

8) 竹内・中島・北風: 三菱電機技報, 37 (1963) 3, p. 15

669.245.018.05:620.172.25/22
 (159) Udimet 500 合金の高温性質におよぼす炭素および熱処理の影響について

について No.6432/
 (Ni 基耐熱合金の研究-I)

日本特殊鋼 7P200/〜2003
 工博 沢 繁樹・工博 西 義激

○菊地 侃生

Effect of Carbon Content and Heat Treatment on Elevated Temperature Properties of Udimet 500.

(Study on the Ni-base heat-resisting alloys - I)

Dr. Sigeki SAWA, Dr. Yoshizumi NISHI and Kano KIKUCHI

I. 緒言

Udimet 500 合金について, 実用上行なわれている熱処理の各段階が高温機械的性質におよぼす影響を明らかにするため, 前報¹⁾ではまずこの合金の時効特性ならびに, これにおよぼす炭素の影響をしらべ, さらに最終時効後の高温での加熱による硬さおよび組織の変化について検討した。これによれば時効は 845°C × 24hr + 760°C × 16hr で最高の硬さを示し, 760°C での最終時効後, より高温で加熱すると過時効を呈し, 特に 900°C で著しく, これらは熱処理条件, 炭素含有量にかかわらず同様の傾向を示した。本報告ではさらに, この合金について 760°C ~ 900°C での短時間引張り強さおよびクリープ破断強さなどにおよぼす熱処理の影響についてしらべ, あわせてこれらにおよぼす炭素量の影響を検討した。

II. 試料および実験方法

真空高周波電気炉で溶製した鋼塊を 16mm φ に鍛伸した前報と同じ試料を用いた。これらの化学成分を Table 1 に示す。

各試料に Table 2 に示す 3 種の熱処理をほどこした。熱処理 A は 2 段の溶体化処理, 2 段の時効処理を行なったものであり, 熱処理 B はそれらのうち 845°C × 24hr の 1 次時効を, 熱処理 C は 1180°C × 2hr の 1 次溶体化処理を省いたものである。

高温引張り試験は JIS 4 号 (平行部 8 mm φ, G. L. 28mm) 試験片を用い 10 t アムスラー試験機に加熱炉を付設して 760°, 815° および 900°C で行ない, いず

Table 1. Chemical composition of the specimens (%)

Mark	C	Cr	Ni	Co	Mo	Ti	Al	B
S	0.079	19.04	Bal	19.10	4.20	2.90	2.86	0.0045
H	0.171	20.20	Bal	18.80	4.43	2.95	2.90	0.0072

Table 2. Heat treatment

	Solution treatment	Aging
A)	1180°C × 2 hr. A. C. 1080°C × 5 hr. A. C.	845°C × 24hr. A. C. 760°C × 16hr. A. C.
B)	1180°C × 2 hr. A. C. 1080°C × 5 hr. A. C.	760°C × 16hr. A. C.
C)	— 1080°C × 5 hr. A. C.	845°C × 24hr. A. C. 760°C × 16hr. A. C.

れも試験温度に 30 分間加熱保持後負荷して試験した。高温クリープ破断試験は平行部 6 mm φ, G. L. 30 mm の試験片を用い, 2 t シングル型試験機を使用, 試験温度は 760°, 815° および 870°C とした。なおそれぞれの破断試験片について破断部の顕微鏡組織を観察した。

III. 試験結果

(1) 高温引張り試験

高温引張り試験結果を Fig. 1 に示す。試料 S について見ると引張り強さおよび耐力 (0.2% off set) については熱処理条件による差異はほとんど認められない。伸びおよび絞りについては時効条件の同じ熱処理 A, C で比較すると, 溶体化処理 1080°C のみの C が, 1180°C および 1080°C の 2 段溶体化処理の A とくらべ 815°C までは高い値を示しているが, 900°C ではほとんどその差が認められなくなっている。KAUFMAN²⁾らは 1180°C の高温溶体化を行ない結晶粒を大きくすると 845° および 760°C の 2 段時効により粒界に連続フィルム状の M₂₃C₆ を析出し靱性をそこなうとしているが, 815°C ま

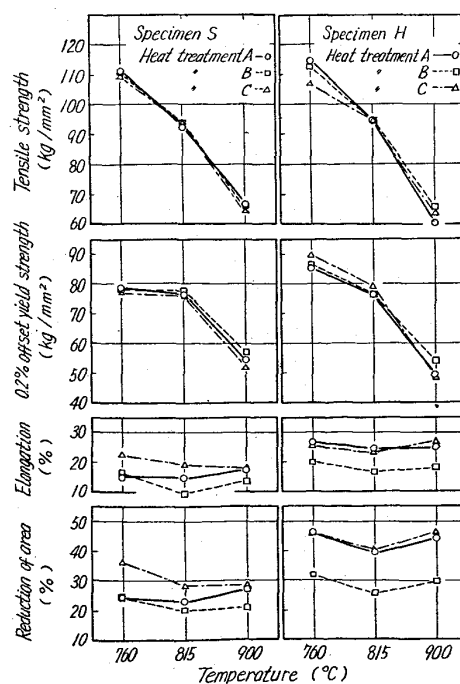


Fig. 1. The elevated-temperature mechanical properties of specimens S and H.

