

(信州大院・総合理工) ○竹田裕可 (信州大・IFES) 攪上將規

【緒言】分子量 100 万以上の超高分子量ポリエチレン (UHMW-PE) はエンジニアプラスチックの一種であり、耐摩耗性、耐薬品性、軽量などの優れた性質を持っている。一方で、UHMW-PE は溶融状態で多くの分子鎖絡み合いを形成するため溶融粘度が高くなり、成形性が乏しい。そのため、UHMW-PE 繊維は工業的にはゲル紡糸法で製造されている。有機溶媒中で絡み合いを解きほぐした状態で紡糸・延伸することで高配向化を可能とし、高強度、高弾性率を実現している。しかし、製造工程で溶媒を多く使用することで高い製造コストに繋がっている。そこで、有機溶媒を使用しない溶融紡糸・溶融延伸法に着目した。溶融紡糸法で直接的に繊維状に成形する場合、高い溶融粘度によりノズルにかかるずり応力が強く印加し繊維表面が凸凹になるメルトフラクチャー現象が起こる。そのため、溶融紡糸の段階で比較的直径の太い未延伸 (as-spun) 繊維を作製し、続く溶融延伸で結晶構造の発達や力学物性の向上を試みた。

【実験】試料として粘度平均分子量 240 万および 115 万の UHMW-PE 粉末を用いた。これらを小型混練機で溶融紡糸し as-spun 繊維を作製した。得られた as-spun 繊維を用いて 145~155℃の油槽中、ひずみ速度 1.5 /min の条件で溶融延伸を行った (DR=4)。作製した試料に対してデジタルマイクロスコプ (OM) 観察により繊維表面の観察、示差走査熱量 (DSC) 測定および広角X線回折 (WAXD) 測定により結晶構造の評価、引張試験により力学物性の測定を行った。

【結果と考察】溶融紡糸法を用いてメルトフラクチャー現象を抑制した平滑な as-spun 繊維を作製することができた。as-spun 繊維に対して溶融延伸を行うことで、細径化に成功した。Fig.1 に as-spun 繊維および異なる溶融延伸温度で得られた延伸繊維の応力-ひずみ曲線を示す。溶融延伸温度の低下とともに引張強度および引張弾性率の増加が見られた。DSC 測定を行ったところ、延伸繊維では三つの融解ピークが確認された。130℃付近のピークは折りたたみ鎖結晶 (FCC)、140℃付近および 150℃付近のピークは伸び切り鎖結晶 (ECC) に由来する。延伸温度 145℃で作製した延伸繊維が最も ECC が発達していた。Fig.2 に as-spun 繊維および延伸温度 145℃で作製した延伸繊維の WAXD 像を示す。as-spun 繊維の直方晶 (110) 反射はアーク状であった。一方、延伸繊維の (110) 反射は赤道線上にスポット状とアーク状の 2 成分で成り立っていた。また、延伸温度の低下とともに結晶が高配向化していた。これらの結果から、低い溶融延伸温度のとき分子鎖緩和の抑制が起こり ECC の発達および高配向化が実現され、力学物性の向上に寄与したと考えられる。異なる分子量で作製した繊維の比較を行ったところ、分子量の高い 240 万繊維の力学物性が優れていた。絡み合いが多く存在して延伸応力がかかりやすくなり、ECC が発達したためと考えられる。

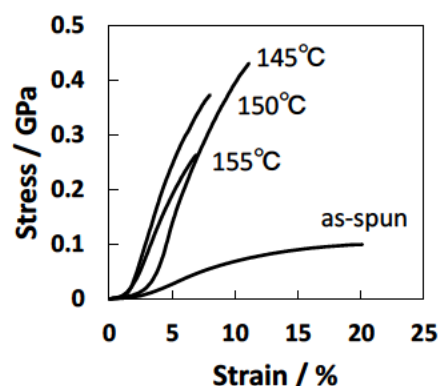


Fig.1 Stress-strain curves of as-spun fiber and melt-drawn fibers at different drawing temperatures ($M_v=2.40 \times 10^6$).

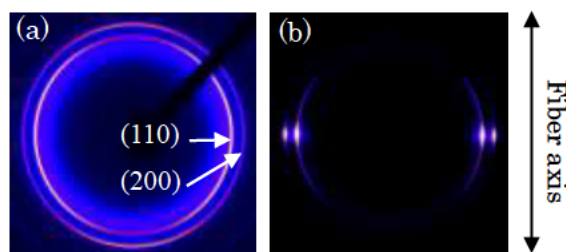


Fig.2 WAXD patterns of (a) as-spun fiber and (b) melt-drawn fiber of DR = 4 at 145°C ($M_v=2.40 \times 10^6$).

Melt Spinning and Melt Drawing of Ultra-High Molecular Weight Polyethylene with Different Molecular Weights, Yuuka TAKEDA¹ and Masaki KAKIAGE²: ¹Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, ²Institute for Fiber Engineering, Shinshu University (IFES), Interdisciplinary Cluster for Cutting Edge Research (ICCER), Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Japan, Tel & Fax : 0268-21-5485, E-mail: kakiage@shinshu-u.ac.jp