

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON
MICROSTRUCTURE OF FERROUS



ชลัท อุตถาวรยิ่ง
CHALUT OUYTHAVORNYING

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 43314
จัน, เดือน, ปี..... 26 ส.ค. 2545

b. 11299931
i. 12141161

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคโนโลยีศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ ISBN 974-648-777-9 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON
MICROSTRUCTURE OF FERROUS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN EDUCATIONAL TECHNOLOGY
IN VOCATIONAL AND TECHNICAL EDUCATION
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002

ISBN 974 – 648 – 777 – 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาค
ของโลหะ

นักศึกษา

นายชลัท อุยถาวรยิ่ง

รหัสประจำตัว

40064460

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา

พ.ศ.

2545

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. สุพิทย์ กาญจนพันธุ์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร. สุรสิทธิ์ ราษฎร์

ดร. ผดุงชัย ภูพัฒน์

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ทุกแผนกวิชาของวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จำนวน 200 คน และกลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีการจับฉลาก จำนวน 40 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 20 คนและกลุ่มที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ 80/80 หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ t-test แบบ Dependent

ผลการวิจัย พบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ

81.12/82.83

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous
Student	Mr. Chalut Ouythavornying
Student ID.	40064460
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Educational Technology in Vocational and Technical Education
Year	2002
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Supit Karnjanapun
Thesis Co-Advisor	Dr. Surasit Ratre Dr. Phadungchai Pupat

ABSTRACT

This research was aimed to seek efficiency of Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous and compare the study results between the one before using computer Assisted Instruction and those offered after using such instruction.

The samples population were the first year students at professional certificate level of Minburi Technical College total of 200 students. The sample size has been picked up by random with an amount of 40 persons. Among which were divided into 2 groups, with 20 members of each group.

The first group will revolve around seeking efficiency of Computer Assisted Instruction while the second one will deal with comparing study results between the before and after using of Computer Assisted Instruction.

The tools using in this research comprise of Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous, an evaluation test on study results, data analysis through seeking efficiency of such instruction according to the standard of 80/80, seeking mean and standards deviation as well as testing for differences between the points gamed before and after using such instruction.

The findings were as follows:

1. The Computer Assisted Instruction has gained more than the standard being set as 81.12/82.83
2. It is evident that the study results of adopting Computer Assisted Instruction has a statistical significance at .05, compared to that of not using such instruction.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 หลักสูตรวิชาวัสดุช่าง.....	8
2.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวงการศึกษา.....	11
2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	12
2.4 กระบวนการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	16
2.5 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	17
2.6 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	19
2.7 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	22
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	26
3.3 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	39
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	43
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	46
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	46
5.2 อภิปรายผล.....	49
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	51
บรรณานุกรม.....	53
ภาคผนวก.....	56
ภาคผนวก ก. โครงสร้างหลักสูตรวิชาวัสดุช่าง.....	57
ภาคผนวก ข. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	61
ภาคผนวก ค. เนื้อหาบทเรียน.....	71
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	99
ภาคผนวก จ. หนังสือราชการ.....	112
ภาคผนวก ฉ. รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านสื่อการสอน.....	122
ภาคผนวก ช. แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน.....	125
ภาคผนวก ซ. แบบประเมินสื่อการเรียนการสอน.....	144
ภาคผนวก ฅ. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน.....	151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก. ผลการประเมินสื่อการเรียนการสอนของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	162
ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	166
ภาคผนวก ก. คะแนนจากการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	169
ภาคผนวก ข. คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	171
ประวัติผู้เขียน.....	175



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1.....	30
3.2 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2.....	31
3.3 โครงสร้างวิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคโลหะ.....	33
3.4 แสดงจำนวนข้อสอบที่มีความเหมาะสม วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคโลหะ.....	35
3.5 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	37
4.1 แสดงจำนวนกรอบที่ใช้นำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคโลหะ.....	43
4.2 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองเป็นกลุ่มใหญ่.....	44
4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน.....	45
ข 1 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเนื้อหาบทเรียน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ.....	62
ข 2 แสดงการวิเคราะห์น้ำหนักจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาบทเรียน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ.....	65
ข 3 แสดงการวิเคราะห์จำนวนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาบทเรียน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ.....	68
ญ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาวิชา.....	163
ญ 2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	164
ฎ 1 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	167
ฎ 1 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยการทดลองเป็นกลุ่มใหญ่.....	170
ฐ 1 แสดงคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน.....	172
ฐ 2 แสดงผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากโปรแกรม SPSS ในการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ 2.....	174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงภารกิจในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	16
3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิทย์ กาญจนพันธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัฉรา สืบสินธุ์สกุลไชย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ฤทธิเกิด และ ดร.ฉันทนา โหมดมณี คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้พิจารณาความถูกต้องทางด้านเนื้อหาวิชา ด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่ได้ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของเครื่องมือ เพื่อการปรับปรุงให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรีให้อนุเคราะห์ในการทดลองใช้เครื่องมือในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุธีร์ กิจฉวี และคุณเบญจพร ลัทธิเดช ที่ช่วยเหลือในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ พี่น้อง ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนทุนทรัพย์ในการทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในนี้ ที่ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ทั้งหมดที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่ และครู-อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

ชลัท อุดถาวรยิ่ง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การอาชีวศึกษา อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับทุกคนเพราะทุกคนจำเป็นต้องประกอบอาชีพเลี้ยงตัวเอง ซึ่งการอาชีวศึกษาโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับพื้นฐานทางเศรษฐกิจ และความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย ดังนั้นการเตรียมบุคลากรเข้าสู่อาชีพ ก็คือ การจัดอาชีวศึกษาในด้านต่าง ๆ เพื่อที่จะให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ เกิดทักษะ มองเห็นกระบวนการเรียนรู้ในสายวิชาชีพได้อย่างสมบูรณ์ต่อไป (กรมอาชีวศึกษา . 2533 : 2)

ปัญหาที่มักพบเห็นจากการเรียนการสอนในสายอาชีพนั้น ผู้สอนจะมีความลำบากในการนำเสนอเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้มองเห็นภาพหรือได้ตอบกับเนื้อหาส่วนนั้นอย่างทันที อีกทั้งเมื่อผู้เรียนต้องการย้อนเนื้อหาเพื่อทำความเข้าใจใหม่ก็จะเป็นเรื่องที่ยาก จึงจำเป็นต้องสร้างสื่อการเรียนการสอนที่สอดคล้องและผสมผสานเทคโนโลยี ตลอดจนรองรับต่อปัญหาดังกล่าวข้างต้น

การสร้างสื่อการสอนเพื่อปรับรูปแบบของการสอนให้สอดคล้องกับเทคโนโลยี รวมทั้งจัดให้ดี ออกแบบและพัฒนาอย่างมีระบบ สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ทางด้านทักษะพิสัยเช่นเดียวกับที่ครูสอน สื่อการสอนต่าง ๆ ที่นำมาใช้ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อการสอนประเภทคอมพิวเตอร์สามารถนำมาใช้ช่วยในการสอนได้ หากออกแบบให้มีเนื้อหาที่เหมาะสม จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนช่วยสร้างความสนใจของนักเรียนได้มาก (อำพล สงวนศิริธรรม . 2538 : 38)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer - Assisted Instruction) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า CAI ซึ่งมีความหมายตามบัญญัติศัพท์ของราชบัณฑิตยฯ ว่า "การสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วย" แต่เนื่องจากนิยมใช้คำว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน" อย่างทั่วไป (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 3) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ (2538 : 12) กล่าวไว้ว่า "เนื่องจากได้มีการขยายตัวในเรื่องการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้น ประกอบกับราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์ลดลงทำให้ผู้เรียนมีไว้ใช้เองที่บ้านได้ และสถาบันการศึกษานานาชาติและขนาดเล็กมีกำลังพอที่จะหาเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ใช้ในสถานศึกษาได้"

การเสนอเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นการสอนโดยตรงไปยังผู้เรียนผ่านทางจอภาพหรือแป้นพิมพ์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม โดยการพิมพ์ข้อความหรือได้ตอบเพื่อตอบคำถามกับคอมพิวเตอร์ บางครั้งผู้ออกแบบโปรแกรมได้สร้างเสียงขึ้นมา เพื่อเป็นการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นให้เกิดสิ่งเร้าในการเรียน แม้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะถูกสร้างขึ้นมาให้มีเสียงพูดเหมือนกับมนุษย์ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในส่วนของค่าใช้จ่ายอยู่ (สุธิดา สุวรรณธาดา . 2538 : 2)

