

การพัฒนาวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบเพื่อใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี

Development of Machinable Wax to be used with CNC Machine

พิทักษ์พงษ์ บุญประสม^{1,a} และ พรชัย เปรมไกรสร^b

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล^a ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน^b คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร

024570068, 02457600 ต่อ 121 [†]E-mail: Pitagpong.b@siamu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาและพัฒนาวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบ (Machinable wax) สำหรับงานกัดด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี วิธีดำเนินงานโดยศึกษาจากสารตัวเติมของวัสดุทดลอง 4 ชนิดเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง polyethylene wax 55% - 75% กับ glue stick 5% - 25% โดยให้ paraffin wax กับ microcrystalline wax คงที่ 10% นำวัสดุที่ได้ไปทดสอบหาค่าความหนาแน่นและหาค่าความแข็งตามมาตรฐาน ASTM D 2240 ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งดูโรมิเตอร์ ชอร์ ดี (Durometer Shore D) ทดสอบการตัดเฉือนวัสดุด้วยเครื่องมือตัด end mill และ ball mill โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ผลการทดลองได้วัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยที่ 38 shore D และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.95 ทดสอบการตัดเฉือนวัสดุได้ผิวสำเร็จตามต้องการ

คำสำคัญ: วัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบ/ ดูโรมิเตอร์ ชอร์ ดี/ เครื่องกัดซีเอ็นซี

Abstract

The purpose of this study is to develop and formulate a suitable composition of a machinable wax to be used in CNC machine. The composition was studied by varying a ratio

of polyethylene wax 55%-75%, glue stick 5%-25%, paraffin wax (10%) and microcrystalline wax (10%). The material was determined a specific gravity, hardness norm ASTM D 2240 and shear strength with CNC machine in 2- and 3-dimension. The results show that the suitable composition of polyethylene wax, glue stick, paraffin wax and microcrystalline wax is 65%, 15%, 10% and 10%, respectively. The average specific gravity and hardness are 0.95 and 38 shore D. The material was tested with End mill and Ball mill shearing machine. It gives an acceptable result.

Keyword: Machinable Wax / Durometer Shore D / CNC Machine

1. บทนำ

การใช้โลหะเป็นวัสดุในการกัดขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบในแต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายสูง เพราะโลหะมีความแข็งต้องใช้เวลาในการกัดมาก และต้องใช้เครื่องมือตัดที่มีความแข็งมากเช่นกัน ปัจจัยข้างต้นเป็นเหตุที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบ (machinable wax) เพื่อนำมาเป็นวัสดุในการกัดขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบแทน

โลหะ แต่วัสดุดังกล่าวยังมีราคาสูงเนื่องจากต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ขนาด 2" x 2" x 6" ราคา 24.95 เหรียญสหรัฐหรือประมาณ 873 บาท (1 เหรียญสหรัฐประมาณ 35 บาท) [1]

ด้วยเหตุผลดังกล่าวโครงการนี้ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาองค์ประกอบวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบ จากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก หาซื้อได้ในประเทศ นำมาเป็นส่วนผสมเพื่อสร้างวัสดุทดแทน โดยทำการปรับปรุงสมบัติและลักษณะให้ได้ตามความต้องการ ให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุที่นำเข้าจากต่างประเทศ

Cilindro, L.D. [2] ได้ดัดแปลงส่วนประกอบวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบโดยใช้ส่วนผสมของ paraffin wax, microcrystalline wax เป็นสารช่วยลดแรงเสียดทาน เพิ่มความเงางามและทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่น (lubricant) นอกจากนี้ยังใช้ ethylene/vinyl acetate copolymer ช่วยรักษาความเงางาม และช่วยให้รวมกับ paraffin wax ได้ดีขึ้น และมีส่วนผสมของ nonemulsifiable polyethylene wax ซึ่งช่วยให้สีกระจายตัวในแม่พิมพ์ เพิ่มความแข็ง (hardness) และลดการกัดกร่อนของวัสดุ

2. ขั้นตอนการสร้างวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบ

2.1 การสร้างวัสดุทดลอง

การสร้างวัสดุทดลองทำโดยผสมสารเคมี 4 ชนิด คือ 1. paraffin wax 2. microcrystalline wax 3. polyethylene wax 4. glue stick ตามอัตราส่วนผสมที่ได้ออกแบบไว้โดยช่างน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ชั่งน้ำหนักและเตรียมสารก่อนนำไปผสม

