

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/mm² 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

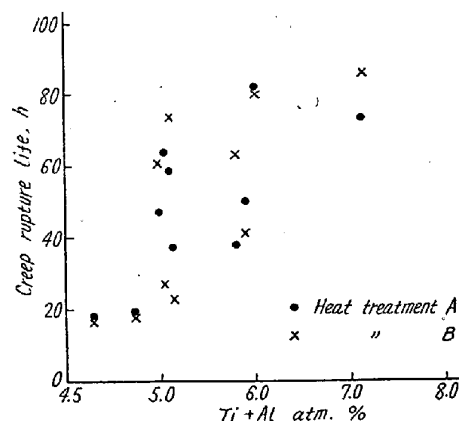


Fig. 1. Effect of Ti+Al atm. % on creep rupture life.

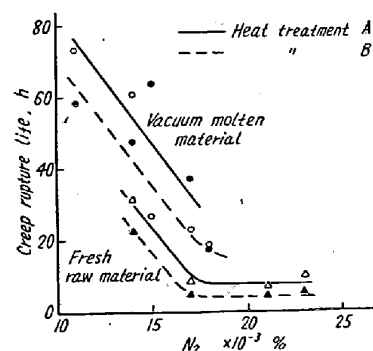


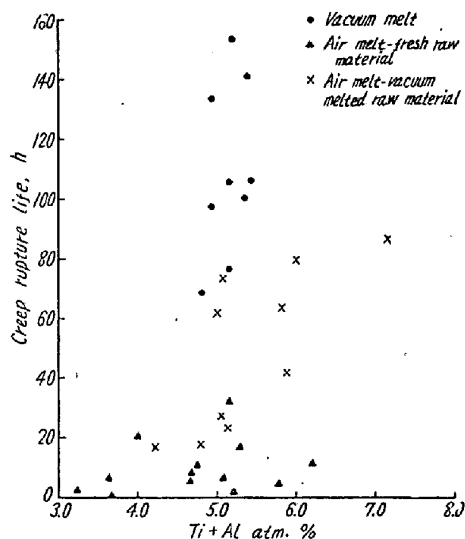
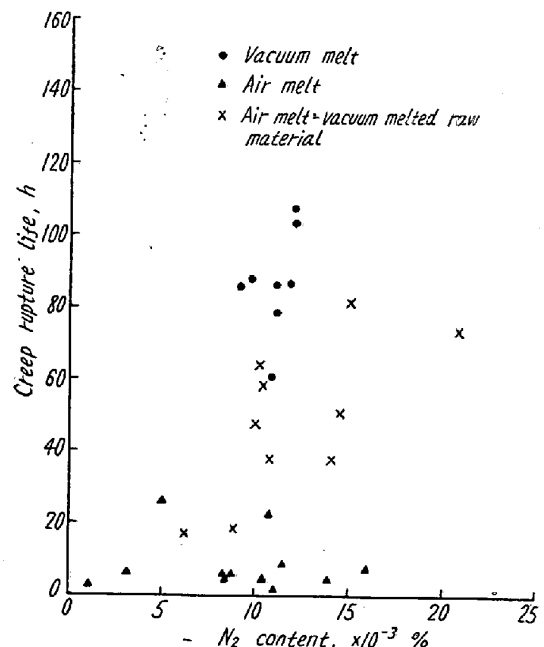
Fig. 2. Effect of N₂ on creep rupture life.

Table 1. Chemical composition of specimens.

