

(182) Udimet 700 合金の諸性質におよぼす化学成分の影響 (Ni 基耐熱合金の研究-III)

日本特殊鋼 工博 西 義澄 松本嘉敏 O 菊地侃生

1. 緒言 Ni 基耐熱合金のうちで最強グループに属する Udimet 700 の熱間鍛造性、時効硬化特性および高温強度におよぼす化学成分 (Ti, Al および B 量) の影響について検討した。

2. 試料 真空高周波炉で表 1 に示すとき化学成分の 10 kg 鋼塊を溶製し、16 mm φ に鍛伸後、各試験に供した。

表 1. 試料の化学成分 (wt.%)

試料 No.	C	Si	Mn	Co	Mo	Ti	Al	B
1	0.07	15.47	残	20.2	4.68	2.78	3.97	0.016
2	0.07	16.74	残	20.0	4.63	3.44	4.27	0.018
3	0.08	14.74	残	20.4	4.85	3.68	4.27	0.027

試料 No. 1 は Ti, Al および B を低目に、No. 2 は B のみを低目に、No. 3 はすべてを高目に定めた。

3. 実験結果 i) 落錘試験機を用いて熱間鍛造性を検討した。

各試料の適正加工温度および加工率はつぎのとおりである。No. 1 は 1050~1150°C、20% 以下、No. 2 および No. 3 は 1050~1120°C、18% 以下である。強化元素の多い No. 2 および No. 3 は鍛造性が困難で、 δ の析出状況と密接な関係をもった。ii) 図 1 に溶体化処理温度と硬さの関係を示す。溶体化処理温度の上昇による硬さの低下は No. 1 が高温側において特に著しい。各試料とも溶体化硬度は冷却速度依存性が非常に顕著であった。結晶粒度の成長は強化元素の多いほど遅く、たとえば 1120°C の溶体化温度では試料 No. 1 は G.S. No. 1、試料 No. 2 では No. 4、試料 No. 3 では No. 5 をそれぞれ示した。これは massive な $M_{23}B_{12}$ 型の硼化物が多量に存在するためと考えられる。 δ の完全固溶温度は試料 No. 1 では約 1100°C、No. 2 および No. 3 では約 1150°C である。iii) 1180°C x 4 hr. A.C. + 1080°C x 4 hr. A.C. の熱処理を施した後、845°C x 1~100 hr. A.C. の時効を行なった。いずれの試料も 24 hr. の時効で最高硬さ (HRC 38.8~40.9) に到達し、以後長時間側では過時効現象を呈するが、B 量の多い試料 No. 3 は若干この傾向が遅れる。

iv) 1180°C x 4 hr. A.C. + 1080°C x 4 hr. A.C. + 845°C x 24 hr. A.C. 後、さらに 760°C x 1~200 hr. A.C. の時効を行なった場合、16~50 hr. で最高硬さ (HRC 40.4~42.5) に達するが、時効時間 200 hr. において、試料 No. 1 および No. 2 はやや硬さ低下の傾向を示し、試料 No. 3 はなお硬化する傾向が観察される。v) 規定熱処理を施した各試料について、顕微鏡観察および電解残渣の X 線回折による同定を行なった。その結果、stringer 状を呈する massive な Mo を含んだ TiC と $M_{23}B_{12}$ 型の硼化物、粒界には Cr rich な $M_{23}C_6$ 、粒内には δ の全面析出が認められた。Ti および Al 含量の多い No. 2 および No. 3 の δ 粒子の大きさは試料 No. 1 のそれに比して粗く、かつ粒界析出物が顕著であった。vi) 図 2 に 980°C でフリーフローラフチャー試験を行なった結果を示す。各試料の 1000 hr. 破断強さは No. 1 では 4.6 kg/mm²、No. 2 では 6.0 kg/mm²、No. 3 では 6.3 kg/mm² をそれぞれ示し、強化元素の効果が顕著である。破断伸びは短時間側で 16~20% を示した。vii) 常温の短時間引張り試験において強化元素の多い試料ほど強度、靱性ともに優れている。高温強度についても同様な結果が得られ、たとえば 700°C における高温引張り特性は試料 No. 3 では耐力 87.4 kg/mm²、強さ 122.5 kg/mm²、伸び 24.4%、絞り 27.2% を示し、いずれも Udimet 700 の性能を満足している。以上の実験結果より Udimet 700 合金の諸性能を満足するための化学成分の適正量を見出すとともに、熱間鍛造に伴う困難な問題を解決した。

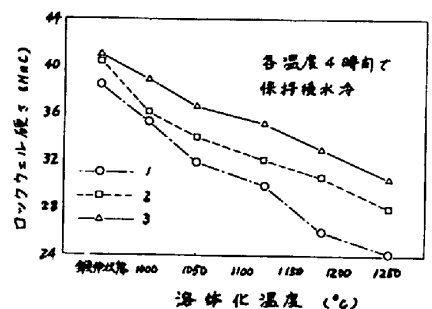


図 1 Udimet 700 合金の溶体化による硬さ変化

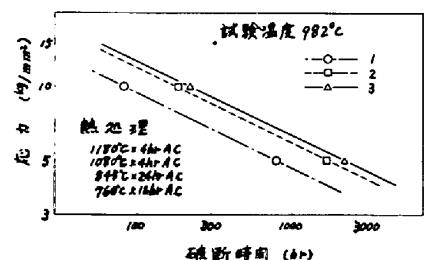


図 2 Udimet 700 合金の破断時間におよぼす Al, Ti および B 量の影響