

Fig. 4. Rupture time vs. minimum creep rate.

試料に比して、より危険であるといえよう。

4. 結 言

蒸気タービン軸用 Cr-Mo-V 鋼のクリーブ破断強度におよぼすオーステナイト化温度からの冷却速度の影響をみるため、冷却速度を2種類に変えて上ベイナイト組織および下ベイナイト組織の試料を作成し 550°C で平滑および切欠ラプチャー強度を比較し、次の結果を得た。

- (1) 平滑試験片のラプチャー強度は上ベイナイト組織の方が高い。
- (2) 切欠ラプチャー強度は冷却の早い下ベイナイト組織の方が高く、上ベイナイト組織では切欠劣化が生じた。
- (3) タービン軸車においては平滑ラプチャー強度はもちろん重要であるが、軸車の表層部を考える場合には切欠ラプチャー強度の方を重視すべきであり、この点から、軸材の冷却は表層部の組織として下ベイナイトを狙った冷却を行なうべきと考える。

文 献

- 1) F. E. WERNER, T. W. EICHELBERGER & E. K. HANN: Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 376
- 2) M. H. JONES, D. P. NEWMAN, G. SACHS & W. F. BROWN Jr.: Amer. Soc. Metals, 47 (1955), p. 926
- 3) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1892
- 4) 佐々木: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1899
- 5) H. G. A. BATES & K. A. RIDAL: International Conference on Creep, 1 (1963), p. 1-99
- 6) G. J. P. BUCHI, J. H. R. PAGE & M. P. SIDEY: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 203 (1965), p. 291
- 7) 佐々木: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 975
- 8) R. M. GOLDHOFF & L. B. BARKER: Amer. Soc. Test. Mat., 62 (1962), p. 1176

(166) 12Cr鋼の機械的性質におよぼす 焼入時の冷却速度の影響

東京芝浦電気, 中央研究所

工博 三戸 暁・工博 吉田 宏
 “ タービン工場 ○金 沢 暎

Effect of Cooling Rates in Quenching after Austenitizing on the Mechanical Properties of 12% Chromium Steel.

Dr. Satoru MITO, Dr. Hiroshi YOSHIDA and Ei KANAZAWA

1. 緒 言

蒸気タービン用羽根の素材として製造する 12Cr 鋼は、しばしば焼入速度の差によつてカタサや機械的性質が影響されることがある。たとえば、長さ1500~2000 mm程度の圧延鋼材の場合、焼入時に生ずる変形のため真直度が得られぬなどの理由で衝風焼入処理が行なわれることがあるが、このような処理や不均一な油焼入処理などを行なうと、鋼材全体に均一な冷却速度が期待できず機械的性質の差異を生ずる危険性がある。

蒸気タービン用羽根はこのような長い鋼材から 50~200 mm の鋼片に切断して加工されるので、素材の機械的性質、特に破断強さの均一性が強く要求される。そこで本報告では羽根材料として広く使用されている 12Cr 鋼の焼入時の冷却速度の機械的性質に与える影響を確かめ、あわせて衝風焼入について検討した結果を報告する。

2. 供試材料ならびに実験方法

供試材料は 500 kg 高周波電気炉で溶製し、造塊後真空アーク式消耗電極炉で再溶解した。この鋼塊を熱間圧延で 35×55×2000 mm に整形したものを使用した。この化学組成を Table 1 に示す。

この鋼材をそれぞれ 55 mm に切断し、980°C×1hr のオーステナイト化処理後、約 5000, 2000, 1000, 500, 300, 100, 10 および 5°C/hr の冷却速度で冷却し、その後 660~670°C×3hr の焼モドシ処理後大気放冷した。他の鋼材は 950°C で 1hr 保持後、炉中に積み重ねた 5 本の鋼材を炉外に引き出し、それぞれ 600 m³/min, 1200 m³/min の風量のファンで 1000 mm 離れた位置より冷却後、上述の試料と同様に 660~670°C×3hr 大気放冷の焼モドシ処理を行なつた。熱処理後、鋼材全長について約 100 mm 間隔でブリネルカタサを測定し、異なるカタサを示す 6 つの集団に分け、常温機械的性質ならびにクリープラプチャー強サの測定を行なつた。

Table 1. Chemical composition of specimen.