จะเห็นได้ว่าการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้งานด้านการเรียนการสอน หรือวิธีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยสอน ก็คือแทนที่ครูจะเป็นผู้สอนเนื้อหาเรื่องราวต่าง ๆ กับผู้เรียนโดยตรง และเป็นผู้ลงมือสอนตามระบบการสอนตามปกติทั่วไป ครูก็จะนำบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้จัดสร้างเอาไว้เป็นอย่างดีแล้วป้อนเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 8) คอมพิวเตอร์จะนำเสนอเรื่องราวต่าง ๆ กับผู้เรียนโดยตรงและเป็นการเรียนแบบที่มี ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ (กฤษมันต์ วัฒนานรงค์. 2536 : 136)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ซึ่งรายวิชาวัสดุช่าง (21000006) ก็เป็นอีกรายวิชาหนึ่งที่ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรนี้เป็นรายวิชาพื้นฐานที่กำหนดให้ช่างอุตสาหกรรมทุกสาขาต้องเรียนอีกด้วย ในการเรียนการสอนวิชาวัสดุช่าง ผู้สอนส่วนใหญ่จะประสบปัญหาที่สำคัญคล้าย ๆ กัน คือ

1. เวลาการเรียนมีจำกัด (2 คาบ เรียน 100 นาที) เมื่อเกิดความไม่เข้าใจระหว่างเรียน ผู้เรียนมีโอกาที่จะซักถามน้อยมากไม่สามารถเกิดการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง เพราะอาจทำให้ผู้อื่นเสียเวลาไปกับตัวเองด้วย

2. จำนวนนักเรียนมีมาก การถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้เรียนโดยการสอนแบบบรรยายจะกระทำให้ทุกคนได้รับความรู้ ที่เท่าเทียมกันจึงเป็นเรื่องที่เข้าใจได้ยาก

3. เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตโลหะของประเทศไทย มีการขยายตัวและมีการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ตำราเรียน และสื่อการสอน ไม่มีการพัฒนาให้ก้าวทันต่อเทคโนโลยีดังกล่าวมากนัก

4. ในระหว่างการเรียนการสอนเรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ การมองเห็นลักษณะและทิศทางการวางตัวของเฟส (Phase) ที่ลักษณะต่าง ๆ ได้ไม่ชัดเจนมากนัก จึงก่อให้เกิดการเข้าใจผิดพลาดและสับสนในเรื่องของโครงสร้างจุลภาคของโลหะมาตลอด

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้เกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหา โดยเห็นสมควรที่จะมีการสร้างสื่อการเรียนการสอนที่สามารถเป็นสื่อที่ทำให้มองเห็น และเกิดความเข้าใจรายละเอียดโครงสร้างจุลภาคของโลหะได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ (Microstructure of Ferrous) ที่เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาวิชาวัสดุช่าง (21000006) หน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ซึ่งมีเนื้อหาที่ต้องใช้เวลามาก ทำให้ผู้เรียนเกิดการเข้าใจและการเรียนรู้ค่อนข้างช้า ไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ของการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถนำเสนอได้ทั้งเรื่องราวและรูปภาพ โครงสร้างจุลภาคของโลหะได้อย่างชัดเจน ตลอดจนข้อมูลบางอย่างก็หาได้จากทางอินเทอร์เน็ต (Internet) ซึ่งเนื้อหาค่อนข้างละเอียดและได้มาตรฐาน อีกทั้งมีขั้นตอนในการดำเนินงานต่าง ๆ ในบทเรียน พร้อมทั้งเทคนิคการนำเสนอเป็นตัวกระตุ้นที่น่าสนใจ ยังสามารถประเมินผลการเรียน ได้ทันทีหลังจากผู้เรียนศึกษาจบบทเรียนแล้ว เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนวิชานี้มีความน่าสนใจ และมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น หากมองอีกด้านหนึ่งยังเป็นการช่วยพัฒนาการศึกษาและวงการ อุตสาหกรรมของไทย ให้มีความเจริญรุดหน้าต่อไปในอนาคตให้ทัดเทียมกับอารยประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตร วิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษา ธิการ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (80/80)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา วัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1. เทคโนโลยีการออกแบบการสอน

ผู้วิจัยอาศัยแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ มาเป็นพื้นฐานในการค้นคว้าและพัฒนา อาทิ เทคโนโลยีการออกแบบการสอน (Instructional Design) โดย เจอโรลด์ เคมพ์ กล่าวว่า เทคโนโลยีการสอน หมายถึง การออกแบบการสอนอย่างมีระบบ ซึ่งอาศัยความรู้ ความเข้าใจของ กระบวนการเรียนรู้ โดยการรวมองค์ประกอบและตัวแปรต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อนำไปสู่การ ตัดสินใจในการออกแบบการสอนนั้น ๆ แล้วจึงทำการทดสอบและแก้ไขปรับปรุงจนใช้ได้ผลดี ซึ่ง เป็นการนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ (Jerrold Kemp : 1985) โดยใน กระบวนการออกแบบการสอนจะต้องประกอบด้วยหลักพื้นฐานสำคัญ 4 ประการ คือ

1.1 ผู้เรียน (Learners) หมายถึง การพิจารณาลักษณะของผู้เรียน เพื่อการออกแบบการสอนที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ (Objectives) หมายถึง การตั้งวัตถุประสงค์ไว้อย่างชัดเจนว่า ต้องการให้ผู้เรียนรู้สิ่งใดบ้าง

1.3 วิธีการและกิจกรรม (Methods and Activities) หมายถึง การระบุวิธีการและ กิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด

1.4 การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การกำหนดวิธีการประเมินผล เพื่อ ตอบสนองว่าการเรียนรู้นั้นประสบผลตามที่ได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้หรือไม่

2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยยึดขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจาก กระบวนการของ Robert Gagne ซึ่งมีทั้งหมด 9 ขั้นตอน (สุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2535 : 42-48) ดัดแปลง เหลือ 8 ขั้นตอน คือ

2.1 ได้รับความสนใจ (Gain Attention) เพื่อเป็นการกระตุ้นความสนใจแก่ผู้เรียน

2.2 บอกจุดประสงค์ (Specify Objectives) เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จุดประสงค์ ล่วงหน้าก่อนเรียนในบทเรียนคอมพิวเตอร์

2.3 การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) หมายถึง การนำเสนอ เนื้อหา การเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์

2.4 การชี้แนวทางในการเรียนรู้ (Guide Learning) เพื่อให้ผู้เรียนได้ประมวล ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นความรู้ใหม่

2.5 กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Response) เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

2.6 ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) เป็นการสร้างความสนใจแก่ผู้เรียน

2.7 มีการทดสอบความรู้ (Assess Performance) เพื่อเป็นการประเมินผลของการเรียนรู้

2.8 การจำและการนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) เป็นการสรุปประเด็นสำคัญในตอนท้าย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนและสามารถนำความรู้ใหม่ไปใช้ได้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ (ส่งเสริม ไซยสุนทร. 2540 : 15) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

2. เนื้อหาวิชาที่นำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีดังนี้

2.1 โลหะที่เป็นเหล็ก

2.2 ธรรมชาติของโลหะ

2.3 ผลการเปลี่ยนแปลงเกรนภายในโครงสร้าง

2.4 ประวัติการศึกษาโครงสร้างจุลภาค

2.5 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย

3. ตัวแปรที่จะศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น (อิสระ) คือ วิธีการสอนในวิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

3.2 ตัวแปรตาม

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
- ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4. ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวัสดุช่าง (21000006) จำนวน 200 คน ปีการศึกษา 2544

5. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวัสดุช่าง (21000006) โดยการสุ่มตัวอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีจับฉลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน รวม 40 คน ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 เพื่อใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 20 คน
- กลุ่มที่ 2 เพื่อใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 คน

6. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) สร้างขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Authoring ซึ่งจะใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ รุ่น Pentium 100 ขึ้นไป ขนาดของหน่วยความจำหลัก (Ram) ไม่น้อยกว่า 8 เมกกะไบต์ พร้อมระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.11 หรือวินโดวส์ 95, 98 ความละเอียดของจอภาพ 256 สีขึ้นไป พร้อมเมาส์

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึงความแตกต่างทางด้านเพศ เศรษฐกิจ และสังคมของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษา
2. นักเรียนที่สอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ต้องผ่านการเรียนคอมพิวเตอร์เบื้องต้นมาแล้ว

1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนรายบุคคล วิชา วัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ (Microstructure of Ferrous) โดยมีโปรแกรมการสอนภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าตามสภาพการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล
2. วิธีสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การสอนโดยตรงไปยังผู้เรียนผ่านทางจอภาพหรือเป็นพิมพ์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม โดยการพิมพ์ข้อความหรือโต้ตอบเพื่อตอบคำถามกับคอมพิวเตอร์ เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ เป็นเวลา 100 นาที
3. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง คุณภาพของบทเรียนซึ่งวัดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80 ตัวแรก หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนหน่วยย่อย ซึ่งคำนวณมาจากค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่นักศึกษาตอบถูกต้อง จากการทำแบบฝึกหัดหลังบทเรียนแต่ละบทโดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด ซึ่งคำนวณมาจากค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่นักศึกษาตอบถูกต้อง จากแบบทดสอบรวมหลังจบบทเรียนทั้งหมดโดยคิดเป็นร้อยละ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการทดสอบหลังการเรียนของวิธีสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่แสดงออกมาชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

