

氏 名	可 児 弘 毅 か に こう き
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1369 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 3 月 23 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	衝 撃 高 圧 力 の 発 生 と そ の 塑 性 加 工 お よ び 材 料 物 性 研 究 へ の 応 用 に 関 す る 研 究

(主 査)
論文調査委員 教 授 山 田 敏 郎 教 授 大 矢 根 守 哉 教 授 万 波 通 彦

論 文 内 容 の 要 旨

衝撃高圧力は、金属材料の高速精密成形あるいは超高压下での物質挙動の研究に対して有力な手段を提供する。本論文第Ⅰ編は、液中で衝撃高压の発生を行い、その圧力負荷の下での材料の変形挙動を解明するとともに、実際の成形加工を試み、衝撃高液圧の高速精密成形への応用の有用性を明らかにしようとしたものである。第Ⅱ編は、固体中に衝撃超高压を発生させる方法を開発するとともに、圧力計測法の開発を行い、その圧力下での電気絶縁物質の電導特性の解明を試み、衝撃超高压の材料物性研究への応用手法の確立をはかったものである。

第1章は、第Ⅰ編の序論であり、本研究の目的を述べている。

第2章では、衝撃高液圧発生法として、水中における金属細線の高電圧放電爆発をとりあげ、圧力は、金属細線の気化時および気化ガスの加熱時に発生すること、気化時のガス加熱は放電回路に蓄積されていた電磁エネルギーの放出によることなどを明らかにしている。

第3章では、水中放電により水中に生成された低压大規模空洞の収縮、崩壊運動と崩壊時の発生圧力について理論および実験結果を述べている。空洞が無限水中で運動する場合、最小収縮状態から再膨張への反転時に内部の水蒸気の圧縮に基づく圧力波を周囲水中へ放射すること、また、空洞が剛壁近傍で収縮運動する場合には、反転運動および剛壁上での受圧圧力に剛壁存在の大きな影響の出ることを明らかにしている。

第4章では、火薬銃で加速した高速弾丸の水中への突入による全く新しい衝撃液圧発生法を開発し、この方法により高い圧力が得られることおよび発生圧力におよぼす突入弾丸破壊の影響を明らかにしている。また、発生圧力算定法を提示している。

第5章では、衝撃液圧による金属薄板の高速張り出し成形を周辺固定円板について行い、変形解析法を示すとともに、その妥当性を検証している。また、円板の変形が塑性曲げ波の伝播によって進行すること、張り出し量は圧力波の作用力積と直線関係にあることなどを明らかにしている。

第6章では、薄肉金属円管の衝撃内圧による張り出し変形について、内部圧力媒体の運動を考慮した変

形解析法を示すとともに、妥当性の検証を行なっている。圧力波が円管の軸方向あるいは中心軸から外方へ伝播するいずれの場合についても、入射圧力をもとに得られた円管の変形過程、最終変形状の解析結果は実際のものによく一致することが示されている。

第7章では、高速成形におけるスプリングバック減少の機構を解明しており、静的および高速曲げ成形実験と変形過程の観測実験結果を基に、スプリングバック減少の主因は、被成形材が型へ衝突する時発生する衝撃圧力と成形材の変形過程にあるとの結論を得ている。

第8章では、薄板および薄肉円管の衝撃液圧による高速型成形に対し、成形精度向上法の検討と得られた精度について述べている。成形精度は圧力負荷回数とともに上昇し、非常に精度の高い成形製品が得られることを明らかにした。この方法により、ステンレス鋼板のみならずチタン板の金属義歯床の成形に成功した。

第9章では、第Ⅱ編の序論で、固体中の衝撃超高压に関する研究の重要性と本研究の目的を述べている。

第10章では、固体中の衝撃超高压を取扱う上で重要な平面衝撃波の基礎式、ウゴニオ、衝撃波の反射・透過・干渉、材料の圧縮特性と衝撃波の構造、衝撃波背後の温度推算法、その他に関する基礎理論が述べられている。

第11章では、その衝突を利用して衝撃超高压の発生を行なう高速飛翔板の加速装置の開発と、その性能解析および飛翔板速度計測法の開発が述べられている。火薬銃を用いた装置では最高 2~2.5 km/sec まで、ヘリウムガスを用いた二段式軽ガス銃では約 5 km/sec まで加速できることを見出し、さらに、電磁誘導を利用した方法により飛翔板速度を高精度に計測できることを示している。

