

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ วิจัยขนาดเล็ก เรื่องยางพารา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (สัญญาเลขที่ RDG 5150033)

โดย นาย อนุชา วัฒนากา และคณะ

22 ธันวาคม 2552

สัญญาเลขที่ RDG 5150033

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ วิจัยขนาดเล็ก เรื่องยางพารา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (สัญญาเลขที่ RDG 5150033)

คณะผู้วิจัย	สังกัด
นายอนุชา วัฒนาภา	สาขาเทคโนโลยีโลหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
นายสุทธิพงษ์ โสภา	ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. วิศิษฐ์ศรี วิยะรัตน์	ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
นายปรีดี ปิ่นประดับ	นักศึกษา
นายนราธิป ระวังสุข	นักศึกษา

ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ : ยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเคลือบผิวด้วยรองรับน้ำยางด้วย PTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง

(ภาษาอังกฤษ) Coating Latex Tumbler with PTFE to Decrease Latex Attachment

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล

นาย อนุชา วัฒนภา

หน่วยงาน

สาขาวิชาเทคโนโลยีโลहार

ที่อยู่

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ เลขที่ 2

ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร จังหวัดกรุงเทพฯ

10120

โทรศัพท์/โทรสาร

085-9195253/02-2879650

E-mail address

watanapa@gmail.com

นักศึกษา / ผู้ร่วมวิจัย

นายปรีดี ปิ่นประดับ, นายนราธิ ระวังสุข, /

นายสุทธิพงษ์ โสภา, ดร. วิศิษฐ์ศรี วิยะรัตน์

ระยะเวลาดำเนินงาน

9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 กรกฎาคม 2551 ถึงวันที่ 14 เมษายน

2552

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมยางไทยในปัจจุบันได้แก่ การผลิตยางพารา โดยในขั้นตอนการผลิตน้ำยาง เกษตรกรจะกรีดยางและใช้ถ้วยกะลารองรับน้ำยาง แต่ปัญหาที่พบคือน้ำยางเกาะติดที่ผิวถ้วยรองรับน้ำยางเป็นจำนวนมากทำให้เกิดการสูญเสียน้ำยาง ส่งผลให้เกษตรกรรายย่อยขาดรายได้ จากการศึกษาข้างต้น พบว่าถ้วยกะลารองรับน้ำยางจะมีน้ำยางเกาะติดมากที่สุด แต่ถ้วยรองรับน้ำยางแบบพลาสติก และ เซรามิกส์ จะมีน้ำยางเกาะติดน้อยกว่าถ้วยรองรับน้ำยางแบบกะลา เนื่องจาก วัสดุมีโครงสร้างผิวที่เรียบ ลื่น ทำให้มีพื้นที่ผิวในการยึดเกาะได้น้อย อย่างไรก็ตามถ้าใช้ถ้วยพลาสติกรองน้ำยางเป็นเวลานาน จะทำให้พลาสติกกรอบและแตกหักได้ง่าย ดังนั้นแนวโน้มต่อไปจะศึกษาหาวัสดุที่มีโครงสร้างที่มีผิวเรียบ ความลื่นสูง มีความคงทน และมีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่มีขั้ว (non polar) หรือ สารที่มีประจุเป็นลบ เพราะไม่ยึดเกาะกับน้ำยาง เนื่องจากน้ำยางมีประจุเป็นลบ ในงานวิจัยนี้มีความสนใจเลือกใช้ โพลีเตตระฟลูออโรเอทิลีน (PTFE) โดยมีความสนใจนำ PTFE ชนิด Ceraflour 996 (Commercial grade) มาพ่นเคลือบผิวของถ้วยกะลา เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้น ระหว่าง PTFE Commercial grade ชนิด Ceraflour 996 และ Ceraflour 980 พบว่าถ้วยรองรับน้ำยางสดที่เคลือบด้วย PTFE ชนิด Ceraflour 996 จะให้การเกาะติดของน้ำยางน้อยกว่าการเคลือบด้วย PTFE ชนิด Ceraflour 980

(ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ PTFE จากโรงงาน) ดังนั้นในงานวิจัยจะนำ PTFE ชนิด Ceraflour 996 มาพ่นเคลือบ ซึ่งจะสามารถปรับปรุงสภาพผิววัสดุ และมีแนวโน้มในการนำมาใช้เป็นถ้วยรองรับน้ำยางที่มีคุณภาพดีในด้านการช่วยลดการเกาะติดของน้ำยาง

วัตถุประสงค์

ศึกษาการเคลือบผิวถ้วยรองรับน้ำยางด้วย PTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง

ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานวิจัย และได้ทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลตามขอบเขตและแผนการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบผิวถ้วยรองรับน้ำยางด้วย PTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยได้ดังนี้

สภาวะปัจจัยที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบซึ่งสามารถทำการพ่นเคลือบเทฟลอนเคลือบผิวถ้วยรองรับน้ำยางที่เป็นเซรามิก คือ สภาพผิวด้วยเซรามิกที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric แล้วทำการอบอุณหภูมิ 200 °C เป็นระยะเวลาอบ 5 นาที และนำมาทำการพ่นเคลือบด้วยมือ แล้วทำการอบเคลือบเทฟลอนที่อุณหภูมิ 200°C เป็นระยะเวลา 6 นาที ซึ่งจะทำให้ถ้วยเซรามิกนั้นถูกเคลือบด้วยเทฟลอนส่งผลให้ผิวด้วยเซรามิกนั้นมีความเรียบเฉลี่ย 0.766 μm และมีความหนาของผิวเคลือบเฉลี่ย 46.8 μm เนื่องจากเกิดการหลอมละลายเคลือบของผลึกเทฟลอนที่พ่นเคลือบลงบนผิวด้วยเซรามิก จากลักษณะของถ้วยเซรามิกที่ผ่านการพ่นเคลือบด้วยเทฟลอนนั้นจึงส่งผลให้ผิวถ้วยมีคุณสมบัติที่เรียบลื่นมากยิ่งขึ้น และเมื่อนำไปใช้ในการรองรับน้ำยางพาราดิบจึงสามารถช่วยลดการเกาะติดของน้ำยางได้ โดยที่ปริมาณน้ำยางที่ติดด้วยเซรามิกที่ไม่ได้ทำการพ่นเคลือบเทฟลอนนั้นมีปริมาณการเกาะติดของน้ำยางอยู่ที่ 8.228 กรัมต่อถ้วย ส่วนถ้วยเซรามิกที่ทำการพ่นเคลือบเทฟลอนนั้นมีปริมาณการเกาะติดของน้ำยางอยู่ที่ 2.611 กรัมต่อถ้วยซึ่งปริมาณการเกาะติดของน้ำยางน้อยกว่า

อัตราการสึกหรอของผิวเคลือบเทฟลอนจากข้อมูลสภาพการใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน จากการวิเคราะห์จากค่าความหนาของผิวเคลือบเทฟลอน โดยที่ความหนาของผิวเคลือบก่อนการใช้งานมีความหนาอยู่ที่ 46.8 μm และเมื่อผ่านการใช้งานในสภาพการใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน พบว่ามีอัตราการสึกหรอของผิวเคลือบเทฟลอน 72% เป็นผลเนื่องจากลักษณะใบปาดน้ำยางพาราทำจากวัสดุคือยางสังเคราะห์ซึ่งมีความแข็งในตัวของตัวเอง และลักษณะการใช้งานนั้นจะต้องมีการออกแรงเพื่อขูดที่ถ้วยรองรับน้ำยาง เพื่อให้ถ้วยที่ถ้วยหลุดออกให้หมด

ในส่วนของต้นทุนในการพ่นเคลือบเทฟลอนลงบนผิวด้วยเซรามิกซึ่งคิดต้นทุนเฉพาะจากราคาเทฟลอนจะเสียค่าใช้จ่ายในการพ่นเคลือบประมาณ 1 บาทต่อถ้วย

สรุปผลวิจัย

จากการศึกษาวิจัยพบว่าด้วยรองรับน้ำยางชนิดด้วยเซรามิกที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric นั้นมีความเหมาะสมต่อการพ่นเคลือบเทปล่อนมากที่สุด โดยได้พ่นเคลือบเทปล่อนด้วยวิธีอบร้อน ด้วย ซึ่งใช้อุณหภูมิอบร้อนด้วยที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นระยะเวลาอบ 5 นาที และนำมาทำการพ่นเคลือบด้วยมือ แล้วทำการอบเคลือบเทปล่อนที่อุณหภูมิ 200°C เป็นระยะเวลา 6 นาที ทำให้ด้วยเซรามิกนั้นถูกเคลือบด้วยเทปล่อนส่งผลให้ผิวด้วยเซรามิกนั้นมีความเรียบเฉลี่ย 0.766 μm และมีความหนาของผิวเคลือบเฉลี่ย 46.8 μm และเมื่อผ่านการใช้งานในสภาพการใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน พบว่ามีอัตราการสึกหรอของของผิวเคลือบเทปล่อน 72% เป็นผลเนื่องจากลักษณะใบปาดน้ำยางพาราทำจากวัสดุคืออย่างสังเคราะห์ซึ่งมีความแข็งในตัวของตัวเอง และลักษณะการใช้งานนั้นจะต้องมีการออกแรงเพื่อขูดที่ด้วยรองรับน้ำยาง เพื่อให้ น้ำยางที่ด้วยหลุดออกให้หมด ในส่วนของต้นทุนในการพ่นเคลือบเทปล่อนลงบนผิวด้วยเซรามิกซึ่งคิดต้นทุนเฉพาะจากราคาเทปล่อนจะเสียค่าใช้จ่ายในการพ่นเคลือบประมาณ 1 บาทต่อด้วย

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะควรวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

เพื่อให้ได้ข้อมูลสถานะปัจจัยที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงควรใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการพ่นเคลือบให้เหมาะกับวิธีการ ซึ่งจะทำให้สามารถทำการศึกษาสถานะปัจจัยต่างๆในการพ่นเคลือบด้วยเซรามิก ได้อย่างถูกต้อง

เพื่อให้ได้ค่าความเรียบของด้วยเซรามิกหลังการพ่นเคลือบที่มากขึ้นควรเตรียมสภาพผิวด้วยเซรามิกให้มีความเรียบ เนื่องจากความเรียบก่อนการพ่นเคลือบเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความเรียบของด้วยเซรามิกหลังการพ่นเคลือบ

ในการพ่นเคลือบหากสามารถควบคุมความหนาของผิวเคลือบเทปล่อนได้ จะช่วยให้สามารถเพิ่มอัตราการสึกหรอให้ยาวนานขึ้นส่งผลให้ด้วยเซรามิกมีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนานขึ้นด้วย

