

氏 名	たか くら のり お 高 倉 章 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2854 号
学位授与の日付	平 成 6 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	金 属 材 料 の 塑 性 変 形 に 伴 う 粗 面 化 現 象 と 薄 板 の 成 形 限 界 に 関 す る 研 究

論文調査委員	(主 査) 教 授 島 進 教 授 三 浦 精 教 授 八 田 夏 夫
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

金属材料の塑性加工における材料表面の粗面化現象は、製品の表面品質や機械的性質を劣化させるだけでなく、メッキや塗装などの後工程にも悪影響を及ぼす。また、工具-材料間の接触状態や潤滑剤の封入などにも密接に関係するため、トライボロジ的な観点からも重要である。特に金属薄板のプレス成形における板表面のあれは、その成形限界を低下させる原因にもなる。

以上のような観点から、本論文は、主として板材成形における表面あれの発達状況を、変形の初期から局部くびれ発生に至るまでの大きなひずみ範囲にわたって調べ、表面あれが成形限界に対してどのように影響するかを検討した一連の研究成果をまとめたもので、緒論、結論を含め11章からなっている。

第1章は緒論で関連分野の過去の研究に関するレビューを行うとともに、本研究の意義、目的ならびに本論文の構成について述べている。

第2章では、塑性変形の進行に伴う表面あれの発達状況を取り扱うために、材料を変形抵抗の異なる結晶粒からなるモデル、すなわち単結晶の相当応力 $\bar{\sigma}$ と相当ひずみ $\bar{\epsilon}$ の関係を n 乗硬化式($\bar{\sigma}=F\bar{\epsilon}^n$)で近似し、結晶の配向の違いによる結晶粒の変形抵抗の差異を F 値の差異として表すことを提案している。

第3章では、上記モデルを用いて変形に伴う表面粗さの発達状況を有限要素法によってシミュレートし、その結果、自由表面のあれは変形の進行とともに単調に増大すること、結晶粒が大きい材料ほど大きくなることなど、従来の実験結果をよく表現できることを示すとともに、板厚と結晶粒径の比 t/d が小さくなるほど成形限界が低下することを明らかにしている。

第4章では、単純変形経路における表面あれの発達状況および成形限界に対する変形様式の影響を検討し、表面粗さはひずみに対して単調に増大した後、あるひずみに達すると粗さ増加割合が急増すること、それを越えると表面凹凸の谷部に変形が集中し始め、最終的にその部分にくびれが生じて破断に至ること、さらに、表面粗さが急増し始める肌あれ限界線はくびれ発生限界線の直前に位置することを明らかにしている。

第5章では、複合変形経路における表面あれ発達のシミュレーションにより、表面粗さの増加割合は変

形様式が変化した時点で異なること、また変形経路が異なるとくびれ発生限界に違いが生じることを明らかにしている。

第6章では、薄板の変形に伴う表面あれの発達および破断ひずみに対する中間焼なましの影響について剛塑性有限要素シミュレーションと実験の両面から検討し、焼なましによる破断限界の向上には限度があることを示している。

第7章では、局部くびれ発生の原因となる表面あれを成形の途中で除去した場合について検討し、局部くびれ発生以前では表面あれ除去時のひずみが大きいほど成形限界が向上すること、さらにその効果は板厚が薄いほど大きく、また張出し領域において顕著であることを明らかにしている。

第8章では、板厚および表面あれ特性が異なる数種の金属薄板について、プレス成形性（張出し性）評価の一試験法であるエリクセン試験を行い、板厚および材質は同一でも、表面あれ特性の違いによってエリクセン値には大きな差が生じることを明らかにし、さらにエリクセン値の板厚依存性の普遍的な表示には、初期板厚 t_0 と表面粗さ増加割合 α の両方を考慮したパラメーター t_0/α を用いるのが合理的であることを示している。

第9章では、変形中に密度変化が生じる金属粉末焼結体について実験を行い、その自由表面粗さは、溶製材の場合と同様に変形とともに単調に増大するが、その増加割合は見かけ密度が小さいほど大きくなることを明らかにしている。

第10章では、材料の内部層と表面層とで結晶粒径が異なる二層材料の表面あれの発達について調べ、材料表面の結晶粒を内部の結晶粒よりも小さくすれば、表面あれの発達は表面層の結晶粒のみに支配されて小さくなるため、表面あれの発達を抑制できること、そのために必要な表面層厚さは表面層の結晶粒径に依存せず、内部層の結晶粒径の約7倍以上であることを明らかにしている。

第11章は結論であり、本研究で得られた結果を要約し、今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、主として金属板材の塑性変形に伴う粗面化現象および成形限界に及ぼす影響について、計算機シミュレーションと実験の両面から検討した一連の研究をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1) 配向により強度の異なる結晶粒からなる多結晶金属材料を不均質な材料モデルによって表現し、その塑性変形に伴う表面粗さの発達の有限要素シミュレーションを試みた。その結果表面粗さはひずみとともに単調に増大した後、あるひずみに達すると粗さ増加割合が急増し、表面凹凸の谷部に変形が集中して局部くびれが生じること、さらに板厚と結晶粒径の比が小さくなるほどくびれ発生限界が低下することなどを明らかにした。

2) 表面粗さが急増し始める肌あれ限界線はくびれ発生限界線の直前に位置するが、表面あれをくびれ発生前に除去すると成形限界が向上すること、そしてそれは張出し領域で顕著であり、除去までのひずみが大きく、また板厚が薄いほど効果的であることを明らかにした。さらに表面層の結晶粒が内部のそれより小さく、かつその厚さを内部の結晶粒径の約7倍以上にすると、表面あれを抑制できることを指摘した。

3) 金属板材のプレス成形性の一評価指標とされるエリクセン値は、同一の板厚および材質においても、表面粗さ増加割合の相違によって大きく異なることを明らかにした。

4) 金属粉末焼結体の表面粗さは、溶製材の場合と同様に変形とともに単調に増大するが、その増加割合は見かけ密度が小さいほど大きくなることを明らかにした。

以上、本論文は、金属薄板のプレス成形限界、塑性加工製品の表面品質や機械的性質などに大きな影響を与える被加工材表面の粗面化現象に関して多くの有用な知見を与えるもので学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成6年1月27日論文内容とそれに関連する試問を行った結果合格と認めた。