

氏 名	石 垣 秀 生
	いし がき ひで お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 761 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	薄鋼板の変形限界およびはだ荒れの成長挙動に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 小 門 純 一 教 授 大 矢 根 守 哉 教 授 山 田 敏 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本研究はプレス加工における薄鋼板の変形限界について考察し、その実用的価値を具体例について確めたもので、7章から成っている。

第1章は緒論で、本研究の目的および研究内容の概要について述べたものである。従来、薄鋼板の成形性については、スクライブド・サークル・テストにより破断時のひずみを測定し、その値により評価が行われてきた。しかし、用いられるサークル径の大小により、得られる破断ひずみが異なるので、この方法では成形の難易度を表示できにくいとしている。成形が進み、板厚方向にくびれが生ずると、それは實際上製品とはなり得ないので、破断ひずみよりも、くびれ発生時のひずみをもって成形限界とする提案については、くびれ発生定義が不明確であるため、多くの実測結果を比較検討できない欠点があるとしている。また、従来の研究では、成形限界に対する材料特性、変形様式、複合変形径路などの影響が不明であることなども指摘している。これらに対し、著者は成形に伴う材料の表面あらさの変化に着目し、このあらさ変化を指標すれば、材料の成形限界を実用上十分な精度で求められる可能のあることを明らかにしている。

第2章は成形限界に対する従来の研究結果を述べ、はだ荒れ限界の存在を実験的に確めたものである。まず、異方性材料に対する不安定条件を求めている従来の研究の解析過程には誤りのあることを指摘し、正しい塑性不安定理論を展開している。ついで、従来用いられている破断限界線あるいはくびれ限界線はプレス加工における薄鋼板の成形限界を与えるものとしては不十分な点があることを指摘している。これらに対し、成形量とともに増加する材料表面のあらさ変化についての一連の実験結果から、工業上用いられている鋼板には明確なはだ荒れ限界が存在し、それは事実上プレス加工における成形限界を与えるものであることを立証している。

第3章は材料の機械的性質および結晶粒度とはだ荒れ限界線との関係について述べたものである。性質の異なる14種類の鋼板について、ひずみ比を変えた詳細な実験の結果、はだ荒れ限界ひずみは n 値 およ

び板厚と共に大きくなること、結晶粒の平均径の大きい程はだ荒れの成長は早まること、抗張力、降伏点応力、一様伸び、全伸びおよび r 値は余り大きな影響を持たないことを明らかにしている。また、各ひずみ比におけるはだ荒れ限界点を結べば、従来用いられていた破断限界線およびくびれ限界線と形状的に極めて類似したはだ荒れ限界線が得られ、その限界ひずみは従来の説によるものよりもやや小さくなっていることを示している。

第4章は、あらかじめある1次変形を与えた材料に、主ひずみ比の異なる2次変形を与える、いわゆる複合変形の場合のはだ荒れの成長およびその限界について実験的に検討を加えたものである。その結果、複合変形の場合でも、単純変形の場合と同様、明確なはだ荒れ限界が各ひずみ比について常に存在すること、その限界ひずみは変形径路によって異なり、それらは単純変形の場合との大きな相異点であることを示している。また、あらかじめ各ひずみ比における等あらさ曲線を単純変形の場合について求めておけば、複合変形時のはだ荒れ限界は単純な加算則により求められるが、1次変形が等2軸引張で2次変形が1軸引張の場合の実測値は計算値よりやや小さくなることを明らかにしている。

第5章は複合変形を行なう場合のはだ荒れ限界線について考察したものである。すなわち、1次変形が1軸引張で2次変形が等2軸引張の場合には単純変形径路の場合よりも大きい最大のはだ荒れ限界ひずみが得られ、2次変形が平面引張のとき最小の限界ひずみ得られることを実験的に明らかにしている。この最大および最小のはだ荒れ限界線に囲まれた領域に最終ひずみがある場合には、変形径路の選定がプレス加工の可否を決定する重要な因子であることを示している。また、成形ストローク中に変形径路が局部的に変化すれば、その点のはだ荒れ限界線は小ひずみ側に移行するので、ウォール・ブリケージを生じ易いことを確めている。

第6章は上述のはだ荒れ限界線を実際のプレス加工へ応用する方法およびその結果について実例を挙げて説明したものである。また、単にプレス加工中の材料の破断を防止する変形径路の設定法のみならず、塗装やメッキの下地となるプレス品の表面あらさを最小限にとどめるための多くの指針を与えている。

第7章は結論で以上の結果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

薄鋼板の変形限界を明確に知ることとは薄板の塑性加工上極めて重要な問題である。本論文は、この変形限界を設定するため、材料表面のあらさの変化に着目して実験的、理論的研究を行なったもので、得られた成果の主なものはつぎの通りである。

(1) Hill によって展開されてきた等方性材料に関する不安定条件式を、二次元応力下での異方性材料の不安定挙動にも適用できるような一般式に拡張し、ランクフォード値 r よりも加工硬化指数 n の方が塑性不安定により支配的であることを明らかにしている。

(2) 薄鋼板を加工する際、その表面あらさは、はじめの間は加工度とともにほぼ一様に増加するが、材料固有のあるひずみを越えると急激に増加し、さらに加工が進むとやがてくびれを生じ、遂には破断に到る。この表面あらさが急激に増加し始める点は極めて明確にとらえられることを実験的に確認し、これをはだ荒れ限界と名付け、この点をもって薄鋼板の成形限界とすれば、材料の変形能を十分な精度で評価で

きることを明らかにしている。

(3) 上に規定したはだ荒れ限界ひずみを多くのひずみ比の下で詳細に実測し、はだ荒れ限界線を求め、この限界ひずみは n 値および板厚とともに直線的に増加すること、結晶粒度が大きくなるほど低下すること、その他の機械的性質には殆んど無関係であることを見出している。これにより、従来不明の点の多かった材料特性と成形限界との関係を初めて明らかにするとともに、前述の理論結果の正当性を立証している。

(4) 成形をいくつかのひずみ比の異なる段階に分けて行なう複合変形においてもはだ荒れ限界は明瞭に存在し、変形径路により最大および最小はだ荒れ限界線が得られることを多くの詳細な実験により確めている。さらに、これらの最大・最小限界線は簡単な加算則によって推定できることを解析的に求め、これを実測結果により確めている。これらの結果は、従来、殆んど経験のみに頼っていたプレス加工工程の設定および金型設計を理論的に行なうことを初めて可能にしたものである。

(5) 従来全く不明であったウォール・ブリケージについて初めて考察を加え、同一ストローク中にひずみ比が変化する場合のはだ荒れ限界ひずみは低ひずみ側に移行するので、この点に留意すれば、材料の局部壁割れを回避できることを示し、複雑な形のプレス加工法に対し多くの有益な資料を提供している。

以上、要するに、本論文は、薄鋼板の成形限界に対する新しい視野からの評価法を確立し、その種々の特性を一連の数多くの実験結果により明らかにし、さらに実際のプレス加工時によく起きるウォール・ブリケージ、材料破断のみならず局部くびれをも回避するためのプレス加工工程、金型設計上極めて有益な指針を与えているもので、その応用範囲は広く、實際上、学術上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。