นำสารทุกชนิดที่เตรียมไว้มาผสมกันแล้วให้ความร้อนโดยวิธีการต้มในปีกเกอร์ จนสารทุกชนิดหลอมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน (รูปที่ 2) นำส่วนผสมที่ได้มาเทในบล็อกที่เตรียมไว้ขนาด 4.5" x 4.5" x 1.5" (รูปที่ 3)



รูปที่ 2. การผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยวิธีการต้ม

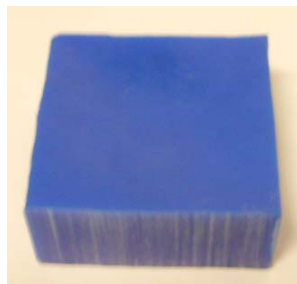


รูปที่ 3. บล็อกที่ใช้ขึ้นรูปวัสดุ

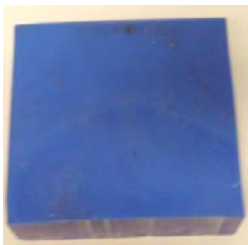
จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อบรรลุระยะเวลาที่เนื้อวัสดุเกิดการแข็งตัวและคงรูป โดยใช้เวลาประมาณ 24 - 48 ชม. จึงพร้อมนำไปใช้งาน ในการทดลองนี้ได้เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยมวลจำนวน 5 อัตราส่วน (ตารางที่ 1) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุ (รูปที่ 4)



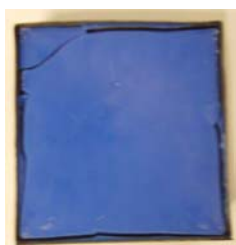
ชั้นที่ 1



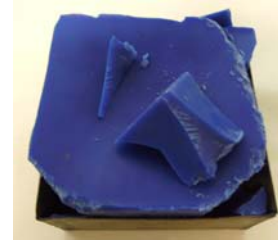
ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4



ชั้นที่ 5

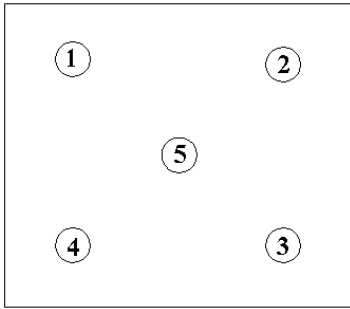
รูปที่ 4. ภาพของวัสดุที่อัตราส่วนโดยมวลที่ต่างกัน 5 อัตราส่วน

2.2 การทดสอบความแข็ง (hardness testing)

ในการทดลองได้เพิ่มลดอัตราส่วน polyethylene wax เพื่อศึกษาว่ามีผลต่อความแข็งของวัสดุอย่างไร โดยการนำวัสดุที่แข็งตัวแล้วมาวัดค่าความแข็งตามมาตรฐาน ASTM D 2240 ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งดูโรมิเตอร์ ชอร์ ดี (Durometer Shore D) ในการทดลอง เมื่อแป้นกดของดูโรมิเตอร์ ถูกกดให้สัมผัสแนบสนิทกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบ ให้อ่านค่าความแข็งภายหลังจากที่หัวกดสัมผัสแนบสนิทกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบ (รูปที่ 5) ทำการวัดค่าความแข็งของชิ้นทดสอบที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน 5 จุด (รูปที่ 6) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยบันทึกผลลงใน ตารางที่ 1



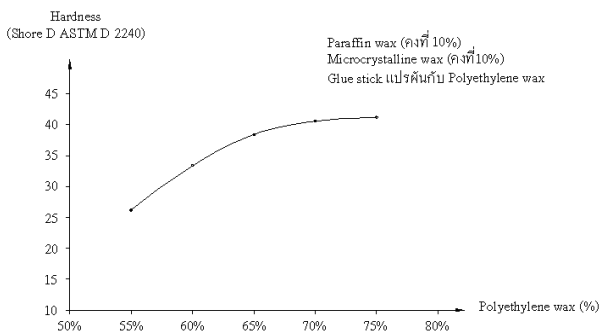
รูปที่ 5. แสดงการวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์



รูปที่ 6. ตำแหน่งในการวัดค่าความแข็ง

ตารางที่ 1. ผลค่าความแข็งของชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ ชอร์ ดี ของชิ้นงาน 5 ชิ้น

ชิ้นที่	Paraffin wax (%)	Microcrystalline wax (%)	Glue stick (%)	Polyethylene wax (%)	Hardness Test (Shore D ASTM D 2240)
1	10	10	25	55	26.2
2	10	10	20	60	33.4
3	10	10	15	65	38.4
4	10	10	10	70	40.6
5	10	10	5	75	41.2



กราฟที่ 1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและปริมาณ polyethylene wax

