

超塑性加工技術の動向調査研究

東京都立大学 工学部 機械工学科

教授 西村 尚

(平成元年度研究開発助成 AF - 89015)

1. 調査研究の目的

超塑性は今から40年前に発見され、今日に至るまで多くの研究者がそのメカニズム、工業的応用に関する研究を続けてきた。とくにこの10年ほどの間はその活動が極めて活発になり多くの成果を得てきている。

その例を示すと、我が国では超塑性研究会（宮川松男会長）が発足して12年になり、多くの情報交流活動が続けられ、通産省の次世代産業基盤技術制度の「超塑性」が取り上げられ、高温材料の開発と加工技術の開発に多大の成果を得た。また、国際的には、最近5ヶ年間の間に5回の国際会議が催され、そのうち3回までが日本で開催された。このように、国内外において超塑性に関する研究が活発になり、その情報も多岐にわたってきている。

そこで、本調査では、最近の超塑性に関する研究の状況を調査・分析し、今後の研究方針の策定を企画したものである。

国内外の論文を収集し、分類した上で、その論文の最も重要と思われる結果をデータシートの形で収集する。このように整理されたデータベースは、今後の超塑性研究を進める上で極めて重要な参考資料になるものと確信している。

2. 調査研究の組織及び期間

(1)調査研究組織

委員長 西村 尚（東京都立大学教授）
幹事 広橋 光治（千葉大学教授）
委員 東 健司（大阪府立大学助教授）
古城 紀雄（大阪大学助教授）
松木 賢司（富山大学助教授）

本橋 嘉信（茨城大学助教授）

(2)データベース作成委員会

委員長 西村 尚（東京都立大学教授）
幹事 大澤 泰明（法政大学教授）
委員 木村 南（リイト時計(株)主事）
早乙女 泰典（群馬大学助教授）
佐藤 英一（宇宙科学研究所助手）
西原 公（国士館大学教授）
本橋 嘉信（茨城大学助教授）

(3)研究期間

自 平成元年12月1日
至 平成3年11月30日

3. 研究成果の概要

本調査は最近5ヶ年間に5回にわたって国内外で開催された国際会議発表論文について、詳細に調査・分類して、広く参考に供せんとするものであり、調査結果の詳細は本研究開発助成を得て発行させるデータベースにまとめられている。

ここでは、これらの5回の国際会議のうち最も最近において開催された“先端材料の超塑性に関する国際会議（International Conference on Superplasticity in Advanced Materials (ICSAM - 91)”における内容を紹介する²⁾。

超塑性の基礎的分野での膨大な研究成果を踏まえ、今日では「超塑性の実用化」・「難加工材料の超塑性化」が各界において精力的に試みられている。このような情勢のもと「先端材料の超塑性に関する国際会議」が平成3年6月3日より6日まで、大阪国際交流センターで開催された。超塑性全般に関する国際会議は、これまで、米国・サンディエゴ（1982・6 参加者180名）・フランス・グル

ノーブル (1985・9 参加者60名)、米国・シアトル (1988・8 参加者130名) と開催されてきており、今回が第4回目というべき会議で約180名 (外国から65名) が参加して行われた。

さて、今回の会議の目的は前3回と同様、超塑性に関する全ての基礎分野そして設計、成形などの超塑性の応用に関する研究者が一同に会し、建設的な議論と技術的意見交換の場をもつことであるとされた。これまでと同様、会場をひとつに限り、基礎から応用にまたがる広い領域、合金から金属間化合物、セラミックスなど多種にわたる研究対象材料と研究分野の異なる者同志が長時間にわたって議論の火花を散らした。