	C	Si	Mn	P	S
%	0.11	0.41	0.42	0.024	0.008
	Cr	Ni	Mo	Sn	Al
%	11.7	0.25	0.17	0.004	0.010

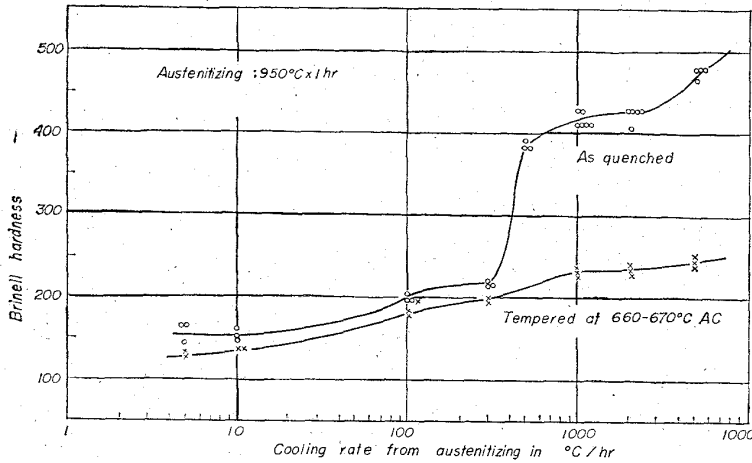


Fig. 1. Effect of heat treatment on hardness.

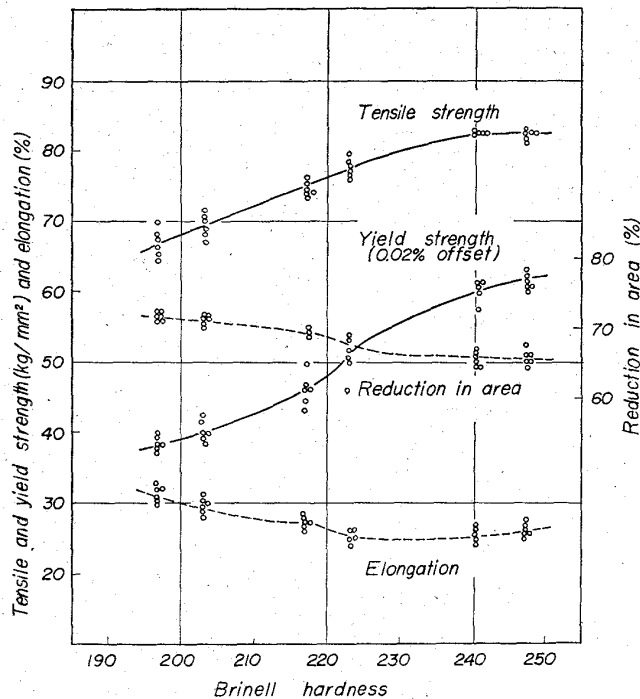


Fig. 2. Relation between hardness and tensile property.

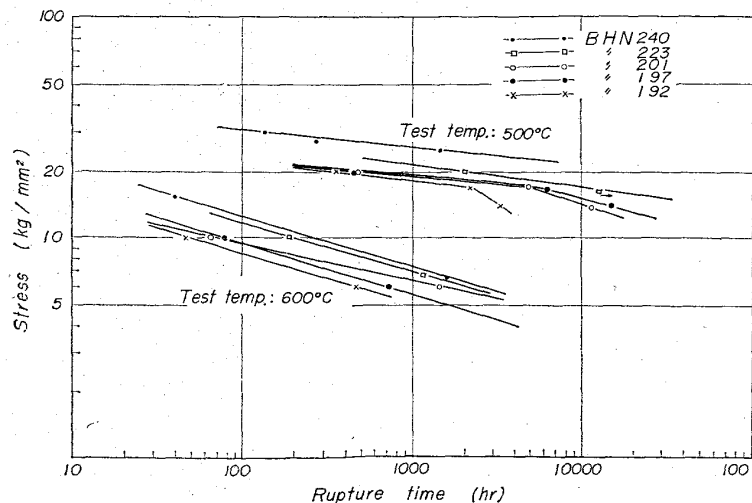


Fig. 3. Creep-rupture curves of each hardness of 12Cr steel.

