

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การออกแบบเครื่องกวนผสมยางรัก

A Design of Mixing Machine for Melanorrhoea Usitata

สถาพร อุดมเศรษฐพงศ์^{1*}, จำลอง ปราบแก้ว² และ ชินรักษ์ เรียร์พงษ์³

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
* ติดต่อ: โทรศัพท์: 02 326 4197, โทรสาร: 02 326 4198
E-mail: ninewoo@hotmail.com

บทคัดย่อ

รักเป็นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่ง เมื่อใช้มีดกรีดแล้วจะได้ยางรักออกมา เมื่อนำยางรักไปกรองและกวนเพื่อให้ยางรักผสมเข้ากันอย่างดี ในกระบวนการกวนอาจใช้สารเติมแต่งจำพวกชาตหรือผงอิฐแดง เพื่อให้ได้คุณสมบัติของยางรักตามต้องการ จากนั้นจึงจะนำยางรักไปใช้ในงานศิลปหรือทาเคลือบภาชนะจำพวกเครื่องเซรามิกต่างๆ บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องกวนยางรัก การออกแบบจะประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ส่วนแรกจะเป็นการออกแบบถังกวนโดยหลักทฤษฎีการออกแบบถังกวนทั่วไป ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในถึง 250 มม. สูง 350 มม. และภายในติดตั้งแผ่นกั้น (Baffle) ขนาดความกว้าง 25 มม. ตลอดความสูงของถังกวน จำนวน 4 อัน กวนยางรักได้ครั้งละ 10 -15 ลิตร ส่วนที่สองเป็นการออกแบบใบกวนจำนวนสามแบบคือแบบพิตช์เบลด์เทอร์ไบน์ (Pitched blade turbine) แบบรัสตัน (Rushton) และแบบแพดเดิล (Paddle) แต่ละแบบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 120 มม. ตรงกลางใบกวนมีดุมสำหรับต่อเพลลาที่สามารถจับเข้ากับเพลลาของเครื่องกวน จากนั้นก็ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าตัวเลขกำลัง (Power Number) กับค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number) ของใบกวนแต่ละแบบ ผลการศึกษาพบว่าใบกวนทั้งสามแบบเมื่อค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number) มากขึ้นค่าตัวเลขกำลังจะน้อยลงและใบพิตช์เบลด์ (Pitched blade turbine) จะมีค่าตัวเลขกำลังน้อยกว่าแบบอื่นที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number) เท่ากัน

คำหลัก: ยางรัก ถังกวน ใบกวน

Abstract

Melanorrhoea Usitata is a kind of perennial plant. When it is scratched, Melanorrhoea Usitata will come out. Normally, it is used in art work fluid or for stirring process for mixing together. For property required, cinnabar or red brick powder will be used in stirring process. This report presents a design consisting of two main parts. First is design for 250 mm inside diameter and 350 mm height mixing tank with baffle installation inside surface. The four pieces of baffle with 25 mm. width installed throughout mixing tank height can mix 10-15 liters for each time. Second is mixing impeller design. Pitched blade turbine type, Rushton type and Paddle type were considered. Outside diameter of each type is 120 mm. there is hub for assembly with shaft that can connect with the shaft of mixing machine at the center of

impeller. Experiment for three type of impeller from power number & Reynolds number comparison the result is when Reynolds number increase, power number will decrease for Rushton type at the same Reynolds number with other types, the power number is least.

