

389.3:669,784,539,4,016.3
(165) Udimet500 合金の時効特性におよ

ぼす炭素および熱処理の影響

(Ni 基耐熱合金に関する研究—I)

日本特殊鋼

工博 澤 繁樹・工博 西 義 徹
中島 治男・○菊地 侃生

Effect of Carbon Content and Heat Treatment on Aging Properties of Udimet 500 Alloy. 1575~1577

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

Dr. Sigeeki SAWA, Dr. Yoshizumi NISHI,
Haruo NAKAJIMA and Kanō KIKUCHI.

I. 緒 言

Co を含む Ni 基耐熱合金として代表的な Udimet 500 については、実用上 4 段の熱処理が採用されている。本合金の時効特性については種々報告されているが¹⁾²⁾、実用熱処理の各工程が高温機械的性質におよぼす影響についてはかならずしも明らかでない。また本合金は通常最終時効が 760°C で行なわれているが、実際の使用温度はより高温であることが多い。著者らは実用上の見地から熱処理が高温機械的性質におよぼす影響を検討するための第 1 段階として、この合金の時効特性ならびに、これにおよぼす炭素量の影響をしらべ、さらに 2 段階時効後の高温での加熱が硬さおよび組織におよぼす影響について検討した。

II. 試料および熱処理

真空高周波電気炉で溶製した鋼塊を 16mm φ に鍛伸して実験に供した。試料の化学組成を Table 1 に示す。

試料 S は Udimet 500 の標準組成のものであり、試料 H は炭素含有量を高めたものである。試料は 1030~1210°C の間で溶体処理を行ない。溶体化温度および保持時間の影響を調べた。つぎに A および B の 2 種類の溶体化処理につき、

- { A 1180°C×2h 空冷, 1080°C×5h 空冷
- { B 1080°C×5h 空冷

(i) 845°C×1~200h 空冷, (ii) 900°C×1~150h 空冷および (iii) 845°C×24h 空冷, 760°C×1~100h 空冷による時効中の変化さらに (iv) 845°C×24h 空冷, 760°C×16h 空冷の 2 重時効処理を施した試料につき、845°C×1~200h, および 900°C×1~500h 保持による諸性質の変化を求めこれらの時効現象におよぼす、炭素量の影響を調査した。

III. 実験結果

- (1) 溶体化処理の検討
- C 含有量にかかわらず、溶体化処理後の硬さは、保持

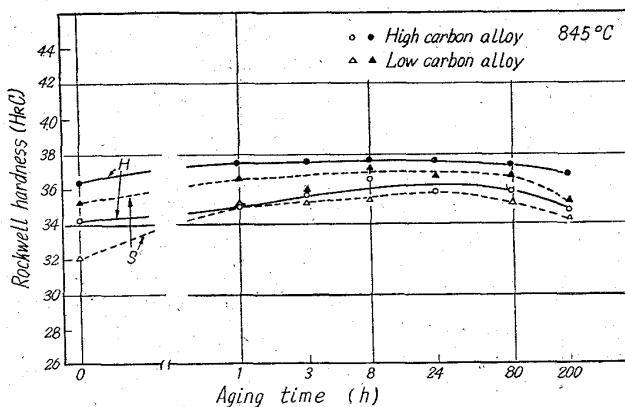
Table 1. Chemical compositions of the specimens. (%)

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

時間 2h の時は 1130°C まで低下し、それ以上の温度ではほとんど変化しない。さらに 5h では 1080°C で同様となる。

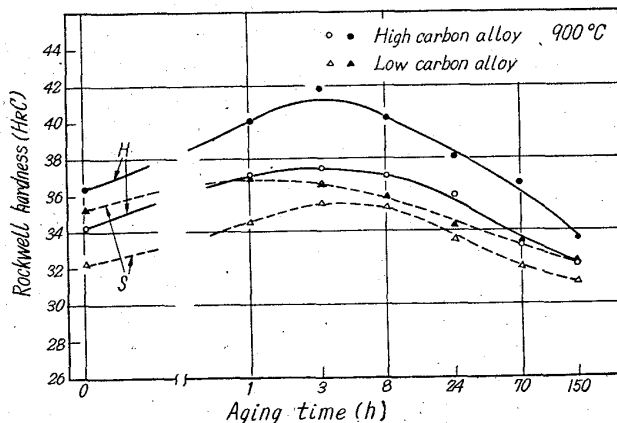
(2) 時効処理の検討

Fig. 1 および Fig. 2 は前節 (i) および (ii) 項による 1 次時効処理中の硬度の変化を示し、Fig. 3 は (iii) による 2 次時効中の硬度の変化を示す。これによれば試料 S および H 共に溶体化処理 1080°C のみの場合は 1180°C および 1080°C 2 段の場合よりも、各温度各時間共に硬さが高い。高炭素の試料は標準組成のものに比べて、いずれも高い硬さを示した。いずれの試料でも 845°C では 24h の時効で硬さが最高となり、それ以上



Solution treated at ○△ 1180°C×2h. A.C.
1080°C×5h. A.C.
●▲ 1080°C×5h. A.C.

