

東海大学 工学部
同 大学院
石川島播磨重工業(株)

瀬戸 佐智生
○石橋 太郎
荒井 幹也

Crack by post weld aging treatment of U720LI

By Sachio Seto, Taro Ishibashi and Mikiya Arai.

1.緒言

近年、航空機エンジンの高性能化に伴うタービンセクションの高温化により従来のディスク材を凌ぐ性質を有するU720LIが開発されている。U720LIは耐熱性向上のため γ' 相の主要元素であるAlやTiを多量に含有し、時効硬化性を高めているためNi基超合金のなかでも優れた合金であるが、時効割れが発生しやすいとされている。しかし時効割れ発生メカニズムは明らかにされていない。

そこで本研究ではU720LIを溶体化処理(1378K/7.2Ks)後電子ビーム溶接し、時効処理中に発生する時効割れの発生条件の判別と、割れ発生の原因を探ることを目的として基礎的な実験を行う。

2.方法

本研究において使用したU720LIの化学組成を Table1 に示す。供試材は溶体化処理(1378K/7.2Ks)後、電子ビーム溶接(ビードオンプレート)を行ったものである。

溶接部近傍を8mm×8mm×4mmに加工し、真空焼鈍装置を用いて時効処理室温まで炉冷した。その後、供試材を鏡面研磨、王水腐食($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4=1:3$)し、マイクロ組織観察およびマイクロビッカース硬さ測定(付加荷重:0.98N、付加時間:15s)を行った。また、時効処理条件と結晶粒径の関係を調べるために各処理条件における結晶粒径を測定した。さらに時効割れの発生原因を調べるために溶接部近傍のSEM写真およびEDX分析を行った。

Table 1 Chemical composition of U7210LI used.

	Cr	Co	Mo	W	Al	Ti	C	B	Zr	Ni
at%	19.331	14.008	1.756	0.397	3.020	5.864	0.140	0.171	0.018	Bal.

3.結果および考察

Fig.1 に時効処理による析出相の形成または割れ発生に関するマイクロ組織観察結果を一括して示す。本実験範囲内では977K/28.8ks以上の時効処理によって析出相形成が確認できたが、時効割れの発生は認められなかった。Fig.2に溶融部近傍のマイクロ組織写真(例)を示す。同図に示すように、a)922K/86.4ksでは析出物は確認できないが、b)1033K/28.8ksではHAZから溶融部にかけて析出相の形成(図中、矢印で示す。)が確認できた。Fig.3に処理温度とマイクロビッカース硬さ(測定点20箇所)の関係を示す。同図より処理時間一定(28.8ks)の場合、処理温度上昇とともに硬さはわずかながら上昇することがわかる。また、処理温度一定の場合、処理温度が長くなるほど硬さは増加することがわかる。Fig.4に結晶粒径とマイクロビッカース硬さの関係を示す。同図より結晶粒径が大きくなるほど硬さは増加することがわかる。1033K/28.8ks時効処理材におけるSEM写真(例)をFig.5に、EDX分析結果をTable2に示す。Fig.5の測定点の番号とTable2中の番号は対応している。Fig.5のa)HAZには大きな結晶粒や結晶粒界に沿った析出相が確認できる。またb)溶融金属部にも連なった析出物が確認できる。Table2の結果より、①はAl

とTiの原子%の和とNiの原子%の比率が1:3になっていることより、この相は γ' 相 $[\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})]$ であることがわかる。②、③の析出相はCrの原子%がマトリックス部と比較して高い。このCrは合金中に含有しているCと Cr_{23}C_6 などの炭化物を形成する可能性が高い。このような析出相が成長することにより、母材との整合性が悪くなり、そこから割れが発生すると考えられる。

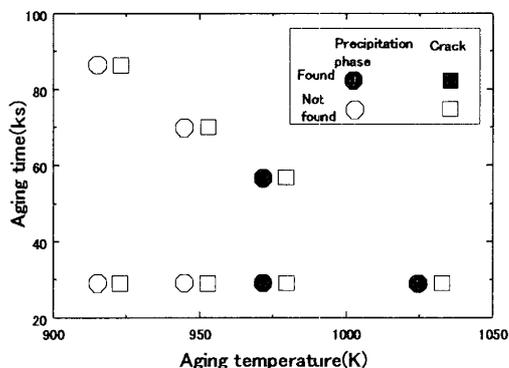


Fig.1 Effect of aging conditions on the formation of precipitation phase or crack.

