บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

การทดลองใช้พลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศเพื่อปรับสภาพพื้นผิวของกระจกสไลด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของเงื่อนไขในการปรับสภาพพื้นผิว คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิว และระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ในการปรับสภาพพื้นผิวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ และการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของกระจกสไลด์ภายหลังการปรับสภาพพื้นผิว พร้อมทั้งศึกษาผลของระยะเวลาต่าง ๆ หลังการปรับสภาพพื้นผิวภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุด ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ ซึ่งมีผลดังนี้

อภิปรายผล

ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวด้วยพลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศที่มีผลต่อมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์

การทดลองนี้เป็นการหาผลของเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวที่มีผลต่อมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ โดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมา Atmospheric Cold Plasma Jet ผลิตและพัฒนาโดยศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของลำอนุภาคและพลาสมา (Research Center in Particle Beam and Plasma Physics หรือ PBPP) ของศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ศูนย์ ThEP) เป็นเครื่องมือหลักในการศึกษา ใช้แก๊สอาร์กอนบริสุทธิ์ 99.99% เป็นแก๊สพลาสมา ทดลองโดยใช้อัตราการไหลของแก๊สอาร์กอน 5 Lit/min ความต่างศักย์ 8 kV กระแสไฟฟ้า 500 mA กำหนดระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ 5 mm ทำการทดลองโดยใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวที่ต่างกัน คือ 30 s, 60 s, 90 s, 120 s และ 150 s ตามลำดับ ทำการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ตำแหน่งที่ไม่ปรับ และปรับสภาพพื้นผิว จากนั้นนำตัวอย่างกระจกสไลด์ที่ปรับสภาพพื้นผิวไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง AFM ซึ่งได้ผลดังนี้

มุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวมีค่าอยู่ในช่วง 24.33°-38.05° ซึ่งเป็นค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำกับพื้นผิวกระจกทั่วไป (พรนภา สุจริตวรกุล, 2548) จากการทดลองพบว่า หลังจากการปรับสภาพพื้นผิวโดยใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวต่าง ๆ

มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าลดลงอย่างมากมีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.00°-6.30° โดยเมื่อใช้เวลาในการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้นทำให้มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ลดลง

โดยทั่วไปแล้วผิวของของเหลวตรงบริเวณที่สัมผัสผิวภาชนะมีลักษณะโค้ง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การโค้งของผิวของเหลว (Meniscus Effect) ซึ่งเกิดจากแรงระหว่างโมเลกุล (Intermolecular Force) สองชนิด คือ แรงเชื่อมแน่น (Cohesive Force) ซึ่งเป็นแรงระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกัน และแรงยึดติด (Adhesive Force) ซึ่งเป็นแรงระหว่างโมเลกุลต่างชนิดกัน มุมระหว่างผิวของเหลวกับผิวของแข็ง ณ จุดสัมผัส เรียกว่า มุมสัมผัส (Contact Angle) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0°-180° โดยมุมสัมผัสมีค่าระหว่าง 0°-90° คือ พื้นผิวมีความชอบน้ำ หรือเรียกว่า ไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ของเหลวจะกระจายไปบนผิวได้เป็นบริเวณกว้าง แต่ก็ยังคงเกาะกันเป็นหยดนูนขึ้นเล็กน้อยจากผิวของของแข็ง เนื่องจากแรงยึดติดมีค่ามากกว่าแรงเชื่อมแน่น และเมื่อมุมสัมผัสมีค่า 0° จะแสดงให้เห็นถึง พื้นผิวมีความชอบน้ำยิ่งยวด (Super hydrophilic) ซึ่งเกิดจากแรงยึดติดมีค่ามากกว่าแรงเชื่อมแน่นมาก ๆ เมื่อของเหลวถูกหยดลงบนผิว ของเหลวจะกระจายไปตามผิวของของแข็งจนกลายเป็นชั้นของของเหลวบาง ๆ คลุมพื้นผิวของของแข็งเป็นบริเวณกว้างที่สุด

จากผลการทดลองปรับสภาพพื้นผิวกระจกสไลด์ด้วยพลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศ แสดงให้เห็นว่าหลังการปรับสภาพพื้นผิวทำให้มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าลดลงอย่างมาก ทำให้พื้นผิวกระจกสไลด์มีคุณสมบัติชอบน้ำมากขึ้น โดยเวลาในการปรับสภาพพื้นผิว 120 s ทำให้เกิดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ 0.00° ซึ่งเป็นเวลาเริ่มต้นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มากที่สุด ทำให้พื้นผิวกระจกสไลด์เกิดสภาพชอบน้ำยิ่งยวด

เมื่อนำกระจกสไลด์ที่ปรับสภาพพื้นผิวโดยใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวต่าง ๆ ไปศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง AFM โดยใช้พื้นที่ในการวิเคราะห์เท่ากับ 10x10 μm จะพบว่าความหยาบผิว (Roughness average) ของพื้นผิวกระจกสไลด์มีค่าลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงของความหยาบผิวอาจเกิดจากอันตรกิริยาของกลุ่มอนุภาคที่มีประจุ และพลังงานภายในพลาสมาต่อพื้นผิวของกระจกสไลด์ที่มากขึ้นเมื่อใช้เวลาปรับสภาพพื้นผิวมากขึ้น ทำให้เกิดการกัดกร่อน หรือการทำความสะอาดพื้นผิวบริเวณพื้นผิวของกระจกสไลด์

ผลการศึกษาระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวด้วยพลาสมาเจ็ทที่มีผลต่อมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์