Symbol	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	Ti	Al	N	Ti+Al atm. %
A63	0.06	0.36	0.50	0.008	0.004	20.28	72.64	1.94	2.29	0.95	0.018	4.78
A64	0.06	0.39	0.48	0.008	0.003	20.28	72.62	2.50	2.21	0.74	0.025	4.23
A65	0.06	0.37	0.40	0.008	0.004	20.10	72.35	2.45	2.41	1.44	0.011	5.89
A66	0.06	0.43	0.63	0.009	0.004	20.28	71.31	2.66	1.89	1.35	0.017	5.15
A67	0.06	0.42	0.42	0.009	0.004	20.37	72.89	2.38	2.05	1.26	0.015	5.05
A68	0.05	0.38	0.42	0.009	0.003	20.37	72.89	1.98	2.68	1.36	0.011	6.01
A69	0.06	0.43	0.36	0.009	0.004	20.28	72.35	2.16	2.88	1.32	0.013	7.19
A53	0.07	0.34	0.43	0.007	0.005	19.66	73.89	2.00	2.57	1.30	0.011	5.82
A54	0.07	0.35	0.51	0.007	0.005	19.93	73.62	2.13	2.39	1.09	0.012	5.08
A47	0.01	0.31	0.41	0.009	0.006	19.80	74.13	2.13	2.21	1.13	0.013	4.98
A48	0.01	0.34	0.43	0.012	0.005	19.40	74.76	2.67	2.13	1.04	0.017	4.68
A49	0.01	0.37	0.46	0.012	0.004	19.41	74.02	2.41	2.24	1.16	0.021	5.09
A50	0.01	0.39	0.43	0.015	0.005	19.49	74.92	1.66	2.15	1.04	0.023	4.74
A55	0.07	0.33	0.49	0.007	0.006	19.76	74.45	1.72	2.37	1.12	0.014	5.17

Table 2. Heat treatment of specimens.

Symbol	Procedure of heat treatment
A	1065°C×8h A. C., 700°C×18h A. C.
B	1065°C×8h W. Q., 800°C×2.5h A. C., 700°C×18h A. C.

Fig. 3. Effect of Ti+Al atm. % on creep rupture life at 750°C, 26.8 kg/mm². (Heat treatment : A)Fig. 4. Effect of Ti+Al atm. % on creep rupture life at 750°C, 26.8 kg/mm². (Heat treatment : B)

ープ破断特性には Ti, Al のみならず N 量が影響することがわかる。

3. クリープ破断後の伸はいずれも低く, Ti, Al 量の影響は明かでない。

(2) Nの影響

Ti+Al atm. % 4.68~5.17% の試料6熔解をえらびクリープ破断時間とN量との関係を求めたのが Fig. 2 である。

図によりN量がふえればクリープ破断時間が減少する

ことは明かである。ただし真空熔解した素材を原料とする試料は新鮮原料を使用する試料よりわずかであるがクリープ破断時間は長くなる。

(3) 熔解法の影響

以上により Nimonic 80A のクリープ破断抵抗には Ti, Al の外に N 量が影響することが明かとなったので, これにともなつて熔解法が影響することが考えられる。そこで既に報告した真空熔解した試料をも含めて N 量および Ti+Al atm. % のクリープ破断時間におよぼす影響をまとめると Fig. 3~5 のごとくなる。

Fig. 3 によればクリープ破断時間は N 量がふえると明かに減少し, N量の少い真空熔解がもつともクリープ

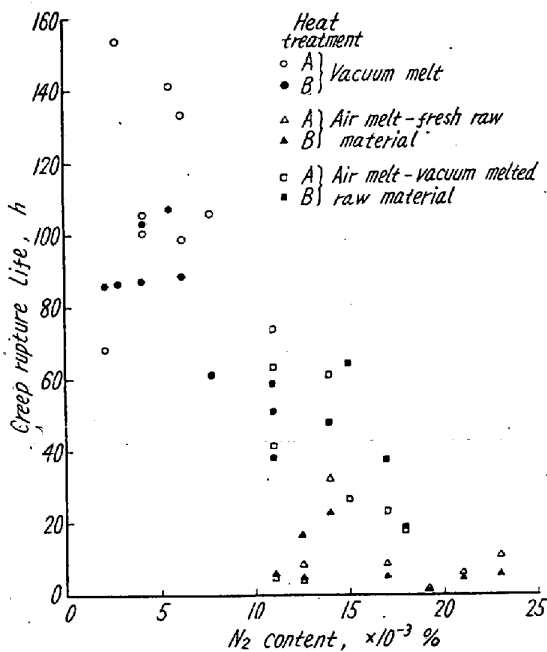


Fig. 5. Effect of N₂ on creep rupture life at 750°C; 26.8 kg/mm². (Ti+Al atm. % = 4.6 ~ 5.8)

