

審査の結果の要旨

氏名 徳富 淳一郎

環境負荷低減を目的とした重量削減要求は社会現象とも言えるが、自動車に使用される電線（自動車用組み電線：ワイヤーハーネス）についても、細線化による重量低減が強く求められている。直径 200 μm 程度以下の極細銅電線は、その製造時および配策時に受ける衝撃により破断する危険性があり、破断リスクを低減させるための高強度化・高延性化（衝撃吸収エネルギー向上）が必須である。一方、電線としての機能を維持するため導電率の低下を抑えねばならず、そのため、合金成分の添加を抑制した希釈銅合金を利用しつつ、固溶や析出によらない強靱化を行う必要がある。

本論文では、高強度・高延性・高導電率を有する極細銅電線の製造のために、新たに考案した『連続曲げ引抜き加工』時の、力学特性（強度延性）の変化を金属内部組織変化と併せまとめている。第 1 章は序論、第 2 章は強伸線加工と連続曲げ加工の組み合わせである連続曲げ引抜き加工後の希釈銅合金（0.3%Sn-Cu 材）の力学特性を、強伸線加工のみの場合と比較して論じている。ここで、強伸線加工された希釈銅合金に連続曲げ引抜き加工を加えることで、強度が若干低下しつつ延性が顕著に改善すること、加工後の導電率が損なわれないことを実験的に明らかにした。通常は塑性変形を加えると硬化が進むが、連続曲げ引抜き加工では強伸線加工により引き延ばされた銅電線の曲げの内側では圧縮⇒引張の負荷反転を受けるために、Baushinger 効果による加工軟化が起り、延性が回復することで極細銅電線の強靱化が達成される。第 3 章では、材料軟化のために通常利用されている焼鈍の力学特性への影響について論じ、強伸線加工材についての焼鈍は機械的特性の改善にはつながらないこと、焼鈍と比較した連続曲げ引抜き加工の優位性を示した。第 4 章では連続曲げ加工治具を強制回転できるように改良し、連続曲げ引抜き加工条件が力学特性変化に及ぼす影響を実験的に明らかにした。また、線材断面内の硬度分布について調査し、FEM による応力・ひずみ解析を行った結果と比較した。第 5 章では、2 パスの連続曲げ引抜き加工の結果を示し、必ずしも 1 パス加工の結果より良くはないことを示した。第 6 章では連続曲げ引抜き加工により創製された、

超微細粒線材が示す特異的な力学特性変化の発生機構を、金属組織の変化と併せて調査し考察した。第7章は結論である。

本論文では、ナノ組織を有する強伸線加工材の連続曲げ引抜き加工を提案したが、このプロセスは銅電線の製造に利用されている連続伸線加工に適用が可能で、工業的意義は非常に高い。また、ナノサイズ組織を有する材料を製造するための強加工はSPD (Severe Plastic Deformation) プロセスと呼ばれており、現在世界的に研究が盛んにおこなわれている領域である。本論文では超強加工した後のナノ組織を有する銅電線に反転負荷を加えた際の組織変化や力学特性について取り扱っており、SPD プロセス研究に含まれるものとして、その工学的意義は評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。