

Title	異方性をもつ金属材料の塑性変形の研究
Author(s)	福岡, 秀和
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/1643
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 8 】

氏 名・(本籍)	福 岡 秀 和
	ふく おか ひで かず
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 4 4 号
学位授与の日付	昭 和 34 年 3 月 25 日
学位授与の要件	工学研究科機械工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	異方性をもつ金属材料の塑性変形の研究
	(主 査) (副 査)
論文審査委員	教授 太田 友弥 教授 美馬源次郎 教授 寺沢 一雄 教授 篠田 軍治 教授 渡辺 正紀

論 文 内 容 の 要 旨

この論文冷間加工を受けた結果方性となった金属材料の塑性変形について、材料の巨視的な挙動を数学的に取り扱ういわゆる数理塑性論の立場から研究したものをまとめたもので6つの章と緒論および結論とからなる。

第1章では、金属材料の塑性変形の理論において塑性ポテンシャルを降伏を規定する関数に等しい仮定することは基礎定理の公式化を可能にするという特別な意義を持つが、このように仮定すると降伏関数をどのようにきめるかがその理論の key point であることを述べ、異方性を持つ金属材料の降伏条件に関する従来までの研究の主なものを概観し、冷間加工により生じた異方性は微視的になると選択方位 (preferred orientation) による異方性と結晶粒界における残留応力による異方性との2種類の原因によるものであることを考慮してそれらの考え方を批判し、筆者の考えを明らかにした。第2章において、これら2種類の異方性を共にとり入れたかなり一般化された降伏条件を提供し、この降伏条件から応力塑性ひずみ増分の関係を導いた。第3章において、この降伏条件にもとづく理論は最大塑性仕事の原理および解の唯一性の定理を満足することを証明してこの理論が矛盾のないものであることを明らかにした。第4章においてこの理論を平面ひずみの理論に適用した結果、等方性材料に対する理論の場合と同じく応力についての特性曲線と速度についての特性曲線は一致することおよび特性曲線はすべり線であることがわかった。しかし塑性ひずみ増分の主方向は一般に主応力の方向と一致しないことおよび最大せん断応力の方向は一般にすべり線の方向と一致しないことがわかった。また等方性材料に対する理論のときに成立したような簡単なすべり線場の幾何学は成立しないことがわかった。第5章においては、平面応力状態の場合の例題として引張りによる異方性を持つ平板材料を任意の方向に引張る場合の主塑性ひずみ増分の方向と主応力の方向とは一般に一致しないことを量的に示した。またねじりによる異方性を持つ円管試験片を引張った際に生じたくびれの問題をこの理論で解析し、実際に観察されたものとかかなりよく一致する結果を得た。

最後に第6章において、あらかじめそれぞれねじりあるいは引張りで異方性を与えた軟鋼の薄肉円管試験片に引張りねじりの組合せ応力をかける実験を行って、それらの降伏応力および塑性せん断ひずみと塑性伸びひずみの関係をこの理論から得られる結果と比較してかなり良好な一致を得たのでこの理論が妥当なものであることがわかった。ただし、ねじりによる異方性を持つ材料のうちでねじりの加工の際の塑性せん断ひずみの量の大きい材料に対しては異方性の主軸が試験片の軸方向となす角が 45° であるという仮定のもとに得た理論値は実験値とかなりことになったが、これはねじりがすすむに従って異方性の主軸の方向が材料の要素に相対的に回転して行くことを示すものと思われる。

論文の審査結果の要旨

本論文は、冷間加工を受けて異方性となった金属材料の塑性変形について、材料の巨視的挙動を理論的に取扱ういわゆる数理塑性論の立場から研究し実験的に検討したものをまとめたもので、本論の6章と緒論および結論とからなっている。