Keywords: Melanorrhoea Usitata, Mixing tank, Impeller

1. บทนำ

ต้นรักเป็นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่งเมื่อกรีดที่บริเวณลำต้นจะทำให้ยางรักไหลออกมา ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญที่นำไปใช้สร้างสรรคงานศิลปะการลงรักปิดทอง และงานเคลือบภาชนะจำพวกเครื่องเงิน ซึ่งนิยมทำกันมากในจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย ก่อนนำยางรักมาใช้จะต้องผ่านกระบวนการกรองและกวนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามต้องการ^[6] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงลักษณะของใบพัดที่เหมาะสมต่อการใช้กวนยางรักเป็นหลัก มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่เกี่ยวข้องในการกวนของเหลวที่มีคุณลักษณะคล้ายกับยางรัก ดังนี้ Rm. Muthiah, R.Manjari, V.N. Krishnamurth ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบระหว่างเวลาและความเร็วในการกวนผสม ของเชื้อเพลิงในจรวด (HTPB) พบว่าเวลาและความเร็วของใบกวนแปรผันตรงกับความหนืดและความเค้นเฉือน อีกทั้งเวลาและความเร็วของใบกวนยังแปรผกผันกับความเป็น Pseudoplastic จากผลการทดลองทำให้พบว่าที่ความเร็ว 25 รอบต่อนาที เป็นความเร็วที่เหมาะสม^[1] L.Rudolph, M. Schafer, V. Atiemo-Obeng and Kraume ได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองและการคำนวณเชิงตัวเลขของค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกวนของเหลวที่มีความหนืดสูงระหว่างการกวนร่วมในแนวแกนกับการกวนแบบเปิด พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในการกวนด้วยการกวนแบบเปิดนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการกวนร่วมในแนวแกนดังนั้นมีเปลี่ยนแปลง จึงใช้เส้นโค้งมาตรฐานการใช้กำลังไฟในการออกแบบการกวนแบบเปิดและกำลังที่ใช้ในการกวนแบบเปิดมีผลเกี่ยวข้องอัตราความเร็วในการหมุนกล่าวคือ การใช้กำลังไฟในการกวนที่ความเร็วสูงของการกวนร่วมมีค่าน้อยกว่าการกวนแบบเชิงเดี่ยว(stand-alone) อย่างไรก็ดีการกวนร่วมในแนวแกนนั้นใช้เวลาน้อยในการแตกตัวของ

สาร ลดความหนืด^[2] Wilfried F. Schierholz ได้ศึกษาพฤติกรรมของการกวนของเหลวแบบ non-newtonian ในถังกวนโดยจำลองลักษณะการกวนทำให้พบว่าหากใช้ความเร็วในการกวนที่ความเร็วเท่ากันแต่ใช้ของเหลวต่างชนิดกันลักษณะความเค้นเฉือนและความหนืดจะเป็นไปตามรูปแบบของของไหลโดยแบ่งเป็น Shear thinning, Newtonian, Shear thickening อีกทั้งยังแนะนำว่าในการวิเคราะห์ค่าความเค้นเฉือนนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนไม่ควรพิจารณาที่บริเวณใบกวนแต่อย่างใดแต่ควรพิจารณาบริเวณโดยรอบใบกวนร่วมด้วย^[3]

เนื่องจากในปัจจุบันนี้การกวนยางรักชาวบ้านและช่างฝีมือด้านนี้จะกวนด้วยไม้พายในกะละมังทำให้เสียเวลาและคุณภาพของรักที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควรและมีโอกาสที่เกิดอันตรายจากการสัมผัสยางรักอีกด้วย การพัฒนาเครื่องกวนยางรักเพื่อให้มีความสะดวกต่อการใช้งานและได้ยางรักที่มีคุณภาพในปริมาณมากขึ้นด้วยเวลาที่น้อยลง จึงต้องมีการวิจัยออกแบบเครื่องกวนยางรัก โดยได้ออกแบบถึงกวนตามหลักการออกแบบทั่วไป และได้เลือกใบกวนเพื่อใช้ในการทดสอบสามแบบคือแบบ Rushton (RT) แบบ Pitched blade turbine (PBT) และแบบ Paddle (PD)^[4] เพื่อหารูปแบบใบกวนที่เหมาะสมกับการกวนผสมยางรัก

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบถังกวน

การออกแบบถังกวนโดยหลักทฤษฎีการออกแบบถังกวนทั่วไปเพื่อให้สามารถกวนยางรักได้ครั้งละ 10-15 ลิตร จึงได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในถัง 250 มม. สูง 350 มม. และภายในติดแผ่นกั้น (Baffle) ขนาดความกว้าง 25 มม. ตลอดความสูงของถังกวน จำนวน 4 อัน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของถังกวนยางรัก

2.2 การออกแบบใบกวน

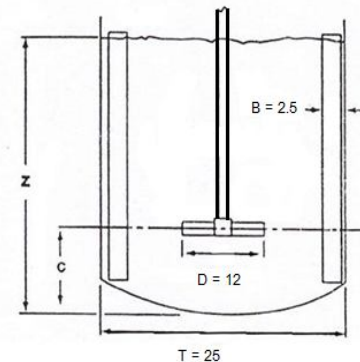
ได้เลือกใบกวน 3 รูปแบบ เพื่อใช้ในการทดสอบคือ แบบ Rhuston (RT), แบบ Pitched blade turbine (PBT) และแบบ Paddle (PD) ซึ่งจะให้เกิดรูปแบบการไหล Radials flow, Tangential flow และ Axial flow^[5] ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบค่า Power Number และค่า Reynolds Number โดยใบกวนแต่ละแบบนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 ซม.



รูปที่ 2 ใบกวนแบบ Pitch Blade Turbine (PBT), แบบ Rhuston (RT), แบบ Paddle (PD)

2.3 การติดตั้งใบกวนกับถังกวน

จากหลักการออกแบบถังกวน กำหนดให้ระยะห่าง Clearance (C) จากด้านล่างของถัง เพราะใบกวนมีเพียงหนึ่งชั้น โดยหาแค่ระยะห่าง Clearance (C) จากด้านล่างเท่านั้น



รูปที่ 3 แสดงระยะการติดตั้งใบกวนในถังกวน

Mixing System	Maximum Liquid Height Z/T	Number of Impellers	Impeller Elevation from Tank Bottom	Top
Liquid blending	1.4	1	Z/3	-
	2.1	2	T/3	2 Z/3
Solid suspension	1.2	1	Z/4	-
	1.8	2	T/4	2 Z/3
Gas dispersion	1.0	1	T/6	-
	1.8	2	T/6	2 Z/3

ตารางที่ 1 Recommended Impeller Clearance and Spacing

จากรูปที่ 3 และตารางที่ 1 จะได้สูตรการคำนวณหา Clearance (C) เมื่อใบกวนมีจำนวน 1 ชุด ได้ค่า T = 25 ซม. Z = 35 ซม. โดยกำหนดให้ ความสูงของยางรักสูงสุด(Z) = 30 ซม. หรือเท่ากับปริมาตร 15 ลิตร จากตารางที่ 1 เมื่อต้องการกวนของเหลว จะได้ค่า

$$\text{Bottom Clearance} = Z/3 \quad (1)$$

เมื่อ Z = 30 ซม. ดังนั้น C = 10 ซม.

และหาขนาดของบัพเฟอร์ได้จากสมการ

$$B = T/10 \quad (2)$$

เมื่อ T = 25 ซม. ดังนั้น B = 2.5 ซม. โดยใช้จำนวน 4 อันติรอบถังกวนผสม

2.4 การคำนวณค่า Power และ Reynolds

number

ค่า Power number และ Reynolds number สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Power number } P_o = \frac{P}{N^3 D^5 \rho} \quad (3)$$

Reynolds number $Re = \frac{ND^2\rho}{\mu}$ (4)

เมื่อ P คือ กำลังที่ใช้ของมอเตอร์ (Watts)

N คือ ความเร็วรอบในการหมุน (s)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกวน (m)

μ คือ คีอความหนืด (Pa.s)

3. เครื่องกวนยางรัก

เครื่องกวนยางรักที่ได้ออกแบบขึ้นนี้เป็นเครื่องกวนขนาดเล็กมีน้ำหนักไม่มากนักสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยสามารถทำการกวนยางรักได้ในอัตรา 10-15 ลิตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4 แสดงเครื่องกวนยางรัก

