

USA SOMNUK : STUDIES OF CRYSTALLIZATION OF NATURAL FIBERS–
POLYPROPYLENE COMPOSITES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.
YUPAPORN RUKSAKULPIWAT, Ph.D 196 PP.

CRYSTALLIZATION/POLYPROPYLENE (PP)/INJECTION MOLDING/COMPOSITES
NATURAL FIBERS/NUCLEATION/SPHERULITES

In this research, polypropylene (PP) composites composed of natural fibers i.e., vetiver grass, rossells, and sisal were prepared using an injection molding machine. An alkalization treatment of vetiver grass was carried out to obtain alkali-treated vetiver grass. Thermal characteristics, chemical compositions, and surface morphology of the alkali-treated vetiver grass were examined. It was found that the alkali-treated vetiver grass exhibited higher thermal stability than untreated vetiver grass. The microstructure of injection-molded PP and PP composites showed a distinct skin layer due to shear-induced crystallization. The effect of vetiver size and vetiver content on rheological, thermal, and mechanical properties of the composites was elucidated. In addition, the effect of vetiver size and vetiver content on shear-induced crystallization layer was also examined. It was found that vetiver fiber-PP composites exhibited higher viscosity, tensile strength, and Young's modulus than vetiver powder-PP composites. On the other hand, normalized thickness of shear-induced crystallization layer of vetiver fiber-PP composites was lower than that of vetiver powder-PP composites. An increase in vetiver content led to an increase in viscosity, tensile strength, Young's modulus of PP composites. However, a decrease in normalized thickness of shear-induced crystallization layer was observed with increasing vetiver content.

In addition, the effect of types of natural fibers i.e., vetiver fiber, rossells, and sisal on shear-induced crystallization layer, rheological, thermal, and mechanical properties of

PP composites was also studied. It was observed that the viscosity of vetiver fiber-PP composite was higher than that of rossells-PP, and sisal-PP composites. Rossells-PP composite had higher Young's modulus and impact strength than those of PP composites from vetiver fiber and sisal. The normalized thickness of shear-induced crystallization layer of vetiver fiber-PP, rossells-PP, and sisal-PP composites showed insignificant differences. Additionally, Differential Scanning Calorimetry (DSC) curves of natural fiber-PP composites of the core region obviously showed more multiple and boarder peaks than those of the skin region. This indicated that several crystallographic forms could be taken place in the core region.

Furthermore, effect of processing conditions i.e., screw speed, injection speed, holding pressure, and mold temperature on shear-induced crystallization layer, degree of crystallinity, gapwise crystallinity distribution, and mechanical properties of vetiver fiber-PP composite were investigated. It was shown that injection speed and mold temperature affected the normalized thickness of shear-induced crystallization layer and degree of crystallinity of the composites. However, processing conditions had insignificant effect on the mechanical properties of vetiver fiber-PP composites. There was no distribution of the degree of crystallinity throughout the thickness direction of the PP composites.

Moreover, the effect of natural fibers on quiescent crystallization of PP composites was investigated. A decrease in equilibrium melting temperature (T_m^0), a decrease in half time of crystallization, and an increase in the rate of crystallization were observed in the PP composites compared to those of neat PP. The presence of natural fibers in the composites led to a decrease in Avrami exponent. Transcrystallization of PP could be observed on the fiber surface. Additionally, spherulitic growth rates of the PP composites were lower than that of neat PP. The spherulitic growth rates combined with the crystallization rates were used to calculate number of effective nuclei. It was found that the number of effective

nuclei of natural fiber-PP composites was higher than that of neat PP. This suggested that natural fibers could act as a nucleating agent in the composites.

School of Polymer Engineering

Academic Year 2007

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____

อุษา สมนึก : การศึกษาการตกผลึกของเส้นใยธรรมชาติ—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิต
(STUDIES OF CRYSTALLIZATION OF NATURAL FIBERS-
POLYPROPYLENE COMPOSITES) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยูพาพร
รักสกุลพิวัฒน์, 196 หน้า.

