

研究テーマ名：変態超塑性を応用した革新的成形法の創生

責任者氏名：能登裕之

支援年度、令和4年度（2022年度）

1. 研究の進捗状況

本研究では、テーマ内容を達成するため「学術的アプローチ」と「工学開発アプローチ」の二つの筋道を検討している。

①学術的アプローチとしては、これまでの先行研究で発見した超塑性変形試料のナノ組織観察による変形機構解析を実施している。これにより、低放射化フェライト鋼に対する超塑性圧縮の適用性を検証できると期待している。

②工学開発アプローチでは、実際の加工を民間企業とともにやり、研究を展開するものである。このアプローチに関し、現在加工のための設備導入を検討しており、加えて、民間共同研究締結へ向けた作業に入っている。

2. これまでの成果と今年度の成果の見通し

①学術的アプローチ：これまでの成果として、低放射フェライト鋼（JLF-1）における変態超塑性後のナノ組織解析があげられる。JLF-1の変態超塑性は、本支援以前にその発現が認められていたが、本支援期間ではその変形前後のナノ組織を透過型電子顕微鏡により観察した。その結果、変形前（JLF-1製造後の母材）においては、過去の先行研究通り、 $M_{23}C_6$ 粒子(113nm程度)とそれよりも小さいサイズの M_x 粒子(29nm程度)がラス境界に認められた。その一方で変形後（熱サイクルと一定荷重を負荷し変態超塑性を示した変形領域）においては、 $M_{23}C_6$ 炭化物はほとんど見られず、若干の粗大化した M_x 粒子（42nm程度）が観察された。また変形後のラス境界には、スリップステップと呼ばれる変形帯が確認できた。

この変態超塑性中（熱サイクル中に凍結された組織であることを考慮すると、高温クリープ変形の連続とされる変態超塑性において、特に結晶粒内の異相（この場合はラス境界）で連続変形が起こったと考えられる。今年度は、この結果をもとにさらに解析を深め、来年度開催される核融合材料において最も規模が大きいといわれる核融合炉材料国際会議（ICFRM-20）に参加・発表を予定している。

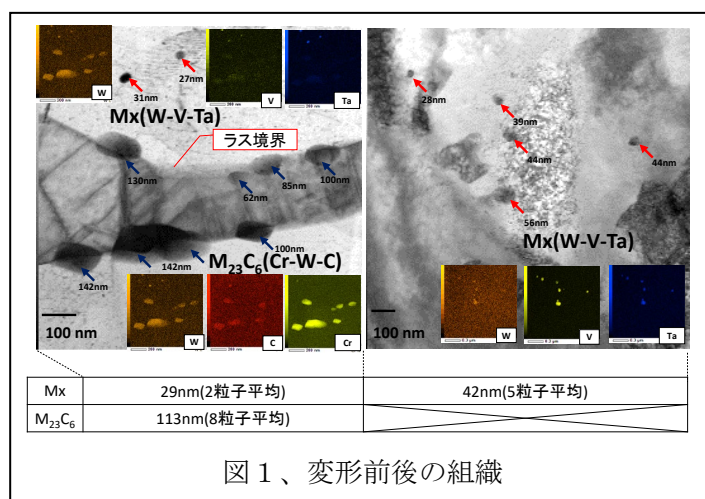


図1、変形前後の組織

②工学開発アプローチ：上記のような引っ張り試験による組織変化は、加工を行う上で重要な圧縮試験においても重要な知見となり、その加工研究を支える基礎的成果であると考えている。その変態超塑性を圧縮で行う革新的加工法は、この熱変動圧縮試験により行う計画を立案している。この圧縮試験を行う装置導入にあたり、予算規模と次期共同研究締結という点を考慮すると、「既存の試験炉をアップグレードする手法」が妥当であると判断した。具体的アップグレードとして、既存装置では不可能な熱変動下における圧縮試験を行うための特注治具を予定している。この内容はすでに当該企業と7月段階より打合せを進めてきており、その最終段階に入っている。そのため今年度中に小規模共同研究を締結し、装置導入を行ったのち、来年度以降には大きな規模の民間共同研究につなげる予定ための準備を整えている。



図2、熱変動試験のためのアップグレードを予定している試験炉

3. 予算の使用状況と予定

現在の段階では、予算使用には至っていない。ただし、上記のアップグレードとして、圧縮試験に耐えることのできる黒鉛治具を検討しており、当該企業技術者・営業担当と調整段階に入っており、今年度内における早い段階での執行を目標としている。

4. 次年度以降の展開の見通し

①学術的アプローチ：超塑性は一般的に微細粒超塑性と変態超塑性の2種類に分類することができる。これまでの先行研究で前者を圧縮に応用することにより、新材料創生を達成した研究がある一方で、後者はそのような事例は存在しなかった。これは応用段階の技術的な難しさが原因と考えられる。しかし、相変態により生じる高い内部応力と圧縮変形が同時に生じることによるこれまでにない極限環境は、新しい金属組織、そしてそこから生まれる革新的な金属材料の強化手法への展開に結び付くと期待しており、ユニット化後の重点テーマとして位置付けている。

②工学開発アプローチ：上記の導入装置を用いて、実践的な新加工法となり得るかの検討を行い、民間企業との大型共同研究への発展を目指す。

5. 外部資金獲得の実績または見通し

現在、最終調整に入っているが、上記の装置導入と同時に、今年度の早い段階で、小規模な民間共同研究を締結する予定である。また、この共同研究成果に基づいて、将来的（次年度以降）な大型民間共同研究への発展や産学連携に重点を置く大型競争的資金への発展を目指している。また、本装置は当該企業が使用する場合には、使用料として、外部資金獲得も検討している。