

ปริญญาบัตร
ห้ามนำออกจากห้องสมุด
ใช้เฉพาะ ชั้น 5 เท่านั้น



การพัฒนาระบบเรียนออนไลน์ เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

นายประจักษ์ พรหมด้วง

RMUTK-CARIT



3 2000 00107884 1

วิทยานิพนธ์เสนอต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศาสตราจารย์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2554

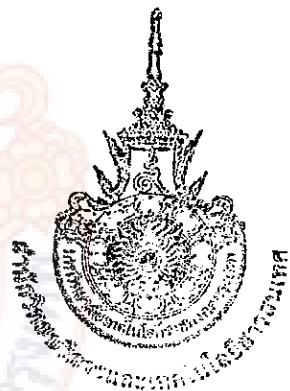
การพัฒนบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

นายประณุต พรหมลักษณ์

RMUTK- CARIT



3 2000 00107884 1



วิทยานิพนธ์เสนอต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2554

331.334
ป171ก
2554
ลงหน้.....
เลขที่.....1940
..... 21 ธ.ค. 2555

THE DEVELOPMENT OF ONLINE COURSE CONCERNING WITH
FOUNDRY ENGINEERING

MR.PRANOOT PROMLACK

A THESIS PRESENTED TO RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
KRUNGTHAP IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN SCIENCE AND
TECHNOLOGY EDUCATION FACULTY OF TECHNICAL EDUCATION
ACADEMIC YEAR 2011

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สมพร สุขะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.นัสดา อังสุไวทย

..... คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน อพารัชรรม)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา ลำไธสง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร สุชนะ)

.....กรรมการ
(ดร.นัศดา อังสุไวทย์)

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ
 ชื่อผู้เขียน นายประณต พรหมลักษณ์
 ชื่อปริญญา ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
 สาขาวิชา การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 ปีการศึกษา 2554
 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร สุชนะ
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. นัสดา อังสุไวทย์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ และหาประสิทธิภาพของบทเรียน รวมทั้งเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างในการทดลองได้แก่ประชาชนที่สนใจสมัครเข้ามาเรียน จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่บทเรียนออนไลน์ ประกอบด้วยเนื้อหา 4 เรื่องคือ 1. ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ 2. โครงแบบหล่อทราย 3. ทรายทำแบบหล่อ และ 4. การสร้างโครงแบบหล่อ แต่ละเรื่องของบทเรียนผู้เรียนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ได้ด้วยแบบฝึกหัดระหว่างเรียนซึ่งเป็นแบบปรนัยและทราบผลคะแนนการทดสอบได้ทันที สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของบทเรียนออนไลน์ ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ประสิทธิภาพของบทเรียนจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างมีค่า E_1 / E_2 เท่ากับ 81.22/84.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่า บทเรียนออนไลน์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ได้กับบุคคลทั่วไปและนักศึกษาที่สนใจต้องการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งบทเรียนออนไลน์สามารถช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาตามความต้องการ

ABSTRACT

Title : The Development of Online Course Concerning with Foundry Engineering

Student's Name : Mr. Pranoot Promlack

Major/Faculty : Master of Science Program In Science and Technology Education

Faculty of Technical Education

Academic Year : 2011

Advisers Thesis :

Adviser : Assistant Professor Dr.Somporn Sukha

Co-Adviser : Dr. Nadda Angsuwotai

This study aimed to develop and determine the effectiveness of online courses concerning with foundry engineering. The relevant approaches for this study were the online course, the post-test and the test for the assessment of study-achievement. The developed online course for this study was comprised of; 1) fundamental of foundry engineering, 2) the sand-mold, 3) the sand for molding development, and 4) implementation of sand-mold. The study was carried on with 30 samplers. They were the arbitrary people who interested in the concerned processes of foundry engineering. The study was applied to the samplers by pre-test performing to determine the background-knowledge of the samplers. After that the samplers were assigned to attain the knowledge concerning with foundry engineering via the developed online course by themselves. Finally, the post-test after online course self-study were applied to the samplers accompanied with the test for study achievement.

From the study it was found that, the effectiveness of the online course concerning with foundry engineering was 81.22/84.66 which higher than the specified criteria of 80/80. It was also found that the achievement of the samplers after online courses self-study was significantly increased about .05. It can be therefore concluded that the developed online courses concerning with foundry engineering can be applied for self-study of the arbitrary people or the students in Rajamangala University of Technology Krungthep who have to take the course of foundry engineering. The contribution of this study is the self-study via the developed online course can be performed anywhere and anytime.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้เข้าเป็น นักศึกษาระดับปริญญาโทรุ่นแรกของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พร้อมทั้งสนับสนุนทุนการศึกษาซึ่งทำให้ผู้วิจัยซาบซึ้งใจมาก สิ่งที่ได้รับในการเรียนสาขาวิชาการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ความรู้ในการการทำผลงานวิจัย และการผลิตสื่อการสอน ซึ่งนับเป็นองค์ความรู้ด้านวิชาชีพครูที่สำคัญ สามารถต่อยอดเพื่อพัฒนาตนเอง และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยความสะดวกและอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา สำเร็จผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร สุขะ และดร. นัตตา อังสุโวทัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแนะแนวทางต่าง ๆ รวมทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความเมตตา ตลอดจนกรรมการภายนอก ได้แก่ รองศาสตราจารย์บุญชัย บุญธรรมศิริวุฒิ ที่กรุณาเสียสละเวลารับเชิญเป็นกรรมการสอบตั้งแต่การสอบหัวข้อและ เค้าโครงจนถึงการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และคุณสุโขทัย เจริญศิริ ที่ช่วยบริหารจัดการในด้านการพิมพ์และจัดทำรูปเล่ม

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เพื่อนร่วมชั้นเรียนทุกท่าน ตลอดจนครอบครัวพรหมลักษณ์ ที่คอยเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา

ประณต พรหมลักษณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญแผนภูมิ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
การเรียนการสอนออนไลน์	6
เครือข่ายอินเทอร์เน็ต	22
การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา	26
การหาประสิทธิภาพของสื่อทางการศึกษา	32
โครงสร้างเนื้อหาเรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ	34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
กรอบความคิดในการวิจัย	40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	42
ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	42
การกำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง	43
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	43

การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	48
การวิเคราะห์ข้อมูล	49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	51
ผลการสร้างบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ	51
ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์	52
ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	65
สรุปผลการวิจัย	65
อภิปรายผลการวิจัย	66
ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินผลเครื่องมือ	73
ภาคผนวก ข แบบประเมินเครื่องมือวิจัยและผลการประเมิน	75
ภาคผนวก ค คะแนนจากการทดสอบ	79
ภาคผนวก ง เอกสารการวิเคราะห์ข้อมูล	81
ภาคผนวก จ ตัวอย่างบทเรียนออนไลน์	87
ภาคผนวก ฉ เนื้อหาบทเรียนออนไลน์	94
ภาคผนวก ช ตัวอย่างข้อสอบหลังเรียน	113
ภาคผนวก ซ หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	126
ประวัติผู้วิจัย	132

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของบทเรียนออนไลน์ จำนวน 4 เรื่องของกลุ่มตัวอย่าง	52
4.2	คะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน จากบทเรียนออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่าง	53
4.3	คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง	54



สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1.1

กรอบแนวคิดในการสร้างบทเรียน

40



สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่

2.1

แสดงการสร้างโครงข่ายเนื้อหา

หน้า

17



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้ให้ความสำคัญกับสื่อเพื่อการศึกษา โดยในหมวด 9 เทคโนโลยีการศึกษา มาตรา 64 ระบุว่ารัฐจะต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการผลิตและการพัฒนาแบบเรียน ตำรา หนังสือทางวิชาการ สื่อสิ่งพิมพ์อื่น วัสดุอุปกรณ์ และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาขึ้นเพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้รู้จักการคิดวิเคราะห์และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะและให้คำแนะนำกับผู้เรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2546)

จากนโยบายของรัฐในการนำเอา ICT (Information and Communication Technology) มาใช้เป็นยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาประเทศและผนวกกับการเรียนการสอนในปัจจุบันประเทศไทยได้ใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการศึกษาค้นคว้าที่ยั่งยืนและตลอดชีวิตเน้นให้คนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2546) ในการพัฒนาคนให้มีคุณภาพที่ดีนั้นต้องอาศัยการศึกษาเข้ามาช่วยพัฒนาและจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีและการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่มีอยู่ทั่วโลกมาช่วยปรับเปลี่ยนแนวทางและกระบวนการเรียนรู้ใหม่ ตลอดจนการวางแผนทางการสั่งสอนมาเป็นการเรียนรู้ให้สอดคล้องไปกับธรรมชาติ เพื่อการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนอย่างเต็มที่ โดยการนำเอากระบวนการการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ นำไปสู่การเรียนรู้แบบใหม่ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบในการวางแผน และการประเมินผลความก้าวหน้าการเรียนของตนเอง ทราบความต้องการในการเรียนรู้ของตนเอง ตั้งเป้าหมายการเรียนรู้ได้ และแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง (ชัยอนันต์ สมุทวนิช. 2550)

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ครูและนักเรียนมีช่องทางในการติดต่อสื่อสารในรูปแบบของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ครูสามารถส่งผ่านบทเรียนไปยังนักเรียน นักเรียนสามารถติดต่อสื่อสารกับสถานศึกษา หรือระหว่างผู้เรียนด้วยกัน (มนต์ชัย เทียนทอง. 2550) การเรียนออนไลน์ (Online) ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ในการจัดการ

เรียนการสอนบนเครือข่ายเพื่อเผยแพร่ความรู้ เนื้อหา บทเรียน หลักสูตร คำอธิบายรายวิชา การวัด และประเมินผล โดยบทเรียนออนไลน์นั้น สามารถปรับเปลี่ยนเนื้อหาให้ทันสมัยอยู่เสมอ ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าได้ตลอดเวลา เป็นสิ่งที่เร้าความสนใจ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามศักยภาพ (คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549) ถึงแม้การเรียนผ่านบทเรียนออนไลน์จะมีประโยชน์แต่การผลิตบทเรียนจะต้องดำเนินการอย่างถูกต้องเป็นระบบ โดยในขั้นตอนของการจัดการเพื่อการพัฒนาสื่อจะเป็นไปอย่างมีระบบ ในขณะที่ส่วนที่เป็นการพัฒนาเนื้อหาจะใช้องค์ประกอบของการเรียนการสอน (Instructional Design) มีขั้นตอนตั้งแต่การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล อันจะทำให้กระบวนการในการพัฒนาสื่อการสอนผ่านเครือข่ายประสบผลสำเร็จ และมีประสิทธิภาพนำไปใช้เพื่อการสอนได้อย่างดี (พิษณุ ขมจำ และคณะ, 2550)

การเรียนการสอนวิชาชีพหรือรายวิชาในหมวดช่างอุตสาหกรรมซึ่งเน้นการเรียนทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัตินั้นมักประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนหลายประการ ซึ่งเกียรติพล กองสุดใจ (2548) ได้ศึกษาสภาพการเรียนการสอนของวิชาช่างอุตสาหกรรมพบว่า สภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาอาชีพสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม ซึ่งเมื่อแยกพิจารณารายด้านปรากฏว่าด้านที่มีสภาพดีที่สุดคือด้านอาจารย์ผู้สอน รองลงมาคือด้านกระบวนการเรียนการสอน ส่วนด้านที่มีสภาพต่ำสุดคือ ด้านสื่อการสอน เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละด้านปรากฏว่า ด้านที่มีปัญหามากที่สุดคือ ด้านสื่อการเรียนการสอน รองลงมาคือ ด้านการใช้หลักสูตร ส่วนด้านที่มีปัญหาน้อยที่สุด คือด้านครูผู้สอน การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เป็นความรู้เฉพาะทางของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพมหานคร เช่น รายวิชาด้านวิศวกรรมการหล่อโลหะซึ่งมีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติถือเป็นความรู้เฉพาะทางที่ทางสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ทั้งการเรียนการสอน การวิจัยมาช้านาน สมควรที่จะได้รับการเผยแพร่ให้แก่บุคคลทั่วไปที่สนใจศึกษาหาความรู้ผ่านระบบออนไลน์ และผลพลอยได้อีกประการหนึ่งก็คือ นักศึกษาที่สนใจจะได้รับประโยชน์จากการศึกษาผ่านบทเรียนด้วยเช่นกัน เพราะในเนื้อหาวิชาดังกล่าวผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจเบื้องต้นหรือมีความรู้พื้นฐานมาก่อนจึงจะสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ อีกทั้งที่ผ่านมาสภาวิชาชีพเทคโนโลยีอุตสาหกรรม กำหนดคุณสมบัติผู้สมัครเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีจากผู้จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ทำให้นักศึกษามีพื้นฐานความรู้เดิมแตกต่างกัน ในช่วงการเรียนภาคปฏิบัติจะปัญหามากที่สุด ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอน หากมีสื่อการสอนที่เหมาะสมก็จะช่วยเสริมประสบการณ์ในการเรียนให้กับนักศึกษาได้ตลอดจน

จะช่วยเผยแพร่ความรู้สู่ชุมชนซึ่งเป็นภารกิจที่สำคัญของคณะ และเป็นการเผยแพร่ความรู้แก่นักศึกษาที่สนใจเรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะอีกด้วย สื่อการสอนออนไลน์ทำให้นักศึกษาสามารถเรียนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ด้วยตนเอง ทุกที่ทุกเวลาที่ต้องการ สามารถใช้ทบทวนหรือเตรียมความพร้อมก่อนการเรียนจริงในห้องเรียนได้ กระตุ้นผู้สนใจเรียนเกิดแรงจูงใจต่อการเรียน อันเนื่องมาจากเกิดความสุขในบทเรียน ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ใช้ความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ส่งผลทำให้การเรียนรู้ประสิทธิภาพสูงขึ้น (สุรัชย์ สิกขามันต. 2550)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ เพื่อเผยแพร่ความรู้ให้แก่ประชาชนทั่วไป ตลอดจนนักศึกษาที่สนใจได้ใช้เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าผ่านระบบออนไลน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนออนไลน์ เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ
1. เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนจากบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. บทเรียนออนไลน์ วิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนบทเรียนออนไลน์ วิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะ สูงกว่าก่อนเรียน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ แบ่งออกเป็น 4 เรื่อง ดังนี้
 - เรื่องที่ 1 ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ
 - เรื่องที่ 2 โพรแกรมหล่อทราย
 - เรื่องที่ 3 ทรายทำแบบหล่อ
 - เรื่องที่ 4 การสร้างโพรแกรมหล่อ

2. ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรต้นคือ กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

ตัวแปรตามคือ ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เรื่อง
วิศวกรรมการหล่อโลหะ

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นผู้สนใจทั่วไปและนักศึกษาที่สมัครใจเข้าศึกษาบทเรียน
ออนไลน์

1.5 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทเรียนออนไลน์ หมายถึง บทเรียนและกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องวิศวกรรมการ
หล่อโลหะ ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 4 เรื่อง ได้แก่ 1) ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ 2) โพรแกรม
หล่อทราย 3) ทรายทำแบบหล่อ 4) การสร้างโพรแกรมหล่อ บนเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลกรุงเทพ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลคะแนนสอบของนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนออนไลน์
ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ หมายถึง คุณภาพของบทเรียนเรื่องวิศวกรรมการ
หล่อโลหะ ที่ได้จากการคำนวณคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบหลังบทเรียนและแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

4. เกณฑ์ 80/80 หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ คือ 80
ตัวแรก หมายถึงคะแนนเฉลี่ยที่คิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ผู้เรียนทั้งหมดได้จากการทำแบบฝึกหัด
ระหว่างเรียน และ 80 ตัวหลัง หมายถึงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ผู้เรียนทั้งหมดที่ได้
จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์

5. ผู้สนใจสมัครเรียนบทเรียนออนไลน์ หมายถึง ประชาชนทั่วไปหรือนักศึกษาที่สมัครเข้า
เรียนบทเรียนออนไลน์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการประชาสัมพันธ์ผ่านป้ายประกาศของคณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม ระหว่างวันที่ 3-9 เมษายน 2555 จำนวน 30 คน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะที่มีประสิทธิภาพเผยแพร่แก่ประชาชนและนักศึกษาที่สนใจ สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพได้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 การเรียนการสอนออนไลน์
- 2.2 เครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 2.3 การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา
- 2.4 การหาประสิทธิภาพของสื่อทางการศึกษา
- 2.5 เนื้อหาเรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะ
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ
- 2.7 กรอบความคิดในการวิจัย

2.1 การเรียนการสอนออนไลน์

2.1.1 ความหมายของบทเรียนออนไลน์

การเรียนการสอนออนไลน์ (Online Learning) เว็บเบสเลิร์นนิ่ง (Web-Based Learning) หรือการเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction) มีความหมายคล้ายกัน กล่าวคือเป็นการเรียนทางไกลผ่านเว็บ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) อินทราเน็ต (Intranet) และเอ็กซ์ทราเน็ต (Extranet) เป็นการเรียนที่สามารถโต้ตอบกันได้ (Interactive Technology) เหมือนการเรียนในห้องเรียนปกติ สามารถนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นลักษณะมัลติมีเดีย หรือลักษณะของการแสดงข้อมูลเป็นรูปภาพ กราฟิก เสียง และภาพเคลื่อนไหวได้ (ศุภชัย สุชนะนรินทร์. 2545) การเรียนการสอนทางไกลผ่านเว็บจะเป็นการเรียนการสอนแบบ Asynchronous เป็นส่วนใหญ่คือ ผู้เรียนเรียนจากเนื้อหาบทเรียน(Courseware) ด้วยตนเองไม่มีการจัดชั้นเรียน (National Science and Technology Development Agency. 2002 : Online) การเรียนการสอนผ่านเว็บหรือการเรียนการสอนออนไลน์ เป็นการเรียนการสอนที่อาศัยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเครือข่ายคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสนับสนุนการเรียนการสอน (Computer Mediated Communication : CMC) สามารถใช้

เครื่องมือออนไลน์สำหรับการสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้สอนผ่านทางE-mail หรือ Web Board สามารถส่งงานและตรวจงานผ่านเครือข่าย ทำให้มีเวลาในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้สอนกับผู้เรียนมากขึ้น มีผู้ให้ความหมายเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ดังนี้

ถนอมพร เลหาธสแสง (2541) กล่าวถึง WBI หรือ Web-Based Instruction ว่าหมายถึง การเรียนการสอน หรือการอบรม ซึ่งอาศัยเทคโนโลยีเว็บเป็นหลัก มีเนื้อหาสารสนเทศที่น่าสนใจในรูปแบบของมัลติมีเดีย กล่าวคือหมายรวมถึงการใช้ ภาพ เสียง แอนิเมชัน กราฟิกสามมิติ ฯลฯ ในการนำเสนอเนื้อหา โดยเทคโนโลยีที่นำเสนอเนื้อหาสามารถนำเสนอในลักษณะที่เครื่องมือมีการเชื่อมต่อ (Online) กับเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือไม่เชื่อมต่อกับเครือข่ายใดๆ (Off-line) ก็ได้

ฉัฐกร สงคราม (2543) ได้กล่าวถึง การเรียนการสอนออนไลน์ หรือการเรียนการสอนผ่านเว็บว่า เป็นการ จัดสภาพการเรียนการสอนที่ได้รับการออกแบบอย่างมีระบบ โดยอาศัยคุณสมบัติ และทรัพยากรของ เวิลด์ไวด์ เว็บ (World Wide Web) มาเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดเพื่อส่งเสริม สนับสนุนการเรียน การสอนให้มีประสิทธิภาพ โดยอาจจัดเป็นการเรียนการสอนทั้งกระบวนการ หรือนำมาใช้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของกระบวนการทั้งหมด การเรียนการสอนผ่านเว็บเป็นวิธีการใหม่ ที่ช่วยส่งเสริมพัฒนาให้เกิดการเรียนรู้ และช่วยจัดปัญหาเรื่องอุปสรรคของการเรียนการสอนด้านสถานที่ และเวลาอีกด้วย

ภาวนา เห็นแก้ว (2545) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนผ่านเว็บ หมายถึง เว็บเพื่อการเรียน การสอน (Web Based Instruction) โดยการนำเสนอผ่านทางเวิลด์ไวด์เว็บ ที่สามารถนำเสนอข้อมูล ได้หลายรูปแบบ มีการเสนอระบบการจัดแบ่งประเภทของเว็บเพื่อการเรียนการสอนเป็นหลาย ลักษณะ เช่น การสอนวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ (Stand-Alone Course) เว็บเสริมการเรียนการสอน (Web Support Course) และเว็บรวมแหล่งวิชาการ (Web Pedagogical)

สรารุณ เรืองสวัสดิ์ (2545) ได้ให้ความหมายของ WBI ว่าเป็นการสอนผ่านเว็บไซต์โดยใช้ คุณลักษณะสำคัญที่มีอยู่ของ www ในการสร้างรูปแบบ หรือสถานการณ์จำลองสิ่งแวดล้อมเสมือน ของห้องเรียน เพื่อที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยอาจจัดเป็นการเรียนการสอนทั้ง กระบวนการ ซึ่งนำมาใช้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของกระบวนการทั้งหมด

อรอนุตร ช้อนบุญ (2546) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนผ่านเว็บว่า การเรียนการสอน ผ่านเว็บเป็นการจัดการศึกษาในรูปแบบ Web Knowledge Online เพื่อส่งเสริมสนับสนุนการเรียน การสอนให้มีประสิทธิภาพเป็นการจัดสภาพการณ์การเรียนการสอนโดยนำเสนอผ่านเวิลด์ไวด์เว็บใน เครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผู้เรียนสามารถเข้ามาศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนได้อย่างไม่จำกัดเวลา ไม่จำกัด

สถานที่ ไม่มีพรมแดนกีดขวาง และสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้เรียนด้วยกัน อาจารย์ หรือ ผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งฐานข้อมูล ความรู้ และยังสามารถ รับส่งข้อมูลการศึกษา (Electronic Education Data) ได้อย่างหลากหลายและทันทั่วถึง

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2550) กล่าวว่า การเรียนออนไลน์คือการเรียนรู้ผ่านสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ หรืออี-เลิร์นนิ่ง (E-learning) หมายถึง การเรียนรู้บนฐานเทคโนโลยี (Technology-based learning) ซึ่งครอบคลุมวิธีการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ อาทิ การเรียนรู้บนคอมพิวเตอร์ (Computer-based Learning) การเรียนรู้บนเว็บ (web-based learning) ห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual Classrooms) และความร่วมมือ ดิจิทัล (Digital Collaboration) เป็นต้น ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ผ่าน สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท อาทิ อินเทอร์เน็ต (Internet) อินทราเน็ต (Intranet) เอ็กซ์ทราเน็ต (Extranet) การถ่ายทอดผ่านดาวเทียม (Satellite Broadcast) แถบบันทึกเสียงและวิดีโอ (Audio/Video Tape) โทรทัศน์ที่สามารถโต้ตอบกันได้ (Interactive TV) และซีดีรอม (CD-ROM)

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า (2553) กล่าวว่า การเรียนการสอนทางไกลที่ใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ผ่านทาง World Wide Web ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนใช้เป็นช่องทาง ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน ผู้เรียน สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลมากมายที่มีอยู่ทั่วโลกอย่างไร้ขอบเขตจำกัด ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรม หรือแบบฝึกปฏิบัติต่าง ๆ แบบออนไลน์ โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกอยู่ใน WWW เป็นการเรียนการสอนออนไลน์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เพราะไม่มีขีดจำกัดเรื่อง ระยะทาง เวลา และสถานที่ อีกทั้งยังสนองตอบต่อศักยภาพและความสามารถของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

กล่าวโดยสรุปได้ว่า บทเรียนออนไลน์เป็นการจัดการเรียนการสอน ที่สามารถทำให้ผู้เรียน ได้แหล่งค้นคว้าเพิ่มมากขึ้น เรียนได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ หากมีคอมพิวเตอร์ ที่เชื่อมต่อระบบ เครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือ ผ่านเทคโนโลยีเว็บเพจ เป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาได้มีวิธีการเรียนรู้ ด้วยตนเองทุกที่ทุกเวลา ที่ไม่จำเจ สามารถศึกษาได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต ปัจจุบันมีเว็บไซต์ใน ประเทศไทยหลายแห่งที่เน้นให้ความรู้ในการเรียนการสอนออนไลน์ ได้แก่ เว็บไซต์ไทยทูเลิร์น คอทคอม หรือเว็บไซต์จุฬาออนไลน์ เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะการเรียนรู้แบบออนไลน์

การเรียนในลักษณะออนไลน์หรือ อีเลิร์นนิ่ง สามารถนำมาปรับใช้กับการเรียนใน ลักษณะปกติได้หากนำมาใช้อย่างถูกวิธี ผู้สอนก็ไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการสอนในลักษณะบรรยาย (lecture) เป็นส่วนใหญ่อีกต่อไปและสามารถใช้เวลาในห้องเรียนให้มีประโยชน์สูงสุดเพราะ บทเรียนออนไลน์สามารถนำมาใช้แทนที่หรือเสริมในส่วนของการบรรยาย ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

ในเนื้อหาการเรียนซึ่งเน้นการท่องจำ (Verbal Information) และทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) ในคาบแรกของการสอน ผู้สอนจำเป็นต้องสอนเนื้อหาให้ครอบคลุมทั้งความหมาย ขอบเขต บทบาทและพัฒนาการของรายวิชา การที่จะให้ผู้เรียนเข้าใจในความหมายต่าง ๆ ในเนื้อหาวิชาอย่างแท้จริงและชัดเจนแล้ว ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการสร้างความหมายตามความคิดของผู้เรียนเอง (Conceptualize) การได้มาซึ่งความคิดของตนเองนั้นเป็นไปได้โดยที่จะเกิดจากวิธีการสอนแบบบรรยายทั้งหมด ในขณะเดียวกันหากผู้สอนใช้เวลาไปกับวิธีการสอนในลักษณะใหม่ที่ทำให้ผู้เรียนพยายามสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นๆ ด้วยตนเอง เช่น การทำกิจกรรมเดี่ยว และ/หรือกิจกรรมกลุ่ม หรือการให้ผู้เรียนสรุปความจากเอกสาร หรือการเชิญวิทยากรมา บรรยายเพิ่มเติมและสรุปประเด็น เป็นต้น ในกรณีนี้ผู้สอนก็จะเกิดปัญหาในการสอนไม่ทันไม่ครบตามหัวข้อในคาบนั้น บทเรียนออนไลน์จะช่วยผู้สอนในการสอนเนื้อหาที่ไม่ต้องการการอธิบายเพิ่มเติมมากนัก ดังนั้นบทเรียนที่ออกแบบมาดีสามารถนำเสนอเนื้อหาบางหัวข้อแทนผู้สอนได้โดยที่ผู้สอนไม่จำเป็นต้องสอนในชั้นเรียนและผู้สอนสามารถใช้เวลาในชั้นเรียนอย่างคุ้มค่ามากขึ้น เช่น การออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์แทน อย่างไรก็ตาม ผู้สอนบางคนอาจจะเห็นว่า การปรากฏตัวของครูในห้องเรียนเพื่อบรรยายเป็นสิ่งจำเป็นมากเพราะเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาก็สามารถที่จะตอบปัญหาหรือให้ผลป้อนกลับได้ทันที อย่างไรก็ตามให้ลองนึกกลับไปได้ว่า ในชั้นเรียนที่ผู้สอนบรรยายในครั้งหนึ่งๆ นั้นมีผู้เรียนที่ถามคำถามสักกี่คนและกี่คำถาม ความจริงคือมีจำนวนน้อยมาก อีกทั้งการสร้างสื่ออิเล็กทรอนิกส์อย่างมีระบบ จะสามารถถ่ายทอดการสอนให้ใกล้เคียงกับการสอนจริงได้ รวมทั้งสามารถที่จะนำสื่อประกอบที่ผู้สอนใช้จริง มาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยใช้สื่อในรูปแบบที่เหมาะสมและหลากหลาย ทั้งนี้เพื่อเป้าหมายสำคัญในการสื่อความหมายให้ชัดเจนมากที่สุดและใช้นำเสนอผ่านทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้เช่นเดียวกับการสอนทางไกล การใช้เวลาในห้องเรียนของการสอนในลักษณะปกติ ผู้สอนจะต้องปรับกลยุทธ์การสอนให้แตกต่างไปจากเดิม กล่าวคือผู้สอนต้องใช้เวลาในห้องเรียนให้มีประโยชน์สูงสุด เช่น การเลือกกิจกรรม หรือภาระงานที่มีความหมายต่อความเข้าใจเนื้อหาการเรียนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสดลงมือทำ หรือการบรรยายเฉพาะส่วนของเนื้อหาที่เป็นประเด็นสำคัญๆ ที่ผู้เรียนมักจะพบปัญหาหรือการใช้เวลาในการตอบปัญหาที่ผู้เรียนพบจากการที่ได้ศึกษด้วยตนเอง (ธนอมพร เลาหจรัสแสง, 2550)

ดังนั้น การเรียนการสอนออนไลน์หรืออีเลิร์นนิงจึงเป็นวิธีการที่ช่วยทั้งครูผู้สอนให้มีเวลาในการออกแบบกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาผู้เรียน ช่วยลดเวลาในการบรรยายเนื้อหาที่ไม่จำเป็น

ทางด้านผู้เรียนก็สามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจจากการสอนปกติเพื่อให้ได้มาซึ่งความคิดของตนเองได้

2.1.3 การถ่ายทอดเนื้อหา

ในการเรียนการสอนออนไลน์ การถ่ายทอดเนื้อหาสามารถแบ่งได้คร่าวๆเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2550)

1. ระดับเน้นข้อความออนไลน์ (Text Online) หมายถึง เนื้อหาของ e-Learning ในระดับนี้จะอยู่ในรูปของข้อความเป็นหลัก บทเรียนในลักษณะนี้จะเหมือนกับการสอนบนเว็บ (WBI) ซึ่งเน้นเนื้อหาที่เป็นข้อความ ตัวอักษรเป็นหลัก ซึ่งมีข้อดี ก็คือ การประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตเนื้อหาและการบริหารจัดการคอร์ส

2. ระดับ Low Cost Interactive Online Course หมายถึง เนื้อหาของบทเรียนในระดับนี้จะอยู่ในรูปของตัวอักษร ภาพ เสียง และวีดิทัศน์ ที่ผลิตขึ้นมาอย่างง่ายๆ ประกอบการเรียนการสอน e-Learning ในระดับนี้จะต้องมีการพัฒนา CMS ที่ดี เพื่อช่วยผู้ใช้ในการปรับเนื้อหาให้ทันสมัยได้อย่างสะดวก

3. ระดับ High Quality Online Course หมายถึง เนื้อหาในระดับนี้จะอยู่ในรูปของมัลติมีเดียที่มีลักษณะมืออาชีพ กล่าวคือ การผลิตต้องใช้ทีมงานในการผลิตที่ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบการสอน (instructional designers) และ ผู้เชี่ยวชาญการผลิตมัลติมีเดีย (multimedia experts) ซึ่งหมายถึง โปรแกรมเมอร์ (programmers) นักออกแบบกราฟิก (graphic designers) และ/หรือผู้เชี่ยวชาญในการผลิตแอนิเมชัน (animation experts) เป็นต้น e-Learning ในลักษณะนี้จะต้องมีการใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในการผลิตและเรียกดูเนื้อหาด้วย

2.1.4 ระดับการนำบทเรียนออนไลน์ไปใช้

การนำไปใช้ประกอบกับการเรียนการสอน สามารถทำได้ 3 ระดับ (ศักดิ์ บุญจพร พล, 2545) ดังนี้

2.1.4.1. สื่อเสริม (Supplementary) หมายถึงการนำไปใช้ในลักษณะสื่อเสริม กล่าวคือ นอกจากเนื้อหาที่ปรากฏในลักษณะ e-Learning แล้ว ผู้เรียนยังสามารถศึกษาเนื้อหาเดียวกันนี้ในลักษณะอื่นๆ เช่น จากเอกสาร ประกอบการสอน จากวีดิทัศน์ (Videotape) ฯลฯ การใช้ e-Learning ในลักษณะนี้เท่ากับว่าผู้สอนเพียงต้องการ จัดหาทางเลือกใหม่อีกทางหนึ่งสำหรับผู้เรียนในการเข้าถึงเนื้อหาเพื่อให้ประสบการณ์พิเศษเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนเท่านั้น

2.1.4.2 สื่อเสริม (Complementary) หมายถึงการนำไปใช้ในลักษณะเพิ่มเติมจากวิธีการสอนในลักษณะอื่นๆ เช่น นอกจากการบรรยายในห้องเรียนแล้ว ผู้สอนยังออกแบบเนื้อหาให้ผู้เรียนเข้าไปศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมจากบทเรียนได้อีก หากต้องการที่จะลงทุนในการนำไปใช้กับการเรียน การสอนตามปกติแล้ว อย่างน้อยควรตั้งวัตถุประสงค์ ในลักษณะของสื่อเสริม (Complementary) มากกว่าเป็นสื่อเสริม (Supplementary) เช่น ผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนเพื่อวัตถุประสงค์ ใดวัตถุประสงค์ หนึ่ง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน ในบ้านเราซึ่งยังต้องการคำแนะนำจากครู ผู้สอนรวมทั้งการที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดการปลูกฝังให้มีความใฝ่รู้