- 2.1 หลักสูตรวิชาวัสดุช่าง (รหัสวิชา 21000006)
- 2.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวงการศึกษา
- 2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 กระบวนการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.5 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.6 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.7 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรวิชาวัสดุช่าง รหัสวิชา (21000006)

จากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการกำหนดให้นักศึกษาประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรมทุกแผนกวิชาช่าง ต้องเรียนในวิชาวัสดุช่างเป็นวิชาบังคับ โดยมีหน่วยกิตการเรียน 2 หน่วยกิต ซึ่งในเนื้อหาต้องศึกษาคุณลักษณะ ชนิด มาตรฐาน กรรมวิธีการผลิต การใช้งาน กัดกร่อนและการป้องกันของวัสดุต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วยโลหะ อโลหะ โลหะผสม โครงสร้างจุลภาคของโลหะ อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม วัสดุเชื่อมเหล็กและสารหล่อลื่น วัสดุไฟฟ้า วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุก่อสร้าง วัสดุสังเคราะห์ การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจคุณลักษณะและการนำวัสดุไปใช้ในงานอุตสาหกรรม ในการศึกษาวิชาวัสดุช่าง ใช้ระยะเวลา 16 สัปดาห์ ๆ ละ 2 คาบเรียน (100 นาที) ประกอบด้วย 12 หน่วยเรียน (ส่งเสริม ไชยสุนทร. 2540 : 15) ดังนี้

หน่วยเรียน ร.	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ		หมายเหตุ
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
1	บทนำวัสดุช่าง	2	-	
2	กรรมวิธีการผลิตโลหะ	2	-	
3	โครงสร้างจุลภาคของโลหะ	2	-	
4	อลโลหะ	4	-	
5	อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะ	2	-	
6	วัสดุเชื่อมเหล็ก	4	-	
7	วัสดุในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	4	-	
8	วัสดุในงานก่อสร้าง	2	-	
9	วัสดุสังเคราะห์	2	-	
10	วัสดุหล่อลื่น	2	-	
11	วัสดุสารหล่อเย็น	2	-	
12	การกัดกร่อนและการป้องกันการกัดกร่อน	4	-	

โดยเนื้อหาหน่วยเรียนที่ 3 เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ จะนำมาทำบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีหัวข้อดังนี้

1.1 โลหะที่เป็นเหล็ก

ก. เหล็กกล้า แบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน

- เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)
- เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel)
- เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)

ข. เหล็กกล้า แบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน

- เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (Hypo Eutectoid Steel)
- เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ (Hyper Eutectoid Steel)

1.2 ธรรมชาติของโลหะ

- ก. ยูนิทเซลล์แบบ BCC (Body centered cubic)
- ข. ยูนิทเซลล์แบบ FCC (Face centered cubic)
- ค. ยูนิทเซลล์แบบหกเหลี่ยมปิด (HCP : Hexagonal - close - packed)

1.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงเกรนภายในโครงสร้าง

- ก. โครงสร้างผลึกของโลหะ (Crystal structure)
- ข. ขนาดของเกรน (Grain size)

1.4 ประวัติการศึกษาโครงสร้างจุลภาค

- ก. การศึกษาโครงสร้างจุลภาค

1.5 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย

- ก. เฟอไรต์
- ข. เฟอไรต์และเฟิร์ลไลต์
- ค. เฟิร์ลไลต์
- ง. ซีเมนไทต์ หรือ ไอออนคาร์บอน
- จ. ซีเมนไทต์ก้อนกลม
- ฉ. มาร์เทนไซต์
- ช. เบนไนต์แบบเข็ม
- ซ. เบนไนต์แบบขนนก
- ฅ. ออสเทนไนต์
- ญ. ซอร์ไบต์
- ฎ. ทรูสไทต์
- ฏ. เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS_3
- ฐ. เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS_4

2.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการศึกษา

วงการศึกษามีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นครั้งแรกในระยะปลายทศวรรษที่ 1950 ซึ่งในขณะนั้นมหาวิทยาลัยขนาดใหญ่หลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานด้านบริหาร เช่น ด้านการบัญชีและการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน ขณะเดียวกันก็มีผู้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานเกี่ยวกับการวิจัยการเรียนการสอน การวิจัยทางด้านนี้เรื่องหนึ่ง ได้แก่ โครงการเพลโต (Plato) ที่มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ซึ่งเริ่มในปี ค.ศ.1960 โดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน การใช้คอมพิวเตอร์ในวงการศึกษาก็ได้มีการคิดค้นปรับปรุงเรื่อยมา จนกระทั่งในต้นทศวรรษที่ 1970 โครงการเพลโตจึงได้นำ Plato IV ซึ่งเป็น Time-shared Instructional System มาใช้ โดยเป็นระบบการใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกัน โดยมีศูนย์กลางใหญ่เก็บข้อมูลไว้และมีสาขา (Terminals) แยกออกมากมายเพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนใช้ การใช้คอมพิวเตอร์นอกจากเพลโตแล้วยังมีการใช้ในระบบต่าง ๆ เช่น IBM และ TICCIT ซึ่งแพร่หลายขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็ว ในกลางทศวรรษที่ 1970 ได้มีบริษัทคอมพิวเตอร์ 3 บริษัทพยายามคิดค้นประดิษฐ์เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขึ้นและประสบผลสำเร็จ

ในปี ค.ศ.1977 นับเป็นการนำไปสู่การปฏิวัติในการใช้เครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ในวงการศึกษาศถาบันการศึกษาในระดับโรงเรียนทั้งระดับประถม ระดับมัธยม และมหาวิทยาลัย ก็ได้มีการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้กันอย่างกว้างขวาง (Alessi and Trollip, 1985 : 47-50)

คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้ได้ในงานทุกประเภท เช่น ในวงการธุรกิจ การแพทย์และอุตสาหกรรม เป็นต้น สำหรับในวงการศึกษานั้นนับว่าเพิ่งเริ่มมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เมื่อไม่นานมานี้เอง เมื่อมีการประดิษฐ์เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้งาน เนื่องจากเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กและราคาไม่สูงเกินไปนักที่สถาบันการศึกษาต่าง ๆ จะซื้อมาใช้ได้ การนำคอมพิวเตอร์ซึ่งนับว่าเป็นนวัตกรรมอย่างหนึ่งมาใช้ในวงการศึกษานั้น สามารถใช้ได้ทั้งในด้านการบริหารและใช้ในด้านการศึกษาที่เรียกว่า "Computer - Based Instruction : CBI" คือ การใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการสอน เพื่อให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรมบทเรียน CBI แบ่งออกเป็นคอมพิวเตอร์จัดการสอน (CM) และคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.1 คอมพิวเตอร์และพัฒนาการของคอมพิวเตอร์

กิดานันท์ มลิทอง (2531 : 110) ได้ให้คำจำกัดความว่า คอมพิวเตอร์ (Computer) เป็นเครื่องจักรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้งานแทนมนุษย์ในด้านการคิดคำนวณ และสามารถจำข้อมูลทั้งตัวเลขและตัวอักษรได้เพื่อเรียกใช้งานครั้งต่อไป

นารี วงศ์โรจน์กุล (2531 : 33) ได้ให้คำจำกัดความว่า คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องจักรที่ทำงานโดยอัตโนมัติ ทำการรับและจำข้อมูลและคำสั่งต่าง ๆ ได้ เพื่อการประเมินผลด้วยความรวดเร็วแล้วให้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้องและเที่ยงตรง โดยมีคุณสมบัติสำคัญคือ

1. ทำงานโดยอัตโนมัติ คือ ประมวลผลทั้งหมดภายในคำสั่งครั้งเดียว
2. สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

(จิตติมา ทัดเทียมมรรณ อ่างโดย สายทิพย์ ชลธาร, 2531 : 2) กล่าวว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีลักษณะคล้ายกับบทเรียนสำเร็จรูป (Programmed Instruction) คือ มีลักษณะเป็นข้อความในกรอบแล้วมีคำถามท้ายกรอบ ผู้เรียนตอบคำถามท้ายกรอบ โดยการกดแป้นตัวอักษร คอมพิวเตอร์มีหน้าที่ตรวจและวิเคราะห์คำตอบ ผู้เรียนจะเรียนรู้เป็นขั้น ๆ จนมีความเข้าใจในเรื่องดีแล้วจึงเรียนเรื่องต่อไปและสามารถขจัดปัญหาที่ผู้เรียนแอบดูคำตอบที่ถูกต้องก่อนที่จะตอบคำถามในบทเรียนได้