での温度ではそれらの影響がみられるものと考えられる。900°Cにおいては、前報¹⁾で報告したようにいずれの熱処理でも粒界の $M_{23}C_6$ の析出が著しくなるので、溶体化処理温度による相違が認められなくなるものであろう。これに対し 845°C での1次時効を行なわぬ熱処理Bの場合はこれらの値はいずれの温度でも低くなっている。試料Hでも引張り強さ、および耐力については熱処理条件による相違はほとんど認められない、伸び絞りについては2段時効を行なつた熱処理AおよびCの場合はほとんど差が認められず熱処理Bの場合のみいずれの温度でも低い値を示している。試料SおよびHについて比較すると特に耐力では試料Hは 760°C でSよりかなり高い値を示すが 900°C になると、逆にやや低くなっている。すなわち高C量の場合では温度上昇にともなう耐力の低下が著しい。試料SおよびHについての熱処理後の結晶粒度を A. S. T. M. 粒度番号で比較したものが Table 3 である。いずれの熱処理でも高C量の合金は標準組成のものにくらべて結晶粒度が細かく、またいずれの試料でも 1180°C の高温での溶体化処理を行なつた場合の方が粒度は粗くなっている。試料HがSとくらべて低温側で耐力が高く、また全般的に伸び、絞りが高いのには結晶粒度の影響を無視できない。高温側では粒界の $M_{23}C_6$ の生長が著しく、粒界の亀裂発生が多くなり耐力を低下するものと考えられる。

試料Hの 760° および 900°C における破断試験片についての破断部附近の顕微鏡組織を Photo. 1(a) および(b) に示す。760°C では亀裂は粒界および粒内いずれにも進行しているが、900°C では粒界亀裂が多くなっている。

(2) クリープ破断試験

試料Sについて、760°、815° および 870°C でクリープ破断試験を行なつた結果を Design Curve で Fig. 2 に示し、これから求めた 100hr および 1000hr のクリープ破断強さと試験温度との関係を Fig. 3 に示す。

これらの結果により、同じく2段時効を行なつた溶体化処理 1180° および 1080°C 2段の場合と 1080°C のみ1段の場合を比較すると、760°C での破断強さは後者がやや高い値を示しているが、815° および 870°C ではほとんど両者の差は認められない。KAUFMAN²⁾ らは 899°C でのクリープ破断試験の結果、高温で溶体化した場合結晶粒が大きくなり、粒界を強化する析出物が濃化した破断寿命を高めるとしているが、本実験の場合 815° および 870°C では溶体化処理温度による影響は認められず、760°C ではむしろ低温で溶体化処理した方が高い

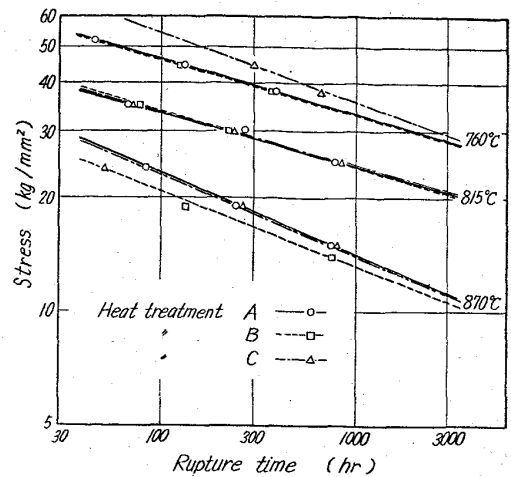


Fig. 2. Stress-time curves of specimen S.

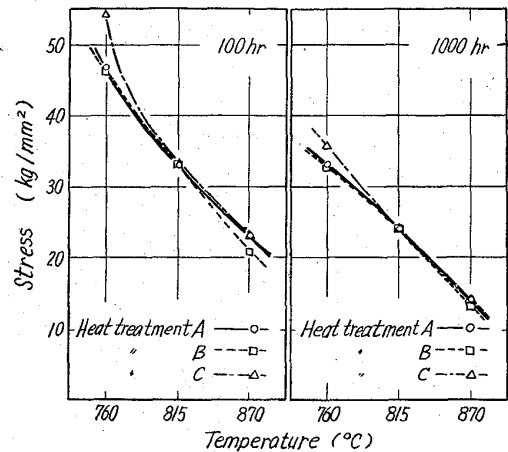


Fig. 3. Rupture strengths of specimens S in 100 and 1000 hours

破断強さを示している。これと同じく2段溶体化処理を行なつた熱処理AとBを比較すると2段時効を行なつたものにくらべ 845°C の1次時効を行なわぬ場合は 870°C では破断強さが低下しており、前報¹⁾で述べたように、この合金は 845°C × 24hr + 760°C × 16hr 2段時効で硬さが最高になるが、この状態が高温でのクリープ強さを高め得ることを示している。試料Hについて4段の熱処理をほどこしたもののクリープ破断結果を Fig. 4 に示す。

