

การศึกษาความเป็นไปได้การนำทรายแม่น้ำมูลมาใช้ทำแบบหล่อโดยวิธี FURAN NO-BAKE

ศุริยา โชคสวัสดิ์* ภาควิชา ศึกษาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์**

* ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ

จ.อุบลราชธานี 34190 โทร 045-288376-7, E-mail: ensurich@cc.ubu.ac.th, suriya@eng.ubu.ac.th

** นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อหาแนวทางในการนำทรายแม่น้ำมูลมาทดแทนทรายทะเลเพื่อใช้ทำแบบหล่อที่ทำโดยกรรมวิธีฟูรานเรซิน ซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกใช้ทรายแม่น้ำมูลในการศึกษา โดยวิธีการศึกษาคุณสมบัติของทราย อิงตามมาตรฐาน A.F.S.(American Foundry Society) ประกอบด้วยการทดสอบ หาขนาดและการกระจายตัวของเม็ดทราย การทดสอบความแข็งแรง และการทดสอบอัตราการซึมผ่านหรือความโปร่ง โดยกำหนดปริมาณของ resin 4%, 6% และ 8% โดยน้ำหนักของทราย และปริมาณของ catalyst ;30,40 และ 50% โดยน้ำหนักของ resin และช่วงเวลาในการทำการศึกษาการทำปฏิกิริยาของเรซินและcatalyst โดย เริ่มต้นทดลองที่เวลา 0.5, 1, 2, 3, 5, และ 24 ชั่วโมง

ผลการศึกษาพบค่า A.F.S. Gain Fineness Number ประมาณ 38 ค่าความแข็งแรงที่ปริมาณ catalyst 30,40 และ 50 % คือ 101.86, 105.92, และ 98.04 kg/cm²ตามลำดับ และค่าความโปร่ง คือ 358,361, และ 368 ตามลำดับปริมาณของ resin 4%, 6 % และ 8% ได้ค่าความแข็งแรง 97.06, 133.21 และ 141.12 kg/cm²ตามลำดับ และค่าความโปร่ง คือ 331,294 และ 197 ตามลำดับ

สรุปผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยทำให้ทราบว่าทรายแม่น้ำมูลมาใช้ทำแบบหล่อโดยวิธี Furan resin ความแข็งแรงของแบบและค่าความ โปร่งอยู่ในระดับที่สูงซึ่งเหมาะกับการใช้กับงานหล่อที่มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ทำแบบหล่อทดแทนทรายทะเลหรือที่ใช้กันทั่วไปคือ ทรายละเอียด แต่อย่างไรก็ตามยังต้องศึกษาเพิ่มเติมในความสัมพันธ์ค่าต่อการลงทุนและผลกระทบต่อด้านอื่นๆที่จะตามมา

คำสำคัญ : Moon River Sand mold / Furan No-Bake

1. บทนำ

การทำแบบหล่อมียหลายวิธี แต่ที่รู้จักกันทั่วไปจะแบ่งออกเป็นทรายธรรมชาติกับทรายสังเคราะห์หรือ ทรายวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของทรายทำแบบหล่อจะประกอบไปด้วยส่วนผสมหลักที่สำคัญ คือ ทราย ตัวประสานและสารเพิ่มพิเศษ ถ้าเป็นแบบหล่อทรายชั้นจะใช้เบนโทไนท์เป็นตัวประสานผสมกับน้ำ แต่ถ้าเป็นทรายสังเคราะห์ จะมีสารเคมีบางชนิดเป็นตัวประสาน กรรมวิธีการทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีบางชนิดอาจจะใช้แก๊สเป็นตัวช่วย บางชนิดอาจจะอาศัยความร้อนเป็นตัวช่วย แต่บางชนิดจะทำปฏิกิริยาเองแต่ต้องให้เวลาในการทำปฏิกิริยา