จากกราฟที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ polyethylene wax (55-70%) ที่ผสมลงไปเพิ่มขึ้น (ยกเว้นที่ 70%, polyethylene wax) จึงเชื่อได้ว่าอัตราส่วน polyethylene wax มีผลต่อความแข็งของวัสดุ แต่เมื่ออัตราส่วน polyethylene wax มีมากจนเกินไปจะทำให้ชิ้นงานเกิดความเปราะและแตกหักง่าย (ชิ้นงานที่ 4 และ 5 ของรูปที่ 4)

2.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity determination)

นำชิ้นงานทดสอบไปชั่งบนเครื่องชั่งดิจิทัลเพื่อหามวล ดังรูปที่ 7 และนำไปหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำในปิกรเกอร์ ดังรูปที่ 8 โดยวัดปริมาตรในหน่วย cm^3 ของน้ำที่ถูกวัตถุแทนที่ นำค่าที่ได้มาหาค่าความถ่วงจำเพาะ

โดยนำมวลหารด้วยปริมาตรที่ได้ดังสมการ (1) บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 2



รูปที่ 7. การหามวลโดยการนำไปชั่งบนเครื่องชั่งดิจิทัล



รูปที่ 8. การหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำในปิกรเกอร์

$$d = \frac{m}{V} \quad \dots(1)$$

เมื่อ

d = ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของวัตถุ

$$(\text{g}/\text{cm}^3)$$

$m =$ มวลของวัตถุ (g)

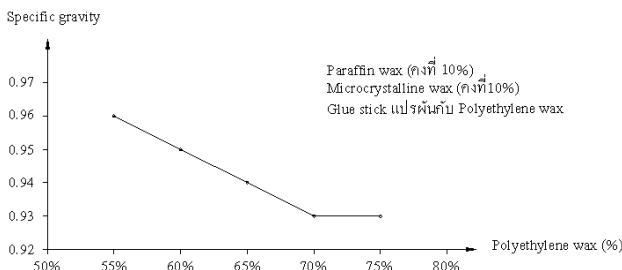
$V =$ ปริมาตรของวัตถุ (cm^3)

ผลการทดลองได้ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุตั้งตารางที่ 2 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะและปริมาณ polyethylene wax (55-70%) แปรผกผันกันดังกราฟที่ 2 (ยกเว้นที่ 75%, polyethylene wax)

ตารางที่ 2. ผลค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

โดยวิธีการแทนที่น้ำของชิ้นงาน 5 อัตราส่วน

ชั้นที่	Paraffin wax (%)	Microcrystalline wax (%)	Glue stick (%)	Polyethylene wax (%)	มวลของวัตถุ (g)	ปริมาตรของวัตถุจากการแทนที่น้ำ (cm^3)	Specific gravity
1	10	10	25	55	196.03	204	0.96
2	10	10	20	60	194.75	205	0.95
3	10	10	15	65	194.58	207	0.94
4	10	10	10	70	193.34	208	0.93
5	10	10	5	75	193.23	208	0.93



กราฟที่ 2. ความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะกับปริมาณ polyethylene wax

จากผลการทดสอบ อัตราส่วนที่เหมาะสมในการตัดเฉือนขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี โดยต้องการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยมวลจำนวน 5 อัตราส่วน จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพ ดังรูปที่ 4 และค่าจากการทดสอบความแข็งด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์พบว่าอัตราส่วนโดยมวลของแต่ละส่วนผสมมีดังนี้

ชั้นที่ 1 ลักษณะภายนอกจับตัวกันเป็นก้อนดี แต่มีความแข็ง 26.2 Shore D ต่ำกว่าเกณฑ์นำใช้งาน

ชั้นที่ 2 ลักษณะภายนอกจับตัวกันเป็นก้อนดี

แต่มีความแข็ง 33.4 Shore D ต่ำกว่าเกณฑ์นำใช้งาน

ชั้นที่ 3 ลักษณะภายนอกจับตัวกันเป็นก้อนดี

และค่าความแข็ง 38.4 Shore D อยู่ในเกณฑ์นำใช้งาน

ชั้นที่ 4 ลักษณะภายนอกเริ่มไม่จับตัวกันเป็นก้อน มีรอยแตกร้าวของเนื้อวัสดุ มีความเปราะ มีความแข็ง 40.6 Shore D สูงอยู่ในเกณฑ์ใช้งาน

ชั้นที่ 5 ลักษณะภายนอกไม่จับตัวกันเป็นก้อน มีรอยแตกร้าวของเนื้อวัสดุ มีความเปราะสูง มีความแข็ง 41.2 Shore D สูงอยู่ในเกณฑ์ใช้งาน

