

第30回青葉工学研究奨励賞



アモルファス合金の準安定性を活用した加工手法の開発

東北大学大学院工学研究科
機械機能創成専攻
助教 久 慈 千栄子

グリーン社会の実現に向け、世の中の省エネルギー技術や材料に対する関心は高くなっている。アモルファス合金は、1960年にDuwezにより発見された合金材料であり、優れた省エネルギー材料として着目されている。本合金は高速回転する銅ロールに溶湯を吹き付けて作製されるため、厚み約20~30 μm の薄帯形状となる。作製時の急冷凝固によって結晶構造の形成が妨げられるため、固体金属でありながらも結晶構造を持たない“非晶質 (Amorphous)”な材料となる。薄い形状のために渦電流損失も小さく、一般的な合金材料のように結晶構造を有さないため、結晶構造に依存して発現する磁気異方性や磁壁のピン止め効果が発生しない。そのため、結晶金属以上の優れた軟磁性を示す。とくに、鉄基のアモルファス合金は高い磁束密度と低い保磁力を示すため、モータのエネルギー変換ロスを低減する新たな省エネルギー材料として期待されている。しかしながら、破壊の起点となる構造的な欠陥や変形の容易方向も存在しないため、硬くて強くて粘り難加工性材料としても知られている。この材料の機械的特性に起因した加工性の低さが、本合金の実用化を妨げる最大の障壁となっている。

この課題を克服するため、著者らはアモルファス合金の準安定性を活用した新たな加工手法の開発を進めている。アモルファス合金は急冷により無理やり固化させている準安定な状態であるため、加熱により原子のわずかな移動による構造緩和、結晶核生成、成長過程を経てより安定な結晶構造へと変化する。アモルファス合金の様々な材料特性は、その特徴的な非晶質構造によりもたらされるため、精密な微細組織制御によって難加工の原因となる機械的特性を変化させれば加工性の向上が可能であると考えた。箔帯材料の量産加工手法である打抜き加工は、パンチとダイという一對の工具を用いて材料を切断するため、工具間の隙間 (クリアランス) に相当するわずかな数マイクロメートルの領域のみが変形・破断する。さらに、製品部にはアモルファス合金特有の優れた材料特性を残すため、加工に関与するクリアランス間の微細組織のみを制御する必要がある。つまり本研究は、加工に関与する局所領域のみを“弱くする”という発想により、加工性向上と製品性能の両立を狙ったものである。

そこで著者らは、図1に示す一連の研究を実施した。まず基礎研究として、熱分析からアモルファス合金の組織変化に必要な活性化エネルギーを導き出し、X線回折法と透過

型電子顕微鏡観察を組み合わせた構造解析により、異なる微細組織のアモルファス合金を作製することに成功した[1]。この様々な構造のアモルファス合金の微小領域 (数マイクロメートル) の強度評価に成功し、微細組織が強度特性に及ぼす影響を明らかにした [2]。こ

これらの基礎検

討により、結晶化の途中構造において最も強度や靱性が低下し、打抜き加工性 (加工抵抗低減、加工断面品質向上) が向上することを明らかにした [3]。応用研究では、加工が行われる局所領域のみを基礎研究で見出した最適構造へと変質させるため、レーザーを用いた局所熱処理手法を確立した。熱処理を施さないアモルファス合金の加工抵抗は約1010Nであったが、局所熱処理により約880Nまで低減し、その加工面はアモルファス合金特有の切断不良や脆化による大規模なクラック等が存在しない高品質なものであった [4]。さらに、加工後の磁気特性は低下しないことを確認した。以上の一連の研究によって、アモルファス合金の製品性能は低下させずに加工性のみを向上させる新たな加工手法の開発に成功した。

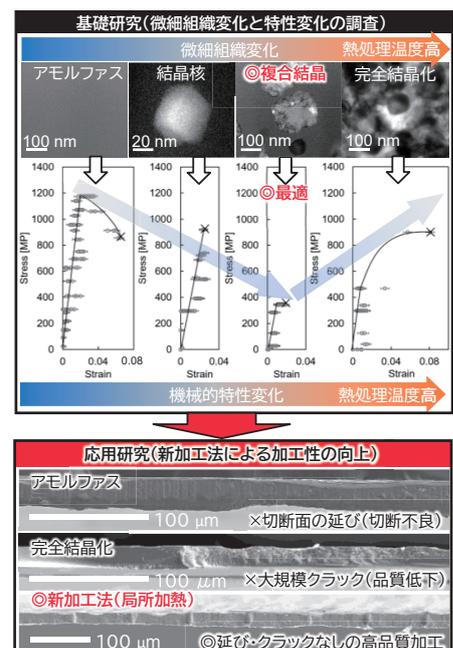


図1 本研究の概略図

[1] C. Kuji et al., *J. Mater. Sci.*, 56 (2021) 16697–16711.

[2] C. Kuji et al., *Mater. Sci. Eng. A*, 848 (2022) 143483.

[3] C. Kuji et al., *Prec. Eng.*, 82 (2023) 33–43.

[4] C. Kuji et al., *Prec. Eng.*, 81 (2023) 135–144.