破断時間が長く、真空溶解した素材を原料とした大気中溶解の試料がこれにつき、新鮮原料を大気中溶解した場合もつとも短いクリーブ破断時間を示すことがわかる。

Fig. 4,5 によれば Ti+Al atm. % の増加にともなつてクリーブ破断時間が長くなることは明かであり、また Ti+Al atm. % が同一水準にあつてもクリーブ破断時間は溶解法の影響をうけることが明かである。

(125) Ni-Cr 系合金におよぼす窒素の影響

Effect of Nitrogen on Ni-Cr Alloys

R. Yoda, et alius.

東京工科大学 工博 岡本正三
金属材料技術研究所 工博 ○依田連平

I. 緒言

大気中で熔製した Nimonic 系合金の組織を観察しているとしばしば窒化物と思われる異物の存在が認められる。溶解時間が長かつたり、熔製方法によつてはこの異物がきわめて多くなることがある。原料金属を厳選して C 濃度の低い合金を熔製しても、この異物の有無によつて結晶粒度やクリーブ性質が大きく変る。Nimonic 系合金は多量の Al と Ti を含むから窒化物が存在しても別に驚くことはないが、この存在が耐熱強度にいちじる

しい影響をもつとなると問題は大きい。ところで、Nimonic 系合金におよぼす窒素の影響についての文献はまだ見当たらない。恐らく Al や Ti の脱窒作用が周知のために、一般にまだ等閑視されているのであろう。著者などはこの種の合金の不純分の影響として前報で C の作用について述べたが、ここでは窒素の影響を報告しよう。

II. 実験方法

Table 1 に示す 4 種の合金について窒素を添加しないもの、窒化クロムを用いて 0.07%N と 0.15%N を添加したもの、計 12 種の試料各 150 g をタンマン炉でアルミナ坩堝中 8 分間で急速熔製し、10 mm 角の金型に鑄込んだ。使用した原料金属は純度 99.9% の国産の電解 Ni と、純度 99.4% の英国製テルミット Cr で、C 含量はそれぞれ 0.015% と 0.087% である。また、Ti, Al, Mo はいずれも国産の高純度のもの、Co はベルギー製の高純度のもので、窒化クロムは 65~100 mesh に粉碎した英国製 Cr を窒素気流中で 1000°C に加熱して 3.52%N を含むものを調製して使用した。金型試料は断面減少率 50% の冷間圧延をしたが、この際冷圧を容易にするため 1000°C で 1 時間加熱後水冷の処理をたびたび中間に挟んだ。このものを 1150°C で 15 時間加熱後水冷し、この試料から 7×7×10 mm および 3×5×100 mm の試片を切り出し、前の寸法のもので 700°C-1000 時間の時効硬度変化とこの処理後の高温硬度を求め、後の寸法の試片でクリーブ試験をおこなつた。このクリーブ試験は 700°C で 30 分間保持した試片の支点間距離 70 mm の中央部に初荷重 1 kg をかけて 15 分間保持し、次に Ni-Cr 合金の場合は総荷重を 6 kg とし、Nimonic 系合金の場合は総荷重を 21 kg とし、700°C で 100 時間保持する間の撓み変化を求めたものである。また、溶体化処理した試料とこれを 700°C で 1000 時間時効させた試料を 10% 蔭酸水溶液で電解腐蝕し、その顕微鏡組織と結晶粒度を調べさらに JIS の水蒸気蒸溜滴定法で窒素を分析した。

III. 結果とその考察

合金中の窒素の存在状態は Ni-Cr 合金と Nimonic

Table 1. Basic chemical compositions of alloys.

Alloys	Ni%	Cr%	Al%	Ti%	Co%	Mo%
Ni-Cr	80.0	20.0	—	—	—	—
Nimonic 80	76.5	20.0	1.0	2.5	—	—
Nimonic 90	58.0	20.0	1.5	2.5	18.0	—
Nimonic 100	54.0	20.0	1.5	2.5	18.0	4.0