

(報告書様式)

2020年3月30日

金沢大学先端科学・イノベーション推進機構協力会 御中

第4回 若手研究者奨励賞 研究実施報告書

所 属 機械工学系
職 名 准教授

ふりがな みやじま ようじ
氏 名 宮嶋 陽司

研究実施報告書

(1) 研究テーマ名

黄銅の結晶粒超微細化に伴う強度と導電率の変化の解明

(2) 研究の目的および要旨

本研究の目的は、銅合金の中でも導電率が高い黄銅の結晶粒を超微細化することで、導電率を損ねずに強度を上昇させることである。一般的に社会で用いられている金属材料は多結晶材であり、その結晶粒径は数十 μm 以上である。近年、塑性加工の一種である巨大ひずみ加工が開発され、合金元素の大量添加無しに、純金属の強度を数倍（高強度合金なみ）に上昇させることが可能となった。更に、申請者は、純アルミニウムや純銅に対してこの巨大ひずみ加工を適用することで結晶粒を数百 nm まで超微細化し、強度が通常材の数倍に上昇するにもかかわらず、導電率はほぼ一定であることを示した本研究では、この巨大ひずみ加工を黄銅（Cu-Zn 合金）に適用することで、さらなる合金元素の添加をせずに結晶粒超微細化によって強度の上昇を図る。この研究テーマの特徴は、高強度化の為の合金元素の大量添加を必要としない点である。合金元素が母相中に固溶すれば固溶するほど電子の散乱中心として働くため導電率が低下するが、本テーマではそもそも高強度化のための合金元素を使用しない。つまり、導電率の低下を原理的にほぼ起こさずに高強度の達成が可能となる。

(3)採択されてからの研究の進捗状況

黄銅には様々な亜鉛(Zn)濃度を持つ合金が存在するが、Zn濃度が約30%の7-3黄銅を供試材として用いて実験を行った。7-3黄銅の棒材（JIS規格：C2600）から厚さ4mmの板材を切り出し、電気炉によって873Kで2時間焼鈍を施した。こうして、棒材作製工程で導入されたひずみをキャンセルした焼鈍材を準備した。その後、圧延機によって冷間圧延を最大で95%まで施した。こうして得られた圧延材に対して、板幅方向からの組織観察として走査電子顕微鏡(Scanning electron microscopy: SEM)観察と電子線後方散乱回折(Electron backscattered diffraction: EBSD)、力学試験として引張試験とビッカース硬さ試験、4端子法を用いた室温と液体窒素温度下における電気抵抗率測定を行った。また、X線回折(X-ray diffraction: XRD)測定もそれぞれの圧下率の試料に対して行った。得られた各圧下率の圧延材のX線回折プロファイルに対して、Williamson-Hall法という解析を行うことで、金属材料中の線欠陥である転位の単位体積あたりの線長さ（転位密度）を取得した。転位は金属材料の塑性変形を担っているため、転位密度は金属材料の強度に深く関わっている。そのため、圧下率の増加に伴う転位密度の変化は強度を理解する上で極めて重要である。

引張試験において試験機の弾性変形を除いた、試験片の変形を測定するためにビデオ伸び計を利用し、その解析のための画像相関プログラムを本研究資金によって購入させていただいた。こうして、引張試験から求めた強度の圧下率依存性を導出した。また、EBSDの測定データを解析するためのプログラムの購入にも本研究資金を利用させていただいた。この解析プログラムによって、上述した転位の動きを阻害する結晶粒界の平均間隔（結晶粒径）を測定することが可能となった。こうして、強度に関係のある材料組織因子である結晶粒径と転位密度の情報を入手した。

(4) 研究の成果

本研究の結果、従来は純金属でよく見られていた塑性加工によって起こる結晶粒超微細化が観察された。具体的には、SEM 観察および EBSD 測定によって、圧延前は数百 μm であった結晶粒が、圧延による微細化によって数 μm 未満の超微細粒へと変化していることが確認された。

それに対応して、ビッカース硬さも初期の数倍へと増加していた。引張試験の結果からも、圧延後の強度は圧延前と比較して大きく変化していることが分かった。この原因としては、結晶粒径の減少に加えて、XRD の解析から求められた転位密度の変化が原因であると結論付けられた。

電気抵抗率の測定も行ったが、圧延加工に伴って値は変化していくものの、強度の変化ほどは急激に値が変化していないことが判明した。これは、圧延加工によって変化した転位密度と結晶粒径が、強度に寄与する転位の運動は妨げるものの、電子の平均自由行程には影響を与えない値であったためだと考えられる。

この結果は、本研究を始めるにあたって仮定したモデルが正しいことを示唆しており、黄銅でも組成を変化させること無く、加工によって高強度高導電性合金を実現することが出来る可能性を示している。

(5) 今後の研究の推進方策

今後、より詳しい組織観察を続けるとともに、その結果も加えて学会発表および学術論文誌への投稿を予定している。学会発表および学術論文誌への投稿に場で、より具体的な数値を公表している予定である。

(6) 研究発表（平成 30 年度、令和元年度）

なし

(7) その他顕著な成果

なし