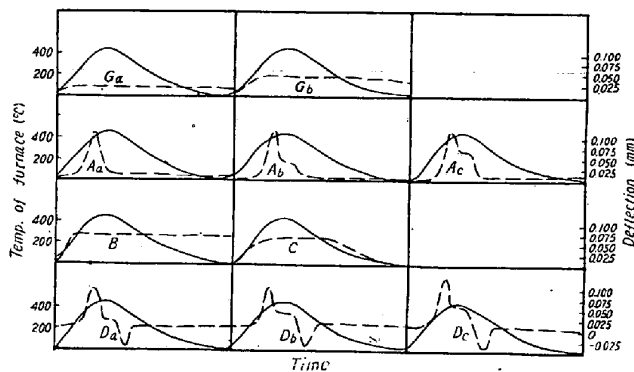


Fig. 1. Deflection types.

III. 分類の統計的結果

歪取焼鈍 (SRと略記) 後熱変形をおこなったものとSRを省略したものとは別々の統計にした。また荒削加工後測定したものと本仕上加工後測定したものととは別にした。

- 1) 435 本のSR後荒削時の第1回計測

Table 1. Frequency of Various Deflection (after SR).

	Ga	Gb	Aa	Ab	Ac	C	Da	Db	Total
%	261 60.0	119 27.4	5 1.1	5 1.1	1 0.2	25 5.8	16 3.7	3 0.7	435pice 100%

- 2) 重量別分類

上記 435 本を

- 大型 荒削重量 8t 以上
- 中型 4~8t
- 小型 1~4t
- 極小型 1t 以下

に分けて各型の頻度を示したものが Fig. 2 である。

- 3) 成分別分類

ローターをおおよそ 5 鋼種にわけて分類したものが Fig. 2 である。

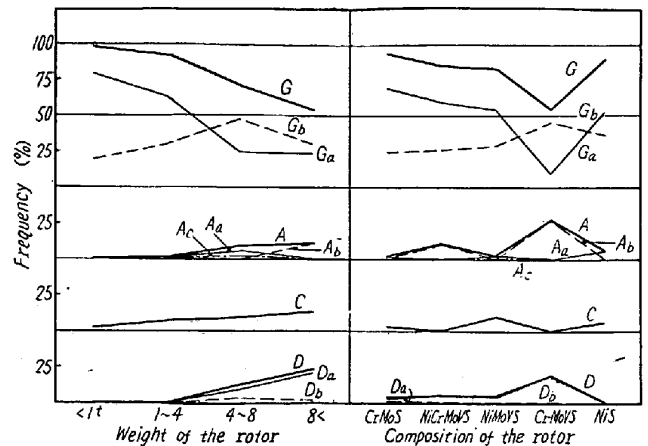


Fig. 2. Frequency of various deflections (weight and composition)

- 4) SR施行せずに計測したもの。

おもに船用発電機タービンローターである。

Table 2. Frequency of various deflection (Without SR).

	Ga	Gb	Aa	Total
%	35 71.4	10 20.4	4 8.2	49pice 100%

- 5) 荒削後と本仕上後の比較

Table 3. Comparison of finish-machined and rough-machined rotors.

F. T	Ga	Gb	Aa	Ab	Ac	C	Total
R. T							
Ga	18	13	8	1			40
Gb	1	7	7	1			16
C		1		1	1	1	4
Da	1		1	1			3
Db		1					1
Total	20	22	16	4	1	1	64pice
%	31.1	34.3	25.0	6.4	1.6	1.6	100%

- 6) 異常変形の例

第1回計測後第2回計測またはSR後第2回計測をおこなったものを例示すると

- a) A型

Table 4. Examples of A Type.

	1st	2nd		1st	SR	2nd
Exp. 1	Ab	C	Exp. 5	Ab	//	Gb
2	Ab	Gd	6	Ab	//	Aa
3	Aa	Ga	7	Ac	//	Ab
4	Ab	Ab				

b) C型

Table 5. Examples of C type.

	1st	SR	2nd		3rd
Exp. 1	C	//	Ga		
2	C	//	Gb		
3	C	//	C		
4	C	//	C	Re-heat	C
5	C	//	C	SR	C

c) D型

Table 6. Examples of D type.