2.1.4.3. สื่อหลัก (Comprehensive Replacement) หมายถึงการนำบทเรียนไปใช้ในลักษณะแทนที่ การบรรยายในห้องเรียน ผู้เรียนจะต้องศึกษาเนื้อหาทั้งหมดออนไลน์ ส่วนใหญ่ในต่างประเทศ จะได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้เป็นตัวหลักสำหรับแทนครู ในการสอนทางไกล ด้วยแนวคิดที่ว่า มัลติมีเดีย ที่นำเสนอทาง สามารถช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาได้ใกล้เคียงกับการสอนจริงของครูผู้สอน โดยสมบูรณ์ได้

2.1.5 สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเรียนการสอนผ่านเว็บ

สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเรียนการสอนผ่านเว็บในปัจจุบัน มีหลายชนิด ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเว็บ (Computer Assisted Instruction) เป็นสื่อที่พัฒนาด้วย โปรแกรมประเภท authoring เช่น โปรแกรม Tool book โปรแกรม Director และ โปรแกรม Author ware นำมาใช้บนเว็บโดยผ่านกระบวนการบีบอัดหรือการกระจายให้เป็นแฟ้มขนาดเล็กหลายแฟ้มด้วย โปรแกรมเฉพาะที่แต่ละบริษัทพัฒนาขึ้น เพื่อให้ใช้งานบนเว็บได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ต้องรอการส่งแฟ้มเป็นเวลานานและทำให้สะดวกต่อการส่งข้อมูลออนไลน์ที่เรียกใช้งานบนเว็บแล้วแสดงผลได้ทันทีเหมือนเรียกจากแผ่นซีดี

2.1.5.2 สไลด์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Slides) เป็นสื่อที่พัฒนาด้วยโปรแกรมบนวินโดวส์ และให้เรียกดูผ่านเว็บ หรือแปลงเป็นแฟ้มที่เรียกดูได้บนเว็บ นิยมใช้โปรแกรม Microsoft PowerPoint ในการพัฒนาสื่อลักษณะนี้

2.1.5.3 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-Book) เป็นสื่อที่มีรูปแบบและองค์ประกอบของเล่มหนังสือครบถ้วนเป็นสื่อที่นิยมจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มในสกุลพีดีเอฟ (PDF) และใช้โปรแกรม Acrobat Reader ของบริษัท Adobe ในการอ่าน

2.1.5.4 แผ่นใสอิเล็กทรอนิกส์ (e -Transference) เป็นการจัดทำสื่อให้อยู่ในรูปแบบแผ่นใสหรือเอกสารประกอบการสอนอื่นๆ ให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มในสกุลpdfโดยการสแกนหรือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแฟ้มเอกสาร

2.1.5.5 เอกสารคำสอนอิเล็กทรอนิกส์ (e- Lecture note) อาจจัดทำให้อยู่ในรูปแบบเอกสารในสกุล doc หรือ pdf หรือ html และเรียกดูด้วยโปรแกรมที่ใช้เรียกดูแฟ้มในสกุลอื่นๆ

2.1.5.6 เทปเสียงคำสอน ดิจิทัล (Digital Audio) จัดทำโดยใช้เทคโนโลยี RealAudio เพื่อให้เรียกฟังเสียงในลักษณะรับฟังได้ในทันที ไม่ต้องเสียเวลาในการรอการถ่ายโอนแฟ้มนาน

2.1.5.7 วีดีโอเทปดิจิทัล (Video Clip) จัดทำโดยใช้เทคโนโลยี Real Vedio เพื่อให้เรียกภาพวีดีโอในลักษณะเรียกชมได้ทันที ไม่ต้องเสียเวลาในการรอการถ่ายโอนแฟ้มนาน

2.1.5.8 เอกสารไฮเปอร์เท็กซ์และไฮเปอร์มีเดีย (Hyper Text and Hyper Media) เป็นสื่อที่จัดทำโดยใช้ภาษาHTML โปรแกรมช่วยสร้างเว็บเพจ ทั้งที่จัดทำเองและผู้อื่นจัดทำแล้วเชื่อมโยงไปยังแหล่งนั้น แหล่ง รวมโฮมเพจรายวิชาในเว็บแห่งหนึ่งที่รวบรวมโฮมเพจรายวิชาในที่ต่างๆ ทั่วโลกคือ World Lecture Hall มีเว็บไซต์ ชื่อ<http://WWW.utexas.edu/world/lecture/>

2.1.5.9 วารสารและนิตยสารอิเล็กทรอนิกส์ (e-Journal) เป็นสื่อที่มีองค์กรจัดทำและเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต มีทั้งที่ต้องสมัครเป็นสมาชิก และให้บริการเป็นสาธารณะ

2.1.6 ประโยชน์ของบทเรียนออนไลน์

พัฒนจิตา จารุวัฒน์อริก (2012) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของบทเรียนออนไลน์ว่ามีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในหลายลักษณะ ดังนี้

1. ยืดหยุ่น (Flexibility) และ สะดวก (Convenience) การเรียนการสอนผ่านระบบ E-Learning มีลักษณะ ยืดหยุ่น เพราะสามารถกระทำได้ตามใจของผู้เรียนและผู้สอน โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่

2. เข้าถึงได้ง่าย (Accessibility) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถเข้าถึง e-learning ได้ง่าย โดยใช้โปรแกรม web browsing แบบใดก็ได้ จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใดก็ได้ ในปัจจุบันนี้ การเข้าถึงเครือข่าย สาธารณ (Internet) ทำได้ง่ายขึ้นมาก เพราะโครงสร้างพื้นฐานเอื้ออำนวย โดยเฉพาะในเขตเมืองใหญ่ การที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงบทเรียนได้ง่าย ทำให้ค่าใช้จ่ายในการถ่ายทอด และรับส่งข้อมูลมีราคา ต่ำ

3. ปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยได้ง่าย (Ease of update) เนื่องจากผู้สร้างข้อมูล จะสามารถเข้าถึง server ได้จากทุกแห่งทั่วโลก การ update ข้อมูลจึงทำได้ ทันเวลาโดยไม่มีข้อจำกัด เรื่องสถานที่และเวลา

4. ประหยัดเวลา และค่าเดินทาง (Saving time and expenses) ผู้เรียนสามารถเรียนโดยใช้เครื่อง คอมพิวเตอร์ที่ใกล้ตัวที่สุด โดยไม่ต้องไปโรงเรียน ซึ่งเป็นการประหยัดเวลามาก การฝึกอบรมโดยคอมพิวเตอร์ ใช้เวลาเพียง 50% ของเวลาที่ใช้ฝึกอบรม บทเรียนออนไลน์ที่นำมาใช้เกี่ยวกับการเรียนรู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถให้ผู้เรียนรู้จักความรู้ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ช่วยให้ผู้เรียนมีความตื่นตัวอยู่เสมอ กระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ อยู่ตลอดเวลา

2.1.7 การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนว IMMCAI

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนว IMMCAI (ไพโรจน์ ธีรธรรมากุล และคณะ. 2551) ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาบทเรียนประเภทการสอนความรู้ใหม่ (Instruction) โดยเน้นการนำเสนอเป็นสื่อมัลติมีเดีย (Multimedia) และเน้นผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับบทเรียนในขณะเรียนหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง โดยในบทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนของการเลือกหัวเรื่องเพื่อสร้างบทเรียน การวิเคราะห์เนื้อหาและการออกแบบการสอนในบทเรียนออนไลน์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การพิจารณาการเลือกหัวเรื่อง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้ระยะเวลานานในการพัฒนา การสร้างต้องใช้ทีมบุคลากรที่ความรู้ความสามารถและทักษะด้านต่างๆ จำนวนมาก ดังนั้น เพื่อให้การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคุ้มค่ากับการลงทุน ก่อนที่จะตัดสินใจ สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องใดหรือรายวิชาใดนั้น ควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้ (สาธิต ทองพิว, ๒๕๓๔)

1) ซอฟต์แวร์ (Software) หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องนั้น นั้นต้องมีเนื้อหาทางการศึกษาที่ทันสมัย ทันต่อความก้าวหน้าของศาสตร์นั้น และจะต้องเป็นเนื้อหาที่ได้รับ การเปลี่ยนรูปให้ง่ายต่อความเข้าใจของผู้เรียน

2) ซอฟต์แวร์ (Software) หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะต้องเน้นความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการพัฒนาสมองของผู้เรียนตามวุฒิภาวะและความต้องการเฉพาะตน

3) ผู้สร้างซอฟต์แวร์ (Software) หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะต้องเข้าใจคุณสมบัติพิเศษของโปรแกรมคอมพิวเตอร์และใช้คุณสมบัตินั้นให้เป็นประโยชน์มากที่สุด

4) คุณสมบัติพิเศษของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อยู่ที่สามารถทำให้ผู้เรียนมี

ปฏิสัมพันธ์ต่อโปรแกรมได้ ดังนั้นการออกแบบซอฟต์แวร์ (Software) จึงควรเน้นที่คุณสมบัติพิเศษนี้ ไม่ใช่เพียงการถ่ายทอดข้อความ (Text) ลงในแผ่นดิสก์ (Disk) เท่านั้น เพราะผู้เรียนจะทำได้เพียงอ่านโปรแกรมบนจอภาพเช่นเดียวกับการอ่านหนังสือเท่านั้น

นอกจากนั้น การสร้างบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้สร้างควรพิจารณา และสามารถตอบคำถามต่างๆ เหล่านี้ได้ เพื่อประกอบการตัดสินใจสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่

- ก. เนื้อหาวิชาที่จะสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะคงตัวไปนานเท่าไร
- ข. บทเรียนที่จะสร้างมีขายสำเร็จรูปหรือมีผู้สร้างไว้หรือยัง
- ค. บทเรียนที่จะสร้างขึ้นสามารถลดภาระการสอนได้จริงหรือไม่
- ง. มีผู้เรียนจำนวนมากพอหรือไม่
- จ. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถสร้างให้เสร็จได้ภายในระยะเวลาที่ต้องการหรือไม่
- ฉ. ผลลัพธ์คุ้มกับการลงทุนหรือไม่
- ช. การวัดผลจะเกิดปัญหาต่อเนื้ออย่างไรหรือไม่
- ซ. ถ้าสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะใช้รูปแบบ โปรแกรมแบบเรียงลำดับหรือแบบแยกแขนง
- ณ. มีความเข้าใจและทักษะในการสร้างบทเรียนอย่างแท้จริงแล้วหรือยัง

การพิจารณาเลือกหัวเรื่องสำหรับสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะต้องพิจารณาโดยยึดข้อควรคำนึงดังที่กล่าวไว้แล้ว การเสนอหัวเรื่องเพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแก่ผู้จัดการ โครงการหรือหัวหน้าทีมงาน ซึ่งอาจใช้แบบฟอร์มเสนอโครงการที่ระบุถึงวัตถุประสงค์ทั่วไป ข้อมูลขอบข่ายของบทเรียน กลุ่มเป้าหมายหรือผู้เรียน ตัวอย่างแบบฟอร์มเสนอหัวเรื่องสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อนำเสนอต่อหัวหน้าทีมงาน หัวหน้าโครงการ หรือผู้มีอำนาจพิจารณาในการอนุมัติให้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป สามารถเสนอได้ตามตัวอย่างแบบฟอร์มต่อไปนี้

แบบฟอร์มเสนอหัวเรื่องบทเรียน

เรื่อง

รายวิชา.....

หลักสูตร.....

คำอธิบายรายวิชา / ขอบเขตเนื้อหา

จุดประสงค์ทั่วไป

กลุ่มเป้าหมาย / ผู้เรียน

พัฒนา CAI ประเภท

o Instruction

o Tutorial

o Game

o Test

o Discovery

o Drill and Practice

o Simulation

o Problem Solving

ระยะเวลาในการพัฒนา.....

ทีมงานผู้พัฒนา.....

ผลการพิจารณา

o อนุมัติ

o ไม่อนุมัติ เพราะ

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้อนุมัติ (.....)

...../...../.....

2. ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียน IMMCAI

1) การวิเคราะห์บทเรียน (Analysis)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์บทเรียน (Analysis) หรือวิเคราะห์เนื้อหา นับเป็นขั้นตอนสำคัญ โดยทั่วไปจะเป็นทีมงานวิชาการหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทำหน้าที่เป็นผู้วิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนตามลำดับตามแนวคิดการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ IMMCAI โดยเริ่มทำการวิเคราะห์ตามลำดับ ดังนี้

ก. สร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart)

เริ่มจากเขียนชื่อรายวิชาไว้ตรงกลางกระดาน แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้นๆ จำนวน 4-5 คน ช่วยกันระดมสมองบอกหัวข้อเรื่องที่จะสอนในวิชานั้น เขียนโยงกับชื่อวิชาอย่างอิสระ หรือหากเป็นหัวข้อย่อย ก็ให้โยงกับหัวข้อหลักต่อไป โดยไม่ทำการลอกแบบของตำราเล่มใดเล่มหนึ่งเลย ทั้งนี้ จะยังไม่คำนึงถึงความถูกต้องของหัวข้อและการจัดลำดับ หรือความสัมพันธ์ วิธีการเขียนแผนภูมิ ให้เขียนหัวข้อหลักหรือชื่อวิชาไว้ตรงกลางกระดานในรูปวงรี จากนั้นทีมงานวิชาการหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาที่ระดม ความคิด ผู้เชี่ยวชาญคนใดคิดหัวข้อเรื่องย่อย ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อหลักหรือวิชานั้นๆ ได้ก็ให้เขียนกระจายจากตรงกลางต่อๆ กันมากับเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน

เพื่อความสะดวกในการสร้างแผนภูมินเสนอในเอกสารให้สวยงามและสะดวกต่อการแก้ไข ควรใช้ซอฟต์แวร์ประเภทเครื่องมือช่วยสร้างแผนภูมิ ตัวอย่างเช่น ซอฟต์แวร์ Microsoft Visio หรือ Mind Manager ในการสร้างแผนภูมิ

ข. สร้างแผนภูมิหัวข้อสัมพันธ์ (Concept Chart)

จากแผนภูมิระดมสมอง จะนำมาทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของทฤษฎีหลักการและเหตุผลความสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน อย่างละเอียด อาจมีการตัด หรือเพิ่มหัวข้อตามเหตุผล และความเหมาะสม จนสามารถอธิบายและตอบคำถามได้

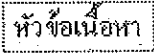
วิธีการเขียนแผนภูมิ เริ่มจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จะนำแผนภูมิระดมสมองจากขั้นตอนที่ ๑ (ขั้นสร้างแผนภูมิระดมสมอง) มาช่วยกันพิจารณาโดยละเอียด เพื่อจัดกลุ่มของหัวข้อที่สัมพันธ์เข้าไว้ด้วยกัน อาจจะมีการตัดหรือเพิ่ม หัวเรื่อง หรือย้ายกลุ่มหัวข้อเรื่องเนื้อหาที่ได้ เพื่อให้ หัวเรื่องต่างๆ สอดคล้องสัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง

ค. สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart)

นำหัวข้อต่างๆ จาก แผนภูมิหัวข้อสัมพันธ์ (Concept Chart) ในข้อ ข. มาเขียนเป็นโครงข่ายตามหลักการเทคนิคโครงข่าย โดยคำนึงถึงลำดับการเรียนรู้เนื้อหา ก่อน-หลัง ความต่อเนื่อง

ของเนื้อหาหรือเนื้อหานั้นสามารถเรียนแบบขนานกันได้ ไม่เกี่ยวข้องกัน แล้วทำการวิเคราะห์ เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหาโดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) จนสมบูรณ์

วิธีการเขียนแผนภูมิ จะเริ่มจากลำดับจากด้านซ้ายมือไปทางขวามือ โดยวาดจุดเริ่มต้น ทางด้านซ้ายของแผนภูมิ เรียงลำดับเนื้อหาไปทางขวา โดยใช้สัญลักษณ์ตามแผนภูมิด้านล่าง ดังนี้

 แสดงหัวข้อเนื้อหา ลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหา

 แสดงหัวข้อเนื้อหาที่ต้องเรียนเรียงตามลำดับ

 แสดงหัวข้อเนื้อหาที่สามารถเรียนแบบขนาน โดยเลือกเรียนหัวข้อเรื่องใดก่อนก็ได้

แผนภูมิที่ 2.1 แสดงการสร้างโครงข่ายเนื้อหา

ผลของการสร้างโครงข่ายเนื้อหา จะมีผลต่อการออกแบบระบบเมนูและการควบคุม บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในขณะที่ให้บทเรียนด้วย ทั้งนี้บทเรียนจะต้องให้อิสระในการเลือกเรียนเนื้อหา กรณีลำดับเนื้อหาเป็น แบบเรียงลำดับ (Sequential) ก็สามารถสร้างเมนูการควบคุม บทเรียนให้เป็นแบบเรียงลำดับโดยให้เรียนตามลำดับไป ทีละหัวข้อเนื้อหา หรือทีละเฟรมได้ แต่ในกรณีที่เนื้อหาที่สามารถเรียน แบบขนาน (Parallel) คือเรียนเนื้อหาใดก่อน ก็ได้ ก็ต้องสร้างเมนูควบคุมให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหัวข้อใดก่อนก็ได้ แต่ผู้เรียนก็ยังสามารถเลือกเรียนแบบเรียงตามลำดับได้

2) การออกแบบบทเรียน (Design)

การออกแบบการสอนเป็นขั้นตอนสำคัญเปรียบเสมือนการคิดวางแผนการสอนไว้ล่วงหน้าไว้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีขั้นตอนการดำเนินการ ๒ ขั้นตอน คือ

ก. การกำหนดกลวิธีการนำเสนอและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

(Strategic Presentation Plan and Behavior Objective) เริ่มจากการนำ แผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) มาพิจารณากลุ่มหัว

เรื่องที่สามารถจัดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ (Module) เดียวกันได้ ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด ดีเป็นกรอบๆ ไว้จนครบหัวเรื่องบนโครงข่ายเนื้อหา จากนั้นนำกรอบหน่วยการเรียนรู้ (Module) มาจัดลำดับการนำเสนอตามลำดับและความสัมพันธ์ให้เป็นแนวทางเดียวกับแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ซึ่งจะได้ผลเป็น แผนภูมิบทเรียน (Course Flow Chart) แสดงให้เห็นถึงลำดับการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ (Module) ทั้งรายวิชา จากนั้น นำเนื้อหาที่แบ่งไว้โดยคร่าวๆ มาจัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ (Module) กำหนดชื่อหน่วยการเรียนรู้ให้สอดคล้องและครอบคลุมเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ นั้น อาจจะเพิ่มหัวข้อเนื้อหาในส่วนของ การสรุป แบบฝึกหัด พร้อมทั้งกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของหน่วยการเรียนรู้ นั้นไว้ให้ชัดเจน เพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์การวัดและประเมินผล เมื่อแบ่งหน่วยการเรียนรู้และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้ว ก็จะนำหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมดมาสร้างเป็น แผนภูมิแสดงลำดับในการนำเสนอบทเรียน (Course Flow Chart) เพื่อแสดงให้เห็นถึงลำดับการนำเสนอบทเรียนแต่ละหน่วย ถ้าผู้เรียน เรียนแต่ละหน่วยตามแผนที่ได้ออกแบบไว้ ก็จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้ในการนำเสนอหน่วยการเรียนรู้จริง ในบทเรียนก็ควรสร้างเมนูให้สามารถเลือกเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้โดยอิสระ

ข. สร้างแผนภูมิกำหนดภายในของหน่วย (Module Presentation Chart)

ขั้นตอนนี้นับว่าเป็น การออกแบบการสอน (Instruction Design) จะต้องออกแบบลำดับการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนให้สอดคล้องกับหลักการจัดกิจกรรมการสอนจริง ซึ่งนับเป็นส่วนสำคัญมากในการประกันคุณภาพ การเรียนจากบทเรียน IMMCAI

ในขั้นตอนการออกแบบ โครงสร้างของบทเรียนแต่ละหน่วย โดยทั่วไปมีลักษณะ การออกแบบโครงสร้าง 3 แบบ คือ

- 1) แบบลำดับ (Sequence)
- 2) แบบเลือก (Choice)
- 4) แบบทบทวน (Repetition)

โดยในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ อาจใช้โครงสร้างแบบใดแบบหนึ่งหรือทั้งสามแบบร่วมกัน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. โครงสร้างแบบลำดับ ประกอบด้วยขั้นตอนโดยมีลักษณะดำเนินการแบบเชิงเส้นตรง โดยไม่มีส่วนที่ทำให้ทำซ้ำ จนกระทั่งบรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ไม่มีการเปรียบเทียบผลของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใดในขณะนี้ แล้วให้เรียนตามบทเรียนที่ออกแบบไว้สำหรับระดับความสามารถนั้น

ข. โครงสร้างแบบเลือก เป็นโครงสร้างที่นิยมมาก ในการออกแบบ โปรแกรมการสอน ต่างๆ มีหลายวิธี มักจะพบใน โปรแกรมชนิดที่มีรายการให้เลือกบนจอ (Menu) ผู้เรียนต้องเลือก เรียนอย่างใดอย่างหนึ่งตามรายการที่ปรากฏบนจอ จึงสามารถข้ามขั้นตอนไปยังรายการใดๆ และ ย้อนกลับมาทำตอนต้นๆ ก็ได้

ค. โครงสร้างแบบบทวน ผู้เรียนจะเรียนและตอบคำถามจนกว่าจะถึงเกณฑ์ที่กำหนด ไว้แล้ว ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้เรียนเรียนไปได้ส่วนหนึ่ง จะมีคำถามว่า “ท่านต้องการเรียนอีกหรือไม่” เมื่อใดที่ผู้เรียนตอบ “ต้องการ” คอมพิวเตอร์จะเสนอปัญหาหรือคำถามเดิม แต่ถ้าตอบว่า “ไม่ ต้องการ” ก็จะหยุดโปรแกรมนั้น

3) การพัฒนาบทเรียน (Development)

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียน เป็นขั้นตอนของการพัฒนารอบเนื้อหาหรือสคริปต์ (Script) โดยนำเนื้อหาที่ได้เรียบเรียงไว้ตามหัวเรื่องในขั้นตอนของการวิเคราะห์มาพิจารณาแบ่งเป็นกรอบๆ นำมาจัดลำดับ ตรวจสอบความถูกต้อง จนกระทั่งถึงขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบ มีขั้นตอน ๓ ขั้นตอนย่อย ดังนี้ (ไพโรจน์ ศิริธรนากุล และ ไพบุลย์ เกียรติโกมล, ๒๕๕๑)

ก. เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development)
โดยเขียนเป็นกรอบๆ จะต้องเขียนไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเฉพาะถ้าเป็น IMCAI จะต้อง กำหนด ข้อความ ภาพ เสียง สี ฯลฯ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ไว้ให้สมบูรณ์ สำหรับแบบฟอร์มในการออกแบบกรอบบทเรียน (Frame Script) อาจใช้แบบฟอร์มที่สร้างขึ้น มาเป็นพิเศษ เพื่อความสะดวกในการออกแบบกรอบบทเรียนที่ประกอบด้วยมัลติมีเดียและง่ายต่อการ กำหนดจุดที่มีการโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ในแต่ละเฟรม (Frame) ของบทเรียน

ข) จัดทำลำดับเนื้อหา (Storyboard Development) เป็นการนำเอากรอบ เนื้อหาหรือที่เขียนเป็น Script ไว้มาเรียบเรียงลำดับการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ในขั้นตอนของการ ออกแบบการสอน ซึ่งจะยังเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ การลำดับกรอบนี้นับว่าสำคัญมาก

ค) นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาตรวจสอบหาความถูกต้อง (Content Correctness) โดยเฉพาะการสร้าง IMCAI จะเป็นการเขียนคำหรือเนื้อหาใหม่ทั้งเรื่อง ควรอาศัย ผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้นๆ (Subject Specialist) เป็นผู้ตรวจสอบให้ จากนั้นนำเนื้อหาไปทดลองหา ค่า Content Validity และ Reader Reliability โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายมาทดสอบด้วย แล้ว ปรับปรุงให้สมบูรณ์

๑๖๕๕๑

ประณต พรหมลักษณ์
การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิถีสาวกรม
การหล่อโลหะ = The development of
online course concerning wit ...

ง) การสร้างแบบทดสอบส่วนต่างๆ ต้องนำมาหาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเที่ยง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบและต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์ ผลที่ได้ทั้งหมดในขั้นตอนนี้ ทั้งกรอบเนื้อหาและแบบทดสอบต่างๆ รวมกันจะเป็น ตัวบทเรียนหรือคอร์สแวร์ (Courseware)

4) การสร้างและนำเสนอบทเรียน (Implementation)

ในขั้นตอนการนำเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ เป็นขั้นตอนในการลงมือปฏิบัติโดยนำเอกสารบทเรียนหรือเรียกว่า คอร์สแวร์ (Courseware) ไปสร้างให้เป็นตัวซอฟต์แวร์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือ CAI บนคอมพิวเตอร์ โดยมีขั้นตอนย่อยที่ต้อง ปฏิบัติ ๓ ขั้นตอน ดังนี้

ก. เลือกซอฟต์แวร์สำเร็จรูป เลือกที่เหมาะสมและสามารถสนองต่อความต้องการที่กำหนดไว้ เป็นตัวจัดการเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีของซอฟต์แวร์สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพสูงมาก ผู้สร้าง CAI สามารถพิจารณาเลือกและนำมาใช้ได้ตามความถนัด เช่น Adobe Captivate, Adobe Authorware เป็นต้น

ข. จัดเตรียมทรัพยากร ที่มงานสร้าง CAI ต้องจัดเตรียม รูปภาพ เสียง วิดีโอ หรือภาพนิ่งไว้ให้พร้อมที่จะใช้งาน โดยสร้างเป็นไฟล์เอาไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ ที่มงานผู้จัดเตรียมทรัพยากรดังกล่าว ต้องใช้ กรอบเนื้อหา (Frame Script) ที่ออกแบบไว้ ประกอบการสร้างทรัพยากร โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมใช้ในการจัดเตรียมทรัพยากรหรือสื่อมัลติมีเดียที่นิยมใช้ ได้แก่

- ข้อความ (Text) การจัดเตรียมข้อความ (Text) เนื้อหา อาจใช้ซอฟต์แวร์ประเภทประมวลผลคำ (Word Processing) ได้แก่ Microsoft Word หรือกรณีเป็นข้อความแบบ PDF (Portable Document Format) ต้องใช้ซอฟต์แวร์ Acrobat เป็นต้น

- ภาพนิ่ง (Image) ภาพนิ่ง หมายถึง รูปภาพที่เป็นทั้งข้อความและรูป ซึ่งสามารถนำรูปภาพมาใช้ ได้หลายรูปแบบ ได้แก่ BMP, JPG, GIF, TIFF ซึ่งมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดเตรียมทรัพยากรภาพนิ่งต่างๆ มากมาย ที่นิยมใช้ได้แก่ Adobe Photoshop ซึ่งมีประสิทธิภาพและความสามารถสูง เป็นต้น

- ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ภาพเคลื่อนไหว หมายถึง ภาพที่เป็นประเภท Gif Animation ซึ่งสามารถนำเข้ามาประกอบในซอฟต์แวร์ที่ใช้ได้

- ภาพยนตร์หรือวิดีโอ (Video) เป็นสื่อที่มีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวในรูปแบบของวิดีโอ หรือภาพยนตร์ นับเป็นสื่อที่สำคัญในการอธิบายหรือสาธิตเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน รูปแบบไฟล์ที่ใช้ ได้แก่ AVI, MOV, FLC/FLI, SWF เป็นต้น

- เสียง (Audio) เสียง หมายถึง เสียงบรรยายที่ได้ออกแบบไว้ในกรอบเนื้อหา (Script) ซึ่งจะต้องทำการบันทึก และตัดต่อ เพื่อนำมาใช้ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รูปแบบของไฟล์เสียงที่นำมาใช้ได้แก่ WAV, VOC, MP๓ ที่นิยมใช้กันมากคือประเภท MP3 เนื่องจากมีคุณสมบัติขนาดเล็กและคุณภาพเสียงดี

ก. จัดการนำ Courseware เข้าใน โปรแกรม (Coding) เป็นขั้นตอนที่ ผู้เชี่ยวชาญการเขียนโปรแกรม (Programmer) ด้าน CAI จะต้องนำกรอบเนื้อหา (Frame Script) มา ประกอบกับสื่อมัลติมีเดียหรือทรัพยากรที่เตรียมไว้ สร้างเป็นซอฟต์แวร์ CAI ด้วยความประณีต และด้วยทักษะที่ดี ทำการแก้ไข ภาพ เสียง วิดีโอ ให้เรียบร้อยสมบูรณ์ ซึ่งจะได้เป็นบทเรียน ๑ วิชา บนคอมพิวเตอร์ตามที่ต้องการ (Subject CAI Software) ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึง หรือยึดตามกรอบ เนื้อหา (Script) เป็นหลัก ซึ่งได้ออกแบบไว้แล้ว ในขั้นตอนของการพัฒนากรอบบทเรียน

5) การประเมินผลคุณภาพบทเรียน (Evaluation)

ในการประเมินคุณภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) โดยเฉพาะบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างแบบ IMMCAI (Interactive Multimedia Computer Assisted Instruction) การประเมินคุณภาพของบทเรียนนั้นจะประเมินในด้านต่างๆ ได้แก่

ก. ด้านเนื้อหา

ข. ด้านมัลติมีเดีย (Multimedia)

- การใช้ข้อความหรือตัวอักษร (Text)
- การใช้ภาพนิ่ง (Image) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) และวิดีโอ (VDO)
- การใช้เสียง (Audio)
- การมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive)

ค. ทางด้านเทคนิคและการประยุกต์

ผู้ที่ทำหน้าที่ในการประเมินสื่อ ได้แก่ ผู้สอน ผู้ชำนาญ คณะกรรมการเฉพาะกิจ หรือ ประเมินโดยผู้เรียน เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนออนไลน์เป็นการเรียนแบบใหม่ที่ใช้สื่อ อิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวนำทางถ่ายทอดความรู้มาสู่ผู้เรียนซึ่งมีประโยชน์ทั้งกับครูผู้สอนและผู้เรียน ลักษณะการใช้อาจนำมาเป็นสื่อหลักซึ่งใช้สอนแทนครู เป็นสื่อเดิมที่ใช้เพิ่มเติมจากการสอนปกติ ของครู หรือเป็นสื่อเสริมจากเนื้อหาอื่น ๆ มีอยู่แล้วเพื่อเป็นทางเลือกในการเรียนก็ได้ ซึ่งในการ สร้างจะต้องมีการวางแผน การสร้างและการพัฒนาหาคุณภาพ อย่างถูกต้องเหมาะสมจึงจะสามารถ ได้สื่อการสอนที่มีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

2.2 เครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.2.1 พัฒนาการความเป็นมาของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ประวัติความเป็นมาของอินเทอร์เน็ต (Internet) เริ่มจากเครือข่าย Arpanet ของหน่วยงานชื่อ Advance Research Project Agency ซึ่งเป็นเครือข่ายการวิจัยเพื่อป้องกันของ U.S.Department of defense ซึ่งเกิดในช่วงปีค.ศ.1970 มีการออกแบบระบบที่ทำให้นักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกันและกันได้ดีขึ้นและทำให้เกิดการพัฒนาเป็นระบบการถ่ายโอนข้อมูลรูปแบบใหม่ที่สามารถสื่อสารได้หลายทางคือ Transmission Control Protocol (TCP/IP) ซึ่งต่อมา คือ มาตรฐานการรับส่งข้อมูลของอินเทอร์เน็ต

อินเทอร์เน็ต (Internet) คือเครือข่ายของระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อถึงกันในระดับโลกโดยเครือข่ายที่มีระบบเหมือนกันหรือต่างกันสามารถเข้าเชื่อมโยงกันเข้าเป็นเครือข่ายโลกได้

ต่อมาจึงมีการจัดตั้งหน่วยงานใหม่ที่ชื่อว่า The National Science Foundation (NSF) หรือโดยผู้เชี่ยวชาญจาก ARPA net ที่แยกตัวออกมา เครือข่ายนี้ใช้สำหรับเชื่อมต่อเครือข่ายของมหาวิทยาลัย และศูนย์วิจัยต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณเครือข่าย และการติดต่อสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ เช่น E-mail การโอนถ่ายข้อมูล (File Transfer Protocol) และการใช้ข้อมูลร่วมกัน และในที่สุดก็เรียกเครือข่ายนี้ว่า “อินเทอร์เน็ต (Internet)”

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของอินเทอร์เน็ต ในอินเทอร์เน็ตมีบริการต่างๆที่มีความแตกต่างกันตามจุดประสงค์การใช้งานของผู้ใช้ เช่น ความต้องการในการสื่อสาร ความต้องการในการหาข้อมูล การนำเสนอสินค้า และบริการผ่านทางเครือข่าย เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำความรู้จักกับบริการต่างๆในอินเทอร์เน็ตเพื่อที่จะได้ใช้งานอย่างคุ้มค่า ซึ่งในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมกันอยู่นั้นประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวให้บริการ (Server) หรือเรียกอีกแบบ คือ Host ซึ่งทำหน้าที่ต่างๆกันในการให้บริการในระบบซึ่งสามารถแบ่งบริการต่างๆของอินเทอร์เน็ตเป็น 2 ส่วนดังนี้ บริการด้านสื่อสาร (Communication Server) และบริการด้านค้นหาข้อมูล (Information Server)

