

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 10<sup>3</sup> hr と 10<sup>4</sup> hr 強度を棒グラフで示したものである。

Fig. 1 より 700°C, 10<sup>4</sup> hr クリーブ破断強度をみる

Table 1. Chemical composition (%) of specimens.

15Cr-15Ni type										
Steel No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Nb	Bi	B
0	0.12	0.36	1.84	15.70	17.15	1.25	1.17	1.05	—	—
1	0.13	0.37	1.82	15.80	17.60	1.11	1.71	1.19	—	0.06
158	0.11	0.52	1.75	15.05	16.85	1.21	1.73	1.14	0.03	—
160	0.11	0.50	1.66	15.70	16.85	1.22	1.46	1.23	0.05	—
163	0.10	0.51	1.31	15.35	16.08	1.27	1.47	1.29	0.06	—
164	0.10	0.54	1.64	15.60	17.18	1.37	1.43	1.11	0.06	0.06
165	0.10	0.55	1.52	15.40	17.12	1.14	1.49	1.15	0.09	0.10
166	0.10	0.55	1.69	15.19	17.15	1.11	1.54	1.13	0.09	—
167	0.10	0.58	1.61	15.42	17.08	1.22	1.50	1.17	0.09	0.06
168	0.10	0.57	1.30	15.30	17.29	1.29	1.46	1.20	0.08	0.11

17Cr-14Ni type											
Steel No.	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Bi	B
C0	0.14	0.41	0.82	4.72	14.90	16.60	2.66	0.02	0.09	—	—
C2	0.11	0.31	0.74	3.28	13.65	16.50	2.29	0.53	0.15	0.04	—
C4	0.13	0.52	0.73	3.28	13.60	16.58	2.26	0.59	0.17	0.05	0.04
C5	0.12	0.45	0.71	3.18	13.50	16.05	2.26	0.35	0.17	0.05	—
C6	0.13	0.53	0.72	3.26	13.64	16.47	2.29	0.61	0.19	0.06	—

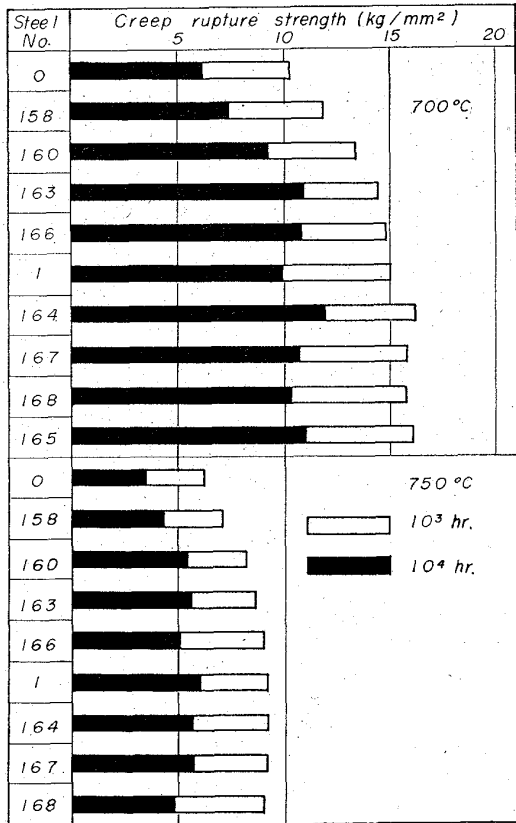


Fig. 1. Creep rupture strength of 15Cr-15Ni type.