การทดลองนี้เป็นการหาผลของระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์โดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมา Atmospheric Cold Plasma Jet ผลิต และพัฒนาโดยศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของลำอนุภาคและพลาสมาของศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ เป็นเครื่องมือหลักในการศึกษา ใช้แก๊สอาร์กอนบริสุทธิ์ 99.99% เป็นแก๊สพลาสมา ทดลองโดยใช้อัตราการไหลของแก๊สอาร์กอน 5 Lit/min ความต่างศักย์ 8 kV กระแสไฟฟ้า 500 mA กำหนดระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิว 120 s ซึ่งเป็นระยะเวลาเริ่มต้นที่มีผลทำให้มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มากที่สุด โดยทำให้พื้นผิวของกระจกสไลด์เกิดสภาพชอบน้ำยิ่งยวด ทำการทดลองโดยใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ต่าง ๆ คือ 5 mm, 10 mm และ 15 mm ตามลำดับ ทำการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ตำแหน่งที่ไม่ปรับ และปรับสภาพพื้นผิว จากนั้นนำกระจกสไลด์ที่ปรับสภาพพื้นผิวไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง AFM ซึ่งได้ผลดังนี้

จากผลการทดลองพบว่า มุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น โดยระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ 5 mm เป็นระยะห่างเริ่มต้นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มากที่สุด โดยทำให้พื้นผิวกระจกสไลด์เกิดสภาพชอบน้ำยิ่งยวด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kim et al. (2003) ที่ได้ปรับสภาพชอบน้ำของพื้นผิวสแตนเลสด้วยพลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศจากแก๊สพบว่า ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับวัสดุ 5 mm ทำให้มุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวสแตนเลสหลังปรับสภาพมีค่าน้อยลงอย่างมากเมื่อเทียบกับก่อนปรับสภาพ

เมื่อนำกระจกสไลด์ที่ปรับสภาพพื้นผิวที่ใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ต่าง ๆ ไปศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง AFM โดยใช้พื้นที่ในการวิเคราะห์เท่ากับ 10x10 μm จะพบว่าความหยาบผิวของพื้นผิวกระจกสไลด์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์เพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความหยาบผิวอาจเกิดจากอันตรกิริยาของกลุ่มอนุภาคที่มีประจุ และพลังงานภายในพลาสมาต่อพื้นผิวของกระจกสไลด์ที่ลดลงเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์มากขึ้น ทำให้เกิดการกัดกร่อน หรือการทำความสะอาดพื้นผิวบริเวณพื้นผิวของกระจกสไลด์น้อยลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการศึกษาระยะเวลาต่าง ๆ หลังการปรับสภาพพื้นผิวด้วยพลาสมาเจ็ทภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์

จากการศึกษาผลของเงื่อนไขการปรับสภาพพื้นผิวด้วยพลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศที่มีต่อมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิว 120 s และระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ 5 mm เป็นเงื่อนไขการทดลองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มากที่สุด ทำให้พื้นผิวกระจกสไลด์เกิดสภาพชอบน้ำยิ่งยวด ผู้วิจัยได้นำเงื่อนไขในการปรับสภาพพื้นผิวดังกล่าวมาใช้ปรับสภาพพื้นผิวของกระจกสไลด์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาต่าง ๆ หลังการปรับสภาพพื้นผิวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ ทำการทดลองโดยวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังการปรับสภาพพื้นผิวภายใต้อุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์ 64% ซึ่งเป็นสภาวะของคลังสินค้าในเขตร้อนชื้นทั่วไป ได้ผลการทดลองดังนี้

จากการทดลองพบว่า มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาหลังจากการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น โดยระยะเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังการปรับสภาพพื้นผิว มุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 0.00° เป็น 21.30° และหลังจากนั้นจนถึง 60 ชั่วโมง มุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 21.30° เป็น 24.35° ซึ่งมีแนวโน้มคงที่ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Kim,Yang, Boo, and Han (2003) ที่ทำการปรับสภาพผิวและลักษณะเฉพาะของพื้นผิวโลหะชนิด Al, SUS และ Cu ด้วยพลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศ กล่าวว่า มุมสัมผัสระหว่างหยดน้ำกับผิวโลหะจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง หลังการปรับสภาพพื้นผิว แสดงให้เห็นระยะเวลาในการรักษาสภาพชอบน้ำของสแตนเลสซึ่งจะมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานด้านอุตสาหกรรม

สรุปผลการทดลอง

1. การปรับสภาพพื้นผิวของกระจกสไลด์โดยใช้พลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศ มีผลทำให้พื้นผิวของกระจกสไลด์มีคุณสมบัติชอบน้ำมากขึ้น จากการทดลองพบว่า มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาในการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น และมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์เพิ่มขึ้น โดยเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพ 120 s และระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์ 5 mm เป็นเงื่อนไขในการปรับสภาพพื้นผิวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มากที่สุด ทำให้พื้นผิวของกระจกสไลด์เกิดสภาพชอบน้ำยิ่งยวด

2. ลักษณะสัณฐานวิทยาของพื้นผิวกระจกสไลด์จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AFM พบว่า ความหยาบผิวของพื้นผิวกระจกสไลด์มีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาในการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น และความหยาบผิวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดเจ็ทกับกระจกสไลด์เพิ่มขึ้น

3. เมื่อใช้เงื่อนไขในการปรับสภาพพื้นผิวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มากที่สุด ที่ทำให้พื้นผิวของกระจกสไลด์เกิดสภาพชอบน้ำยิ่งยวด เพื่อปรับสภาพพื้นผิวกระจกสไลด์ แล้วศึกษาระยะเวลาต่าง ๆ หลังการปรับสภาพพื้นผิวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์ พบว่า มุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกสไลด์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาหลังจากการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งเวลา 24 ชั่วโมง หลังการปรับสภาพพื้นผิวมุมสัมผัสเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้นค่ามุมสัมผัสมีแนวโน้มคงที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University