

と同様に窒素がクリープ破断抵抗に影響していることが考えられる。

5. Fig. 4 は炭素量の低い N19 および N 20 と対応する Ti+Al atm% をもつ N24~39 のクリープ破断試験結果を比較してしめす。750°C, 29.9kg/mm² の試験条件では正常の炭素量の試料のクリープ破断時間はその中間の値となつている。

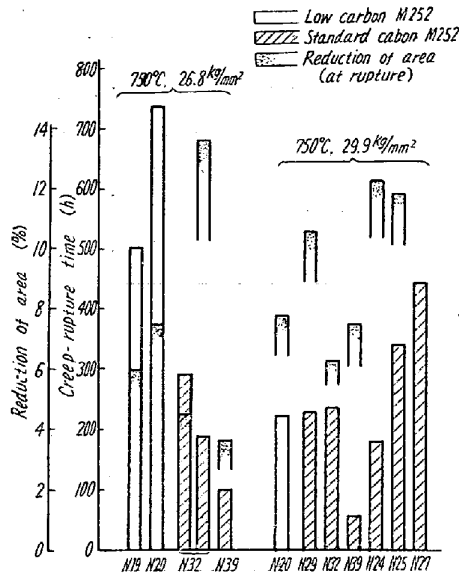


Fig. 4. Effect of C content on creep rupture life at 750°C and 29.9 kg/mm²

しかるに 750°C, 26.8kg/mm² の試験条件では明らかにか炭素量の低い試料のクリープ速度は小で、クリープ破断時間は長い。すなわち比較的短時間では炭素量の影響は明らかでないが、長時間では炭素量が低いほうがクリープ抵抗は高くなるものと考えられる。またクリープ靱性では低炭素のほうが絞りがわずかに高い程度で炭素量の影響は明らかでない。

6. 炭素量の低い M252 は正常の炭素量の M252 にくらべ熱処理硬度は低い。また正常の炭素量の M252 はクリープ破断試験前後の硬度をみるとくに窒素量の高い場合は軟化している。しかるに低炭素の M252 ではクリープ破断試験中にほとんど軟化していない。これよりみて M252 は炭素により熱処理硬度は高くなるが、高温で過時効による軟化を生じやすく、窒素もまた同様の作用をしていると考えられる。炭素および窒素はこのようにして比較的短時間の高温強度を高くできるが、過時効を生ずることにより長時間のクリープ破断抵抗を低下させると考えられる。

(115) 真空溶解の機械的性質におよぼす影響

(Ni 基耐熱合金に関する研究—Ⅸ)

Effect of Vacuum Melting on Mechanical Properties of Ni-Base Heat-Resisting Alloys

(Study on nickel base heat-resisting alloys—Ⅸ)

T. Hasegawa.

住友金属工業製鋼所研究部

工 長谷川 太郎

I. 緒 言

Nimonic 80A の高温クリープ破断特性は窒素および酸素量の影響をうけ、真空溶解によりこれらのガス含有量を低下させることによりクリープ破断抵抗が高くなることは第 7 報にてすでにのべた。本報では Nimonic 80A の外にすでにのべた 5 種の Ni 基耐熱合金の真空および大気中溶解の機械的性質におよぼす影響についてのべたい。

II. 供 試 材

供試材は真空溶解¹⁾、真空溶解した素材を大気中溶解²⁾、および新鮮原料にて大気中溶解³⁾、の 3 種の溶解法により製作したものでそれぞれの化学成分およびガス含有量を Table 1 および Table 2 にしめす。真空溶解は既報のごとく 100KVA 真空溶解炉により溶解、40 kg 鋳塊に鋳込んだもの、真空溶解素材の大気中溶解は 50 kg 塩基性高周波炉にて溶解し 20 kg 鋳塊に鋳込んだもの、新鮮原料の大気中溶解は 35KVA 高周波炉にてアルミナ坩堝中で溶解 3 kg 鋳塊にいこんだものである。