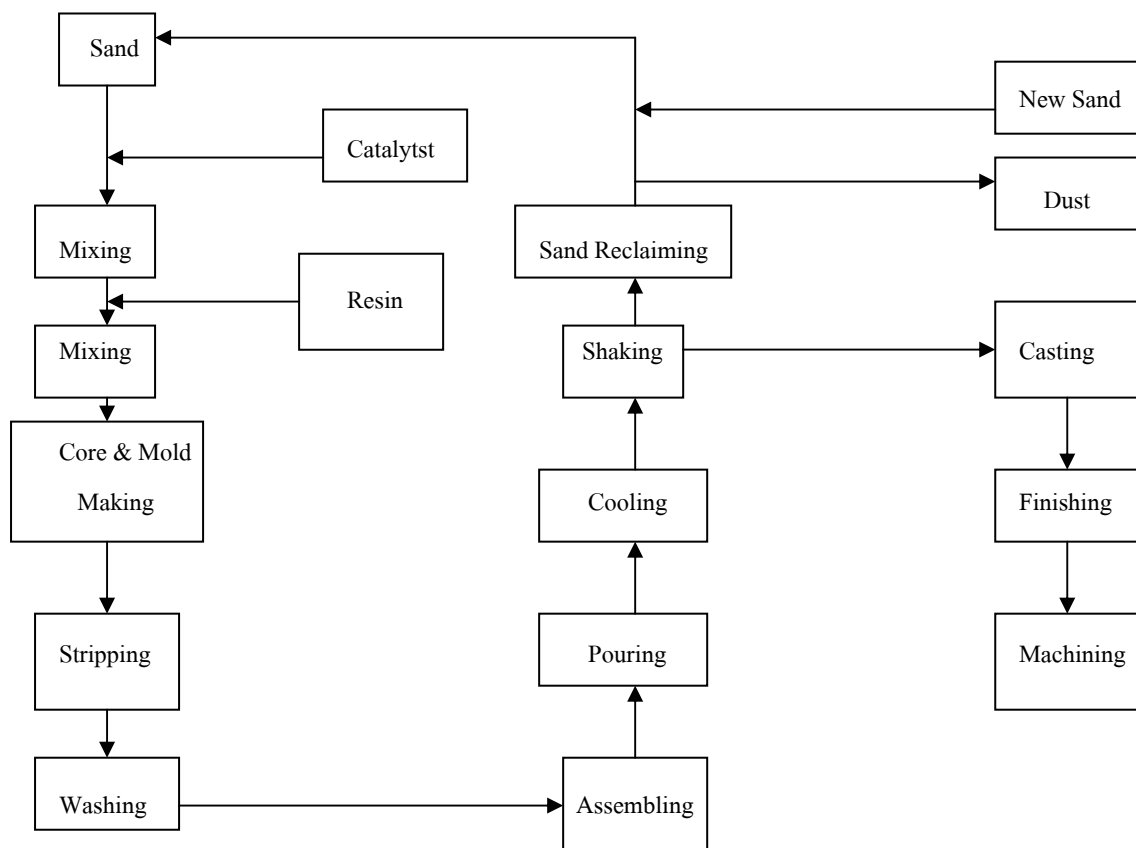
ทรายทำแบบหล่อระบบฟูราน หรือบางครั้งเรียกว่า Furan no-bake molding system เป็นแบบหล่อสังเคราะห์ที่มีทรายเป็นองค์ประกอบหลัก ใช้เรซินเป็นตัวประสาน โดยต้องมีสารเร่งปฏิกิริยาหรือ catalyst ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาให้แบบหล่อเกิดการแข็งตัวตามระยะเวลาที่เหมาะสม ปัจจุบันระบบทรายทำแบบวิธีฟูรานได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางมากขึ้นตามลำดับในประเทศไทย แต่ในประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงได้นำเอาระบบนี้มาใช้ใน

อุตสาหกรรมหล่อโลหะกันมาตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1950 เป็นต้นมา แต่ในยุคนั้นยังใช้กรรมวิธีนำความร้อนมาช่วยให้แบบหล่อแข็งตัว ต่อมาราวต้นทศวรรษที่ 1960 ระบบฟูรานได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆจนไม่ต้องใช้ความร้อนแล้วสามารถแข็งตัวได้เองที่อุณหภูมิห้องเรียกกระบวนการนี้ว่า Furan No-Bake (ที่มา : เอกสารแนะนำ Kao Lightner Furan Resin)