บริการด้านการสื่อสารในอินเทอร์เน็ตมีความหลากหลายในแง่ของวัตถุประสงค์การใช้งานและความสามารถของโปรแกรมที่ใช้ในแต่ละบริการ ซึ่งอาจแบ่งแยกย่อยได้ดังนี้

1) จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail)

E – mail ย่อมาจาก Electronic Mail E –mail จึงเป็นบริการในอินเทอร์เน็ตที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากการใช้งานที่ง่ายและความต้องการในการติดต่อของผู้คนในปัจจุบันมีสูงมาก ทำให้บริการ E-mail ได้รับการตอบรับจากผู้ใช้ในวงกว้าง ความสามารถของ E-mail คือการส่งข่าวสารไปถึงผู้รับได้ในระยะเวลาอันสั้นแทบจะทันทีหลังจากที่มีการส่งทำให้เป็นระบบที่รวดเร็วกว่าการสื่อสารแบบอื่น อีกทั้งยังประหยัดเงินในการใช้งานมากกว่าการสื่อสารแบบเก่า เช่น FAX เป็นต้น ดังนั้นการแพร่หลายของ E-mail ฟรี ของเว็บไซต์ต่างๆเช่น Hotmail หรือแม้แต่ E-mail ฟรีของคนไทย คือ Thai mail เป็นต้น

2) บริการกระดานข่าว อิเล็กทรอนิกส์ (Usenet) เป็นบริการที่ได้รับความนิยมมากพอสมควร เนื่องจากลักษณะพิเศษ คือการแบ่งหัวข้อความสนใจในเรื่องต่างๆ ออกเป็นเรื่องย่อยๆ แล้วแต่ว่าจะมีคนที่มีความสนใจคล้ายกันเข้ามาถึงข้อความต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ ไว้ แล้วผู้ที่เข้ามาอ่านคนอื่นๆสามารถเข้ามาแสดงความคิดเห็นได้ บริการนี้จะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Newsgroup ปัจจุบันมีเว็บไซต์ที่สามารถให้บริการ แบบกระดานข่าวอิเล็กทรอนิกส์ เกิดขึ้นมากมายทั้งของคนไทยและของต่างประเทศ เช่น เว็บไซต์พันทิพย์ดอทคอม ผู้สนใจเรื่องใดก็สามารถเข้าไปสอบถามได้ตลอดเวลา

3) การสนทนาผ่านระบบออนไลน์ (Internet Relay Chat: IRC) IRC คือ ห้องสนทนาแบบออนไลน์ถูกแบ่งเป็นห้องย่อยๆให้ผู้ใช้ Log in เข้ามาเพื่อพูดคุยกันในเรื่องราวต่างๆที่ต้องการอาจมีการตั้งหัวข้อเป็นชื่อห้องไว้ก่อนก็ได้หรือเข้ามาแล้วจึงตั้งประเด็นในการสนทนา ขณะเดียวกันก็สามารถอ่านข้อความของผู้อื่นได้บริการนี้เรียกว่าห้องสนทนา (Chat Room)

4) ระบบเวิลด์ไวด์เว็บหรือ World Wide Web เป็นบริการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด รองจากการใช้ E-mail เนื่องจากเป็นช่องทางที่เข้าถึงข้อมูลได้สะดวกที่สุดในปัจจุบัน โดยเฉพาะโปรแกรมเบราว์เซอร์ที่ไม่โครซอฟท์ได้ออกแบบและพัฒนาเป็น Internet Explorer ซึ่งมีขีดความสามารถสูง

5) ในด้านการศึกษา ระบบการศึกษาได้นำอินเทอร์เน็ตเข้ามาใช้ในการศึกษามากขึ้นทั้งช่วยในการสืบค้นข้อมูล และในการเรียนการสอนด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้นำอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการศึกษาโดยจัดการเรียนการสอนโดยใช้คุณลักษณะเด่นของอินเทอร์เน็ต กล่าวคือ การเข้าถึงที่ไม่จำกัดทั้งด้านเวลา สถานที่ ครู-อาจารย์และผู้เรียน ไม่จำเป็นต้องอยู่ในที่เดียวกัน เวลาเดียวกันก็สามารถเรียนรู้ได้โดยผ่านบทเรียนออนไลน์ และมีการทำแบบฝึกหัด อาจารย์ ก็สามารถประเมินผลได้จากข้อมูลการตอบผ่านบทเรียนออนไลน์ของนักศึกษา

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศต้นกำเนิดของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น ตั้งแต่ ค.ศ. 1990 เป็นต้นมา การประยุกต์อินเทอร์เน็ตทางการศึกษาได้เปลี่ยนจากช่วงของการพัฒนาและวิจัยเครือข่ายมาเป็นช่วงของความพยายามในการบูรณาการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเรียนการสอนในระดับตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา เรื่อยไปจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย (หรือที่เรียกว่า K-12) การใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในทางการศึกษาในสหรัฐอเมริกา นั้นนักศึกษาของสหรัฐอเมริกาได้มีการใช้อินเทอร์เน็ตในการสืบค้นสารสนเทศต่างๆ บนเครือข่าย เช่น รายงานการวิจัยค้นคว้าทางการศึกษา แผนการสอน รวมไปถึงกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้มีการเผยแพร่ไว้บนเครือข่าย นอกจากนี้ กลุ่มข่าว หรือ Newsgroup (ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับแผงข่าว หรือ Bulletin Boards) และกลุ่มสนทนา หรือ Discussion Group หรือที่เรียกว่า เมลลิงลิสต์ (Mailing List) ซึ่งเป็น 2 บริการสำคัญ เพื่อการติดต่อสื่อสารบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น ได้กลายเป็นศูนย์กลางการติดต่อสื่อสาร อภิปราย แลกเปลี่ยน และสอบถามข้อมูล ของนักการศึกษา หรือสถานที่พบปะสังสรรค์ของนักการศึกษา ครู และอาจารย์ ที่สนใจในเรื่องเดียวกัน (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541)

ระบบการจัดการเรียนการสอน (Learning Management System : LMS) มีซอฟต์แวร์ฟรี (Open Source) ที่สำคัญสำหรับเป็นเครื่องมือในการเรียนออนไลน์ที่สำคัญ ได้แก่ระบบการจัดการเรียนการสอนโดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตหรือที่เรียกว่า ระบบแอลเอ็มเอส (Learning Management System : LMS) เป็นระบบการจัดการเรียนการสอนที่บริหารจัดการรายวิชาในการเรียนการสอนออนไลน์ทั้งระบบ บริหารจัดการรายวิชา การจัดการผู้สอน การจัดการผู้เรียน โดยมีผู้ควบคุมระบบเป็นผู้บริหารจัดการระบบ (Administrator) โดยรวมทั้งหมด

ระบบการจัดการเรียนการสอนแบบ LMS เป็น ระบบที่พัฒนาขึ้นในลักษณะที่จัดกระบวนการบริหารจัดการทั้งระบบ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้ามาใช้ได้อย่างง่ายดาย ไม่ต้องพึ่งพาเครื่องมือต่าง ๆ ในการออกแบบและพัฒนาเว็บ ซึ่งแต่เดิมการออกแบบและพัฒนาเว็บไปสู่การจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บจะต้องอาศัยโปรแกรมในการพัฒนาหลายแบบได้แก่

1. การพัฒนาโดยอาศัยภาษาโปรแกรมสำหรับการเขียนเว็บ (Web Programming) เป็นการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนออนไลน์ในลักษณะที่จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการเขียนโปรแกรม โดยในการสร้างเว็บจะต้องใช้เครื่องมือสำคัญคือโปรแกรมในการเขียนเว็บที่มีอยู่มากมาย ต้องมีความเข้าใจในเรื่องของการติดตั้งในระบบ ต้องเข้าใจเรื่องโปรแกรกดังกล่าวเป็นโปรแกรมที่ทำงานในผู้ใช้หรือลูกค้า (Client) หรือเป็นโปรแกรมที่ทำงานโดยอาศัยแม่ข่าย (Server) การพัฒนาโดยการเขียนโปรแกรมจึงทำให้ยุ่งยากต่อผู้ที่ต้องการพัฒนา ต้องใช้เวลามาก ใช้ทรัพยากรที่

เกี่ยวข้องมากและต้องมีความรู้ความเข้าใจทั้งระบบ โปรแกรมที่นำมาใช้ในการพัฒนาเว็บเช่น HTML , Perl , CGI , JSP , XML ฯลฯ ทั้งยังต้องเข้าใจถึงระบบปฏิบัติการที่จะสนับสนุนการติดตั้ง โปรแกรมแต่ละประเภทอีกด้วย

2. การพัฒนาโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับ การเขียนเว็บ (Web Authoring) เป็น การพัฒนาระบบการเรียนการสอนออนไลน์ที่ผู้ปฏิบัติสามารถสร้างเว็บได้ด้วยตนเอง อาศัย โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในการสร้างเว็บ โดยโปรแกรมในการสร้างเว็บต่าง ๆ จะทำ หน้าที่ในการแปลงโค้ดของเว็บที่ได้ให้อยู่ในรูปของภาษา HTML หรือภาษาอื่น ๆ ที่ระบบจะ สามารถทำงานได้ ทำให้การออกแบบและพัฒนาเว็บในลักษณะนี้สามารถทำได้ง่ายขึ้น แต่เป็น ความง่ายเฉพาะในส่วนของการสร้างเว็บเพจเท่านั้น ไม่ได้ทำให้เกิดเป็นระบบการบริหารจัดการ เรียนสอนสมบูรณ์แบบแต่ประการใด เพียงแต่ผู้ที่ต้องการจะพัฒนาเว็บสามารถสร้างเว็บได้ด้วย ตนเอง อาจติดตั้งแบบง่าย ๆ เชื่อมโยงเข้าด้วยกันทั้งหมดจนกลายเป็นเว็บไซต์ สำหรับการเรียน การสอนได้ แต่ก็จะต้องมีความรู้ความเข้าใจองค์ประกอบอื่น ๆ ทั้งระบบเช่นกัน โปรแกรม สำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการพัฒนาเว็บได้แก่ Macromedia Dream weaver, Microsoft FrontPages , Microsoft FrontPages , Name Web Editor , Net Object และ Course Lab ล้วนเป็นโปรแกรม สำเร็จรูปที่ได้รับความนิยม ซึ่งแต่ละโปรแกรมก็จะมีความสามารถที่แตกต่างกันไปสามารถใช้ โปรแกรมใดก็ได้ในการพัฒนา

ระบบการจัดการเรียนการสอนแบบ LMS ที่ได้มีความพยายามแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นแต่เดิม โดยจัดทำเป็นระบบที่สมบูรณ์แบบติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย พร้อมทั้งมีโปรแกรมการ สร้างเว็บสำเร็จรูปติดตัวมาด้วยกับระบบในรูปแบบของการออนไลน์ ทำให้การพัฒนาระบบจัดการ เรียนการสอนแบบ LMS เกือบทั้งหมดพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมเว็บในลักษณะที่เป็นแบบ เปิดเผย ซอร์สโค้ด หรือที่เรียกว่า Open Source Code ทำให้ผู้ที่ประสงค์จะทำการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมระบบใด ๆ เข้าสู่ LMS ก็สามารถทำได้โดยอิสระ ไม่จำเป็นต้องให้ เจ้าของลิขสิทธิ์หรือเจ้าของโปรแกรมเป็นผู้ทำการแก้ไข นอกจากนี้แล้วระบบ LMS เกือบทั้งหมด ยังเป็นระบบที่แจกฟรีโดยไม่คิดมูลค่าสามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ต่าง ๆ ที่พัฒนาระบบนี้ได้ อย่างมากมาย ความเข้าใจเบื้องต้นประการหนึ่ง ของระบบการจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บก็คือ การเรียกชื่อแตกต่างกันไปบ้าง หรือใช้ศัพท์ซ้ำซ้อนกันบ้างจนทำให้เกิดความสับสนและแยกแยะ รายละเอียดกันจนไปสนใจที่คำมากกว่าจะสนใจว่าระบบการจัดการเรียนการสอน มีขั้นตอน กระบวนการอย่างไรหรือมีการใช้งานอย่างไร เนื่องจากมีศัพท์หลายตัวที่เกี่ยวข้องกัน ได้แก่

Learning Management System: LMS ซึ่งเป็นคำหลักที่ใช้เรียกระบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในระบบอินเทอร์เน็ต แต่ก็มีคำที่คู่กันคือ

Content Management System: CMS ซึ่งก็เป็นคำหลักที่ใช้ในการเรียนระบบการจัดการเนื้อหาข้อมูลของเว็บไซต์สำเร็จรูปในระบบอินเทอร์เน็ต แต่มีความสับสนเช่น ระบบ LMS บางตัวก็เรียกตนเองเป็น CMS เช่น

Course Management System: CMS ซึ่งหมายถึงระบบการจัดการรายวิชา จึงเกิดลักษณะการใช้ศัพท์ที่มีตัวย่อเหมือนกันแต่ความหมายคนละอย่าง แต่การใช้ตัวย่อทับซ้อนกัน ตัวอย่างเช่น Moodle เองก็จะเรียกตัวเองว่า Course Management System เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีระบบการจัดการเรียนการสอนบางแบบผนวกระบบ LMS กับ CMS เข้าด้วยกันเรียนใหม่ว่า LCMS ในที่นี้เมื่อกล่าวถึง CMS จะหมายถึงระบบการจัดการเนื้อหา ไม่ใช่ระบบการจัดการรายวิชา

Learning Content Management System: LCMS ซึ่งหมายถึงระบบการจัดการเนื้อหาการเรียนการสอน ซึ่งก็มีลักษณะที่แตกต่างออกไปบ้าง ก็เพียงผนวกระบบการจัดการเนื้อหาเข้าไปด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สามารถจัดการเนื้อหาหรือข้อมูลสารสนเทศได้ด้วย นอกเหนือจากเป็นระบบจัดการเรียนการสอนเท่านั้น บางตำราก็แยกความแตกต่างออกไป อีกขนานที่เรียกว่าคนละระบบกับ LMS โดยมองว่า LCMS เป็นระบบการจัดการเรียนการสอนเท่านั้น LCMS ของ A Tutor ก็แสดงความเฉพาะเจาะจงลงไปให้ชัดเจน (ปรัชญนันท์ นิลสุข, 2551)

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระบบ CMS มาใช้ในการจัดการและสร้างเนื้อหาโดยใช้โปรแกรม Course Lab รุ่น 2.5 ซึ่งเป็นโปรแกรมโอเพ่นซอร์สหรือโปรแกรมที่ไม่มีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ ใช้ในการจัดทำเนื้อหาบทเรียน

2.3 การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

ในปัจจุบันการวิจัยการพัฒนาทางการศึกษา เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้ดีขึ้น โดยอยู่บนรากฐานของหลักการของเหตุและผลที่มีทฤษฎีรองรับหรือการนำเอาวิธีการปรับปรุงสิ่งที่ผู้อื่นได้ศึกษาหรือได้นำไปใช้ได้ผลมาแล้ว ที่อยู่ในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเดียวกันมาก่อนหรือโดยการคิดค้นหาวิธีการใหม่ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการแก้ปัญหาหรือการพัฒนาให้เกิดคุณภาพโดยต้องนำมาทำการทดลองใช้จริงก่อน มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์ว่าสามารถแก้ปัญหาได้จริงถ้าไม่สำเร็จก็นำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาจนสามารถนำผลงานไปเผยแพร่ต่อไปจึงเรียกการวิจัยและการพัฒนาว่า R&D&D ก็คือ Research and

Development and Dissemination สำหรับการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาจะกล่าวรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

2.3.1 ความหมายการวิจัยและการพัฒนาทางการศึกษา

บอร์กและกอลด์ (Borg; & Gall, 1979) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนาไว้ว่า การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา (Educational Research and Development หรือ R&D) เป็นการพัฒนาการศึกษาโดยอาศัยปัจจัยพื้นฐานทางการวิจัย (Research Based Education Development) เป็นกลยุทธ์หรือวิธีการหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการศึกษาโดยเน้นหลักเหตุผลและตรรกะวิทยา เป้าหมายหลัก คือ ใช้เป็นกระบวนการในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Education Product) หมายถึง วัสดุครุภัณฑ์ทางการศึกษา ได้แก่ หนังสือแบบเรียน ฟลิ้มสไลด์ เทปเสียง เทปโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เกย์ (Gay, 1976) ได้กล่าวถึงการวิจัยและพัฒนาไว้ว่า เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ในโรงเรียนซึ่งผลิตภัณฑ์จากการวิจัยและพัฒนา จะรวมถึงวัสดุอุปกรณ์ของครูที่ใช้ในการฝึกอบรม วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สื่อการสอนและระบบการจัดการ การวิจัยและพัฒนาจะครอบคลุมถึงการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะของผู้เรียน และระยะเวลา ในการใช้ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาจะพัฒนาตามความต้องการเฉพาะและขึ้นอยู่กับรายละเอียดที่ต้องการ

อำนาจ ช่างเรียน (2532) ได้กล่าวถึงการวิจัยและพัฒนาการศึกษาไว้ว่าเป็นการวิจัยเพื่อการศึกษา มุ่งค้นคว้าหาความรู้โดยการวิจัยพื้นฐาน โดยใช้วิธีการวิจัยประยุกต์และตรวจสอบคุณภาพ ผลผลิตทางการศึกษา แม้ว่าจะมีการพัฒนาผลผลิตทางการศึกษา เช่น การวิจัยเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของวิธีการสอนหรืออุปกรณ์การสอน ผู้วิจัยอาจจะพัฒนาสื่อหรือผลผลิตทางการศึกษาสำหรับการสอนในระบบ แต่ผลผลิตเหล่านี้ได้ใช้สำหรับการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยแต่ละครั้งไม่ได้ ควรพัฒนาไปสู่การใช้สำหรับโรงเรียนทั่วไป

ความสำคัญของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเป็นกระบวนการของการพัฒนาการทดสอบภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้จากการทดลอง ถึงแม้ว่าการพัฒนาสื่อจะประกอบด้วยการวิจัยพื้นฐานและการวิจัยประยุกต์ เพื่อจุดประสงค์พื้นฐานในการค้นพบสิ่งใหม่ในทาง ตรงกันข้ามเป้าหมายของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา คือ การนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยไปพัฒนาสื่อให้สามารถใช้ได้ ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเป็นตัวเชื่อมระหว่างการศึกษา การศึกษาและแบบฝึกหัดทางการศึกษาซึ่งทำให้สื่อการศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังนั้นในการบริหาร

หรือการศึกษาวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาให้เกิดคุณภาพ เมื่อผู้บริหารหรือผู้ปฏิบัติงานค้นพบปัญหาและเกิดความตระหนัก ในปัญหาก็จะคิดค้นรูปแบบสื่อหรือรูปแบบการพัฒนาที่มัก เรียกว่านวัตกรรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานดังกล่าว โดยที่รูปแบบสื่อหรือรูปแบบการพัฒนาที่คิดขึ้นจะต้องมีเหตุผล หลักการหรือทฤษฎีรองรับ ทั้งนี้อาจเลือกใช้วิธีการปรับปรุงในสิ่งที่มีผู้อื่นได้ศึกษา หรือเคยใช้ได้ผลในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเช่นเดียวกันมาก่อนหรืออาจคิดวิธีการขึ้นใหม่ก็ได้ แต่การทำให้รู้หรือมั่นใจได้ว่าวิธีการที่คิดค้นขึ้นนั้นดีหรือไม่จำเป็นต้องนำมาทดลองจริง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์ว่าสามารถแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้ ถ้าไม่ประสบความสำเร็จก็ต้องมีการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้ผลดีสามารถนำไปเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้ทราบหรือนำไปใช้ได้ต่อไป (ธนศ จำเกิด, 2540)

กล่าวโดยสรุป การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาก็คือการพัฒนาผลผลิตในด้านสื่อการเรียนการสอนต่างๆที่ได้มีการประเมินและทดสอบประสิทธิภาพแล้ว นับได้ว่าเป็นวิธีที่ทำให้คาดหวังว่าจะสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาด้วยเหตุผลโดยดำเนินการพัฒนาตามกระบวนการของวิธีวิจัยและการพัฒนาจะต้องมีการศึกษาแล้วสร้างผลผลิตที่ได้นำไปทดลองใช้แล้วเก็บข้อมูล ที่ได้จากการทดลองนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ โดยทำการทดลองซ้ำๆตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนางานประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ นั่นก็หมายถึงการพบกับองค์ความรู้ใหม่นั้นเอง

2.3.2 ความแตกต่างของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษากับการวิจัยทางการศึกษา ทั้งสองคำมีความแตกต่างกันดังนี้

1. วัตถุประสงค์ (Goal) การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษานั้น มุ่งพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตทางการศึกษา ส่วนการวิจัยทางการศึกษามุ่งเน้นเพื่อการหาองค์ความรู้ใหม่โดยใช้การวิจัยพื้นฐานหรือมุ่งหาคำตอบเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน โดยการวิจัยประยุกต์แม้ว่าการวิจัยประยุกต์ทางการศึกษาหลายโครงการมีพัฒนาการทางการศึกษา

2. การนำไปใช้การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา เป็นวิธีการหนึ่งในการลดช่องว่างระหว่างผลการวิจัยทางการศึกษากับการนำไปใช้จริงอย่างกว้างขวาง กล่าวถึงผลการวิจัยทางการศึกษาจำนวนถูกเก็บไว้โดยไม่ได้รับการพิจารณาในการนำไปใช้

การวิจัยและพัฒนาการศึกษา ถึงไม่ใช่สิ่งที่ทดแทนการวิจัยทางการศึกษา แต่เป็นเทคนิควิธีในการเพิ่มศักยภาพของการวิจัยให้มีผลต่อการจัดการศึกษา โดยเป็นตัวเชื่อมในการแปลงไปสู่ผลผลิตทางการศึกษาที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงในสถาบันการศึกษาทั่วไป ดังนั้นการใช้กลยุทธ์การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา เพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนา จึงเป็นการใช้ผลจากการ

วิจัยทางการศึกษาทั้งการวิจัยพื้นฐาน และการวิจัยประยุกต์ให้เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น (ภาวนา เห็น แก้ว. 2545)

2.3.3 องค์ประกอบของการวิจัยและพัฒนา การวิจัยและพัฒนาประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ผู้ต้องการใช้ผลการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ ผู้ต้องการวิทยาการใหม่จากการวิจัยและพัฒนาไปใช้งาน ซึ่งผู้ต้องการใช้ผลงานวิจัยจะเป็นผู้กำหนดเป้าหมายของการวิจัยแต่ละครั้ง

2. นักวิจัย ได้แก่ ผู้ทำการวิจัยมีหน้าที่วางแผนการวิจัยให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในการช่วยหาคำตอบ เพื่อแก้ปัญหาผู้ที่นำไปใช้

3. สถาบันที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย ได้แก่ หน่วยราชการ องค์การธุรกิจ เอกชนต่างๆ

4. สิ่งส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ ปัจจัยส่งเสริมต่าง ๆ เช่น ห้องสมุดและแหล่งสารนิเทศสำหรับเตรียมข้อมูลในการวิจัย

2.3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา การวิจัยและพัฒนา มีขั้นตอนการดำเนินการ 10 ขั้นตอนดังที่ บอร์กและเกลล กล่าวไว้ ได้แก่ (Borg and Gall. 1989)

1. กำหนดผลผลิตที่จะพัฒนา (Product Selection) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด โดยกำหนดลักษณะทั่วไป รายละเอียดของการใช้และวัตถุประสงค์ของการใช้ โดยมีเกณฑ์ในการเลือกกำหนดผลผลิตทางการศึกษาที่จะพัฒนา ดังนี้

- 1) ต้องตรงกับความต้องการที่จำเป็น
- 2) มีความก้าวหน้าทางวิชาการในการพัฒนาผลผลิตที่กำหนด
- 3) บุคลากรที่มีอยู่มีทักษะความรู้ และประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการวิจัยและพัฒนาผลผลิตพื้นฐานพัฒนาขึ้นในเวลาที่เหมาะสม

2. รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Research and Information Collecting) การรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผลผลิตทางการศึกษานั้น ๆ ถ้ามีความจำเป็นผู้ทำการวิจัยและพัฒนา อาจต้องทำการศึกษาวิจัยขนาดเล็กเพื่อหาคำตอบของงานวิจัยและทฤษฎีที่ไม่สามารถตอบได้ก่อนที่จะเริ่มทำการพัฒนาต่อไป

3. วางแผนการวิจัยและพัฒนา (Planning) ซึ่งประกอบด้วย

- 1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้ผลผลิต
- 2) ประมาณค่าใช้จ่าย บุคลากร ระยะเวลาที่ต้องใช้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้

3) พิจารณาผลสืบเนื่องอันเกิดจากผลผลิตโดยขั้นตอนการวางแผนการวิจัยและพัฒนา ผู้วิจัยจะสามารถมองภาพรวมและคาดการณ์ได้ว่า การวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงตามที่กำหนดไว้หรือไม่

4. พัฒนารูปแบบขั้นต้นของผลผลิต (Develop Preliminary Form of Product)
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นของการออกแบบหลักสูตร วัสดุ คู่มือ และเครื่องมือในการประเมินผล

5. ทดสอบผลผลิตครั้งที่ 1 (Preliminary Field Testing) นำผลผลิตของขั้นตอนที่ 4 ไปทดลองใช้ เพื่อทดสอบคุณภาพเบื้องต้นในสถาบันการศึกษา ใช้กลุ่มตัวอย่าง 3-15 คน มีการประเมินผลเชิงประมาณ โดยใช้ Pre-test และ Post-test แล้วรวบรวมข้อมูลมาเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์

6. ปรับปรุงผลผลิตครั้งที่ 1 (Main Product Revision) โดยการนำผลผลิตในข้อ 5 ที่ได้รับการปรับปรุงมาพิจารณาการปรับปรุงอีกครั้ง

7. ทดสอบผลผลิตครั้งที่ 2 (Main Field Testing) นำผลผลิตที่ได้จากการปรับปรุงในข้อ 6 ไปทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพของผลผลิตตามวัตถุประสงค์ในสถาบันการศึกษา โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 30-100 คน ประเมินผลเชิงปริมาณในลักษณะ Pre-test และ Post-test นำผลไปเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของการใช้ผลผลิต อาจต้องใช้กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมถ้ามีความจำเป็น

8. ปรับปรุงผลผลิตครั้งที่ 2 (Operational Product Revision) นำข้อมูลและผลจากการทดลองใช้ในขั้นที่ 7 มาพิจารณาการปรับปรุง

9. ทดสอบผลผลิตครั้งที่ 3 (Operation Field Testing) นำผลผลิตที่ปรับปรุงไปทดลอง เพื่อทดสอบคุณภาพการใช้งานของผลผลิต โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 40-200 คน ประเมินผลโดยการใช้แบบสอบถาม การสังเกต แล้วรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์

10. ปรับปรุงผลผลิตครั้งที่ 3 (Final Product Revision) โดยการนำข้อมูลจากการทดลองในครั้งที่ 9 มาพิจารณาปรับปรุง เพื่อผลิตและเผยแพร่ต่อไป โดยการจัดประชุมสัมมนาทางวิชาการหรือวิชาชีพส่งไปลงเผยแพร่ทางวิชาการ และติดต่อหน่วยงานทางการศึกษา เพื่อจัดทำผลผลิตทางการศึกษา เพื่อเผยแพร่ไปยังสถาบันการศึกษาต่างๆ หรือจัดทำในลักษณะเชิงพาณิชย์ เพื่อเผยแพร่ให้กว้างขวาง แต่ต้องคอยควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐานเดิม

2.3.5 การพัฒนาสื่อการสอนตามแนวของ เอสพิช และวิลเลียมส์ (Espich and Williams, 1967) ได้อธิบายถึงการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทดสอบทีละคน (One to One Testing) จากกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการเรียน

ระดับต่ำกว่าปากลางเล็กน้อย จำนวน 2-3 คน เพื่อให้ศึกษาสื่อที่พัฒนาขึ้นและหลังจากการศึกษา ผู้พัฒนาจะสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องและสื่อจากกลุ่มตัวอย่างนั้น

2. การทดลองกับกลุ่ม (Small Group Testing) ใช้กลุ่มตัวอย่าง 5-8 คน ดำเนินการคล้าย ขั้นตอนที่ 1 แต่ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย เพื่อนำผลไป วิเคราะห์ทดสอบประสิทธิภาพของสื่อ โดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐาน 90 ขึ้นไป ส่วน 90 ตัวหลัง หมายถึง ผู้เรียนร้อยละ 90 ของผู้เรียนทั้งหมดสามารถทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้อง หากผลการ วิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว ก็ปรับปรุงแก้ไขเฉพาะส่วนที่บกพร่อง เพื่อนำไปทดลองใช้ใน ขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

3. การทดสอบภาคสนาม (Field testing) กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากร เป้าหมายจริง โดยผู้พัฒนาสื่อจะไม่เข้าไปเกี่ยวข้องกับการทดลองด้วย แต่จะอาศัยครูผู้สอน ดำเนินการแทนโดยใช้วิธีดำเนินการเช่นเดียวกับตอนที่ 2

2.3.6 การพัฒนาชุดฝึกของเมเยอร์ (Mayer, 1984) ได้อธิบายขั้นตอนสำคัญของการวิจัย และพัฒนาชุดฝึกไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การพิจารณาจากกลุ่มเพื่อน (Judgment by Peers) โดยให้การศึกษาชุดฝึกที่ ละชุดหลังการศึกษาผู้พัฒนาชุดฝึกจะสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับชุดฝึก จากนั้นจึงร่วมกัน พิจารณาหาข้อบกพร่องเป็นรายหน้า และหลังจากนั้นให้ผู้ศึกษาชุดฝึกตอบแบบสอบถาม แบบ ประเมินค่าและแบบปลายเปิด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาข้อบกพร่องต่อไป

2. ทดลองกับกลุ่มเล็ก (Trial with Small Group) จากอาสาสมัคร 3-5 คน มีการ ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างเรียน หลังศึกษาเสร็จ ผู้ศึกษาชุดฝึกจะร่วมกันอภิปรายชี้แจงข้อบกพร่องของชุดฝึก เพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3. ทดลองกับชั้นเรียนที่เป็นตัวแทน (Trial with Representation Class or Classes) ดำเนินการคล้ายขั้นตอนที่ 2 คือ ให้มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เนื่องจากการ ทดสอบใช้สื่อในขั้นตอนนี้ ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก ไม่สะดวกในการสัมภาษณ์หรืออภิปราย แบบเดิม ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และจากแบบสอบถาม จะได้รับการ วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่องของสื่อที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขต่อไป

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยและการพัฒนาทางการศึกษาเป็น รูปแบบการวิจัยที่สามารถนำไปใช้ปรับปรุง พัฒนา และประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ การ พัฒนาที่สอดคล้องกับสภาพสังคมและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป ช่วยลดช่องว่างของปัญหา ผลผลิตทางการศึกษา และสามารถนำไปใช้ในสถานศึกษาทั่วไปได้โดยเฉพาะการนำกระบวนการวิจัย

และพัฒนาาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการผลิตสื่อการเรียนการสอนโดยเฉพาะการสร้างและพัฒนา
บทเรียนออนไลน์เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.4 การหาประสิทธิภาพของสื่อทางการศึกษา

บทเรียนออนไลน์ถือเป็นสื่อร่วมสมัยในปัจจุบัน การนำบทเรียนออนไลน์มาใช้เป็นสื่อใน
การจัดการเรียนสอนนั้น ผู้สอนต้องมั่นใจว่าบทเรียนของเรานั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะมาใช้
ในการจัดการเรียนการสอน จะต้องประเมินบทเรียน เพื่อการหาประสิทธิภาพบทเรียนด้วยตนเองว่า
ก่อนที่จะนำไปใช้บทเรียนนั้นจะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองให้เห็นว่าเชื่อถือได้ตาม
เกณฑ์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะอาศัยหลักการหาประสิทธิภาพของสื่อ โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ
เป็นตัวเลข

2.4.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพหมายถึง ระดับประสิทธิภาพ
ของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหาก
นวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้ว ก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การ
ลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียน
2 ประเภท ดังนี้

1. พฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior หรือ E_1) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง
ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรม เรียกว่า กระบวนการ (Process) ของผู้เรียนที่สังเกต
จากการประกอบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอน
กำหนดไว้

2. พฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal behavior หรือ E_2) คือ ประเมินผลลัพธ์
(Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

กำหนดค่าประสิทธิภาพ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการและ E_2 คือ ประสิทธิภาพ
ของผลลัพธ์ ซึ่งการกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่
เป็นความรู้ความจำจะตั้งค่าไว้ที่ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำ
กว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น

เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เช่น 80/80 มีหมายความว่า ดังนี้

80 ตัวแรก หมายความว่า เมื่อเรียนบทเรียนแล้วผู้เรียนทั้งห้องสามารถทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมที่มอบหมาย ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 หรือ 80 %

80 ตัวหลัง หมายความว่า เมื่อผู้เรียนทำการทดสอบหลังเรียนจบแล้วผู้เรียนทั้งห้องได้คะแนน เฉลี่ยร้อยละ 80 หรือ 80 %

2.4.2 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของสื่อทางการศึกษา

เมื่อผลิตสื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำบทเรียนไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอน ดังนี้ (วาโร เฟื่องสวัสดิ์, 2546)