ปัจจุบันมีการใช้คำย่อของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในภาษาอังกฤษหลายคำ (เกรียงศักดิ์ พูนประสิทธิ์, 2538 : 1)

CAE	=	Computer Administered Education
CAI	=	Computer Assisted Instruction
CAT	=	Computer Aided Teaching
CAL	=	Computer Assisted Learning

คำที่นิยมใช้กันมากเห็นจะได้แก่ CAI = Computer Assisted Instruction และ

CAL = Computer Assisted Learning

ทักษิณา สนวนานนท์ (2530 : 206) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด การวัดผล โดยเรียนจากบทเรียนสำเร็จที่ได้จัดทำไว้เป็นพิเศษสำหรับการสอนวิชานั้น ๆ มีการทดสอบความรู้ ตรวจคำตอบ แล้วชมเชยถ้าทำถูกหรือตำหนิเมื่อทำผิด หรืออาจส่งให้กลับไปศึกษาบทเรียนเก่าอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีน ภูววรรณ (2531 : 3) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ ที่ได้นำเนื้อหาวิชา และลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ได้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบ มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคน

กิดานันท์ มลิทอง (2531 : 168) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง คอมพิวเตอร์ เป็นสื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะทำให้การเรียนการสอนมีการโต้ตอบกันได้ ในระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และนอกจากนี้ คอมพิวเตอร์ยังมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ในทันที ซึ่งเป็นการเสริมแรงให้แก่ผู้เรียน

ชินษฐา ชานนท์ (2532 : 7-13) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนโดยที่เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัดและการทดสอบจะถูกพัฒนาในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มักถูกเรียกว่า Ware Course ซึ่งผู้เรียนจะเรียนจากคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะสามารถเสนอเนื้อหาวิชา ซึ่งอาจจะเป็นทั้งในรูปแบบตัวหนังสือและภาพกราฟฟิก สามารถถามคำถาม รับคำตอบจากผู้เรียน ตรวจคำตอบและแสดงผลการเรียนในรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้แก่ผู้เรียน

3. บทเรียนต้องมีลักษณะเป็นหน่วยย่อย ๆ ที่มีโครงสร้างต่อเนื่องกันไปเป็นเรื่องราว มีรูปแบบที่เป็นระเบียบ

4. ทักษะต่าง ๆ ที่ต้องการให้ผู้เรียนบรรลุ จะต้องตั้งเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ความละเอียดของบทเรียน จะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการกำหนดจุดประสงค์เฉพาะที่ผู้เรียนสามารถบรรลุ และประเมินความก้าวหน้าได้

5. ความก้าวหน้าในการเรียน สามารถวัดได้ในรูปของการบรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

6. ยุทธศาสตร์สำหรับวินิจฉัยการตอบสนองของผู้เรียน การวางเงื่อนไขและการแนะนำในบทเรียนต้องนำมาใช้อย่างเหมาะสม

7. การตอบสนองในบทเรียนควรมีรูปแบบที่หลากหลาย

8. ข้อมูลป้อนกลับต้องจัดให้เหมาะสมและหลากหลาย

9. บทเรียนต้องออกแบบให้เกิดปฏิสัมพันธ์ ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้เรียนให้มากที่สุด

อาจกล่าวสรุปโดยรวมได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หมายถึง การที่ผู้สอนนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสอน โดยให้เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด โดยต้องการให้ผู้เรียนเกิด

ทักษะการเรียนรู้ อีกทั้งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาอย่างมีระบบในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนนั้นมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับคอมพิวเตอร์ทันที

2.3.2 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ได้มีผู้แบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้แตกต่างกันซึ่งประมวลได้ดังต่อไปนี้ (วีระไทยพานิช. 2537 : 12-14), (บุรณะ สมชัย. 2538 : 28-32), (ถนอมพร ตันพิพัฒน์. 2539 : 4), (คมกริช ทองนาค. 2540 : 10-11) และ (สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535 : 40)

1. ประเภทการสอนเนื้อหา (Tutorial) เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาสอนเนื้อหา แทนครูในบางตอนเป็นการเรียนรายบุคคล ผู้เรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และทบทวนบทเรียนด้วยตนเองได้ โดยเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อย ๆ ผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหาที่มีคำถามแทรกอยู่เป็นระยะ ๆ โดยผู้เรียนจะเรียนและตอบคำถามไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

2. ประเภทฝึกทักษะและทำแบบฝึกหัด (Drill and Practice) เป็นบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดจนสามารถเข้าใจเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ได้ เสนอเรื่องราวในลักษณะการฝึกซ้ำ ๆ คอมพิวเตอร์จะปรับเรื่องราวระดับการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการเสนอเนื้อหาให้เหมาะสมกับคำตอบของนักเรียน

3. ประเภทแบบทดสอบ (Test) เป็นการทดสอบความรู้และความสามารถของผู้เรียน โดยคอมพิวเตอร์จะจัดข้อสอบให้และทำการประมวลผลให้ทราบทันที เช่น การทดสอบพื้นฐานความรู้ การทดสอบ I.Q. โดยคอมพิวเตอร์ประเภทนี้ค้ำเนื่องถึงหลักการต่าง ๆ ต่อไปนี้

- การจัดสร้างข้อสอบ
- การจัดกาสอบ
- การตรวจให้คะแนน
- การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ
- การสร้างคลังข้อสอบและการจัดให้ผู้สอบสุ่มเลือกข้อสอบเอง

4. ประเภทเกม (Game) เป็นการเรียนรู้จากการเล่น เป็นสิ่งช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียน จึงได้รับความรู้ ทักษะ และสนุกสนานไปในตัว เกมการเรียนการสอน มี 2 ประเภท

- เกมการแข่งขัน เป็นเกมที่มองแต่ชัยชนะ สอนให้เป็นตัวของตัวเอง ทำให้อยากจะประสบความสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เกมการร่วมมือ เป็นการแก้ปัญหาของกลุ่ม สอนการทำงานเป็นกลุ่ม เช่น เกมที่ต้องช่วยเหลือซึ่งกัน ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถพิเศษแตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายร่วมกัน คือ ช่วยให้ทุกคนอยู่รอด

5. ประเภทสถานการณ์จำลอง (Simulation) บทเรียนทางคอมพิวเตอร์เป็นการนำเสนอบทเรียนในรูปของการจำลองแบบ โดยการจำลองสถานการณ์ที่เหมือนจริงขึ้นและบังคับให้ผู้เรียนตัดสินใจปัญหาในตัวบทเรียนจะมีคำแนะนำ เพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้เรียน และแสดงผลพร้อมในการตัดสินใจนั้น ๆ

6. ประเภทแก้ปัญหา (Problem - Solving) เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้รู้จักคิด รู้จักการตัดสินใจโดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้และให้ผู้เรียนเรียนตามเกณฑ์นั้น โปรแกรมการแก้ปัญหานี้ แบ่งได้ 2 ชนิด

- โปรแกรมที่ผู้เรียนเขียนเอง จะกำหนดปัญหาและเขียนโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหานั้น โดยคอมพิวเตอร์จะช่วยในการคิดคำนวณและหาคำตอบที่ถูกต้องให้

- โปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้ว เพื่อช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหา คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้จัดการกับปัญหาเหล่านั้น

7. ประเภทสาธิต (Demonstration) การสอนแบบนี้ครูจะเป็นผู้แสดงให้นักเรียนดู เช่น แสดงขั้นตอนเกี่ยวกับทฤษฎีหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การสาธิตด้วยคอมพิวเตอร์มีความคล้ายคลึงกับการสาธิตทั่วไปแต่มีความน่าสนใจเนื่องจากการสาธิตด้วยคอมพิวเตอร์จะให้เส้นกราฟที่สวยงาม ตลอดจนสามารถมีสีและเสียงประกอบได้อีกด้วย

8. ประเภทเจรจา (Dialogue) เป็นลักษณะพูดคุยได้ ได้ตอบได้ ใช้ในการเรียนด้านภาษาหรือกับนักเรียนระดับอนุบาลหรือประถมศึกษาตอนต้น เป็นต้น

9. ประเภทการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ (Investigation) เป็นการจัดสถานการณ์ขึ้นแล้วให้นักเรียนค้นหาข้อเท็จจริง เช่น ผสมพยัญชนะหรือคำศัพท์ โดยคอมพิวเตอร์จะบอกความหมาย คำตรงกันข้าม คำใกล้เคียง เป็นต้น

