

B処理より高温固溶処理をおこなうF処理 (Inconel X-550) および D (Inco 739, Inco 700) が高い強度を与える。Nimonic 90 のみはB処理とA処理によるクリープ破断特性の差異は認められない。

3. Al含有量の多い Inco 700, Inco 739 および Nbを含む Inconel X-550 はいずれも固溶処理温度を1180°Cとし, Nimonic 80A などにくらべ高温とした方がクリープ破断強度が高くなることが認められた。

4. Inco 700 を除く他の合金はいずれの熱処理状態でも 816°C のクリープ破断試験中に過時効となり硬度は低下するので, 熱処理のクリープ破断抵抗に与える影響は少なくなる。しかるに Inco 100 のみは 816°C にてもなお過時効を起さずD処理が明かに他の熱処理より高いクリープ破断抵抗を与える。

5. 各合金ともに短時間引張, クリープ破断試験の伸, 絞は低いので, 熱処理の靱性におよぼす影響は明かでない。

衝撃値では Nimonic 90 のみがA処理よりB処理の値が低いことは Nimonic 80A と同様であるが, 他の合金ではB処理によつても必ずしも低い靱性とならず, 熱処理の影響は明かでない。

### (123) Ni 基耐熱合金に関する研究 (VI)

(Ni 基耐熱合金における Co, Mo, Nb の機械的性質におよぼす影響)

#### Studies on Nickel-Base Heat-Resisting Alloys (VI)

(Effect of Co, Mo and Nb Addition on Mechanical Properties)

T. Hasegawa.

住友金属工業製鋼所 ○工 長谷川 太郎

#### I. 緒 言

すでに6種のNi基耐熱合金の機械的性質について調べてきたので, 本報では従来報告した結果より Nb, Mo, Co など添加元素の機械的性質におよぼす影響についてのべる。

供試材は従来報告したもので, 各合金の中でもつとも良好な機械的性質を示した試料をえらび, 熱処理は各合金について代表的な熱処理法をえらんだ。Table 1 は供試材の化学成分, Table 2 はおのおのの熱処理法を示す。

### II. 実験結果

Fig. 1~3 に常温より 800°C の間の短時間引張試験結果および常温衝撃値を示す。Fig. 4~6 は短時間引張

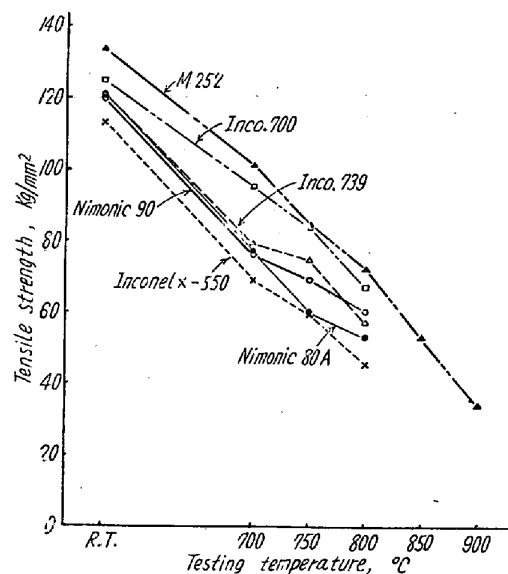


Fig. 1. Tensile strength of Ni-base alloys.

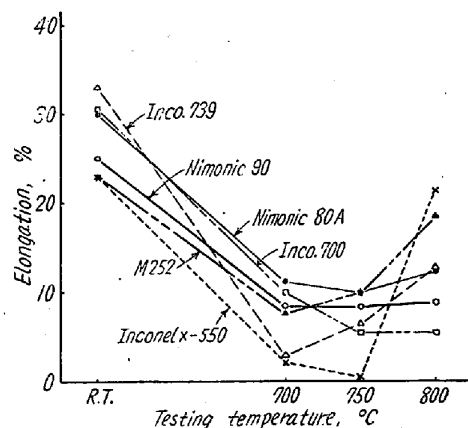


Fig. 2. Elongation of short-time-tensile-test specimens of Ni-base alloys.

Table 1. Chemical composition of specimens.

Alloy	Symbol of specimens	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	Mo	Ti	Al	Nb
Nimonic 80A	A52	0.07	0.27	0.21	0.006	0.005	19.97	74.42	1.95	—	2.37	1.22	—
Inconel X-550	A57	0.06	0.21	0.21	0.010	0.006	15.11	78.58	—	—	2.18	1.21	1.22
Inco 730	A74	0.07	0.04	tr.	0.016	0.004	15.16	77.25	—	2.95	1.79	2.76	—
Nimonic 90	N43	0.07	0.07	0.07	0.016	0.008	20.03	59.53	16.51	—	2.39	1.67	—
Inco 700	N44	0.11	0.07	0.11	0.011	0.007	15.37	48.40	28.49	2.97	2.12	3.33	—
M 252	N21	0.11	0.42	0.35	0.008	0.005	19.27	55.76	10.81	9.37	2.98	0.81	—

Table 2. Heat treatment applied to the specimens.

