บรรณานุกรม

คมสัน จิระภัทรศิลป. (2548). **รายงานการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์และปรับปรุงความสามารถกระบวนการการทำแบบหล่อทรายชื้นเพื่อพัฒนาคุณภาพงานหล่อโลหะ**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชาญณรงค์ สายแก้ว, & พนิตา ศรีประย่า. (2552). การปรับปรุงคุณภาพชิ้นส่วนพลาสติกในการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 19**(3), 394-406.

ชาญณรงค์ สายแก้ว. (2553). **สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม**. ขอนแก่น: สำนักพิมพ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณรงค์ รัตนะ. (2530). **เทคโนโลยีงานโลหะอุตสาหกรรมการหล่อ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

นิกร มหกรรมโกลา, & พิพัฒน์ สุจิตธรรมกุล. (2539). **กรรมวิธีหล่อโลหะ**. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์.

บรรเจิด แสงจันทร์, กอบสิน ทวีสิน, & นุชธนา พูลทอง (2544). การเปรียบเทียบคุณสมบัติทรายหล่อแต่ละแหล่งในประเทศไทย. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 24**(1), 57-68.

ปารเมศ ชุติมา. (2545). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2547). **การออกแบบการทดลองขั้นสูง**. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนัส สถิรจินดา. (2520). **รายงานการวิจัยเรื่องทรายทำแบบหล่อ**. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมาคมอุตสาหกรรมหล่อโลหะไทย. (2543). **ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมหล่อโลหะไทยประจำปี 2543**. กรุงเทพฯ: สมาคมอุตสาหกรรมหล่อโลหะไทย.

สุภชัย ประเสริฐสกุล. (2547). **เทคโนโลยีงานหล่อโลหะ 1 ฉบับมาตรฐาน**. อุบลราชธานี: ไซน์ แอนด์ เอ็นจีเนียริ่ง.

สุนิมนต์ ตั้งสกุล. (2544). **รายงานสภาวะอุตสาหกรรมเหล็กหล่อ**. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

สุนทร รุณรงค์, วิสุทธิ์ พืชมงคล, วัชรา ขนิษฐาบุตร, & วิวัฒน์ ตันติชจรโกศล. (2534). **เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ภาพพิมพ์.

หริส สูตะบุตร, & เคนยิ จิยิอิวา. (2543). **หล่อโลหะ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล.

อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. (2545). **การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Anderson, M.J., & Whitcomb, P.J. (2005). **RSM Simplified: Optimizing Process Using Respone Surface Methods for Design of Experiments.** New York: Productivity Press.

Andrade, R.M. et al. (2005). Foundry sand recycling in the troughs of blast furnances: a technical note. **Journal of Materials Processing Technology,** (159), 125-134.

Benny Karunakar, D., & Datta, G.L. (2007). Controlling green sand mould properties using artificial neural networks and genetic algorithms-A comparison. **Applied Clay Science,** (37), 58-66.

Chang, Y., & Hocheng, H. (2001). The flowability of bentonite bonded green molding sand. **Journal of Materials Processing Technology,** (113), 238-244.

Danko, J., & Danko, R. (2005). Mechanical reclamation treatment of used silica foundry sand at extra-low and ambient temperatures. **Materials Science,** 11(4), 344-347.

Deringer, G., & Suich, R. (1980). Simultaneous Optimization of Several Response Variables. **Journal of Quality Technology,** (12), 214-219.

Duèe, C., Dèsanglois, F., Lebecq, I., Moreau, G., Leriche, A., & Follet-Houttemane C. (2009). Mixture designs applied to glass bioactivity evaluation in the Si-Ca-Na system. **Journal of Non-Crystalline Solids,** (355), 943-950.

Guharaja, S., Noorul Haq, A., & Karuppannan, K.M. (2006). Optimization of green sand casting process parameters by using Taguchi's method. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology,** (30), 1040-1048.

Kundu, R.R., & Lahiri, B.N. (2008). Study and statistical modelling of Green Sand Mould properties using RSM. **International Journal of Materials and Product Technology,** 31(2/3/4), 143-158.

Lucarz, M. (2006). The condition of silica sand grains surface subjected to reclamation treatment. **Metalurgija,** 45(1), 37-40.

Makino, H., Hirata M., & Hadano Y. (2003). Computer simulation and optimization of sand filling using the distinct element method. **WFO Technical Forum 2003,** 1-17.

Menezes, R.R., Malzac Neto, H.G., Santana, L.N.L., Lira, H.L., Ferreira, H.S., & Neves, G.A. (2008). Optimization of wastes content in ceramic tiles using statistical design of mixture experiments. **Journal of the European Ceramics Society,** (28), 3027-3039.

Montgomery, D.C. (1999). Experimental Design for Product and Process Design and Development. **Journal of the Royal statistical Society,** 48(2), 159-177.

Myers, R.H., & Montgomery, D.C. (2002). **Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments.** 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons.

Orumwense, F.F.O. (2002). Moulding properties of synthetic sand mixtures-A comparative study. **Scadinavian Journal of Metallurgy,** (31), 100-106.