第1章では、金属材料の塑性変形理論に於いて塑性ポテンシャルを降伏を規定する関数に等しいと仮定することは基礎定理の公式化を可能にするという特別な意義をもっているが、このように仮定すると、降伏関数をどのようにきめるかがその理論の主要点であることを述べている。次いで異方性をもつ金属材料の降伏条件に関する従来迄の研究の主なものを概観し、冷間加工により生じた異方性は微視的にみると選択方位による異方性と結晶粒界に於ける異方性などの原因によるものであるとの考え方を抑判し、著者の見解を加えている。第2章に於いては、これらの異方性を考慮した、より一般的な降伏条件を提案している。これは Hill の提案したいわゆる、異方性の各主軸方向についての特有なパラメーターを用いた応力成分の二次式に、一次の項を加えたものであるが、これによって応力の符号の変換により降伏応力の値が異って来るという周知の事実を簡潔に表わしている。そして等方性理論に於けると同じように、塑性ポテンシャルは降伏を規定する関数と同じであると仮定して、この降伏条件から応力、塑性ひずみ増分の関係を導いている。第3章に於いては著者の提案した降伏条件に基づく理論は、最大塑性仕事の原理を満足すること、また1つの表面力の変化に対して、2つの異なる応力変化が属することはあり得ないという解の唯一性の定理をも満足することを確かめ、従って著者の理論は数理塑性論として矛盾のないことを明らかにしている。第4章では、この理論を実際の冷間加工に於いてしばしば起る平面ひずみの問題に適用した結果等方性材料に対する理論の場合と同じく応力についての特性曲線と速度についての特性曲線は一致すること、および特性曲線はすべり線であることを明かにしている。なおまた一般的には塑性ひずみ増分の主方向と主応力の方向とは一致しないこと、最大せん断応力の方向とすべり線の方向とも一致しないことを明らかにしている。さらに等方性材料の理論に於いて成立したような簡単なすべり線場の幾何学は成立しなことも明かにしている。第5章に於いては、引張りにより異方性をもった黄銅を、はじめの引張りの方向と異なる方向に引張ったとき、主応力の方向と、主塑性ひずみ増分の方向とがどの位違うかを著者の理論を用いて計算している。すなわちはじめに与えた引張りの方向と同じ方向、またはそれと直角な方向に引張った場合には、両者の方向は一致するが、それ以外の方向に引張ったときには、両者の方向は一致せず、例えばはじめの引張り方向と 45° をなす方向に引張った場合には、両者の間に 12° の差があることを見出して

いる。次に、ねじりにより異方性をもった試験片を引張った際くびれの現われたものが出来た。

このくびれの方向と軸方向とのなす角度を著者の理論による計算値と比較してかなりの一致を示している。第6章は、著者の理論の妥当性をさらによく検討するために、新しく設計した引張りねじり組合せ応力試験機、および組合せひずみ計、および軟鋼の薄肉円管に就いて実験の記述である。すなわち焼なましで等方性にした試験片に、はじめねじり、あるいは引張りで異方性を与え、そののち組合せ応力を比例負荷して、降伏点を求めた。この値を降伏条件に代入して異方性パラメーターの値を計算し、次いでこの値に基づいて塑性せん断ひずみと塑性伸びひずみの関係を求め、実験値と比較したところ、理論値ははじめねじりで与えるせん断ひずみが小さいときには、実験値とよく一致するが、はじめねじりで与えるせん断ひずみが大きいときには、実験値とよく合わないことを見出している。これは理論値を求める場合には、はじめねじりで異方性を与えた材料に対しては、ねじり加工の際のせん断ひずみの量が大きいときにも、小さいときと同様、異方性の主軸は試験片の軸方向に対して 45° をなすと仮定したのであるが、実際には、ねじりによるせん断ひずみの量が大きくなると異方性の主軸が試験片の軸方向となす角が 45° より大きくなるためであるとの著者の見解を述べている。結論は本研究で得られた有用な結果の総括に、著者の見解を加えたものである。

以上これを要するに、本論文は冷間加工を受けた金属材料の塑性変形を従来より一般化した著者の理論により巨視的な立場から論じ実験的に検討したもので、これまでの理論では説明の及ばなかった塑性現象を簡潔に説明し、しかも塑性理論の基礎定理と矛盾することなく多くの実際現象を表わし塑性加工の基礎理論を強固にしたもので、工学上ならびに工業上貢献するところが尠くない。よって本論文は博士論文としての価値あるものと認める。