

令和6年度 機械知能・航空実験II A班

ファイナ 6
熱可塑性高分子材料の
機械的特性の測定

東北大学 機械知能・航空工学科
ファイナメカニクスコース 高・松隈研究室

学籍番号 C2TB1505

千葉 匠

共同実験者 川口朋也，蔦森公亨，吉村悠太，張山 真歩

実験日 2024年1月8日

提出日 2024年1月15日

連絡先 chiba.takumi.s4@dc.tohoku.ac.jp

目次

1	目的	2
2	原理	2
2.1	結晶性熱可塑性高分子材料	2
2.2	球晶の形成過程	3
3	実験方法	4
3.1	熱プレス機	4
3.2	引張試験機	4
3.3	偏光顕微鏡	4
4	実験結果	4
5	考察	4

1 目的

高分子材料は長い分子鎖の集合体から構成される材料であり，材料の巨視的変形挙動は分子鎖の化学構造のみならず，分子鎖の絡合いや配列など，集合体としての高次構造にも強く依存する．そのため，一般的な金属材料とは異なり，応力ひずみ応答における降伏前の非線形粘弾性応答，降伏後のネッキング (局所的なくびれの発生および伝ば) を伴うひずみ軟化，ネッキング後の分子鎖配向を原因とするひずみ硬化など，複雑な力学挙動を示す．また，高分子材料は成形時の温度や圧力，流動によって異なる材料微細組織を形成し，力学応答も変化する．本実験では，異なる温度で成形された高分子材料に対して組織観察・引張試験を行い，微視的組織と力学特性の関係について理解を深める．

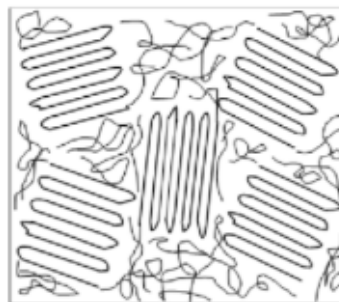
2 原理

2.1 結晶性熱可塑性高分子材料

熱すると溶けて冷却すると硬化する高分子材料は熱可塑性高分子材料と呼ばれる．熱可塑性高分子材料でも，硬化する際に分子鎖が秩序をもって配列するものがあり，このような材料は結晶性を有するといわれる．ただし，金属材料のような広範囲の規則正しい配列ではなく，図 1b のような分子鎖が折りたたまった構造となっている．この領域を高分子の結晶相とし，それ以外の不規則に分子鎖が絡まり合った領域は非晶相と呼ばれる．また，一部の結晶性高分子材料は図 2 のような結晶相と非晶相が積み重なり，核から放射状に成長することによって形成される球晶と呼ばれる微細組織を形成する．球晶の大きさはおおよそ数十 数百 μm 程度であり，偏光顕微鏡観察によって観察することができる (図 3)．



(a) Amorphous polymer



(b) Crystalline polymer

Fig.1: Amorphous and crystalline polymer materials.

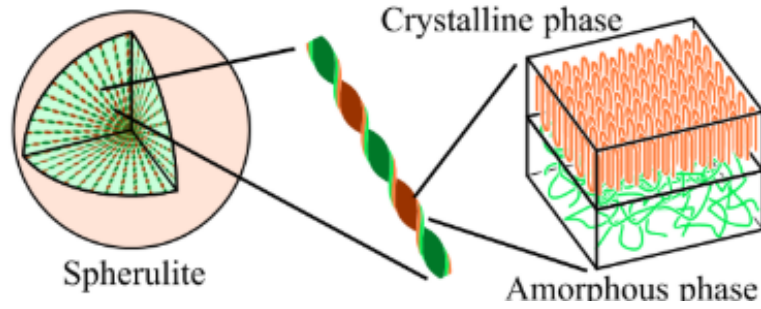


Fig.2: Hierarchical structure of spherulite.