Paluszkiewicz, C., Holtzer, M., & Bobrowski, A. (2008). FTIR analysis of bentonite in moulding sands. **Journal of Molecular Structure,** (880), 109-114.

Pearce, J.T.H., บัญชา ธนบุญสมบัติ, ธนาภรณ์ โกราษฎร์, วิลาสินี วุฒิถิรสกล, อภิชาต เหล็กงาม, & ธีรพงษ์ หาญวิโรจน์กุล. (2544). **ข้อบกพร่องในงานหล่อโลหะสาเหตุและวิธีการแก้ไข.** กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

Scheffè, H. (1958). Experiments with mixtures. **Journal of the Royal Statistical Society,** Series B. (20), 344-366.

Simon, M. J., Lagergren, E. S., Snyder, K. A. (1997). Concrete Mixture Optimization using statistical mixture design methods. **Proceedings of the PCI/FHWA International Symposium on High Performance Concrete.** Louisiana: Federal Highway Administration.

StatEase, Inc. (2005). **Design Expert 7 User's Guide.** Minneapolis: StatEase.

Toussaint, P.M. et al. (2000). **Method of improving the properties of reclaimed sand used for the production of foundry moulds and cores.** USA: [n.p.].

Zanetti, M.C., & Fiore, S. (2002). Foundry process: the recovery of green moulding sands for core operations. **Resources Conservation and Recycling,** (38), 243-254.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แสดงข้อมูลจากการออกแบบการทดลองส่วนผสมแบบ D-Optimal

ตารางที่ ก. 1 ข้อมูลการออกแบบส่วนผสมแบบ D-optimal ของค่าสมบัติของแบบหล่อทราย

Std	Run	Type	Component 1 A:A %	Component 2 B:B %	Component 3 C:C %	Response 1 GCS lb/in^2	Response 2 permeability number	Response 3 cost bath/Kg.
1	4	Vertex	94.95	0.05	5	2.96	55.3	2.13
2	11	CentEdge	92.475	5	2.525	7.6	32.3	2.47
3	5	CentEdge	92.475	2.525	5	4.53	51.3	2.27
4	8	Vertex	99.9	0.05	0.05	5.8	63	2.24
5	3	Vertex	94.95	5	0.05	7	19.3	2.53
6	7	CentEdge	97.425	0.05	2.525	3	61.6	2.19
7	9	CentEdge	97.425	2.525	0.05	6.53	38.3	2.38
8	2	Center	94.95	2.525	2.525	5.3	48	2.33
9	10	Interior	96.188	2.525	1.287	7.03	47.3	2.36
10	6	AxialCB	94.95	3.763	1.287	8.9	33.3	2.43
11	1	Vertex	90	5	5	4.7	49.6	2.42
12	12	Vertex	90	5	5	6.8	55	2.42
13	13	Vertex	94.95	0.05	5	2.2	64	2.13
14	14	CentEdge	97.425	0.05	2.525	2.7	68	2.19

ภาคผนวก ข
แสดงข้อมูลการทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อทดสอบ

ตารางที่ ข. 1 ค่าการทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อในอัตราส่วนผสมของแบบหล่อทรายของการแพร่กระจายความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด 2 ผลตอบสนอง

ชิ้นงานหล่อ	ผลการทดลอง (HRC)			ค่าเฉลี่ยความแข็งแต่ละชิ้นงาน (HRC)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	18.3	18.7	18.6	18.53
2	18.6	19.0	18.5	18.70
3	17.4	17.7	17.6	17.57
4	18.9	18.8	19.0	18.90
5	18.3	18.4	18.2	18.30

ตารางที่ ข. 2 ค่าการทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อในอัตราส่วนผสมของแบบหล่อทรายของการแพร่กระจายความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด 3 ผลตอบสนอง

ชิ้นงานหล่อ	ผลการทดลอง (HRC)			ค่าเฉลี่ยความแข็งแต่ละชิ้นงาน (HRC)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	17.5	17.2	17.2	17.30
2	17.2	17.0	17.1	17.10
3	18.0	17.7	17.9	17.87
4	17.8	18.2	18.0	18.00
5	17.4	17.6	17.5	17.50

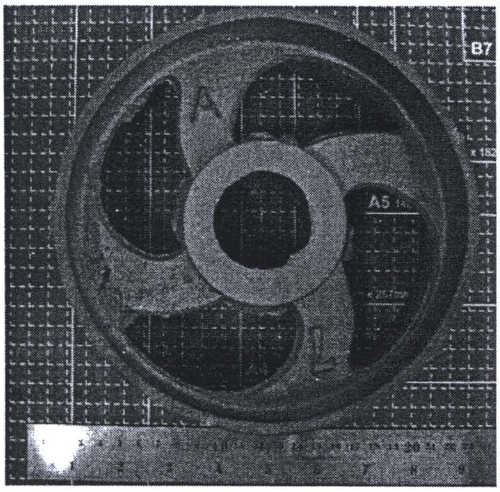
ตารางที่ ข. 3 ค่าการทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อในอัตราส่วนผสมของแบบหล่อทรายแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา

ชิ้นงานหล่อ	ผลการทดลอง (HRC)			ค่าเฉลี่ยความแข็งแต่ละชิ้นงาน (HRC)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	16.7	16.6	16.4	16.57
2	17.3	16.9	16.8	17.00
3	17.6	17.3	17.8	17.57
4	17.6	17.9	17.9	17.80
5	16.6	16.7	16.6	16.63

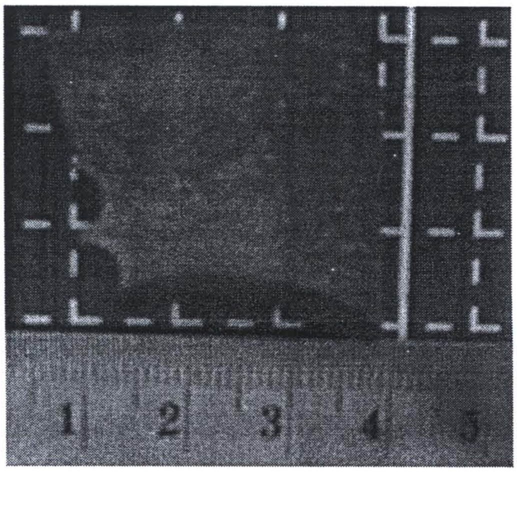
ภาคผนวก ค
ชิ้นงานหล่อทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. ชิ้นงานหล่อทดสอบ

ในกระบวนการเตรียมชิ้นงานหล่อทดสอบที่ได้จากแบบหล่อทรายแต่ละประเภทของส่วนผสมนั้นจะมีการเตรียมสภาวะในการหล่อให้อยู่ในขอบเขตเดียวกันกับระบบการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา โดยทำการหล่อชิ้นงานเป็นผลิตภัณฑ์พูเล่ย์สายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว สูง 3 นิ้ว แสดงดังภาพที่ ค. 1 จากนั้นทำการตัดแกนของชิ้นงานพูเล่ย์ให้มีขนาดเท่ากับความกว้าง 2.8 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ ค. 2 เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพผิวภายนอกและการทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อในแต่ละประเภทของส่วนผสมแบบหล่อทราย



ภาพที่ ค. 1 สายพานพูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว และสูง 3 นิ้ว

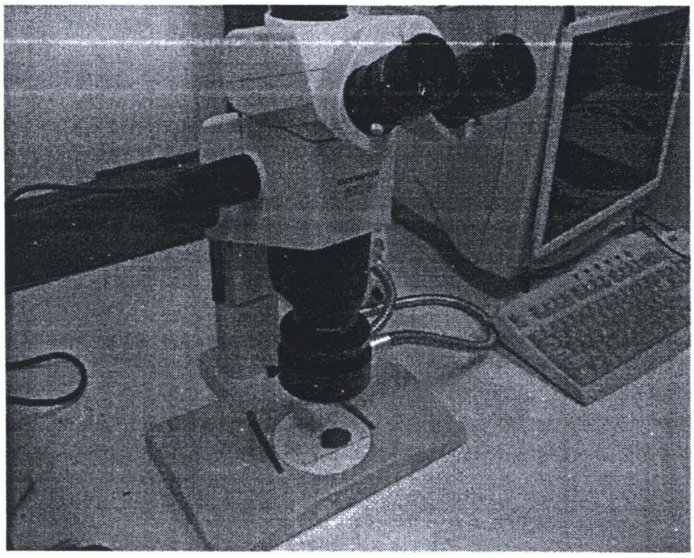


ภาพที่ ค. 2 ชิ้นงานทดสอบขนาด 2.8 x3 x 1 เซนติเมตร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงานหล่อ

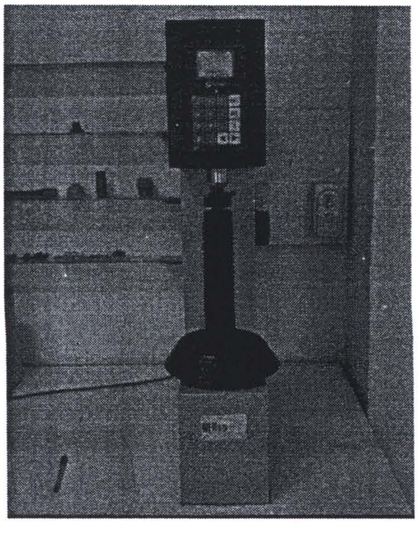
2.1 เครื่องมือตรวจสอบผิวภายนอกของชิ้นงานหล่อ

เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบสภาพผิวภายนอกของชิ้นงานหล่อคือ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอซูม (zoom stereomicroscope) ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น SZX9



ภาพที่ ค. 3 เครื่องมือตรวจสอบสภาพผิวภายนอกของชิ้นงานหล่อ

2.2 เครื่องมือทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อ



ภาพที่ ค. 4 เครื่องมือทดสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อ

ประวัติผู้เขียน

นายเสริมศักดิ์ เวียงวิเศษ เกิดเมื่อวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2551 และในปีเดียวกันได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย