

氏 名	小 坂 田 宏 造
	お さ か た こう ぞう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 198 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 45 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	冷 間 鍛 造 に 関 す る 基 礎 的 研 究

	(主 査)
論 文 調 査 委 員	教 授 大 矢 根 守 哉 教 授 山 田 敏 郎 教 授 森 美 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は金属塑性加工法の一分野である冷間鍛造の基礎的研究をまとめたもので序論，7章，結論からなっている。

第1章では各種金属材料の変形抵抗の測定結果について述べている。冷間鍛造では普通の方法試験に比べて加工速度(変形速度)が高く，一般に測定されているような低速変形での変形抵抗を用いることはできないので，高速加工機(加工速度5~20m/sec)を用いて変形抵抗を測定し，低速変形での変形抵抗と比較し，変形抵抗の加工速度依存性について述べている。すなわちアルミニウム，銅，各種の炭素鋼およびステンレス鋼の変形抵抗を冷間鍛造温度範囲で測定し，その加工速度依存性，温度依存性を明らかにしている。また高速圧縮での変形抵抗に及ぼす材料の慣性力および断熱的温度上昇の影響について論じ，慣性力の影響は無視できるほど小さいが，断熱的温度上昇は無視できないことを定量的に明らかにしている。

第2章では冷間鍛造された軟鋼の機械的性質が加工速度，加工度，加工温度などの加工条件によってどのように影響されるかについて述べている。室温で鍛造された軟鋼は加工度の増大とともに降伏応力，引張強さ，硬さは上昇し，伸びと絞りとは低下するが，高速加工材は低速加工材に比べ，同一加工度の場合に降伏応力，引張強さ，硬さは低く，伸びと絞りとは大きいことを見出している。これらの引張試験特性を硬さで整理すると加工速度にかかわらず同じ値を示すことを明らかにしている。衝撃値は伸び，絞りの場合と同じように加工度が増すと減少し，同じ加工度では高速加工材の方が大きい，硬さで整理しても高速加工材の方が高い値を示し，加工硬化ばかりでなく内部の微視的な構造にも差があることを述べている。-78~600℃で鍛造を行なった場合，回復がなければ青熱ぜい性温度でもっとも加工硬化するが，軟鋼では500℃以上では回復が大きく高速加工では400℃付近でもっとも加工硬化することを見出している。

第3章では冷間加工された製品の工具と直接接触しない自由表面のあらさの生成機構について述べている。加工度が増大すると自由表面のあらさは大きくなるが，加工方法によって表面積の増加の程度が異なり，それによりあらさの程度に差が生ずることを理論的に明らかにし，実験により確かめている。また加工

度とともに表面があらくなる割合は結晶粒径に比例することを示し、さらにその比例定数は結晶格子の種類によって異なり、すべり系の少ない金属ほど表面があれやすいことを明らかにしている。あらさの波の周期は約10結晶粒程度の大きさであり、このことを確率論的な手法で解析し、実験結果と一致することを確かめている。

第4章では高速圧縮加工における液体潤滑剤の潤滑機構について述べている。高速圧縮加工では液体潤滑剤が工具と素材の間に挟まれ、スクイーズ・フィルム効果によって中央部に高圧を発生し、ついには素材をくぼませ、潤滑剤は閉込められることを理論的に解析し、潤滑膜厚さは圧縮速度、粘性係数、素材の寸法、変形抵抗によって決定されることを示している。またその解析結果は実験結果とよく一致している。

第5章では圧縮中ならびに圧縮後における素材と工具との接触状態について述べている。加工後の素材の表面のあらさと真実接触率（工具と接触して平坦になっている部分の面積割合）は加工速度、素材の寸法、潤滑剤粘度、加工度によって影響をうけることを明らかにし、さらに真実接触率を決定する機構の解析を行ない、その結果と実験結果との一致を確かめている。

第6章では冷間鍛造時の摩擦係数の加工速度依存性について述べている。液体潤滑剤の場合には、第4章に述べられている潤滑機構から、加工速度が高くなるほど厚い潤滑膜を生じ、摩擦係数が低下することを明らかにしており、特に18-8ステンレス鋼やTiなど潤滑性の悪い金属で加工速度の効果が顕著であることを見出しいる。さらに添加剤を含む液体潤滑剤を使用する場合および無潤滑の場合について摩擦係数の速度依存性を論じている。

第7章では振動圧縮加工における潤滑と摩擦の機構について述べている。すなわち潤滑剤および摩擦粉の作用機構から振動付加が摩擦係数の増減に及ぼす影響を明らかにしている。

結論は以上の研究成果を総括したものである。

論文審査の結果の要旨

近年冷間鍛造の実用化が盛んになっているが、機械工学的な研究の面では塑性力学的な加工力学以外は余り進んでいない。著者は冷間鍛造において金属材料の挙動および潤滑・摩擦が加工の成否にかかわる重要な因子であることに着目し、これらを統一的に研究し、多くの成果をえている。

冷間鍛造において、金属材料の面から重要な点は加工中の変形抵抗と加工後の機械的性質である。冷間鍛造では高い加工速度、大きな加工度、広い温度範囲の条件で加工を行なうが、今日まで各種の困難からこのような加工条件での変形抵抗および加工材の機械的性質についての系統的な研究がなされていなかった。著者は高速加工機が高い速度と大きなエネルギーを持つことを利用して著者独自の巧みな方法により上記の条件下での各種の金属材料の変形抵抗を測定するとともに、鍛造された軟鋼の機械的性質を調べ、加工速度によっても機械的性質が異なることを明らかにし、また炭素鋼の場合には変形抵抗が低く加工硬化の高くなる加工条件があることを示し、冷間鍛造における加工条件の選択に指針を与えている。

また塑性加工において、加工中および加工後の表面状態と潤滑の関係の重要性は従来からすでに認識され、定性的な傾向は経験的に明らかにされていたが、それを解析的に取扱い、統一的に研究を進めたのは

著者のすぐれた功績である。すなわち、まず加工中の自由表面のあれを取りあげ、加工の種類によって表面あらさの異なる原因が表面積変化の相違にあることを、表面モデルを用いて定量的に明らかにし、また結晶粒径と結晶格子の種類によって表面あらさが異なることを見出し、さらにあらさの波の周期を理論的に説明し、その結果が実験結果とよく一致することを示している。さらに高速圧縮加工における潤滑の機構を適切な条件のもとに流体力学のおよび塑性力学的に説き、その解析の結果を実験により確めている。また圧縮加工中の潤滑膜厚さと真実接触率を測定する方法を提案し、測定例を示すとともに、真実接触率を決定する機構が潤滑および自由表面のあれる現象と密接な関係があることを理論的に明らかにしている。以上のように著者は塑性工学と潤滑工学の境界分野である表面あらさ・潤滑・摩擦の問題を理論的に取扱うことに成功している。

冷間鍛造における摩擦係数の測定は従来からも行なわれているが、著者はとくに高速加工と振動付加工での摩擦係数を測定し、その結果を著者の理論によって説明している。すなわち高速加工時の摩擦係数の測定結果を潤滑の機構の関連づけるとともに、各種の潤滑剤および添加剤の潤滑性に及ぼす加工速度の影響を明らかにし、実際の加工における有効な指示を与えている。また振動圧縮加工において摩擦係数が低下するのは工具の弾性変形の影響であることを各種の実験により明らかにし、潤滑剤の選択の重要性を指摘している。

これを要するに、本研究は冷間鍛造における表面状態および潤滑に関する理論的な解明を行ない、また金属材料の挙動と摩擦について実験的に種々の点を明らかにし、冷間鍛造について多くの新知見を加えたもので、学術上、工業上寄与するところが多い。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。