

414 Ni 基超耐熱合金 Inconel 718 の液化割れ感受性に及ぼす結晶粒度の影響

大阪大学工学部 西本和俊 田中勝之
(株)日本製鋼所 ○茅野林造

Effect of grain size on liquation cracking susceptibility of Ni-base superalloy Inconel 718

Kazutoshi NISHIMOTO, Katsuyuki TANAKA and Rinzou KAYANO

1. 緒言

Ni 基超耐熱合金 Inconel 718 はその高強度、高延性および優れた耐高温酸化性から発電機用大型部材などに使用されている。以前からこのような Ni 基超耐熱合金の溶接施工においては熱影響部 (HAZ) の液化割れが指摘されており、この割れ感受性は母材そのものの特性によって決まるもので一般にその防止は溶接金属の凝固割れに比べて難しいとされている。本研究では熱処理により母材の結晶粒度を変化させた合金の HAZ の液化割れ感受性をスポットバレストレイン試験により評価し、結晶粒度の液化割れ感受性に及ぼす影響を検討した。

2. 供試材料ならびに実験方法

供試材としては母材の結晶粒度を溶体化熱処理により 4 種類に変化させた Inconel 718 合金を用いた。化学組成を Table 1、熱処理条件および結晶粒度を Table 2 に示す。本合金の HAZ の液化割れの再現を目的としてスポットバレストレイン試験を行った。溶接条件は溶接電流 60 A、アーク電圧 10 V、アークの点弧時間は 25 sec とした。試験後、SEM により割れ長さを測定した。また供試材の熱分析および再現 HAZ 熱サイクル試験は高周波誘導加熱装置を用いて行った。

Table 1 Chemical composition (wt.%)

Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Al	Ti	B	Nb+Ta	Fe
Inconel 718	0.021	0.07	0.07	0.006	0.0007	52.41	18.60	0.06	2.95	0.53	0.97	0.002	4.87	Bal.

3. 実験結果および考察

Table 2 Heat treatment condition and grain size of Inconel 718

粒度の異なる Inconel 718 について、スポットバレストレイン試験により発生した最大割れ長さを比較	Heat treatment condition			Average grain size, mm	ASTM G.S.No.
	A	B	C		
	1213K×1.8ks	1253K×1.8ks	1293K×1.8ks	0.010	10.2
				0.013	9.6
				0.048	5.7
				0.127	3.0

した結果を Fig. 1 に示す。粒度が細くなるに従って割れ長さは低下し、この傾向は付加ひずみが高くなるに従って顕著になることが明らかになった。次に熱分析によりバレストレイン試験と同条件で溶接を行い、アーク消弧時の熱影響部の割れ発生部の温度分布の測定結果から Fig. 1 に示した最大割れ長さを温度に換算した。その結果を Fig. 2 に示す。結晶粒度が粗くなるに伴い割れ発生温度範囲は広がっている。付加ひずみが比較的低い 0.98% のときからこの割れ発生温度範囲の差は飽和しており、約 30 K 程度となっている。この割れ破面の SEM 写真を Fig. 3 に示すが、破面全体は明瞭な粒界破面を呈しており、破面全体にわたって液化割れ特有のステップ模

様が観察され、割れ発生時に薄い層状の液膜が存在していたことが示唆される。しかしながら結晶粒度の差による破面上の形態の明瞭な相違は認められなかった。

結晶粒度が粗くなるに伴い割れ感受性が高くなる原因として粒界の液化現象が大きく関与していると考えられ、この点について詳細に検討するため、高周波誘導加熱によりHAZを再現し、粒界の液化状況を調査した。模擬溶接熱サイクルとして昇温速度を50 K/secとし、所定のピーク温度に5sec保持した後にArガスにより冷却した。ピーク温度を変化させたときの最細粒材Aと最粗粒材Dの粒界液化率をSEM組織から測定し、比較したのがFig.4である。これを見るとDの合金の方が粒界液化率が高く、液化開始温度 T_{Li} が8K程度低いことがわかった。バレストレイン試験の割れ発生温度範囲に比べてこの差は小さいが、これはバレストレイン試験では溶接金属からの融液のヒーリングも含まれているためと考えられる。このように粗粒材の方が粒界液化率が高い原因としては、粒界の増加により単位結晶粒中の晶出物の量および不純物元素の粒界偏析が増すことなどが考えられる。また、粒内すべりによって誘起される粒界の応力集中が粗粒材の方が高いことも割れ感受性を高める一因となっていると推察される。なお本研究の一部はNASDAから(社)日本溶接協会への受託研究として行われた。