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับการจับยึดตัวของวัสดุโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ polyethylene wax และ glue stick พบว่า

1. ปริมาณการเพิ่มขึ้นของ polyethylene wax จะทำให้เนื้อวัสดุมีความแข็ง แต่จะทำให้การจับตัวของเนื้อวัสดุมีค่าลดลง เนื่องจากต้องลดสัดส่วนของ glue stick ลง

2. ปริมาณการเพิ่มขึ้นของ glue stick จะทำให้เนื้อวัสดุจับตัวกันดี แต่ความแข็งลดลง เนื่องจากต้องลดเนื้อสาร polyethylene wax (ที่มีสมบัติทำให้แข็ง) ลดลง

นำวัสดุทั้งหมดไปทดลองตัดเฉือนขึ้นต้นด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีพบว่า

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบตัดเฉือนเนื้อวัสดุ

ชั้นที่	เนื้อของวัสดุเมื่อตัดเฉือนด้วย	
	End mill	Ball mill
1	มีเศษซากเกาะติดมาก	ผิวหยาบเป็นลายตามรอยมีด
2	มีเศษซากเกาะติดมาก	ผิวหยาบเป็นลายตามรอยมีด
3	มีเศษซากเกาะติดน้อย	ผิวเรียบไม่มีลายรอยมีดติด
4	มีเศษซากเกาะติดน้อย	ผิวแตกหลุดบางจุดมีลายมีด
5	ไม่มีเศษซากเกาะติด	ผิวแตกหลุดมากมีลายรอยมีด

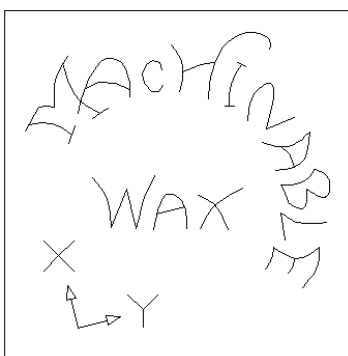
จึงเลือกวัสดุทดแทนชั้นที่ 3 ไปทดสอบทางกายภาพด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี

3. ทดสอบทางกายภาพด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี

ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี MAHO MH 500W, Philips 432 Controller ในขั้นตอนนี้ แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะ คือแบบสองมิติและสามมิติ

3.1 ทดสอบกัดชิ้นงานแบบสองมิติ

การทดสอบแบบสองมิตินี้มีเงื่อนไข ดังนี้ กัดชิ้นงานที่ความลึก 5 mm. ใช้เครื่องมือ End mill ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm. กำหนดความเร็วรอบเท่ากับ 2,000 rpm. และ อัตราป้อน = 200 mm/min. แบบดังรูปที่ 9



รูปที่ 9. แบบของงานกัดสองมิติ

หลังจากกัดชิ้นงานตามโปรแกรมคำสั่งแล้วจะได้ชิ้นงานสังเกตพบว่า ชิ้นงานมีเศษซากติดกับชิ้นงานเล็กๆ ในบางจุด โดยเฉพาะตามร่องมีดกัด ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10. ภาพชิ้นงานจากแบบงาน 2 มิติ

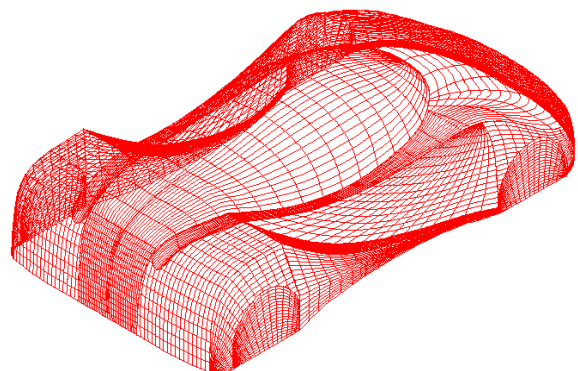
3.2 ทดสอบกัดชิ้นงานแบบสามมิติ

การทดสอบแบบสามมิตินี้มีข้อมูลเบื้องต้นที่กำหนดการตัดเฉือนกับเครื่องกัดซีเอ็นซีไว้ดังนี้

ตารางที่ 4. ข้อมูลที่กำหนดให้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี

งาน	เครื่องมือตัด mm.	ความเร็วรอบ rpm.	อัตราป้อน mm./min.
กัดหยาบ	Endmill $\phi 10$	3,000	600
กัดกึ่งหยาบ	Ballmill $\phi 8$	3,000	400
กัดละเอียด	Ballmill $\phi 4$	3,500	200