と Bi 単独の場合 (No. 0~166) No. 163 の Bi が 0.06% までは Bi の増加とともに 6.1 kg/mm<sup>2</sup> から 10.9 kg/mm<sup>2</sup> と急激に増加し, Bi を添加しない No. 0 の 2 倍の強度を示す. Bi が 0.09% (No. 166) と増すと増加は止る. No. 1 (B 0.06%) は 9.9 kg/mm<sup>2</sup> である. Bi, B を複合添加した場合 (No. 164~168) 強度は 10.3~

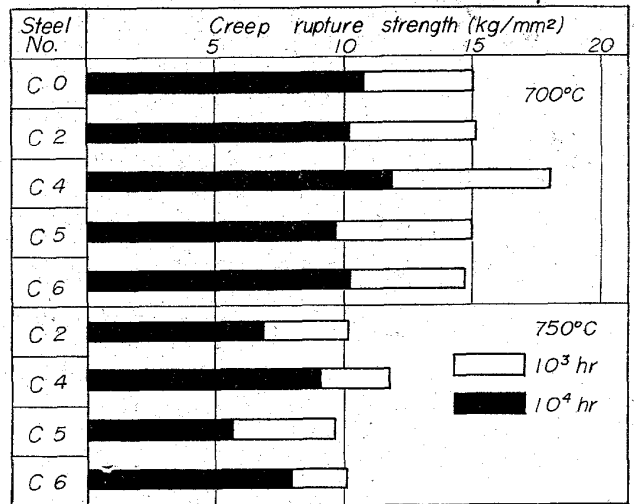


Fig. 2. Creep rupture strength of 17Cr-14Ni type.

11.9 kg/mm<sup>2</sup> と全般的に高いが, No. 164 と 167 をみると Bi が増加しているにもかかわらず強度は向上していない. No. 164 (Bi 0.06%, B 0.06%) が一番大きな強度を示す. 10<sup>3</sup> hr についても同じ傾向を示す.

750°C, 10<sup>4</sup> hr についてみると No. 163 まで強度が向上するが No. 166 ではかえって減少する. 複合添加では B のみ 0.06% の No. 1 が一番大きな値を示し, これより Bi, B が増加すると強度が減少している.

Fig. 2 より 17Cr-14Ni 系についてみると, Bi+B 複合添加された No. C4 のみが高い強度を示すが, Bi 単独添加の効果は現われていない.

Fig. 3 に 15Cr-15Ni 系のクリーブ破断時の伸び, 絞りを示すが, これから Bi が添加されたものは伸び, 絞りが大きく向上している.

Photo. 1 に 15Cr-15Ni 系の 750°C, クリーブ破断試験後の破断部頭顕微鏡組織を示す. No. 0 をみると結晶

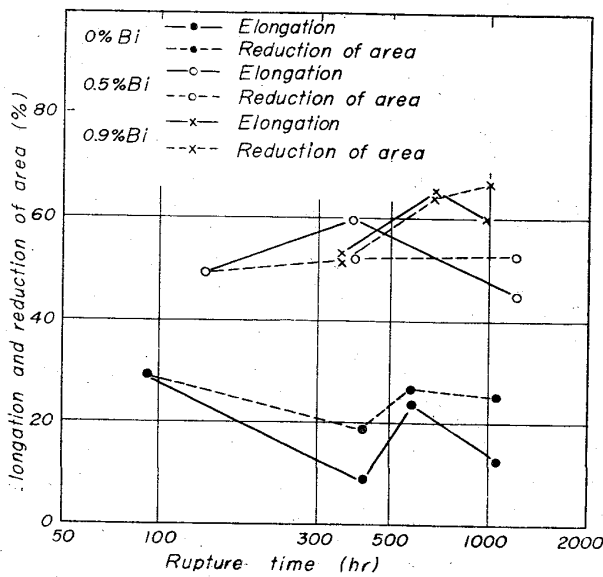
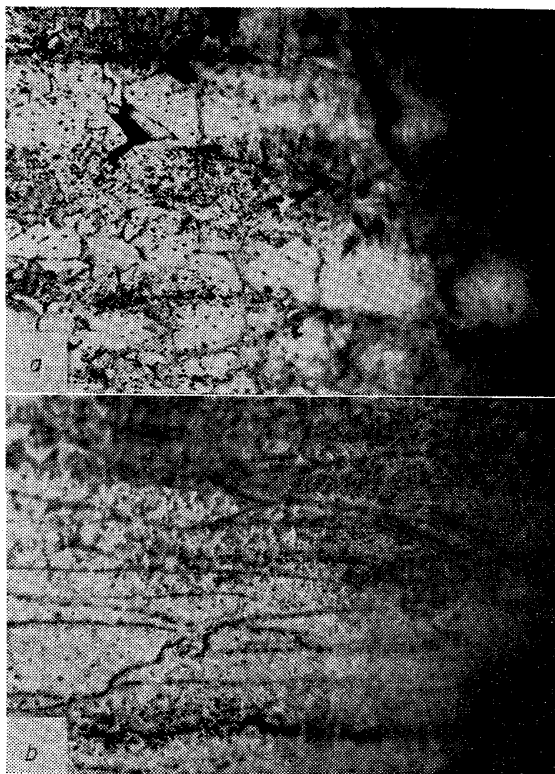