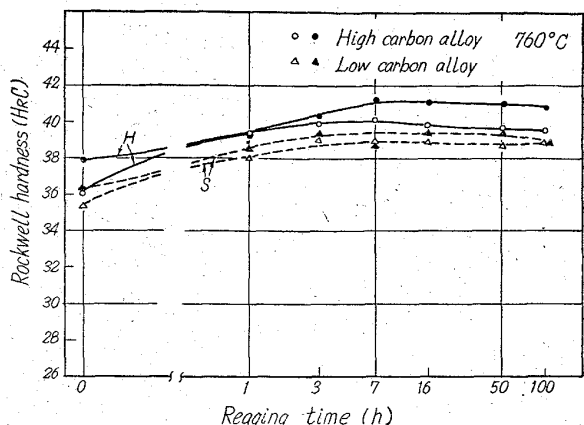
Fig. 1. Changes in hardness of Udimet 500 alloy during aging at 845°C.



Solution treated at ○△ 1180°C×2h. A.C.
1080°C×5h. A.C.
●▲ 1080°C×5h. A.C.

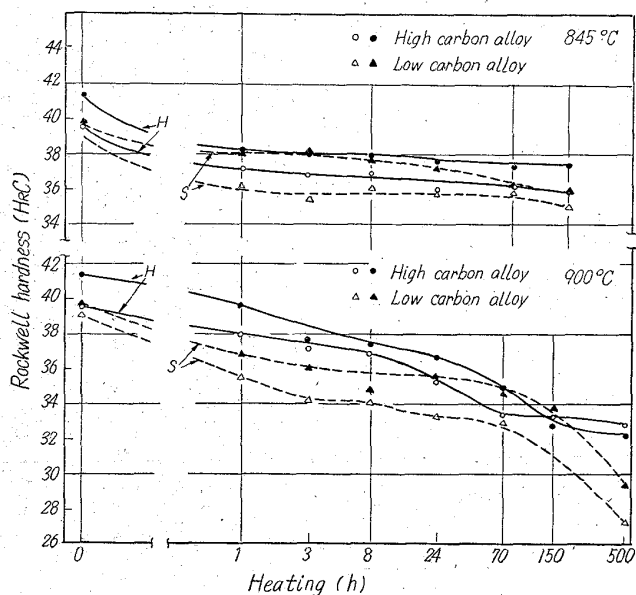
Fig. 2. Changes in hardness of Udimet 500 alloy during aging at 900°C.

の時間では漸減する。また 900°C では、ほぼ 3h で硬さは最高を示し、それ以上の時間では、硬さの低下がい



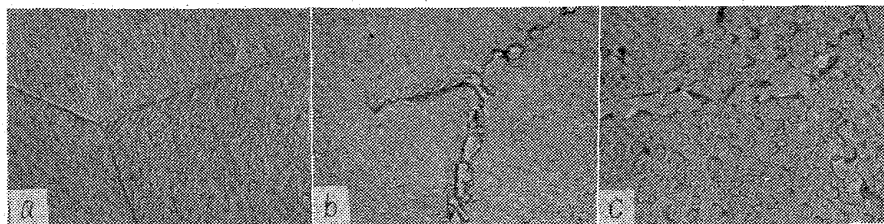
Solution treated and aged at
 ○△ 1180°C×2h. A.C., 1080°C×5h. A.C., 845°C×24h. A.C.
 ●▲ 1080°C×5h. A.C., 845°C×24h. A.C.

Fig. 3. Changes in hardness of Udimet 500 alloy during aging at 760°C.



Solution treated and aged
 ○△ 1180°C×2h. A.C., 1080°C×5h. A.C., 845°C×24h. A.C., 760°C×16h. A.C.
 ●▲ 1080°C×5h. A.C., 845°C×24h. A.C., 760°C×16h. A.C.