4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การประกอบอุปกรณ์การทดลอง

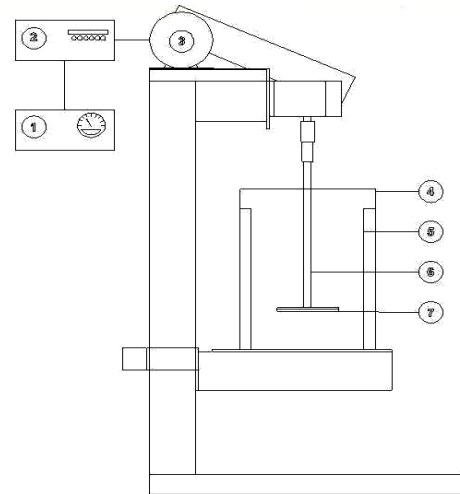
ได้ประกอบอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในรูปที่ 5 โดยวัดกำลังด้วยวัตต์มิเตอร์ และวัดความเร็วรอบด้วย Digital Tachometer วัดความหนืดยางรักด้วย เครื่อง Saybolt Universal Viscometer

4.2 วิธีการทดลอง

1. ทดลองโดยการกวนยางรักด้วยใบกวน 3 แบบ มีการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของใบกวนที่ความเร็ว 50, 100, 200 และ 400 รอบต่อนาที

2. วัดความหนืดที่เวลา 15, 30, 45, และ 60 นาทีตามลำดับ เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับความหนืดที่ต้องการ

3. วัดอุณหภูมิยางรักที่อุณหภูมิห้อง (28°C) และที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C ตามลำดับเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม

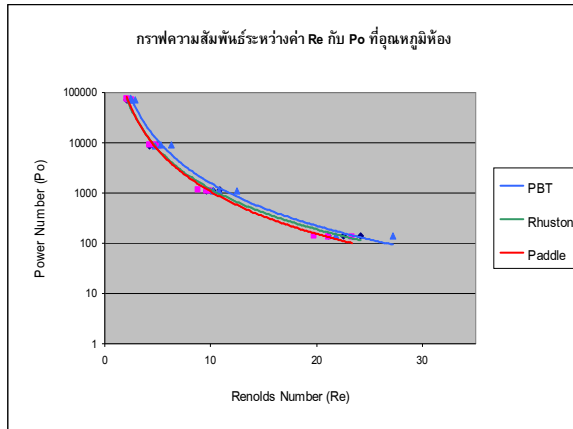


รูปที่ 5 การประกอบอุปกรณ์การทดลอง

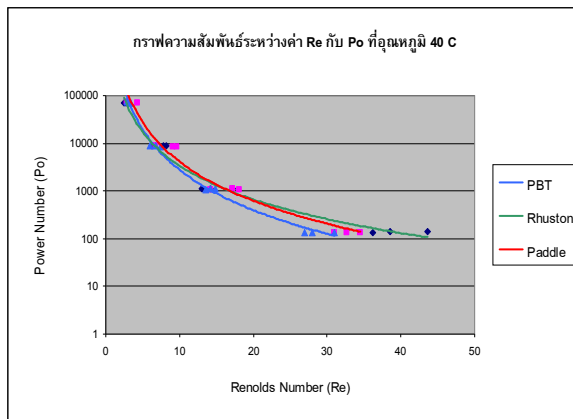
- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. วัตต์มิเตอร์ | 2. ตัวปรับความเร็วรอบ |
| 3. มอเตอร์ส่งกำลัง | 4. ถังกวน |
| 5. บัฟเฟอร์ | 6. เผลา |
| 7. ใบกวน | |

5 ผลการทดลอง

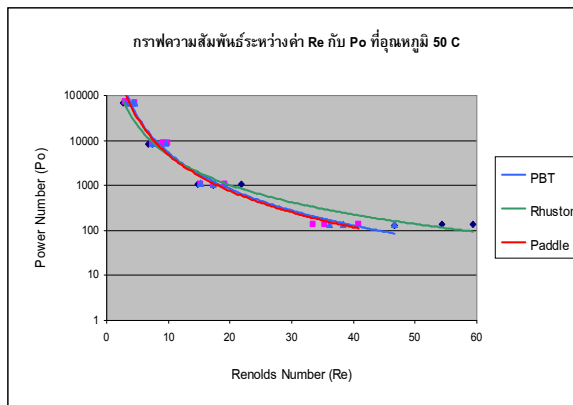
นำผลการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Power Number กับค่า Reynolds Number ที่อุณหภูมิต่างๆ จะได้ดังแสดงในรูปที่ 6-9 และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ใช้กับเวลาการที่อุณหภูมิ 40 และ 60 °C ดังแสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11