1. แบบเดี่ยว หรือ 1: 1 ทดลองกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเก่ง โดยทดลองกับเด็กอ่อนก่อน ทำการปรับปรุงแล้วทดลองกับเด็กปานกลาง แล้วจึงนำไปทดลองกับเด็กเก่ง ในกรณีสถานการณ์ไม่อำนวยก็ให้ทดลองกับเด็กอ่อนหรือปานกลาง คำนวณหาค่าประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จะต่ำกว่าเกณฑ์มาก โดยจะได้ค่า E_1/E_2 ประมาณ 60/60

2. แบบกลุ่ม หรือ 1: 10 คือ ทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน คณะผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ซึ่งในครั้งนี้นี้ คะแนนจะเพิ่มขึ้นเกือบเท่าเกณฑ์ หรือห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10 % นั่นคือ ค่า E_1/E_2 ประมาณ 70/70

3. แบบภาคสนาม หรือ 1: 100 คือ ทดลองกับผู้เรียน 40-100 คน คณะผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ผลที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2.4.3 การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพของสื่อทางการศึกษา

เมื่อทดลองสื่อภาคสนามแล้วให้เทียบค่า E_1/E_2 ที่หาได้จากบทเรียนกับค่า E_1/E_2 ของเกณฑ์ เพื่อดูว่าเราจะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียนมี 3 ระดับ ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520)

2.4.3.1 สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของบทเรียนสูงกว่าที่ตั้งไว้มีค่าเกิน 2.5 %

2.4.3.2 เท่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของบทเรียนเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5 %

2.4.3.3 ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ เมื่อประสิทธิภาพของบทเรียนต่ำกว่าเกณฑ์แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5 %

สรุปได้ว่าความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์เนื่องจาก บทเรียนออนไลน์นั้น เป็นสื่อการสอนที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จะต้องหาว่าบทเรียนออนไลน์

ที่ผลิตและพัฒนาขึ้นนั้นจะสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องนั้นได้จริง และ E_1 และ E_2 ควรจะพัฒนาให้มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และค่าของทั้ง E_1 และ E_2 ไม่ควรจะแตกต่างกันมากเกินไป ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพของบทเรียนด้วยว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด

2.5 โครงสร้างเนื้อหาเรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

โครงสร้างเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ จะประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 4 เรื่อง ดังนี้

1. ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 3 หัวข้อ ได้แก่ ความหมายขั้นตอนการหล่อโลหะ และชนิดของโพรแกรมหล่อโลหะ
 2. โพรแกรมหล่อทราย ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 3 หัวข้อ ได้แก่ ความหมายของโพรแกรมหล่อทราย ชนิดของโพรแกรมหล่อทราย และข้อดีข้อเสียของโพรแกรมหล่อทราย
 3. ทรายทำแบบหล่อ ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 4 หัวข้อ ได้แก่ คุณสมบัติของทรายหล่อ ชนิดของทรายหล่อ ส่วนประกอบของทรายหล่อ และการเตรียมทรายหล่อ
 4. การสร้างโพรแกรมหล่อทราย ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 4 หัวข้อ ได้แก่ เครื่องมือและอุปกรณ์ การทำแบบหล่อทรายด้วยมือ และการทำแบบหล่อทรายด้วยเครื่อง
- ซึ่งมีเนื้อหาที่ได้ปรับและสรุปให้เหมาะกับการนำเสนอผ่านบทเรียนออนไลน์ โดยผ่านการตรวจสอบและแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์ ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

ภาวนา เห็นแก้ว (2545) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการใช้การใช้ บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บเรื่องเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยทำการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนในเครือมูลนิธิเซนต์ คาเบรียลแห่งประเทศไทย ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวม 180 คน พบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บ เรื่อง เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีประสิทธิภาพ 91.60/94.70 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ของนักเรียนที่เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บกับการสอนปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการปฏิบัติของนักเรียนที่เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บกับการสอนปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความรับผิดชอบของนักเรียนที่เรียนที่เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บกับการสอนปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ความรับผิดชอบของนักเรียนที่เรียนที่เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บก่อนและหลังการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บ

สายธาร โพธิราช (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาการเขียนรายงานและการใช้ห้องสมุด ชุดเครื่องมือช่วยค้นทรัพยากรสารสนเทศระดับชั้นปริญญาตรี ที่พัฒนาโดยผู้วิจัยมีคุณภาพอยู่ในระดับดีและมีประสิทธิภาพ 87.38/89.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

วิญญู สิงห์ทอง (2550) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนลับแลพิทยาคม ผลการวิจัยพบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนลับแลพิทยาคม ที่มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.83 / 83.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80 / 80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนลับแลพิทยาคม หลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หลักสูตรประกาศนียบัตร

วิชาชีพ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนลับแลพิทยาคม อยู่ในระดับมากที่สุด

สุพรรณ แดงประดับ (2551) ได้ศึกษาวิจัยเพื่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชาช่างผลิตภัณฑ์โลหะ ด้วยการเชื่อม 1 (ง 40263) เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้าทำราบ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสองคอนวิทยาคม ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.24/90.98 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้าทำราบ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทุกหน่วยการเรียนรู้และโดยภาพรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. ผลการปฏิบัติงานของนักเรียน ทุกหน่วยการเรียนรู้และโดยภาพรวมสูงกว่า เกณฑ์ร้อยละ 80 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชาช่างผลิตภัณฑ์โลหะ ด้วยการเชื่อม (ง40263) เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้าทำราบ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจต่อบทเรียนในระดับมากที่สุด

พิเชษฐ์ สิงห์ชู (2552) ได้ศึกษาการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนE-Learning โดยใช้โปรแกรม Moodle ควบคุมชั้นเรียน เรื่อง การคำนวณหาความยาว พื้นที่ ปริมาตร และ น้ำหนักของวัสดุรูปทรงต่างๆ สำหรับนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 2 แผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียน E-Learning โดยใช้โปรแกรม Moodle ควบคุมชั้นเรียน เรื่อง การคำนวณหาความยาว พื้นที่ ปริมาตรและน้ำหนักของวัสดุรูปทรงต่างๆ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทเรียนE-Learning โดยใช้โปรแกรม Moodle ควบคุมชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า

1. บทเรียน E-Learning โดยใช้โปรแกรม Moodle ควบคุมชั้นเรียน เรื่องการคำนวณหาความยาว พื้นที่ ปริมาตร และน้ำหนักของวัสดุ รูปทรงต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 74.12/72.42 สูงกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 70/70

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ที่ได้จากบทเรียน E-Learning โดยใช้โปรแกรม Moodle ควบคุมชั้นเรียน เรื่อง การคำนวณหาความยาว พื้นที่ ปริมาตร และ น้ำหนักของ วัสดุ รูปทรงต่างๆ สูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐาน

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียน E-Learning โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($= 4.48, S.D. = 0.65$)

สรุปได้ว่า งานวิจัยในประเทศเป็นการพัฒนาบทเรียนในลักษณะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง หรือบทเรียนออนไลน์ ส่วนใหญ่จะพบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนมักเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือมีตั้งแต่ เกณฑ์ 70/70 จนถึงเกณฑ์ 90/90 ควบคู่กันไปกับการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน รวมทั้งพบว่าผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนผ่านบทเรียนออนไลน์

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

กูรูบาคาก (Kurubacak, 2000: 3125-A.) ได้ศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการสอนบนเว็บ จากผู้เรียนที่เรียนวิชานโยบายสิทธิมนุษยชน ในมหาวิทยาลัยมิเดิลเซ็กซ์เทิร์นสเทศ จำนวน 23 คน และเลือกสัมภาษณ์ผู้เรียนในชั้นเรียนอีก 6 คน ผู้วิจัยใช้แบบจำลองการสอนบนเว็บของ Bannan และ Milheim ในการตรวจสอบวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ มีการศึกษาในด้านประสบการณ์และทักษะทางคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนที่เรียนบนเว็บ การเผยแพร่ออนไลน์และความสะดวกในการเรียนออนไลน์ การศึกษาพบว่า การค้นพบความคิดใหม่ๆ ผู้เรียนสนุกที่ได้โต้ตอบกับบทเรียนออนไลน์ และเกิดความคิดรวบยอดซึ่งได้จากการระดมความคิดเห็นของผู้เรียนคนอื่นๆ ในการร่วมกันเสนอข้อมูลในประเด็นต่าง ๆ อีก ยังพบว่า ผู้เรียนชอบรับข้อมูลจากคนอื่น ๆ มากกว่าจะนำเสนอเอง ผู้เรียนชอบเรียนคนเดียวด้วยทรัพยากรที่มีอยู่ในการเรียนออนไลน์มากกว่าการทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นคู่ รูปแบบใหม่ของบทเรียนบนเว็บที่ชอบ คือ สิ่งสนับสนุนต่างๆ ที่จะช่วยฝึกผู้เรียนเรียนรู้อย่างอิสระ ในการใช้เว็บและการสอนบนเว็บสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ใช้ประโยชน์จากเว็บเป็นทรัพยากรในการศึกษาและพัฒนาเว็บไปสู่การศึกษาในระดับสูงขึ้นไป

กาโรลิก (Karolick, 2001: 5096-A) ได้ศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนระดับปริญญาตรีต่อประสบการณ์บทเรียนบนเว็บ พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ แบ่งออก 3 ประเภท ได้แก่ ผู้เรียนในสถานศึกษา ผู้เรียนทางไกล และผู้เรียนตามอัธยาศัย สิ่งสำคัญที่ผู้เรียนต้องการ คือ การแสดงตัวเพื่อมีส่วนร่วมในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ทั้งด้านสังคมและด้านสติปัญญา และต้องการให้มีการเตรียมพร้อมสำหรับการปฏิบัติงานด้วยเทคโนโลยี และให้มีการบริการสื่อที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย ส่วนผู้สอนพบว่า ควรให้ความรู้ฝึกปลอดภัยและเป็นกันเองกับผู้เรียน รวมทั้งให้ประสบการณ์ที่พิเศษและส่งผลกระทบททางบวกแก่ผู้เรียน และการจัดการด้านเวลาและการใช้ทักษะของผู้เรียนที่ช่วยให้การเรียนในห้องเรียนประสบความสำเร็จ ควรนำมาประยุกต์ใช้กับผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์

ซัน (Sun, 2001: 4521-A.) ได้ศึกษาแบบจำลองการออกแบบการสอนสำหรับการเรียนการสอนบนเว็บ ได้สร้างแบบสำรวจเพื่อเก็บข้อมูล แบบสำรวจข้อมูลแบ่ง 4 กลุ่ม ได้แก่

ข้อมูลประชากรที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจ การใช้วิธีออกแบบการสอนสำหรับบทเรียนออนไลน์ในปัจจุบัน ยุทธศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับบทเรียนออนไลน์ในปัจจุบัน และวิเคราะห์ทิศทางของแบบจำลองที่เหมาะสม และส่วนประกอบที่จำเป็นของการออกแบบการสอนสำหรับบทเรียนออนไลน์ ผลการศึกษาพบว่า การเรียนการสอนออนไลน์ถูกออกแบบตามแบบจำลองการสอนที่มีอยู่แล้ว แต่จะไม่เป็นไปตามแบบทุกส่วนประกอบของแบบจำลองที่เลือก แบบจำลองของดิกและคาเรย์ (Dick and Carey) ถูกนำมาใช้มากที่สุด ส่วนประกอบที่พบมากที่สุดคือ กำหนดยุทธศาสตร์ วิเคราะห์งาน วิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ผู้เรียน และการเขียนและผลของการสอน ส่วนประกอบที่พบน้อยที่สุดคือ การเขียนข้อทดสอบ นอกจากนี้ยังพบว่า อีเมลเป็นสื่อที่ผู้เรียนใช้ในการปฏิสัมพันธ์มากที่สุดและสิ่งหนึ่งของประชากรเชื่อว่าแบบจำลองการออกแบบการสอนที่มีอยู่ไม่เหมาะสมกับการออกแบบและพัฒนาการสอนออนไลน์

ซันเกอร์ธ (Sondgeroth. 2003 : 5811 – A อ้างจาก สังคม ภูมิพันธ์. 2549) ได้ศึกษาการออกแบบระบบ e-Learning จากแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ แล้วนำมาวิเคราะห์ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้าน และจัดกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน 2 กลุ่ม กลุ่มแรก ประกอบด้วย สมาชิกฝ่ายบริหารที่ปรึกษาและผู้ให้การฝึกอบรม กลุ่มนี้จะให้ความรู้เกี่ยวกับประเภทของการเรียนที่องค์กรต้องการและวิธีการสร้างและเผยแพร่ กลุ่มที่สองประกอบด้วย ฝ่ายบริหารด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ ที่ปรึกษาและฝ่ายพัฒนาเทคนิคที่จะให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานระบบ e-Learning จากการศึกษาพบว่า องค์กรต่าง ๆ เห็นความสำคัญของ e-Learning และเชื่อว่ามีเจตจำนงที่ต้องการได้รับการพัฒนา โดยเห็นว่าเป็นวิธีการที่ง่ายและประหยัดงบประมาณ ระบบ e-Learning เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายรวดเร็ว ซึ่งจะเห็นได้จากการผู้ใช้งาน หรือวางแผนที่จะใช้ e-Learning ปัจจุบันมีส่วนราชการ สถานศึกษาและองค์กรอิสระได้เริ่มนำ e-Learning ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมากมาย เพื่อตำแหน่งทางวิชาการ และประสบความสำเร็จจากการใช้ e-Learning

ฟราซี (Frazec. 2004 : 1746-A) ได้ทำการวิจัยยุทธศาสตร์การเรียนรู้แบบโยโย กรณีศึกษาการวัดผลกระทบของเทคนิคจิ๊กซอว์บนพื้นฐานของความเชื่อ การทำงาน และการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้แบบโยโยกำลังได้รับการยอมรับจากครูทั่วโลก นักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญการสอนได้สนับสนุนวิธีการเรียนรู้ที่ว่าทำให้นักเรียนมีความสามารถในการด้านองค์ความรู้และการคิดในขั้นสูง นอกจากนี้นักเรียนยังมีปฏิสัมพันธ์อันดีต่อกันในขณะที่เรียนรู้แบบโยโย ส่งผล

ต่อ การเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นควรออกแบบให้มีความท้าทาย ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำตามความเชื่อของตน และสนับสนุนให้ผู้เรียน ได้ศึกษาเนื้อหาในเชิงลึกและคิดอย่างมีวิจารณญาณ การวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบ การเรียนรู้ที่นำเอาเทคนิคจิ๊กซอว์มาประยุกต์ใช้ควบคู่กับ

การเรียนรู้แบบโยโย และอีกกลุ่มไม่ใช้เทคนิคจิ๊กซอว์ จากกลุ่มตัวอย่าง 89 คน แบ่งเป็น 2 ห้อง พบว่าทั้ง 2 ห้องนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างกัน ห้องที่ไม่ได้นำเอาเทคนิคจิ๊กซอว์ใช้ร่วมกับการเรียนรู้แบบโยโยนักเรียนมีความสามารถในการใช้ถ้อยคำบรรยายอยู่ในระดับต่ำกว่าห้องที่นำเอาเทคนิคจิ๊กซอว์ใช้ร่วมกับการเรียนรู้แบบโยโย นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนรู้แบบโยโยและใช้เทคนิคจิ๊กซอว์มีการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนที่เรียนอ่อน ทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังพบว่าถ้ามีการกำหนดขอบเขตของการทำงานนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ร่วมกับการเรียนรู้แบบโยโยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่านักเรียนที่ไม่ใช้ การเรียนรู้เทคนิคจิ๊กซอว์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีที่สามารถนำไปใช้ในการทำงานหลังจากการเรียนรู้แล้ว

เชเรอร์ (Scherer. 2003 : 1974-A) ได้ศึกษาผลการเสริมแรงและการลงโทษในระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการให้แรงเสริมและการลงโทษในการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับวิทยาลัย จำนวน 4 คน วิธีดำเนินการทดลอง คือ การสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับการให้เงินแก่นักเรียนที่ปฏิบัติตามกิจกรรมได้ดี และลงโทษนักเรียนโดยไม่จ่ายเงินเมื่อทำผิดหรือไม่ทำตามกติกา ผลการศึกษาพบว่า การให้การเสริมแรงและการลงโทษที่เหมาะสมช่วยให้การเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประสบความสำเร็จมากขึ้น เพราะการลงโทษทำให้ผู้เรียนเพิ่มความสนใจในการเรียนมากขึ้น

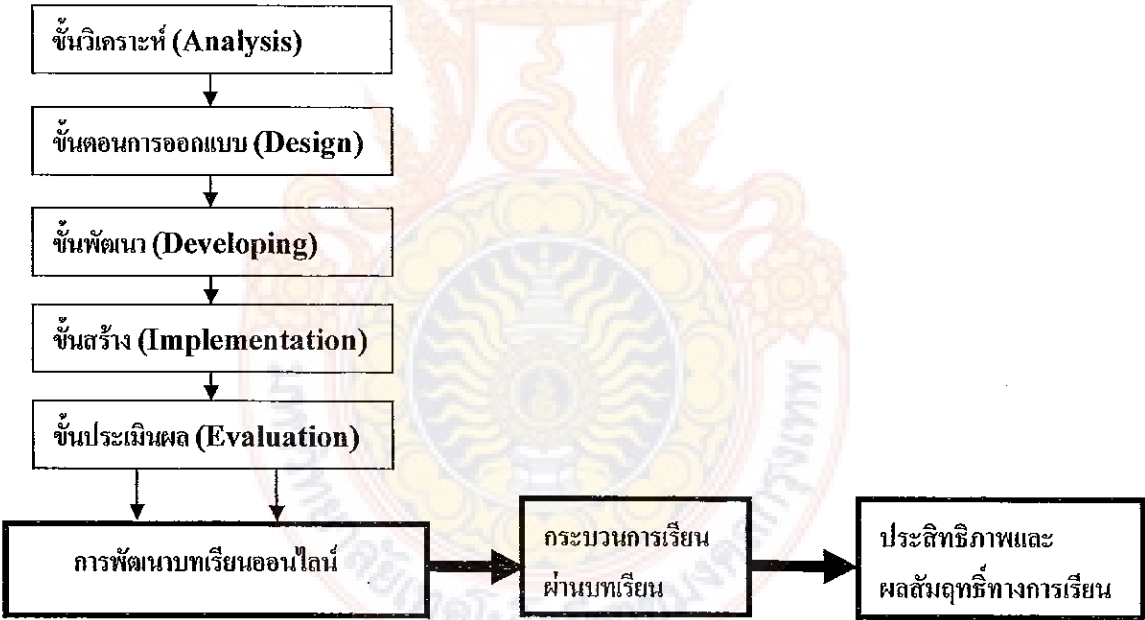
เอียว และคณะ (Eow, Yee Leng and others. 2010 : Online) . ได้ศึกษาการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อเสริมสร้างการรับรู้เชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนในรายวิชา การพัฒนาเกมสื่อบทเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ผลิตบทเรียนโดยใช้ทฤษฎีการสอนแบบการเรียนรู้ให้เห็นคุณค่า (appreciative learning) และทฤษฎีการค้นหาค่า (Appreciative Inquiry) และใช้ แบบสอบถามการรับรู้เชิงสร้างสรรค์ของเคทเทนนา-ทอร์รานซ์ (Khatena-Torrance Creative Perception Inventory) สอบถามผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนรับรู้ถึงการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในตัวเองมากขึ้น และคะแนนเฉลี่ยในการศึกษาบทเรียนของนักศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับห้องเรียนที่สอนแบบปกติ

งานวิจัยในต่างประเทศส่วนใหญ่พบว่า การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและมักออกแบบตามแบบจำลองการสอนปกติที่มีอยู่เดิม และพบว่าผู้เรียนและผู้สอนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนในระบบออนไลน์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในด้านต่างๆพอจะสรุปได้ว่า การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะในรูปแบบการเรียนผ่านเว็บหรือผ่านบทเรียนออนไลน์ จะสามารถช่วยพัฒนาคุณภาพในการจัดการศึกษาได้ โดยผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น และมีความพึงพอใจในการเรียน เป็นการขยายโอกาสทางการศึกษาแบบไร้พรมแดน ผู้เรียนสามารถเรียนได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ บุคคลกลุ่มใดก็สามารถเข้าถึงการศึกษาได้ สามารถได้เรียนรู้อย่างตลอดเวลา

2.7 กรอบความคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ดำเนินการสร้างบทเรียนออนไลน์โดยใช้แนวทางในการพัฒนาบทเรียนแบบ IMMCAI (Interactive Multimedia Computer Assisted Instruction) ของไพโรจน์ ตรีรัตนากุล และคณะ (2551) ซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 3 ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการสร้างบทเรียน

หลักการเบื้องต้นของการพัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบ IMMCAI จะเน้นกระบวนการในการสร้างและพัฒนาบทเรียนออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้แก่ ขั้นตอนการสร้างบทเรียนออนไลน์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.7.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์บทเรียนและเนื้อหาโดยผู้สอน ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2.7.2 ขั้นตอนการออกแบบ (Analysis) เป็นการกำหนดวิธีการนำเสนอและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การแบ่งเนื้อหาในแต่ละหน่วย รวมถึงแบบฝึกหัด และการออกแบบกรอบเนื้อหา การออกแบบเส้นทางการเรียน การเชื่อมโยงภายในบทเรียน รวมถึงการออกแบบกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียน

2.7.3 ขั้นพัฒนา (Development) เป็นการพัฒนารอบเนื้อหาหรือสคริปต์ นำเนื้อหา มาจัดลำดับ ตรวจสอบความถูกต้อง รวมถึงการพัฒนาแบบทดสอบ จัดแบ่งเนื้อหาออกเป็นกรอบ ๆ

2.7.4 ขั้นสร้าง (Implementation) เป็นการสร้างและนำเสนอบทเรียนโดยนำคอร์สแวร์ไปสร้างเป็นตัวซอฟต์แวร์บทเรียนออนไลน์ โดยจะต้องเลือกซอฟต์แวร์ จัดเตรียมทรัพยากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาพประกอบ วิดีทัศน์ เสียง เป็นต้น ให้พร้อมเพื่อสร้างเป็นบทเรียนออนไลน์ 1 รายวิชา โดยยึดตามกรอบเนื้อหาซึ่งได้ออกแบบไว้แล้วเป็นหลัก

2.7.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลคุณภาพบทเรียน ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านเนื้อหา ด้านมัลติมีเดีย การนำทาง การออกแบบ เป็นต้น ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้วิจัยที่ต้องคอยจับบันทึกและสังเกต และนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขให้บทเรียนมีประสิทธิภาพ

เมื่อผ่านขั้นตอนทั้ง 5 ที่กล่าวมาก็จะได้บทเรียนออนไลน์ที่ได้รับการพัฒนาตามหลักวิชา พร้อมทั้งจะนำไปทดลองหาประสิทธิภาพในสถานการณ์จริงต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องวิศวกรรมหล่อโลหะ ซึ่งได้ดำเนินการดังนี้

- 3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
- 3.2 การกำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.1.1 ศึกษาหลักการและวิธีเพื่อสร้างและพัฒนาบทเรียนออนไลน์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักการและขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทเรียนออนไลน์ ได้แก่ องค์ประกอบของบทเรียน ลักษณะของบทเรียน ข้อควรคำนึงถึงในการสร้างบทเรียน ข้อดีและข้อเสียของบทเรียน ขั้นตอนการออกแบบการสร้างและพัฒนาบทเรียน
2. ศึกษาโปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนออนไลน์ ได้แก่ โปรแกรม สำเร็จรูปต่างๆ รวมทั้งศึกษาการใช้อุปกรณ์เครือข่าย เป็นต้น
3. ศึกษาวิธีการวัดและประเมินผล เช่น การสร้างแบบฝึกหัด แบบสอบถาม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ความสอดคล้องของบทเรียน ศึกษาการสร้างและพัฒนาบทเรียนออนไลน์ ได้แก่ การตรวจสอบคุณภาพบทเรียนเบื้องต้น การหาประสิทธิภาพบทเรียน การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้บทเรียน เป็นต้น
4. ศึกษาการหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสอดคล้องของบทเรียน การตรวจสอบคุณภาพบทเรียนเบื้องต้น การหาประสิทธิภาพบทเรียน และการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทเรียน เป็นต้น

3.2 การกำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นประชาชนทั่วไปและนักศึกษาที่สนใจและสมัครเข้าศึกษาบทเรียนออนไลน์ ผู้วิจัยได้ติดป้ายประชาสัมพันธ์ประกาศรับสมัครผู้สนใจเข้าทดลองเรียนจากบทเรียนออนไลน์ ที่อาคารสำนักงานคณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้น 1 ในระหว่างวันที่ 3-9 เมษายน 2555 มีผู้มาสมัครทั้งสิ้นจำนวน 42 คน และจับสลากเพื่อคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่สร้างขึ้นในการวิจัย ประกอบด้วย 2 ประเภท คือ

3.3.1 การสร้างบทเรียนออนไลน์ มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหาวิชา โดยศึกษาจากคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ทั่วไป กลุ่มเป้าหมาย
2. วิเคราะห์และรวบรวมเนื้อหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ในรายวิชาจาก แหล่งข้อมูลทางเอกสารหลักสูตร กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้อง และครอบคลุมเนื้อหาวิชา
3. ออกแบบเนื้อหา มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้
 - 1) วิเคราะห์ลำดับเนื้อหา
 - 2) เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหา
 - 3) นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบและนำมาปรับปรุงแก้ไขโดยได้ปรับแก้การเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับคำกริยาที่ใช้
4. ขั้นตอนการสร้างบทเรียนออนไลน์ มีขั้นตอน ดังนี้
 - 1) ออกแบบหน้าจอ (Screen Design) ของบทเรียน แนวทางการออกแบบ การนำเสนอหน้าจอเมนูของบทเรียนประกอบด้วย ส่วนหัว ชื่อหน่วยเรียน จุดประสงค์ เรื่องย่อ หน้าจอเนื้อหาบทเรียน ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง ปุ่มเมนู ภาพประกอบ ปุ่มควบคุมหน้าจอ
 - 2) สร้างบทเรียนต้นแบบ (Prototype) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวทางการสร้างบทเรียนแบบไอเอ็มเอ็มซีไอ : IMMCAI (ไฟโรจน์ ตีรธรรณาคูณ และคณะ. 2551) มีขั้นตอนในการสร้าง 5 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis) การออกแบบบทเรียน (Design) การพัฒนากรอบเนื้อหาบทเรียน (Development) การสร้างบทเรียน (Implementation) และการตรวจสอบคุณภาพบทเรียนที่พัฒนาขึ้น (Evaluation) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis Chart Drafting) เป็นการสร้างเนื้อหาทั้งหมดอันเป็นเป้าหมายขององค์ความรู้ และความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของหัวเรื่องที่จะทำให้เห็นภาพรวมของบทเรียนว่าควรจะมีเนื้อหาโดยรวมอย่างไร แล้วคัดหัวเรื่องที่เหมาะสม เป็นผู้วิเคราะห์เนื้อหา เริ่มจากผู้วิจัยได้ระบุหัวข้อหลัก และหัวข้อย่อย เนื้อหาที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเนื้อหาอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงกัน เนื้อหาส่วนใดควรนำเสนอก่อนหลังหรือพร้อมกันได้ การวัดและประเมินผล ตามวัตถุประสงค์ของการนำเสนอ บทเรียน ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบฝึกหัดท้ายบท การวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย และจิตพิสัย แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ท่านตรวจสอบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการระดมสมองร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผล 1 ท่าน รวมทั้งตัวผู้วิจัยเองแล้วนำผลการตรวจสอบและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข

2. การออกแบบบทเรียน (Design) กำหนดวิธีการนำเสนอและ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Strategic Presentation Plan & Behavior Objectives) จากนั้นผู้วิจัยได้จัดลำดับแผนภูมิการนำเสนอเป็นแผนภูมิบทเรียน (Course Flow Chart Drafting) โดยใช้ข้อมูลจากแผนผังในขั้นตอนที่ 1 โดยพิจารณาจากพื้นฐานของกลุ่มผู้เรียนเป้าหมาย ลักษณะความยากง่ายของเนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนแล้วจึงกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้กับหัวข้อหลัก และหัวข้อย่อยตามแผนภูมิการนำเสนอของแต่ละเรื่องในบทเรียน การออกแบบการสอนของบทเรียนผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีทั้งตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเอกสารดาวน์โหลดเพิ่มเติม และการเฉลยแบบฝึกหัดที่สามารถตรวจสอบผลการตอนได้ทันทีและมีการรวมคะแนนหลังจากทำแบบฝึกหัดเสร็จสิ้นเพื่อเสริมแรงแก่ผู้เรียน เมื่อเขียนเสร็จผู้วิจัยได้ตรวจสอบด้วยตนเองก่อน แล้วจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านวัดผลตรวจสอบอีกครั้ง แล้วทำการสร้างแผนภูมิการนำเสนอเนื้อหาในแต่ละโมดูล (Module Presentation Chart Drafting) จากนั้นผู้วิจัยได้สร้างแผนภูมิการนำเสนอเนื้อหาในแต่ละโมดูล เพื่อแสดงถึงความต่อเนื่องและกำหนดมาตรฐานของเวลาในการนำเสนอในแต่ละโมดูลนั้น ๆ ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการนำเสนอบทเรียนลงในตารางการนำเสนอ โดยในแต่ละเรื่องจะมีกลวิธีในการนำเสนอที่แตกต่างกันออกไป แต่จะมีโครงสร้างของการออกแบบการสอนที่คล้ายคลึงกัน ประกอบด้วย 9 โมดูล ประกอบด้วย

1) โมดูลแนะนำรายวิชา 1 โมดูล

2) โมดูลเนื้อหา 4 โมดูล ได้แก่

1. โมดูลความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ
2. โมดูลโปรแกรมหล่อทราย
3. โมดูลทรายทำแบบหล่อ

4. โมดูลแบบฝึกหัดเรื่องทรายทำแบบหล่อ

3) โมดูลแบบฝึกหัด 4 โมดูล เป็นโมดูลแบบฝึกหัดของ โมดูลเนื้อหาทั้ง 4

โมดูล ได้แก่

1. โมดูลแบบฝึกหัดเรื่องที่ 1

2. โมดูลแบบฝึกหัดเรื่องที่ 2

3. โมดูลแบบฝึกหัดเรื่องที่ 3

4. โมดูลแบบฝึกหัดเรื่องที่ 4

โดยในแต่ละขั้นตอนผู้วิจัยได้พิจารณาหัวข้อและวิธีการนำเสนอและการใช้สื่ออย่างสอดคล้องกัน โดยเน้นการนำเสนอเนื้อหาให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่ได้ตั้งแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและปรับแก้อีกครั้ง

3. การพัฒนากรอบเนื้อหาบทเรียน (Development) เริ่มจากการเขียน

ก) เขียนรายละเอียดเนื้อหา (Script Development) โดยการนำมาเขียนลงในเอกสารกรอบบทเรียนตามแผนภูมินำเสนอที่ได้วางไว้ ซึ่งจะเป็นการสร้างต้นแบบของการเสนอก่อนการพัฒนาบทเรียนจริง โดยในแต่ละเฟรม ผู้วิจัยจะกำหนดเนื้อหาลงในกรอบบทเรียนในแต่ละหน้าและกำหนดทั้งภาพเคลื่อนไหว เสียง ภาพวิดิทัศน์ และแอนิเมชัน รวมทั้งลำดับการนำเสนอและการเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ ที่มีทั้งหมดลงในกรอบแต่กรอบอย่างละเอียด

ข) การจัดลำดับเนื้อหา (Storyboard Development) เมื่อได้กำหนดเนื้อหาลงในกรอบเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้นำกรอบบทเรียนที่ได้มาจัดเรียงลำดับการนำเสนอตามที่ได้ทำการวางแผนการนำเสนอและออกแบบไว้ และเป็นไปตามแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหาที่กำหนดไว้ โดยจะอยู่ในรูปของเอกสารทั้งหมด

ค) ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา (Content Correctness Examination) จากนั้นเป็นขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสมบูรณ์ ของลำดับเนื้อหาที่จัดทำลงบนกรอบเนื้อหาเพื่อให้ทราบถึงการเรียบเรียงเนื้อหาว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์ และภาษาที่ใช้ถูกต้องเหมาะสม โดยผู้วิจัยได้นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบในเบื้องต้น

ง) ทำการออกแบบ แบบทดสอบเรื่อง การวัดและประเมินผลการศึกษา นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบ และนำแบบทดสอบมาหาคำความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่นและเมื่อมีจุดบกพร่องจะต้องนำมาปรับปรุงให้สมบูรณ์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัย

จำแนก ค่าความเชื่อมั่นและเมื่อมีจุดบกพร่องจะต้องนำมาปรับปรุงให้สมบูรณ์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพดี ได้แบบทดสอบระหว่างเรียน 40 ข้อ และแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นข้อสอบคู่ขนานจำนวน 40

4. การสร้างบทเรียน (Implementation) มีขั้นตอนดังนี้

ก) เลือกโปรแกรมที่จะนำมาจัดทำเป็นบทเรียน เป็นการเลือก

โปรแกรมที่เหมาะสมในการสร้างเพราะบทเรียนที่สร้างขึ้นจะต้องทำงานได้บนระบบออนไลน์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งบทเรียนได้ถูกสร้างเนื้อหาขึ้น จากองค์ประกอบหลายส่วน ทั้งจากข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง ซึ่ง โปรแกรมที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาบทเรียน ได้แก่ Course Lab รุ่น 2.5 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์ (Open Source)