ข้อได้เปรียบของระบบทรายฟูราน คือ

1. การไหลตัวของทรายดีในขณะที่ทำแบบ
2. มีความแข็งแรงสูงเหมาะแก่การทำแม่แบบและใส่แบบ
3. การแข็งตัวสม่ำเสมอทั่วกันทุกจุด
4. การถอดแบบออกจากกระสวนได้ง่าย
5. งานหล่อที่ได้มีขนาดแม่นยำและมีรายละเอียดครบถ้วน
6. มีจุดเสียบนชิ้นงานน้อย
7. ช่วยให้กระบวนการหล่อมีประสิทธิภาพสูง
8. ใช้ได้ดีกับการหล่อโลหะทุกชนิด
9. ลือแบบได้ง่าย
10. นำทรายกลับมาใช้ใหม่ได้มากทรายที่เสียมีปริมาณน้อย

1.1 กระบวนการผลิตงานหล่อที่ใช้ทรายระบบฟูราน(ที่มา : Kao Industrial (Thailand)) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานหล่อโดยวิธีระบบทรายฟูราน (ที่มา : kao industrial (Thailand) co.,Ltd.)

1.2 ปัญหาและความสำคัญ

ปัจจุบัน ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมหล่อโลหะที่อยู่ในเขตพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งทรายทะเล คือกลุ่มที่อยู่ภูมิภาคต่างๆจะนำเอาทรายแม่น้ำมาใช้ทำแบบหล่อโดยวิธีแบบทรายขึ้น ซึ่งจะประสบปัญหาเรื่องคุณภาพและทรายมีความแข็งแรงต่ำแต่มีข้อได้เปรียบคือ หาง่ายราคาถูก ต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทรายทะเลหรือทรายระยองซึ่งมีคุณภาพดีกว่าแต่จะมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่ามาก หากพิจารณาเฉพาะต้นทุนการขนส่งแล้วจะพบว่าแปรผันโดยตรงตามระยะทางอย่างเห็นได้ชัด สำหรับจังหวัดที่อยู่ติดลำน้ำใหญ่ซึ่งมีทรายแม่น้ำปริมาณมากและคุณภาพดีเช่น ทรายแม่น้ำโขง แม่น้ำชี และแม่น้ำมูลเป็นต้น จึงเลือกที่จะนำทรายแม่น้ำมาใช้แทนทรายทะเลหรือทรายจากระยอง แม้ว่าจะประสบปัญหาเรื่องคุณภาพของทรายและอายุการใช้งานจะสู้ทรายทะเลไม่ได้ก็ตามเพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งในด้านต้นทุน ผลกระทบที่เกิดจากคุณภาพของทรายคือ ปริมาณของงานหล่อเสียสูง ผลิตงานหล่อที่มีคุณภาพสูงไม่ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการนำทรายแม่น้ำโดย เลือกเอาทรายแม่น้ำมูล ช่วงไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี นำมาทำแบบหล่อ โดยวิธีฟูราน เรซิน ซึ่งถ้าหากผลการวิจัยมีความเป็นไปได้ก็สามารถช่วยแก้ปัญหาให้แก่ผู้ประกอบการและเพิ่มทางเลือกในการนำทรายที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาทำแบบหล่อโดยวิธีอื่นนอกจากกรรมวิธีแบบทรายขึ้นที่ทำอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีข้อจำกัดดังที่กล่าวมาในเบื้องต้น

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 กำหนดอัตราส่วนผสมของทรายทำแบบ

ส่วนผสมของแบบหล่อวิธีฟูราน ประกอบด้วย ทราย เรซิน และ คะตะลิส โดย ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งชุดทดลองออกเป็น 2 ชุด ดังแสดงในตาราง และสารเคมีที่ใช้คือ Kao Lightner Resin 340 B และ Kao Lightner Catalyst C-14 T ทรายที่นำมาศึกษาทดลอง คือทรายแม่น้ำมูล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับทรายระยอง ค่า pH(g) ของทรายแม่น้ำมูล = 3.73 และทรายระยอง = 6.03

