

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	和田 光平
審査委員	主査 入舩 徹男 副査 井上 徹 副査 大藤 弘明

論文名 新しい超硬合金の開発と超高压発生装置への応用

審査結果の要旨

本論文は、申請者の超高压科学への応用を念頭に置いた新しい超硬合金の開発と、得られた材料を超高压発生技術に応用した結果を取り纏めたものである。

申請者は第一に大型超硬合金の機械的特性の評価のため、既存の一軸圧縮装置に改良を加えることにより、正確な応力-歪曲線を測定する装置の開発を行った。これにより、大型の超硬材料に対してヤング率や圧縮強度の精密測定を可能にした。以下の3種類の新素材の特性評価においては、従来のビッカース硬度の測定法とともに、この手法を用いたヤング率と圧縮強度の測定法が活用されている。

第二に申請者は、高压下での中性子実験への応用を目指した新しいNi バインダーの超硬合金の開発を行った。従来の主な超硬合金製品ではCoを主体としたバインダーが用いられていたが、中性子照射による放射化の影響のためこれらの超硬合金は超高压装置用アンビルには使えない。この点で放射化の影響が少ないNi バインダーの超硬合金が重要であるが、Coの場合に比べて焼結が困難であり、Niの凝集体の存在により限られた強度の材料しか得られなかった。申請者は原料のNiの粉碎過程に工夫を加え、またWCの粒度やその他の添加材の割合を変化させることにより、均質な組織を持ち従来に比べてはるかに硬く高強度の超硬合金の開発に成功した。この新素材を用いて、高压中性子実験によく用いられるパリ・エジンバラ型装置による圧力発生試験を行ったところ、既存のNi バインダー超硬合金の限界であった12.5 GPaを大きく越える16 GPaの発生が確認された。この新しいNi バインダー超硬合金は、最近J-PARCにおいて完成した高压中性子地球惑星科学ビームラインにおいて、超高压実験用アンビルの重要な素材として利用が開始されている。

次に申請者は、地球深部科学研究における重要な手段であるマルチアンビル型超高压装置の、発生圧力限界を伸ばすことを目的とし、より硬度の高いバインダレス超硬合金の開発を行った。原料のWCとして超微粉末を用いるとともに、微量の焼結助剤に様々な工夫を加えることにより、従来にない硬度を持ち、超高压実験において十分な圧縮強度や靱性を有する超硬合金の開発に成功した。実際にマルチアンビル装置を用い、従来最も硬いと考えられていた超硬合金を用いた場合と発生圧力を比較し、同じ条件で後者が31.5 GPaに留まっていたのに対し、申請者が開

発した新しい超硬合金では 36.5 GPa という遥かに高い圧力の発生を確認した。尚、愛媛大学のグループによるその後の試験では、従来の超硬合金の限界圧力を 10GPa 以上上回る 48 GPa という驚異的な圧力発生を確認しており、今後超高圧地球科学分野において重要な素材になると期待されている。

申請者はさらに、より長持ちする超硬合金の開発にも取り組んだ。超硬合金アンビルを用いた超高圧発生実験は、アンビルの弾性限界を越えた領域での実験を行うため消耗が激しく、圧力領域にもよるが通常 10 回程度の使用に限られる。消耗の一つの原因として、応力の蓄積に基づく遅れ破壊現象があり、安全面の観点からもこれを抑制する必要がある。申請者は遅れ破壊の原因がバインダーの Co の fcc 相から hcp 相への相転移に基づくものと考え、バインダーを適度な組成を持つ Co-Ni 系の固溶体に変更することにより、これを避けることができることを見いだした。この新たな超硬素材をアンビルとしてテストした結果、通常の使用に耐えるとともに、繰り返し圧縮試験においても高い耐久性を有することが確認された。遅れ破壊の頻度に関しては、長期的なデータの蓄積が必要であるが、極端条件下での使用においても長持ちする新超硬素材として、今後重要になると考えられる。

申請者は本学修士課程修了後、超硬合金製造会社において新たな超硬素材開発に携わってきたが、極端条件下での使用に耐える新たな素材の開発を求める超高圧科学分野の研究者の要望に応え、次々と画期的な材料を開発してきた。これらの材料は製品化され、超高圧科学分野とともに、様々な工業分野においても利用が開始されている。このような本論文に関わる業績は業界でも高く評価され、平成 24 年に「超硬工具協会技術功労賞」、平成 26 年に「第 30 回素形材産業技術賞奨励賞」を受賞している。

以上、本論文は新しい超硬素材の開発面で学術的に重要かつ新規性・独創性が高い内容であるとともに、超高圧科学関連分野の発展に多大な貢献をするものであり、博士（理学）論文として相応しいと判断される。

なお本論文の内容は平成 27 年 8 月 4 日の公聴会において、40 分間の口頭発表と引き続く 30 分間の質疑応答として発表された。