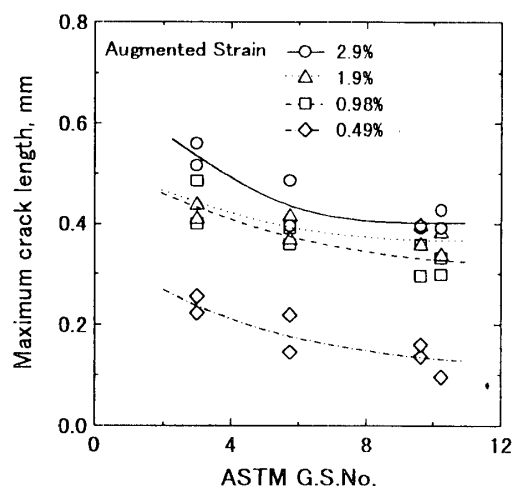


Fig.1 Relation between grain size and crack length

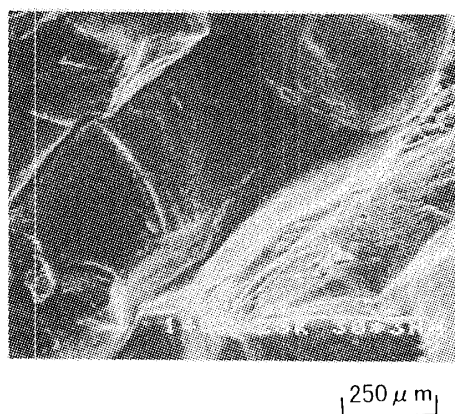


Fig.3 SEM microfractograph of liquation crack in Inconel 718 (A:G.S.No.10.2)

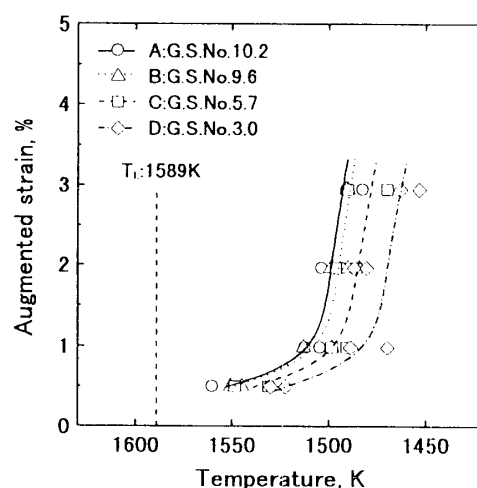


Fig.2 Hot ductility curve for Inconel 718

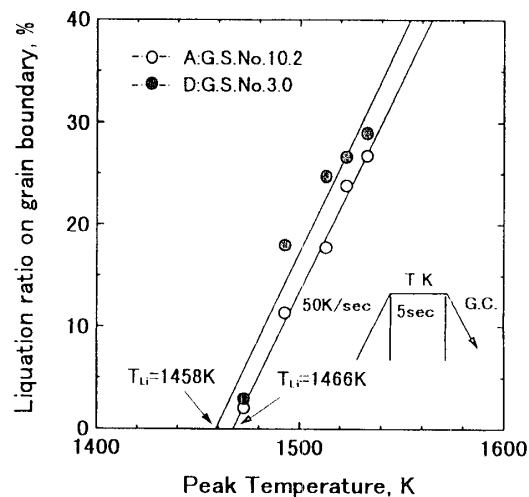


Fig.4 Relation between peak temperature and liquation ratio on grain boundary