

学位論文要約
Dissertation Summary

氏名(Name) 和田 光平
論文名(Dissertation Title) 新しい超硬合金の開発と超高压発生装置への応用

近年、超高压発生装置で用いられるアンビル材は、使用目的に応じて様々な種類の超硬合金が用いられており、それぞれの目的に合った超硬合金の開発が必要であった。そこで本研究では、特に高压条件下での中性子回折・磁性測定実験、30GPa 以上の超高压発生実験、超高压条件下における物質合成実験に着目し、それぞれの目的に応じた超硬合金の開発を行い、一軸圧縮実験と実際の超高压発生装置で使用する事により、開発した材料の評価を行った。

第2章では、圧縮特性値を正確に測定する為の一軸圧縮実験装置の開発を行った。3枚の軸歪ゲージを用いた加圧精度の評価と、既存超硬合金とセラミックスの圧縮特性値を測定し、一軸圧縮実験以外で測定できる機械的特性値と比較する事により、加圧精度の評価を行った。その結果、高い実験精度で一軸圧縮実験が行える事がわかり、この開発した装置を用いて新材料の評価を行った。

第3章では、超高压条件下での磁性測定実験や中性子回折実験を行う場合に使用する、超微粒低結合相量の WC-Ni 系超硬合金を開発した。低結合相量の WC-Ni 系超硬合金は、従来 WC 相よりも粗大な Ni プールが生じる為に、高強度の合金が得られなかった。また焼結温度も WC-Co 超硬合金よりも高い為に、WC 平均粒度が $0.5\mu\text{m}$ よりも小さな超微粒 WC-Ni 系超硬合金も得られなかった。そこで、粉末の調製条件を新たに開発し、更に添加する炭化物の量を最適化する事により、Ni プールのない高強度の超微粒低結合相量の WC-Ni 系超硬合金を開発する事に成功した。開発した超硬合金は、既存 WC-Ni 系超硬合金 MF10 よりも圧縮強度が 1.4GPa 以上優れていた。更に、パリ・エジンバラ超高压発生装置を用いて圧力発生実験を行った結果、MF10 をアンビル材として用いた場合、12.5GPa が圧力発生限界であったが、開発した超硬合金をアンビル材として用いた場合、16GPa を発生する事が出来た。以上の事から、開発した超微粒低結合相量の WC-Ni 系超硬合金は大容量のプレスを用いた超高压条件下での中性子回折実験や磁性測定実験において、圧力発生限界を上昇させる為に有用な材料であると考えられる。

第4章では、既存超硬合金よりも高压力が発生可能な超微粒バインダレス超硬合金の開発を行った。既存バインダレス超硬合金は、通常パルス通電焼結法やホットプレスを用いて焼結している為に焼結性が悪い、もしくは予備焼結と HIP 処理を組み合わせた一般焼結法で焼結した場合、WC 粒度が $0.8\mu\text{m}$ より大きい為に、圧縮強度が低かった。本研究では、 Cr_3C_2 と VC の添加量を最適化する事により、一般焼結法で WC- M_2C または WC- M_2C -Ni の相から構成される、WC 平均粒度が $0.5\mu\text{m}$ 以下の超微粒バインダレス超硬合金の開発に成功した。これらの開発した超硬合金の圧縮強度は、7GPa 以上の高い値を示した。そこでアンビル材としての性能を、6-8 型超高压発生装置を用い、既存超硬合金材種の中で最も高い圧力発生が可能である TF05 と比較する事で評価した。アンビル先端サイズ 3mm で評価した結果、TF05 を用いた場合、31.5GPa が圧力発生限界であった。一方、開発したバインダレス超硬合金を用いた場合、36.5GPa を発生させる事が出来た。以上の事から、開発した超微粒バインダレス超硬合金は、超高压力を発生させるアンビル材として優れた性能を持ち、6-8 型超高压発生装置で 30GPa 以上の高压力条件下での実験を行う為に、有用な材料であると考えられる。

第5章では、超高压条件下における物質合成で用いた場合に、長寿命となると考えられる結合相の圧力誘起変態が起こらない超硬合金の開発を行った。焼結、HIP 処理後の WC-Co 系超硬合金の結合相である Co 相は、WC 相の拘束などの為に、主として高温安定相の fcc 相で存在しており、非平衡状態にある。この為、超硬合金を変形させると、fcc 相で存在している結合相は、常温安定相である hcp 相に圧力誘起変態を起こす。この圧力誘起変態が、クラックの発生や遅れ破壊の発生の要因の一つとなっていると考えられる。本研究では、超微粒 WC-Co-Ni 系超硬合金の Co と Ni の混合比率と結合相量の最適化を行う事により、現在超高压条件下における物質合成で、アンビル材として使用されている超微粒 WC-Co 系超硬合金 TF06 と同等の機械的特性値を持ち、結合相の変態の起こらない超硬合金を開

発する事に成功した。そこで、この超硬合金を 6-8 型超高压発生装置で用いて評価した結果、TF06 と同等の圧力発生効率を示した。以上のことから、開発した WC-Co-Ni 系超硬合金は従来材と同じように使用する事が可能であり、結合相の変態がない為に、既存材種よりも長寿命となる可能性があると考えられる。