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

สามารถนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการภายในประเทศ หรือ ตีพิมพ์ผลงานในวารสารภายในประเทศ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบผิวด้วยร่องรับน้ำยางด้วย PTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง โดยได้ศึกษาชนิดและสภาพผิวด้วยร่องรับน้ำยางที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบเทปลอน จากการศึกษาวิจัยพบว่าด้วยร่องรับน้ำยางชนิดด้วยเซรามิกที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric นั้นมีความเหมาะสมต่อการพ่นเคลือบเทปลอนมากที่สุด โดยได้พ่นเคลือบเทปลอนด้วยวิธีอบร้อนด้วย ซึ่งใช้อุณหภูมิอบร้อนด้วยที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นระยะเวลาอบ 5 นาที และนำมาทำการพ่นเคลือบด้วยมือ แล้วทำการอบเคลือบเทปลอนที่อุณหภูมิอบ 200°C เป็นระยะเวลา 6 นาที ทำให้ด้วยเซรามิกนั้นถูกเคลือบด้วยเทปลอนส่งผลให้ผิวด้วยเซรามิกนั้นมีความเรียบเฉลี่ย 0.766 μm และมีความหนาของผิวเคลือบเฉลี่ย 46.8 μm และทำให้ผิวด้วยมีคุณสมบัติที่เรียบลื่น เมื่อผ่านการใช้งานในสภาพการใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน พบว่ามีอัตราการสึกหรอของของผิวเคลือบเทปลอน 72% เป็นผลเนื่องจากลักษณะใบปาดน้ำยางพาราทำจากวัสดุคือยางสังเคราะห์ซึ่งมีความแข็งในตัวของตัวเอง และลักษณะการใช้งานนั้นจะต้องมีการออกแรงเพื่อขูดที่ด้วยร่องรับน้ำยาง เพื่อให้ให้น้ำยางที่ถ้วยหลุดออกให้หมด ในส่วนของต้นทุนในการพ่นเคลือบเทปลอนลงบนผิวด้วยเซรามิกซึ่งคิดต้นทุนเฉพาะจากราคาเทปลอนจะเสียค่าใช้จ่ายในการพ่นเคลือบประมาณ 1 บาทต่อถ้วย

Abstract

The objective in this research is to study the surface coating of latex cup for reducing the latex deposition. The experiment is to study the type and the surface of latex cups which is suitable for PTFE coating. The ceramic cup which was selected for etching by hydrofluoric acid, showed the good characters to spray PTFE coating. The optimum condition is to warm the cup at 200 °C for 5 minutes. Then manually sprays PTFE coating, bake the cup at 200 °C for 6 minutes. The ceramic cup then showed the smooth average surface at 0.766 μm , and thickness average at 46.8 μm . PTFE coating surface of ceramic cups provided the smooth property. PTFE coating surface of ceramic cups has been used in rubber gardens for 30 days which was worn 72 % of PTFE surface coating. The reason for this result is to use the hardness material to sweep and scrape off the latex at ceramic cup. The investment cost of PTFE coating at the surface of ceramic cup is based on the price of PTFE.

การเคลือบผิวถ้วยรองรับน้ำยางด้วยPTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง (Coating Latex Tumbler with PTFE to Decrease Latex Attachment)

1. ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติรายใหญ่ของโลก และมีพื้นที่สำหรับปลูกยางทั่วประเทศถึง 12.3 ล้านไร่ นอกจากนั้นประเทศไทยส่งออกยางธรรมชาติเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยทำรายได้เข้าประเทศ นับแสนล้านบาท เช่น ปี 2544 (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2003) ยาง ผลิตภัณฑ์ยาง และผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารา ทำรายได้จากการส่งออกให้กับประเทศ คิดเป็น มูลค่าทั้งสิ้น 135,280 ล้านบาท (สถาบันวิจัยยางพารา, 2005) จึงกล่าวได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญกับอุตสาหกรรมในประเทศไทย อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมยางไทยในปัจจุบันได้แก่ การผลิตยางพาราทำโดยเกษตรกรรายย่อย ทำให้มีปัญหาด้านผลิภาพการผลิต (ผลผลิตน้ำยางต่ำ) โดยในขั้นตอนการผลิตน้ำยาง เกษตรกรส่วนมากจะกรีดยางและใช้ถ้วยรองรับน้ำยาง แต่ปัญหาที่พบคือ มีน้ำยางเกาะติดที่ผิวถ้วยรองรับน้ำยาง ทำให้เกิดการสูญเสียยาง ส่งผลให้เกษตรกรรายย่อยขาดรายได้ รวมทั้งกระทบกับปริมาณการส่งออกยาง (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2003)

จากการศึกษาข้างต้น พบว่าอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการรองรับน้ำยางคือนั้นทำจากวัสดุหลักๆ 3 ชนิด คือ ถ้วยกะลา ถ้วยพลาสติก และถ้วยเซรามิก ซึ่งถ้วยรองรับน้ำยางที่เป็นกลา นั้นจะทำให้มีน้ำยางเกาะติดมากที่สุด ส่วนถ้วยรองรับน้ำยางที่มีผิวเรียบที่เป็นพลาสติก และ เซรามิก จะมีน้ำยางเกาะติดน้อยกว่าถ้วยรองรับน้ำยางแบบกะลา เนื่องจากวัสดุมีโครงสร้างผิวที่เรียบ ลื่น ทำให้มีพื้นที่ผิวในการยึดเกาะได้น้อย อย่างไรก็ตามถ้าใช้ถ้วยพลาสติกรองรับน้ำยางเป็นเวลานาน จะทำให้พลาสติกกรอบและแตกหักได้ง่าย ขณะที่ถ้วยเซรามิกจะมีราคาแพง ดังนั้นจากผลการศึกษาข้างต้น จึงสรุปได้ว่าแนวโน้มต่อไปของการทดลองที่จะทำการแก้ไขปัญหการเกาะติดของน้ำยาง คือต้องศึกษาหาวัสดุที่มีโครงสร้างที่มีผิวเรียบ ความลื่นสูง มีความคงทน และมีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่มีขั้ว (non polar) หรือ สารที่มีประจุเป็นลบ เพราะจะได้ไม่ยึดเกาะกับน้ำยาง เนื่องจากน้ำยางมีประจุเป็นลบ ในงานวิจัยนี้มีความสนใจ โพลีเตตระฟลูออโรเอทิลีน (PTFE) เนื่องจากมีคุณสมบัติตามที่กล่าวมาข้างต้น โดยจะนำ PTFE ชนิด Ceraflour 996 (Commercial grade) มาพ่นเคลือบผิวด้านในของถ้วยรองรับน้ำยางที่ทำจากกะลา เซรามิก และพลาสติก เพื่อช่วยให้มีสภาพผิววัสดุเคลือบที่ดี เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้น ระหว่าง PTFE Commercial grade ชนิด Ceraflour 996 และ Ceraflour 980 พบว่าถ้วยรองรับน้ำยางสดที่เคลือบด้วย PTFE ชนิด

Ceraflour 966 จะให้การเกาะติดของน้ำยางน้อยกว่าการเคลือบด้วย PTFE ชนิด Ceraflour 980 (ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ PTFE จากโรงงาน) ดังนั้นคาดว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีแนวโน้มในการนำมาใช้เป็นถ้วยรองรับน้ำยางที่มีคุณภาพดี ในด้านลดการเกาะติดของน้ำยาง ซึ่งจะทำให้เป็นองค์ความรู้ที่สามารถถ่ายทอดไปสู่เกษตรกรรายย่อยได้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง รวมทั้งสามารถนำไปใช้เป็นกรณีศึกษากับภาชนะรองรับน้ำยางแบบอื่นๆได้ นอกจากนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดการสูญเสียยางในขั้นตอนการเก็บน้ำยางมีปริมาณจำกัดทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังนั้นผลการศึกษาดังกล่าวจะนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นอันจะนำไปสู่การพัฒนาการใช้ภาชนะรองรับน้ำยางในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางในประเทศต่อไป

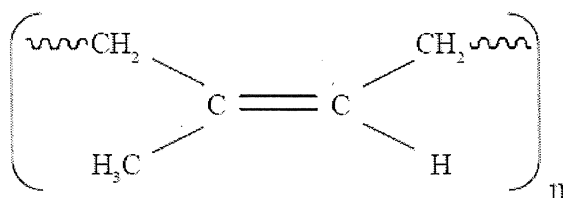
2. วัตถุประสงค์

ศึกษาการเคลือบผิวถ้วยรองรับน้ำยางด้วย PTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง

3. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

3.1 โครงสร้าง และ คุณสมบัติ ของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยหน่วยย่อยชนิดเดียวที่ซ้ำๆกัน (Repeating unit) เป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 1 มีสมบัติที่สำคัญ คือความยืดหยุ่น โครงสร้างทางเคมีของหน่วยย่อยของยางธรรมชาติประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม C_5H_8 มีชื่อทางเคมีว่าไอโซพรีน (isoprene) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะ เรียงตัวกันในแบบ cis-configuration เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น cis-1,4 - Polyisoprene มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 (กรมวิชาการเกษตร, 2007)



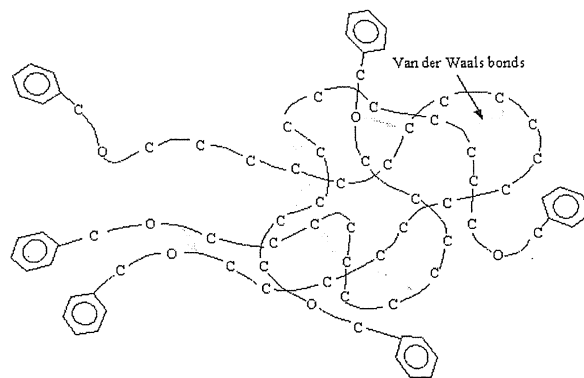
รูปที่ 1 แสดงลักษณะโมเลกุลของ cis-1,4 - Polyisoprene

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม โดยมีอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจาย อยู่ในตัวกลางที่เรียกว่าเซรัม (Serum) อนุภาคยางมีรูปร่างกลม หรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05- 5 ไมครอน ความหนาแน่น 0.975 - 0.980 กรัม/ม³ มีความเป็นกรด - ด่างประมาณ 6.5 - 7.0 โดยองค์ประกอบของน้ำยางสดนั้นประกอบด้วย สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content, TSC) ร้อยละ 36 เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) ร้อยละ 33 สารกลุ่มโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 1 - 1.5 สารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1 เถ้า สูงถึง ร้อยละ 1 และน้ำ ประมาณร้อยละ 64

3.2 โครงสร้างและสมบัติของโพลิเมอร์

3.2.1 การจัดเรียงสายโซ่โมเลกุลของเทอร์โมพลาสติก

เทอร์โมพลาสติกทั่วไปมีพันธะโควาเลนต์เป็นแรงที่ยึดอะตอมภายในโมเลกุลเข้าด้วยกัน สายโซ่โมเลกุลที่ยาวขด และเกี่ยวพัน (entanglement) กับโมเลกุลข้างเคียง และยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) ซึ่งเป็นแรงอ่อนๆ ระหว่างโมเลกุล ดังรูปที่ 2 เมื่อเทอร์โมพลาสติกได้รับความร้อน แรง หรือ เกิดความเครียด แรงระหว่างโมเลกุลจะถูกทำลายลง ทำให้สายโซ่โมเลกุลสามารถหมุนและเลื่อนไหลผ่านกันได้ ซึ่งการหมุนและเลื่อนไหลผ่านกันของโมเลกุลขึ้นกับโครงสร้างโมเลกุลของโพลิเมอร์และอุณหภูมิ อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์



รูปที่ 2 แสดงโมเลกุลของโพลิเมอร์ที่ยึดด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์กับการเกี่ยวพันกันของสายโซ่

(Materials Science and Engineering Department at the University of Arizona, 1998)