Fig. 4. Changes in hardness of Udimet 500 alloy during aging at 845°C and 900°C.



a: 1180°C×2h. A.C., b: 1180°C×2h. A.C., 1080°C×5h. A.C., 845°C×24h. A.C., 760°C×16h. A.C., c: 1180°C×2h. A.C., 1080°C×5h. A.C., 845°C×24h. A.C., 760°C×16h. A.C., 900°C×500h. A.C. ×5000 (1/2)

Photo. 1. Electron microscopic structures of Udimet 500 alloy.

ちじるしい。

2次時効を施した Fig. 3 の場合は、いずれの試料も時効時間 16h までは時間と共に硬さを増し、以後はほとんど変化が認められない。溶体化温度および炭素量の影響は 1次時効の場合と同様の傾向を示している。

(3) 時効処理後の加熱の検討

最高硬さを得られる時効条件 (iv) の処理を施した材料につき 845°C および 900°C の加熱中の硬度の変化を Fig. 4 に示す。加熱によりいずれも硬さは減少して、Over aging の傾向が認められる。その現象は加熱温度 845°C の場合には比較的少なく、200h 保持しても硬さの低下は約 H_RC4 である。しかし 900°C 加熱では加熱時間につれて硬さが次第に減じ、500h 保持では約 H_RC10 程度軟化する。溶体化処理の影響を比較すると、A 溶体化処理は B のそれよりも、加熱温度、加熱時間および C 含有量にかかわらず、H_RC 約 1~2 低い硬さを示す。また C 含有量について見れば、いずれの条件でも、C 含有量の多い方が硬さは高い。特に長時間加熱した場合における硬度低下は、標準 C 量のものに比べて、少ないことが認められた。これを Fig. 1 および Fig. 2 と比較すれば、845°C 加熱の場合には、1次時効のものよりも、過時効時間がやや遅れる傾向にあるが、900°C 加熱の場合、その傾向は見られない。

(4) 組織の変化

各熱処理後の組織について、代表的電子顕微鏡組織を Photo. 1 に示す。Photo. 1-a は 1180°C の溶体化処理材で、γ' および M₂₃C₆ はいずれも完全に固溶しているが、これを時効すると、(Photo. 1-b) γ' は粒内に微細に析出し、M₂₃C₆ は粒界に析出する。さらに高温で加熱すると、Photo. 1-c に示すように、γ' および M₂₃C₆ は共にいちじるしく粗大化し、明らかに過時効組織を示した。

IV. 結 言

Udimet 500 について時効特性、および C の影響を検討した結果を要約すれば、次のとおりである。

(1) 溶体化処理時間が 2h の時は 1130°C、5h の時は 1180°C までは硬さが低下する。

(2) 時効硬さはいずれの場合でも、標準組成のものに比べて、高炭素の方が高い、また溶体化処理が低温のみ 1 段の場合は、高温および低温 2 段処理に比べて、時効硬さは高い。

(3) 1次時効処理における最高硬さは、845°C では 24h 900°C ではほぼ 3h で得られ、それ以後は過時効の現象が認められる。これらに対し炭素含有量の影響は見られない。

(4) 845°C×24h の 1次時効後、760°C で 2次時効すると、炭素含有量にかかわらず、約 16h までは硬さを漸増する。

(5) 2段時効後、2次時効より高い温度に加熱すると、いずれも加熱時間につれて、硬さが減少するが、特に 900°C ではいちじるしく、完全な過時効組織を呈する。

文 献

- 1) W. C. HAGEL, H. J. BEATTIE, JR: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng. 215 (1959) 12, p. 967~976
- 2) M. KAUFMAN, A. E. PALTY: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng. 218 (1960) 2, p. 107~116

669,018,27:539,557:621,
785,371:621,785,9

(166) Refractaloy 26 型合金の冷間加工度とばね特性について

(ばね用超合金の研究—Ⅲ) 63356

三菱鋼材 1577~1578
○金井 良昭・上正原和典
関 不二雄・工博 内山 道良

On the Spring Properties and Cold Work of Refractaloy 26 type alloy. (Studies on super alloys for spring—Ⅲ)

Yoshiaki KANAI, Kazunori KAMISHOBARA
Fujio SEKI and Dr. Michira UCHIYAMA

I. 緒 言

Refractaloy 26 型合金^{1)~2)}の常温および高温におけるばね特性は第 I~II 報³⁾として報告した。その結果本合金は常温ですぐれたばね特性をもつように熱処理を行えば高温でも勝れていることがわかり、また冷間加工後溶体化処理を行わず直ちに時効処理を行なった試片は勝れた常温ばね特性をもつことを知ることができた。以上のことを考慮して本報では引き続き refractaloy 26 型合金の冷間加工度と時効処理を変化した場合の常温および高温のばね特性の調査を行なった結果について報告する。

