

先進材料の超塑性に関する国際会議

姫路工業大学 工学部 材料工学科

助教授 岩崎 源

(平成8年度国際会議等参加助成 AF-96043)

1. 開催日：1997年1月29日(水)～1997年1月31日(金)

2. 開催場所：インド国、バンガロア市、
インド国立理科大学
(Indian Institute of Science)

3. 国際会議報告：

今回参加した国際会議は、3年に一度開かれており、過去グルノーブル、大阪、モスクワそして今回が4回目という歴史をもっている。金属材料超塑性が中心であった2回目までとは異なり、3回目以降はセラミックス、複合材料の超塑性の研究が大半を占めるようになってきた。わが国では昨年度より文部省の科学研究助成金の重点領域に「超塑性の新しい展開」が加わり、この分野の研究が一段と活発になってきた時でもあり、日本からの多くの発表が今回の国際会議を大いに盛り上げたという感がある。

私は、「Cavitation in high-strain-rate superplastic metal matrix composite」(高速超塑性金属基複合材料における空洞問題)について発表した。この発表により、私は「Award of the Best Poster」、最優秀ポスター賞を受賞した。

以下に論文の内容を紹介する。

4. 緒言

多くの超塑性材料は、超塑性変形中に空洞の核生成および成長、連結の過程が進行し最終的に破断にいたることが知られている。空洞の形成は超塑性伸びを減少させるだけでなく、超塑性変形後の機械的性質の低下をもたらすため、超塑性を工業的に応用する上で空洞問題を解決することが重要である。今日まで、超塑性材料における空洞挙動に関して多くの研究がなされてきたが、複合材料に関する研究はきわめて少ない。最近、筆者らが高速超塑性アルミニウム基複合材料の空洞問題をとりあげ発表したところである⁽¹⁾。そこで、高速での超塑性であるにもかかわらず空洞がきわめて少ないことをはじめて報告した。その原因が液相の働きにあることを示唆した⁽²⁾。

本報告では高速超塑性を示すSi₃N₄/2124アルミニウム基複合材料について、示差熱分析の結果をもとに局所融解温度782Kを中心に上下60Kの温度で空洞形態と破断形態を調査し、液相の影響を明らかにすることを目的とした。

5. 実験方法

実験に使用した複合材料は、粒径1μm以下のSi₃N₄粒子20%を含む2124Al合金であり、その結晶粒径は2.4μmであった。複合材料の作製方法の詳細は他の文献⁽³⁾に記載されているとおりである。Fig. 1はこの複合材料のDSC分

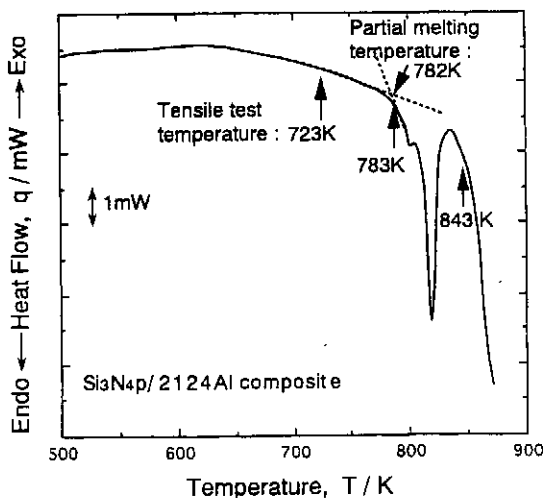


Fig. 1 Typical DSC curve of the Si₃N₄p/2124Al composite at a temperature range from 500K to 873K.

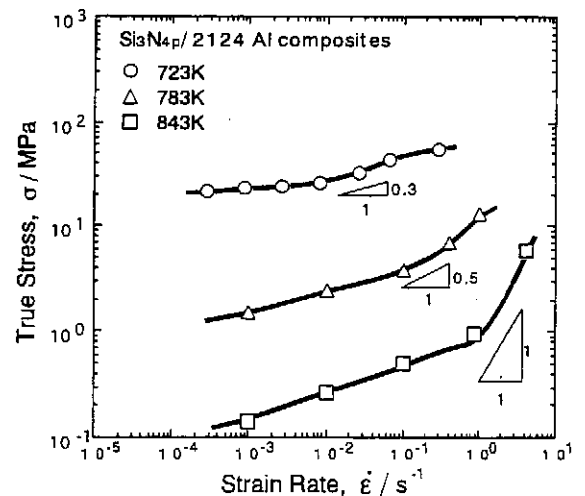


Fig. 2 The variation in the true stress as a function of strain rate for the Si₃N₄p/2124 Al composite.

