

産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 29 年度事後評価結果

1. 研究課題名：協調的粒界すべりのすべり群サイズの決定機構

(超塑性変形速度向上の指導原理) の解明

2. 研究代表者：佐藤 英一 (宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 教授)

3. 研究概要

本研究では超塑性変形速度向上の指導原理の創出を目指して、協調的粒界すべりとそれに関連する塑性緩和挙動の明確化についての研究がなされ、多くの新知見が得られた。

超塑性現象を歪速度感受性による3領域に分類し、それぞれの領域において変形挙動の微視的 direct observation がなされた。その結果、ODS 鋼での低歪速度領域の粒界すべりのしきい応力の存在、高歪速度領域でのコアマントルモデルの転位緩和と連続動的再結晶による歪緩和挙動、及びその中間領域での応力誘起による粒界スイッチング機構と変形誘起の動的粒成長などが実証された。これにより、これまでに提唱された局所的緩和モデルを検証し、かつ新しい知見を補完して、歪速度感受性を軸に超塑性変形が包括的に理解できるようになった。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果

本研究では、圧延後再結晶を起こさせた ODS モデル鋼を用いて二次元粒界すべりの直接観察を行い、歪速度感受性で分類される三つの塑性変形領域における材料変形挙動、組織変化を把握し、超塑性変形での局所的緩和機構について詳細な観察結果を得るとともに、過去に提唱された、いくつかの変形機構を明確に検証することができた。すなわち、歪速度の低い領域から、領域Ⅰ；粒界すべりのしきい応力、領域Ⅱ；拡散緩和の粒界スイッチング、応力誘起粒成長、境界領域；マントルの転位緩和、領域Ⅲ；粒内転位緩和と動的再結晶による変形歪緩和、などが把握でき、粒界すべり挙動に伴う組織変化や変形緩和挙動に関する多くの新知見を得ることができた。

研究後半では、実用の三次元結晶粒組織の Al-Mg-Mn 系合金を用いて、領域Ⅱの動的粒成長と領域Ⅲの動的再結晶の直接観察にも成功した。さらに、高歪速度域での動的再結晶挙動の成形への活用の可能性を示した点は、工学的な意義も大きい。これらの成果により、今後の金属材料の変形機構の解明と新しい変形制御の指導原理の創出への基礎が構築できたことは高く評価される。

研究推進に際しては、研究代表者のリーダーシップにより、JAXA と北海道大学の小さなグループではあるが、試験、観察、を有効に分担してなされたのに加え、理論的議論も効率的になされ、研究期間中に海外を含む論文発表など積極的な成果の発表につながった。

産学共創の場の積極的な活用についても評価したい。JST 主催の産学共創の場に加え、日本アルミニウム協会主催の検討会にも積極的に参加した。広く産業界の協力を得ながら研究を推進してきており、今後の課題も共有できている。研究開発のさらなる推進のためにも、産業界との共創関係を継続いただきたい。

4-2. 今後の研究に向けての期待

今回の研究期間では、二次元結晶粒組織及び実用に近い三次元結晶粒組織の材料で超塑性変形の微視的 direct observation をもって、歪速度感受性が異なる 3 領域について変形に伴う組織変化を明確に把握でき、今後の研究発展への基礎が構築できたことを高く評価する。しかしながら、本研究の延長線上には、協調的粒界すべりサイズの影響因子の解明や、熱処理等のプロセスの提案を含む粒界すべり群制御に関する指導原理の創出という大きな課題が存在する。

是非、今後の研究の継続をもって、下記に示す 2 つの課題に挑戦していただきたい。1 点目は、協調的粒界すべり群の制御による超塑性の高速化の指導原理の創出と提唱、2 点目は、実用的にも重要な、領域Ⅲよりさらに高い歪速度領域での高速成形限界の向上である。

4-3. 総合評価

総合評価 A

超塑性の変形メカニズムについては、過去に、その局所的緩和機構について様々なモデルが提唱されているが、変形後の観察からのメカニズム議論であった。今回の研究において、歪速度感受性により分類された超塑性 3 領域について、変形挙動の direct observation に成功し、既存のモデルの検証とそれを補う知見を得たことは、今後の金属材料の成形性向上とその制御の実現に向けての大きな成果である。実用的にも自動車部品、航空宇宙などの成形製品設計の自由度拡大に大きく貢献するものと高く評価される。加えて、論文、講演も積極的に発表されており、かつ、その内容が内外で評価されており、社会的な貢献度も大きい。

本研究で超塑性変形の理解を大きく進展させた研究成果が得られたことは高く評価できるが、さらに、今後の研究活動において、協調的粒界すべり群の制御による超塑性の高速化の指導原理の確立を是非実現いただきたい。そして、実用的にも重要な、高歪速度域での金属材料の成形限界の向上の原理構築についても、今後の研究継続とその成果を期待したい。その中で、必要な特許出願も積極的に行っていただきたい。

以上