II. 試料および実験方法

試料としては第 I 報と同じ化学成分の合金を使用し熱間圧延で 6~9mm φ にした試片を溶体化処理後種々の寸法から冷間引抜きを行ない 20~60% の加工度をほどこして同一線径の 4mm φ の試片とした。時効処理は 3 段階に変化し Table 1 に示す通りであつて、冷間加工は時効処理前に行なつてゐる。

試片は引張試験および硬さを測定して常温の特性を調査した。また高温ばね特性については第 II 報と同様に線径 4mm, コイル外径 30mm, 有効巻数 5.5, 総巻数

Table 1. Heat treatment of specimens.

Kind of specimen	Solution treatment (°C·h·cooling)	Cold work* (reduction %)	Aging treatment** (°C·h·cooling)
A	982·2·oil	20~61	649·0.5~200·air
B	"	"	732·0.5~200·air
C	"	"	816·0.5~200·air

* Solution treatment was controled within range of ±13°C.

** Aging treatment was controled within range of ±8°C.

7.5, 自由長 101mm のコイルばねとし、クリープラプチャー試験機を使用して種々の荷重の下で昇温しながら温度と撓みとの関係を測定し高温における横弾性係数と振り比例限度について調査した。

III. 実験結果

1. 冷間加工度と硬さとの関係

982°C の溶体化処理後加工度 20~60% の冷間加工を行なった試片を 649°C・732°C・816°C で時効処理を行ない処理時間を 0.5h から 200h 迄変化した場合の硬さを Fig. 1 に示す。これらによると 649°C で時効処理した試片は時効処理時間が增加するに従つて硬さをまし 44h で最高になる。200h では 55~61% のものがやや減少するのみで加工度の低い試片はほとんど 44h と同じである。732°C で時効処理した時の硬さは 0.5h~2h で最高の硬さを示し処理時間がそれ以上増加すると次第に減少し特に 50~60% の加工度のものは減少が著しい。816°C で時効処理した

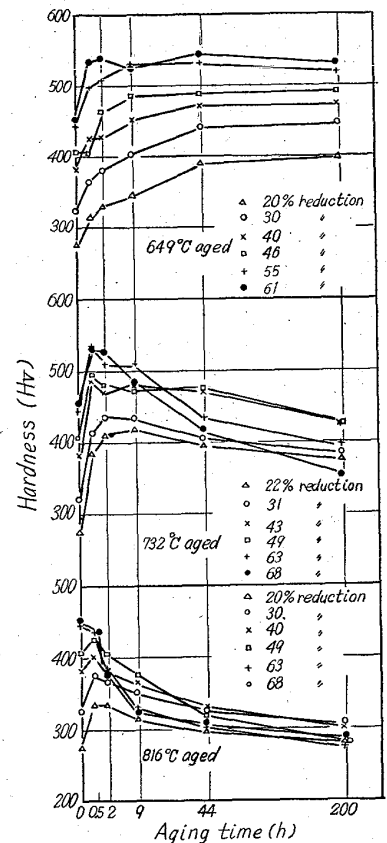


Fig. 1. Effect of reduction and aging time on the hardness.

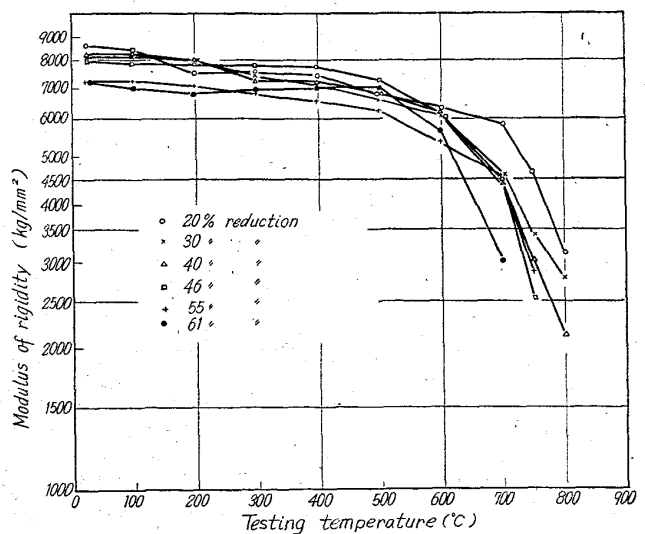


Fig. 2. Effect of testing temperature and reduction on modulus of rigidity for refractaloy 26 type alloy.