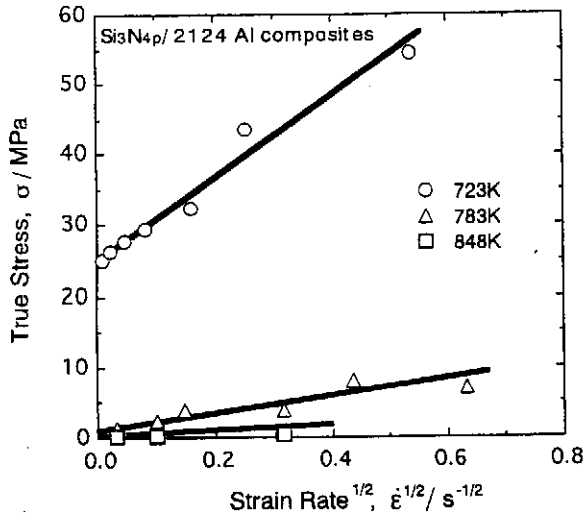


Fig. 3 Calculation of the threshold stress at 723, 783 and 843K for a $\text{Si}_3\text{N}_{4p}/2124$ Al composite.

析結果である。782Kが局所融解温度であることがわかる。それゆえ、試験温度として約60K異なる723Kと843Kそれに局所融解温度直上の783Kを選んだ。引張試験は定応力下で行った。温度の異なる試験条件で空洞に及ぼす応力(有効応力)を等しくするために、各温度でのしきい応力を求め、両者を合わせた応力のもとで試験を行った。Fig. 2は各温度における流動応力とひずみ速度の関係を示す。この結果から変形に最低限必要な応力、しきい応力が存在することがわかる。Fig. 3はしきい応力を求めるための図であり、しきい応力は各直線と縦軸との交点で求められる。その結果、本複合材料の応力試験条件および超塑性特性(ひずみ速度、破断伸び)はTable 1に示される値となった。この表からわかるように局所融解温度直上では550%の大きい伸びが得られたのに対し、他の2つの温度ではいずれも20%前後と小さい値であった。

6. 実験結果

Fig. 4は723Kで破断した試験片の破断部近傍における空洞発生状態を示す。この温度では、数十 μm の大きさの空洞がほとんど観察されないことから、空洞の成長が遅いとおもわれる。それにもかかわらず早期に破断がおこっているので、さらに詳しく観察すると、Fig. 5に示すように結晶粒界に存在する強化材粒子が核となって生じたクラックが、結晶粒界に沿って伝播し粒界割れを起こしていることがわかる。この観察から、723Kでは粒界すべりにともなって生じる強化材粒子と母材との界面における応力集中が、十分緩和されていないことがわかる。この結果は液相がきわめて不十分である場合に起こる空洞・破壊現象を示しているといえる。つぎに、783Kで破断した試験片の空洞発生状態をFig. 6に示す。550%の伸びまで均一な変形を示し、そ

Table 1 Temperature dependence of threshold stress, applied stress, strain rate and elongation for a $\text{Si}_3\text{N}_{4p}/2124$ Al composite.

Temperature (K)	723	783	843
Threshold Stress(MPa)	26.1	1.4	0.01
Applied Stress (MPa)	32.7	8.0	6.6
Strain Rate (s^{-1})	0.03	0.19	2.44
Elongation, %	24	550	18

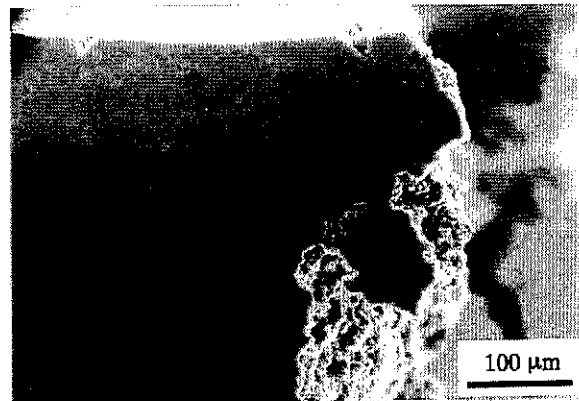


Fig. 4 Micrograph showing cavities and fracture surface in the $\text{Si}_3\text{N}_{4p}/2124$ Al composite deformed at 723K. The tensile direction is horizontal.