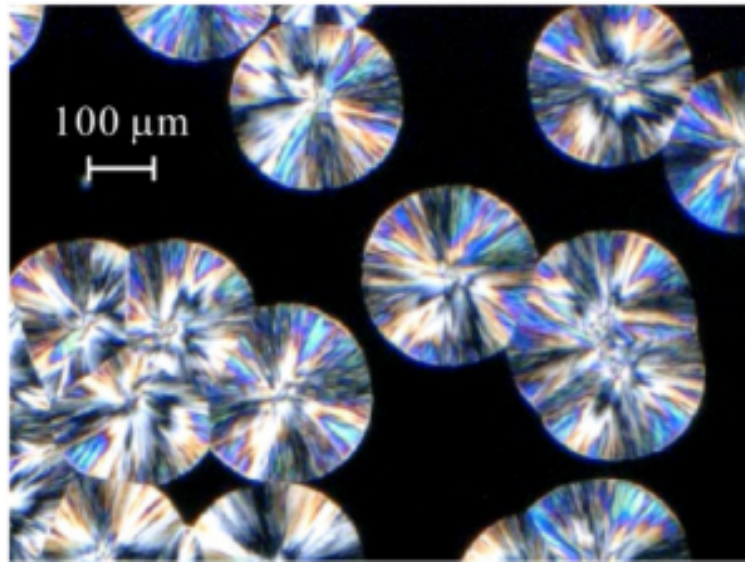


Fig.3: Spherocrystalline structure of polylactic acid.

2.2 球晶の形成過程

球晶が形成される際の核の形成速度 \dot{n} と球晶の成長速度 \dot{d} は次の式を用いてモデル化されている．ここで \dot{n}_0 はエネルギー障壁がないときの核形成速度， ΔE_1 は液相中の分子鎖が核になるまでの輸送にかかる運動エネルギー， R は Boltzmann 定数， T は絶対温度， K_1 は核形成因子パラメータ， T_m は完全結晶の融点 (平衡融点)， \dot{d}_0 はエネルギー障壁がないときの球晶成長速度， ΔE_2 は液相中の分子鎖が球晶に組み込まれるまでの輸送にかかる運動エネルギーおよび K_2 は球晶成長因子パラメータである．式 (1)，式 (2) および実験などから決定される適切なパラメータを用いれば，核形成速度および球晶成長速度が図 5 のように表される．核形成速度と球晶成長速度が温度によって異なるため，球晶の

数や大きさは成形温度に依存する.

$$\dot{n} = \dot{n}_0 \exp \left\{ -\frac{\Delta E_1}{RT} - \frac{K_1 T_m^2}{RT(T_m - T)^2} \right\} \quad (1)$$

$$\dot{d} = \dot{d}_0 \exp \left\{ -\frac{\Delta E_2}{RT} - \frac{K_2 T_m^2}{RT(T_m - T)^2} \right\} \quad (2)$$

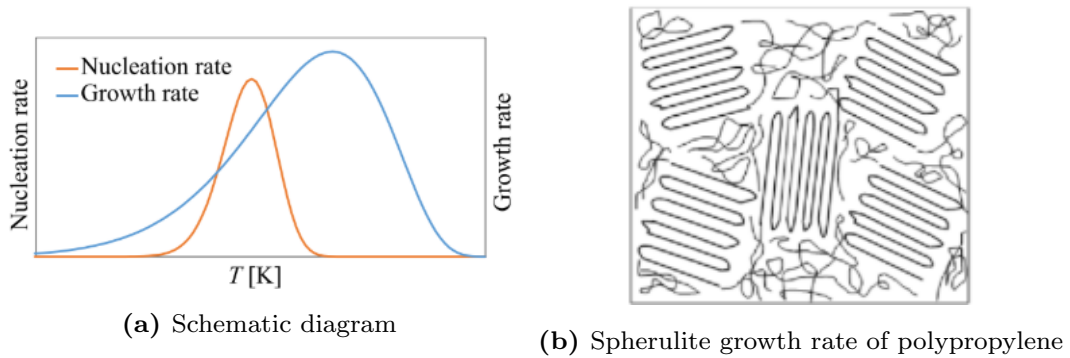


Fig.4: Nucleation rate and spherulite growth rate.

3 実験方法

3.1 熱プレス機

3.2 引張試験機

3.3 偏光顕微鏡

4 実験結果

5 考察

参考文献

[1]