

2020年度 独創的研究助成費 実績報告書

2021年3月29日

報告者	学科名	情報システム工	職名	准教授	氏名	福田 忠生
研究課題	射出成形合金の降伏応力推定法の精度向上					
研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	福田 忠生	情報システム工・准教授	材料加工・材料力学	研究全般・総括	
		荒木 圭佑	システム工学専攻・博士前期課程 2年次	材料力学	実験・組織観察	
	分担者					
研究実績の概要	<p>マグネシウム合金（以下、Mg合金）は降伏応力の結晶粒径依存性がアルミニウム合金に比べ高く、機械的特性の向上には結晶粒微細化が有効である。これまで、新たな改質源の添加方法として、Mg合金射出成形のプロセスにおいて、固体粉末改質源を添加する手法を提案し、カーボンブラック（以下、Cb）やシリコン粉末（以下、Si）を添加し機械的特性が向上したことを報告している。このとき、結晶粒径の微細化によって降伏強度が増加するという Hall-Petch の関係 ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2}$) について整理する際に、成形品の表面と内部とで結晶粒径に違いがあることから、表面の結晶粒径と曲げ降伏応力、内部の結晶粒径と引張降伏応力を関係づけて整理していた。しかし、本来は、1つの合金における特性であるので統一的に評価すべきである。そこで、Mg合金射出成形のプロセスにおいて、引張および曲げ試験結果に基づく逆解析により、表面および内部の降伏応力を推定することで、結晶粒径と降伏応力との関係を統一的に評価することを試みている。</p> <p>図1に引張、曲げ試験における降伏応力と粉末添加量との関係を示す。図中のデータプロットは本年度の試験結果より、各条件とも10本以上のデータとし、精度向上を図った。図より、降伏応力は粉末の総添加量の増加に伴って向上し、いずれの試験においてもCb0.23+Si0.49にて最大値であった。しかしながら、上述したように、本来、1つの合金における特性であるため、降伏応力が引張試験と曲げ試験において異なることは、材料特性を議論する際に誤解を招く。この原因は、引張試験が材料内部の特性が影響を強く与えるのに対して、曲げ試験においては材料表面の特性が影響を強く与えるためである。降伏応力の算定を式で表現すると、材料そのものに起因する項と材料組織に起因する項に分類できる。射出成形では、融解したマグネシウム合金は金型内に射出され、金型との接触によって冷却され凝固する。そのため、成形品表面の方が内部より冷却速度が速く、緻密な組織となる。この冷却速度の違いが、同一材料において試験方法によって降伏応力が変化する原因であった。</p>					

※ 次ページに続く

研究実績
の概要

そこで、成形品表面および内部の降伏強度をそれぞれ調査するため、表面と内部とで組織に起因する項を模擬した、降伏応力の異なる材料定数を与えた解析モデルを作成し、引張および曲げ試験を模擬した弾塑性解析を行った。解析結果より得られた見かけの材料特性と実験結果を用いて逆解析を行い、表面および内部の材料定数を推定した。こうして推定した材料定数を用い、表面のみ、内部のみの降伏強度を解析によって推定した。なお、材料の硬化は等方硬化則に沿うものと仮定した。図2に推定した降伏応力と結晶粒径との関係を示す。図より、結晶粒径への依存性を表す係数 k に着目すると、表面、内部共に文献値と同様の依存性を有していることがわかった。このことから今回の解析手法を用いる事で結晶粒径と降伏応力との関係を統一的に評価可能である。

上記の推定手法の妥当性を検証するために、研磨により作製した表面のみ（厚さ 300 μm ）および内部のみ（厚さ 1100 μm ）の試験片で引張試験を行い、実験値と解析値との比較を行った。図3に実験値と解析値との比較結果を示す。図より、表面、内部共に実験値と解析値は良い一致を示した。このことから本研究で用いた解析手法は、表面および内部の降伏応力の推定に有効であると考えられる。

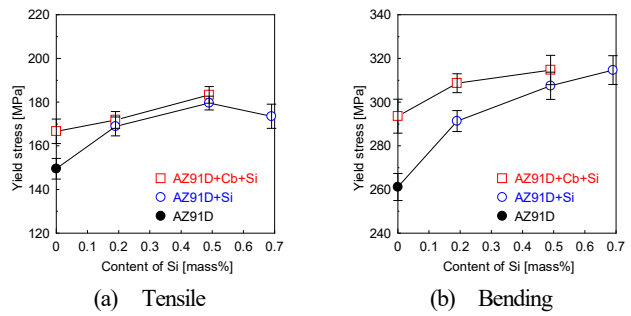


Fig. 1 Yield stress with respect to mass content of powder, under tensile or flexural load.

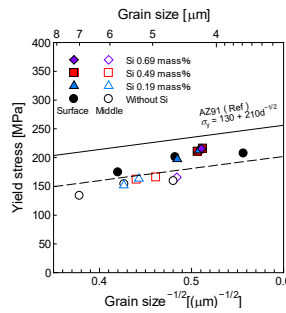


Fig. 2 Yield stress with respect to average grain size.

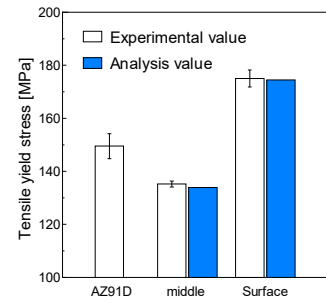


Fig. 3 Comparison of experiment value and analysis value.

成果資料目録

特になし