



Title	薄板塑性加工における延性破壊発生特性とその評価法に関する研究
Author(s)	平松, 秀基
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46897
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 ^{ひら}平 ^{まつ}松 ^{ひで}秀 ^き基

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 19928 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 2 月 21 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 薄板塑性加工における延性破壊発生特性とその評価法に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 南 二三吉

(副査)

教 授 豊田 政男 教 授 西本 和俊 教 授 村川 英一

助教授 大畑 充

論 文 内 容 の 要 旨

新しい塑性加工法として、一体成形・部品統合による軽量化・省工程を可能とするチューブハイドロフォーミングの各種工業製品への適用が増加している。しかし、成形条件の決定は多くの実験や現場の経験に頼っているのが実状であり、成形限界を計算機上で予測することで開発期間・コストの低減を図ることが期待されている。本論文では、チューブハイドロフォーミングに代表される応力の三軸性が一軸状態よりも低い力学状態での成形加工を対象として、金属材料の成形加工時の延性破壊発生挙動を明確にし、それに基づく低応力多軸度状態での成形限界評価に対する有効な評価指標と評価手順を開発することを目的とした。

第 1 章では、これまでに提案されている金属材料の延性破壊メカニズムとそれに基づく延性破壊評価法の特徴と課題を整理し、本研究の位置づけならびに目的を述べた。

第 2 章では、最近の各種構造用材料のボイド発生、成長、合体による延性破壊発生挙動の支配因子を明確にするために、一軸引張状態から三軸応力状態に至る広範囲な応力状態での延性破壊試験を実施した。試験片の形状・寸法を変化させて応力多軸度を変化させると、延性破壊発生に至るまでのボイドの成長量や発生形態が大きく変化することを示した。

第 3 章では、第 2 章の実験結果に対して、従来のボイド成長理論に基づく相当塑性ひずみと応力三軸度の 2 パラメータを用いた延性破壊発生評価を行った。材料の受ける応力三軸度によって延性破壊発生時のボイド径が変化するため、従来法では広範囲な応力状態での延性破壊発生限界を統一的に評価することは困難であることを指摘した。

第 4 章では、第 3 章の知見を踏まえて、チューブハイドロフォーミング成形を対象とした応力多軸度が一軸状態よりもさらに低い力学状態での延性破壊発生評価を実施した。第 3 章より、低応力多軸度状態では材料の受ける塑性ひずみ量が延性破壊限界を決めるパラメータとなる可能性が示されたが、応力多軸度が一軸状態よりもさらに低い力学状態ではそのようなマクロなパラメータでは延性破壊発生限界を評価するのが困難であり、新たなアプローチによる延性破壊発生評価法の構築が必要であることを示した。

第 5 章では、第 4 章の課題を解決するために、微視的な観点からの延性破壊モデルの構築を行った。低応力多軸度の再現が容易な薄板試験片の引張圧縮重畳試験とその破壊プロセス観察により、本実験で供試したアルミ合金 A7N01-T5 などの介在物の少ない金属材料では、低応力多軸度状態での延性破壊発生を決定づける主要因子は「材料中の微小介在物を起点に生じる微視的ボイドの発生」であることを明らかにした。この観察結果を基に、微小介在物

を剛体とみなした数値解析を実施し、微小介在物とマトリックスの界面での局所的な相当塑性ひずみと応力三軸度がある限界の組合せに到達した時に延性破壊が発生するという破壊モデルを提案した。

第6章では、提案した破壊モデルをチューブハイドロフォーミングに適用し、チューブハイドロフォーミングの成形限界を従来法に比べて高精度で予測できることを示した。さらに、提案手法の工業的応用にあたっての課題について考察を加えた。

第7章は総括であり、本研究で得られた結果と期待される効果についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

新しい塑性加工法として、一体成形・部品統合による軽量化・省工程を可能とするチューブハイドロフォーミングの各種工業製品への適用が増加している。本研究は、チューブハイドロフォーミングに代表される低応力多軸状態での金属材料の成形加工を対象として、加工時の延性破壊メカニズムを明確にし、簡易な平板試験の結果からチューブハイドロフォーミング成形限界を評価する手法の開発を目的としている。本論文での主たる着眼点と結論をまとめると以下のようである。

- (1) 切欠きのような応力多軸度が高い部分では、延性破壊はその箇所の塑性ひずみと応力多軸度に支配されるのに対し、単軸引張状態では塑性ひずみが延性破壊を支配する傾向にあり、応力多軸度が大きく異なる場合には、延性破壊限界を同一パラメータで統一的に評価できない。
- (2) その原因は延性破壊発生までのボイド（空孔）の成長挙動の差にある。応力多軸度が高いと応力多軸度と塑性ひずみの関数として初期ボイドが成長し、それらが合体して延性破壊に至るのに対し、応力多軸度が低いと初期ボイドはある程度成長するもののそれが延性破壊につながるのではなく、初期ボイド間にミクロなボイドが新たに発生することが延性破壊を支配している。
- (3) チューブハイドロフォーミングのように応力多軸度が単軸よりもさらに低い状態では、初期ボイドの成長はほとんどみられず、延性破壊直前に生じるミクロボイドが延性破壊限界を決定づけている。このミクロボイドは、本論文で供試したような大きな介在物の少ない金属材料では、材料中の微小介在物を起点に生じている。
- (4) この観察結果を基に、微小介在物とマトリックスの界面での局所的な相当塑性ひずみと応力三軸度がある限界の組合せに達した時に延性破壊が発生するという破壊モデルを考案し、簡易な平板試験の結果からチューブハイドロフォーミング成形限界を評価する手法を提案している。
- (5) 提案の方法によると、従来は予測が困難であったチューブハイドロフォーミングの成形限界をほぼ予測できることが明らかとなり、本手法の工業的応用にあたっての適用範囲について考察を加えている。

以上のように本論文は、チューブハイドロフォーミングでの延性破壊メカニズムを詳細な変形挙動観察によって明らかにし、簡易な平板試験から各種条件でのチューブハイドロフォーミング成形限界を評価できる手法の開発を行っている。ここで提案された方法は、アルミ合金やステンレス鋼、低合金高強度鋼などの成形加工・塑性加工に適用できることが期待され、延性強度評価工学、あるいは、構造・材料設計工学などの発展に寄与するところが大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。