各鋳塊は 15 mmφ に鍛造して 3 kg 鋳塊でも鍛造比 10 以上としているので鍛錬比の機械的性質に与える影響は無視できる。

各合金は第 5 報にのべた熱処理をほどこした後その後の機械的試験に供した。

III. 実 験 結 果

(1) ガス含有量

Table 2 によれば真空溶解により大気中溶解にくらべ水素、窒素、酸素が減少することは明らかである。大気中溶解では新鮮原料を素材としたものにくらべ、真空溶解材を素材とした場合は酸素はわずかに低いが、窒素は Nimonic 80A を除き大差なく、水素も大差ない。したがってこれらのガス成分は溶解中に大気中より入ることは明らかである。

Table 1. Chemical composition of specimens tested.

| Alloy | No. Charge | Melting process | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Co | Mo | Nb | Ti | Al |
|---------------|------------|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Nimonic 80A | A52 | V | 0.07 | 0.27 | 0.21 | 0.006 | 0.005 | 19.97 | 74.42 | 1.95 | — | — | 2.37 | 1.22 |
| | A75 | A | 0.10 | 0.21 | 0.22 | 0.007 | 0.007 | 19.54 | 73.46 | 2.18 | — | — | 2.69 | 1.15 |
| | A49 | A | 0.01 | 0.37 | 0.46 | 0.012 | 0.004 | 19.41 | 74.02 | 2.41 | — | — | 2.24 | 1.16 |
| Inconel X-550 | A57 | V | 0.06 | 0.21 | 0.21 | 0.010 | 0.006 | 15.11 | 78.58 | — | — | 1.22 | 2.18 | 1.21 |
| | A76 | A | 0.09 | 0.25 | 0.12 | 0.008 | 0.003 | 14.43 | 80.15 | — | — | 0.89 | 2.39 | 1.10 |
| | A70 | A | 0.06 | 0.41 | 0.44 | 0.004 | 0.006 | 14.98 | 79.85 | — | — | 0.91 | 2.33 | 1.09 |
| Inco 739 | A59 | V | 0.05 | 0.21 | 0.25 | 0.009 | 0.006 | 15.16 | 76.58 | — | 3.19 | — | 1.92 | 2.85 |
| | A77 | A | 0.09 | 0.16 | 0.09 | 0.011 | 0.004 | 14.82 | 77.22 | — | 3.13 | — | 1.82 | 2.57 |
| | A71 | A | 0.06 | 0.15 | 0.16 | 0.004 | 0.008 | 15.25 | 77.14 | — | 2.93 | — | 1.71 | 2.87 |
| Nimonic 90 | N33 | V | 0.05 | 0.21 | 0.36 | 0.012 | 0.005 | 20.36 | 56.81 | 18.09 | — | — | 2.48 | 1.53 |
| | N47 | A | 0.07 | 0.23 | 0.22 | 0.016 | 0.003 | 19.29 | 59.35 | 17.84 | — | — | 2.47 | 1.39 |
| | N37 | A | 0.05 | 0.41 | 0.52 | 0.004 | 0.006 | 20.10 | 58.56 | 16.59 | — | — | 2.42 | 1.41 |
| Inco 700 | N44 | V | 0.11 | 0.07 | 0.11 | 0.011 | 0.007 | 15.37 | 48.40 | 28.49 | 2.97 | — | 2.12 | 3.33 |
| | N46 | A | 0.12 | 0.16 | 0.31 | 0.012 | 0.012 | 14.62 | 48.59 | 27.97 | 2.93 | — | 1.98 | 2.87 |
| | N38 | A | 0.04 | 0.31 | 0.14 | 0.004 | 0.008 | 15.33 | 48.76 | 28.29 | 2.93 | — | 2.07 | 3.04 |
| M 252 | N35 | V | 0.16 | 0.27 | 0.28 | 0.012 | 0.007 | 19.05 | 55.95 | 10.25 | 9.90 | — | 2.94 | 1.23 |
| | N45 | A | 0.10 | 0.11 | 0.27 | 0.012 | 0.010 | 18.77 | 56.90 | 9.80 | 10.27 | — | 2.96 | 1.17 |
| | N28 | A | 0.15 | 0.36 | 0.47 | 0.013 | 0.008 | 19.01 | 55.93 | 10.16 | 9.97 | — | 3.15 | 0.69 |