セッションは、まず1.Fundamentals Aspect of Superplasticityで始まり、2.Microstructural Dynamics in Superplasticity,3.Cavitation in Superplastic Deformationと続き、ついで4. Superplasticity in Ceramics,5.Superplasticity in Intermetallics,6.Superplasticity in Metal Composites,7.Superplasticity in Metals,8. Superplasticity at High Strain Rates,9. Analysis and Application of Superplastic Forming (I) が設けられ、10.Poster sessionのち11. Analysis and Application of Superplastic Forming (II) と続き、12. Summary and Topics of ICSAM-91で終えた。いずれのセッションにおいても、1ないし3件の招待講演、ついで一般講演の順で進行された。各招待講演での題目は次のようであった。Fundamental Aspects of Superplasticityに関するセッションではT.G.Langdon (米国) が超塑性研究の歴史をレビューし、ついで、米国のJ. Wadsworthが超塑性とその応用についての現状と将来について詳述した。加えてS.Hashimoto (京大) が超塑性の基本的変形機構として関心の高い「粒界すべり」について、双結晶をもちいた緻密な実験をもとに粒界すべりの基本的特性について論及した。Microstructural Dynamicsについてのセッションでは、ソ連のR.Z.Valievが超塑性

変形中の微細組織変化について、フランスのM. Sueryが超塑性変形中の塑性安定性を微細組織と関連させて講演した。初日の最後のセッションはCavitation in Superplastic Deformationについてで、米国の若手研究者A.H.ChokshiとJ.Pillingが、それぞれキャビテーション挙動とその制御についての最近の研究結果を述べた。

セラミックス、金属間化合物および金属基複合材の超塑性は最近とくに興味の高い分野となっている。そんな状況を反映した形でこれらのセッションが、はじめて、いわば基礎研究発表 (第1日) に引続いてプログラムされた。セラミックスについてのセッションではI.W.Chen (米国)、R.Raj (米国) およびF.Wakai (名工試) が“Microstructural Design of Superplastic Ceramics”, “Superplastic Flow in Nanograin Ceramics”, “Superplasticity of Functional Ceramics” についてそれぞれ熱っぽく講演し多くの関心を引いた。金属間化合物の超塑性のセッションでは、S.Hanada (東北大) が自らの最新データを交えて金属の場合と対比させながら現状をまとめ、ついでA.K.Ghosh (米国) がTi-Al系の化合物を対象とした研究結果について講演した。金属基複合材のセッションではT.G.Nieh (米国) がウイスキー繊維強化アルミニウム複合材の高ひずみ速度超塑性についてのべた。このセッションでは他に興味を引く講演が多くなされた。

超塑性の老舗的存在とも評される「金属材料の超塑性」であるが、今回の会議ではひとつの大きな話題が設定された。それは「超塑性発現条件の高ひずみ速度化・低温化とその機構」についてである。まず、ここではT.R.McNalleyがかねてより主張のアルミニウム合金の300℃での超塑性発現についてまとめ、ついで「高ひずみ速度における超塑性」のセッションではM.J.Mayo (米国) が期待の集まるナノ材料を取り上げ「組織安定性と超塑性化促進に対するナノ結晶粒組織の役割」について述べた。ついで超塑性成形の解析・応用のセッションがポスターセッションをはさんで行わ

れ、まずP.J.Winkler (MBB,ドイツ)が超塑性成形およびSPF/DB(拡散接合を併用した超塑性成形)の実用に際しての問題点について述べ、T. Tsuzuku(三菱重工)が航空機部成形への応用、P. G.Partridge (Royal Aerospace Establishment, 英)が超塑性成形後の機械的性質のレビューについて、K.Matsuno(通産省工業技術院)が通産省「次世代金属・複合材料研究開発プロジェクト」の成果について講演した。最後にT.G.LangdonとJ.Wadsworthにより「今国際会議のまとめとトピックス」についての講演があり、閉幕した。

なお、今回のポスターセッションは取扱上口頭発表と全く差異のないように配慮されていたが、多くの興味を引く論文がポスターで発表され、ともすれば閑散としてしまうこのセッションが大いに活性化していた。殊にポスターを3つのグループにわけてそれぞれ1時間程度の担当を義務づけることで、局所的混雑を避け、かつ同分野・類似目的の研究者同志が十分意見交換できるよう配慮