ชุดที่ 1 ใช้ RESIN 6% ของน้ำหนัก ทราย	ปริมาณของ CATALYST ที่ใช้		
	30 % ของน้ำหนัก resin	40 % ของน้ำหนัก resin	50% ของน้ำหนัก resin
ชุดที่ 2 ใช้ CATALYS 40% ของ น้ำหนัก RESIN	ปริมาณ Resin ที่ใช้		
	4% ของน้ำหนักทราย	6% ของน้ำหนักทราย	8% ของน้ำหนักทราย

ตารางที่ 1: อัตราส่วนผสมของทรายที่จะทำการทดลอง

2.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาวิจัยทรายทำแบบหล่อ จะทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของทรายที่นำมาทำแบบหล่อที่ผสมตัวประสาน

ตามปริมาณที่กำหนด ซึ่งในการวิจัยนี้ได้อิงวิธีการตาม มาตรฐาน ของ A.F.S. (American Foundry Society) โดย จะทำการ ทดสอบหาขนาดและการกระจายตัวของเม็ดทรายแม่น้ำมูล ค่าความแข็งแรงของทรายทำแบบ และค่าความโปร่ง มี เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- 2.2.1 เครื่อง X-Ray Fluorescence ยี่ห้อ KEVEX EDX-771 SUPPERDRY สำหรับวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี
- 2.2.2 เครื่องทดสอบหาอัตราการซึมผ่านของแก๊ส ยี่ห้อ SIMPSON GEROSA 42105 M
- 2.2.3 เครื่อง Universal Sand Strength Machine ยี่ห้อ SIMPSON-GEROSA NUMBER 42104-M
- 2.2.4 อุปกรณ์ชุดอัดเตรียมแท่งทรายตัวอย่างมาตรฐาน A.F.S.

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ทรายแม่น้ำมูล มีค่า pH = 3.73 ส่วนประกอบของธาตุ ดังแสดงในตารางที่ 2 จะพบว่าปริมาณของ Si ของทราย แม่น้ำมูลจะต่ำกว่าทรายระยอง และปริมาณของ Fe และ Ti จะมีสูงกว่าทรายระยอง ซึ่งความแตกต่างของธาตุผสมทั้งหมดและปริมาณจะมีผลโดยตรงต่อ คุณสมบัติด้านการทำปฏิกิริยาของทรายที่ใช้สารเคมีเป็นตัวผสมอย่างแน่นอน

ธาตุ ทราย	ธาตุต่างๆที่ผสมในทราย										
	Si	Fe	K	Ca	Cu	Mn	Zn	Ti	Cr	Ga	Ni
ทราย-ระยอง	99.27 wt%	0.35 wt%	-	-	85.21p pm	631.9 ppm	540.4pp m	0.19 wt%	505.5 ppm	-	1347 ppm
ทราย-มูล	98.99 wt%	0.85 wt%	-	-	85.21 ppm	-	441.60 ppm	572.9 ppm	433.77 ppm	-	75.03 ppm

ตารางที่ 2: ปริมาณของธาตุต่างๆในทรายตัวอย่าง

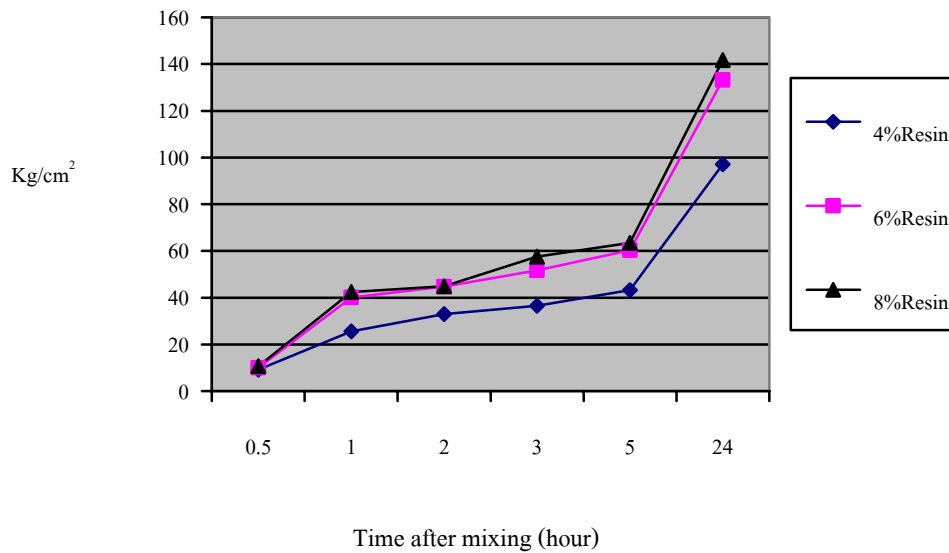
3.2 ผลของการทดสอบค่า Compressive strength (kg/cm²) ของตัวอย่างชุดที่ 1