Alloy	Symbol of heat treatment	Procedures of heat treatment
Nimonic 80A	A	1065°C×8h A. C., 700°C×18h A. C.
Inconel X-550	F	1180°C×1h A. C., 870°C×4h A. C., 730°C×4h A. C.
Inco 739	E	1120°C×4h A. C., 980°C×1h A. C., 730°C×4h A. C.
Nimonic 90	A	1065°C×8h A. C., 700°C×18h A. C.
Inco 700	D	1180°C×2h A. C., 870°C×4h A. C.
M 252	G	1065°C×8h A. C., 760°C×15h A. C.

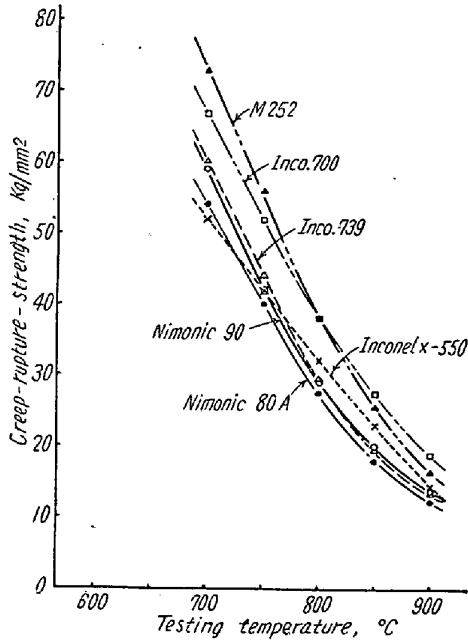


Fig. 3. 10 hours creep-rupture-strength of Ni-base alloys.

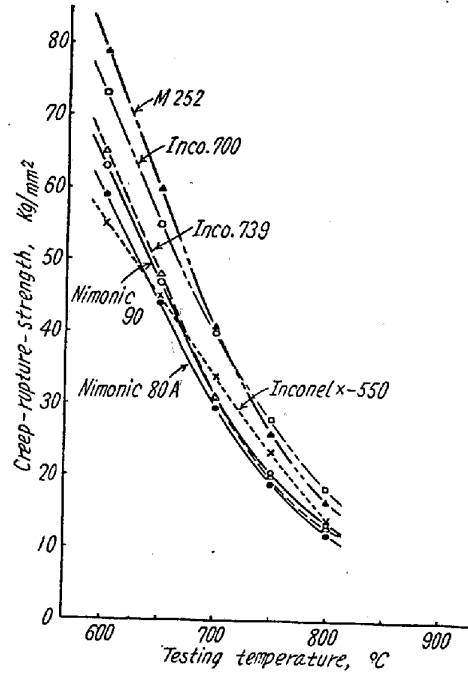


Fig. 5. 1000 hours creep-rupture-strength of Ni-base alloys.

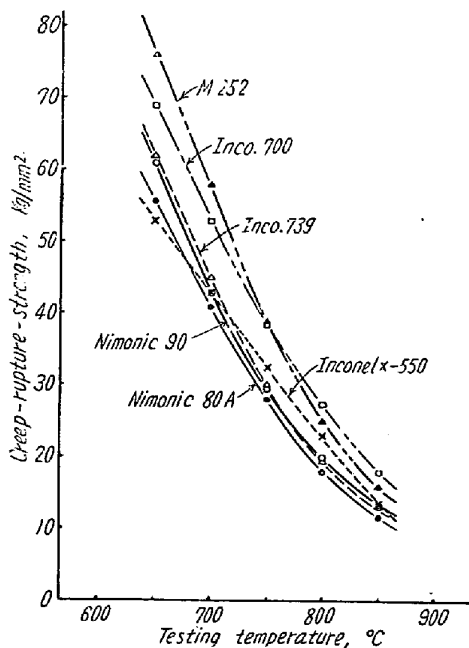


Fig. 4. 100 hours creep-rupture-strength of Ni-base alloys.

試験および  $750^{\circ}\text{C} \sim 816^{\circ}\text{C}$  におけるクリープ破断試験結果より Larson & Miller の Master rupture curve をえがいて求めた 10, 100, 1000h のクリープ破断応力を示す。これらの結果を要約すれば次のごとくなる。(ただし Fig. 6 は会場にて示す)

1. 抗張力では M252 がもつとも高い値で、クリープ破断応力も比較的低温度または短時間ではもつとも高い値を示す。しかるに高温度または長時間では Mo 含有量の低い Inco 100 が Mo 含有量の多い M252 より高い強度となる。すなわち 10h クリープ破断応力で  $850^{\circ}\text{C}$  以上, 100h クリープ破断応力で  $800^{\circ}\text{C}$  以上, 1000h クリープ破断応力で  $750^{\circ}\text{C}$  以上では Inco 100 が M252 より高い値となる。

2. Ni-Cr 系合金にて 3% Mo を含む Inco 739 は Mo を含まぬ Nimonic 80A より明かに高い強度を示し, 1000h では  $750^{\circ}\text{C}$  以下, 100h 以下では  $800^{\circ}\text{C}$  以下の温度では Nimonic 90 より高い強度を示す。すなわち Mo により高温強度が高くなる効果は前項でもみ