ข) จัดเตรียมทรัพยากรและส่วนประกอบด้านมัลติมีเดียต่างๆ อาทิเช่น ข้อความ ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงที่จะใช้ประกอบในแต่ละเฟรมของการนำเสนอบทเรียน โดยได้ศึกษาจากเนื้อหาว่าในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จำเป็นต้องใช้สื่อใดในการนำเสนอเนื้อหาบ้างแล้วจัดหา หรือสร้างสื่อรวบรวม ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการพัฒนาเป็นบทเรียนออนไลน์

ค) นำบทเรียนขึ้นเครือข่าย เมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้ว ได้นำขึ้นออนไลน์บนเว็บของมหาวิทยาลัยที่ <http://www.culcenter.rmutk.ac.th/autorun.html> แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียน e-Learning จำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของบทเรียน โดยใช้แบบประเมิน

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเนื้อหาสาระของบทเรียนออนไลน์ เรื่องวิศวกรรมกล้อโลหะอีกครั้ง จากนั้นนำข้อบกพร่องรวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ ตามที่ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจะนำไปปรับปรุงเนื้อหาของบทเรียนให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เมื่อได้ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแล้วถือว่าเป็นการรับรองคุณภาพในด้านความถูกต้องของเนื้อหาก่อนที่จะนำไปพัฒนาเป็นบทเรียนต่อไป

ง) จัดทำร่างคู่มือการใช้งานบทเรียนออนไลน์โดยนำไปใส่ใน

โมดูลที่ 1 แนะนำรายวิชา

5. การตรวจสอบคุณภาพบทเรียน (Evaluation)

1) ผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก จำนวน 3 คน ให้ทดลองใช้บทเรียนผ่านระบบออนไลน์เพื่อดูความเหมาะสมเบื้องต้นในด้านต่างๆ เช่น ความรวดเร็วในการโหลดภาพ เสียง และวิทัศน์ ความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา ประสิทธิภาพของการเฉลยและประมวลผลคะแนนแบบฝึกหัด ระยะเวลาในการเรียนบทเรียน เป็นต้น แล้วนำ

ข้อมูลที่ได้ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการซักถาม การสังเกต และการจดบันทึกของผู้วิจัยนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

2) จากนั้นนำบทเรียนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างขนาดปานกลาง จำนวน 9 คน คน ให้ทดลองใช้บทเรียนผ่านระบบออนไลน์ แล้วเก็บข้อมูลเพื่อดูค่า ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของบทเรียนในเบื้องต้น และเพื่อดูความเหมาะสมของบทเรียนในด้านต่าง ๆ เพิ่มเติมจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก แล้วนำข้อมูลที่ได้ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการซักถาม การสังเกต และการจดบันทึกของผู้วิจัย รวมทั้งคะแนนในการทำกิจกรรมและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

3) นำบทเรียนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และหาประสิทธิภาพของบทเรียนจากผลของการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและการทำแบบทดสอบหลังเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ต่อไป

4) นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุง โดยได้แก้ไขตัวอักษรที่ไม่ชัดเจน ขนาดของตัวอักษร การวางตำแหน่งของวัตถุประสงค์ หัวเรื่อง

5) นำบทเรียนออนไลน์ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านที่เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทเรียนออนไลน์ประเมินคุณภาพในด้านเนื้อหาและเทคนิควิธีการนำเสนอบทเรียนโดยใช้แบบประเมินที่สร้างขึ้นโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) กำหนดเกณฑ์ความสอดคล้องตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป พบว่า ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.0 ในทุกหัวข้อการประเมิน และได้ปรับปรุงบทเรียนออนไลน์ตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

6) ตรวจสอบคุณภาพบทเรียน โดยนำบทเรียนออนไลน์ไปทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพจริง โดยใช้การสังเกตและสอบถามปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะทดลองเรียนบทเรียน เช่น ความเข้าใจในข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการเรียน แล้วนำข้อมูลมาแก้ไขปรับปรุง

7) นำบทเรียนที่แก้ไขปรับปรุงแล้วในข้อ 6) แล้วนำไปใช้กับกลุ่มใหญ่ จำนวน 9 คน เพื่อตรวจสอบการใช้บทเรียนเป็นครั้งที่ 2 กับกลุ่มที่ใหญ่กว่าเดิม เพื่อดูว่ามีปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น และจับเวลาที่ใช้ในการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนเบื้องต้น ผลการทดสอบพบว่า ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์มีค่า E_1 / E_2 เท่ากับ 78.40/79.38

3.3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาแนวการสร้างแบบทดสอบ จากเอกสารและตำรา
2. วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้
3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวิศวกรรมการผลิต โลหะ ตามจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน และตอบผิดได้ 0 คะแนน ผู้วิจัยสร้างข้อสอบไว้ทั้งหมด 50 ข้อ

4. นำแบบทดสอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวิศวกรรมการผลิต โลหะ 1 จำนวน 2 ท่านที่เชี่ยวชาญในด้านการวัดและประเมินผล พิจารณาความตรงตามเนื้อหา และโครงสร้างระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตามวัตถุประสงค์ ประเมินโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พบว่า ได้ข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ที่ 1.0 จึงถือว่าแบบทดสอบมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับผู้สนใจทั่วไปที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าหาความเชื่อมั่น กำหนดใช้ค่าตั้งแต่ 0.80 (ยฺทฐ ไกยวรรณ. 2550) ผลการทดลองใช้แบบทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่น 0.78 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด และเพื่อให้การสร้างข้อสอบวัดได้ตามวัตถุประสงค์ของเนื้อหาซึ่งใช้ในการทดลอง

6. นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างหลังการ หลังการเรียนจากบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการผลิต โลหะ จำนวน 30 คน เพื่อรวบรวมข้อมูลนำไปทำการวิเคราะห์ผลการดำเนินการวิจัยต่อไป

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือแล้วดำเนินการต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงแนะนำวิธีการใช้บทเรียน ให้แก่กลุ่มตัวอย่างเพื่อสร้างทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์ การสมัครเข้าห้องเรียนออนไลน์ หลังจากนั้นแนะนำวิธีการเข้าสู่บทเรียน วิธีการเรียน และการควบคุมบทเรียน

2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น เพื่อนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนต่อไป

- 3. กิจกรรมการเรียนรู้ ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนรู้จากบทเรียนออนไลน์ด้วยตนเอง เรื่อง วิศวกรรมการหล่อโลหะ โดยผู้เรียนต้องเข้าเรียนตามวันและเวลาที่กำหนด ได้จัดห้องสำหรับเรียน บทเรียน ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เครือข่ายของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
- 4. เมื่อเรียนจบแต่ละหัวข้อของแต่ละบทเรียนแล้วให้กลุ่มตัวอย่าง ทำแบบฝึกหัดท้ายเรื่อง เพื่อเก็บคะแนนเป็นคะแนนสอบระหว่างเรียน หลังจบแต่ละหัวข้อของแต่ละเรื่อง โดยกลุ่มตัวอย่าง จะต้องตอบคำถามของแบบฝึกหัดผ่านหน้าเว็บในระบบออนไลน์แล้วนำผลการทดสอบระหว่างเรียนทั้ง 4 เรื่องของผู้เรียนมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนต่อไป
- 5. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเรียนจบบทเรียนทั้ง4 เรื่องแล้ว นำคะแนนสอบของแต่ละคนมาวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
- 6. นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์และแปลผล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติ ดังนี้

- 3.5.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 1. การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้ค่า IOC (วัฒนา สุนทรชัย. 2547)

จากสูตร หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC = $\frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

- ในที่นี้ พิจารณาเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป
- 2. การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 - ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับหาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
 - 3. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์
 - การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐาน E_1 / E_2 เท่ากับ 80/80 โดยประเมินจากคะแนนของผู้เรียนทั้งหมดเฉลี่ยคิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนเต็ม (วาโร เฟื่องสวัสดิ์. 2546: 44)
- จากสูตร

$$E_1 = \frac{1}{NA} \sum x \times 100$$

$$E_2 = \frac{1}{NB} \sum y \times 100$$

ประสิทธิภาพหาได้จากค่า E_1 / E_2	
เมื่อ E_1	แทน คะแนนการเรียนระหว่างเรียน โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เรียนสามารถ ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นค่าร้อยละ
E_2	แทน คะแนนการเรียนภายหลังเรียน โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เรียนสามารถ ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคิดเฉลี่ยเป็นค่าร้อยละ
$\sum x$	แทน คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน
$\sum y$	แทน คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน
A	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน
B	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
N	แทน ผู้เรียนทั้งหมด

3.5.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน

หาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ใช้การทดสอบค่าที (T-test) แบบไม่อิสระ (T-test dependent) (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 184) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ รวมทั้งเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนเนื้อหาออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

4.1 ผลการสร้างบทเรียนออนไลน์ เรื่อง วิศวกรรมการหล่อโลหะ

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์

4.3 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์

4.1 ผลการสร้างบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

บทเรียนออนไลน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและปรับแก้ตามคำแนะนำ แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มขนาดเล็กจำนวน 3 คน ได้ปรับปรุงแก้ไข นำไปใช้กับกลุ่มขนาดใหญ่จำนวน 9 คน และปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยจึงขอเสนอผลของการสร้างบทเรียนออนไลน์ ดังนี้

4.1.1 บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ได้นำเสนอผ่านเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ตำแหน่งที่อยู่ของเว็บไซต์ (URL) คือ

<http://www.culcenter.rmutk.ac.th/autorun.html> ประกอบด้วย หน้าจอโมดูลแนะนำบทเรียน โมดูลเนื้อหาบทเรียน โมดูลแบบฝึกหัดท้ายบท เอกสารออนไลน์ และวีดิทัศน์ประกอบการเรียน

4.1.2 เนื้อหาในบทเรียนออนไลน์ สร้างขึ้นจากโปรแกรม Course Lab เวอร์ชัน 2.5 ประกอบด้วย โมดูลคำแนะนำรายวิชา โมดูลบทเรียนจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ โครงแบบหล่อทราย ทรายทำแบบหล่อ และการสร้างโครงแบบหล่อ และโมดูลแบบฝึกหัด บทเรียนประกอบด้วย ตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และวีดิทัศน์ประกอบเสียง เอกสารอ่านประกอบทั้งรูปแบบเวิร์ด และพีดีเอฟ ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับบทเรียนได้ด้วยการคลิกเมาส์เลือกในแต่ละหัวข้อ สามารถเลือกเรียนหัวข้อใดก่อนก็ได้ตามความสนใจและสามารถย้อนกลับไปศึกษาในแต่ละเรื่องได้ตามความต้องการ สำหรับแบบฝึกหัดเป็นชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) ชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งสามารถเลือกตอบได้เพียงครั้งเดียว หลังจากตอบในแต่ละข้อแล้วบทเรียนจะเฉลยคำตอบให้ทราบ

ทันที ว่าตอบถูกหรือผิด ก่อนที่ผู้เรียนจะทำข้อต่อไปและหลังจากทำแบบทดสอบครบทุกข้อแล้ว บทเรียนก็จะเฉลยคะแนนรวมให้ผู้เรียนทราบว่า ทำคะแนนรวมในหัวข้อเรื่องนั้น ๆ ได้กี่คะแนน

4.1.3 ขนาดของไฟล์บทเรียนมีขนาด 585 MB ประกอบไปด้วย ไฟลเดอร์ 70 ไฟล์เดอร์ และไฟล์ จำนวน 419 ไฟล์ ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์

การหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สนใจทั่วไป โดยการรับสมัครผู้ที่สมัครใจเข้าเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งยังไม่เคยศึกษาบทเรียนมาก่อน ก่อนเรียนได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังจากจบบทเรียนในแต่ละเรื่อง กำหนดให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนหรือแบบทดสอบระหว่างเรียน ก่อนที่จะศึกษาเนื้อหาในเรื่องต่อไป และสุดท้ายหลังจากศึกษาเนื้อหาเสร็จครบทั้ง 4 เรื่องแล้ว ได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้ง

การเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนของบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะกับคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของบทเรียนออนไลน์จำนวน 4 เรื่องของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบระหว่างเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ค่าร้อยละ
บทเรียนเรื่องที่ 1	8	6.20	1.18	77.75
บทเรียนเรื่องที่ 2	20	16.03	2.60	80.15
บทเรียนเรื่องที่ 3	14	11.93	1.59	85.00
บทเรียนเรื่องที่ 4	7	5.63	1.03	80.42
ค่าเฉลี่ยโดยรวม 4 เรื่อง	49	39.80	4.15	81.22

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะจำนวน 4 เรื่อง กลุ่มตัวอย่าง ได้คะแนนจากการทดสอบระหว่างเรียน ดังนี้ เรื่องที่ 1 ได้คะแนนคิดเป็นค่าร้อยละ 77.75 เรื่องที่ 2 ได้คะแนนคิดเป็นค่าร้อยละ 80.15 เรื่องที่ 3 ได้คะแนนคิดเป็นค่าร้อยละ 85.00 และเรื่องที่ 4

ได้คะแนนคิดเป็นค่าร้อยละ 80.42 สรุปรวมทั้ง 4 เรื่องได้คะแนนคิดเป็นค่าร้อยละ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 81.22

ตารางที่ 4.2 คะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนจากบทเรียนออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ค่าร้อยละ
ระหว่างเรียน	49	39.80	4.15	81.22
หลังเรียนจบบทเรียน	50	43.33	3.84	84.66

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ได้คะแนนจากการแบบทดสอบระหว่างเรียน หรือ E_1 ได้คะแนนซึ่งคิดเป็นค่าร้อยละ 81.22 และได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน หรือ E_2 ได้คะแนนซึ่งคิดเป็นค่าร้อยละ 84.66 นั่นคือค่าหรือ E_1 / E_2 มีค่าเท่ากับ 81.22/84.66 แสดงว่าบทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ไม่น้อยกว่า 80/80

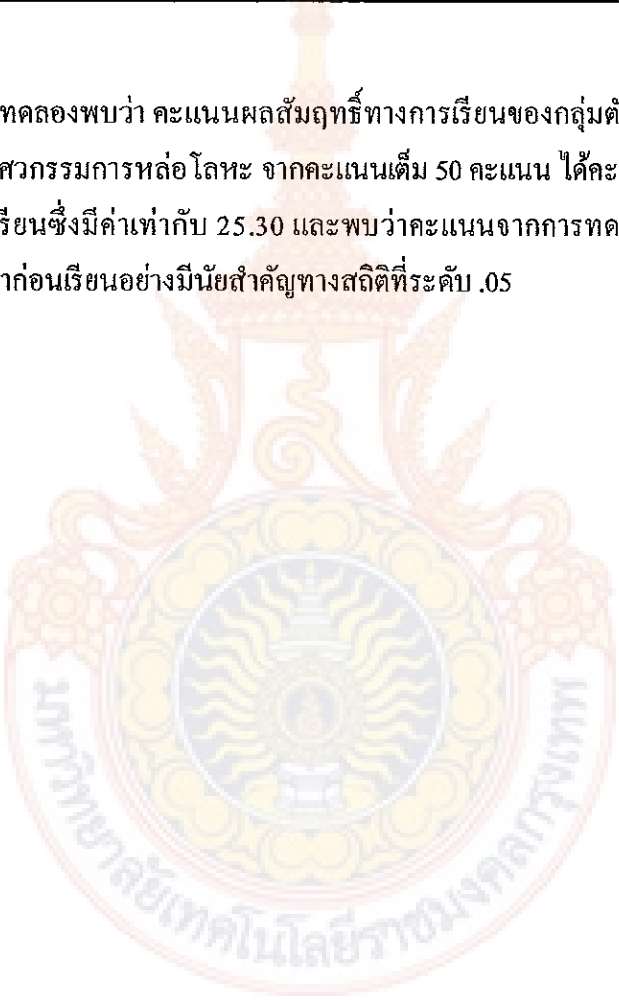
4.3 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างปรากฏดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบ	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน (Pretest)	25.30	6.68	-12.03	.000
หลังเรียน (Posttest)	42.33	3.84		

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดลองพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 42.33 สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.30 และพบว่าคะแนนจากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ไม่ปรากฏ เลขหน้าตั้งแต่ หน้า 55 ถึง หน้า 64 จากต้นฉบับ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์วิชา วิศวกรรมการหล่อโลหะ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้สนใจทั่วไปที่สมัครเรียนบทเรียนออนไลน์ จำนวน 30 คน เรียนด้วยบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 4 เรื่อง คือ 1 ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ 2 โพรแกรมแบบหล่อทราย 3 ทรายทำแบบหล่อ และ 4 การสร้างโพรแกรมแบบหล่อ กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียน เมื่อจบในแต่ละเรื่อง จะต้องทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน แล้วจึงค่อยศึกษาเนื้อหาในเรื่องต่อไป หลังเรียนจบครบทั้ง 4 เรื่องแล้วจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนและวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื้อหาของบทเรียนสร้างจากโปรแกรม Course Lab ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ จนบทเรียนมีความเหมาะสมที่นำไปใช้เรียนผ่านระบบออนไลน์ โดยนำขึ้นเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ <http://www.culcenter.rmutk.ac.th/autorun.html> สำหรับบราวเซอร์ที่ใช้สำหรับเปิดบทเรียนกำหนดแนะนำให้ใช้เฉพาะ Internet Explorer เพื่อการแสดงผลที่ถูกต้อง

5.1 สรุปผลการวิจัย

บทเรียนออนไลน์วิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า

5.1.1 บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 81.22/84.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

5.1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์วิชา วิศวกรรมการหล่อโลหะ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากข้อสรุปผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.22/84.66 ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ การที่บทเรียนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อาจเป็นเพราะ

บทเรียนออนไลน์ มีกระบวนการสร้างและการพัฒนาตามลำดับเริ่มจากการศึกษาหาความรู้เบื้องต้นของผู้วิจัย การสอบถามและปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตบทเรียน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล มีการทดสอบในเบื้องต้นกับกลุ่มเล็ก กลุ่มย่อย และการทำสอบจากกลุ่มตัวอย่างในภาคสนาม รวมทั้งทดสอบหาข้อบกพร่องจากระบบเครือข่ายทั้งแบบออนไลน์และแบบออฟไลน์ เพื่อดูผลจากการใช้บทเรียน ปัญหาและอุปสรรคในระบบออนไลน์ ก่อนการทดลองจริง จึงทำให้ได้บทเรียนออนไลน์ที่มีคุณภาพ

ในสถานการณ์ การทำงานจริงที่เกี่ยวกับวิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะบรรยากาศในการทำงานอาจไม่เอื้อให้ผู้สนใจทั่วไปเข้าไปร่วมสังเกตการทำงานเท่าที่ควร และในหัวข้อที่นำมาใช้สร้างบทเรียนออนไลน์ในตำราหรือเอกสารทั่วไป จะใช้รูปภาพในลักษณะภาพวาดขาว-ดำ ซึ่งอาจไม่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนพอ แต่ในบทเรียนออนไลน์ ภาพประกอบที่ใช้เป็นภาพสี และมีวิดิทัศน์เป็นการสาธิตขั้นตอนการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบซึ่งสามารถเลือกดูซ้ำได้เท่าที่ผู้เรียนต้องการ จึงมีผลให้การเรียนจากบทเรียนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

ในการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน มีระบบเฉลยคำตอบ และรวมคะแนนหลังการทำแบบทดสอบเสร็จแล้ว ซึ่งถือเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับทันที อาจช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มากการเรียนรู้ปกติ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพรรณ แดงประดับ (2551) ซึ่งได้ศึกษาวิจัยเพื่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชาช่างผลิตภัณฑ์โลหะ ด้วยการเชื่อม 1 เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้าทำราบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสองคอนวิทยาคม ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.24/90.98 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้และเป็นไปตามสมมุติฐาน และสอดคล้องกับงานวิจัยของพิเชษฐ์ สิงห์ชู (2552) ได้ศึกษาการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียน e-Learning ผลการวิจัยพบว่า บทเรียน e-Learning โดยใช้โปรแกรม Moodle ควบคุมชั้นเรียน เรื่องการคำนวณหาความยาว พื้นที่ ปริมาตร และน้ำหนักของวัสดุ รูปทรงต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 74.12/72.42 สูงกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 70/70

5.2.2 ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์วิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจากบทเรียนออนไลน์ ที่สร้างขึ้นมาการนำเสนอในรูปแบบ มัลติมีเดีย คือประกอบไปด้วยข้อความ ภาพนิ่ง เอกสารประกอบ และภาพวิดีโอที่มีทั้งภาพเคลื่อนไหวและเสียงประกอบ ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการเรียนได้มากกว่าปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของวิชญ์ สิงห์ทอง (2550) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอกจากนี้เนื่องจากนี่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่า บทเรียนออนไลน์เป็นบทเรียนที่มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองทุกสถานที่ ทุกเวลาสามารถทบทวนบทเรียนได้บ่อยเท่าที่ต้องการ ช่วยแบ่งเบาภาระทางการสอนของครู เป็นเทคโนโลยีทางการสอนที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล (สุรัช สิกขาบัณฑิต. 2550) จึงทำให้ผลการเปรียบเทียบหลังการเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ นี้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ ที่สร้างขึ้นได้รับการพัฒนาจนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้เผยแพร่เป็นบทเรียนออนไลน์แก่ ผู้สนใจเนื้อหาวิชาเกี่ยวกับวิศวกรรมการหล่อโลหะให้สามารถเข้ามาศึกษาเนื้อหาวิชาด้วยตนเอง ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอใน 3 ลักษณะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ หรือคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมควรจัดให้มีหน่วยงานกลางสำหรับบริหารจัดการในด้านเนื้อหา (Contents) การผลิตสื่อออนไลน์ เพราะจะทำให้ นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไปมีช่องทางในการศึกษาหาความรู้ผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งเป็นการเรียนการสอนในลักษณะที่ผู้เรียนมีอิสระในการเลือกเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา ตามความพร้อมและความสนใจ เนื่องจากเทคโนโลยีเครือข่ายได้พัฒนาไปมาก เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันมี

ความเร็วในการรับส่งสัญญาณเร็วขึ้นในระดับ ส่งภาพ เสียง และภาพเคลื่อนไหวผ่านเครือข่ายได้โดยไม่สะดุด ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเผยแพร่บทเรียนออนไลน์

5.3.2 ข้อเสนอแนะด้านการเรียนการสอน

บทเรียนออนไลน์นี้นอกจากจะผลิตขึ้นสำหรับผู้สนใจทั่วไปแล้ว ครู-อาจารย์ผู้สอนยังสามารถนำมาใช้เป็นสื่อเสริมในการเรียนการสอนในห้องเรียนได้ เพราะผู้เรียนสามารถกลับไปศึกษาด้วยตนเองที่บ้านได้ และควรสนับสนุนทุกรายวิชาจัดทำบทเรียนออนไลน์ควบคู่ไปกับการจัดทำเอกสารประกอบการสอน

5.3.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.1 ควรพัฒนาเนื้อหาเรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะเพิ่มเติม โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องเกี่ยวกับการฝึกปฏิบัติเพื่อผู้สนใจทั่วไปหรือนักศึกษาได้เห็นและเข้าใจขั้นตอนหรือกระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนก่อนลงมือปฏิบัติจริง

5.3.2 ควรใช้บทเรียนออนไลน์ร่วมกับระบบบริหารจัดการการเรียนสำเร็จรูป (LMS) เช่น Moodle เพราะจะมีระบบการเก็บข้อมูลการเรียน เช่น เวลาที่เข้าเรียน ผลคะแนนจากการทดสอบต่าง ๆ ตลอดจนมีช่องทางสื่อสารระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง และจะทำให้ผู้เรียนจะมีความรู้สึกเป็นอิสระมากกว่า การจัดให้ผู้เรียนมานั่งเรียนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

5.3.3 ควรสร้างบทเรียนออนไลน์ในลักษณะสถานการณ์จำลอง เพื่อช่วยในการฝึกทักษะในด้านการปฏิบัติล่วงหน้าจากบทเรียนก่อนการฝึกปฏิบัติจริง.

5.3.4 ควรพัฒนามาตรฐานบทเรียนออนไลน์สำหรับรายวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียนในห้องเรียนจริง โดยคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านบทเรียนถือเป็นส่วนหนึ่งของการวัดและประเมินผลรายวิชานั้น ๆ เพื่อพัฒนาเป็นระบบการเรียนการสอนทางไกลต่อไปในอนาคต.

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. 2542. คำชี้แจงประกอบพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช

2542. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา กรมศาสนา.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2550. โฉมหน้าของโลกใหม่..เตรียมความพร้อมประเทศไทยสู่ศตวรรษ

ที่ 21., วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ปีที่ 25 ม.ค.-มิ.ย. 2542.

เกียรติพล กองสุดใจ. การศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนของวิชาช่างอุตสาหกรรมในเขตภาคกลาง.

วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร

ครรชิต แจ่งสว่าง. 2547. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เรื่อง การหมุนเวียนของเลือดและก๊าซ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้น
ที่ 3 สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรี
นครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

คณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. 2546. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช

2542. กรุงเทพฯ: สำนักงานการศึกษาแห่งชาติ, อัดสำเนา.

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2549

เปิดโลกการศึกษาในทศวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ ฯ : ซีเอสการพิมพ์.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยอนันต์ สมุทวณิช. 2550. “วิสัยทัศน์ในการพัฒนาประเทศในศตวรรษที่ 21.สู่ความเสมอภาคทาง

ความแคล้วคล่องทางด้านเทคโนโลยี,” เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องอิทธิพลและทิศทาง
มัลติมีเดียกับสังคมไทย 15 ธันวาคม 2540. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี
และสิ่งแวดล้อม.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : ไทเนรมิตรกิจอินเตอร์.

ณัฐกร สงคราม. 2543. อิทธิพลของแบบการคิดและโครงสร้างของโปรแกรมการเรียนการสอนผ่าน

เว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาพื้นฐานคอมพิวเตอร์การศึกษาของนิสิตระดับปริญญา
ตรี คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ ค.อ. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ณอมพร เลาหจรัสแสง. 2541. Designing-E-Learning หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการ

เรียนการสอน. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- ธัญวดี มงคลพันธ์. 2544. การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับฝึกอบรมครูประถมศึกษา เรื่อง รูปแบบการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.
- ธเนศ จำเกิด. 2540. (สิงหาคม-กันยายน). “การวิจัยและพัฒนากระบวนการศึกษาค้นคว้าสู่คุณภาพ.” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.
- พิเชษฐ สิงห์ชู. 2552. มปป. “การวิจัยเชิงทดลองหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการเรียนการสอนด้วยระบบอีเลิร์นนิง (e-Learning)”
[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaicai.com/documents>.
- ภาวนา เห็นแก้ว. 2545. ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียบนเว็บ เรื่อง เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มนต์ชัย เทียนทอง. 2550. “e-Learning ห้องเรียนออนไลน์” NECTEC เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ เพื่ออุตสาหกรรมและพัฒนาประเทศ. กรุงเทพฯ : ปีที่14 (กรกฎาคม-สิงหาคม)
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ . 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วิษณุ สิงห์ทอง. 2550 มปป. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาช่างผลิตภัณฑ์โลหะเบื้องต้น เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaicai.com/documents>.
- ศักดิ์ดา ปิจพรผล การศึกษาทางไกลสอนบนเว็บ. 2545. พะเยา : นครนิเวศการพิมพ์.
- สุพรรณแดงประดับ. 2551. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรายวิชาช่างผลิตภัณฑ์โลหะด้วยการเชื่อม 1. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2540. E-Learning เพื่อการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยีน กุสุวรรณ และสมชาย นำประเสริฐชัย. 2546 .ไอทีเพื่อการศึกษาไทย. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดบูเคชั่น.
- หาญศึก เล็บครุฑ. 2546. การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการการใช้ E-Learning ในการจัดการ

- เรียนการสอนด้านอาชีพและเทคโนโลยีศึกษาของสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3.
- วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พินิจ ขมขำ และคณะ. 2550. . บทเรียนออนไลน์ อนาคตที่ท้าทาย. For Quality ปีที่ 9 ฉบับที่ 64. (กุมภาพันธ์ 2546) : 67-69.
- ไพโรจน์ ตริรัตนาคูณ. ไพบุลย์ เกียรติโกมล. และเสกสรรค์แย้มพินิจ. 2551. การออกแบบและการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนสำหรับ e-Learning. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- ผกาสิน พูนพิพัฒน์ และคณะ. 2546. “องค์ประกอบในการพัฒนา E-Learning.” สาร NECTEC ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติปีที่ 10 ฉบับที่ 50. (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2546) : 23-32.
- วาโร เฟิงสวัสดิ์. 2546. การวิจัยในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ : สุวีริยะสาส์น.
- วัฒนา สุนทรชัย. 2547. เรียนสถิติด้วย SPSS ภาคการวิเคราะห์เครื่องมือวิจัยและการวิเคราะห์ข้อสอบ กรุงเทพฯ : บริษัทวิทยาพัฒน์ จำกัด.
- ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. พัฒนาการและทิศทางของ E-Learning ใน ประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด บางกอกบล๊อค.
- ศุภณัฐ ชูชินปราการ. 2546. “บทบาทของ E-Learning ในการพัฒนาการเรียนรู้.” For Quality ปีที่ 9 ฉบับที่ 64. (กุมภาพันธ์) : 67-69.
- สังคม ภูมิพันธ์. 2549. “รายงานการวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย” (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://www.senate.go.th/web-senate_research_47pdf/series_2.
- สุรัช สิกขาบัณฑิต. 2550 .มิติใหม่ของการเรียนการสอนทางไกล. วารสารเทคโนโลยีการศึกษา. เมษายน-มิถุนายน) กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ชมรมเด็ก.

ภาษาอังกฤษ

- Baxter, Anthony Q. n.d. “Infotech Interactive:Increasing Student Participation Using Mutimedia”
[Online] Available: <http://ericae2.educ.cua>. (Retrieved October 22, 2008)
- Brown, Gray. n.d. “ Mutimedia and Composition:Synthesizing Multimedia Discouse”
[Online] Available: <http://ericae2.educ/db/riecije/cd388227.htm>.
(Retrieved October 22, 2008)

- Eow, Yee Leng; Ali, Wan Zah bte Wan; Mahmud, Rosnaini bt.; Baki, Roselan. 2010. "Computer Games Development and Appreciative Learning Approach in Enhancing Students' Creative Perception". (Online) <http://yuthxx.multiply.com/journal/item/225/225> March 18, 2010.
- Georgie, Raik-Allen. 1999. "Online Education Chalks up Major Investment Cash. Red Herring Communications" [online] Available : <http://www.celce.edu/internet/c20011425.html>. (Retrieved October 30, 2008)
- Karolick, Dolores. 2001. "The learner's Perception or their Experiences in a Web-based Graduate Level Course" Dissertation Abstracts International.
- Kurubacak, Gulsum. 2000. "Online learning: A Study of Students" Attitudes towards Web-based Instruction (WBI)" Dissertation Abstracts International.
- Sun. 2001. "An Investigation of Instruction Design Models for Web-based Instruction" Dissertation Abstracts International.



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินผลเครื่องมือวิจัย

- ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
- ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา
- ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อออนไลน์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

อาจารย์เสน่ห์ สัพพาทนัท
คอ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีพและเทคโนโลยี
ศึกษา)

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอ็มฟ้า นาคโต
ปร.ค. (คณิตศาสตร์ประยุกต์)

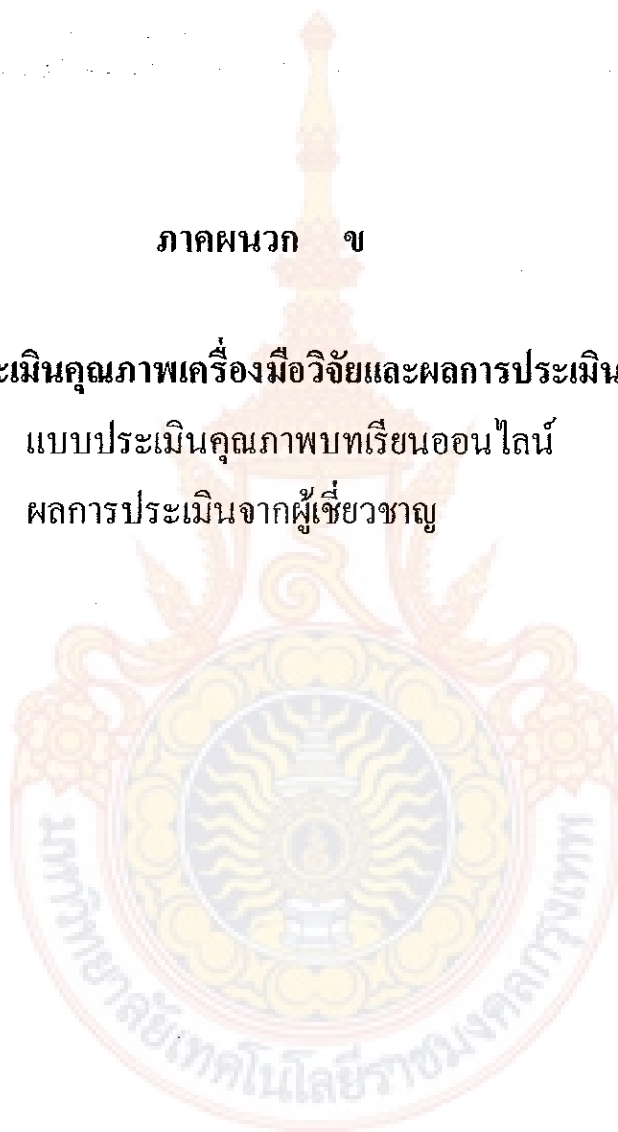
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอนออนไลน์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ภูหาสวรรค์เวช
กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา)
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัตรา ศรีสุวรรณ
กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัญญา นามเพงหมื่น
กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา)

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัยและผลการประเมิน

- แบบประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์
- ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ



ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณเครื่องมือวิจัยและผลการประเมิน



แบบประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์ ..
เรื่อง วิศวกรรมการหล่อโลหะ (สำหรับผู้สนใจและนักศึกษาทั่วไป)
ผู้พัฒนา นายประณต พรหมลักษณ์

ชื่อผู้ประเมิน พล.ต.ท. สุวิทย์ ตำแหน่ง พล.