	compressive strength (kg/cm ²) – เวลาที่ปล่อยให้แข็งตัว(ชั่วโมง)					
	0.5	1	2	3	5	24
4%Resin	9.13	25.59	33.01	36.58	43.15	97.06
6%Resin	9.96	40.05	44.76	51.66	60.36	133.21
8%Resin	10.6	42.45	44.87	57.64	63.39	141.62

ตารางที่ 3: ข้อมูลผลการทดสอบหาค่า compressive strength ใช้ส่วนผสม CATATYST 40%ลงที่ โดย น้ำหนักของ resin

เมื่อพิจารณาผลที่ได้พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปหลังจากการผสมเสร็จแล้ว 0.5 ชั่วโมง ค่าความแข็งแรงไม่ต่างกันมากนัก โดย แนวโน้มความแข็งแรงจะแปรผันโดยตรงตามปริมาณของเรซิน แต่เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 1 ชั่วโมง ทำให้ค่าความแข็งแรง เพิ่งสูงขึ้นเรื่อยๆ โดย ค่าจะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของเรซินที่น้อยไปหามาก คือ 4%, 6% และ 8%resin ตามลำดับ จนถึง

ช่วงเวลาสูงสุดที่ปล่อยทิ้งไว้คือ 24 ชั่วโมง ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากเวลาช่วงเริ่มต้นเรซินจะยังอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวอยู่ เมื่อเวลาผ่านไป เรซินเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเพิ่มมากขึ้นและจะแข็งตัวสมบูรณ์ที่เวลาตั้งแต่ 24 ชั่วโมงขึ้นไป ทำให้เราทราบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการนำไปเทหล่อควรเป็นเท่าใด



รูปที่ 2: กราฟแสดง *Compressive strength* (kg/cm^2) ที่เวลาต่างๆที่ปล่อยให้ทรายเป็นตัวอย่างแข็งตัวใช้ส่วนผสม *CATATYST* 40% โดย น้ำหนักของ resin

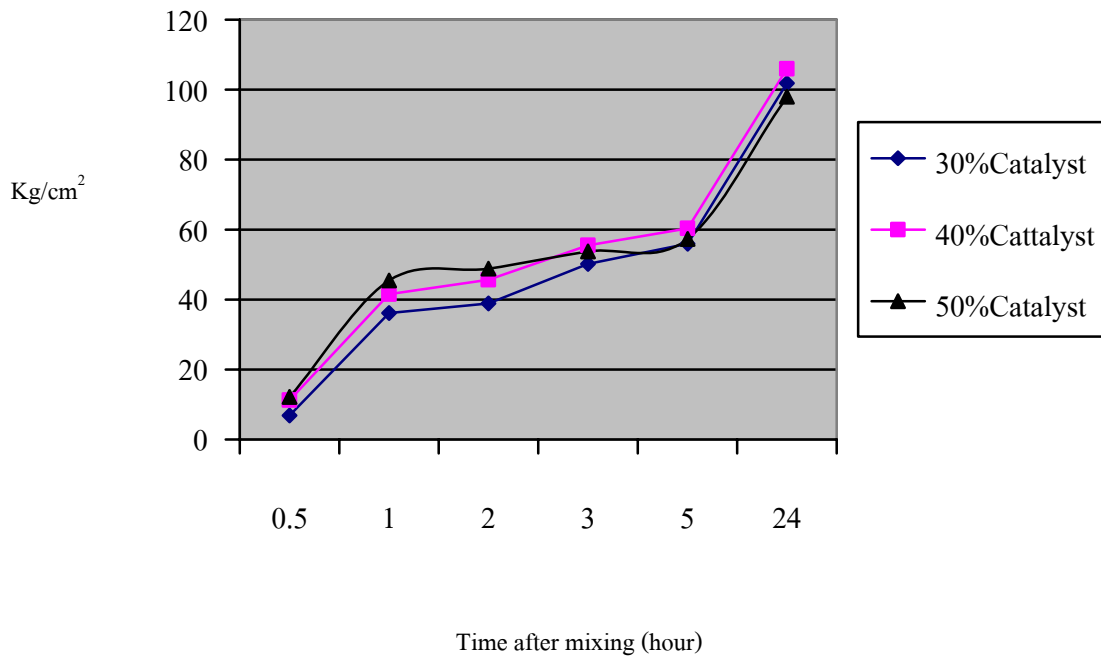
3.3 ผลการทดสอบค่า *Compressive strength* (kg/cm^2) ของตัวอย่างชุดที่ 2 ใช้ resin 6% โดยน้ำหนักของทราย และใช้ *Catalyst* 30,40,และ 50% โดยน้ำหนักของ resin