V: Vacuum melt, A: Air melt

Table 2. Gas content of specimens tested.

| Alloy | No. Charge | Melting process | Oxygen $\times 10^{-3}$ | Hydrogen $\times 10^{-5}$ | Nitrogen $\times 10^{-3}$ |
|---------------|------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Nimonic 80A | A 52 | Vacuum melt | 1.7 | 1 | 5.6 |
| | A 75 | Air melt (vacuum melted return) | 1.6 | 84 | 15 |
| | A 49 | Air melt (fresh raw material) | 2 | — | 23.1 |
| Inconel X-550 | A 57 | Vacuum melt | 1.7 | 1 | 3.5 |
| | A 76 | Air melt (vacuum melted return) | 2.7 | 48 | 48 |
| | A 70 | Air melt (fresh raw material) | 2 | 54 | 18.9 |
| Inco 739 | A 59 | Vacuum melt | 0.8 | 1 | 2.8 |
| | A 77 | Air melt (vacuum melted return) | 0.8 | 48 | 39 |
| | A 71 | Air melt (fresh raw material) | 1 | 47 | 18.2 |
| Nimonic 90 | N 33 | Vacuum melt | 0.7 | 2 | 4.2 |
| | N 47 | Air melt (vacuum melted return) | 0.9 | 56 | 26 |
| | N 37 | Air melt (fresh raw material) | 1 | 31 | 18.9 |
| Inco 700 | N 44 | Vacuum melt | 0.5 | 1 | 6.3 |
| | N 46 | Air melt (vacuum melted return) | 0.7 | 15 | 20 |
| | N 38 | Air melt (fresh raw material) | 6 | 27 | 11.9 |
| M 252 | N 35 | Vacuum melt | 0.8 | 1 | 6.3 |
| | N 45 | Air melt (vacuum melted return) | 1.8 | 76 | 21 |
| | N 28 | Air melt (fresh raw material) | 3 | — | 23.2 |

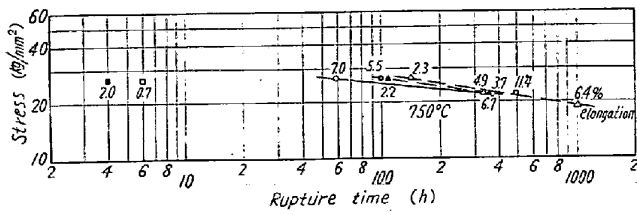
(2) 短時間機械的性質

常温より 800°C の間の短時間引張試験では真空熔解の効果は明らかでない。常温における衝撃試験では真空熔解した Nimonic 90 の衝撃値が大気中熔解材より明らかに高く、他の合金では真空熔解材のほうがやや高いが大差ない。

(3) クリープ破断試験結果

各合金のクリープ破断試験結果を Fig. 1~5 (Inconel X-550 は省略) にしめす。これらの結果をまとめることつぎのごとくなる。

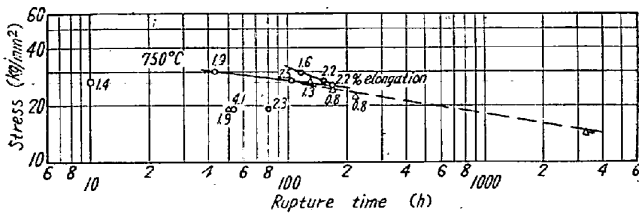
1. Nimonic 80 A, Inconel X-550, Inco 700, M252 では 750°C にて明らかに真空熔解した試料が大