หน่วยงาน..... มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช / วิทยาลัยเทคโนโลยีและพัฒนาระบบงาน / วิชา: ๒๐๓๔๕

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับการประเมินที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยพิจารณาจาก

เกณฑ์ ที่กำหนดให้ ดังนี้ +1 เมื่อเห็นว่า ข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นไม่เหมาะสม

ข้อที่	ข้อความ	ระดับการประเมิน		
		+1	0	-1
	ตัวอักษร			
1.	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรในบทเรียน.....	/		
2.	ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร.....	/		
3.	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร.....	/		
	ภาพ			
4.	ความเหมาะสมของภาพประกอบบทเรียน.....	/		
5.	ความเหมาะสมของขนาดภาพ.....	/		
6.	ความสอดคล้องของภาพและเนื้อหา.....	/		
	วิดิทัศน์			
7.	ความสอดคล้องของวิดิทัศน์กับเนื้อหา.....	/		
8.	ความความเหมาะสมของขนาดภาพเคลื่อนไหว.....	/		
9.	ความเหมาะสมของเสียงบรรยายประกอบวิดิทัศน์.....	/		
	การออกแบบหน้าจอ			
10.	ความเหมาะสมของขนาดหน้าจอบทเรียน.....	/		
11.	ความเหมาะสมของสีที่ใช้ในบทเรียน.....	/		
12.	ความเหมาะสมของสีพื้นหลังบทเรียน.....	/		
	การติดต่อกับผู้ใช้			
13.	ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนด้วยตนเองได้สะดวก.....	/		
14.	ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้ดี.....	/		
15.	ผู้เรียนทราบเส้นทางบทเรียนของตนเอง.....	/		
16.	ผู้เรียนสามารถทราบผลการทำแบบฝึกหัดทันที.....	/		

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ๓๗๑๐๙๕๖๗๘๙ →

ลงชื่อ กวี ผู้ประเมิน วันที่ / / 2555

ผู้พัฒนา นายประจักษ์ พรหมอักษร

หน่วยงาน กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

เกณฑ์ ที่กำหนดให้ ดังนี้ +1 เมื่อเห็นด้วยว่า ข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นไม่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 1. จัดทำเอกสารเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับโครงการวิจัย
2. ทำแบบฝึกหัดสำหรับอาจารย์ผู้สอนและบุคลากรในหน่วยงานวิจัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ลงชื่อ Bostjan ผู้ประเมิน วันที่ / / 2555

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์
เรื่อง วิศวกรรมการหล่อโลหะ (สำหรับผู้สนใจและนักศึกษาทั่วไป)
ผู้พัฒนา นายประจักษ์ พรหมอักษร

ชื่อผู้ประเมิน พล.ร. ฐิติพรพรหมทอง ตำแหน่ง พล.

หน่วยงาน..... ๒ - ๒๗/๖๕๗๔๖๐๖

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับการประเมินที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยพิจารณาจาก

เกณฑ์ ที่กำหนดให้ ดังนี้ +1 เมื่อเห็นด้วยว่า ข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้น ไม่เหมาะสม

ข้อที่	ข้อคำถาม	ระดับการประเมิน		
		+1	0	-1
	ตัวอักษร			
1.	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรในบทเรียน.....	/		
2.	ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร.....			
3.	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร.....	/		
	ภาพ			
4.	ความเหมาะสมของภาพประกอบบทเรียน.....	/		
5.	ความเหมาะสมของขนาดภาพ.....	/		
6.	ความสอดคล้องของภาพและเนื้อหา.....	/		
	วิดิทัศน์			
7.	ความสอดคล้องของวิดิทัศน์กับเนื้อหา.....	/		
8.	ความเหมาะสมของขนาดภาพเคลื่อนไหว.....	/		
9.	ความเหมาะสมของเสียงบรรยายประกอบวิดิทัศน์.....	/		
	การออกแบบหน้าจอ			
10.	ความเหมาะสมของขนาดหน้าจอของบทเรียน.....	/		
11.	ความเหมาะสมของสีที่ใช้ในบทเรียน.....	/		
12.	ความเหมาะสมของสีพื้นหลังบทเรียน.....			
	การคิดค้นกับผู้ใช้			
13.	ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนด้วยตนเองได้สะดวก.....	/		
14.	ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้ดี.....			
15.	ผู้เรียนทราบเส้นทางวิธีการเรียนของตนเอง.....	/		
16.	ผู้เรียนสามารถทราบผลการทำแบบฝึกหัดทันที.....	/		

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

ลงชื่อ จก ผู้ประเมิน วันที่ / / 2555

ภาคผนวก ค

คะแนนจากการทดสอบ

- คะแนนทำแบบฝึกหัด/คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน



คะแนนทำแบบฝึกหัด/คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

ชื่อ	สกุล	a/8	b/20	c/14	d/7	sum49	pree/50	post/50
1 นายพิทักษ์	ตะพัง	6	15	10	7	38	34	40
2 นายทรงกลด	บุญชู	7	20	14	7	48	17	48
3 นายธีระพงษ์	กรอบกระจก	7	18	14	4	43	27	45
4 นายวรวิษ	สุทธิประภา	7	13	12	5	37	27	39
5 น.ส.สมิตรา	เทียนทอง	5	17	14	4	40	16	41
6 น.ส.กิตติยา	เพ็งสกุล	6	15	10	4	35	25	37
7 นายสุเมธี	วงศ์ช้าง	4	10	10	6	30	28	32
8 นายกิตติศักดิ์	พรหมคุปต์	5	19	13	5	42	19	44
9 นายอุดมรัฐ	แสงเกิด	6	13	14	5	38	15	40
10 น.ส.สิวนารถ	สลามเต๊ะ	5	13	10	4	32	16	35
11 นายกฤตศักดิ์	สุขจิต	7	19	11	7	44	30	43
12 นายชาญวี	กายพันธ์	6	14	14	6	40	21	41
13 น.ส.นันทิยา	เชื้อชัยนาท	5	13	11	5	34	26	44
14 นายชาญวิษ	ทองศาสดรา	7	15	10	7	39	32	45
15 นายกิตติพงษ์	เจียมสุภาสิต	6	16	10	6	38	39	45
16 นายภขรุธิษฐ์	แบ่งจิตต์	7	13	10	6	36	27	47
17 นายจักรี	สังวาลย์แก้ว	8	17	13	5	43	35	47
18 นายสมเกียรติ์	เดิมสุข	5	15	10	6	36	37	38
19 นายอนุวัฒน์	ดวงเสน	8	17	12	7	44	26	44
20 นายอริวัฒน์	มีสุรี	8	17	13	5	43	26	45
21 นายคณเศ	อยู่พันธ์	6	15	13	7	41	32	42
22 นายไพฑูรย์	รอดงาม	7	19	11	6	43	27	45
23 นายภูริพัฒน์	ชาญเขียว	7	20	14	5	46	13	48
24 นายชนภาณุ	สุพรรณชนะบุรี	7	13	11	6	37	26	38
25 นายธีระพงษ์	อารักษ์วิเชียรกุล	4	18	12	5	39	21	41
26 นายอนุวัฒน์	บุราณรักษ์	7	16	12	5	40	23	42
27 นายธีระพนธ์	ศรีบังเทศ	4	16	13	7	40	18	42
28 นายศพล	หรรเจริญพรพานิช	7	18	14	7	46	21	47
29 น.ส.ชนิดา	ลีสุนาม	5	17	13	5	40	26	43
30 นายอนันต์	ฉายทอง	7	20	10	5	42	29	42
						1194	759	1270

ภาคผนวก ง

เอกสารผลการวิเคราะห์ข้อมูล



Frequencies

[DataSet1] C:\Users\lacer\Desktop\panut\score.sav

Statistics

		VAR00001	VAR00002
N	Valid	30	30
	Missing	0	0

Frequency Table

VAR00001

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	13.00	1	3.3	3.3	3.3
	15.00	1	3.3	3.3	6.7
	16.00	2	6.7	6.7	13.3
	17.00	1	3.3	3.3	16.7
	18.00	1	3.3	3.3	20.0
	19.00	1	3.3	3.3	23.3
	21.00	3	10.0	10.0	33.3
	23.00	1	3.3	3.3	36.7
	25.00	1	3.3	3.3	40.0
	26.00	5	16.7	16.7	56.7
	27.00	4	13.3	13.3	70.0
	28.00	1	3.3	3.3	73.3
	29.00	1	3.3	3.3	76.7
	30.00	1	3.3	3.3	80.0
	32.00	2	6.7	6.7	86.7
	34.00	1	3.3	3.3	90.0
	35.00	1	3.3	3.3	93.3
	37.00	1	3.3	3.3	96.7
	39.00	1	3.3	3.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

VAR00002

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	32.00	1	3.3	3.3	3.3
	35.00	1	3.3	3.3	6.7
	37.00	1	3.3	3.3	10.0
	38.00	2	6.7	6.7	16.7
	39.00	1	3.3	3.3	20.0
	40.00	2	6.7	6.7	26.7
	41.00	3	10.0	10.0	36.7
	42.00	4	13.3	13.3	50.0
	43.00	2	6.7	6.7	56.7
	44.00	3	10.0	10.0	66.7
	45.00	5	16.7	16.7	83.3
	47.00	3	10.0	10.0	93.3
	48.00	2	6.7	6.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Descriptives

[DataSet1] C:\Users\lacer\Desktop\panuf\score.sav

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VAR00001	30	13.00	39.00	25.3000	6.68065
VAR00002	30	32.00	48.00	42.3333	3.84469
Valid N (listwise)	30				

T-Test

[DataSet1] C:\Users\lacer\Desktop\panuf\score.sav

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	25.3000	30	6.68065	1.21971
	VAR00002	42.3333	30	3.84469	.70194

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	30	-.017	.927

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-17.03333	7.76590	1.41785	-19.93317	-14.13350

Paired Samples Test

		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-12.013	29	.000

Frequencies

[DataSet1] C:\Users\acer\Desktop\panut\score.sav

Statistics

sum

N	Valid	30
	Missing	0

Descriptives

[DataSet1] C:\Users\acer\Desktop\panut\score.sav

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
sum	30	30.00	48.00	39.8000	4.15559
Valid N (listwise)	30				

Frequencies

[DataSet2]

Statistics

VAR00001

N	Valid	30
	Missing	0

VAR00001

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	32.00	1	3.3	3.3	3.3
	35.00	1	3.3	3.3	6.7
	37.00	1	3.3	3.3	10.0
	38.00	2	6.7	6.7	16.7
	39.00	1	3.3	3.3	20.0
	40.00	2	6.7	6.7	26.7
	41.00	3	10.0	10.0	36.7
	42.00	4	13.3	13.3	50.0
	43.00	2	6.7	6.7	56.7
	44.00	3	10.0	10.0	66.7
	45.00	5	16.7	16.7	83.3
	47.00	3	10.0	10.0	93.3
	48.00	2	6.7	6.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

Descriptives

[DataSet2]

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VAR00001	30	32.00	48.00	42.3333	3.84469
Valid N (listwise)	30				



score

	VAR00001	VAR00002
1	34.00	40.00
2	17.00	48.00
3	27.00	45.00
4	27.00	39.00
5	16.00	41.00
6	25.00	37.00
7	28.00	32.00
8	19.00	44.00
9	15.00	40.00
10	16.00	35.00
11	30.00	43.00
12	21.00	41.00
13	26.00	44.00
14	32.00	45.00
15	39.00	45.00
16	27.00	47.00
17	35.00	47.00
18	37.00	38.00
19	26.00	44.00
20	26.00	45.00
21	32.00	42.00
22	27.00	45.00
23	13.00	48.00
24	26.00	38.00
25	21.00	41.00
26	23.00	42.00
27	18.00	42.00
28	21.00	47.00
29	26.00	43.00
30	29.00	42.00

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างบทเรียนออนไลน์



ตัวอย่างบทเรียนออนไลน์ วิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะ

ขั้นตอนที่ 1 เลือกเปิดด้วยโปรแกรม IE (Internet Explorer)

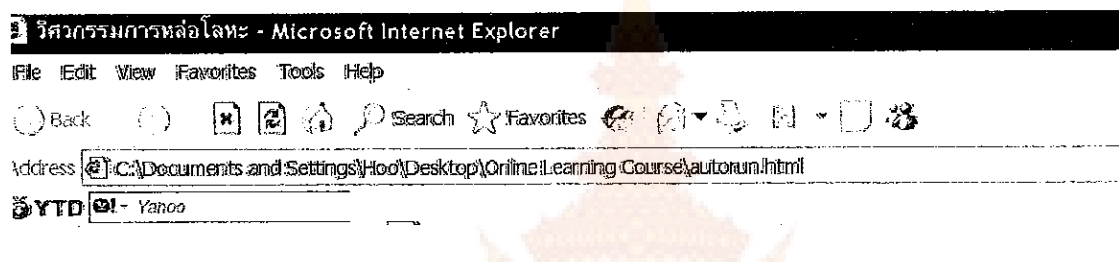
ขั้นตอนที่ 2. เข้าสู่บทเรียนออนไลน์ โดยพิมพ์ <http://www.culcenter.rmutk.ac.th/autorun.html> แล้วกดปุ่ม Enter

ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่การเรียนการสอนออนไลน์

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อเข้าสู่บทเรียน ผู้เรียนควรจะเริ่มทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นจะเริ่มเรียนตั้งแต่หน่วยเรียนที่ 1 ถึง หน่วยเรียนสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อเรียนจบแต่ละหน่วยเรียน ผู้เรียนต้องทำแบบฝึกหัด ของแต่ละหน่วยเรียน โดยมีสิทธิจะทำ แบบทดสอบได้เพียงครั้งเดียว

ขั้นตอนที่ 6 หลังจากเรียนจบครบทุกหน่วยเรียนแล้ว ผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียน



บทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

โดย อาจารย์ประกฤต พรหมลักษณ์ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

แนะนำรายวิชา

ความรู้เบื้องต้นในการหล่อโลหะ

แบบฝึกหัดเรื่องที่ 1

โครงแบบหล่อทราย

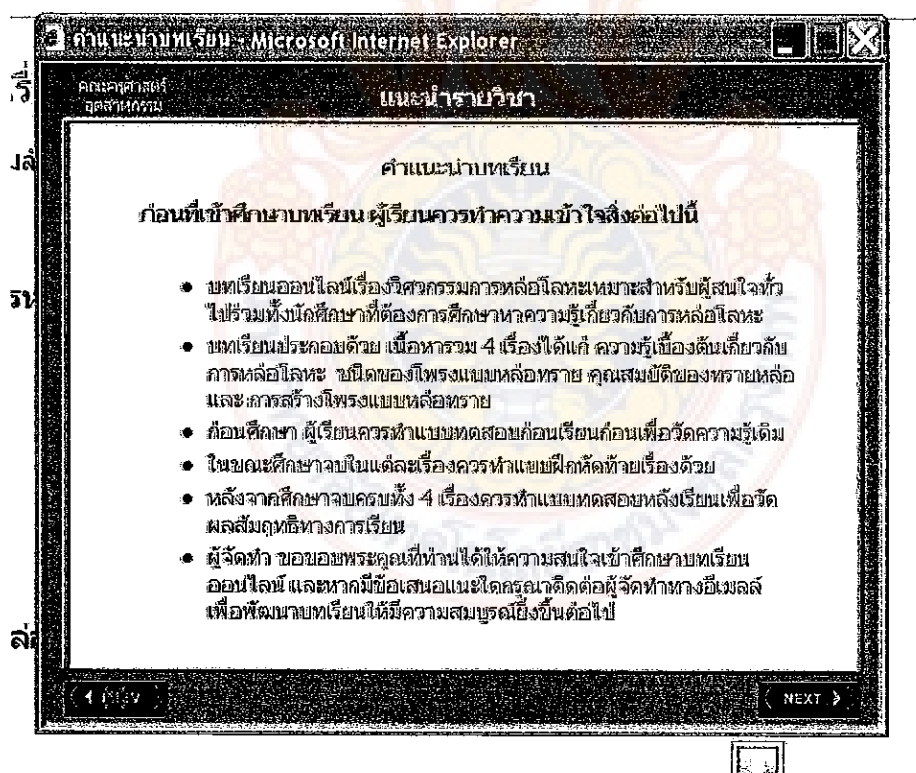
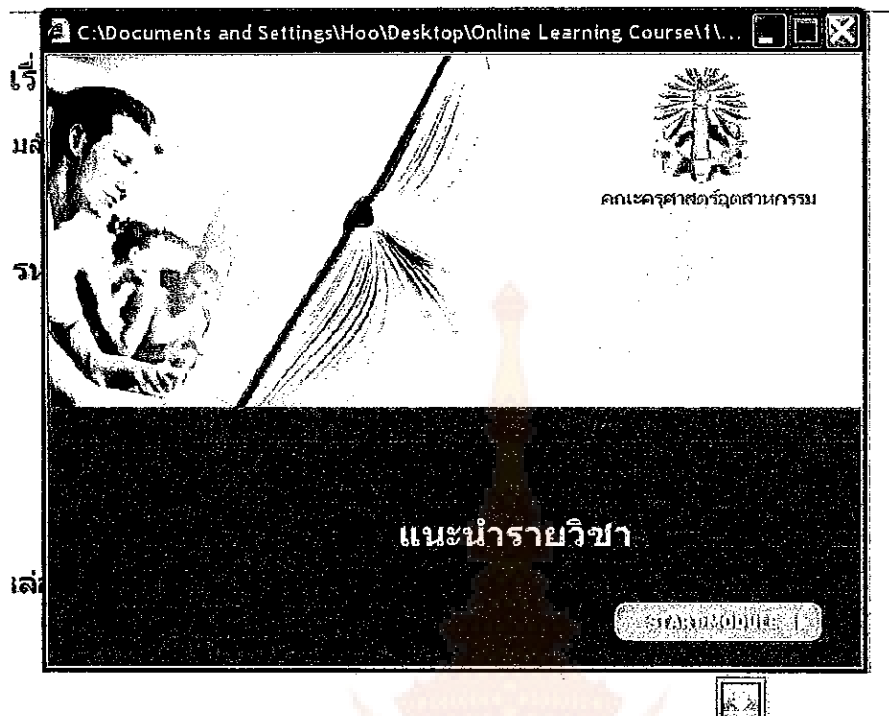
แบบฝึกหัดเรื่องที่ 2

ทรายทำแบบหล่อ

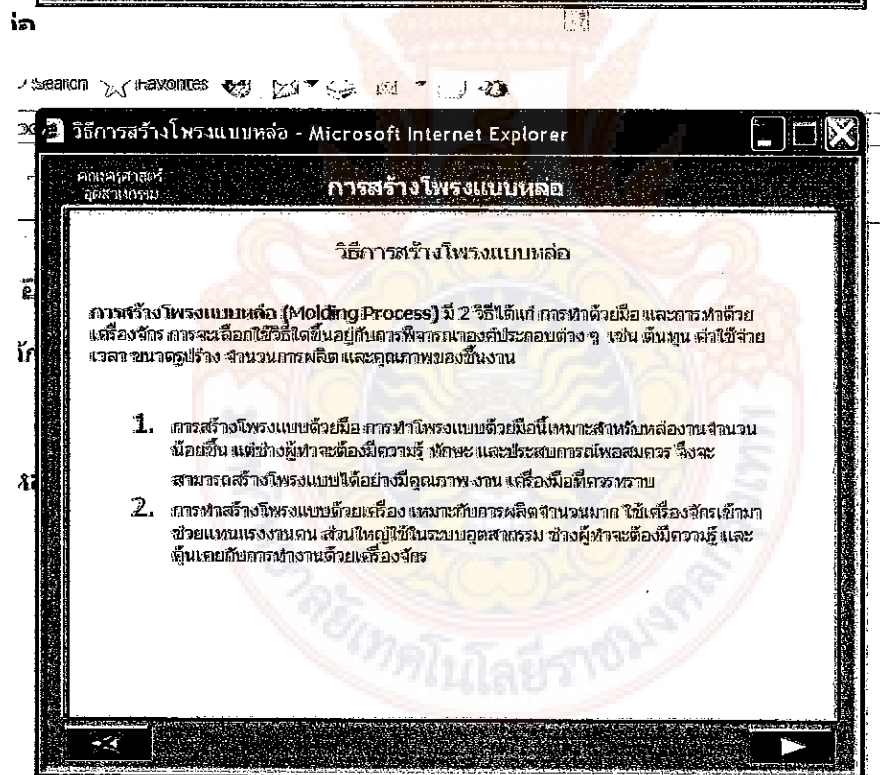
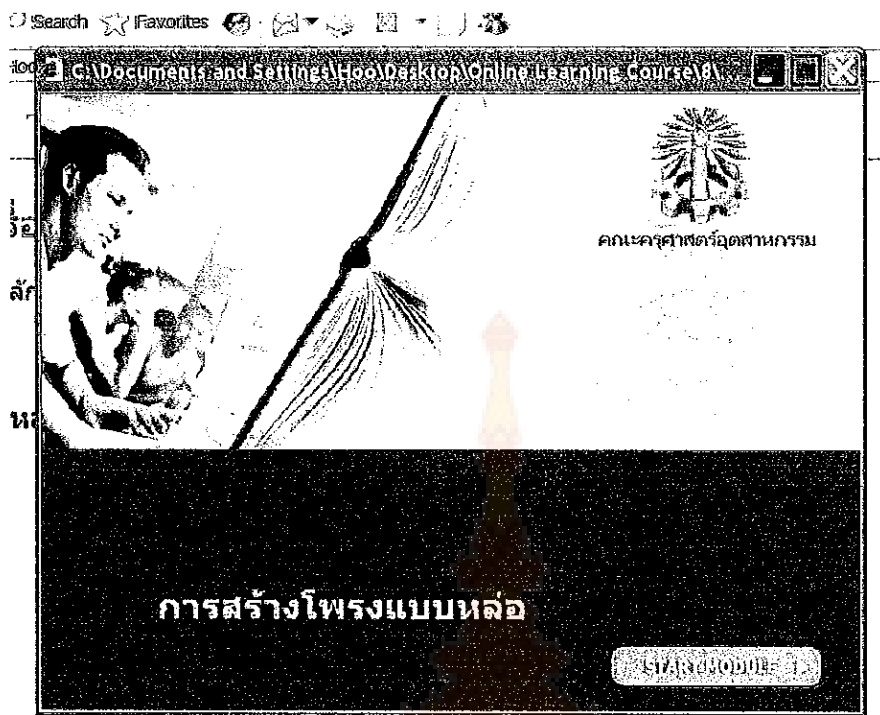
แบบฝึกหัดเรื่องที่ 3

การสร้างโครงแบบหล่อ

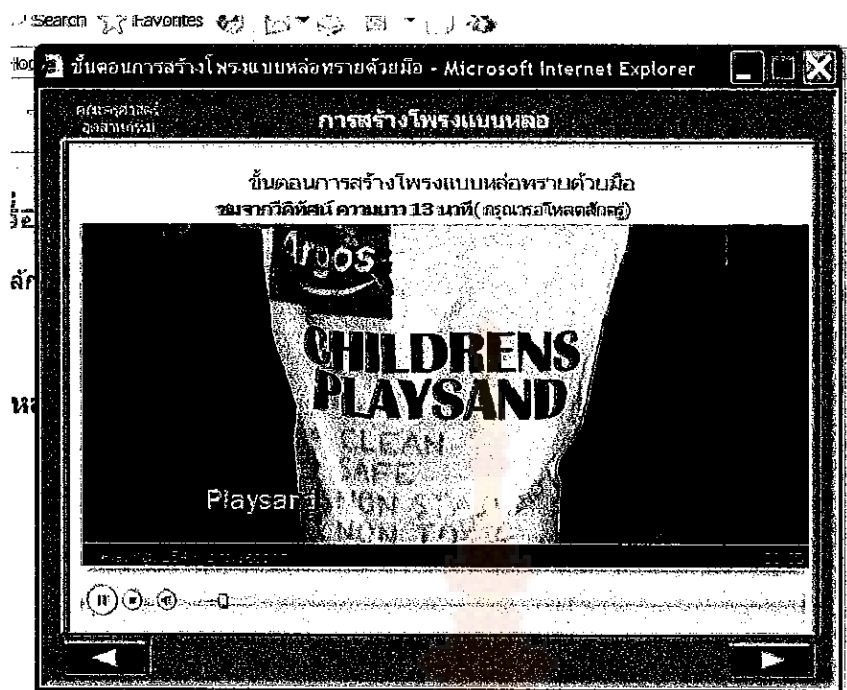
แบบฝึกหัดเรื่องที่ 4



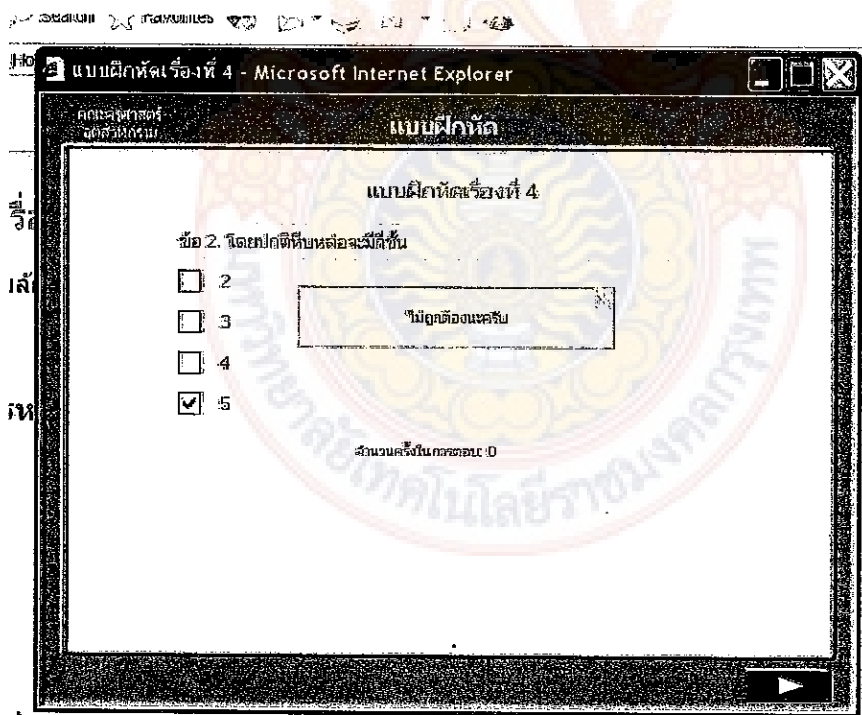
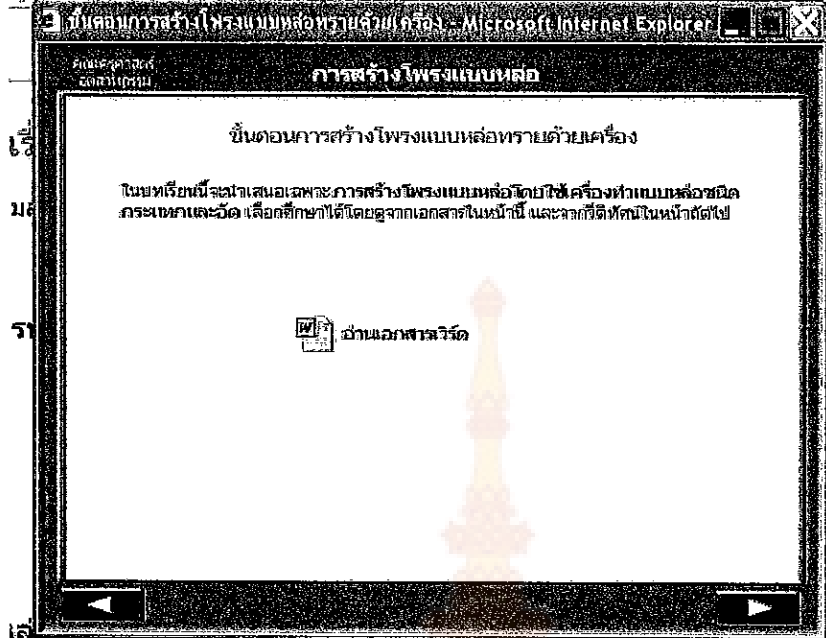
ภาพหน้าจอแนะนำบทเรียน บทเรียนออนไลน์ วิชาวิศวกรรมการหล่อโลหะ

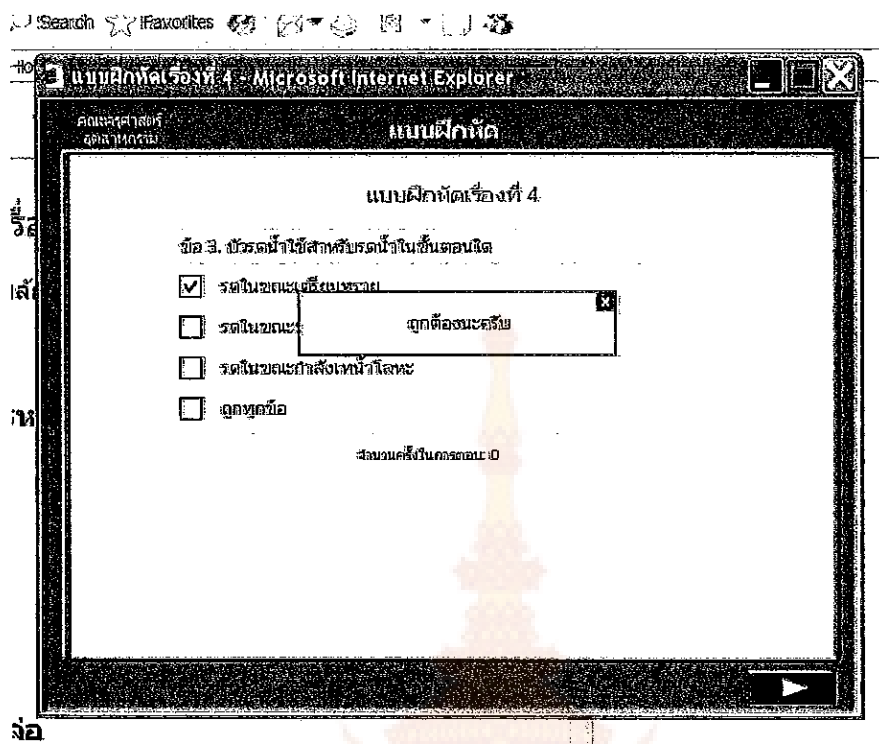


ภาพหน้าจอการสร้างโพรงแบบหล่อ หน่วยเรียนที่ 4



ภาพหน้าจอการสร้างโรงแบบหล่อ หน่วยเรียนที่ 4





ภาพหน้าจอแบบฝึกหัด เรื่องที่ 4 การสร้างโครงแบบหล่อ

ภาคผนวก จ

๔ เนือหาบทเรียน



เนื้อหาเรื่องวิศวกรรมการหล่อโลหะ

เรื่องที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการหล่อโลหะ

1.1 ความหมายของการหล่อโลหะ

การหล่อโลหะ (Casting) หมายถึงการขึ้นรูปโลหะ โดยการนำโลหะมาหลอมเหลว แล้วเท หรือฉีดเข้าสู่แบบหล่อ (Mould) หรือแม่พิมพ์ (Die) ที่ทำไว้เป็นรูปร่างต่าง ๆ แล้วปล่อยให้โลหะแข็งตัวเมื่อโลหะแข็งตัวก็จะได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างตามต้องการ จากนั้นจึงเอาชิ้นงานมาตกแต่งหรือนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อนก็จะได้ชิ้นงานที่จะนำไปใช้งานต่อไป

1.2 ขั้นตอนในการหล่อโลหะ

ในการหล่อโลหะ ทั้งชิ้นงานขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ ๆ มีขั้นตอนที่แตกต่างกันไปตามชนิดของแบบหล่อ ในบทเรียนนี้ จะเน้นตามขั้นตอนของแบบหล่อทราย ซึ่งเป็นแบบหล่อที่นิยมใช้กันทั่วไปในประเทศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างโพรงแบบหล่อ (Molding)
2. การเตรียมน้ำโลหะ (Liquid Metal Preparation)
3. การเทน้ำโลหะเข้าสู่โพรงแบบหล่อ (Pouring Process)
4. การควบคุมกระบวนการแข็งตัวของโลหะ (Solidification)
5. การตกแต่งและตรวจสอบชิ้นงานหล่อ (Decoration and Testing)

1. การสร้างโพรงแบบหล่อ จะเป็นขั้นตอนแรกของการหล่อโลหะ ขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่การออกแบบงานหล่อ และการสร้างกระสวน (Pattern) ให้ได้ตามรูปร่างที่ออกแบบไว้ และสร้างไส้แบบ ประกอบไส้แบบเข้ากับโพรงแบบหล่อให้เรียบร้อย ก่อนนำมาใช้ขึ้นรูปเป็นโพรงแบบหล่อชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้แบบหล่อที่พร้อมที่จะเทหล่อต่อไป

