

(信州大院・総合理工) ○武井聖仁 (信州大・IFES) 攪上將規

【緒言】ポリエチレン(PE)は低比重で耐摩耗性や耐水性などに優れる。特に、分子量が100万以上の超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE)から得られる繊維は高強度・高弾性率を示し、船舶用ロープや釣り糸などに用いられている。この UHMW-PE 繊維はゲル紡糸法によって作製されるが、その際に UHMW-PE を多量の有機溶媒に溶解させ紡糸を行うため、環境への影響が懸念されている。そこで、有機溶媒を用いない熔融紡糸法に着目した。UHMW-PE は熔融状態で多くの絡み合いを持つことから粘度が高く十分な流動性が得られないため繊維化が不可能であるとされている。一方で、熔融成形可能な高密度ポリエチレン(HDPE)繊維は力学物性が低く用途が限られてくるため、その高強度化が課題となっている。本研究では、2種類の分子量を複合化させることで熔融成形性と高分子量性を持つ PE 繊維を作製し、高分子量性を利用した二次延伸による高強度化を試みた。

【実験】重量平均分子量10万のHDPE粉末に対して粘度平均分子量115万のUHMW-PE粉末を10~30wt%混合し、熔融紡糸により未延伸(as-spun)繊維を作製した。ノズル径は0.5mmとした。得られた as-spun 繊維に対して、100℃および130℃に設定した加熱チャンバー内に繊維を通すことで二次延伸を行った。繊維の巻き取りローラーの速度を固定し、送り出し側のローラーの速度を調整することで総延伸比を100とした。走査型電子顕微鏡(SEM)により繊維の形態観察、電界放出型走査型電子顕微鏡(FE-SEM)により延伸繊維の配向結晶の観察、広角X線回折(WAXD)測定により結晶状態の評価、引張試験により力学物性の測定を行った。

【結果】紡糸温度、混練速度、混練時間を最適化することで、熔融紡糸法により UHMW-PE 含有繊維の作製に成功した。しかし、UHMW-PE 含有量増加とともに熔融粘度が増加し、メルトフラクチャー現象が発現した。ノズルのテーパ角を118°から20°にすることでノズル部分にかかるずり応力が小さくなり、高 UHMW-PE 含有量においてもメルトフラクチャーの見られない均一なサンプルを得ることができた(Fig.1)。作製した as-spun 繊維に対して二次延伸を行った。UHMW-PE 含有量増加とともに引張強度、弾性率の増加が見られ、UHMW-PE30wt%、130℃延伸では引張強度1GPaを超える繊維が得られた。力学物性と結晶構造の関係を調べるために WAXD 測定を行った。直方晶(110)反射の方位角プロファイルより結晶配向度を算出したところ、UHMW-PE 含有量の増加とともに結晶配向度が増加し、UHMW-PE30wt%、130℃延伸繊維では96.8%と高い結晶配向が観察された。UHMW-PE の長い分子鎖を多く導入することにより延伸時に応力が伝達し、ラメラの配向が促進されたと考えられる。延伸繊維の結晶形態観察するために FE-SEM 観察を行った。130℃で延伸を行った UHMW-PE10wt%、UHMW-PE30wt%含有繊維の FE-SEM 写真を Fig.2 に示す。UHMW-PE 含有量増加によりラメラの配向が促進されているのが観察され、WAXD 測定の結果と関連づけることができた。

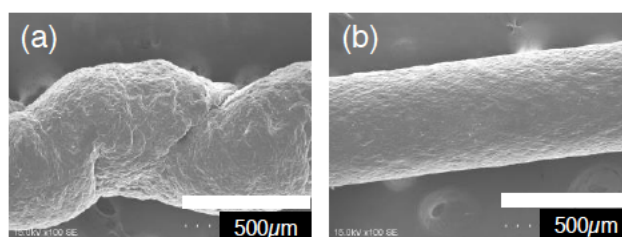


Fig.1 SEM images of as-spun fibers with 30wt% UHMW-PE using nozzle with taper angle of (a) 118° and (b) 20°.

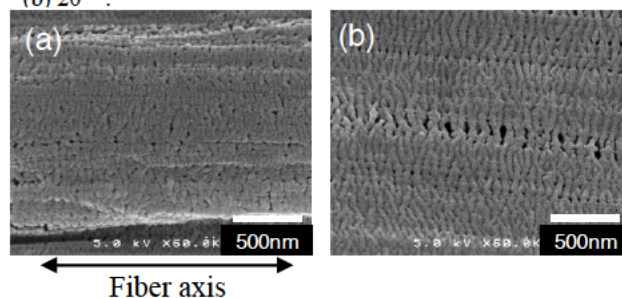


Fig.2 FE-SEM images of drawn fibers at 130°C with (a) 10wt% and (b) 30wt% UHMW-PE.