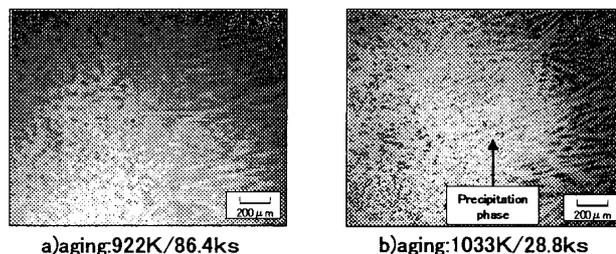


Fig.2 Microstructure after aging of U720LI.

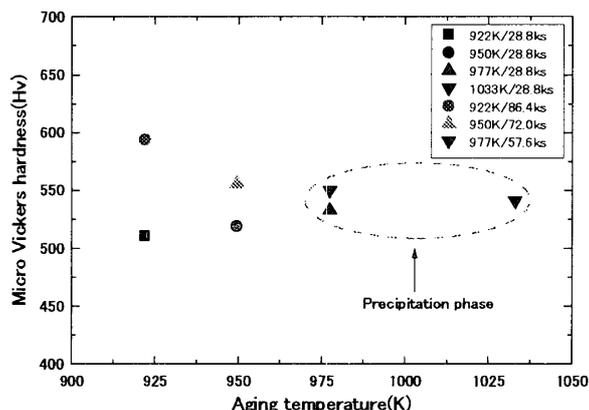


Fig.3 Relationship between aging temperature and micro Vickers hardness.

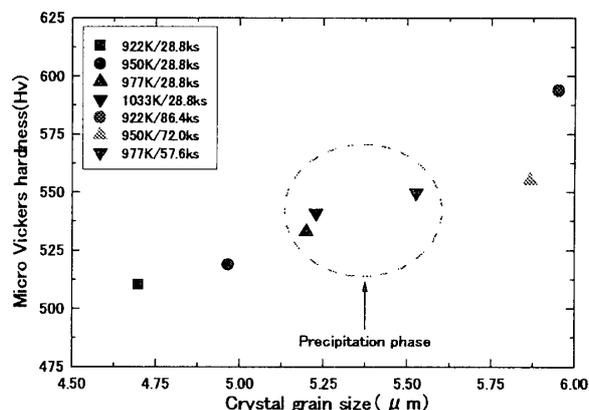
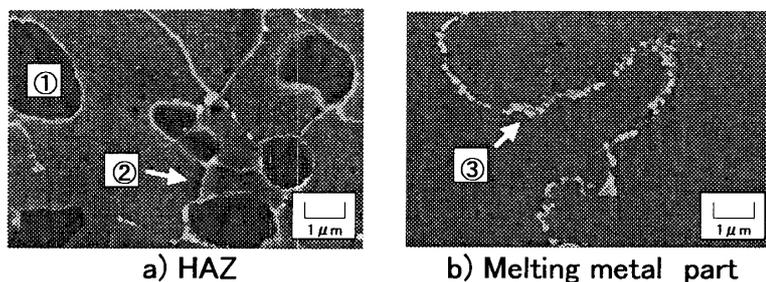


Fig.4 Relationship between crystal grain size and micro Vickers hardness.



a) HAZ b) Melting metal part

Fig.5 SEM photograph.

Table2 Results of EDX analysis(at%).

	Al	Ti	Cr	Ni
① γ' $\text{Ni}_3(\text{Ti}, \text{Al})$	8.9	12.0	4.5	65.8
② Precipitation phase	8.4	5.0	27.0	43.3
③ Precipitation phase	5.6	6.9	31.2	40.2