10. ประเภทผู้เรียนควบคุมการเรียน (Learner Control) คอมพิวเตอร์นำเสนอรายการที่จะเรียนต่อผู้เรียนว่ามีอะไรเรียนบ้างและกลวิธีการเรียน ผู้เรียนจะเลือกจุดมุ่งหมายและกลวิธีการเรียนตามที่ต้องการ คอมพิวเตอร์จะเสนอเรื่องเนื้อหาที่เป็นไปตามกลวิธีที่ผู้เรียนเลือก

11. ประเภทสอบสวนสืบสวน (Inquiry) ผู้สอนจะรวบรวมเนื้อหาเขียนโปรแกรม (Software) ขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ผู้เรียนจะตั้งปัญหาหาหนทางหรือวิธีแก้ปัญหา (Problem Solving) บ้อนคำถามเข้าคอมพิวเตอร์ก็จะให้คำตอบ การเรียนจะดำเนินไปเช่นนี้จนกว่า ผู้เรียนจะสามารถแก้ปัญหาหรือเข้าใจปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นั้นเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยภารกิจหลัก 4 ประการ คือ (กฤษมันต์ วัฒนานรงค์, 2538 : 74-75)

1. การออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design)
2. ความเชี่ยวชาญในเนื้อหา (Content Expertise)
3. การเขียนโปรแกรม (Programming)
4. การออกแบบกราฟฟิค (Graphic Artist)

ภารกิจทั้งสี่นี้ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออก และในทางปฏิบัติผู้เขียนบทเรียน CAI ควรจะมีคุณสมบัติทั้งสามนี้อยู่ในตัว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 2.1 แสดงภารกิจในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. การออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design) มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนา CAI เนื่องจากบทเรียน CAI นั้นแตกต่างไปจากสื่อบทเรียนสื่อดั้งเดิม เช่น ตำราหรือบทเรียนสำเร็จรูป ชุดการสอน และการสอนในห้องเรียนตามปกติ ดังนั้น การออกแบบการเรียนการสอนย่อมต้องแตกต่างกันด้วย

2. ความเชี่ยวชาญในเนื้อหา (Content Expertise) มีความสำคัญทั้งในด้านความถูกต้องและความลึกซึ้งในเนื้อหาของบทเรียน และช่วยให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จัดความสัมพันธ์ของเนื้อหาตัวอย่าง คำอธิบาย หรือกลเม็ดต่าง ๆ ในการเรียนการสอน ถ้าผู้พัฒนาขาดความเชี่ยวชาญในเนื้อหา จะไม่สามารถทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการหนึ่งเพื่อแก้ปัญหา คือถ้าผู้พัฒนาโปรแกรมไม่มีความรู้ในเนื้อหานั้น ๆ ก็ต้อง

เชิญผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหา นั้น ๆ เข้ามาร่วมด้วย การร่วมดังกล่าวนี้จะต้องทำอย่างต่อเนื่องและอย่างลึกซึ้ง วิธีปฏิบัติดังกล่าวใช้กันอยู่ในการพัฒนา CAI เพื่อการค้าของบริษัทต่าง ๆ ในขณะนี้

3. การเขียนโปรแกรม (Programming) เป็นภาระกิจท้ายสุดของกระบวนการพัฒนา CAI การเขียนโปรแกรมนั้น ขณะนี้จะมีลักษณะการปฏิบัติอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1.1 เขียนบทเรียนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language)

1.2 ใช้โปรแกรมช่วยเขียนบทเรียน (Authoring Program) การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์นั้น ผู้เขียนต้องมีความรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม ต้องใช้เวลานาน และบางครั้งก็ไม่สามารถเขียนโปรแกรมให้สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ ตรงกันข้ามกับการใช้โปรแกรมช่วยเขียนบทเรียน เพราะโปรแกรดังกล่าวผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องภาษาคอมพิวเตอร์เลย จึงทำให้ใช้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งมีความสามารถสูงอีกด้วย การเกิดขึ้นของโปรแกรมช่วยเขียนบทเรียน (Authoring Program) นี้ได้เปลี่ยนโฉมหน้าของการพัฒนา CAI ไปโดยสิ้นเชิง กล่าวคือ ในอดีตผู้ที่พัฒนา CAI ได้ ก็คือ ผู้ที่รู้จักภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีอยู่ไม่มาก ในจำนวนนี้มีน้อยคนที่จะมีความเชี่ยวชาญ ทั้งในด้านเนื้อหาและการออกแบบการเรียนการสอน หลังจากมีโปรแกรมช่วยเขียนบทเรียน จึงทำให้ผู้มีความรู้ทางด้าน การออกแบบการเรียนการสอนและเนื้อหา เช่น ครูหรือนักการศึกษาต่าง ๆ มีโอกาสสร้าง CAI ได้อย่างไม่ยาก

ประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญในการพัฒนา CAI จึงไม่ได้อยู่ที่การเขียนโปรแกรมอีกต่อไป แต่จะไปเน้นหนักที่การออกแบบการเรียนการสอน เพื่อที่จะให้ CAI มีประสิทธิภาพสูงสุด

4. การออกแบบกราฟฟิค (Graphic Artist) การออกแบบกราฟฟิคเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในอันที่จะทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนน่าสนใจ และผู้เรียนเกิดความอยากที่จะเรียนด้วย

2.5 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นกระบวนการที่เป็นระบบที่สมบูรณ์เป็นภาระที่สำคัญที่ต้องการความรอบคอบ และจิตสำนึกของวิธีการระบบ โดยที่ผู้เรียนต้องพึงระลึกไว้เสมอว่า บทเรียนทางไมโครคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้น จะทำการสอนโดยไม่มีครู-อาจารย์ปรากฏต่อหน้าผู้เรียน ไม่มีกรกำกับกับการเรียน ไม่มีใครกำกับให้สนใจเรียนหรือจดงาน นอกจากบทเรียนที่ได้มีการวางแผนการสร้างไว้อย่างดีแล้ว (สุกรี รอดโพธิ์ทอง , 2535 : 50-56) มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดหัวข้อ หรือวิชาที่จะสร้างบทเรียนสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ให้เหมาะสม ควรเลือกในหัวข้อที่ยังขาดอยู่หรือไม่มีความขาดในตลาด สามารถลดภาระการสอนได้จริงและช่วยให้

ผู้เรียนมีความรู้มากขึ้น มีจำนวนผู้เรียนพอที่จะใช้บทเรียน สามารถสร้างเสร็จตามกำหนดเวลา คຸ່ມกับการลงทุน

2. สร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) เพื่อค้นหาหัวข้อที่ควรจะมีอยู่ในบทเรียน โดยการเขียนหัวข้อที่เกี่ยวข้องให้ได้มากที่สุด เป็นการรวมกันของสมาชิกภายในกลุ่ม ควรมีการปรับปรุงตลอดและเน้นที่ให้มีเนื้อหาครบในวิชานั้น ๆ

3. วิเคราะห์เขตของหัวข้อเรื่องที่สัมพันธ์ (Concept Chart) เพื่อวางขอบเขตของเนื้อหาที่มีในบทเรียน

4. สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา เป็นการวางลำดับการเรียนรู้ของเนื้อหา

5. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหัวข้อ และหัวข้อย่อยอย่างชัดเจน

6. สร้างแผนภูมิการนำเสนอ (Flow Chart) เสนอลำดับขั้นตอนในการเรียนของบทเรียนในแต่ละหัวข้อ

7. รวบรวมเนื้อหาตามลำดับที่ได้กำหนดไว้ในแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา

8. เรียบเรียงเขียนกรอบตามลำดับ โดยสอดแทรกเนื้อหาให้สอดคล้อง ซึ่งแผนภูมิการนำเสนอเป็นการเขียนที่เข้าใจง่ายและกะทัดรัด โดยทั่ว ๆ ไปในแต่ละหน่วยย่อยของเนื้อหาประกอบด้วยกรอบข้อความ 4 ชนิด คือ

8.1 กรอบหลัก (Set Frame) เป็นกรอบที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในเรื่องราวต่าง ๆ

8.2 กรอบแบบฝึกหัด (Practice Frame) เป็นกรอบที่ทำให้ผู้เรียนได้ทำการฝึกหัด

โดยข้อมูลได้จากกรอบหลัก

8.3 กรอบส่งท้าย (Terminal Frame) เป็นกรอบทดสอบที่ผู้เรียนต้องนำเอาความรู้ที่ได้เรียนรู้จากกรอบหลักมาใช้

8.4 กรอบรองส่งท้าย (Sub Terminal Frame) เป็นกรอบต่อจากกรอบส่งท้าย เป็นข้อมูลที่ต้อแกไขความเข้าใจผิด หรือการตอบจากกรอบส่งท้าย เป็นการเสริมความเข้าใจ ซึ่งอาจจะมีก็ได้หรือไม่มีก็ได้