これと Fig. 2 における試料Sの熱処理Aの場合とを比較すると、同一の熱処理条件の場合、試料Hの破断強

Table 3. Specimens S and H grain size after exposure to various temperature-time conditions

	As solution treated	845°C × 24hr A.C. 760°C × 16hr A.C.	845°C × 24hr A.C. 760°C × 16hr A.C. 845°C × 200hr A.C.	845°C × 24hr A.C. 760°C × 16hr A.C. 900°C × 500hr A.C.
H. 1080°C × 5 hr. A. C.	4 ~ 7	4 ~ 7	4 ~ 7	4 ~ 7
H. 1180°C × 2 hr. A. C. 1080°C × 5 hr. A. C.	4 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6
S. 1180°C × 5 hr. A. C.	3 ~ 5	3 ~ 5	3 ~ 5	3 ~ 5
S. 1180°C × 2 hr. A. C. 1080°C × 5 hr. A. C.	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4

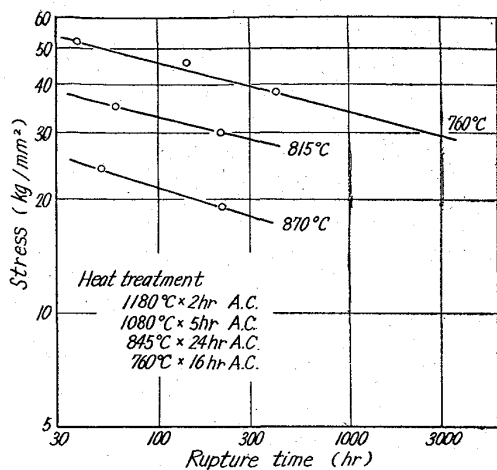
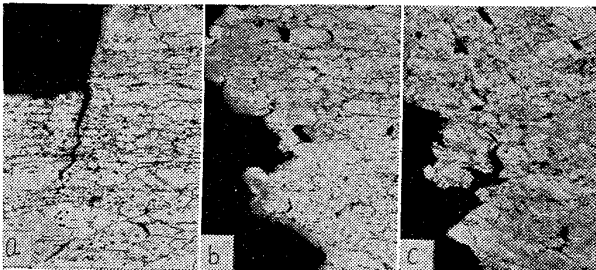


Fig. 4. Stress-time curves of Specimen H



a) Specimen H tested at 760°C for short time (Heat treatment A)
 b) Specimen H tested at 900°C for short time (Heat treatment A)
 c) Specimen H tested at 900°C for 418hr in 12kg/mm² (Heat treatment A)
 Photo. 1. Micro structures of ruptured specimens.

きは 760°C の場合は S とくらべてほとんど差は見られな
 いが、815° および 870°C では約 200hr までいずれも

試料Hがやや低い強さを示している。すなわちC含有量
 を高めると、高温短時間側でのクリープ破断強さを低下
 させるといえる。このことはこの試料の耐力が高温側
 で低いことと関連があるものと考えられる。試料Hのク
 リープ破断部附近の顕微鏡組織を Photo. 1(c) に示
 す。粒界から破断する通常的高温クリープ破断組織を示
 し、これはいずれの温度でも同様であつた。

IV. 結 言

Udimet 500 合金について 760°~900°C での高温引
 張り強さおよびクリープ破断強さにおよぼす熱処理およ
 びC量の影響を検討した結果を要約すると次のとおりで
 ある。

(1) 標準組成の合金の場合、高温引張り強さおよび
 耐力は熱処理条件によつてほとんど相違がない。伸びお
 よび絞りについては、溶体化処理が低温のみ1段の場合
 が最も高く、時効処理が低温のみ1段の場合が最も低
 い。

(2) 高C合金では特に 760°C での耐力は標準組成
 のものくらべて高い値を示すが、温度上昇とともにその
 低下が著しい。

(3) 標準組成の合金のクリープ破断強さは時効処理
 が低温のみ1段の場合、2段時効処理のものくらべて
 高温側で低くなる。

(4) 高C合金のクリープ破断強さは、高温短時間側
 では標準組成のものよりやや低下する。

文 献

1) 沢, 西, 菊地: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1575~
 1577
 2) M. KAUFMAN. A. E. PALTY: Trans. Met.
 Soc., Amer. Inst. Min., Met., & Pet. Eng.
 218 (1960), 2, p. 107~116