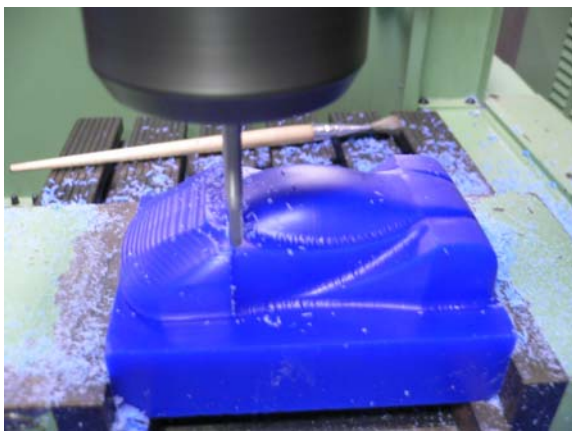
กัดตามแบบผิวโค้งอิสระ โดยใช้โปรแกรมช่วยออกแบบและผลิต CAD/CAM : Computer Aided ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11. แบบของงานกัด 3 มิติ



รูปที่ 12. วัสดุที่ผ่านงานกัดหยาบ



รูปที่ 13. วัสดุที่ผ่านงานกัดกึ่งหยาบกึ่งละเอียด และกำลังกัดละเอียด

หลังจากกัดชิ้นงานตามโปรแกรมคำสั่งเรียบร้อยแล้ว จะได้ชิ้นงานผิวสำเร็จ ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14. ชิ้นงานจากแบบงานสามมิติ ที่มีผิวสำเร็จ

จากการสังเกตใน 3 ขั้นตอนการกัดงานพบว่า

- งานกัดหยาบ ด้วยมีด end mill พบว่าเมื่อ feed มาก ชิ้นงานจะแตกออกเป็นเศษขนาดเล็ก ๆ ในบางจุด

- งานกัดกึ่งหยาบกึ่งละเอียด ด้วยมีด ball mill พบว่า จะเดิน feed เร็วหรือช้าก็ไม่มีผลต่อชิ้นงาน ไม่มีเศษที่แตกออกมาจากเนื้อวัสดุ

- งานกัดละเอียด ด้วยมีด ball mill ไม่พบปัญหา ผิวงานที่ได้มีความเรียบเป็นเงา

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยเครื่องกัด ซีเอ็นซี คือ อัตราส่วนชิ้นที่ 3 โดยมีส่วนผสมคือ 1. paraffin wax 10% 2. microcrystalline wax 10% 3. polyethylene wax 65% 4. glue stick 15% มีค่าความแข็งเฉลี่ยที่ 38.4 shore D และค่าความถ่วงจำเพาะที่ 0.95 จากอัตราส่วนผสมนี้มีลักษณะของเนื้อวัสดุที่จับตัวกันเป็นก้อนดี ไม่เปราะหรือแตกง่าย เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องกัด ซีเอ็นซีเป็นวัสดุทดลองขึ้นรูปต้นแบบทั่วไป

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ถ้าหากมีการวิจัยต่อเนื่องเพื่อผลิตในเชิงอุตสาหกรรมโดยนำวัสดุที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น ทดสอบ flash point, softening point เพื่อพัฒนาคุณภาพวัสดุให้ดียิ่งขึ้นและความปลอดภัยในการเก็บรักษา จะทำให้สามารถพัฒนาวัสดุทดแทนเชิงอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสยามที่
ส่งเสริมการทำวิจัยของคณาจารย์และขอขอบคุณ
รศ.ดร.วันชัย วิจิรวณิช ผศ.สราวุธ วรสุมนต์ ที่ได้ให้
คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ

6. เอกสารอ้างอิง.

[1] Machinable wax catalog (Online).

Available

URL:http://www.machinablewax.com/machinable_wax_product_2.htm

[2] Cilindro. L.D., Machinable Wax for
Prototype Patterns. US patent no. 4,518,288,
May 21, 1985.

[3] Lin, Su-Chen Jonathan.,Computer
Numerical Control, Delmar Publishers Inc, 2002.

[4] Ibrahim Zeid.,Mastering CAD/CAM,
McGraw Hill, 2005.

[5] พิทักษ์พงษ์ บุญประสม. คู่มือปฏิบัติงาน
เครื่องกัดซีเอ็นซี.จามจุรีโปรดักส์.กรุงเทพฯ,2549.

[6] จินตมัย สุวรรณประทีป. การทดสอบสมบัติ
ทางกลของพลาสติก. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
(ไทย-ญี่ปุ่น).พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ, 2547.