

2019年度 独創的研究助成費 実績報告書

2020年3月26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確立					
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	
	分担者	山添 照之	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	
		柴田 雄平	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	
		荒木 圭佑	システム工学専攻・博士前期課程 1年次	材料力学	実験・組織観察	
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た。</p>					

※ 次ページに続く

研究実績
の概要

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 $\text{Cb}0.23+\text{Si}0.49$ にて最大値を示している。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可能性が高い。これ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、曲げ試験は材料表面の特性が影響を強く与えるためである。そこで、成形品表面および内部の降伏強度を調査するため、表面と内部とで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と考えられる。

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 $300\ \mu\text{m}$ ）および内部のみ（厚さ $1100\ \mu\text{m}$ ）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。その結果、表面の値は解析値より低い値を示した。そこで、破面観察を行うと、表面の試験片には面積率約16%の湯じわ欠陥が存在していることが確認できたため、欠陥部の面積を除いた断面積で再度引張試験のデータ整理を行った。

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。

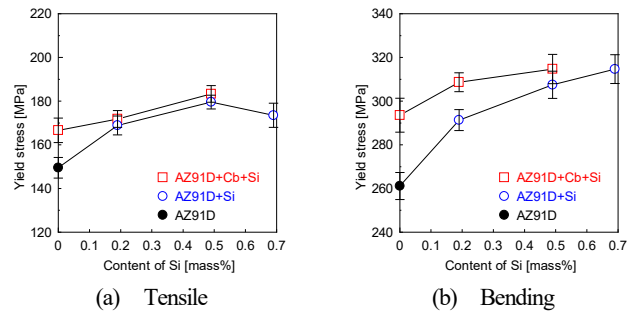


Fig. 1 Yield stress with respect to mass content of powder, under tensile or flexural load.

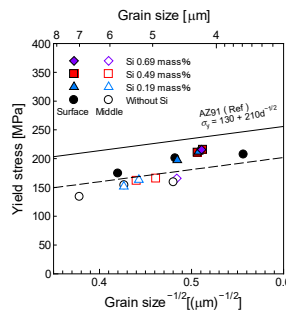


Fig. 2 Yield stress with respect to average grain size.

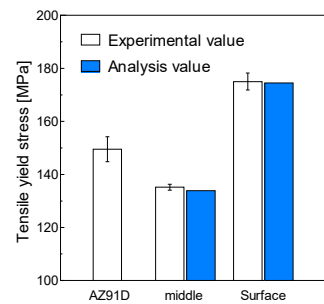


Fig. 3 Comparison of experiment value and analysis value.