3.2.2 Polytetramethylfluoroethylene (PTFE)

PTFE หรือ Teflon ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกโดย R.J Plunkett ที่ du Pont Jackson Laboratory ซึ่งเป็นการค้นพบโดยบังเอิญ จากการที่ Plunkett ทำการวิจัยเกี่ยวกับสารทำความเย็น และทำการทดลองด้วย tetramethylfluoroethylene (TFE) ซึ่งพบว่าไม่มีอะไรเกิดขึ้น จึงได้ตัด

ของ electronegativity และ electropositivity มีความสมดุลกัน ทำให้ PTFE เป็นโมเลกุลที่ nonpolar, PTFE มี melting point ประมาณ 335°C และมีความหนาแน่น 2.13-2.19 gram/cc

ด้วยคุณสมบัติต่างๆของ PTFE ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายด้าน คือ

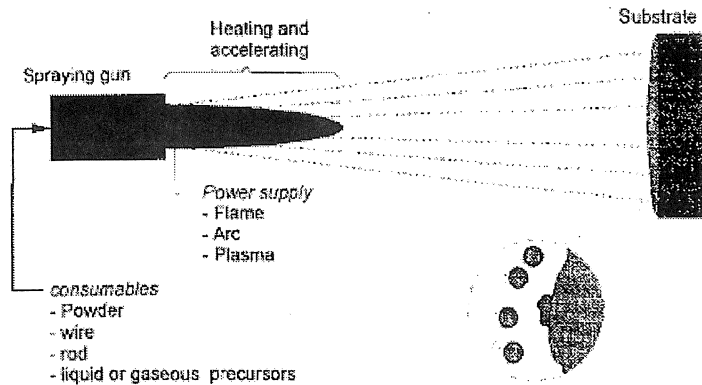
1. ประโยชน์ทั่วไป สามารถใช้ทำ non-stick cooking pans ซึ่งเมื่อนำสารนี้เคลือบที่ผิวกระทะจะทำให้อาหารไม่ติดกระทะหรือใช้ทำอุปกรณ์อื่นๆที่ต้องการความลื่น ใช้ในการทำไฟฟรมหรือผ้า เรียบดิ่ง
2. ด้านไฟฟ้า ทำฉนวนหุ้มสายไฟ เทปพันสายไฟ ทำ optical lenses และ films ทำลวดที่สามารถทนความร้อนได้สูงสำหรับ computer ทำปลั๊ก
3. ด้านการแพทย์ สามารถใช้ทำอวัยวะเทียม

3.3 การพ่นเคลือบแบบเปลวเพลิง (flame spray coating)

การพ่นเคลือบแบบเปลวเพลิง เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน (Thermal Spray Technology) ซึ่งรวมถึงการพ่นเคลือบด้วยเปลวพลาสมา (Plasma Spray Coating) การพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงเป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายถูกที่สุด และมีความซับซ้อนน้อยที่สุดในบรรดาเทคนิคการพ่นเคลือบทั้งหลาย ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้เทคนิคดังกล่าวอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปรับปรุงคุณสมบัติผิวของชิ้นส่วนวัสดุ เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่าเดิม (ทิพพรรณ สุคประเสริฐ, 2538) (Bach., F.D. and Duda., T., 1998)

3.3.1 หลักการและขั้นตอนในการพ่นเคลือบ

การพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อนเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนแก่วัสดุที่ต้องการพ่นเคลือบบนผิวชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 5 วัสดุสำหรับพ่นอาจเป็นโลหะ โพลีเมอร์ โลหะผสม เซรามิก แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้ในการพ่นเคลือบอาจได้จากการสันดาปของก๊าซ อาร์คไฟฟ้า หรือเปลวพลาสมา อนุภาคของวัสดุจะถูกผ่านความร้อนและจะถูกพัดพาไปตกบนผิวชิ้นงานที่ต้องการเคลือบ ขณะที่อนุภาควัสดุเคลื่อนที่ผ่านเปลวความร้อนจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเกิดการหลอมละลาย ในบางกรณีอนุภาคนี้อาจจะหลอมละลายเพียงบางส่วน หรือไม่หลอมละลายเลย อนุภาควัสดุจะถูกขับเคลื่อนให้มีความเร็วสูงพุ่งไปกระทบบนผิวชิ้นงานอย่างต่อเนื่องและกลายเป็นผิวเคลือบในที่สุด ลักษณะของอนุภาคที่หลอมเหลวเมื่อตกกระทบบนผิวชิ้นงาน ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากอนุภาคไปสู่ผิวชิ้นงาน การแข็งตัวจะเกิดขึ้นในส่วนที่ติดกับผิวชิ้นงาน ก่อนส่วนอื่น อนุภาคเหลวที่เหลือจะไหลออกมาด้านข้าง พร้อมทั้งเกิดการแข็งตัวขึ้นที่ขอบ



รูปที่ 5 แสดงกระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง
(ทิพวรรณ สุคประเสริฐ, 2538)

ในปัจจุบันมีการเคลือบชิ้นงานด้วยโพลิเมอร์มีการนำมาใช้กันมากขึ้น เช่น PTFE และ PEEK (Polyether Ether Ketone) ได้กลายเป็นโพลิเมอร์ที่น่าสนใจและมีการใช้ในอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีเสถียรภาพความร้อนที่ดี (thermal stability) มีสมบัติทางเคมีที่ดี เช่น มีความต้านทานต่อ hydrolysis ที่สูง flammability ต่ำ และมี toxic gas emission ที่ต่ำ ดร.ทิพวรรณ ปะละไทย และคณะ, 2546-2547)

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jone S.และคณะ (Jones S. T.A. Stolarski, and S. Tobe., 2004) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการลื่นไถลในสารเคลือบผิวที่ใช้สารประกอบโลหะผสมกับ PTFE ในรูปแบบของการศึกษานั้นได้ออกแบบให้มีการใช้แรงกดที่ผิวสัมผัสโดยวิธี Pin on Dish โดยทำการเคลือบผิวด้วย PTFE ที่ Pin และทำการเคลือบผิว Dish 2 ชนิดคือ Copper – Aluminum และ Molybdenum จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเคลือบผิวที่ใช้ Copper – Aluminum จะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมากกว่า การเคลือบผิวที่ใช้ Molybdenum และรูปแบบการเคลือบผิวแบบจุดจะเป็นรูปแบบการเคลือบผิวที่มีค่าที่สึกหรอ นอกจากนั้นพบว่า PTFE จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการลื่นไถล

Yamane M. และคณะ (Wei-hong Li, 2006) ได้ทำการศึกษา อิทธิพลของ Counter Material ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพแรงเสียดทานและการสึกหรอของผิวเคลือบสารประกอบโลหะและสารเคลือบ PTFE โดยทำการทดลองโดยใช้สารเคลือบ 2 ชนิดคือ Al – bronze และ Molybdenum ทำการเคลือบผิวเหล็กโดยกรรมวิธี Atmospheric plasma spray มีรูปแบบการเคลือบ 3 รูปแบบ การทดสอบการสึกหรอจะใช้วิธี Pin on Disc โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิห้องในบรรยากาศที่แห้ง และใช้แรงกดคงที่ 10 MPa และมีค่าเฉลี่ยความเร็วในแนวเส้นตรง 0.036 เมตร/

นาที่ จากการทดลองสรุปได้ว่าสารเคลือบ Metal Binary Coating ที่เป็น Al – bronze จะมีประสิทธิภาพดีกว่า Molybdenum ในด้านการต้านการสึกหรอและแรงเสียดทาน

Sachin Borkar และคณะ (Sachin Borkar, 2006) ได้มีการศึกษาถึงวิธีการสร้างเส้นใย PTFE ขนาด nano/micro โดยวิธีใช้ jet-blowing โดยใช้วิธีการ High Pressure Gases โดยมีการให้ความร้อนกับ PTFE เพื่อให้หลอมละลายแล้วใช้แรงดันของแก๊ส Nitrogen และ Argon ดันผ่านหัวฉีดที่มีขนาดเล็กทำให้เกิดเส้นใย โดยทำการพ่นลงบนพื้นผิววัสดุต่างชนิดกัน ในปี 2005 Dhanaajay S.Bodas และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาการตกตะกอนของ PTFE ฟิล์มแบบบางโดยกรรมวิธี Radio Frequency plasma sputtering บนพื้นผิวซิลิกอนโดยใช้วิธีการเคลือบผิวโดยมีการใช้การสะท้อนกระจกที่เป็นซิลิกอนโดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันตั้งแต่ 100-200 วัตต์ ระยะเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนอยู่ที่ 60 นาที sputtering film ทำมุม 50 องศา

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2008) ได้อธิบายว่า การที่สาร PTFE มีความลื่น และเนื่องต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นนั้น มีสาเหตุจากโครงสร้างโมเลกุลของตัวสารเอง สารเทฟลอนมีสูตรโมเลกุล $[-CF_2-CF_2-]_n$ ที่ประกอบด้วยพันธะของคาร์บอน-คาร์บอน (C-C) และพันธะของคาร์บอน-ฟลูออรีน (C-F) ซึ่งพันธะระหว่างอะตอมทั้งสองชนิดเป็นพันธะเดี่ยว (single bond) ที่มีความแข็งแรงมาก การสลายพันธะจะต้องใช้พลังงานปริมาณมาก และเนื่องจากโมเลกุลของสารเทฟลอนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (nonpolar) จึงทำให้สารเทฟลอนเนื่องต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารอื่น นอกจากนี้สมบัติความลื่นของสารเทฟลอน ก็เกิดเนื่องจากแรงที่กระทำบริเวณ ผิวโมเลกุล (interfacial forces) ของสารเทฟลอนและโมเลกุลของสารอื่นมีน้อย ดังนั้นสารเทฟลอนจึงแสดงสมบัติความลื่น

Li W.H. และ คณะ (Li ., W. H. Zhou., X.Y. and Yan., M.J, 2006) ทำการศึกษา Ni- PTFE composition coating โดยในการทดลองจะทำการเตรียม Ni- PTFE composition coating โดยวิธี brush electroplate และทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง S-2700 SEM และ Sirian 200 Field Emission จากการศึกษาพบว่า PTFE particle จะเกิดการกระจายตัวอย่างไม่เป็นรูปแบบระหว่าง Ni Matrix รูปร่าง และยังพบว่า เมื่อเพิ่ม PTFE จะทำให้เพิ่มความหนาแน่นของ Ni Coating ลดการตกตะกอนและช่วยเพิ่มอายุการใช้งาน

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัย

1. ถ้วยรองรับน้ำยาง (เซรามิก กะลา พลาสติก และถ้วยดิน)
2. กระดาษทรายเบอร์ 180
3. Hydrofluoric acid
4. Methanol
5. เตาอบอุณหภูมิสูงแบบขดลวด
6. ผงเทปลอน Ceraflour 996 (Commercial grade)
7. ปืนลมพ่นผงเทปลอน
8. ปืนลม
9. เครื่องกลึงหัวจับสี่ฟันอิสระ
10. ชุดจับยึดปืนลมพ่นผงเทปลอน
11. เครื่องชั่งน้ำหนัก
12. เครื่องวัดความเรียบผิว
13. เครื่อง SEM
14. Optical Microscopy

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย และจัดเตรียมอุปกรณ์

ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

4.2.2 ออกแบบการทดลอง

ทำการออกแบบวิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ผล ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การวิจัย

4.2.3 ดำเนินการทดลอง

ทำการดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบ เก็บข้อมูลและรวบรวมผลการทดลองเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์