したことおよび缶ビールの提供が盛り上がりの得られた要因となった印象であった。また、最近の国際会議、例えば昨年春のMRS超塑性シンポジウムではポスターセッションそのものがキャンセルにならざるを得なかったことを思うと、73のポスター予定のところキャンセルが13にとどまったこともひとつの幸いであった。一方、口頭発表のキャンセルは無届けが1件、電話による直前のも1件の合計2件で、ほかに直前に参加が不能となり代読者により発表したものが2件あった。

なお、本会議で超塑性研究対象となった材料の変遷をみると、前々回わずか1件であったセラミックスが前回(4.5%)、今回(13.3%)と急増しており、また今回始めて金属間化合物(4.4%)の登場となり、現在の興味のひとつの中心がこのふたつの材料へへ移りつつあることを示している。(表1参照)。

表1 1991年6月の超塑性国際会議での発表研究の対象材料

Metallic Alloys and Composites			Inter-metallics	Ceramics and Ceramic Composites
Al-Ca-Si	IN 905XL	Tool Steel	Ni ₃ Al	Y-TZP
Al-Ca-Zn	IN 9051, 52	UHC Steel	Ni ₃ Si	Y-TZP/Al ₂ O ₃
Al-Cu	IN 100	Superdux 64	Ti ₃ Al	hydroxyapatite*
Al-Cu-Mn	IN 625 LCF	Fe-Cr-Ni	TiAl	Si ₃ N ₄ /SiC
Al-Cu-Si	MA6000	SKD11-PM Steel	alpha-2	Al ₂ O ₃
Al-Cu-Zr	MA754	Stainless Steels	super alpha-2	3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂
Supral 100	Cu-Al-Ni	T15 PM HSS	Fe ₃ (Si,Al)	alpha' sialon **
Supral 200	Cu-42Zn	HPb59-1 Brass	Nb ₃ Al	beta' sialon ***
Al-Li	Coronze 328	Pb-62Sn	Ni ₃ (Si,Ti)	Si-Al-M-N-O
Al 8090	Cu-P	Zn-22Al	Ni-9Si	Al ₂ O ₃ :Pt (95:5)
Al 2090	Cu-Zn-Ni	Zn-Cu-Ti	Ti-34Al-2Mo	BaTiO ₃
Weldalite	Nb-Hf-Ti	alpha/beta brass	Ni-Si-Ti(B)	ZnS
Al-Mg-Mn	Ti-Mo-Sn-Zr	SiCp/7475		ZnS/diamond
Al-Mg-Cr	Ti-9V-Mo-Al	beta SiCw/2024		PbTiO ₃
Al-Mg-Zr	Ti-6Al-4V	beta SiCw/2124		Fe ₃ C/Fe
Al 5083	Ti SP700	beta SiCw/6061		Wc/Co
Al-Zn-Mg	Ti-36Al	SiCw/7075		YBa ₂ Cu ₃ O _{7-γ}
Al 7475	Ti-Al-Mo	alpha SiN/2124		YBa ₂ Cu ₃ O _{7-γ}
Al 7064	Ti-IMI843	alpha SiN/7064		+Ag
IN 9021	Mg-Mn-Ce	beta SiNw/2024		
IN 9021-1	Mg-Li	beta SiNw/6061		
IN 905XL	Mg-Al-Zr	SiNp/6061		
		SiCw/Zn-22Al		

*Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂

**Si_{6-x}Al_xO_γN_{8-x}

***M_{Z/N}Si_{6-x-z}Al_{x+2}O_xN_{8-x}

また、上述の「難加工材料の超塑性化」のほかに、「超塑性発現条件の高速化および低温化の材料設計」に大きな興味が寄せられているとの印象であった。ことにアルミニウムを含む合金では、粉末冶金法および機械合金法により試料が作製され、その超塑性発現条件は従前より2~4桁高速度側にシフトし、大量生産の最大の難点を克服しつつある点が注目された。

4. おわりに

本研究は天田金属加工機械技術振興財団の研究開発助成金によって遂行できたことを付記し深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 超塑性研究会：超塑性データベース
(平成4-6)
- 2) S.Hori, M.Tokizane and N.Furushiro :
Superplasticity in Advanced Materials,
ICSAM - 91