3. 実験結果と考察

3.1 熱処理カタサと組織

オーステナイト化処理後、冷却速度の異なる処理を行なった試料の焼入後および焼モシ処理後のカタサを Fig. 1 に示す。すなわち急冷した(約1000~5000°C/hr)ものの焼入カタサは BHN 420~480 を示し、500°C/hr 以下の速度ではいちじるしいカタサの低下を示す。またこれを焼モシ処理をすると冷却時の冷却速度が約1000°C/hr 以上では BHN 241~250, 500°C/hr, 300°C/hr, 100°C/hr ではそれぞれ BHN 234~241, 210~221, 194~207 のカタサを示した。

一方、衝風焼入を行なった長い試験鋼材のカタサの分布を調査したところ、送風量が 1200 m³/min では焼入カタサは BHN 388~401, 焼モシ後は BHN 241~255 で、500°C/hr 以上の速い冷却速度で冷却されていることが推測される。しかし、600 m³/min の風量では焼入カタサは BHN 352~415, 焼モシカタサ BHN 212~241 で約 500°C/hr の速度で冷却されたであろうことが推察される。

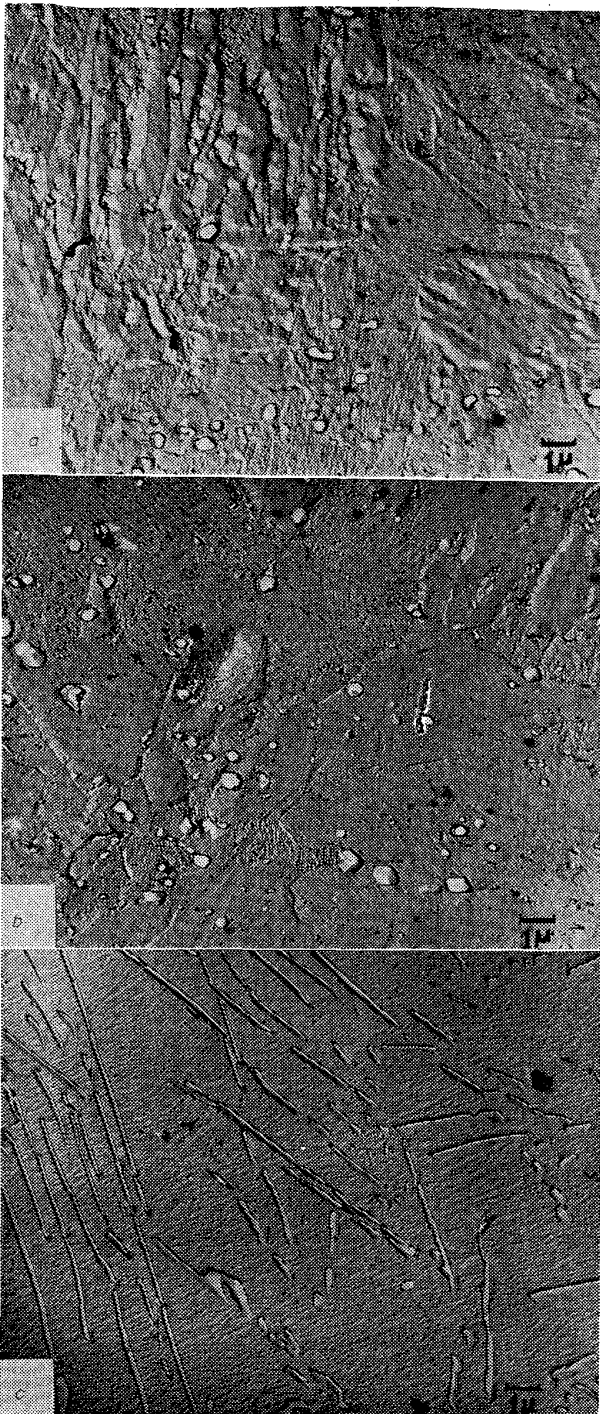
Photo. 1 は油冷・100°C/hr 冷却・および 10°C/hr 冷却の電子顕微鏡組織を示す。この組織より油冷(約 2000°C/hr)のものは炭化物が細かく分散し、冷却速度が遅くなると炭化物が大きく凝集していて機械的性質、特に強度の劣化が予測できる。

3.2 常温の機械的性質

冷却速度の異なる焼入処理をした試料と衝風焼入した試料より 6 つのカタサ集団に分けたものより常温の引張試験を行なった。この結果を Fig. 2 に示すが、衝風焼入によつて分けた各集団のカタサは焼モシ処理をしたもので、BHN 248~255, 235~241, 223, 219, 201, および 197 の集団に分け、各集団より引張試験を行なったが、引張試験前後さらにカタサを確かめている。本図よりカタサが上昇すると強さが増すが BHN 241 以上では引張強さはほぼ一定の値をとる。一方、引張強さと降伏強さを比較すると、引張強さの低下の度合に比し降伏強さの低下の大きいことが判るが、これは焼モシマルテンサイトと焼モシパーナイトの差に起因するものと考えられる。また BHN 200 以下で伸びの上昇の大きいのはフェライトの析出によるものと考えられる。