4.2.3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย และจัดเตรียมอุปกรณ์

ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

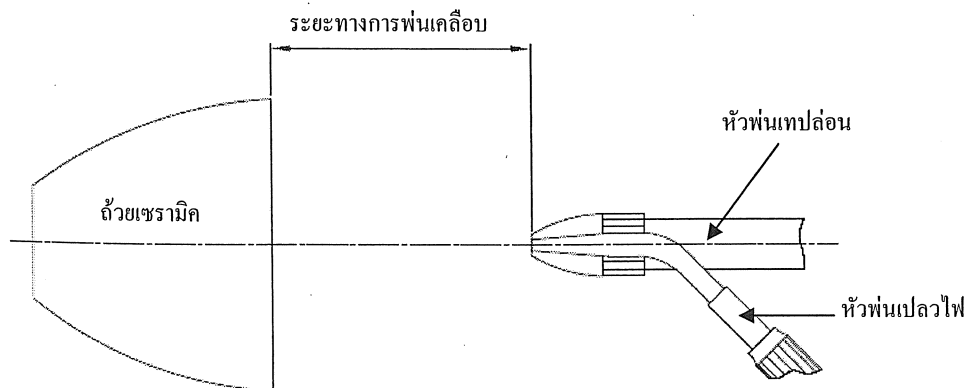
4.2.3.2 ออกแบบการทดลอง

จากแนวทางในการดำเนินงานวิจัยเพื่อการศึกษาตัวแปรต่างๆในการทดลอง ได้แก่ ระยะทาง เวลา รอบ มุม และ อุณหภูมิ ที่ใช้ในการพ่น ลักษณะพื้นผิวของถ้วยก่อนเคลือบ ปริมาณ PTFE ที่ใช้ ความหนาของชั้นเคลือบ และลักษณะพื้นผิวของชั้นเคลือบ โดยได้ทำการออกแบบการวิธีการและขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆดังนี้

วิธีการและขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรระยะทาง เวลา และ มุม ที่ใช้ในการพ่นเคลือบเทปลอน ด้วยวิธีการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง

การทดลองเพื่อการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพ่นเคลือบ เป็นการศึกษาหาสถานะของตัวแปรที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ ตามขอบเขตและแผนการของการทดลองที่ได้กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งชุดอุปกรณ์พ่นเคลือบบนเครื่องกลึง
2. จัดผิวถ้วยเซรามิคด้านในด้วยกระดาษทราย ทำความสะอาดและเป่าลมให้แห้ง
3. จับยึดถ้วยรองรับน้ำยางเซรามิคเข้ากับหัวจับบนเครื่องกลึง
4. ทำการพ่นเคลือบเทปลอนเข้าไปที่ถ้วยเซรามิค โดยทำการพ่นเคลือบในลักษณะต่างๆตามรูปแบบตารางการทดลอง (ตารางที่ 3.1)
6. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการดำเนินการทดลองตามแผนทดลองโดยพิจารณาจากลักษณะการเกาะติดของเทปลอนจากการพ่นเคลือบ และความหนาของเทปลอนจากการพ่นเคลือบด้วยสายตา



รูปที่ 6 แสดงภาพตัวอย่างการวัดตำแหน่งระยะการพ่นเคลือบ

ตารางที่ 4.1 แผนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพ่นเคลือบด้วยวิธีการพ่นเคลือบ
ด้วยเปลวเพลิง

ระยะทาง (เซนติเมตร)	มุม (องศา)	เวลา (นาทีก)		
		1	2	3
10	30			
	45			
	90			
20	30			
	45			
	90			
30	30			
	45			
	90			

ผลการทดลอง

ลักษณะ โดยทั่วไปจากการพ่นเคลือบ
และความหนาของการพ่นเคลือบ
เทปลอน

หมายเหตุ ขอบเขตที่กำหนด - ความเร็วรอบในการพ่นเคลือบเท่ากับ 80 รอบ/นาที
- อุณหภูมิในการพ่นเคลือบเท่ากับ 2,800 – 3,200 องศา
- ระยะทางวัดจากขอบปากถ้วยเซรามิกถึงปลายหัวพ่นเทปลอน

4.2.3.3 วิธีการและขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปร อุณหภูมิ และเวลาอบ
ด้วยเซรามิก เพื่อทำการพ่นเคลือบเทปลอน ด้วยวิธีการพ่นเคลือบด้วยวิธีการอบอุ่นด้วยเซรามิก
การทดลองเพื่อทำการศึกษาค่าตัวแปรอุณหภูมิ และเวลาอบด้วยเซรามิก เป็น
การศึกษาค่า อุณหภูมิ และเวลาอบด้วยเซรามิก ที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ ตามขอบเขตและ
แผนการของการทดลองที่ได้กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดผิวถ้วยเซรามิกด้านในด้วยกระดาษทราย ทำความสะอาดและเป่า
ลมให้แห้ง
2. ตั้งอุณหภูมิเตาอบที่อุณหภูมิต่างๆ ตามที่กำหนดในขอบเขตการ
ทดลอง (100°C, 150°C, 200°C, 250°C)
3. เมื่ออุณหภูมิเตาอบถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการอุ่นด้วย
เซรามิกโดยนำถ้วยเซรามิกเข้าวางในเตาอบที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วทำการอุ่นด้วยเป็นระยะเวลา 5
นาที แล้วนำออกจากเตา

4. ทำการพ่นเคลือบเทปล่อนลงบนถ้วยเซรามิกให้ทั่วผิวถ้วย ตามรูปแบบตารางการทดลอง (ตารางที่ 4.1)

5. ปล่อยให้ถ้วยเซรามิกเย็นตัวในอุณหภูมิห้อง

6. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการดำเนินการทดลองตามแผนทดลองโดยพิจารณาจากลักษณะการเกาะติดของเทปล่อนจากการพ่นเคลือบ และความหนาของเทปล่อน จากการพ่นเคลือบ ด้วยสายตา

ตารางที่ 4.2 แผนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปร อุณหภูมิ และเวลาอบถ้วยเซรามิก เพื่อทำการพ่นเคลือบเทปล่อน ด้วยวิธีการพ่นเคลือบด้วยวิธีการอบอุ่นถ้วยเซรามิก

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (5 นาที)
100	ผลการทดลอง ลักษณะโดยทั่วไปจากการพ่น
150	
200	
250	

4.2.3.4 วิธีการและขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรเวลาในการอบเคลือบหลังการพ่นเทปล่อน

การทดลองเพื่อทำการศึกษาค่าแปรของเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบเทปล่อนหลังผ่านการพ่นเคลือบเรียบร้อยแล้ว เป็นการศึกษาหาเวลา ที่เหมาะสมต่อการอบเคลือบถ้วยเซรามิกตามขอบเขตและแผนการของการทดลองที่ได้กำหนดไว้โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งอุณหภูมิเตาอบที่อุณหภูมิ 200°C ตามที่กำหนดในขอบเขตการทดลอง

2. นำถ้วยที่ผ่านการพ่นเคลือบจากวิธีการทดลอง จากรูปแบบของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพ่นเคลือบ มาทำการอบเคลือบ ที่อุณหภูมิ 200°C โดยใช้ระยะเวลาอบที่แตกต่างกัน เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบที่เหมาะสมที่สุด ตามรูปแบบตารางการทดลอง (ตารางที่ 3.3)

3. เมื่ออบเคลือบถ้วยตามระยะเวลาต่างๆแล้ว นำออกจากเตาเพื่อปล่อยให้ถ้วยเซรามิกเย็นตัวในอุณหภูมิห้อง

4. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการดำเนินการทดลองตามแผนทดลองโดยพิจารณาจากลักษณะผิวโดยทั่วไปจากการอบเคลือบด้วยสายตา

ตารางที่ 4.3 รูปแบบแผนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปร เวลาอบเคลือบที่เหมาะสมที่สุด

อุณหภูมิอบเคลือบ (°C)	ระยะเวลาอบ (นาที)	ลักษณะผิวโดยทั่วไป
200	x	
200	x	
200	x	
:	:	:
200	x	

4.2.3.5 วิธีการและขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรลักษณะพื้นผิวของถ้วยก่อนพ่นเคลือบ

การทดลองเพื่อทำการศึกษาค่าตัวแปรลักษณะพื้นผิวของถ้วยก่อนพ่นเคลือบ เป็นการศึกษาหาลักษณะของผิวถ้วยเซรามิกที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ ตามขอบเขตและแผนการของการทดลองที่ได้กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมผิวถ้วยเซรามิก โดยการใช้กระดาษทรายเบอร์ 180 ขัดผิวด้านในของถ้วย
2. ล้างทำความสะอาดถ้วยเซรามิกด้วยน้ำสะอาด และนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วปล่อยให้เย็นตัว ณ อุณหภูมิห้อง
3. แบ่งถ้วยเซรามิกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 นำไปกักรัด Hydrofluoric โดยใช้กรด Hydrofluoric 200 ml ผสมกับ Methanol 400 ml โดยการผสมกรดและเทลงในถ้วยเซรามิก ปล่อยให้กรด Hydrofluoric ทำปฏิกิริยากับน้ำยาเคลือบผิว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำความสะอาดถ้วยเซรามิกด้วยน้ำสะอาด และ Methanol ส่วนชุดที่ 2 ไม่ต้องทำการกักรัด Hydrofluoric
4. นำถ้วยเซรามิกที่ผ่านการกักรัดและทำความสะอาดแล้วไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 5 นาที อีกครั้งแล้วปล่อยให้เย็นตัว ณ อุณหภูมิห้อง
5. ทำการพ่นเคลือบถ้วยเซรามิกด้วยวิธีการอบอุ่นถ้วยเซรามิก จากรูปแบบของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลอง
6. ทำการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองจากการดำเนินการทดลองตามแผนทดลองโดยพิจารณาจากลักษณะการเกาะติดของเทปก่อนจากการพ่นเคลือบ ความหนาของเทปก่อนจากการพ่นเคลือบด้วยสายตา น้ำหนักของถ้วยก่อนและหลังการกักรัด และความเรียบของผิวถ้วยที่ได้จากการอบเคลือบ

ตารางที่ 4.3 รูปแบบแผนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปร เวลาอบเคลือบที่เหมาะสมที่สุด

อุณหภูมิอบเคลือบ (°C)	ระยะเวลาอบ (นาที)	ลักษณะผิวโดยทั่วไป
200	x	
200	x	
200	x	
⋮	⋮	⋮
200	x	

4.2.3.5 วิธีการและขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรลักษณะพื้นผิวของถ้วยก่อนพ่นเคลือบ