ในงานวิจัยนี้ พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตจากเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ หญ้าแฝก ปอแก้ว และป่าน
สรนารายณ์เตรียมโดยกระบวนการฉีดขึ้นรูป หญ้าแฝกที่ปรับปรุงโดยอัลคาไลน์ได้มาโดยวิธีอัลคาไลน์เซ-
ชัน จากการตรวจสอบสมบัติทางความร้อน องค์ประกอบทางเคมี และโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของ
พื้นผิวของหญ้าแฝกชนิดที่ปรับปรุงโดยอัลคาไลน์ พบว่าหญ้าแฝกที่ปรับปรุงโดยอัลคาไลน์มีความเสถียร
ทางความร้อนสูงกว่าหญ้าแฝกที่ไม่ได้ปรับปรุงโดยอัลคาไลน์ ลักษณะโครงสร้างเชิงจุลภาคของพอลิ
โพรพิลีนและพอลิโพรพิลีนคอมพอสิตที่ขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดแสดงให้เห็นลักษณะผิว อันเนื่องมา
จากการตกผลึกภายใต้แรงเฉือนอย่างชัดเจน นอกจากนี้ได้ศึกษาผลของขนาดและปริมาณของหญ้าแฝกต่อ
สมบัติทางกระแสวิทยา สมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต รวมทั้งได้ศึกษาผลของ
ขนาดและปริมาณของหญ้าแฝกต่อการตกผลึกภายใต้แรงเฉือนของคอมพอสิต จากผลการทดลองพบว่า
เส้นใยหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตมีความหนืด ความแข็งแรงต่อการดึง และค่ามอดูลัสของยัง
สูงกว่าผงหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิต ในทางตรงกันข้าม ค่าชั้นความหนาที่เกิดจากการตกผลึก
ภายใต้แรงเฉือนของเส้นใยหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิต มีค่าน้อยกว่าค่าชั้นความหนาที่เกิดจาก
การตกผลึกภายใต้แรงเฉือนของผงหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิต การเพิ่มปริมาณหญ้าแฝกในคอม
พอสิตจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความหนืด ค่าความแข็งแรงต่อการดึง และค่ามอดูลัสของยัง อย่างไรก็ตาม
ตามการลดลงของค่าชั้นความหนาที่เกิดจากการตกผลึกภายใต้แรงเฉือนจะสังเกตเห็นได้เมื่อปริมาณหญ้า
แฝกเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของชนิดเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยหญ้าแฝก ปอแก้ว และป่าน
สรนารายณ์ต่อค่าชั้นความหนาที่เกิดจากการตกผลึกภายใต้แรงเฉือน สมบัติทางกระแสวิทยา สมบัติทาง
ความร้อน และสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต พบว่าความหนืดของเส้นใยหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอม
พอสิตมีค่าสูงกว่าความหนืดของปอแก้ว—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิต และป่านสรนารายณ์—พอลิโพรพิ
ลีนคอมพอสิต ส่วนปอแก้ว—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตมีค่ามอดูลัสของยังและค่าความแข็งแรงต่อแรง
กระแทกสูงกว่าคอมพอสิตที่เตรียมจากเส้นใยหญ้าแฝกและป่านสรนารายณ์ ค่าชั้นความหนาที่เกิดจาก
การตกผลึกภายใต้แรงเฉือนของเส้นใยหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิต ปอแก้ว—พอลิโพรพิลีนคอม
พอสิต และป่านสรนารายณ์—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ นอก
จากนั้น เส้นกราฟที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีดิฟเฟอเรนซ์ฮีต สแกนนิ่ง แคลอริเมตรี หรือ ดีเอสซี
(Differential Scanning Calorimetry : DSC) ของเส้นใยธรรมชาติ—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตบริเวณ
แกนกลาง แสดงให้เห็นว่า มีจำนวนพิกที่มากกว่าและลักษณะกว้างกว่าพิกในบริเวณผิวอย่างชัดเจน สิ่งนี้
ชี้ให้เห็นว่ามีผลึกหลากหลายรูปแบบเกิดขึ้นในบริเวณแกนกลาง

ยิ่งไปกว่านั้น จากการศึกษาผลของสภาวะในการขึ้นรูป ได้แก่ ความเร็วของสกรู ความเร็วในการฉีด ความดันย่ำ และอุณหภูมิแม่พิมพ์ต่อค่าขึ้นความหนาที่เกิดจากการตกผลึกภายใต้แรงเฉือน ปริมาณผลึก การกระจายตัวของปริมาณผลึกตามความหนา และสมบัติเชิงกลของเส้นใยหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอม-พอสิต แสดงให้เห็นว่าความเร็วในการฉีดและอุณหภูมิของแม่พิมพ์มีผลกระทบต่อค่าขึ้นความหนาที่เกิดจากการตกผลึกภายใต้แรงเฉือน และปริมาณผลึก อย่างไรก็ตาม สภาวะในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของเส้นใยหญ้าแฝก—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ จากการศึกษาผลของเส้นใยธรรมชาติต่อการตกผลึกในสภาวะที่ปราศจากแรงเฉือน พบว่าในพอลิโพรพิลีนคอมพอสิตมีการลดลงของอุณหภูมิการหลอมเหลวที่สภาวะสมดุล (T_m^0) การลดลงของค่าครึ่งเวลาของการตกผลึก และการเพิ่มขึ้นของอัตราการตกผลึกเมื่อเทียบกับพอลิโพรพิลีน การเติมเส้นใยธรรมชาติลงในคอมพอสิตนำไปสู่ การลดลงของค่ายกกำลังของแอฟรามี่ การตกผลึกแบบทรานคริสตัลไลเซชันของพอลิโพรพิลีนสามารถสังเกตเห็นได้บนพื้นผิวของเส้นใยธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้น อัตราการเติบโตของผลึกของคอมพอสิตมีค่าต่ำกว่าของพอลิโพรพิลีน อัตราการเติบโตของผลึกรวมกับอัตราการตกผลึกนำมาใช้ในการคำนวณหาจำนวนนิวคลีโอที่มีประสิทธิภาพ พบว่าจำนวนนิวคลีโอที่มีประสิทธิภาพของเส้นใยธรรมชาติ—พอลิโพรพิลีนคอมพอสิตมีค่าสูงกว่าของพอลิโพรพิลีน สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยธรรมชาติสามารถทำหน้าที่เป็นตัวก่อเกิดนิวคลีโอสำหรับการตกผลึกในคอมพอสิตได้

สาขาวิชา วิศวกรรมพอลิเมอร์

ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____