

(147) Ni-Al時効硬化型強力鋼の機械的性質と遅れ破壊感受性

金属材料技術研究所
 東京大学工学部

○青木孝夫 金尾正雄
 荒木 透

1. 緒言

焼入れ、焼もどし中炭素低合金鋼は、降伏強さが約 120 kg/mm^2 以上になると環境に依存する遅れ破壊に対して敏感となり、その使用強度レベルが制限されるので、遅れ破壊感受性の低い強力鋼の開発が望まれている。窒化鋼またはダイカスト金型に用いられている、 $\text{Ni} + \text{Al} < 10\%$ の $\alpha(\text{NiAl})$ 析出硬化型強力鋼は、 $130 \sim 150 \text{ kg/mm}^2$ の引張強さを有し、一般構造用部材としても用いられる可能性がある。前回、数種の強化機構の異なる強力鋼の水中遅れ破壊特性について報告したが、Ni-Al鋼の遅れ破壊感受性が低合金鋼に比べて低いことが示唆された。そこで今回は、4%Ni、1.2%Alを含む時効硬化型強力鋼における、焼もどしと時効処理の組織、機械的性質、破壊挙動、遅れ破壊感受性におよぼす影響について調べた結果を報告する。

2. 実験方法

表1 供試材の化学組成 (wt.%)

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ni	Al	P	S
供試材は、高純度材を用いて真空高周波炉で溶製し、16mm中に鍛造圧延した。化学組成を表1に示す。	0.23	0.25	0.39	0.52	0.33	0.12	4.01	1.15	0.003	0.004

熱処理はすべてソルトバス中で行なった。920°Cで30min加熱後油焼入れし、つぎのように焼もどし時効処理した。

(A) 焼入れのまま、(B) 焼入れ材を550°C、2hr時効、(C) 300°C、2hr焼もどし→550°C 5hr時効、(D) 400°C、2hr焼もどし→550°C、5hr時効、(E) 680°C、2hr焼もどし→550°C、5hr時効、(F) 680°C、2hr焼もどし→500°C、25hr時効。

遅れ破壊試験は、首下切欠き引張荷重型試験片($k_t \approx 9$)を用い、30°Cの蒸留水中で行なった。

3. 実験結果

表2 機械的性質と水中遅れ破壊強さ

焼入れ、焼もどし、時効処理により、マルテンサイトの分解、炭化物、金属間化合物の析出反応が重複し、強化に寄与する因子が複雑に変化する。透過電顕観察によると、AはQ-tempered ラスマルテンサイト、B、C、Dでは前オーステナイト粒界とラス境界に薄板状のセメントライトが析出した組織であったが、低温で焼もどしたC、Dでは粒界析出がより顕著であった。E、Fではセメントライトが球状化し、マトリクスが一部再結晶していた。析出物の確認は困難であったが、時効後NiAlの整合析出を示す規則格子スポットが電子回折で確認された。表2に機械的性質と遅れ破壊試験結果を示す。時効によりいずれも降伏比が高くなるが、680°Cで焼もどして時効すると一様伸びが増加する。引張試験において、Aはカップ・コーン型破断を示したが、時効試料ではいずれも菊目状の破面を示した。Q-tempered マルテンサイトは、じん性の臭がらえば、時効試料に比べて悪くないが、遅れ破壊に対して著しく敏感である。最後に、平滑と切欠き引張破面、および遅れ破壊破面を走査電顕で調べ、破壊の微視的過程を検討した。

熱処理	耐力 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸び (%)	絞り (%)	切欠き引張強さ (kg/mm^2)	100hr遅れ破壊強さ (kg/mm^2)	1000hr遅れ破壊強さ (kg/mm^2)
A	115.7	155.9	11.4	59.6	234.6	145	40
B	129.9	136.7	11.4	62.7	227.8	185	170
C	128.9	137.4	10.7	61.3	221.2	185	160
D	130.3	138.9	11.6	62.3	222.5	175	155
E	120.2	124.7	13.4	57.8	209.1	185	180
F	129.7	134.7	12.4	51.9	200.6	165	150