การทดลองเพื่อทำการศึกษาค่าตัวแปรลักษณะพื้นผิวของถ้วยก่อนพ่นเคลือบ เป็นการศึกษาหาลักษณะของผิวถ้วยเซรามิกที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ ตามขอบเขตและแผนการของการทดลองที่ได้กำหนดไว้โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมผิวถ้วยเซรามิก โดยการใช้กระดาษทรายเบอร์ 180 ขัดผิวด้านในของถ้วย
2. ล้างทำความสะอาดถ้วยเซรามิกด้วยน้ำสะอาด และนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วปล่อยให้เย็นตัว ณ อุณหภูมิห้อง
3. แบ่งถ้วยเซรามิกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 นำไปกักรัด Hydrofluoric โดยใช้กรด Hydrofluoric 200 ml ผสมกับ Methanol 400 ml โดยการผสมกรดและเทลงในถ้วยเซรามิก ปล่อยให้กรด Hydrofluoric ทำปฏิกิริยากับน้ำยาเคลือบผิว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำความสะอาดถ้วยเซรามิกด้วยน้ำสะอาด และ Methanol ส่วนชุดที่ 2 ไม่ต้องทำการกักรัด Hydrofluoric
4. นำถ้วยเซรามิกที่ผ่านการกักรัดและทำความสะอาดแล้วไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 5 นาที อีกครั้งแล้วปล่อยให้เย็นตัว ณ อุณหภูมิห้อง
5. ทำการพ่นเคลือบถ้วยเซรามิกด้วยวิธีการอบอุ่นถ้วยเซรามิก จากรูปแบบของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลอง
6. ทำการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองจากการดำเนินการทดลองตามแผนทดลอง โดยพิจารณาจากลักษณะการเกาะติดของเทปลอกจากการพ่นเคลือบ ความหนาของเทปลอกจากการพ่นเคลือบด้วยสายตา น้ำหนักของถ้วยก่อนและหลังการกักรัด และความเรียบของผิวถ้วยที่ได้จากการอบเคลือบ

4.2.3.6 วิธีการและขั้นตอนการทดลองศึกษาปริมาณของเทปลอนที่ใช้ในการพ่นเคลือบ

การทดลองเพื่อการศึกษาปริมาณของเทปลอนที่ใช้ในการพ่นเคลือบด้วยเซรามิก เพื่อเป็นการศึกษาหาปริมาณของเทปลอนที่ใช้ในการพ่นเคลือบต่อถ้วย ซึ่งสามารถนำไปสู่การคำนวณหาต้นทุนในการทำการพ่นเคลือบถ้วยรองรับน้ำยางเซรามิกต่อถ้วยได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักถ้วยเซรามิกก่อนทำการพ่นเคลือบ
2. ทำการชั่งน้ำหนักถ้วยเซรามิกอีกครั้งหลังจากทำการพ่นเคลือบด้วยเซรามิก ด้วยวิธีการที่ได้มาจากรูปแบบของตัวแปรที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการพ่นเคลือบ
3. คำนวณหาปริมาณของเทปลอนที่ใช้ในการพ่นเคลือบโดยการหาผลต่างของน้ำหนักถ้วยเซรามิกระหว่างก่อนทำการพ่นเคลือบ และหลังทำการพ่นเคลือบ ซึ่งจะเป็นน้ำหนักของเทปลอนที่ใช้พ่นเคลือบต่อถ้วย

4.2.3.7 วิธีการและขั้นตอนการทดลองศึกษาเปรียบเทียบความเรียบผิวด้วยเซรามิกหลังการอบเคลือบ

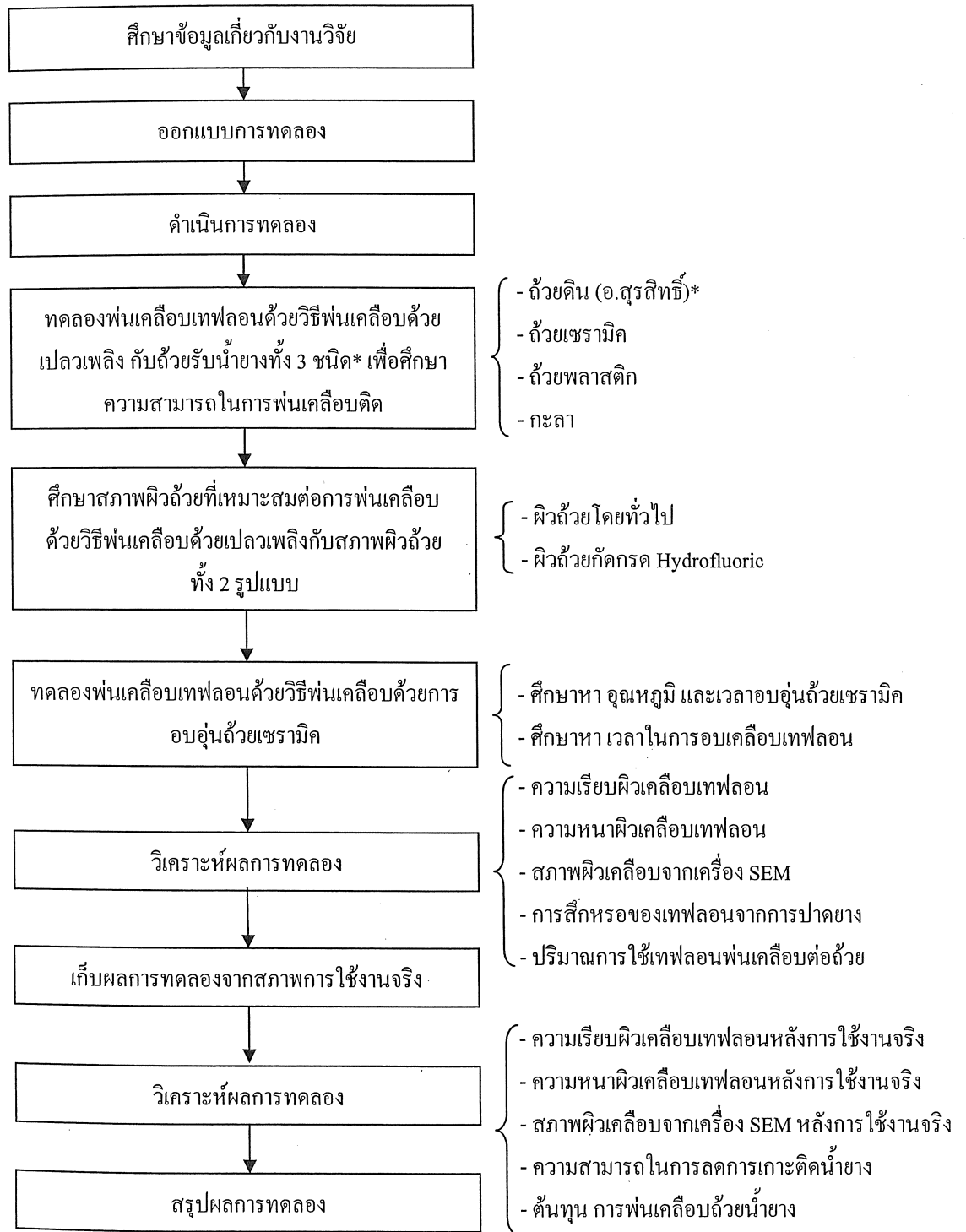
การทดลองศึกษาเปรียบเทียบความเรียบผิวด้วย เป็นการศึกษาค้นคว้าหาความเรียบของผิวด้วยเซรามิกหลังจากทำการอบเคลือบเป็นที่เรียบร้อย และทำการเปรียบเทียบความเรียบผิวถ้วยรองรับน้ำยางที่ใช้อยู่ปัจจุบัน กับถ้วยรองรับน้ำยางที่ไม่ได้ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric ก่อนการพ่นเคลือบ และถ้วยรองรับน้ำยางที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric ก่อนการพ่นเคลือบเทปลอน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการพ่นเคลือบด้วยเซรามิก ด้วยวิธีการตามปัจจัยของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้ทำการศึกษา โดยทำการพ่นและอบเคลือบถ้วยรองรับน้ำยางที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ถ้วยรองรับน้ำยางที่ไม่ได้ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric และถ้วยรองรับน้ำยางที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric
2. เมื่อทำการอบเคลือบด้วยทั้ง 3 รูปแบบและปล่อยให้เย็นตัวในอากาศเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทำการทาบด้วยเซรามิกให้แตกเพื่อนำชิ้นส่วนของถ้วยไปวัดค่าความเรียบอย่างละ 3 ตำแหน่ง
3. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองจากการดำเนินการทดลอง โดยการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) ของค่าความเรียบผิว

4.2.4 วิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและสรุปผลตามหัวข้อที่ทำการศึกษา
จากขั้นตอนการดำเนินการทดลองข้างต้นซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภูมิการทดลองได้ดัง

รูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงแผนภูมิลำดับขั้นตอนการทดลอง

5. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย และได้ทำการทดลองตามขอบเขตและแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง ทำให้ได้ผลการทดลองและสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาความสามารถในการพ่นเคลือบติด

จากการศึกษาความสามารถในการพ่นเคลือบติด ด้วยวิธีการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงผลการทดลองพบว่าถ้วยรองรับน้ำยางทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถทำการพ่นเคลือบเทฟลอนให้เกาะติดได้อย่างสมบูรณ์ อันเนื่องมาจาก ถ้วยพลาสติก และกะลา ไม่สามารถทนความร้อนที่ใช้ในการพ่นเคลือบได้จึงทำให้เกิดการหลอมละลายสำหรับถ้วยพลาสติก และเกิดเป็นรอยไหม้สำหรับกะลา ส่วนถ้วยเซรามิกลักษณะผิวถ้วยไม่มีการเกาะติดของผงเทฟลอนเช่นกัน แต่ความมันวาวของผิวถ้วยลดลง จากแนวโน้มข้างต้นความเป็นไปได้สำหรับการพ่นเคลือบเทฟลอน ถ้วยเซรามิกจึงมีความเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปทำการศึกษาสภาพผิวถ้วยที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ เพื่อให้เกิดการเกาะติดของเทฟลอนได้ดียิ่งขึ้น

5.2 ผลการศึกษาสภาพผิวถ้วยที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ

จากการเลือกถ้วยเซรามิกมาเพื่อทำการพ่นเคลือบ และได้ทำการศึกษาสภาพผิวถ้วยที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบ เพื่อให้เกิดการพ่นเคลือบติดที่สมบูรณ์ โดยการทดลองพ่นเคลือบด้วยวิธีการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงกับสภาพผิวถ้วย 2 รูปแบบ

พบว่าสภาพผิวถ้วยเซรามิกที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric มีความสามารถในการพ่นเคลือบได้ดีที่สุดโดยการพิจารณาจากลักษณะการเกาะติดของเทฟลอนด้วยสายตา ดังรูปที่ 7b



(a)



(b)

รูปที่ 7 (a) แสดงลักษณะผิวถ้วยเซรามิกที่ไม่ได้กัดกรด Hydrofluoric เมื่อพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง
(b) แสดงลักษณะผิวถ้วยเซรามิกที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric เมื่อพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง

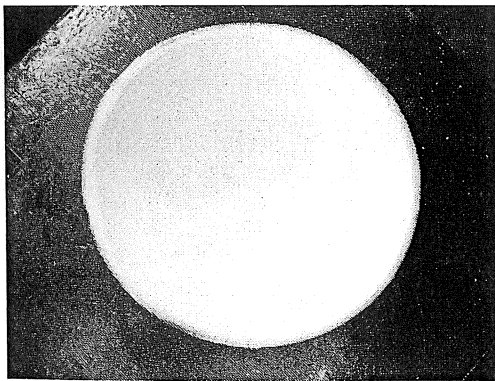
5.3 ผลการทดลองฟ้นเคลือบเทฟลอนด้วยวิธีฟ้นเคลือบด้วยการอบอุณห้วเซรามิก

