

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	灘 裕 統
<p>主論文題目： 非晶性ポリマに対する結晶塑性論的分子鎖塑性モデル および大変形 FEM シミュレーション</p>			
<p>(内容の要旨)</p> <p>ポリマは構造材料として過酷な力学的環境においても使用されるようになっており、その大変形応答を正確に再現できる構成モデルが必要不可欠となっている。一方、近年材料科学を固体力学に取り込むことにより、ポリマの力学的特性を微視的な分子鎖挙動の立場から説明しようとする試みが行われている。その代表例である分子鎖網目理論は、分子鎖の配向状態を直接表現できないことに加え、降伏前の非線形粘弾性応答を再現できないなどの問題を有している。そこで本研究では、金属の結晶塑性論の体系に基づいて分子鎖塑性モデルを新たに提案するとともに、自由体積変化を考慮した確率論的非弾性応答則を採用して非晶性ポリマに対する大変形FEMシミュレーションを行い、ポリマに対する新たなマルチスケールモデルおよびマルチスケールシミュレーションスキームを構築することを試みる。</p> <p>第1章は緒言であり、本研究の背景、従来の問題点および本研究の目的について述べる。</p> <p>第2章では、分子鎖すべり系の概念を提案するとともに、分子鎖のキンク回転をポリマにおける塑性変形の素過程としてモデル化することで、金属の結晶塑性論に類似した方法によって分子鎖挙動を表現することが可能であることを示す。</p> <p>第3章では、結晶塑性論と同様に非弾性速度こう配を非弾性せん断ひずみ速度および分子鎖基底によって表し、塑性構成式を用いることなく非弾性変形速度および非弾性スピンを運動学的に決定できるようにする。さらに、各すべり系の分子鎖基底が独立に回転できるように分子鎖基底の発展式をモデル化することにより、分子鎖の配向方向を直接表現する。この点が、すべり系間の角度が固定されている金属の結晶塑性論と大きく異なる点である。</p> <p>第4章では、非弾性ひずみ速度および配向異方性変数を内部変数として全自由エネルギーの引数に導入し、各引数に共役な内力を定義する。次に、内部変数を陰に含んだ形で力学的釣合い方程式、エネルギー方程式およびエントロピー不等式を導出する。</p> <p>第5章では、Clausius-Duhemの不等式を満たすように変形誘起異方性の情報を有する弾性構成式を導出し、第3章で得た非弾性変形速度の運動学的関係式と統合することにより弾粘塑性構成式を導出する。さらに、ポリマ内部の非晶質状態を表現するために、多結晶体に対する拡張Taylorモデルを本モデルに適用し、分子鎖多絡み点モデルを構築する。その際、分子鎖配向に対する異方性強度を定義し、上述の配向異方性変数を具体化する。</p> <p>第6章では、希薄分子鎖領域である自由体積の変化という微視的情報に基づいて定式化された確率論的非弾性応答則を紹介し、これを本モデルの硬化則として採用すれば初期降伏前の非線形粘弾性応答ならびに降伏後のひずみ軟化を再現できることを示す。</p> <p>第7章では、上述のモデルを用いてPMMA(ポリメタクリル酸メチル)平板に対する大変形FEMシミュレーションを行い、非晶質状態の内部不均一性に起因するマイクロシアバンドの形成とその伝ばおよび分子鎖の配向状態を可視化する。また、分子鎖配向情報を有する本モデルを用いれば、分子鎖網目理論において採用されてきた背応力の構成式を用いることなく、くびれの伝ばに伴うポリマの再硬化現象を再現できることを示す。さらに、塑性変形誘起の異方性変数を弾性構成式に反映させた解析を行い、分子鎖配向が弾性係数に及ぼす影響についても検討する。</p> <p>第8章は結言であり、本研究によって得られた知見を要約する。 以上</p>			