9. ทำการออกแบบทดสอบตามจำนวนข้อให้เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ แล้วให้กลุ่มผู้ที่มีความรู้ด้านการออกแบบทดสอบทำ เพื่อหาประสิทธิภาพของข้อสอบที่ออก แล้วจึงนำกรอบและแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาตรวจสอบความถูกต้อง

10. นำกรอบเนื้อหาไปทดลองให้กลุ่มตัวอย่างอ่าน เพื่อความถูกต้อง เป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการสื่อความหมายแล้วปรับปรุงให้ชัดเจน

11. เลือกโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถทำงานตามที่เราต้องการนำเสนอได้โดยต้องมีคำสั่งในการใช้งานให้เลือกมากพอต่อการนำเสนอและสามารถใช้งานได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ทำการสร้างโปรแกรมตามเนื้อหาที่ได้วางไว้ลงในคอมพิวเตอร์ และปรับปรุงในแต่ละบทเรียน
13. นำบทเรียนที่สร้างเสร็จแล้วไปตรวจสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาและด้านการสร้างสื่อผสมทางคอมพิวเตอร์ตรวจสอบประเมินผลคุณภาพและนำมาแก้ไข
14. ทำการหาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจริงทำการปรับปรุงและนำผลมากำหนดวิธีการหาประสิทธิภาพจริงต่อไป
15. ทำการทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย
16. จัดทำคู่มือการใช้และนำเผยแพร่ต่อไป โดยมีการติดตามผลเพื่อนำผลมาปรับปรุงต่อไป

2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บุญชม ศรีสะอาด (2537 : 123-124) ได้สรุปข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระ กำหนดไปตามอัตราการเรียนรู้อัตน ผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้อาจเร็ว ก็ไม่ต้องรอคนอื่นด้วยความเบื่อหน่าย จำค่าญ ส่วนผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้อาจช้าก็ไม่ประสบปัญหาตามบทเรียนไม่ทัน ไม่วิตกต่อความรู้สึกของคนอื่น ๆ จึงมีความสบายใจในการเรียน
2. ผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียนได้ตามที่ต้องการไม่จำเป็นต้องกำหนดเวลาตายตัว
3. ในบทเรียนที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจะสามารถเลือกบทเรียนที่มีความเหมาะสมกับความต้องการหรือสอดคล้องกับระดับความสามารถของตน คอมพิวเตอร์จะจดจำคำตอบของผู้เรียนให้คะแนนคำตอบ แล้วจัดให้ได้เรียนบทเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนคนนั้น
4. ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับ (Feedback) ทันทีเพื่อเป็นการย้ำความเข้าใจและการเรียนรู้
5. สามารถใช้เทคนิคที่ดึงดูดความสนใจได้หลาย ๆ เทคนิคอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะใช้เทคนิคเดียวหรือหลายเทคนิคพร้อมกัน เช่น การแสดงด้วยกราฟฟิก (Graphics) ดนตรี การใช้สี การใช้ภาพเคลื่อนไหว การใช้เสียง และการพูดตอบโต้กับผู้เรียน เป็นต้น
6. สามารถกระทำกิจกรรมที่ซับซ้อน จำลองสถานการณ์ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทดลองกับข้อมูลหลายชนิด หลายแบบ แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ คำนวณได้อย่างแม่นยำ จึงช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางและลุ่มลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เหมาะสำหรับการสอนทักษะ ที่เป็นงานเสี่ยงอันตรายในระยะสั้น ๆ ของการฝึกทักษะ นั้น เช่น การควบคุมการจราจร การขับเครื่องบิน เป็นต้น

8. เหมาะสมที่สุดสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตจริง เช่น สภาวะไร้ น้ำหนัก ความเฉื่อย เหตุการณ์ในประวัติศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้การจำลองสถานการณ์

9. คอมพิวเตอร์เสนอบทเรียนโดยปราศจากอารมณ์ ไม่มีความเหน็ดเหนื่อยและไม่แสดง ออาการเบื่อหน่าย

เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพดีเยี่ยม จึงควรเกิดจากการความร่วมมือกันระหว่างบุคลากร 3 ฝ่าย คือ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา นักออกแบบการสอน และ นักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับความรู้ใน เนื้อหาวิชาและความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้เรียน นักออกแบบการสอนจะมีบทบาทสำคัญ เกี่ยวกับการวางแผนการสอนอย่างมีระบบ และการใช้หลักของการเรียนรู้ในระหว่างที่มีกระบวนการสอน ส่วนนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะอธิบายถึงสมรรถภาพของคอมพิวเตอร์ว่าจะทำอะไรได้บ้าง รวมทั้งเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามที่คุณทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และนักออกแบบ การสอนได้วางแผนเอาไว้ กรณีที่จะทำการสร้างบทเรียนโดยบุคคลคนเดียวไม่ได้ทำเป็นกลุ่มคณะ ผู้สร้างบทเรียนจะต้องดำเนินบทบาททั้งสามด้านดังกล่าว จึงจะช่วยให้สามารถสร้างโปรแกรม คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการสอนได้

กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ (2538 : 138-139) ได้รวบรวมข้อจำกัดของการออกแบบ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. การออกแบบโปรแกรม เป็นงานที่ใช้เวลาและความสามารถ ครูผู้รู้เนื้อหาวิชาอาจไม่สามารถสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ด้วยตนเอง และการพึ่งพานักเขียนโปรแกรม คอมพิวเตอร์ยังต้องพบกับอุปสรรคและข้อจำกัดอยู่

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไม่สามารถสอนบางเนื้อหาในลำดับสูง ๆ ของพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ได้ ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับเจตพิสัย (Affective Domain) และ ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) ซึ่งมีข้อจำกัดมากขึ้น

3. เมื่อเวลาผ่านไปผู้เรียนจะเริ่มเคยชินกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ความกระตือรือร้น และแรงจูงใจที่เคยมีมากกลับลดลง และอาจส่งผลให้ผู้เรียนไม่ยากที่จะเรียนกับบทเรียน คอมพิวเตอร์อีกต่อไป

4. บทเรียนคอมพิวเตอร์ไม่ส่งเสริมพัฒนาการทางสังคม เพราะผู้เรียนจะใช้เวลาและ ทักษะของการโต้ตอบกับเครื่องคอมพิวเตอร์มากกว่าผู้สอนหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียนเดียวกัน

5. ผู้เรียนบางประเภทโดยเฉพาะในกลุ่มใหญ่ที่ไม่ชอบที่จะเรียนตามลำดับขั้นหรือเป็นไปตามขั้นตอนของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนส่วนมากมีหลักการในการออกแบบเป็นขั้นตอน ซึ่งเป็นการบังคับแผนการเรียนกับผู้เรียน

6. ถึงแม้ว่าราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์จะลดลง แต่สิ่งแวดล้อมในการเรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ห้องเรียน สถานที่ และฐานข้อมูลต่าง ๆ ยังมีราคาสูง และจำกัดอยู่ในเฉพาะเขตตัวเมืองที่มีสภาพเศรษฐกิจที่เจริญแล้ว ไม่สามารถใช้ได้กับท้องที่ในชนบทห่างไกล ความเจริญที่ปัจจัยพื้นฐานของสาธารณูปโภคยังไม่มีดี เช่น ไฟฟ้า สายโทรศัพท์ เป็นต้น

7. ในประเทศไทยความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ของบุคลากรทางด้านการศึกษา ตลอดจนโปรแกรมที่สร้างงานคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังขาดแคลน การพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ มุ่งไปที่ธุรกิจมากกว่าการศึกษา จะสังเกตได้จากตลาดที่วางขายโปรแกรมผลิตภัณฑ์ จะมีคอมพิวเตอร์ช่วยสอนน้อยเมื่อเทียบกับโปรแกรมผลิตภัณฑ์ทางด้านธุรกิจ

8. ผู้เรียนและผู้สอนในบางกลุ่มคาดหวังว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะให้ประสิทธิภาพการเรียนการสอนสูง โดยคาดหวังไว้มากจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงทุนไป แต่ผลกลับคืนที่ได้รับอาจน้อยกว่าที่คาดหวังและธรรมชาติของการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาใช้ประกอบด้วยปัจจัยอื่น ๆ ในการ ลงทุนร่วมด้วยอีกมาก ถ้าคิดคำนวณการลงทุนเริ่มต้นก็จะทำให้สัดส่วนของการลงทุนกับผลที่ได้รับไม่เป็นที่พอใจของผู้ที่ต้องจ่ายเงินลงทุนกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

9. โปรแกรมที่ออกแบบใช้เพื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ส่วนมากไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ น้อยมากที่จะมีนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำให้บทเรียนส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยมากจะถูกจำกัดความคิดให้อยู่ในกรอบที่ผู้สร้างโปรแกรมได้ทำได้