จากการทดลองฟ้นเคลือบเทฟลอนด้วยวิธีการฟ้นเคลือบด้วยเปลวเพลิง พบว่าสภาพการเกาะติดของเทฟลอนนั้นยังไม่สามารถทำการฟ้นเคลือบเกาะติดได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องมาจากอุณหภูมิ และแรงดันลมในขณะฟ้นเคลือบไม่เหมาะสม ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงแก้ไขวิธีการฟ้นเคลือบด้วยการอบอุณห้วก่อนการฟ้นเคลือบและทำการฟ้นเคลือบด้วยมือโดยตรง จากวิธีการฟ้นเคลือบที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนจึงต้องทำการศึกษา เวลา อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอุณห้วก่อนฟ้นเคลือบเทฟลอน และทำการศึกษา เวลา อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบเคลือบหลังฟ้นเทฟลอน

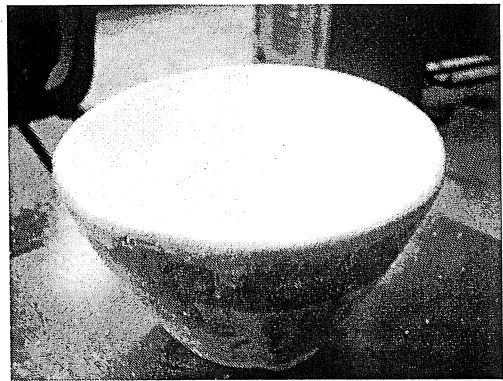
5.3.1 ผลการศึกษา อุณหภูมิ และเวลาอบอุณห้วเซรามิก ก่อนการฟ้นเคลือบเทฟลอน

จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้ออกแบบไว้เพื่อทำการศึกษา อุณหภูมิ และเวลาอบอุณห้วเซรามิก ที่เหมาะสมต่อการฟ้นเคลือบด้วย โดยกำหนดขอบเขตการทดลองอุณหภูมิในการอบอุณห้วเซรามิกที่ระยะเวลา 5 นาที จำนวน 4 ระดับอุณหภูมิ ได้แก่ 100°C , 150°C , 200°C และ 250°C

จากขอบเขตที่ได้กำหนดและผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิอบอุณห้วรองรับน้ำยางเซรามิกที่ 200°C ระยะเวลาอบ 5 นาที เป็นสภาวะอุณหภูมิและเวลาที่มีความเหมาะสมและดีที่สุดเนื่องจากสภาวะปัจจัยดังกล่าวทำให้สามารถทำการฟ้นเคลือบเทฟลอนให้เกาะติดผิวด้วยเซรามิกได้เรียบทั่วทั้งผิวด้วยอย่างสม่ำเสมอ และมีความหนาของชั้นเทฟลอนที่หนา ดังรูปที่ 8



(a)



(b)

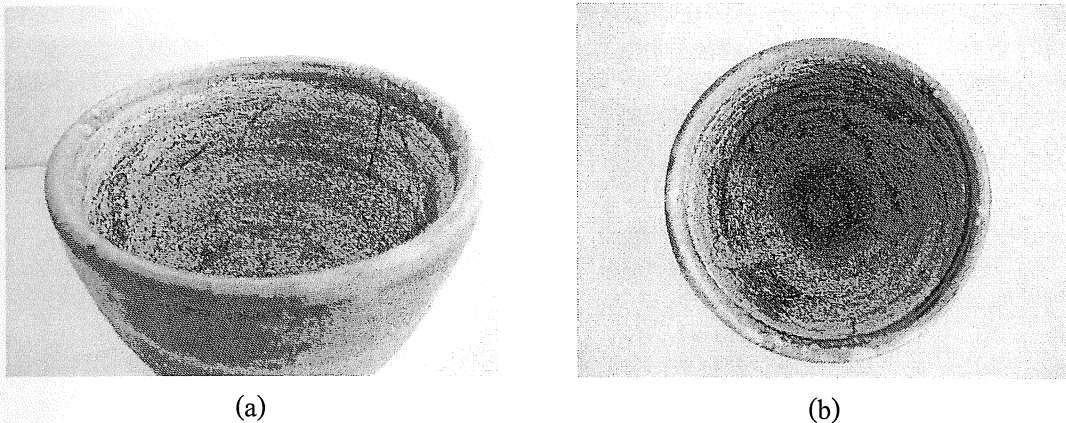
รูปที่ 8 (a), (b) แสดงลักษณะของผิวด้วยเซรามิก ที่ผ่านการฟ้นเคลือบด้วยวิธีการอบอุณห้วเซรามิก ที่อุณหภูมิอุณห้ว 200°C ระยะเวลาเวลา 5 นาที ที่สังเกตได้จากสายตา

5.3.2 ผลการศึกษา เวลาในการอบเคลือบ

จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้ออกแบบไว้เพื่อทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการอบเคลือบเทฟลอนหลังผ่านการฟ้นเคลือบ โดยกำหนดขอบเขตการทดลองการอบเคลือบด้วยที่อุณหภูมิ 200°C ที่ระยะเวลา 1-8 นาที

จากขอบเขตที่ได้กำหนดและผลการทดลอง พบว่าระยะเวลาในการอบเคลือบด้วยเซรามิกที่อุณหภูมิอบ 200°C เป็นระยะเวลา 6 นาที เป็นสภาวะอุณหภูมิและเวลาที่มีความเหมาะสมและดีที่สุดสำหรับการใช้ในการอบเคลือบด้วยหลังพ่นเคลือบ เนื่องจากสภาวะปัจจัยดังกล่าวทำให้ผงเทฟลอนที่พ่นเคลือบ มีการเคลือบผิวติดด้วยเซรามิกอย่างสม่ำเสมอและมีความเรียบทั่วทั้งถ้วย ดังรูปที่

9



รูปที่ 9 (a), (b) แสดงลักษณะผิวด้วยเซรามิกที่ผ่านการอบเคลือบเป็นระยะเวลา 6 นาที

5.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.4.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเรียบผิวด้วยเซรามิกหลังการอบเคลือบ

จากการดำเนินการทดลองเพื่อหาค่าความเรียบของผิวด้วยเซรามิกหลังจากทำการอบเคลือบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการเปรียบเทียบความเรียบผิวด้วยรองรับน้ำอย่างมาตรฐานที่ใช้อยู่ปัจจุบัน (Standard) กับถ้วยรองรับน้ำยางที่ไม่ได้ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric ก่อนการพ่นเคลือบ [No Acid(PTFE)] และถ้วยรองรับน้ำยางที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric ก่อนการพ่นเคลือบ [Acid(PTFE)] โดยทำการวัดความเรียบผิวเฉลี่ย (Roughness average: R_a) จำนวน 3 ตำแหน่ง ของถ้วยแต่ละแบบซึ่งมีค่าความเรียบผิว R_a ดังค่าในตารางที่ 1 และทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเรียบผิว R_a ที่วัดค่าได้จากเครื่องวัดความเรียบผิว โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเรียบผิวด้วยเซรามิกหลังการอบเคลือบของถ้วยแต่ละแบบ

ลักษณะผิวด้วยเซรามิก	ค่าความเรียบผิว [R_a (μm)]			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่ง 3	เฉลี่ย
ผิวโดยทั่วไป	4.489	5.012	4.671	4.724
ผิวไม่กัดกรด ฟันเคลือบ [No Acid(PTFE)]	1.767	1.813	2.023	1.865
ผิวกัดกรด ฟันเคลือบ [Acid(PTFE)]	0.769	0.817	0.714	0.766

ตารางที่ 2 แสดงค่าทางสถิติจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเรียบผิว R_a จากการทดลอง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	54.116	1	54.116	1757.255	.000
Surface	25.038	2	12.519	406.526	.000
Error	.185	6	.031	-	-
Total	79.339	9	-	-	-

จากการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน ข้อมูลค่าความเรียบผิว R_a พบว่าค่าความเรียบผิวที่ได้จากการวัดความเรียบของผิวด้วยเซรามิกนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

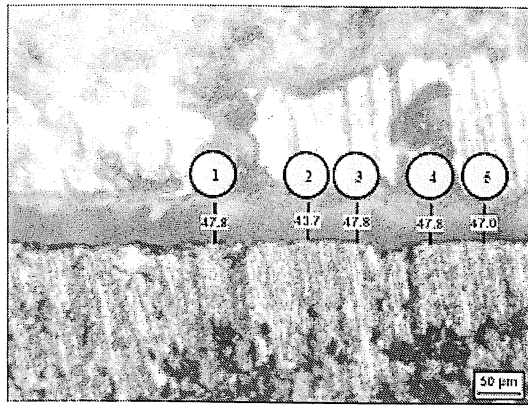
5.4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความหนาและสภาพของผิวเคลือบเทฟลอน

หลังจากทำการอบเคลือบเทฟลอนเป็นที่เรียบร้อยแล้วได้ทำการศึกษาความหนาของผิวเคลือบและสภาพผิวเคลือบเทฟลอน ก่อนการปาดยางกับภายหลังจากการหยคน้ำยางลงบนถ้วยและทำการทดลองปาดยาง เพื่อเปรียบเทียบความหนา สภาพผิว และการสึกหรอของผิวเคลือบเทฟลอน

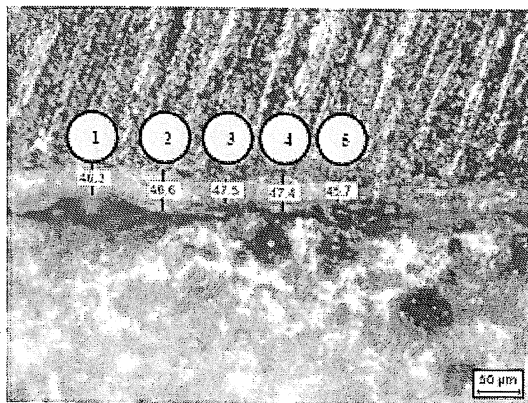
จากการวัดระยะความหนาของผิวเคลือบด้วยกล้อง Optical Microscopy โดยใช้โปรแกรม Image Analyzer เพื่อเปรียบเทียบความหนาของผิวเคลือบซึ่งได้ผลความหนาของเทฟลอนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าความหนาของผิวเคลือบเทฟลอน

ตำแหน่งที่		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
ความหนาผิว เคลือบเทฟลอน (μm)	ก่อนปาดน้ำยาง	47.8	43.7	47.8	47.8	47.0	46.8
	หลังปาดน้ำยาง	46.3	46.6	47.5	47.4	45.7	46.7



(a)

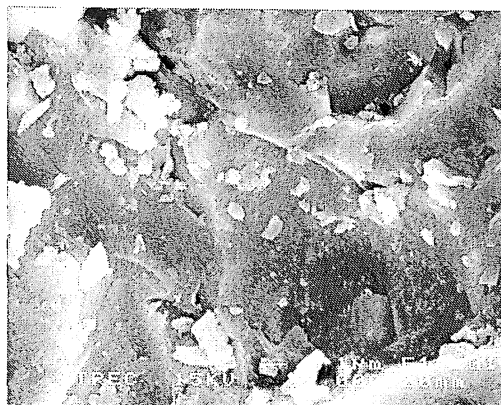


(b)