% Catalyst	compressive strength (kg/cm^2) – เวลาที่ปล่อยให้แข็งตัว(ชั่วโมง)					
	0.5	1	2	3	5	24
30 %	6.86	36.18	38.84	50.17	55.92	101.86
40 %	11.2	41.51	45.61	55.48	60.28	105.92
50 %	12.16	45.43	48.83	53.77	57.30	98.04

ตารางที่ 4: ข้อมูลผลการทดสอบหาค่า *compressive strength* ใช้ส่วนผสม Resin 6% โดยน้ำหนักของทราย

ผลของการทดลองพบว่า เมื่อใช้ปริมาณเรซินคงที่ 6 % โดยน้ำหนักของทราย แต่เปลี่ยนแปลงส่วนผสมของ catalyst เป็น 30 40 และ 50% โดยน้ำหนักของเรซิน ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งที่ ครั้งชั่วคราวตัวอย่างที่ 30%catalyst จะยังไม่แข็งตัว แต่ตัวอย่าง 40%catalyst จะเริ่มแข็งตัวก่อน และเมื่อเพิ่ม catalyst เป็น 50% จะแข็งตัวเร็วยิ่งขึ้น เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แท่งตัวอย่างที่ 40%catalyst มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีค่าใกล้เคียงกับ

ตัวอย่างที่ส่วนผสม 50% มาก และเมื่อเวลา 3 ชั่วโมง ตัวอย่างทั้งสามมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกันมาก แนวโน้มความแข็งแรงจะแปรตามปริมาณ catalyst ที่ปริมาณมากจะมีความแข็งแรงสูงกว่า เมื่อเวลาครบ 3 ชั่วโมง ค่าจะใกล้เคียงกันมากและเมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 5 ตัวอย่างที่ 50% ค่าความแข็งแรงจะลดลงจุดนี้ที่ 40% จะมีความแข็งแรงสูงกว่า ตัวอย่างอื่น และจากนั้นตัวอย่างทั้งสามชุดจะมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกันมากและความแข็งแรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ตัวอย่างทั้งสามมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกันที่สุด โดย 40% จะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ 30% และ 50%จะต่ำที่สุด ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.

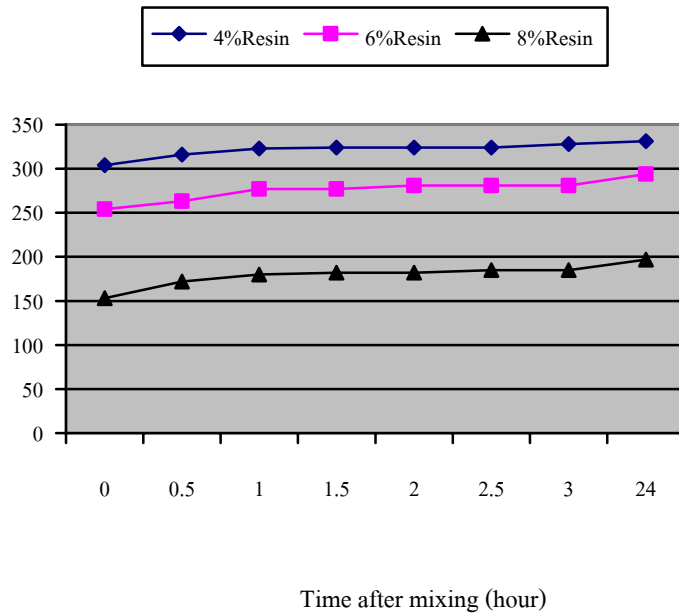


รูปที่ 3: กราฟแสดงความแข็งแรงของชุดตัวอย่างที่ส่วนผสม resin 6 % โดยน้ำหนักของทราย