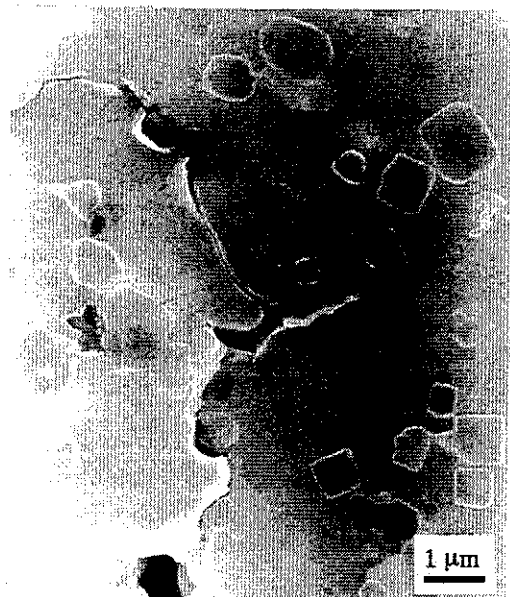


Fig. 5 SEM micrograph showing crack-like cavities propagated along grain boundaries in the $\text{Si}_3\text{N}_{4p}/2124$ Al composite deformed at 723K. The tensile direction is horizontal.

の範囲では数十 μm 程度の空洞がわずかに分散して存在している。この温度では液相の存在が考えられ、この大きい伸びは液相が適度に存在する場合にはじめて得られることを示しているといえる。Fig. 7は843Kで破断した試験片の空洞状態を示す。この図では数百 μm の大きさの空洞が多数観察される。この大きい空洞の内面はきわめて滑らかで、数個の球形のくぼみが連なっているところも見られる。これらの空洞は引張方向に平行に成長しているが、さらによく観察すると、この大きい空洞を引張方向に垂直に連結するクラックが観察され、このクラックによって破断が生じたものと考えられる。このように843Kでは液相量が多くなって、変形が進行するより速く空洞が成長していることがわかる。

7. 結 言

高速超塑性複合材料は、適度な液相の量が存在することにより大きい伸びを示すことが明かとなった。

8. 謝 辞

先進材料の超塑性に関する国際会議 (ICSAM '97) に参加し、複合材料の空洞に関する研究発表をするにあたり、国際交流助成金の交付をいただいた財団法人天田金属加工機械技術振興財団に謝意を表します。

9. 参考文献

- 1) H. Iwasaki, M. Takeuchi, T. Mori, M. Mabuchi and K. Higashi, Scripta Metall. Mater., 31, 255 (1994).
- 2) H. Iwasaki, M. Mabuchi, K. Higashi and T. G. Langdon, Mater. Sci. Engr., A208, 116 (1996).
- 3) M. Mabuchi, J. Koike, H. Iwasaki, K. Higashi and T. G. Langdon, Mater. Sci. Forum, 170-172, 503 (1994).

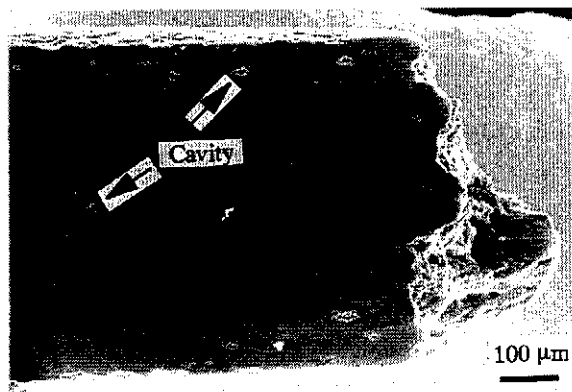


Fig. 6 Micrograph showing cavities and fracture surface in the $\text{Si}_3\text{N}_4\text{p}/2124$ Al composite deformed at 783K. The tensile direction is horizontal.

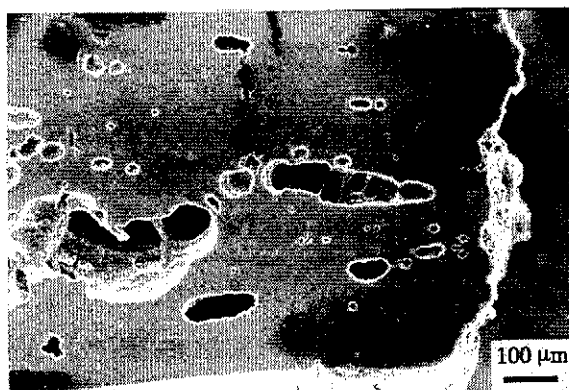


Fig. 7 Micrograph showing cavities and fracture surface in the $\text{Si}_3\text{N}_4\text{p}/2124$ Al composite deformed at 843K. The tensile direction is horizontal.