3.3 ラプチャー強度

機械的性質と同様にカタサと異なる集団の試料よりラプチャー試験片を採取し、試験温度 500 ならびに 600°C, 荷重 6~20 kg/mm² でそのラプチャー強度を求めた。Fig. 3 はこの試験結果を示したものであるが、本図より、各カタサの試験値に大きな差は認められないが、カタサの最も高い BHN 241 のものもつとも高いラプチャー強度を示し、順次カタサの低下と共に強度も低下する。BHN 201 以下のものは、差異の認められない点もあるが、これらについては現在さらに長時間の試験を行なっているため、この結果を待ちたい。このようにカタサの低下と共にその顕微鏡組織より解るようにカタサの高いものの組織は炭化



a) Oil quenched b) Cooled at 100°C/hr
c) Cooled at 10°C/hr

Photo. 1. Electron microscopic structures of specimens cooled at each rate from 950°C.

物の細かな分散が認められ、カタサが低下すると炭化物の粗大凝集が認められることより、これら炭化物の大きさ分布がラプチャー強度を支配するものと推察できる。

4. 結 言

12Cr 鋼は焼入時の冷却速度の差によつて常温の機械的性質や高温ラプチャー強度に影響することが解つた。以上の結果を総括すると次のようになる。

(1) 焼入時の冷却速度が水および油冷のように極めて早いものであれば常温の機械的性質、高温ラプチャー強度が優れている。

(2) 長い圧延鋼材を衝風焼入すると、その冷却速度は 300~1000°C/hr 程度で冷却される可能性があり、冷却風量が十分多い場合は水または油焼入処理のものに近い常温ならびに高温の機械的性質を示すが、冷却風量が少ない場合はフェライトの析出も認められ、機械的性質を劣化せしめる。特にこの劣化現象は 500°C/hr 以下の遅い冷却速度の時にいちじるしい。

(3) 衝風冷却処理を止むを得ず行なう時は、各部の冷却速度を測定し、1000°C/hr 以上の冷却速度が得られるように配慮すべきで、このような配慮がなされないタービン羽根の素材としての適用は避けるべきであろう。

(167) 15Cr-15Ni 系および 17Cr-14Ni 系オーステナイト鋼の高温強度におよぼす Bi および B の影響

(オーステナイト耐熱鋼の研究—II)

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・幡谷文男・○福井 寛

Effect of Bi and B on High Temperature Strength of 15Cr-15Ni and 17Cr-14Ni Type Austenitic Steels.

(Study on austenitic heat resisting steels—II)

Ryōichi SASAKI, Humio HATAYA and Yutaka FUKUI.

1. 結 言

先に 17Cr-12Ni-2Mo 鋼に微量の Bi を加えると著しくクリーブ破断強度が改善され、さらに B を加えると一段とクリーブ破断強度が向上し、破断時の伸び、絞りも著しく改善されることを見出した。Bi 添加がより高級な耐熱鋼の強度改善に有効であるか否かを明らかにするために、16.5Cr-15Ni-1.5Mo-1.3W-1.0Nb 鋼および 17Cr-14Ni-3Cu-2.5Mo-0.6Nb-0.2Ti 鋼に、Bi 単独および Bi と B の複合添加を試み、高温特性におよぼす影響を調べた。

2. 試料および実験方法

試料は高周波溶解炉で 8~10kg 溶解した。Table 1 は試料の化学組成を示す。16.5Cr-15Ni-1.5Mo-1.3W-1.0Nb 鋼 (以下 15Cr-15Ni 系という) に、Bi 0~0.10%, B 0~0.12%, および 17Cr-14Ni-3Cu-2.5Mo-0.6Nb-0.2Ti (以下 17Cr-14Ni 系という) に、Bi 0~0.06%, B 0~0.04% 添加した。鍛造後 1100°C × 1hr 加熱水冷の溶体化処理をほどこし、700°C および 750°C でクリーブ破断試験を行なつた。破断後の試験片を用いて Bi の挙動を知るために組織および析出相の検討を行なつた。

3. 実験結果

Fig. 1, Fig. 2 は 15Cr-15Ni 系および 17Cr-14Ni 系の 10³ hr と 10⁴ hr 強度を棒グラフで示したものである。

Fig. 1 より 700°C, 10⁴ hr クリーブ破断強度をみる