第12章では、固体中の衝撃超高压の間接および直接計測法の開発とその計測精度について述べている。間接計測法として、衝撃波速度、粒子速度計測のため電気的あるいは光学的方法の改良と開発がなされ、直接計測に用いるマンガニンゲージの開発も行われ、これらいずれの方法も計測精度の良いことが示されている。

第13章では、電気絶縁固体の硫黄について、その衝撃高压下での電導特性が解明されている。硫黄は 3.5 GPa~5.5 GPa の衝撃高压の負荷により電気抵抗率が約 $1/10^4$ になることを明らかにし、その減少の主因を衝撃圧縮時の温度上昇にあると指摘している。

第14章では、非晶質セレンの衝撃高压下での圧縮特性と電導特性が解明されている。24.5 GPa までの圧縮特性が明らかにされ、5~7 GPa の間で抵抗率が約 $1/10^8$ になることを見出している。

全体の結論が、論文の最後に述べられている。

論文審査の結果の要旨

金属材料の高速精密成形あるいは超高压下での物質挙動の研究に対し、衝撃高压は有力な手段を与える。本論文第Ⅰ編は、液中の衝撃高压を精密成形の分野へ、また第Ⅱ編は、衝撃高压を材料物性の分野へ応用する目的で、衝撃圧力発生法とその計測法の開発を行い、それぞれ高速精密成形法の開発および圧力負荷の下における材料挙動の解明を試みたもので、主なる結果は下記の通りである。

1. 衝撃液圧発生法として、水中での金属細線の高電圧放電爆発をとりあげ、細線の放電爆発時の圧力

発生は、細線の気化時および気化ガスの加熱時に行われること、および気化時の加熱エネルギーは放電回路に蓄積された電磁エネルギーの放出により供給されることを明らかにした。また、水中放電により水中に生成された大規模低圧空洞の収縮、崩壊時の圧力発生について空洞の最小収縮状態から再膨張への反転時に内部水蒸気の圧縮に基づく圧力波を周囲水中へ放射すること、および空洞が剛壁近傍に存在する場合の反転運動および剛壁上の受圧圧力が剛壁存在の影響を大きく受けることを明確にしている。さらに、衝撃液圧発生法として、新たに、火薬銃で加速した高速弾丸の水中への突入による方法を開発し、この方法により簡単に非常に高い圧力が得られることを明らかにした。この方法は国有特許として認められている。

2. 衝撃高液圧を負荷された金属薄板あるいは薄肉円管の高速張り出し変形に対し、圧力媒体の運動を考慮した変形解析法を示し、入射圧力波を基に実際の円管、円板の変形過程、最終変形形状が良く推定できることを示した。

3. 衝撃高液圧による高速型成形のスプリングバック減少の機構を明確にした。すなわち、高速成形におけるスプリングバックは被成形材が型と衝突する時に発生する衝撃圧力と変形過程により支配されていることを明らかにしている。これより成形精度向上法を検討し、金属義歯床の成形を行い良好な成果を得ている。

4. 固体中の衝撃高圧発生法として高速飛翔板の衝突による方法を採用し、高速飛翔板加速装置に火薬銃および二段式軽ガス装置を開発した。そして、その設計方法と性能解析法を明らかにした。さらに、飛翔板速度計測法として電磁誘導を利用した高精度な方法の開発も行っている。これらの成果は、最近、高速飛翔板加速装置としてこの種の銃を用いた研究が漸増している折から、工学的に価値あるものと認められる。

5. 固体中の衝撃超高压の間接計測法として、電気および光学的方法の改良と開発がなされ、また直接計測のため用いるマンガニンゲージの開発を行っている。これらいずれの方法も良好な計測精度を有することを明らかにしている。

6. 衝撃超高压下の材料物性研究として、電気絶縁固体である硫黄と非晶質セレンの衝撃高圧下における電導特性を明らかにした。すなわち、硫黄は $3.5 \sim 5.5$ GPa において電気抵抗率が約 $1/10^4$ になること、およびこの減少は衝撃圧縮による温度上昇の影響が大であることを示し、また、セレンにおいては、 $5 \sim 7$ GPa の間で抵抗率が約 $1/10^3$ になること、および 24.5 GPa までの圧縮特性が明らかにされている。

以上、衝撃高液圧の高速精密成形への応用の有用性を明らかにし、また固体中の衝撃超高压の材料物性研究への適用手法を確立した本論文は、学術上ならびに工学上寄与するところが少なくない。

よって、この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。