	1st		2nd		3rd
Exp. 1	Da		Da		
2	Da	SR	Gb		
3	Da	SR	Gb		
4	Da		Da	SR	Gb

IV. 各形式の原因についての考察

a) A型

WEAVER は 1941 年すでにこの原因を加工の影響にもとめており、CAPLAN らも熱変形の基本型式を分類するにあたり、この原因を表面の形響にもとめることができるのとべている。BARKER はこの型は一時的のもので表面からの emissivity variations と lack of black-body conditions によつて説明できるとしている。

統計の結果

- i) 加工後 SR を施行しない場合の A 型の出現率増加
- ii) 仕上加工後の試験では荒削時の試験結果とは無関係に A 型の出現率が非常に高く、またその曲りの方向も荒削時とは無関係である。
- iii) この A 型を示したものは 2 回目の計測を行うとこにより 100% 近くよくなっていること、また治癒しなくても SR を施せば完全に治癒されることが予想される。

これから上記原因の考察はたしからしいことが裏づけられるわけで、加工による表面の塑性変形の非対称的な不均一性が原因となつて emissivity variation を起し加熱中に大体治癒されるものと想像される。この治癒される温度は大体 400~450°C であるが材質的に差異があるようにおもわれ 500°C あるいはそれ以上でなければ治癒の効果があらわれないものもある。

b) B型

熱処理にともなう残留応力が加熱により除去され曲りはそのまま永久歪として残留する。

c) C型

SCHINN は非対称的偏析すなわち鍛造品の軸と鋼塊軸

の不一致、また非対称的組織分布に起因する熱膨張の非対称によるとのべており BARKER および JONES もこの原因は材質に起因すると見て、最大の膨張を起した側とその反対側から試験片を採取し膨脹係数の差異を見出している。この差異は偏析によつて説明するには大きすぎるとし、パーナイト変態（膨脹係数が高い）したものとパーライト変態（膨脹係数が低い）したものの差と説明した。そして組織の差異とともに熱処理のすべての段階においてその温度を均等に保持するようにして再熱することにより矯正できるとしている。当所統計の結果は

i) C 型がもつとも矯正困難であり、SR しても依然として C 型の傾向を示している。

ii) 再熱処理をほどこして SR しても C 型で計測値が小さくなるのみである。

iii) C 型の出現率は大型になるほど大きい点は A 型 D 型と同様である。

iv) Ni の多い Ni-Mo-V 鋼に C 型の出現率もつとも高い。また当所の膨脹係数の測定結果では大した差異は認めにくく Ni の多い Ni-Mo-V 鋼に C 型の多いことは BARKER らののべた変態の差異のみによつては説明できない。

d) D型

従来 A 型と同一視され表面の熱輻射能の不均一に帰せられている。この型が A 型と異り昇温時と降温時のフレが逆であり、表面の熱輻射能が円周方向に不均一というだけで起り得うことは日本製鋼下田氏なども認めている。これ以外に当社河合氏は残留応力の非対称的な分布によつても同様な挙動の起り得うことを理論的に解明している。

統計結果から見れば

- i) D 型は大型になるほど現れやすい。
- ii) Cr-Mo-V 鋼における出現率もつとも高い。
- iii) 仕上品に D 型は出現していない。

SR におけるスケール付着の差異により熱伝導度の不均一を生じたものとも考えられるが、SR 後機械加工してもやはり D 型を示すものがある。また SR により完全に治癒した例も多い。以上より D 型の原因は

i) 残留応力の非対称的分布

ii) 表面状態（スケール、油付着など）の不均一による熱伝導度の差異

iii) 材質的な熱輻射能の不均一

などが考えられるが、ii) の原因は A 型とほぼ同一原因であるが、ただその頑固さのために試験中の加熱のみではブレーキが起らず SR によつて治癒されるものである

う。

i) の原因についても SR の繰返しにより残留応力を極力除去してやれば治癒される。

D型の中にはSRによつてもなかなか治癒しにくいこともあるのでその原因をiii) 材質的な不均一に帰したが今後の研究にまつべきである。

(138) Cr-Mo 鋳鋼のファイアクラック特性

(ファイアクラックの研究—Ⅲ)

日本製鋼所室蘭製作所 渡 辺 十 郎

Fire-Cracking Characteristics of Cr-Mo Cast Steel.