2. การเตรียมน้ำโลหะ เป็นการเตรียมให้น้ำโลหะที่มีคุณภาพ โดยปกติโลหะที่จะนำมาหลอมจากเตาชนิดต่าง ๆ เช่น เตาเบ้า เตาถุโบลา หรือเตาเหนียวไฟฟ้า เพื่อทำเป็นน้ำโลหะก่อนที่จะเทลงในโพรงแบบหล่อชนิดต่าง ๆ การเตรียมน้ำโลหะที่ได้คุณภาพให้งานหล่อที่ได้มีมาตรฐานตามกำหนด จะต้องมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ 3 ประการดังนี้

1. การควบคุมปริมาณส่วนผสมในเนื้อโลหะให้เป็นไปตามข้อกำหนด
2. ควบคุมอุณหภูมิในการเทน้ำโลหะให้ได้ตามข้อกำหนด
3. จัดส่งสกรปรกหรือสิ่งเจือปนในน้ำโลหะออกให้หมด ก่อนเทลงในโพรงแบบหล่อ

3. การเทน้ำโลหะเข้าสู่โพรงแบบหล่อ ก่อนเทจะต้องดูแลควบคุมอุณหภูมิของการเผาสำหรับ การเทน้ำโลหะ (Ladle) ให้มีความพร้อมก่อน ซึ่งโดยปกติจะใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 600 องศาเซลเซียส ขึ้นไป จะต้องมึทักษะในการเทและใช้ความระมัดระวังไม่ให้เกิดอันตรายและความเสียหาย อาจได้ด้วยคน หรือใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการเท ตามความเหมาะสม เช่น เครื่องจักร เกรน หรือ รอก เป็นต้น และจะต้องให้สัมพันธ์กับรูปร่างของชิ้นงานหล่อ หมายถึงไม่ให้เทให้หกเลอะเทอะ โดยมีข้อควรคำนึงในการเทน้ำโลหะ ดังนี้

1. ใช้เครื่องมือในการเทที่เหมาะสม
2. เทให้สัมพันธ์กับรูปร่างของชิ้นงานหล่อ
3. ระมัดระวังไม่ให้เกิดอันตรายและอุบัติเหตุ

4. การควบคุมกระบวนการแข็งตัวของโลหะ เป็นการควบคุมการแข็งตัวภายในโพรงหล่อ ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ถูกต้องตามทิศทางของการแข็งตัวของโลหะ (Solidification Direction) และเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ไม่เกิดจุดเสียในการหล่อ (Casting Defect) การควบคุมนี้ ประกอบไปด้วยการออกแบบ ระบบที่สำคัญ 2 ระบบ ได้แก่

1. การออกแบบทางวิ่งของน้ำโลหะ (Gating System) เป็นช่องทางให้น้ำโลหะไหลลงสู่โพรงแบบหล่อ มีส่วนประกอบ 4 ส่วน ได้แก่ แอ่งเท (Pouring Cup) รูเท (Sprue) ทางวิ่ง (Runner) และทางเข้า (Gate)
2. การออกแบบระบบป้อนเติมโลหะ (Feeding System) เป็นช่องทางให้น้ำโลหะไหลออกจากโพรงแบบหล่อ มีส่วนประกอบ 1 ส่วน ได้แก่ รูล้น (Riser)

5. การตกแต่งและตรวจสอบชิ้นงานหล่อ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการหล่อโลหะ เป็นการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพงานหล่อให้เป็นไปตามที่ต้องการ มี 2 วิธี คือ

1. การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Test) เป็นการตรวจสอบเพื่อหารอยบกพร่องหรือความผิดปกติ ใด ๆ ที่มีอยู่ในชิ้นงาน เช่น รอยแตก ฟองอากาศโดยไม่ให้เกิดการแยกส่วน การแตกหัก หรือความเสียหายใด ๆ แก่ชิ้นงาน วิธีการตรวจสอบ มีหลายวิธี

เช่น การวัดความหนา ทดสอบความแข็ง ใช้ความร้อน รังสี หรืออนุภาคแม่เหล็ก ตรวจสอบ เป็นต้น

2. การตรวจสอบแบบทำลาย (Destructive Test) เป็นการตรวจสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน เช่น แรงดึง แรงกด เป็นต้น ซึ่งจะต้องให้เครื่องมือในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบดังกล่าว ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบจะมีการแยกส่วน การแตกหัก หรือเกิดความเสียหาย แต่ผลที่ได้ก็คือ ทำให้ทราบว่า ชิ้นงานหล่อเหล่านั้นมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

1.3 โพรงแบบในการหล่อโลหะ

ในการหล่อชิ้นงานโลหะ จำเป็นต้องอาศัยแบบหล่อเป็นภาชนะรองรับน้ำโลหะไว้ จนกระทั่งน้ำโลหะแข็งตัวจากนั้นจึงนำงานหล่อออกจากแบบหล่อ แบบหล่อหรือ โพรงแบบหล่อ จึงมีความสำคัญในงานหล่อโลหะ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่

1. โพรงแบบหล่อไม่ถาวร (Expendable Mold) เป็นโพรงแบบหล่อที่ใช้ได้ครั้งเดียว หลังจากใช้งานแล้วต้องทำลาย ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ใช้การหล่อโดยการเทน้ำโลหะลงสู่แบบหล่อ เช่น โพรงแบบหล่อทราย ที่มีตัวประสานแบบต่างๆ เช่น ดินเหนียว เคมี่ เม็ดทราย เป็นต้น
2. โพรงแบบหล่อถาวร (Permanent Mold) เป็นโพรงแบบหล่อที่ใช้งานได้หลาย ๆ ครั้งโดยไม่ต้องทำลาย เนื่องจากทำมาจากเหล็กกล้า หรือกราไฟท์ (Graphite) ส่วนใหญ่ใช้การหล่อโดยการอัดฉีด (Die Casting) หรือการเหวี่ยงน้ำโลหะให้หนีจุดศูนย์กลาง เรียกว่าการหล่อเหวี่ยง (Centrifugal Casting) เป็นต้น

เรื่องที่ 2 โพรงแบบหล่อทราย

2.1 ความหมายของโพรงแบบหล่อทราย

โพรงแบบหล่อทราย (Sand Mold) หมายถึงโพรงแบบที่ใช้ในการหล่อโลหะโดยใช้ทรายเป็นวัสดุหลัก มีหน้าที่รองรับน้ำโลหะที่เทลงในโพรงแบบ เมื่อน้ำโลหะเย็นตัวลงก็จะได้รับรูปร่างของชิ้นงานหล่อเหมือนกับรูปร่างของโพรงแบบหล่อ

2.2 ประเภทของโพรงแบบหล่อทราย

โพรงแบบหล่อทราย (Sand Mold) สามารถจำแนกออกเป็น 9 ชนิดได้แก่

1. โพรงแบบหล่อทรายชื้น (Green Sand Mold)
2. โพรงแบบหล่อทรายแห้ง (Dry Sand Mold)
3. โพรงแบบหล่อซิลิเกต (Co₂ Mold)
4. โพรงแบบหล่อทรายฟูราน (Furan Resin Mold)
5. โพรงแบบหล่อซีเมนต์ (Portland Cement Mold)
6. โพรงแบบหล่อวิจิตร (Investment Mold)
7. โพรงแบบหล่อเปลือกนาง (Shell Mold)
8. โพรงแบบหล่อฟูล โมลด์ คาสติง (Full Mold Casting)
9. โพรงแบบหล่อพลาสเตอร์ (Plaster Mod)

1. โพรงแบบหล่อทรายชื้น (Green Sand Mold) เป็นโพรงแบบหล่อที่มีส่วนผสมของทราย ดินเหนียว และน้ำเป็นวัสดุหลัก และอาจมีวัสดุอื่นผสมอีกเล็กน้อย เช่น เบนโตไนต์ ผงถ่านหิน เพื่อช่วยให้โพรงแบบหล้อมีคุณสมบัติชื้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. โพรงแบบที่ใช้ทรายหล่อธรรมชาติ (Natural Sand) ทรายธรรมชาติจะประกอบไปด้วยดินเหนียวและน้ำ เหมาะกับงานหล่อชิ้นงานที่บาง ๆ และมีขนาดเล็ก หล่อได้ทั้งชิ้นงานที่เป็นเหล็กและวัสดุอื่น ๆ การทำแบบหล่อใช้การทำแบบหล่อด้วยมือ
2. โพรงแบบที่ใช้ทรายสังเคราะห์ (Synthetic Sand) ทรายสังเคราะห์เป็นทรายที่มีส่วนผสมของ เบนโตไนต์ แป้งข้าวโพด ผงถ่าน และน้ำ เป็นที่นิยมใช้กันมาก การทำแบบหล่อใช้

การทำแบบหล่อด้วยเครื่องทำแบบหล่อ หากผลิตชิ้นงานจำนวนมาก แต่ถ้าผลิตจำนวนน้อยจะทำแบบหล่อด้วยมือเช่นเดียวกับโครงแบบหล่อที่ใช้ทรายธรรมชาติ

ข้อดีของโครงแบบหล่อทรายขึ้น

1. เหมาะกับชิ้นงานขนาดเล็กถึงปานกลาง
2. หากใช้เครื่องทำแบบหล่อสามารถผลิตได้จำนวนมาก
3. เมื่อทำแบบหล่อเสร็จสามารถเทน้ำโลหะได้เลย
4. ทรายที่ใช้ทำแบบหล่อสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยผสมน้ำและเบนโทไนต์
5. ประหยัดต้นทุนในการหล่อ

ข้อเสียของโครงแบบหล่อทรายขึ้น

1. ไม่สามารถหล่องานที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ได้
2. แบบหล่อมีความแข็งแรงต่ำ
3. ชิ้นงานหล่ออาจเกิดข้อบกพร่องได้ง่าย เช่น รูพรุน ฟองอากาศ

2. โครงแบบหล่อทรายแห้ง (Dry Sand Mold) เป็นโครงแบบหล่อที่ใช้ทรายผสมกับตัวประสาน เช่น น้ำมันดินสิด น้ำมันปาล์ม เรซินต่าง ๆ หลังจากทำโครงแบบหล่อเสร็จแล้วจะต้องเผาหรืออบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส เมื่อแห้งแล้วจะมีความแข็งแรงมาก หรืออาจเคลือบผิวให้แข็งโดยใช้สารทนความร้อน หรือใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป่าให้แข็ง เหมาะสำหรับหล่อที่เป็นเหล็กกล้าทั่ว ๆ ไป

ข้อดีของโครงแบบหล่อทรายแห้ง

1. มีความแข็งแรงกว่าแบบหล่อทรายขึ้น
2. ไม่มีปัญหาเรื่องความชื้น
3. ผิวของแบบทนการกัดเซาะของน้ำโลหะ

ข้อเสียของโครงแบบหล่อทรายแห้ง

1. ต้นทุนการผลิตสูงกว่าแบบหล่อทรายขึ้น
2. ต้องเสียเวลาในการอบให้แห้ง

3. วัสดุที่ใช้ผสมต้องใช้ตัวประสานพิเศษทั้งหมด

3. โฟรแบบหล่อซิลิเกต (Co_2 Mold) เป็นโฟรแบบหล่อที่ใช้ทรายซิลิกาหรือทรายแก้วผสมกับน้ำแก้ว หรือโซเดียมซิลิเกต 4-6 % เป็นเวลา 4-5 นาที แล้วใช้ทรายที่ผสมนี้ทำแบบหล่อ เมื่อทรายเต็มหีบแล้วก็ผ่านแกสคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความดัน 15-30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ก็จะทำให้ซิลิกาเยลตกผลึกและเป็นตัวประสานหรือยึดเหนี่ยวทรายแต่ละเม็ดได้ด้วยกันทำให้แบบมีความแข็งแรงสลายตัวได้ยาก แต่ในทางปฏิบัติจะเติมผงถ่าน โคล ผงยางมะตอย หรือผงขี้เลื่อย เพื่อให้ทรายหลอสลายตัวได้ง่าย และป้องกันน้ำโลหะแทรกเข้าไปในระหว่างเม็ดทราย ทำให้ผิวงานหล่อที่ได้มีความเรียบดี

ข้อดีของโฟรแบบหล่อซิลิเกต

1. แบบหล่อแข็งตัวโดยไม่ต้องเผา
2. ทำได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว
3. ได้ผลผลิตสูง
4. ประหยัดค่าใช้จ่าย

ข้อเสียของโฟรแบบหล่อซิลิเกต

1. แกะงานออกจากแบบหล่อได้ยาก
2. ทรายหลอดูดความชื้นได้ดีอาจทำให้เกิดปัญหา ทรายตกและร่วนในชิ้นงาน
3. ทรายที่ผสมแล้วทิ้งไว้นานไม่ได้
4. ทรายที่ใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

4. โฟรแบบหล่อทรายฟูราน (Furan Resin Mold) เป็นโฟรแบบหล่อที่ใช้ทรายฟูรานเรซิน ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากเฟอฟูริล แอลกอฮอล์ นำมาใช้เป็นตัวประสาน เวลาใช้ต้องผสมกับตัวทำแข็ง (Hardener) และผสมกับกรดพาราโทลูอิน (Paratoluene Acid) ผสมโดยการใช้อุปกรณ์ผสมทรายต่อเนื่อง ทรายที่ผ่านการผสมแล้วต้องรีบทำแบบหล่อทันทีภายใน 2-10 นาที โดยไม่ต้องนำไปเผาหรืออบให้แห้ง

ข้อดีของโฟรแบบหล่อทรายฟูราน

1. แบบหล่อแข็งตัวโดยไม่ต้องอบความร้อน
2. ทราายที่ผสมแล้วไหลตัวดี
3. ทำได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว
4. รื้อแบบได้ง่าย
5. ขนาดของงานหล่อเที่ยงตรงดี
6. เหมาะกับงานเหล็กหล่อเทา และเหล็กเหนียวหล่อ

ข้อเสียของโพรงแบบหล่อทรายฟุราน

1. ต้นทุนสูงเพราะเรซินมีราคาแพง
2. ต้องใช้เครื่องผสมทรายพิเศษโดยเฉพาะ
3. ทราายที่ผสมแล้วจะแข็งตัวเร็ว
4. มีเวลาทำแบบหล่อไม่นาน

5. โพรงแบบหล่อซีเมนต์ (Cement Mold) เป็นโพรงแบบหล่อที่ใช้ซีเมนต์เป็นตัวประสาน โดยผสมทรายซิลิกา กับน้ำ 4-6 % ผสมกับซีเมนต์ประมาณ 8-12 % และเติมสารที่ช่วยให้แข็งตัวเร็วขึ้น เช่น แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) และแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) อย่างละ 0.5 % การทำโพรงแบบหล่อคล้ายกับการทำแบบหล่อทรายขึ้น หลังจากทำแบบหล่อเสร็จจะต้องทิ้งไว้ 24-72 ชั่วโมง และต้องเผาแบบหล่อไล่ความชื้นออก ก่อนนำไปหล่อ เหมาะกับงานหล่อขนาดกลาง และขนาดใหญ่ไป

ข้อดีของโพรงแบบหล่อซีเมนต์

1. แบบหล่อทำได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้แรงงานมีฝีมือ
2. แบบมีความแข็งแรงสูงทนน้ำโลหะได้ดี
3. ชิ้นงานมีขนาดเที่ยงตรง
4. การแกะชิ้นงานออกจากแบบง่ายกว่าโพรงแบบหล่อซิลิเกต

ข้อเสียของโพรงแบบหล่อซีเมนต์

1. ใช้เวลาแข็งตัวนาน
2. เมื่อผสมทรายแล้วต้องรีบทำแบบ เพราะทรายจะหมดอายุเร็ว

3. ทราซที่ผสมแล้วทิ้งไว้นานไม่ได้
4. ชิ้นงานอาจแตกร้าวง่ายเพราะขาดคุณสมบัติการยุบตัว

6. **โพรงแบบหล่อวีจิตร (Investment Mold) หรือ โพรงแบบหล่อขี้ผึ้งหาย (Lost wax Method)** มีกรรมวิธีค่อนข้างซับซ้อน เริ่มจากการหล่อขี้ผึ้งในแม่พิมพ์ จะได้กระสวยขี้ผึ้งที่มีรูปร่างเหมือนงานจริง นำไปตีครุเท ทางน้ำโลหะเข้าซึ่งทำจากขี้ผึ้งเช่นกัน แล้วนำกระสวยไปเคลือบวัสดุทนไฟหรืออินเวสต์ (Invest) เช่น ปูนพลาสติกเกอร์ หรือผงซิลิกา และตัวประสาน เช่น น้ำหรือ ไฮโดรคลอไรด์ จากนั้นนำไปใส่หีบโลหะ เทวัสดุทำแบบลงไปเมื่อแบบหล่อแข็งตัวแล้วนำไปเผาเพื่อไล่ขี้ผึ้งออกที่อุณหภูมิ 90-150 องศาเซลเซียส นำโพรงแบบหล่อออกจากหีบโลหะแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 650-1,000 องศาเซลเซียส ก่อนการเทน้ำโลหะ

ข้อดีของโพรงแบบหล่อวีจิตร

1. ชิ้นงานมีขนาดเที่ยงตรง
2. ชิ้นงานมีลวดลายคมชัด
3. ชิ้นงานหล่อแทบไม่ต้องนำไปตกแต่งอีก
4. ผลิตได้จำนวนมากและลดต้นทุน

เสียของโพรงแบบหล่อวีจิตร

1. มีกรรมวิธีค่อนข้างซับซ้อน
2. ใช้เวลานานในการสร้างโพรงแบบหล่อ
3. จะต้องควบคุมเวลาและอุณหภูมิในการทิ้งให้แข็งตัว การเผาและอบอย่างเคร่งครัด

7. **โพรงแบบหล่อเปลือกบาง (Shell Mold)** เป็นโพรงแบบหล่อที่สร้างให้มีเปลือกสองซีกประกบกันใช้กระสวยเหล็กหล่อหรืออลูมิเนียมเผาให้ร้อนที่อุณหภูมิ 200-250 องศาเซลเซียสแล้วคว่ำลงบรรจุทรายซิลิกาชนิดละเอียด มีค่าความละเอียดใช้รจีนเป็นตัวประสานในปริมาณ 1.5-5.5 % ของน้ำหนักทราย ใช้เฮกซาไมน์ (Hexamine) ช่วยเร่งการประสาน เมื่อทรายจับที่กระสวยในส่วนที่ความร้อนแผ่ไปถึงจะเกิดเปลือกบางบนกระสวย เมื่อพลิกถึงบรรจุทรายกลับตำแหน่งเดิมจะได้เปลือกที่หนาขึ้น ประมาณ 5-7 มม. นำกระสวยที่มีเปลือกทรายจับเข้าเตาอบเพื่อให้เปลือกแข็งตัวที่

อุณหภูมิ 200-300 องศาเซลเซียสใช้เวลา 2-3 นาที นำกระสวนออกจากเตาอบแกะแบบหล่อเปลือกออกจากกระสวน จะได้โพรงแบบหล่อครึ่งซีก และอีกครึ่งซีกก็ทำโดยวิธีเดียวกัน นำโพรงแบบหล่อทั้งสองซีกมาประกบกันด้วยปากกา (Clamp) เพื่อรอการเทน้ำโลหะ

ข้อดีของโพรงแบบหล่อเปลือกบาง

1. ผลิตชิ้นงานที่มีความยาวเป็นพิเศษได้
2. มีขนาดใกล้เคียงงานจริง
3. ผลิตชิ้นงานที่มีความยากมาก ๆ ได้
4. ชิ้นงานมีผิวเรียบกว่าโพรงแบบหล่อทรายอื่น ๆ

ข้อเสียของโพรงแบบหล่อเปลือกบาง

1. หากควบคุมกระบวนการผลิตไม่ถูกต้องจะได้โพรงแบบหล่อที่ไม่สมบูรณ์
2. ใช้เวลานานในการสร้างโพรงแบบหล่อ

8. โพรงแบบหล่อฟูลโมลด์คาสติง (Full Mold Casting) หรือโพรงแบบหล่อโฟมหาย (Lost foam method) เป็นโพรงแบบหล่อที่ใช้โฟม หรือ โพลีไทรน เป็นกระสวนหล่อ โดยตกแต่งให้มีรูปร่างเหมือนชิ้นงานที่ต้องการหล่อ โดยใช้ทรายหล่อได้แก่ ทรายขึ้น ทรายผสมโซเดียมซิลิเกต ทรายผสมซีเมนต์ หรือทรายฟูราน นำกระสวนโฟมใส่หีบทรายหลังจากดำทรายแน่นและเต็มหีบแล้ว ก็พร้อมที่จะเทน้ำโลหะลงบนแบบหล่อ จะทำให้โฟมละลายกลายเป็นไอโดยน้ำโลหะจะเข้าไปแทนที่ ก็จะได้ชิ้นงานตามความต้องการ

ข้อดีของโพรงแบบฟูลโมลด์คาสติง

1. ได้ชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงงานจริง
2. เหมาะสำหรับชิ้นที่ต้องการหล่อเป็นรายชิ้น
3. ทำได้สะดวกรวดเร็ว

ข้อเสียของโพรงแบบฟูลโมลด์คาสติง

1. ไม่สามารถหล่องานที่มีความสลับซับซ้อนได้
2. แบบหล่อใช้ได้ครั้งเดียว

9. โพรแบบหล่อปลาสเตอร์ (Plaster Mold) หรือโพรแบบหล่อที่ใช้กับงานหล่อนอกกลุ่มเหล็ก เช่น ทองแดง อลูมิเนียม โดยทำแบบเป็นสองซีกประกบกัน ปลาสเตอร์ที่ใช้ทำมีส่วนผสมของ ยิปซัม (Gypsum) หรือปูนปลาสเตอร์ (Plaster of Paris) และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น แร่อ่อน (Talc) ไยหิน (Asbestos) ผงซิลิกา โดยใช้ลงไปทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จึงถอดกระสวนออก นำไปอบแห้ง แล้วประกอบแบบหล่อเข้าด้วยกัน อุ่นแบบหล่อให้ร้อนประมาณ 120 องศาเซลเซียส เพื่อรอกการ เทน้ำโลหะลงไป

ข้อดีของโพรแบบปลาสเตอร์

1. เหมาะกับงานขนาดเล็กที่ต้องการความละเอียด
2. หล่องานที่สลับซับซ้อนได้
3. มีผิวเรียบและขนาดถูกต้อง
4. หล่องานบาง ๆ ได้และงานเย็นตัวช้า

ข้อเสียของโพรแบบปลาสเตอร์

1. ราคาแพงแบบหล่อใช้ได้ครั้งเดียว
2. ใช้เวลาทำแบบนาน

เรื่องที่ 3 ททรายทำแบบหล่อ

3.1 คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ

ทรายทำแบบหล่อ (Molding Sand) แบบหล่อโดยทั่วไปทำจากทรายทำแบบเพื่อใช้ในการผลิตงานหล่อ เพื่อจะได้มาซึ่งแบบหล่อที่ดี ควรทราบคุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ 6 ประการ ดังนี้

1. การไหลตัว (Flow ability)
 2. ความแข็งแรงขณะมีความชื้น (Green Strength)
 3. ความแข็งแรงเมื่อได้รับความร้อน (Hot Strength)
 4. ความแข็งแรงเมื่อแห้งตัว (Dry Strength)
 5. มีอัตราการผ่านที่ดี (Permeability)
 6. การทนต่อความร้อน (Refractoriness)
1. การไหลตัว (Flow ability) ทรายจะต้องมีการไหลตัวที่ดีเมื่อถูกกระแทกหรืออัดจากมือหรือเครื่องทำแบบ
 2. ความแข็งแรงขณะมีความชื้น (Green Strength) ทรายทำแบบที่ผสมเสร็จ เมื่อผ่านการกระทุ้งหรืออัดเป็นรูปร่างแล้วจะต้องมีความแข็งแรง คงสภาพได้ ไม่เสียหายขณะเคลื่อนย้าย
 3. ความแข็งแรงเมื่อแห้งตัว (Dry Strength) เมื่อเทน้ำโลหะเข้าสู่โพรงแบบหล่อ ทรายที่เป็นผนังจะสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยกลายเป็นไอ โพรงแบบหล่อที่แห้งตัวต้องมีความแข็งแรงเพียงพอทนต่อการกัดกร่อนของน้ำโลหะ

4. ความแข็งแรงเมื่อได้รับความร้อน (Hot Strength) หลังจากไอน้ำระเหยหมดไปอุณหภูมิของโพรงแบบหล่อจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าแบบหล่อมีความแข็งแรงไม่พอจะเกิดการแตกร้าวได้
5. มีอัตราการผ่านที่ดี (Permeability) ต้องยอมให้แก๊สซึมผ่านออกได้ เมื่อเทน้ำโลหะลงในโพรงแบบหล่อจะเกิดไอน้ำ หรือแก๊ส จากความร้อนและการเผาไหม้ โพรงแบบหล่อจะต้องยอมให้ไอน้ำหรือแก๊สผ่านออกไปได้สะดวก
6. การทนต่อความร้อน (Refractoriness) ทราายทำแบบหล่อจะต้องทนต่ออุณหภูมิสูงที่เกิดจากการเทน้ำโลหะลงในโพรงแบบหล่อ ไม่หลอมตัวติดแน่นกับผิวของงานหล่อ

3.2 ส่วนประกอบของทรายทำแบบหล่อ ทรายทำแบบหล่อ มีส่วนประกอบ 4 ส่วนได้แก่

1. เม็ดทราย (Sand)
2. ตัวประสาน (Binders)
3. สารเพิ่มอื่น ๆ (Additives)
4. น้ำ (Water)

1. เม็ดทราย (Sand) มีลักษณะเป็นอนุภาคเล็ก ๆ มีขนาดโตประมาณ .01-1.0 มม.มีทั้งชนิดเม็ดกลม เม็ดมน เม็ดเหลี่ยม และเม็ดผลึก ทรายหล่อจะประกอบด้วยเม็ดทรายหลายขนาด ทรายเม็ดหยาบจะมีอัตราการผ่านได้ดี แต่ทรายเม็ดเล็กเหลี่ยมจะให้ความแข็งแรงมากกว่า เม็ดทรายมี 2 ประเภทได้แก่

1) ทรายธรรมชาติหมายถึงทรายที่มีดินผสมอยู่ เรียกว่าประกอบด้วยเม็ดทรายประมาณ 70 % ขึ้นไป

2) ทรายสังเคราะห์หมายถึงทรายที่ถูกแยกดินออกแล้ว ซึ่งเรียกว่าทรายซิลิกา มีความบริสุทธิ์มาก หรือทรายสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งมีความบริสุทธิ์รองลงมา เมื่อนำทรายเหล่านี้มาผสมกับตัวประสาน เรียกว่าทรายสังเคราะห์ หรือทรายวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทรายที่มีจุดหลอมตัวสูง มี 4 ชนิด ได้แก่

1) ทรายซิลิกา (Silica Sand) หรือทรายแก้ว พบตามแหล่งต่าง ๆ เช่น ชายหาด ภูเขา หรือได้จากการบดหินควอตซ์ พบมากที่จังหวัดระยอง โดยจะต้องทำความสะอาดและร่อนด้วยตะแกรงก่อนนำมาใช้ มีจุดหลอมเหลวสูงถึง 1,700 องศาเซลเซียส

2) ทรายเซอร์คอน (Zircon) เป็นทรายที่มีสีขาวจนถึงสีน้ำตาล เม็ดละเอียด จึงมักใช้ในงานที่มีปัญหาเกี่ยวกับการหลอมเย็นของทราย เพราะทนความร้อนได้สูง ใช้เป็นทรายหน้าแบบสำหรับงานหล่อเหล็กเหนียว มีจุดหลอมเหลวที่ 2038-2200 องศาเซลเซียส

3) ทรายโอลิวิน (Olivine Sand) มีสีเขียวปนเทา มีสภาพเป็นด่าง มีจุดหลอมเหลวที่ 1538-1760 องศาเซลเซียส พบในประเทศนอร์เวย์ ไม่มีในไทย จึงมีราคาแพง

4) ทรายโครไมต์ (Chromite Sand) มีสีดำ มีสภาพเป็นด่าง มีราคาแพงเนื่องจากต้องนำเข้ามาจากประเทศแอฟริกา มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงไม่หลอมละลาย

2. ตัวประสาน (Binders) มีหน้าที่ทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายที่นำมาใช้สร้างแบบหล่อ มีหลายชนิดในที่นี้ขอนำเสนอ 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว น้ำแก้ว และตัวประสานสังเคราะห์

1. ดินเหนียว (Clay) ช่วยให้ทรายทำแบบหล่อแข็งแรงและขึ้นรูปได้ง่าย มี 3 ชนิดคือ ก. อิลไลต์ (Illite) เป็นดินเหนียวที่ปนอยู่กับทรายธรรมชาติ ทนความร้อนได้ไม่ดี ข. เบนโตไนท์ (Bentonite) เหมาะสำหรับทำโพรงแบบหล่อทรายขึ้น ค. คาโอลิไนท์ (Kaolinite) ทนความร้อนได้สูง และนิยมใช้ปูนังเตา
2. น้ำแก้ว (Sodium Silicate) หรือโซเดียมซิลิเกต เป็นของเหลวที่มีสีขุ่นคล้ายแก้ว มีอัตราส่วนของมวลอยู่ระหว่าง 2.0-2.5 ค่าความถ่วงจำเพาะ 45-50 ดีกรีโบเม (ถ้าค่ามากจะข้นมาก ค่าน้อยจะใส) เป็นตัวประสานที่ต้องใช้แกสคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวนำทำให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัว นิยมใช้กับงานหล่อเหล็กกล้า (Cast Steel) ทำได้ทั้งโพรงแบบหล่อหรือทำทรายหน้าแบบ
3. ตัวประสานประเภทสารสังเคราะห์ (Resin Binder) เรซินเป็นตัวประสานที่ดีสำหรับทรายทำแบบหล่อ ที่นิยมใช้มากที่สุด คือฟูราน เรซิน ซึ่งเป็นของเหลวผสมระหว่างยูเรีย ฟอร์มาดีไฮด์ กับ เฟอ์ฟูริลอัลกอฮอล์ มีหลายเกรด ฟูราน เรซินที่ใช้กับงานหล่อจะใช้ชนิดที่มีเฟอ์ฟูริลอัลกอฮอล์ 50 %

3. สารเพิ่มอื่น ๆ (Additives) มีใส่เพิ่มเข้าไปในทรายหล่อเพื่อปรับคุณสมบัติของทรายหล่อให้มีลักษณะเฉพาะตัว เช่น เพิ่มความแข็ง เพิ่มอัตราการผ่าน เพิ่มการทนความร้อน เป็นต้น มีหลายชนิด ในบทเรียนนี้ขอนำเสนอ 8 ชนิด ได้แก่

1. ผงแป้ง (Cereals) เป็นผงแป้งที่ทำจากข้าวโพด ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แบบทั้งในขณะขึ้นและแห้ง และเพิ่มคุณสมบัติในการยวบตัวของทราย ปริมาณที่ใช้ 0.25-2 %
 2. ผงซีโคล (Sea Coal) เป็นผงถ่านหินบดละเอียด ช่วยให้ผิวงานหล่อที่เป็นเหล็กหล่อและเหล็กเหนียวดีขึ้นทำความสะอาดขึ้นงานหล่อได้ง่าย ปริมาณที่ใช้ 2-8 %
 3. ผงกรวดพิช (Ground Pitch) เป็นผงถ่านหินผสมกับน้ำมันดินหรือน้ำมันสน ช่วยให้ผิวงานเรียบขึ้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ทรายหล่อขณะได้รับความร้อน ปริมาณที่ใช้ ไม่เกิน 2 %
 4. ผงทรายซิลิกา (Silica Flour) เป็นผงทรายซิลิกาบดละเอียดขนาด 200 เมช (Mesh) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ทรายหล่อขณะร้อนและป้องกันไม่ให้น้ำโลหะแทรกเข้าไปในช่องว่างของเม็ดทรายที่ผนังของโพรงแบบหล่อ ปริมาณที่ใช้ ไม่เกิน 2 %
 5. ผงขี้เลื่อย (Wood Flour) เป็นผงขี้เลื่อยไม้ใช้ 0.5-2% ช่วยควบคุมการขยายและการยวบตัวของ
 6. ผงเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) เป็นผงเหล็กที่ผ่านการบดละเอียด ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแบบโพรงหล่อขณะได้รับความร้อนจากน้ำโลหะ ปริมาณที่ใช้ ไม่เกิน 1 %
 7. กากน้ำตาล (Molasses) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในขณะแห้งของโพรงแบบหล่อทราย ปริมาณที่ใช้ 0.5-2 %
 8. ผงเด็คทรีน (Dextrine) ทำจากแป้งใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงขณะแห้งและเพิ่มคุณสมบัติยวบตัวของให้ทรายหล่อ ปริมาณที่ใช้ 0.5-2%
4. น้ำ (Water) น้ำถือเป็นความชื้นที่ผสมอยู่ในทรายหล่อเป็นตัวช่วยให้ดินเหนียวเกิดคุณสมบัติยึดเหนี่ยวกับทราย การผสมต้องใช้ในปริมาณพอเหมาะ หากน้อยเกินไปจะทำให้ทรายหล่อไม่แข็งแรง หากมากเกินไปจะทำให้ทรายหล่ออ่อนตัว และยังมีผลให้อัตราการผ่านของทรายหล่อลดลง ปริมาณที่ใช้ประมาณ 4-8 %