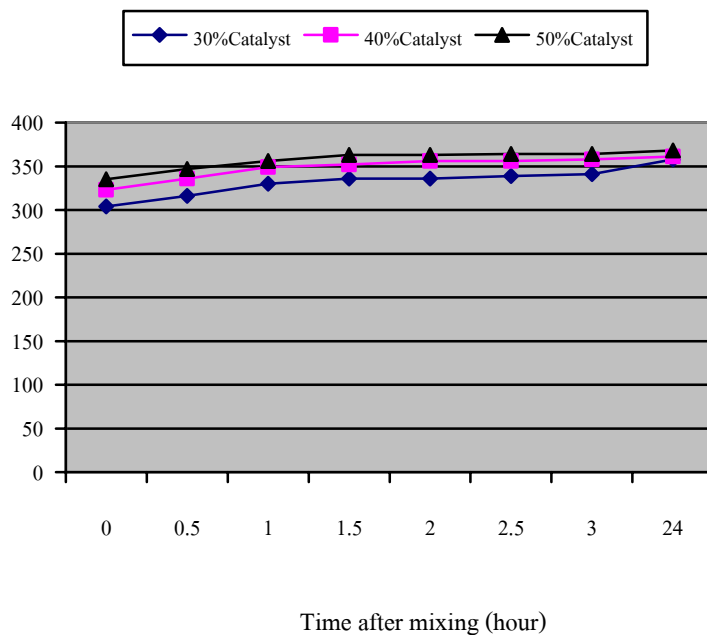
3.4 ผลการทดลองหาค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊ส หรือความโปร่ง ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 4,5

	%RESIN	ค่าอัตราการซึมผ่าน – เวลาที่ปล่อยให้ตัวอย่างแข็งตัว(ชม.)							
		0	.5	1	1.5	2	2.5	3	24
ชุดทดลองที่ 1	4%	304	316	323	324	324	324	328	331
	6%	254	263	277	277	281	281	281	294
	8%	153	172	180	182	182	185	185	197
ชุดทดลองที่ 2	%CATALYST	0	.5	1	1.5	2	2.5	3	24
	30%	304	316	330	336	336	339	341	358
	40%	323	336	349	352	356	356	358	361
	50%	335	347	356	363	363	364	364	368

ตารางที่ 5 : ผลการทดลองหาค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สของชุดตัวอย่างทั้ง 2 ชุด



รูปที่ 4 : กราฟแสดงค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สชุดตัวอย่างที่ส่วนผสม Catalyst 40% โดยน้ำหนักของเรซิน



รูปที่ 5 : กราฟแสดงค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สชุดตัวอย่างที่ส่วนผสม Resin 6% โดยน้ำหนักของทราย

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4 ที่ส่วนผสม Catalyst 40% คงที่ ค่าความโปร่งมีแนวโน้มสูงขึ้นถ้าปริมาณเรซินลดลง ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามปกติเนื่องจากเมื่อเรซินเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะมีช่องว่างเกิดจากการหดตัวเกิดขึ้นบริเวณระหว่างการเกาะยึดของเม็ดทราย ซึ่งถ้าอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวเรซินเหลวจะไหลเต็มแป้นไปอุดตามช่องว่างต่างๆ ได้ดีจึงเป็นเหตุให้ค่าความโปร่งต่ำในเวลาช่วงเริ่มต้น และถ้าพิจารณาผลของปริมาณของเรซินต่อความโปร่งแล้วจะพบว่า ค่าความโปร่งจะแปรผกผันกับปริมาณเรซิน คือ ที่ปริมาณเรซิน 4 จะมีค่าความโปร่งมากที่สุด และ ลดต่ำลงมาคือ 6% และ 8% ตามลำดับ ค่า