られるごとく比較的長時間または高温となれば次第に減少する。

3. Nimonic 80A と Nimonic 90 を比較すると短時間引張試験では常温および 700°C では強度の差はなく、700°C 以上にてはじめて Nimonic 90 が高い強度を示す。クリープ応力では 700°C 以上で Nimonic 90 が高い値を示す。すなわち Co による高温強度の向上は高温または長時間となると明かにあらわれ、常温または短時間の試験では明かでない。

4. Inconel X-550 は短時間引張試験ではもつとも強度が低い。しかるに 10h クリープ破断応力では 750°C 以上で Nimonic 80A より高い強度となり、800°C 以上では Nimonic 90 より高い強度となる。すなわち Ni-Cr 系にて Nb を含む Inconel X-550 は高温、長時間試験では Ni-Cr 系ではもつとも高い強度を示し、Ni-Cr-Co 系の Nimonic 90 より強度が高くなる。この点 Ni-Cr 系にて Mo を含む Inco 739 と対照的な性質を示し、Nb の高温強度向上の効果が認められる。

5. Al 含有量多く多量の Ni, Al を析出する Inco 700, Inco 739 および Nb を含む Inconel X-550 はいずれもいちじるしく靱性が低い。また Ni, Al をほとんど析出せぬといわれる M252 はもつとも高い靱性を示し、比較的 Al 含有量の低い Nimonic 80A がこれについて靱性が高い。

## (124) Ni基耐熱合金に関する研究(VII)

(Nimonic 80A の機械的性質におよぼす

Ti, Al および N の影響

Studies on Nickel-Base Heat-Resisting Alloys (VII)

(Effect of Ti, Al and N Addition on Mechanical Properties of Nimonic 80A)

T. Hasegawa.

住友金属工業・製鋼所 ○工 長谷川 太郎

### I. 緒 言

Nimonic 80A はニクロム合金に Ti, Al を加え析出硬化により高い高温強度を得る合金であることは既報にて明らかであり、また L. B. Pfeil は Ti, Al 添加のクリープ特性におよぼす影響についてのべている。筆者は本合金の実用成分範囲内にて Ti, Al のクリープ破断特性におよぼす影響をさらに詳細にしらべるため次の実験をおこなった。

供試材は Table 1 に成分を示す 14 熔解の Nimonic

80A で Ti は 2.88~1.89%, Al は 1.44~0.74% である。この中 10 熔解は真空熔解の素材を 80% 配合したもの、4 熔解は新鮮原料のみを配合したもので、いずれも高周波炉にて 3.5 kg 熔解した後 3 kg 鋼塊にいこんだ。鋼塊は 15 mm φ に鍛伸後 Table 2 に示す 2 種の熱処理をおこなった後クリープ破断試験に供した。

## II. 実験結果

クリープ破断試験は 750°C, 26.8 kg/mm<sup>2</sup> にておこないクリープ破断時間および破断後の伸等を比較した。

### (1) Ti, Al の影響

1. Ti 量略一定の試料をえらび Al 量のクリープ破断時間におよぼす影響をみると、Al の増加にともないクリープ破断時間は長くなる。また Al 量略一定の試料をえらび Ti の効果をみても Ti 量の増加にともないクリープ破断時間は長くなる。

2. Fig. 1 は Ti+Al atm. % とクリープ破断時間との関係を示すもので、Ti+Al atm. % の増加にともなつてクリープ破断時間が長くなることが認められる。しかしながら同一 Ti+Al atm. % でありながら A47, 54 のごとく比較的クリープ破断時間の長い試料とそうでないものとあることがわかる。A47, 54 は Table 1 によれば N 量が比較的低いことがわかる。すなわちクリ

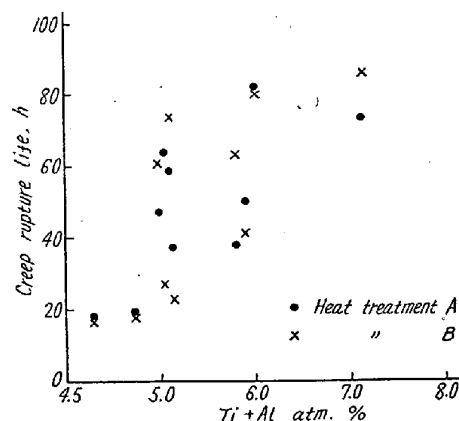


Fig. 1. Effect of Ti+Al atm. % on creep rupture life.

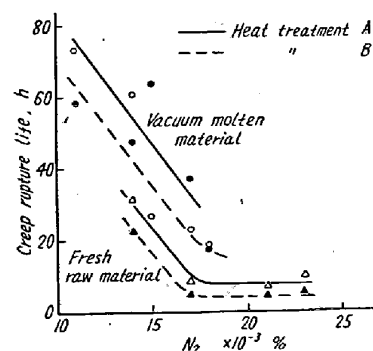


Fig. 2. Effect of N<sub>2</sub> on creep rupture life.