The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	鍛造加工条件における鋼材の変形抵抗に関する研究
Author(s)	戸田, 正弘
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155488
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名	戸　田　正　弘（とだ まさひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　14737　号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学　位　論　文　名	**鍛造加工条件における鋼材の変形抵抗に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　小坂田宏造 （副査） 教　授　小倉　敬二　　教　授　平尾　雅彦

論文内容の要旨

鍛造加工ではコスト低減のための工程省略，熱処理省略等が要望され，従来加工困難とされているような高強度鋼材の加工，或いは強化加工が指向されている。このため鋼材の加工割れ，工具の早期損傷，及び工具寿命低下などが課題となっている。また，近年の計算機能力向上とともに，FEM解析による鍛造シミュレーションが普及しつつあるが，これらの要望に対応した工程設計を行うには，工具負荷をいかに精度良く推定するかが鍵である。その解析精度を決めるのは，解析手法とともに用いられる鋼材の加工特性データである。そこで，本研究では実鍛造加工条件における鋼材変形抵抗を精度良く推定することを目的とした。

まず，冷間鍛造時に鋼材が受けるひずみ（≧1.0），ひずみ速度（1～10 s^{-1}）における変形抵抗を各種冷間鍛造用鋼に対して測定した。その中で，実加工ひずみ速度では加工発熱による軟化現象が生じ，加工硬化による変形抵抗の上昇が打ち消されること，大変形域では引抜材の変形抵抗も引抜予加工無し材の変形抵抗も同じになることなどが分かった。そして，引抜予加工材含み，実加工条件における鋼材変形抵抗を引張強さから算出できるように定式化するとともに，これを用いたFEM解析により，実加工時の工具負荷が精度良く推定できることを確認した。さらに，得られた工具負荷推定結果を用いた工具寿命の予測手法について検討を行った。次に，温，熱間鍛造における変形抵抗推定手法を検討した。圧縮加工中に生ずる加工発熱，工具への熱移動，及び摩擦力の変形抵抗へ及ぼす影響を定量化し，この結果を基に，FEM解析に有効なひずみと温度で一義的に変形抵抗が決定される等温変形抵抗について，単純圧縮実験とFEM解析を援用した算出方法を提案した。また，等温変形抵抗に及ぼすひずみ速度の影響についても検討した。算出された等温変形抵抗を用い，各種温，熱間鍛造時の工具負荷をFEM解析によって推定した結果，実験値と解析値は良く一致することを確認した。

論文審査の結果の要旨

自動車，航空機などの金属部分の製造に用いられている鍛造加工では，工程設計，金型設計を迅速に行うために有限要素法（FEM）などの計算機シミュレーションが普及しつつある。鍛造シミュレーションの重要な目的の一つは，工具が破壊，磨耗で使用不可能になるまでの加工数（寿命）を予知し，工具寿命を伸ばす加工条件を見いだすことで

ある。最近，計算機の発達によりシミュレーションにおける計算精度は高くなってきたが，入力すべき材料特性についてのデータ整備が遅れているため，シミュレーションの総合的な精度向上が阻害されている。本論文は実際の鍛造条件における材料の変形抵抗を精度良く測定または推定する方法を提案し，FEM シミュレーションと組み合わせて，鍛造加工における加工荷重，工具寿命を精度良く予測する方法を提示したものである。

第 2 章では現実の鍛造（実加工）条件である大ひずみ，高ひずみ速度での鍛造用鋼材の変形抵抗特性を検討し，鋼材の標準データである引張り試験結果と関係付けている。冷間鍛造工条件では加工発熱により材料は300℃程度加熱されるが，これにより材料の軟化を生じ，加工硬化による変形抵抗の上昇が打ち消されることを見いだした。また，大ひずみ域では，低速の実験で知られている，引抜き予変形材の圧縮変形抵抗が予変形を与えないものとほぼ同じになる現象が実加工条件でも生じることを確認している。これらのデータをもとに，多くの冷間鍛造用鋼材に対して有効な，引張り強度から実加工条件における変形抵抗を推定するための関係式を提案している。

第 3 章では温・熱間鍛造における鋼材の変形抵抗を求めるための新しい方法を提示している。高温，高速変形では加工発熱，工具への熱移動，摩擦などの影響が大きく，変形履歴の影響を受けない変形抵抗の直接測定は不可能である。そこで，シミュレーションを用いてこれらの要因が変形抵抗に与える影響を定量化し，測定データを反復法で補正することにより，変形履歴に影響されない等温変形抵抗曲線を算出する方法を提示している。また，等温変形抵抗に及ぼすひずみ速度の影響を定量化している。

第 4 章では生産ラインで収集された冷間鍛造用パンチの疲労寿命データと引張り試験結果を組み合わせて，工具寿命の予測が簡便に行える方法を提示している。第 2 章の方法で推定された変形抵抗と剛塑性 FEM 解析を組み合わせて得られた工具面圧と疲労寿命の関係（疲労寿命曲線）を作成し，任意の材料の加工での工具寿命を精度良く推定できることを確認している。

第 5 章では第 3 章で提案された等温変形抵抗を用いて高温加工での加工荷重を推定する方法を示している。等温変形抵抗と熱連成剛塑性 FEM を用いて，リング鍛造，後方押出し鍛造，前方押出し鍛造などの温・熱間鍛造における工具負荷を推定した結果，実験結果とよく一致することを示し，提案された方法の有用性を確認している。

以上の研究成果は，鍛造加工における鋼材の加工特性を高い精度で決定し，数値シミュレーションにおいて有効利用する上で有意義であり，生産加工および関連分野の発展に貢献するものであり，博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。