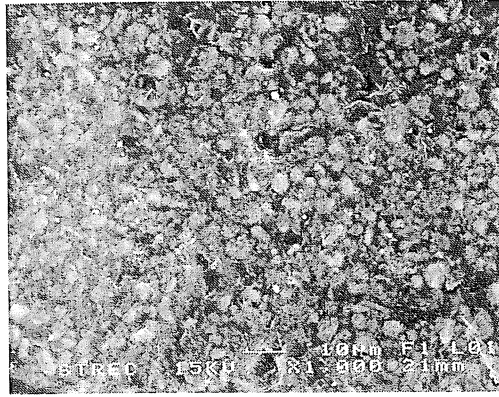
รูปที่ 10 (a) แสดงภาพการวัดความหนาของผิวเคลือบเทฟลอนก่อนทำการทดลองปาดน้ำยาง

(b) แสดงภาพการวัดความหนาของผิวเคลือบเทฟลอนหลังทำการทดลองปาดน้ำยาง

จากการวิเคราะห์สภาพผิวด้วยปกติที่ไม่ได้ทำการพ่นเคลือบ กับผิวด้วยที่ผ่านการเคลือบ เทฟลอนก่อนทำการปาดน้ำยางจากภาพถ่าย SEM จะเห็นได้ว่าสภาพผิวด้วยปกติที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเทฟลอนนั้นจะมีลักษณะเป็นผิวของเนื้อเซรามิกที่เป็นชั้นมองเห็นเป็นระดับความลึกที่แตกต่างกัน แต่เมื่อทำการพ่นเคลือบด้วยเทฟลอนจะสังเกตเห็นได้ว่าเทฟลอนจะเกาะตัวกันเป็นเม็ดผลึกแทรกซึมเข้าไปในส่วนที่เป็นช่องว่างของผิวด้วยทำให้ผิวด้วยมีลักษณะเรียบมากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 11



(a)

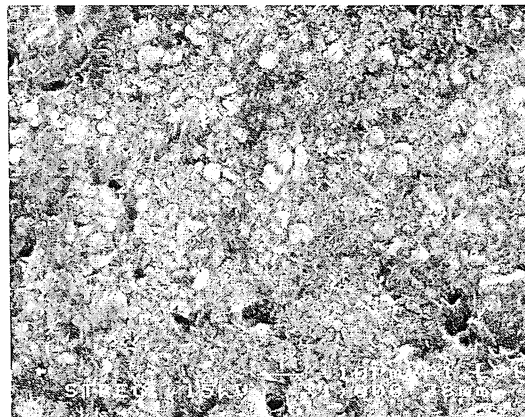


(b)

รูปที่ 11(a) แสดงภาพถ่าย SEM ของสภาพผิวด้วยปกติที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเทฟลอน

(b) แสดงภาพถ่าย SEM ของสภาพผิวด้วยที่ผ่านการเคลือบเทฟลอน

หลังจากการทดลองหยดน้ำยางลงบนผิวด้วยแล้วทำการปาดยางเพื่อทำการศึกษาสภาพผิวเคลือบเทฟลอนหลังทำการปาดยางด้วยภาพถ่าย SEM พบว่าสภาพผิวเคลือบยังคงอยู่ในสภาพดี การเกาะตัวของเทฟลอนยังอยู่ในรูปแบบที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงภาพถ่าย SEM ของสภาพผิวด้วยที่ผ่านการเคลือบเทฟลอนหลังทดลองปาดยาง

5.5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเทฟลอนที่ใช้ในการพ่นเคลือบ

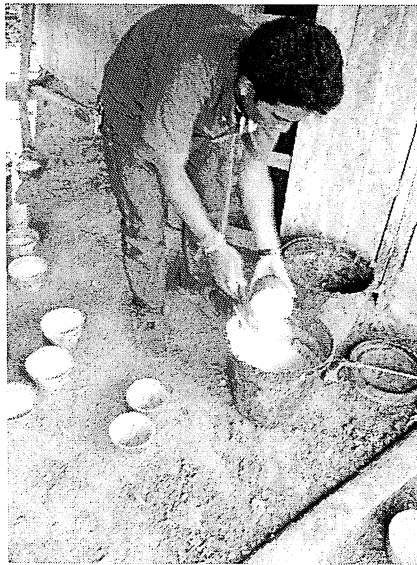
ปริมาณการใช้เทฟลอนในการพ่นเคลือบ เป็นการหาผลต่างของน้ำหนักถ้วยเซรามิกก่อนทำการพ่นเคลือบ และหลังทำการพ่นเคลือบ ซึ่งจะเป็นน้ำหนักของเทฟลอนที่ใช้พ่นเคลือบต่อถ้วย ซึ่งจากการทดลองและทำการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้เทฟลอน จากถ้วยจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า น้ำหนักถ้วยก่อนการพ่นเคลือบนั้นมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 522.413 กรัม และน้ำหนักถ้วยหลังการพ่นเคลือบมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 524.923 กรัม ดังนั้นในการพ่นเคลือบเทฟลอนต่อถ้วยจึงใช้ปริมาณเทฟลอน 2.51 กรัมต่อถ้วย

5.6 วิเคราะห์ผลการทดลองจากสภาพการใช้งานจริง

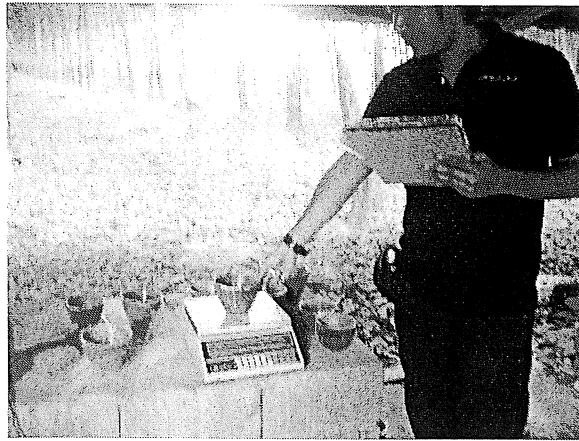
จากการดำเนินการทดลองการใช้ถ้วยเซรามิกที่ผ่านการพ่นเคลือบเป็นที่เรียบร้อยแล้วในการรองรับน้ำจากสภาพการใช้งานจริง ที่สวนยางพาราจำนวน 30 ถ้วย เป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความเรียบ ความหนา การสึกหรอ และความสามารถในการลดการเกาะติดของน้ำ



(a)



(b)



(c)

- รูปที่ 13 (a) แสดงการใช้ถ้วยเซรามิกที่ผ่านกาฟ่นเคลือบรองรับน้ำยางดิบ
 (b) แสดงวิธีการปาดน้ำยางดิบออกจากถ้วยรองรับน้ำยางเซรามิก
 (c) แสดงการเก็บข้อมูลน้ำหนักถ้วยหลังการปาดน้ำยาง

5.6.1 ผลการวิเคราะห์ความเรียบผิวถ้วยเซรามิกหลังจากสภาพการใช้งานจริง

หลังจากทำการทดลองใช้ถ้วยเซรามิกที่ผ่านการฟ่นเคลือบไปทำการรองรับน้ำยางดิบจากสภาพการใช้งานจริงที่สวนยางพารา เป็นระยะเวลา 30 วัน และนำมาทำการวัดค่าความเรียบผิวเคลือบหลังการใช้งานจริง โดยทำการวัดความเรียบผิว R_a จำนวน 3 ตำแหน่งมีค่าดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเรียบผิวถ้วยเซรามิกหลังการใช้งานในสภาพการใช้งานจริง

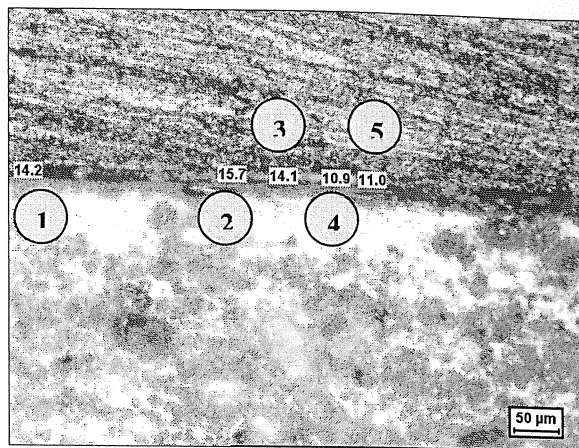
ลักษณะผิวถ้วยเซรามิก	ค่าความเรียบผิว [R_a (μm)]			
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่ง 3	เฉลี่ย
ผิวถ้วยหลังสภาพการใช้งานจริง	4.103	4.045	4.001	4.049

5.6.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาและสภาพของผิวเคลือบเทฟลอน จากสภาพการใช้งานจริง

หลังจากทำการทดลองใช้ถ้วยเซรามิกที่ผ่านการฟ่นเคลือบไปทำการรองรับน้ำยางดิบจากสภาพการใช้งานจริงที่สวนยางพารา เป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาความหนา สภาพผิว และการสึกหรอของผิวเคลือบเทฟลอนจากการใช้งานจริงซึ่งได้ผลความหนาของเทฟลอนดังตารางที่ 5

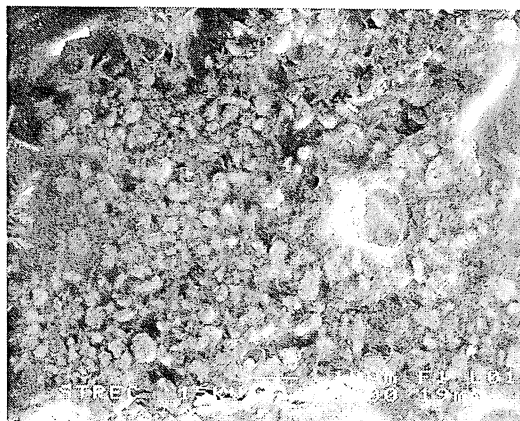
ตารางที่ 5 แสดงค่าความหนาของผิวเคลือบเทฟลอนหลังการใช้งานในสภาพการใช้งานจริง

ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
ความหนาผิวเคลือบเทฟลอน (μm)	14.2	15.7	14.1	10.9	11.0	13.18



รูปที่ 14 แสดงภาพการวัดความหนาของผิวเคลือบเทฟลอนหลังการใช้งานในสภาพการใช้งานจริง

การวิเคราะห์สภาพผิวด้วยหลังการใช้งานในสภาพการใช้งานจริง จากภาพถ่าย SEM จะสังเกตเห็นได้ว่าสภาพผิวเคลือบเทฟลอนจะมีการสึกหรือจากการปาดขยง และเกิดรอยแตกร้าวจากการใช้งาน ดังรูปที่ 16 (a), (b) เป็นผลเนื่องจากลักษณะใบปาดน้ำยางพาราทำจากวัสดุคือยางสังเคราะห์ซึ่งมีความแข็งในตัวของตัวเอง และลักษณะการใช้นั้นจะต้องมีการออกแรงเพื่อขูดที่ถ้วยรองรับน้ำยาง เพื่อให้ยางที่ถ้วยหลุดออกให้หมด

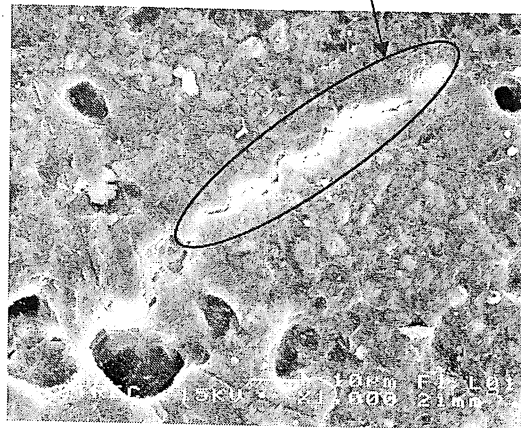


รูปที่ 15 แสดงภาพถ่าย SEM ของสภาพผิวเคลือบเทฟลอนหลังการใช้งานที่อยู่ในสภาพดี



(a)