(Studies on the fire-cracks-III)

Juroh Watanabe.

I. 緒 言

筆者は筆者らの考察した繰返し加熱冷却試験装置をもちいて、種々の鉄鋼材料のファイアクラック特性について試験研究を進めており、その結果の一部はすでに報告した¹⁾²⁾。本報はその第Ⅲ報として、分塊圧延用ロールとしてもちいられている Cr-Mo 鋳鋼のファイアクラック特性について、その靱性との関連を主として報告する。

II. 試 験 方 法

繰返し加熱冷却試験装置³⁾において上設定温度を 600°C とし、1000 回の繰返し加熱冷却を試験片表面に与え、発生したクラックの数、深さを測定した。そうしてファイアクラック特性として、直径 30mm の円に接して切断した縦断面で測定された、クラックの数 n 、総深さ Σh 、平均深さ $\bar{h}$ 、最大深さ h_{max} および深い方から 10本のクラックの深さの和 $10h$ を求めた。これらの特性値の中で、材料のファイアクラック抵抗を良く示しているのは、 h_{max} と $10h$ である。なおクラックの測定は倍率 50 倍でおこない、特性値として、読み取った数値をそのままもちいた。したがって深さの単位は 1/50 mm である。

III. 試験結果とその検討

1. C 含有量が 0.54~1.23% で Cr を約 1%, Mo を約 0.4% 含有する Cr-Mo 鋳鋼で、室温における U ノッチシャルピー衝撃値とファイアクラック特性 h_{max} および $10h$ の関係は Fig. 1 のとおりで、両対数目盛ではほぼ直線的関係がある。このように靱性とファイア

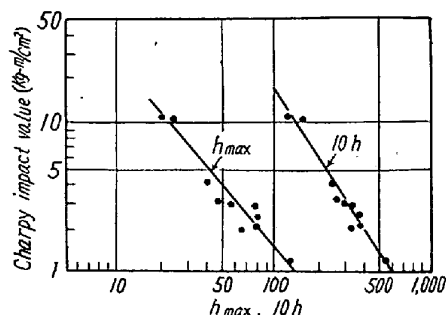


Fig. 1. Relation between fire-crack characteristics and Charpy impact value of Cr-Mo cast steel.

クラック特性の間に密接な関係があることから、つぎの種々の実験結果も説明できる。

1) 炭素含有量とファイアクラック特性の関係

Cr を約 1%, Mo を約 0.4% 含有し、C が 0.5~1.2% の小型鋳鋼試験片 (金型に鋳込んだ 2.7 kg 鋼塊) について、球状化焼鈍を施したもののファイアクラック特性は、Fig. 2 のとおりで、低炭素含有量のほどクラックが浅く良い特性を示す。

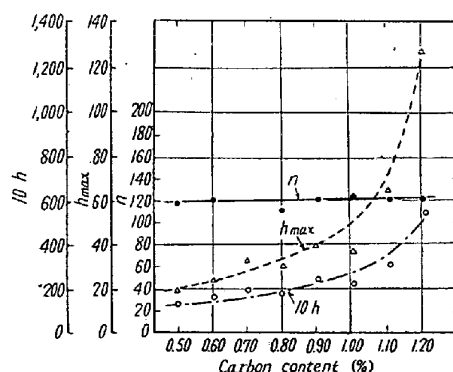


Fig. 2. Relation between fire-crack characteristics and carbon content of Cr-Mo cast steel (with a spheroidized structure).

2) 顕微鏡組織とファイアクラック特性の関係

C 0.92%, Cr 0.99%, Mo 0.39% の試験片を焼準し、続いて 625, 725, 800 および 875°C で焼鈍すれば Fig. 3 のとき顕微鏡組織が得られた。この中で 800°C で焼鈍した球状炭化物組織のものがもつとも良いファイアクラック特性を示した。また初析セメンタイトの顕著な過共析鋼は、ファイアクラック特性が悪い。

3) 鍛造にともなうファイアクラック特性の変化

鍛造にともなうファイアクラック特性の変化は、鍛造にともなう靱性の変化と同様の傾向を示す。すなわち、Fig. 4 は、直径 1,060mm の分塊ロール (レードル分析値: C 0.92, Si 0.41, Mn 0.94, P 0.010, S 0.021,