Heat treatment

- A B Specimen
 ○ ● A75 Air melt (vacuum melted return)
 △ ■ A52 Vacuum melt
 △ ▲ A49 Air melt (fresh raw material)

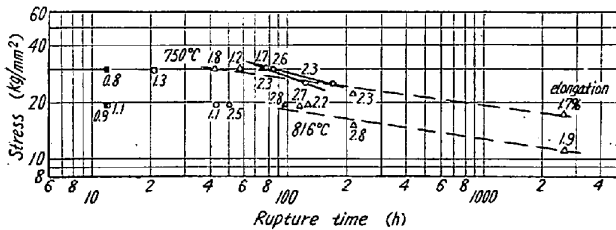
Fig. 1. Creep rupture strength of Nimonic 80A.



Heat treatment

- E F Specimen
 ○ ● A77 Air melt (vacuum melted return)
 △ ▲ A59 Vacuum melt
 □ ■ A71 Air melt (fresh raw material)

Fig. 2. Creep rupture strength of Inco 739



Heat treatment

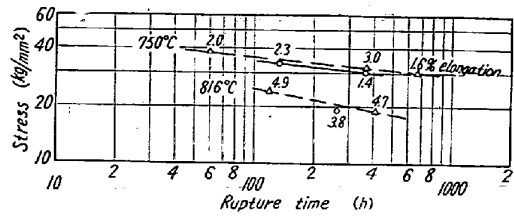
- A B Specimen
 ○ ● N47 Air melt (vacuum melted return)
 △ ▲ N33 Vacuum melt
 □ ■ N37 Air melt (fresh raw material)

Fig. 3. Creep rupture strength of Nimonic 90

気熔解材より高いクリープ破断応力をしめし、Inco 739, Nimonic 90 は両熔解によるクリープ破断応力の差異は少ない。しかるに 816°C では各合金とも例外なく真空熔解材が高いクリープ破断応力をしめす。

2. 大気中熔解材の中では真空熔解した素材を使用した場合は、新鮮原料を素材とする場合より高いクリープ破断応力をしめす。

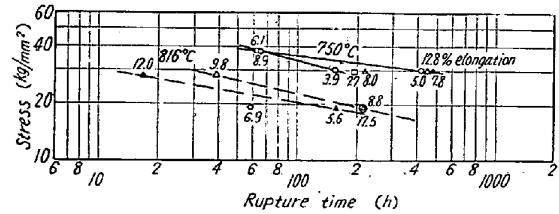
Nimonic 80A, Nimonic 90, Inco 739 ではとくに新鮮原料を大気中熔解した試料のクリープ破断応力はいぢるしく低くなる。



Heat treatment D

- N46 Air melt (vacuum melted return)
 △ N44 Vacuum melt

Fig. 4. Creep rupture strength of M252



Heat treatment

- B H Specimen
 ○ ● N45 Air melt (vacuum melted return)
 △ ▲ N35 Vacuum melt
 □ ■ N28 Air melt (fresh raw material)

Fig. 5. Creep rupture strength of Inco 700

3. クリープ破断後の紋により靱性を比較すると、Nimonic 80A および Inconel X-550 の外は真空熔解材のほうが高い靱性をしめす。Nimonic 80A, Inconel X550 の大気中熔解材はいぢるしくクリープ破断時間が短かつたので靱性が大となつたものであろう。Ti, Al 含有量が高く靱性が低くなりやすい Inco 739, Inco 700 および M252 では真空熔解材の靱性が高くなる。

4. 短時間機械的性質では真空熔解による機械的性質の向上はほとんど認められなかつたが、クリープ破断試験ではその効果があらわれ、とくに 816°C の試験では明らかにクリープ破断応力、クリープ靱性の向上が認められた。すなわち真空熔解による機械的性質の改善は長時間高温試験で明らかとなつた。