ความโปร่งจะแตกต่างกันเห็นได้ชัด และคงที่ตั้งแต่ ชั่วโมงที่ 1 จนถึง 24 ชั่วโมง ดังนั้นถ้าจะพิจารณาเลือกค่าที่ดีที่สุดไปใช้งาน สามารถพิจารณาเลือกสูตรที่ส่วนผสม 4 % เรซินซึ่งใช้ปริมาณเรซินน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาผลจากรูปที่ 5 ซึ่งใช้ปริมาณเรซินคงที่ 6% ของน้ำหนักทราย และทดลองเปลี่ยนส่วนผสม catalyst เป็น 30 40 และ 50%ของปริมาณเรซิน จะพบว่าค่าความโปร่งที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของ catalyst ตัวอย่างทั้ง 3 สูตรผสมจะให้ค่าความโปร่งที่ใกล้เคียงกันมาก และ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง จะมีค่าเข้าใกล้กันมากที่สุด จนถึงได้ว่าไม่แตกต่างกันเลย ดังนั้นเมื่อจะพิจารณาเลือกใช้งาน เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้ครบ 24 ชั่วโมง ควรใช้สูตรที่ใช้ ปริมาณ Catalyst น้อยที่สุด คือ 30 % และใช้เรซิน 6 % ต่อน้ำหนักของทรายเมื่อน้ำมูล

4. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยคุณสมบัติของทรายเมื่อน้ำมูลเมื่อนำมาทำเป็นทรายทำแบบหล่อวิธีฟูราน หรือ Furan No-Bake Process พบว่าทรายเมื่อน้ำมูลสามารถนำมาใช้ทำแบบหล่อโดยวิธีดังกล่าวได้ และให้ค่าความแข็งแรง และความโปร่งสูงกว่าทรายระยะของที่นิยมใช้กัน อยู่ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งจากรายงานการศึกษาของบริษัท Kao Industrial ประเทศไทย ทรายระยะจะมีค่า Compressive strength หลังจากปล่อยให้แข็งตัว 24 ชั่วโมง มีค่า สูงสุด 60 kg/cm² สำหรับทรายเมื่อน้ำมูลให้ ถ้าใช้เรซิน 4,6,และ8% จะได้ค่าความแข็งแรง 97.06,133.21 และ 141.12 kg/cm² ตามลำดับ หรือ ที่ 30,40และ50% Catalyst จะได้ค่าความแข็งแรง 101.86,105.92 และ 98.04 kg/cm² ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าทรายระยะและมีค่าความโปร่ง ที่เรซิน 4,6,และ8% คือ 729,704 และ 674 ตามลำดับหรือ ที่ 30,40และ50% Catalyst คือ 705,714 และ 708 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงมาก ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ในงานหล่อที่มีขนาดใหญ่ๆได้ดี อย่างไรก็ตามยังมีประเด็นการวิจัยอื่นๆที่ต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติม อย่างเช่นผลกระทบด้านต่างๆเป็นต้นซึ่ง อยู่ระหว่างการศึกษาวิจัยผู้วิจัยจะได้นำมาเสนอในโอกาสต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณไพศาล เจริญตรา ผู้อำนวยการ รองผู้จัดการทั่วไปส่วนธุรกิจเคมี บริษัท คาโอ อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด ผู้ให้การสนับสนุน สารเคมี Resin และ Catalyst เพื่อใช้ในการศึกษาทดลอง แลคุณสุทธิรัตน์ ศรีธธาพุท ผู้ให้คำแนะนำด้านเทคนิควิธีการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

Metalcasting's Reference & Guide, Second Edition, 1989, American Foundry's Society, Inc., U.S.A.

Manual for the sand testing machine of simpson+gerosa technologies Corporation, U.S.A.

Parkes, W.B.,1971, "CLAY-BONDED FOUNDRY SAND" Applied Science Publishers LTD.,England

American Foundrymen's Society, 1963, "Foundry Sand Handbook" Seventh Edition, U.S.A.

เอกสารแนะนำ Kao Lightner Furan Resin, KAO INDUSTRIAL (THAILAND) CO.,LTD. 2000/01/1,000