Fig. 3. Elongation and reduction of area after creep rupture of 15Cr-15Ni type.



a) Steel No. 0 (Bi, 0%) b) Steel No. 166 (Bi, 0.09%)  
 Photo. 1. Microstructures of creep ruptured specimens at 750°C.

粒界に白い大きな析出相がみられその部分から破断しているが、No. 166 をみるとそのような析出相がなく結晶粒が応力方向に長く伸び、伸び、絞りの向上を物語っている。そのほか炭素被膜抽出レプリカ法で試験後の組織を観察するとともに、その部分の電子回折像を撮った。Bi 添加による変化は観察されなかった。なお同定の結

果では  $M_7C_3$  が強く検出され、ついで、 $NbC$ ,  $M_6C$ ,  $M_{23}C_6$  が検出された。また試験後の試片を X 線マイクロアナライザーにて Bi の分布を調べたが Bi が特定の位置に偏析している様子はなかった。また同じ試料を電解抽出し、その液と残査中の元素の定性分析をやつたが、Bi は両方に含有されていた。

4. 結果の検討

Fig. 1 から明らかに 15Cr-15Ni 系では Bi 添加によつて強度は向上する。また第 1 報<sup>1)</sup>と逆にクリープ破断時の伸び、絞りが大きく向上することから、Bi 添加により高温強度、性質は改善されたとみるべきである。Photo. 1 から No. 166 の破断部をみると結晶粒がかなり伸びていることから Bi は結晶粒界の強度改善にも役立つと思われる。また No. 0 の粒界にみられる白い大きな相は  $\sigma$  相と思われる。750°C, 1073hr 試験中に析出したもので、Bi 0.09% 添加した No. 166 にはみられず、これが高温強度に関係するものと思われる。電解抽出後の定性分析の結果、Bi は析出物にもマトリックスにも含有されているとみなされる。

X 線マイクロアナライザーの結果、Bi が局部的に偏析している様子はなく、一様に分布されていると思われる。

5. 結 言

- 15Cr-15Ni 系に Bi を添加した場合
  - 約 0.06% まではクリープ破断強度を向上させ、Bi 0% のものの約 2 倍の強度を示した。その効果は 0.09% 以上では低下する。
  - Bi 0.06% + B 0.06% が最高のクリープ破断強度を示すが、それ以上多くなればかえつて強度は低下する。
  - 長時間、高温になるほど伸び、絞りが増大する。
  - Bi はマトリックスにも析出物にも含有され、また局部的に偏析することはない。
- 17Cr-14Ni 系に Bi を添加した場合、クリープ破断強度は影響ない。また伸び、絞りは低下する。

文 献

- 1) 佐々木, 幡谷: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 1001

(168) 14Cr-16Ni 系耐熱鋼の研究

日新製鋼, 周南工場

藤岡外喜夫・○高橋 登

Study of 14Cr-16Ni Heat Resisting Steel.

Tokio FUJIOKA and Noboru TAKAHASHI.

1. 結 言

クリープ強度を増加するための合金の作用としては、(1) 再結晶温度の上昇、(2) 格子歪の増加、(3) 析出硬化、(4) 歪時効硬化などが考えられている。これを Cr-Ni 系耐熱鋼に適用することはクリープ過程中に組織変化を生ずるために困難であるが、析出現象がないとすれば、再結晶温度を上げることはクリープ歪の回復をおくらせ、ポリゴニゼーションを阻止することになる。こう