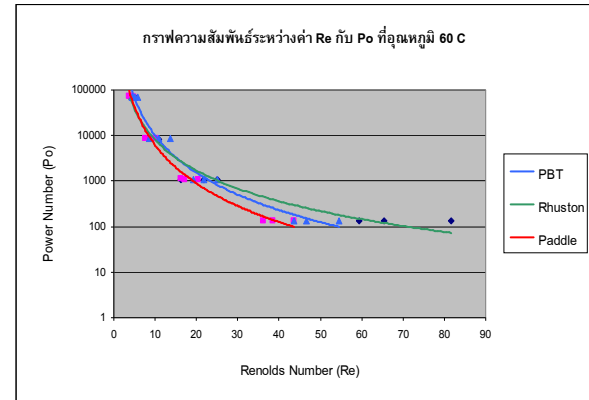
รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Re กับ P_o ที่อุณหภูมิห้อง



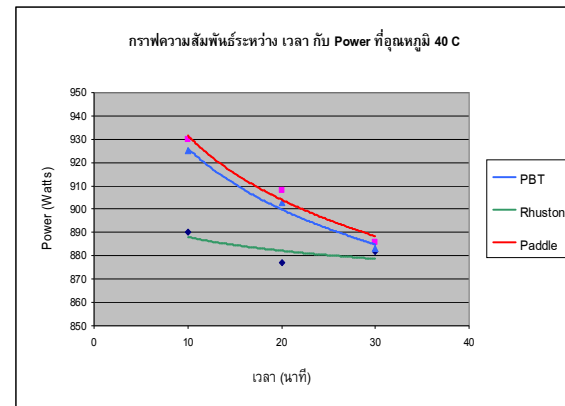
รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Re กับ P_o ที่อุณหภูมิ 40 °C



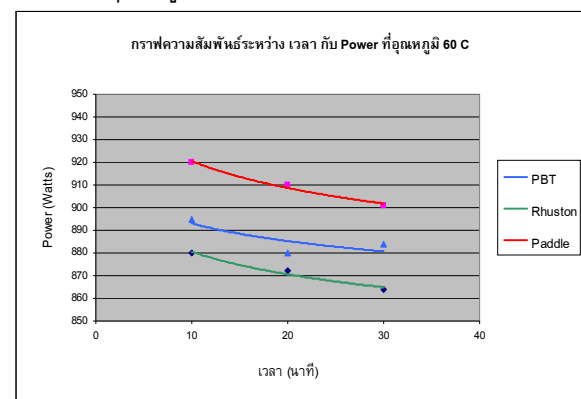
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Re กับ P_o ที่อุณหภูมิ 50 °C



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Re กับ P_o ที่อุณหภูมิ 60 °C



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ Power ที่อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ Power ที่อุณหภูมิ 60 °C

จากรูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Re และ P_o ที่อุณหภูมิห้องจะสามารถทราบได้ว่าใบ กวนประเภท Pitched blade turbine มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงความหนืดสูงที่สุดเนื่องจากเส้นกราฟ

ของใบกวนประเภทนี้ให้ค่า R_e สูงกว่าใบกวนชนิดอื่น ดังนั้นใบกวนประเภท Pitch blade turbine จึงเหมาะสมกับการกวนยางรักที่อุณหภูมิห้องมากกว่าใบกวนชนิดอื่น

จากรูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_e และ P_o ที่อุณหภูมิ 40 °C ใบกวนประเภท Paddle มีค่า R_e สูงกว่าใบกวนชนิดอื่นในค่า P_o สูง หรือความเร็วรอบต่ำ แต่ที่ค่า P_o ต่ำลงมาหรือความเร็วรอบสูงขึ้นใบกวนชนิดนี้จะให้ค่า R_e ต่ำกว่า ใบกวนแบบ Rhuston ดังนั้นใบกวนประเภท Paddle จึงเหมาะสมกับการกวนที่ความเร็วรอบต่ำ และมีอุณหภูมิมาเกี่ยวข้อง

จากรูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_e และ P_o ที่อุณหภูมิ 50 °C ใบกวนประเภท Pitch blade turbine และ Paddle จะให้ค่า R_e ในความเร็วรอบต่ำใกล้เคียงกันและเมื่อเพิ่มความเร็วรอบใบกวนประเภท Pitch blade turbine จะให้ค่า R_e สูงกว่าประเภท Paddle ใบกวนประเภท Paddle จะมีค่า R_e ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิเสถียรมากกว่าใบกวนชนิดอื่นๆ

จากรูปที่ 7, 8 และ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_e และ P_o ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 °C ตามลำดับจะแสดงให้เห็นว่าที่ค่า P_o ต่ำหรือความเร็วรอบ (N) สูง ใบกวนประเภท Rhuston ให้ค่า R_e ที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับใบกวนชนิดอื่นและจะเพิ่มสูงขึ้นอีกหากเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นดังนั้นใบกวนประเภท Rhuston จึงเหมาะสมสำหรับการกวนยางรักที่มีสิ่งเจือปนอยู่ ซึ่งใบกวนประเภทนี้ใช้สำหรับเงื่อนไขต่างๆที่ผสมอยู่ในเนื้อยางรักให้แตกออกและผสมเข้ากัน ที่อุณหภูมิสูงและความเร็วรอบสูงได้ดีที่สุด

5. จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิมากขึ้นค่า R_e ของยางรักจะสูงขึ้นเรื่อยๆ หมายความว่าเมื่ออุณหภูมิของยางรักสูงขึ้นจะทำให้ความหนืดของยางรักลดลงและเมื่อ P_o ลดลงซึ่งเปรียบเสมือนว่าความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลกับค่า R_e เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ความหนืดของยางรักลดลง

จากรูปที่ 10 และ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกำลัง ได้ข้อสรุปว่าใบกวนประเภท Rhuston ใช้กำลังในการขับใบกวนที่น้อยที่สุด และใบกวนประเภท Paddle จะใช้กำลังในการขับมากที่สุด

6.สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

1. ใบกวนประเภท Rhuston ให้ค่า R_e สูงที่สุดในการกวนในช่วงที่มีอุณหภูมิและความเร็วรอบสูง ดังนั้นใบกวนประเภท Rhuston จึงเหมาะสมสำหรับการกวนยางรักที่ความเร็วรอบสูงร่วมกับการเพิ่มอุณหภูมิในการกวน

2. ที่อุณหภูมิห้องใบกวนประเภท Pitched blade turbine ให้ค่า R_e สูงกว่าใบกวนประเภทอื่น ดังนั้นจะเหมาะสมที่จะใช้กวนที่อุณหภูมิห้อง

7.เอกสารอ้างอิง

- [1] Rm. Muthiah, R.Manjari, V.N. Krishnamurth. Rheology of HTPB Propellant: Effect of mixing speed and Mixing Time ,Defence Science Journal,Vol 43, No 2, April 1993, pp 167-172
- [2] L.Rudolph, M. Schafer, V. Atiemo-Obeng and Kraume. Experimental and Numerical Analysis of Power Consumption for Mixing of High Viscosity Fluids with A Co-Axial Mixer. Trans IChemE, Part A, Chemical Engineering Research and Design, 2007, 85(A5):568-575
- [3] Wilfried F. Schierholz. TheMixing Behaviour of non-Newtonian Fluids in stirred Tank. NAFEMS Seminar: Simulation of Complex Flows (CFD) Niedernhausen/Wiesbaden, Germany, April 25-26, 2005.
- [4] R.P. Chhabra and J.F. Richardson 1999 Non-newtonian flow in the process industries , Fundamentals and Engineering Applications

[5] Tatterson, G. B. (1994). Scaleup and Design of Industrial Mixing Processes, McGraw-Hill, New York

[6] กรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม, (2551), ศึกษา
ยารักเพื่ออนุรักษ์ภูมิปัญญาไทย