รอยแตกร้าวของผิวเคลือบเทฟลอน



(b)

รูปที่ 16 (a) แสดงภาพถ่าย SEM ของสภาพผิวเคลือบเทฟลอนที่มีรอยของการปาดยางปรากฏ

(b) แสดงภาพถ่าย SEM ของสภาพผิวด้วยเซรามิกที่มีรอยแตกร้าวของผิวเคลือบเทฟลอน

5.6.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการลดการเกาะติดน้ำยาง

การศึกษาความสามารถในการลดการเกาะติดของด้วยน้ำยางจะเป็นการเปรียบเทียบผลต่างของน้ำหนักถ้วยก่อนการรองรับน้ำยางกับภายหลังการปาดยางออกจากถ้วย ของถ้วยเซรามิกที่ผ่านการเคลือบเทฟลอน กับถ้วยเซรามิกที่ใช้งานโดยทั่วไป จากการทดลองมีค่าดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าน้ำหนักของถ้วยเซรามิกผ่านการเคลือบเทฟลอน และไม่ผ่านการเคลือบเทฟลอน (จำนวนถ้วยที่ใช้เป็นตัวอย่างในการเก็บผล จำนวน 30 ถ้วย ระยะเวลาในการเก็บผล 30 วัน)

ชนิดรูปแบบถ้วยเซรามิก ค่า	ผ่านการเคลือบ เทฟลอน	ไม่ผ่านการเคลือบ เทฟลอน
น้ำหนักถ้วยก่อนรองรับน้ำยางเฉลี่ย (กรัม)	524.923	522.413
น้ำหนักถ้วยก่อนเทปาดยางเฉลี่ย (กรัม) *	625.785	621.994

น้ำหนักถ้วยหลังเทปูนน้ำยางเฉลี่ย (กรัม)	522.312	530.641
ผลต่างน้ำหนักถ้วยเฉลี่ย (ปริมาณน้ำยางที่ติดถ้วย) (กรัมต่อถ้วย)	2.611	8.228

หมายเหตุ * หลังจากรับน้ำยางดิบ 1000 กรัม

5.7 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน การพ่นเคลือบด้วยน้ำยาง

จากการศึกษาในส่วนของปริมาณของเทพลอนที่ใช้ในการพ่นเคลือบด้วยเซรามิกต่อถ้วย พบว่าในการพ่นเคลือบเทพลอนลงบนผิวถ้วยเซรามิกนั้นใช้ปริมาณเทพลอนเฉลี่ย 2.51 กรัมต่อหนึ่งถ้วย จากราคาผงเทพลอน Ceraflour 996 (Commercial grade) ซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ กิโลกรัมละ 400 บาท ดังนั้นต้นทุนในการพ่นเคลือบเทพลอนลงบนผิวถ้วยเซรามิกซึ่งคิดต้นทุนเฉพาะจากราคาเทพลอนจะเสียค่าใช้จ่ายในการพ่นเคลือบ 1.004 บาท หรือประมาณ 1 บาทต่อถ้วย

6. วิจารณ์ผล

จากการดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาหาสภาวะปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อการพ่นเคลือบเพื่อให้ได้ลักษณะของผิวถ้วยเซรามิกที่มีความเรียบลื่นมากขึ้น พบว่าผงเทพลอนที่ทำการพ่นและอบเคลือบลงบนผิวถ้วยเซรามิกนั้นส่งผลให้ผิวถ้วยมีความเรียบมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้ผิวถ้วยเซรามิกที่พ่นเคลือบด้วยเทพลอนนั้นมีแรงตึงผิวมากยิ่งขึ้น จึงสามารถช่วยลดการเกาะติดของน้ำยางดิบที่เกาะที่ผิวถ้วยรองรับน้ำยางได้ อีกทั้งยังช่วยรักษาสภาพผิวถ้วยเซรามิกที่ใช้ในการรองรับน้ำยางให้มีอายุการใช้งานนานยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกันคุณสมบัติของ PTFE หรือ เทพลอน ซึ่งมีความลื่นและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ (Materials Science and Engineering Department at the University of Arizona, 1998) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2008) ซึ่งได้อธิบายว่าการที่สาร PTFE มีความลื่น และเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นนั้น มีสาเหตุจากโครงสร้างโมเลกุลของตัวสารเอง สารเทพลอนมีสูตรโมเลกุล $-(CF_2-CF_2)_n-$ ที่ประกอบด้วยพันธะของคาร์บอน-คาร์บอน (C-C) และพันธะของคาร์บอน-ฟลูออรีน (C-F) ซึ่งพันธะระหว่างอะตอมทั้งสองชนิดเป็นพันธะเดี่ยว (single bond) ที่มีความแข็งแรงมาก การสลายพันธะจะต้องใช้พลังงานปริมาณมาก และเนื่องจากโมเลกุลของสารเทพลอนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (nonpolar) จึงทำให้สารเทพลอนเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารอื่น นอกจากนี้สมบัติความลื่นของสารเทพลอน ก็เกิดเนื่องจากแรงที่กระทำบริเวณ ผิวโมเลกุล (interfacial forces) ของสารเทพลอนและโมเลกุลของสารอื่นมีน้อย ดังนั้นสารเทพลอนจึงแสดงสมบัติความลื่น

7. สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย และได้ทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลตามขอบเขตและแผนการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบผิวด้วยร่องรับน้ำยางด้วย PTFE เพื่อลดการเกาะติดของน้ำยาง ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยได้ดังนี้

สภาวะปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลเคลือบซึ่งสามารถทำการพ่นเคลือบเทฟลอนเคลือบผิวด้วยร่องรับน้ำยางที่เป็นเซรามิก คือ สภาพผิวด้วยเซรามิกที่ผ่านการกัดกรด Hydrofluoric แล้วทำการอบอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นระยะเวลาอบ 5 นาที และนำมาทำการพ่นเคลือบด้วยมือ แล้วทำการอบเคลือบเทฟลอนที่อุณหภูมิ 200°C เป็นระยะเวลา 6 นาที ซึ่งจะทำให้ด้วยเซรามิกนั้นถูกเคลือบด้วยเทฟลอนส่งผลให้ผิวด้วยเซรามิกนั้นมีความเรียบเฉลี่ย 0.766 μm และมีความหนาของผิวเคลือบเฉลี่ย 46.8 μm เนื่องจากเกิดการหลอมละลายเคลือบของผลึกเทฟลอนที่พ่นเคลือบลงบนผิวด้วยเซรามิก จากลักษณะของผิวด้วยเซรามิกที่ผ่านการพ่นเคลือบด้วยเทฟลอนนั้นจึงส่งผลให้ผิวด้วยมีคุณสมบัติที่เรียบลื่นมากยิ่งขึ้น และเมื่อนำไปใช้ในการรองรับน้ำยางพาราดิบจึงสามารถช่วยลดการเกาะติดของน้ำยางได้ โดยที่ปริมาณน้ำยางที่ติดด้วยเซรามิกที่ไม่ได้ทำการพ่นเคลือบเทฟลอนนั้นมีปริมาณการเกาะติดของน้ำยางอยู่ที่ 8.228 กรัมต่อถ้วย ส่วนด้วยเซรามิกที่ทำการพ่นเคลือบเทฟลอนนั้นมีปริมาณการเกาะติดของน้ำยางอยู่ที่ 2.611 กรัมต่อถ้วยซึ่งปริมาณการเกาะติดของน้ำยางน้อยกว่า

อัตราการสึกหรอของผิวเคลือบเทฟลอนจากข้อมูลสภาพการใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน จากการวิเคราะห์จากค่าความหนาของผิวเคลือบเทฟลอน โดยที่ความหนาของผิวเคลือบก่อนการใช้งานมีความหนาอยู่ที่ 46.8 μm และเมื่อผ่านการใช้งานในสภาพการใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน พบว่ามีอัตราการสึกหรอของผิวเคลือบเทฟลอน 72% เป็นผลเนื่องจากลักษณะใบปาดน้ำยางพาราทำจากวัสดุคือยางสังเคราะห์ซึ่งมีความแข็งในตัวของวัสดุเอง และลักษณะการใช้งานนั้นจะต้องมีการออกแรงเพื่อขูดที่ด้วยร่องรับน้ำยาง เพื่อให้ให้น้ำยางที่ด้วยหลุดออกให้หมด

ในส่วนของต้นทุนในการพ่นเคลือบเทฟลอนลงบนผิวด้วยเซรามิกซึ่งคิดต้นทุนเฉพาะจากราคาเทฟลอนจะเสียค่าใช้จ่ายในการพ่นเคลือบประมาณ 1 บาทต่อถ้วย

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลสภาวะปัจจัยที่เหมาะสมต่อการพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงควรวิเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการพ่นเคลือบให้เหมาะกับวิธีการ ซึ่งจะทำให้สามารถทำการศึกษาสภาวะปัจจัยต่างๆ ในการพ่นเคลือบด้วยเซรามิก ได้อย่างถูกต้อง

8.2 เพื่อให้ได้ค่าความเรียบของถ้วยเซรามิกหลังการพ่นเคลือบที่มากขึ้นควรเตรียมสภาพผิวถ้วยเซรามิกให้มีความเรียบ เนื่องจากความเรียบก่อนการพ่นเคลือบเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความเรียบของถ้วยเซรามิกหลังการพ่นเคลือบ

8.3 ในการพ่นเคลือบหากสามารถควบคุมความหนาของผิวเคลือบเพลลอนได้ จะช่วยให้สามารถเพิ่มอัตราการสึกหรอให้ยาวนานขึ้นส่งผลให้ถ้วยเซรามิกมีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนานขึ้นด้วย

9. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร.ฐานความรู้เรื่องยาง, 2007 [Online], http://www.doa.go.th/pl_data/ORCHID/1STAT/st01.html

ดร.ทิพพรรณ ปะละไทย, จิระศักดิ์ ธาระจักร, รศ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ. การศึกษาการเคลือบโพลีเมอร์ลงบนผิวชิ้นงานโลหะโดยกระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน (ระยะที่ 1-2). สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ, คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2546-2547

ทิพพรรณ สุกประเสริฐ. อิทธิพลของพารามิเตอร์ต่อการพ่นโครงสร้างและคุณสมบัติของงาน พ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง. สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2538

ธนาคารแห่งประเทศไทย. [Online], <http://www.bot.or.th/BOTHomepage/DataBank/Real Sector/agriculture>, 2003

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. สารเพลลอน: สารที่ลื่นที่สุด, 2008 [Online], <http://www.mtec.or.th>

สถาบันวิจัยยางพารา. การผลิต การส่งออก และการใช้ยางในประเทศไทย, 2005 [Online], <http://www.rubberthai.com>

สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. การผลิตและการใช้ยาง, 2003 [Online], <http://www.thailandrubber.thigov.net/knowledge 1m.html>

Bach., F.D. and Duda., T. Innovative material applications in the electronic industry, IEE , 1998 ,pp. 2275-2278

Jone S. T.A. Stolarski, and S. Tobe. Sliding performance of binary metal-PTFEcoating. Wear 257, 2004, pp 539-554.