3.3 เครื่องเตรียมทรายหล่อ การเตรียมทรายหล่อนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้ได้งานหล่อคุณภาพสูง การเตรียมทรายหล่อหมายถึงการเอาเม็ดทราย ดินเหนียว หรือตัวประสานอื่น ๆ และน้ำ ผสมกัน เพื่อให้ส่วนผสมของทรายหล่อคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน มีความชื้นสม่ำเสมอ โดยใช้เครื่องผสมทราย (Sand Mixer) หรือเครื่องเตรียมทรายหล่อ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. เครื่องผสมทรายชนิดใบพาย
2. เครื่องผสมทรายชนิดลูกกลิ้งบิด
3. เครื่องผสมทรายชนิดใบเกลียวหมุน
4. เครื่องย่อยทรายฟู (Sand Blender)

1. เครื่องผสมทรายชนิดใบพาย มีลักษณะเป็นถังเหล็กกลม มีใบพายซึ่งยึดติดกับแกนกลางซึ่งหมุนได้รอบตัวอาศัยการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าใบพายจะทำหน้าที่พลิกทรายกลับไปกลับมาเพื่อให้คลุกเคล้ากับตัวประสานอย่างทั่วถึง นิยมใช้กับทรายหล่อที่ตัวประสานเป็นของเหลว เช่น น้ำมัน น้ำ แก้ว เรซิน เป็นต้น

2. เครื่องผสมทรายชนิดลูกกลิ้งบิด มีลักษณะเป็นถังเหล็กกลม มีลูกกลิ้งบิดสองลูกหมุนอยู่ในแนวระนาบ อาจมีใบพายติดอยู่กับแกนกลาง ช่วยพลิกทรายให้ไหลวนเรื่อยไปตามถัง ลูกกลิ้งนี้จะยึดติดอยู่กับแกนของแกนกลาง มี 2 ชนิดย่อย คือ แบบความเร็วรอบต่ำ (Low Speed Muller) มีความเร็วรอบ 30-40 รอบต่อนาที และแบบความเร็วรอบสูง (High Speed Muller) มีความเร็วรอบ 60-100 รอบต่อนาที แกนกลางซึ่งหมุนได้รอบตัวอาศัยการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า เช่นเดียวกัน

3. เครื่องผสมทรายชนิดใบเกลียวหมุน ประกอบด้วยเพลาล้อมรอบและมีใบกวนทรายสองสามอันติดอยู่กับเพลาล้อมรอบนี้หมุนรอบแกนแนวราบ ทั้งหมดนี้วางอยู่ในท่อผสมรูปทรงกระบอก ซึ่งติดตั้งไว้สูงกว่าระดับพื้นโรงงานในแนวนอน ทรายที่ผสมเสร็จแล้วจะไหลสู่หีบหล่อได้ทันที เหมาะสำหรับการทำแบบหล่อโดยใช้ตัวประสานเรซิน

4. เครื่องย่อยทรายฟู เป็นเครื่องมือย่อยทรายที่ผสมแล้วจากเครื่องผสมทราย โดยจะมีสายพานและฟันเหล็กช่วยในการย่อยทราย ทำให้ส่วนผสมของทรายคลุกเคล้ากันได้สม่ำเสมอยิ่งขึ้น เครื่องย่อยทรายฟูจะช่วยขี้ทรายให้ฟูแก้ปัญหาการอัดตัวระหว่างเม็ดทรายและส่วนผสม ทำให้ทรายในแบบหล่อไหลตัวได้ดีและมีความหนาแน่นสม่ำเสมอทั่วกันตลอด

เรื่องที่ 4 การสร้างโพรงแบบหล่อ

4.1 วิธีการสร้างโพรงแบบหล่อ (Molding Process) การจะเลือกใช้วิธีการสร้างแบบใดขึ้นอยู่กับ การพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ต้นทุน ค่าใช้จ่าย เวลา ขนาดรูปร่าง จำนวนการผลิต และ คุณภาพของชิ้นงานมี 2 วิธี ได้แก่ การทำด้วยมือ และการทำด้วยเครื่องจักร

1. การสร้างโพรงแบบด้วยมือ การทำโพรงแบบด้วยมือนี้เหมาะสำหรับหล่องานจำนวนน้อย ขึ้น แต่ช่างผู้ทำจะต้องมีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์พอสมควร จึงจะสามารถสร้าง โพรงแบบได้อย่างมีคุณภาพ งาน เครื่องมือที่ควรทราบ
2. การทำสร้างโพรงแบบด้วยเครื่อง เหมาะกับการผลิตจำนวนมาก ใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วย แทนแรงงานคน ส่วนใหญ่ใช้ในระบบอุตสาหกรรม ช่างผู้ทำจะต้องมีความรู้ และคุ้นเคย กับการทำงานด้วยเครื่องจักร

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสร้างโพรงแบบหล่อด้วยมือ

ในการสร้างโพรงแบบหล่อด้วยมือมีเครื่องมือที่ควรทราบใน 11 ชนิด ดังนี้

1. หีบหล่อ (Flasks or Molding Boxes)
2. กระดานรองแบบ (Molding Board)
3. ใบตัดทางเข้า (Gate Cutter)
4. สลักกระสวนรูต้นและรูเท (Spruce Pin)
5. ตะแกรงร่อนทราย (Hand Riddles)
6. เกรียงแต่งผิวและช้อนแต่งแบบ (Trowels and Slick)
7. ไม้ปาดทราย (Strike off Bar)
8. เหล็กกระทุ้งทราย (Hammer)
9. บัวรดน้ำ (Watering Can)
10. หีบลมเป่าผงฝุ่น (Bellow)
11. สกรูดึงถอนกระสวนออกจากแบบ (Draw Spike)

1. หีบหล่อ เป็นกล่องใส่ทรายช่วยห่อหุ้ม ผยุทราย ทำจากไม้ เหล็ก หรืออลูมิเนียม มี 3 ชั้นคือ ชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่าง
2. กระดานรองแบบ เป็นแผ่นกระดานใช้วางรองรับหีบหล่อทั้งหีบบน-ล่างก่อนใส่กระสวนหล่อ
3. ไม้ตัดทางเข้า เป็นแผ่นโลหะงอ ๆ ใช้ในการตัด Ingate เข้าสู่โพรงแบบหล่อ
4. สลักกระสวนรูเส้นและรูเท เป็นไม้กลม ๆ ผิวลาดเอียงลงมา ใช้วางไว้ในหีบหล่อชั้นบนเพื่อใส่ทรายลงไปรอบ ๆ
5. ทรายร้อนทราย ใช้ร้อนทรายขึ้นที่ผสมไว้แล้วเพื่อสร้างทรายผิวหน้าปกคลุมทั้งผิวของกระสวน
6. เกรียงแต่งผิวและซ้อนแต่งแบบ ใช้สำหรับตกแต่งผิวทรายและกระสวนที่เป็นแบบ
7. ไม้ปาดทราย ใช้สำหรับปาดทรายที่ใส่เต็มหลังหีบแล้วให้เรียบเสมอกปากหีบ ทั้งหีบบนและหีบล่าง
8. เหล็กกระทุ้งทราย ใช้กระทุ้งทรายในหีบหล่อเพื่อให้แน่นตามต้องการ โดยใช้ด้านเรียบกระทุ้งวนจากด้านนอกสู่ด้านใน
9. บัวรดน้ำ ใช้สำหรับรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้ทรายในขณะที่เตรียมทรายเพื่อทำแบบหล่อ
10. หีบลมเป่าผงฝุ่น ให้สำหรับเป่าผงทรายหรือผงชนิดอื่น ๆ ภายในโพรงแบบหล่อ
11. สกรูดึงลอนกระสวนออกจากแบบ ใช้ดึงลอนกระสวนออกจากแบบ ก่อนยกหีบออกจากกัน หลังสร้างแอ่งเทเสร็จ

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสร้างโพรงแบบหล่อด้วยเครื่อง

การใช้เครื่องทำแบบหล่อช่วยสร้างโพรงแบบจะช่วยทดแทนแรงงานคนสามารถทำแบบหล่อได้อย่างรวดเร็ว เครื่องทำแบบหล้อมี 4 ชนิด ได้แก่

1. เครื่องทำแบบหล่อชนิดกระแทก (Jolt Molding Machine) ทำงานโดยอาศัยหลักการอัดอากาศ มีลูกสูบยกแท่นที่วางหีบหล่อบรรจุทราย และกระสวน ขึ้นด้านบนและปล่อยให้ตกลงมากระแทกกับฐานเครื่องในจังหวะที่สม่ำเสมอหลาย ๆ ครั้ง แรงกระแทกจะช่วยให้ทรายในแบบหล่อมีความแน่นสม่ำเสมอ
2. เครื่องทำแบบหล่อชนิดอัด (Squeeze Molding Machine) ทำงานโดยอาศัยแรงอัดระหว่างหีบหล่อบรรจุทราย และกระสวนหล่อกับแผ่นอัด ซึ่งวางอยู่บนแท่นโต๊ะของเครื่องเมื่อถูกยกสูงด้วยแรงอัด ทรายก็จะถูกอัดแน่นในหีบหล่อ เหมาะกับงานบาง ๆ ที่ใช้หีบหล่อไม่ลึกมาก
3. เครื่องทำแบบหล่อชนิดกระแทกและอัด (Jolt and Squeeze Molding Machine) เป็นการรวมเครื่องแบบที่ 1 และ 2 ทำให้ทำงานได้กว้างขวาง ปัจจุบันเป็นที่นิยมมาก
4. เครื่องทำแบบหล่อประเภทพ่นทราย (Sand Slinging Machine) ทำงานโดยส่งทรายเข้าหีบหล่อด้วยการพ่น หรือการเหวี่ยงทรายเข้าไปในกระสวน และหีบหล่อโดยใช้ตัวหมุนความเร็วสูง (Impeluler) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 19-22 นิ้ว แบบหล่อจะมีความหนาแน่นของทรายสม่ำเสมอ

4.4 ตัวอย่างการสร้างโพรงแบบหล่อโดยใช้เครื่องทำแบบหล่อชนิดกระแทกและอัด

ตัวอย่างในการการสร้างในบทเรียนออนไลน์นี้มี 6 ขั้นตอน ดังนี้ ซึ่งมีทั้งที่เป็นเอกสารและเป็นวีดิทัศน์ ดังนี้

1. วางแผ่นกระสวน (Match Plate Pattern) ระหว่างหีบบนและหีบล่าง โดยให้ส่วนที่อยู่ในหีบล่างอยู่ข้างบนแล้วนำไปวางบนแท่นโต๊ะของเครื่อง เติมทรายลงไปหีบ
2. เปิดเครื่องให้เขย่า กระแทก จากนั้นเติมทรายให้สูงขึ้นจากขอบหีบพอประมาณ เกลี่ยให้เรียบ นำกระดานรอง (Bottom Board) มาทับบนทราย เปิดเครื่องให้เขย่า กระแทกต่อ เวลาในการกระแทกนั้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของกระสวน ความหนาของหีบ คุณสมบัติของทราย และความสามารถของเครื่อง
3. พลิกหีบทั้ง 2 หีบขึ้น เพื่อทำแบบหีบบน วางรูเท รูลิ้น แล้วเติมทรายลงในแบบหล่อ เกลี่ยให้ข้างบนเรียบ วางแผ่นรองบนทราย เปิดเครื่องให้ยกแท่นโต๊ะขึ้น ไปอัดกับแผ่นอัด
4. แยกหีบบนออกจากหีบล่าง แล้วถอดกระสวนออกจากแบบหล่อ
5. วางไส้แบบลงไป
6. ประคบหีบบนลงบนหีบล่าง รอรับการเทน้ำโลหะต่อไป.

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างข้อสอบหลังเรียน



แบบทดสอบหลังเรียน

คำแนะนำ ให้เลือกตอบข้อที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุด โดยทำเครื่องหมายวงกลมหน้าคำตอบ และ
ทำลงในข้อสอบฉบับนี้ได้เลย

ข้อ 1. ต่อไปนี้เป็นความหมายที่ถูกต้องของการหล่อโลหะ

- ก. การขึ้นรูปโลหะด้วยวิธีเทน้ำหลอมละลายของโลหะเข้าสู่แบบหล่อ
- ข. การหลอมละลายโลหะโดยการควบคุมรูปร่าง
- ค. การฉีดน้ำโลหะเข้าสู่แม่พิมพ์
- ง. การนำโลหะมาแช่ของเหลวที่เย็น

ข้อ 2. การหล่อโลหะมีขั้นตอนการทำงานกี่ขั้นตอน

- ก. 4
- ข. 5
- ค. 6
- ง. 7

ข้อ 3. การเตรียมน้ำโลหะจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- ก. ควบคุมส่วนผสม อุณหภูมิ สิ่งสกปรก
- ข. ควบคุมความชื้น ความเป็นกรด ต่าง และอุณหภูมิ
- ค. ควบคุมปริมาณ ความสะอาด ส่วนผสม
- ง. ควบคุมเวลา ความชื้น ส่วนผสม

ข้อ 4. การเทน้ำโลหะเข้าสู่โพรงแบบหล่อโดยทั่วไปใช้อุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

- ก. 100
- ข. 200
- ค. 400
- ง. 600

ข้อ 5. ข้อใดเป็นการควบคุมกระบวนการแข็งตัวของโลหะ

- ก. ออกแบบระบบทางวิ่ง
- ข. ออกแบบระบบเชื้อเพลิง
- ค. ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ
- ง. ออกแบบส่วนผสม

ข้อ 6. ข้อใดเป็นการตรวจสอบข้อบกพร่องหรือหาความผิดปกติของชิ้นงาน

- ก. ตรวจรอยแตก
- ข. ตรวจฟองอากาศ
- ค. ตรวจวัดความหนา
- ง. ถูกหมดทุกข้อ

ข้อ 7. โพรงหล่อชนิดใดมีต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการทำมากที่สุด

- ก. โพรงหล่อแบบไม่ถาวร
- ข. โพรงหล่อแบบถาวร
- ค. โพรงหล่อแบบกึ่งไม่ถาวร
- ง. โพรงหล่อแบบอุตสาหกรรม

ข้อ 8. วัสดุที่นิยมใช้ทำโพรงหล่อแบบถาวร

- ก. คาร์บอน
- ข. ทองเหลือง
- ค. อลลอยด์
- ง. กราไฟท์

ข้อ 9. ต่อไปนี้เป็นความหมายที่ถูกต้องของโพรงแบบหล่อทราย

- ก. โพรงแบบที่ใช้หล่อโลหะโดยใช้ทรายเป็นวัสดุหลัก
- ข. โพรงแบบที่ใช้หล่อโลหะโดยใช้โลหะเป็นวัสดุหลัก

ค. โพรงแบบที่ใช้หล่อโลหะโดยใช้ทรายเป็นวัสดุทำแบบ

ง. โพรงแบบที่ใช้หล่อโลหะโดยใช้ทรายผสมกับน้ำมันเป็นวัสดุหลัก

ข้อ 10. โพรงแบบหล่อทรายแบ่งออกเป็นกี่ชนิด

ก. 6

ข. 7

ค. 8

ง. 9

ข้อ 11. โพรงแบบหล่อทรายขึ้นที่มี 2 ชนิดต่างกันที่ส่วนผสมในข้อใดระหว่างชนิดที่ 1 : ชนิดที่ 2

ก. ดินเหนียว : เบนโตไนท์

ข. ดินเหนียว : ผงถ่าน

ค. ดินเหนียว : แป้งข้าวโพด

ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 12. ข้อแตกต่างสำคัญระหว่างโพรงแบบทรายขึ้นและโพรงแบบทรายแห้ง ได้แก่

ก. แบบขึ้นไม่ต้องอบความร้อน

ข. แบบแห้งต้องอบความร้อน

ค. แบบขึ้นและแบบแห้งต้องอบความร้อน

ง. คำตอบแรกและคำตอบที่สองถูกทั้งคู่

ข้อ 13. แบบหล่อทรายแห้งจะต้องเผาอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส

ก. 200

ข. 250

ค. 300

ง. 350

ข้อ 14. ข้อใดเป็นข้อดีและข้อเสียของโพรงหล่อแบบทรายขึ้น

- ก. ทำแบบหล่อเสร็จก็เทน้ำโลหะได้เลย/อาจเกิดรูพรุนฟองอากาศ
- ข. เหมาะสำหรับหล่อชิ้นงานขนาดใหญ่/หล่องานซับซ้อนไม่ได้
- ค. ผลิตได้จำนวนมาก/ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูง
- ง. ไม่มีข้อใดถูก

ข้อ 15. ข้อใดเป็นข้อดีและข้อเสียของโพรงหล่อแบบทรายแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทรายขึ้น

- ก. ไม่มีปัญหาเรื่องความชื้น/ไม่ต้องอบแห้ง
- ข. มีความแข็งแรงกว่า/ใช้ต้นทุนสูงกว่า
- ค. กรรมวิธีการสร้างไม่ยุ่งยาก/ใช้ตัวประสานธรรมดา
- ง. ผิวของแบบทนการกัดเซาะของน้ำโลหะ/การสร้างยุ่งยากกว่า

ข้อ 16. โพรงแบบหล่อซิลิเคทมีส่วนผสมอย่างไร

- ก. ทรายหยาบผสมกับดินเหนียว
- ข. ทรายแก้วผสมกับผงถ่านหิน
- ค. ทรายสังเคราะห์ผสมกับแป้งข้าวโพด
- ง. ทรายซิลิกาผสมกับน้ำแก้ว

ข้อ 17. ข้อใดเป็นข้อดีและข้อเสียของโพรงแบบหล่อซิลิเคท

- ก. แบบหล่อแข็งตัวโดยไม่ต้องเผา/แกะงานออกจากแบบหล่อได้ยาก
- ข. ทำง่ายและรวดเร็ว/อาจเกิดปัญหาทรายตกและรูพรุนได้ง่าย
- ค. ประหยัดค่าใช้จ่าย/ใช้ทรายที่ผสมแล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก
- ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 18. โพรงแบบหล่อทรายฟุรานมีลักษณะที่สำคัญได้แก่

- ก. ทรายที่ผสมแล้วต้องทำแบบหล่อทันที
- ข. ใช้ทรายฟุรานเรซิ่นซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ค. ไม่ต้องนำไปเผาหรืออบแห้ง

ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 19. ข้อเสียที่สำคัญประการหนึ่งของการสร้างโรงแบบหล่อทรายฟุราน

ก. เรซิ่นมีราคาแพง

ข. ทรายไหลตัวดีเกินไป

ค. ต้องนำไปอบแห้ง

ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 20. โรงแบบหล่อซีเมนต์หลังจากทำแบบหล่อเสร็จจะต้องทำอย่างไร

ก. นำไปตากแดด

ข. ทิ้งไว้ 24-72 ชั่วโมง

ค. นำไปเคลือบน้ำมันสน

ง. นำไปเป่าลมไล่ความชื้น

ข้อ 21. ข้อเสียประการหนึ่งของโรงแบบหล่อซีเมนต์

ก. ไม่ทนความร้อน

ข. ไม่ทนความชื้น

ค. แตกร้าวง่ายเพราะขาดคุณสมบัติการยุบตัว

ง. แกะชิ้นงานออกจากแบบได้ยาก

ข้อ 22. ต่อไปนี้เป็นข้อเท็จจริงของโรงแบบหล่อวิจิตร

ก. มีกรรมวิธีในการทำที่สะดวกรวดเร็ว

ข. ชิ้นงานที่ได้จำเป็นต้องนำไปตกแต่งเพิ่มเติม

ค. ให้น้ำโลหะที่จะทำชิ้นงานเข้าไปแทนที่พื้นที่ว่างของซีเมนต์

ง. เหมาะกับงานผลิตได้จำนวนน้อยชิ้น

ข้อ 23 จุดเด่นของชิ้นงานที่ได้จากโพรงแบบหล่อวีจิตร

- ก. ขนาดเที่ยงตรง
- ข. ลวดลายคมชัด
- ค. ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นต่ำ
- ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 24. เหตุผลสำคัญที่เรียกว่าโพรงหล่อเปลือกหอย

- ก. ใช้เปลือกหอยเป็นวัสดุช่วยประสาน
- ข. โพรงหล่อมี 2 ชั้นประกบกัน
- ค. โพรงแบบมีรูปร่างภายนอกเหมือนเปลือกหอย
- ง. ไม่มีข้อถูก

ข้อ 25. โพรงหล่อแบบฟูลโมลด์คาสติงเรียกมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า

- ก. โพรงแบบหล่อซีฟิงหาย
- ข. โพรงแบบหล่อโลหะหาย
- ค. โพรงแบบหล่อซีเมนต์หาย
- ง. โพรงแบบหล่อซีเมนต์หาย

ข้อ 26. ต่อไปนี้เป็นข้อเท็จจริงของโพรงแบบหล่อฟูลโมลด์คาสติง

- ก. เหมาะสำหรับงานหล่อรายชิ้น
- ข. ไม่เหมาะกับงานที่มีลวดลายสลับซับซ้อน
- ค. แบบหล่อใช้ได้ครั้งเดียว
- ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 27. เป็นโพรงหล่อที่ใช้กับงานหล่อนอกกลุ่มเหล็ก

- ก. โพรงหล่อแบบพลาสติก
- ข. โพรงแบบหล่อทรายขึ้น
- ค. โพรงแบบหล่อวิจิตร
- ง. โพรงแบบหล่อซิลิเกต

ข้อ 28. ต่อไปนี้เป็นข้อเท็จจริงของโพรงแบบหล่อพลาสติก

- ก. แบบหล่อนำกลับมาใช้ได้อีก
- ข. ใช้เวลาในการทำแบบรวดเร็ว
- ค. การทำแบบหล่อมักใช้จ่ายถูก
- ง. หล่องานบาง ๆ ได้

ข้อ 29. ต่อไปนี้ไม่ใช่คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ (14 ข้อ)

- ก. การไหลตัวที่ดี
- ข. ความแข็งแรงขณะเปียกและขณะแห้ง
- ค. ทนต่อความร้อน
- ง. มีอัตราลมผ่านได้น้อย

ข้อ 30. โดยทั่วไปโพรงแบบหล่อทรายมีส่วนประกอบหลักอยู่กี่ส่วน

- ก. 4
- ข. 5
- ค. 6
- ง. 7

ข้อ 31. เม็ดทรายชนิดใดนำมาทำโพรงแบบหล่อแล้วให้ความแข็งแรงมากที่สุด

- ก. เม็ดกลม
- ข. เม็ดผลึก

ค. เม็ดเหลี่ยม

ง. เม็ดมน

ข้อ 32. ข้อแตกต่างสำคัญระหว่างทรายธรรมชาติและทรายสังเคราะห์ ได้แก่

ก. ทรายสังเคราะห์ได้มาจากกระบวนการในห้องทดลอง

ข. ทรายธรรมชาติไม่มีดินเหนียวผสมอยู่

ค. ทรายสังเคราะห์มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า

ง. ไม่มีข้อใดถูก

ข้อ 33. ทรายซิลิกาพบมากในแถบจังหวัดใด

ก. ชลบุรี

ข. ระยอง

ค. จันทบุรี

ง. ตราด

ข้อ 34 . ทรายสีดำที่นำเข้ามาจากแอฟริการคือทรายอะไร

ก. ทรายโอลิวีน

ข. ทรายเซอร์คอน

ค. ทรายโครไมต์

ง. ทรายหิวเปิด

ข้อ 35. ดินเหนียวชนิดใดใช้เป็นตัวบัพนึ่งเตา

ก. เบนโตไนท์

ข. คาลิโอไนท์

ค. อิลลิต

ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 36. ตัวประสานชนิดใดที่ต้องใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้แข็งตัว

- ก. เรซิน
- ข. ดินเหนียว
- ค. ตัวประสานสังเคราะห์
- ง. น้ำแก้ว

ข้อ 37. การใส่สารเพิ่มอื่น ๆ เข้าไปในทรายหล่อเพื่ออะไร

- ก. เพิ่มความแข็ง
- ข. เพิ่มอัตราการผ่าน
- ค. เพิ่มการทนความร้อน
- ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 38. สารเพิ่มอื่น ๆ สำหรับการทำโพรงแบบหล่อทรายมีกี่ชนิด

- ก. 5
- ข. 8
- ค. 11
- ง. 14

ข้อ 39. สารเพิ่มอื่น ๆ ที่ใส่เข้าไปในโพรงแบบหล่อทราย ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ใด

- ก. ช่วยให้งานหล่อเสร็จเร็วขึ้น
- ข. ทำให้ทรายจับตัวกันดี
- ค. เพิ่มความแข็งแรง
- ง. ช่วยระบายอากาศ

ข้อ 40. น้ำเป็นส่วนผสมของการทำโพรงแบบหล่อทราย หากขาดน้ำจะเป็นอย่างไร

- ก. ทรายหล่อยุบตัวได้ง่าย
- ข. ดินเหนียวไม่ยึดเหนี่ยวกับทราย

- ค. ทราหยหล่ออ่อนตัว
- ง. อากาศไม่สามารถผ่านได้

ข้อ 41. เครื่องเตรียมทราหยหล่อมีกี่ชนิด

- ก. 3
- ข. 4
- ค. 5
- ง. 6

ข้อ 42. จะทำโพรงแบบหล่อทราหยที่ตัวประสานเป็นของเหลวควรใช้เครื่องเตรียมทราหยหล่อแบบใด

- ก. แบบลูกกลิ้งบด
- ข. แบบใบเกลียวหมุน
- ค. แบบใบพาย
- ง. เครื่องย่อยทราหยฟู

ข้อ 43. การสร้างโพรงแบบหล่อด้วยมือ เหมาะกับงานในลักษณะใด (7ข้อ)

- ก. งานในระบบอุตสาหกรรม
- ข. งานที่ไม่ต้องแข่งกับเวลา
- ค. งานที่มีการผลิตจำนวนไม่มาก
- ง. งานที่ต้องการความรวดเร็ว

ข้อ 44. โดยปกติหีบหล่อจะมีกี่ชั้น

- ก. 2
- ข. 3
- ค. 4
- ง. 5

ข้อ 45. บัรตน้ำใช้สำหรับรดน้ำในขั้นตอนใด

- ก. รดในขณะเตรียมทราย
- ข. รดในขณะทำกระสวน
- ค. รดในขณะกำลังเทน้ำโลหะ
- ง. ถูกทุกข้อ

ข้อ 46. เครื่องมือในการสร้างโพรงแบบหล่อ มีกี่ชนิด

- ก. 4
- ข. 5
- ค. 6
- ง. 7

ข้อ 47. เครื่องทำแบบหล่อชนิดกระแทกทำงานโดยอาศัยอะไร

- ก. แรงดูด
- ข. แรงอัด
- ค. แรงดึง
- ง. แรงต้าน

ข้อ 48. ขั้นตอนแรกและขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างโพรงหล่อทรายโดยใช้เครื่องทำแบบหล่อแบบกระแทกและแบบอัด

- ก. เปิดเครื่องเขย่า แยกหีบบนออกจากหีบล่าง
- ข. วางหีบบรรจุทราย วางไส้แบบ
- ค. วางหีบบนแทน ไส้แบบ
- ง. วางแผ่นกระสวน และประกบหีบบนลงบนหีบล่าง

ข้อ 49. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. เครื่องทำโพรงแบบหล่อชนิดกระแทกและอัดกำลังหมดความนิยมเรื่อย ๆ
- ข. เครื่องทำโพรงแบบหล่อชนิดอัดเหมาะกับการที่มีความหนา
- ค. เครื่องทำโพรงแบบหล่อชนิดกระแทก บางครั้งกระแทกจนกระสวนเสียหาย
- ง. เครื่องทำโพรงแบบหล่อชนิดพันทรายส่งทรายเข้าหีบด้วยการเหวี่ยง

ข้อ 50. คุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการเป็นช่างทำโพรงแบบหล่อได้แก่

- ก. มีความรู้และทักษะในการทำงาน
- ข. มีจิตสำนึกเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน
- ค. มีระเบียบวินัยและรู้วิธีบำรุงรักษาเครื่องมือ
- ง. ถูกทุกข้อ



ภาคผนวก ซ

หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ





ที่ ศธ.๐๕๗๕.๐๒/๐๓๓๙

คณะกรรมการอุดมศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เลขที่ ๒ ถนนจันทน์ แขวงทุ่งมหาเมฆ

เขตสาทร กรุงเทพฯ ๑๐๑๒๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

เรื่อง ขอร้องเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

เรียน อาจารย์เสน่ห์ สัพทนนท์

ด้วยนายประนุด พรหมลักษณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชา การจัดการเรียนการสอน
ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสนักศึกษา ๕๐๘๐๓๑๕๑๐๕-๐ กำลังทำ
วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะ

คณะกรรมการอุดมศึกษา เห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีความเชี่ยวชาญ
และมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานงานหล่อโลหะ สามารถตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา
และให้คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอร้องเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ
ด้านเนื้อหาให้กับนายประนุด พรหมลักษณ์ ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน อุพารธรรม)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สำนักงานคณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์ ๐ ๒๒๘๗ ๕๗๔๖

โทรสาร ๐ ๒๒๘๗ ๕๗๔๖



ที่ ศธ.๐๕๓๕.๐๒/๐๕๐

คณะกรรมการอุดมศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

๒ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ

เขตสาทร กรุงเทพฯ ๑๐๑๒๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอ็มฟ้า นาคโต

ด้วยนายประจักษ์ พรหมลักษณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการเรียนการสอน
ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสนักศึกษา ๕๐๘๐๓๑๕๑๐๕-๐ กำลังทำ
วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะ

คณะกรรมการอุดมศึกษาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีความเชี่ยวชาญและมี
ประสบการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล สามารถตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเครื่องมือที่
ใช้วัดและประเมินผล ให้คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอเรียนเชิญ
ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลให้กับ นายประจักษ์ พรหมลักษณ์ ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน อุพารธรรม)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

โทรศัพท์ ๐ ๒๒๔๗ ๕๗๔๖

โทรสาร ๐ ๒๒๔๗ ๕๗๔๖



ที่ ศธ.๐๕๓๕.๐๒/๐๕๒

คณะกรรมการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
๒ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ
เขตสาทร กรุงเทพฯ ๑๐๑๒๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

เรื่อง ขอร้องเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ด้วยนายประนุด พรหมลักษณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชา การจัดการเรียนการสอน
ทางศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสนักศึกษา ๕๐๘๐๓๑๕๑๐๕-๐ กำลังทำ
วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะ

คณะกรรมการอุตสาหกรรมเห็นว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ อุฬาสวรรค์เวช ผู้ช่วย
อธิการบดี และอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้
มีความรู้ความสามารถ มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบทเรียนออนไลน์ สามารถ
ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและให้คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่
ขออนุญาตเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ อุฬาสวรรค์เวช เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์
ให้กับนายประนุด พรหมลักษณ์ ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน อุฬารธรรม)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สำนักงานคณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์ ๐ ๒๒๘๗ ๕๗๔๖

โทรสาร ๐ ๒๒๘๗ ๕๗๔๖

ที่ ศธ ๐๕๗๕.๐๒/๑๕๑



คณะกรรมการอุดมศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

๒ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ

เขตสาทร กรุงเทพฯ ๑๐๑๒๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

เรื่อง ขออนุญาตเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยนายประนุด พรหมลักษณะ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชา การจัดการเรียนการสอน
ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสนักศึกษา ๕๐๘๐๓๑๕๑๐๕-๐ กำลังทำ
วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะ

คณะกรรมการอุดมศึกษาเห็นว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัตรา ศรีสุวรรณ และอาจารย์
ประจำคณะ เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีความเชี่ยวชาญและมี
ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบทเรียนออนไลน์ สามารถตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและให้
คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. สุพัตรา ศรีสุวรรณ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์ให้กับ นายประนุด พรหมลักษณะ ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน อุพารธรรม)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สำนักงานคณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์ ๐ ๒๒๔๗ ๕๗๔๖

โทรสาร ๐ ๒๒๔๗ ๕๗๔๖



ที่ ศบ.๐๕๗๕.๐๒/๐๕๗

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

๒ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ

เขตสาทร กรุงเทพฯ ๑๐๑๒๐

๒๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ด้วยนายประจักษ์ พรหมลักษณ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชา การจัดการเรียนการสอน ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสนักศึกษา ๕๐๘๐๓๑๕๑๐๕-๐ กำลังทำ วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เรื่องวิศวกรรมการผลิตโลหะ

คณะกรรมการอุตสาหกรรมเห็นว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิณญา นาแพงหมื่น ประธาน โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบทเรียนออนไลน์ สามารถตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมและให้คำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิณญา นาแพงหมื่น เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านบทเรียนออนไลน์ให้กับ

นายประจักษ์ พรหมลักษณ์ ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสาน อุพารธรรม)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สำนักงานคณะกรรมการอุตสาหกรรม

โทรศัพท์ ๐ ๒๒๘๗ ๕๗๔๖

โทรสาร ๐ ๒๒๘๗ ๕๗๔๖

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายประณุต พรหมลักษณ์

ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 18 พฤศจิกายน 2500 ที่อยู่ปัจจุบัน 94 หมู่ที่ 4
บ้านยายแยมวัฒนา อ. เกลิมพระเกียรติ จ. บุรีรัมย์

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2523 ปวส. ช่างโลหะ (สาขาช่างหล่อ)
วิทยาลัย เทคโนโลยีและอาชีวศึกษา
วิทยาเขตเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
พ.ศ. 2530 ค.บ. (อุตสาหกรรมศิลป์) วิทยาลัยครูพระนคร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2523 ครูประจำแผนกวิชาช่างโลหะ
วิทยาลัย เทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขต
เทคนิคกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2548-ปัจจุบัน หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