10. ปัญหาทางด้านเทคนิคของเรื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบการเรียน ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผลิตมาจากแหล่งต่างกัน มักมีคุณภาพที่ไม่เท่าเทียมกัน และความรู้ของผู้ใช้ยังไม่ทันกับความเปลี่ยนแปลงกลไกตลาด ทำให้ผู้ใช้ได้สินค้าด้วยคุณภาพ ทั้ง ๆ ที่จ่ายไปในราคาคุณภาพ นอกจากนี้โปรแกรมที่ออกวางขายและอุปกรณ์ประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ยังมีอยู่หลายมาตรฐานหลายรูปแบบ ซึ่งบางครั้งไม่สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ ทำให้ขาดทิศทางที่ชัดเจนในการพัฒนาโปรแกรมที่จะใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ของค่ายผู้ผลิตที่มีอยู่หลากหลาย

2.7 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนจะนำไปใช้ในการสอน ควรนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้ (Try Out) ตามขั้นตอนที่กำหนด หลังจากปรับปรุงแก้ไขให้ได้มาตรฐานเสียก่อน เพื่อจะได้ทราบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณภาพเพียงใด มีสิ่งใดบกพร่องอยู่ โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ใช้จริง (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2527 : 7) (เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. 2528 : 52)

2.7.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึงระดับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ในระดับที่ผู้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพึงพอใจว่าหากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ ถึงแม้จะนั้นแล้วแสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน

การที่จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น กระทำโดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือพฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และ E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พอใจ โดยกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้ จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั้น คือ E_1 / E_2 หรือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ / ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1 / E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ ความจำ มักตั้งไว้ที่ 80/80 , 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติอาจตั้งไว้ 70/70 , 75/75 (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2527 : 55)

การกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมนิยมกำหนดเป็น 80/80 สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ ความจำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ± 2.5 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520 : 40)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการยอมรับ 80/80 และมีระดับความผิดพลาดไว้ร้อยละ ± 2.5 โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพตั้งแต่ 82.5/82.5
2. เท่าเกณฑ์ เมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 77.5/77.5
เกณฑ์ประสิทธิภาพคิดจาก

80 ตัวแรก หมายถึง ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนทั้งหมด
ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัด

80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนตอบ
ถูกต้องของแต่ละข้อจากการทำแบบสอบถามหลังเรียน

2.7.2 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตร E_1 / E_2 ซึ่ง
 E_1 เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (ชัยยงค์ พรหม
วงศ์ และคณะ. 2521:122)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \quad \left(\text{หรือ} \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \right) \quad E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100 \quad \left(\text{หรือ} \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \right)$$

เมื่อ E_1 = แทนประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียน คิดเป็นร้อยละ
จากการตอบคำถามในทุกรอบ (แบบฝึกหัด) ของบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนได้ถูกต้อง

E_2 = แทนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบ
หลังเรียนได้ถูกต้อง

$\sum X$ = แทนคะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้รับจากการทำแบบฝึกหัด

$\sum F$ = แทนคะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบ
หลังเรียน

N = แทนจำนวนนักเรียนทั้งหมด

A = แทนคะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

B = แทนคะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2.7.3 ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เมื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว จะต้องนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ขั้นตอน ดังนี้คือ (สุพิทย์ กาญจนพันธุ์, 2540 : 4)

1. ทดสอบภาคสนามเบื้องต้นแบบต่อเนื่อง โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 3 คน โดยคัดเลือกจากผู้เรียน ที่กล้าวิจารณ์และแสดงความคิดเห็นซึ่งมีระดับผลการเรียนสูง ปานกลางและต่ำระดับละ 1 คน เพื่อสำรวจว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมกับผู้เรียน และมีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อจะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2. ทดสอบภาคสนามครั้งใหญ่ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่แก้ไขแล้วจากการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ต่อไปทดลองกับนักเรียน โดยเลือกกระดับผลการเรียนสูง ปานกลางและต่ำ ระดับละ 2 คน รวมเป็น 6 คน หลังจากนั้นนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

3. ทดสอบเชิงปฏิบัติการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ทดสอบกับกลุ่มเล็กเมื่อปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย และนำผลที่ได้ไปตรวจสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วีระพงษ์ แสงชูโต (2532 : 76-77) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมี นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนซ่อมเสริมโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการสอนปกติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ธีระ ไสภณจิตต์ (2534 : 40-41) ทำการสร้างบทเรียนช่วยสอน เพื่อสอนวิชาเขียนแบบเครื่องกล หลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 93.03/81.02 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนของนักศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อดิเทพ ไขเพชร (2534 : 32) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพโปรแกรมเรียนด้วยตนเอง ภาษาแอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองกับนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส. ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ

จำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนโปรแกรมเรียนด้วยตนเองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.32/79.92 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2536 : 162) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สอนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประกายวรรณ มณีแจ่ม (2536 : 79-80) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นรายบุคคล กลุ่มย่อย และตามคู่มือครูของ สสวท. ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นรายบุคคลกับกลุ่มย่อยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นรายบุคคลกับเรียนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ไม่เป็นไปตามสมมติฐานแต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นกลุ่มย่อยกับเรียนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

Liu, His. Chiu. (1975 : 1411-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์ โดยการจัดตั้งโครงการขึ้นเพื่อพัฒนาความต่อเนื่องของบทเรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสอนวิชาความรู้เบื้องต้น โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 111 ผลการวิจัยพบว่า ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นด้วยวิธีการปฏิบัติและทบทวนบทเรียนได้ ทำให้เกิดความมั่นใจในวิชาที่อ่อนโดยปรับปรุงวิธีการเรียน ผู้เรียนสามารถสร้างความสำเร็จด้วยตนเองและทำให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนจากคอมพิวเตอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งโปรแกรมที่สร้างขึ้นสร้างได้ตรงกับจุดมุ่งหมาย

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษาค้นคว้าพบว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำบทเรียนในวิชาต่าง ๆ ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะทำให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจึงต้องนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้าง
คุณภาพของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษา
ธิการ ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ทุกแผนกวิชาที่กำลังเรียนหรือผ่านการเรียนในวิชา
วัสดุช่าง ปีการศึกษา 2544 จำนวนประมาณ 200 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
(ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ทุกแผนกวิชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย
(Simple Random Sampling) โดยวิธีการจับฉลาก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 เพื่อใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 20 คน

กลุ่มที่ 2 เพื่อใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างคุณภาพของโลหะ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียนและหลังเรียน)

วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างคุณภาพของโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้าง จุลภาคของโลหะ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ เป็นเครื่องมือที่ใช้นำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียน การดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 1.2 ศึกษาโปรแกรม Authoring ที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 1.3 ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 ของกรมอาชีวศึกษา ถึงจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข หน้าที่ 61)
- 1.4 ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาวัสดุช่าง (2100-0006) เฉพาะเรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
- 1.5 วิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน
- 1.6 นำเนื้อหาที่วิเคราะห์ไปหาอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมทำการตรวจสอบและนำมาปรับปรุงแก้ไข
- 1.7 นำเนื้อหาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาทำการประเมินตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข หน้า 144)
- 1.8 เขียนสคริปต์บทเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1.9 นำสคริปต์ไปสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 1.10 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ทำการตรวจสอบและนำมาแก้ไขปรับปรุง
- 1.11 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อทำการประเมินตรวจสอบ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข หน้าที่ 144)
- 1.12 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ดังนี้
 - ทดลองครั้งที่ 1 กับนักเรียนจำนวน 3 คน ที่เคยเรียนวิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

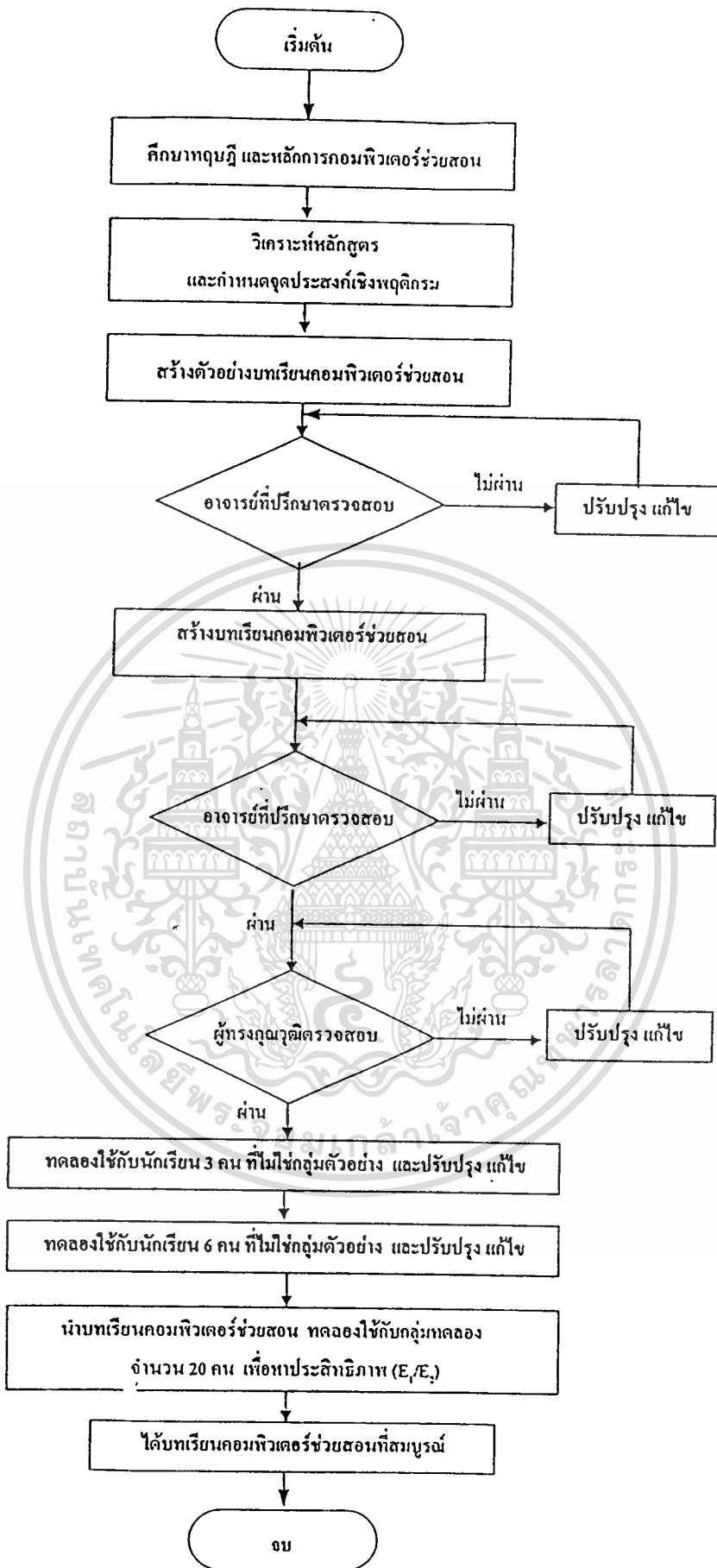
- ทดลองครั้งที่ 2 กับนักเรียนจำนวน 6 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มทดลองครั้งที่ 1 และไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

- ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อนำผลไปหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อไป

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

ผลการทดลองครั้งที่ 1

นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมินบุรี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 3 คน เพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียน เช่น ความชัดเจนของภาษา คำสั่งต่าง ๆ โดยสังเกตจากการถามและพฤติกรรมของผู้เรียน ผลการทดลองใช้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1

รายการ	คะแนนระหว่างเรียน	คะแนนหลังเรียน	หมายเหตุ
คะแนนเต็ม	40.00	30.00	$\sum X = 79, N = 3, A = 40$
คะแนนที่ได้คนที่ 1	19.00	18.00	$\sum F = 70, N = 3, B = 30$
คะแนนที่ได้คนที่ 2	25.00	24.00	
คะแนนที่ได้คนที่ 3	35.00	28.00	
ประสิทธิภาพ	$E_1 = 65.83$	$E_2 = 77.77$	$\sum X/N = 26.33,$ $\sum F/N = 23.33$

จากตารางที่ 3.1 พบว่าคะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยเท่ากับ $(\sum X/N) 26.37$ คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 65.83 และคะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทดสอบหลังการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ $(\sum X/N) 23.33$ คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 77.77 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้กับการทดลองเป็นแบบรายบุคคลมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80

โดยผลจากการสังเกตพฤติกรรมและการสอบถามเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและคำสั่งต่าง ๆ พบว่า นักเรียนไม่สามารถควบคุมการดำเนินเรื่องของบทเรียนได้ และขนาดของตัวอักษรยังเล็กเกินไป ผู้วิจัยจึงปรับปรุงข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังนี้

1. เพิ่มปุ่ม NEXT และ BACK ที่ชัดเจนเพื่อให้ผู้เรียนได้ควบคุมบทเรียน ทบทวนบทเรียน
2. เพิ่มขนาดตัวอักษรที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการทดลองครั้งที่ 2

นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่แก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรีที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยและไม่ใช่นักทดลอง 3 คนที่ผ่านมา โดยคัดเลือกมาอีกจำนวน 6 คน โดยสังเกตจากการถามและพฤติกรรมของผู้เรียนได้ผลการทดลองตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2

รายการ	คะแนนระหว่างเรียน	คะแนนหลังเรียน	หมายเหตุ
คะแนนเต็ม	40.00	30.00	$\sum X = 193$, $N = 6$, $A = 40$
คะแนนที่ได้คนที่ 1	27.00	17.00	$\sum F = 149$, $N = 6$, $B = 30$
คะแนนที่ได้คนที่ 2	26.00	22.00	
คะแนนที่ได้คนที่ 3	34.00	25.00	
คะแนนที่ได้คนที่ 4	35.00	27.00	
คะแนนที่ได้คนที่ 5	36.00	29.00	
คะแนนที่ได้คนที่ 6	35.00	29.00	
ประสิทธิภาพ	$E_1 = 80.41$	$E_2 = 82.77$	$\sum X/N = 32.16$, $\sum F/N = 24.83$

จากตารางที่ 3.2 พบว่าคะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ย ($\sum X/N$) เท่ากับ 32.16 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 80.41 และคะแนนรวมนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทดสอบหลังการเรียนเฉลี่ย ($\sum F/N$) เท่ากับ 24.83 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) 82.77 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบกลุ่มย่อยมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 แต่ผลจากการสังเกตพฤติกรรมและการสอบถามเกี่ยวกับภาษา รูปแบบของจอภาพ เสียงประกอบและเสียงบรรยาย พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะภาษาอังกฤษ ขนาดของจอภาพที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไป เสียงประกอบยังไม่เข้าใจผู้เรียนเท่าที่ควร ข้อความที่บรรยายสั้นเกินไป ทำให้ผู้เรียนขาดความสนใจ โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปรับข้อความที่เป็นภาษาอังกฤษในบางส่วนให้เป็นภาษาไทย เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจกับบทเรียนได้ดีขึ้น

2. ปรับจอภาพการนำเสนอให้ใหญ่ขึ้น

3. ปรับเสียงประกอบให้มีจังหวะที่เร่งเร้าให้มากขึ้น

จึงนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปนำเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม จึงได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ต่อไป

3.2.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบที่ไม่อยู่ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาและกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน
2. กำหนดน้ำหนักคะแนนของเนื้อหาแต่ละเนื้อหา เพื่อนำไปสร้างแบบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังตารางที่ 3.3

3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ จำนวน 30 ข้อ และออกเกินไว้ 30 ข้อ ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รวมเป็นแบบทดสอบจำนวน 60 ข้อ

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และขอคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาวิชาตรวจสอบหาความตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข หน้า 125) เพื่อให้แน่ใจว่าวัดตรงกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้ ซึ่งเมื่อสมบูรณ์แล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุง โดยใช้เทคนิคของ Rovinelli และ Hambleton (บุญชม ศรีสะอาด 2535 : 60-62)

6. นำผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ข้อที่มีค่าเฉลี่ย 3.51-5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่ามีความเหมาะสมในการใช้ และผลการตรวจสอบได้ข้อที่มีความเหมาะสมทั้งหมด 46 ข้อ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ดังตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 โครงสร้างวิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ	ออกเกิน
1. โลหะที่เป็นเหล็ก				
1.1 เหล็กกล้าแบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน	1.1.1 อธิบายประเภทของเหล็กกล้าที่แบ่งตามลักษณะของส่วนผสมของคาร์บอนได้	20	6	6
	1.1.2 บอกถึงคุณลักษณะส่วนผสมของคาร์บอนในเหล็กได้			
1.2 เหล็กกล้าแบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน	1.2.1 อธิบายประเภทของเหล็กกล้าที่แบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอนได้			
	1.2.2 บอกถึงคุณลักษณะส่วนประกอบของโครงสร้างในเหล็กได้			
2. ธรรมชาติของโลหะ				
2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC	2.1.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ BCC ได้	25	7	7
2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC	2.2.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ FCC ได้			
2.3 ยูนิเซลล์แบบ HCP	2.3.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ HCP ได้			
3. ผลการเปลี่ยนแปลงเกรนภายใต้โครงสร้าง				
3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ	3.1.1 บอกลักษณะผลึกของโลหะได้	15	5	5
3.2 ขนาดของเกรน	3.2.1 บอกขนาดของเกรนได้			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ	ออกเกิน
4. ประวัติการศึกษาโครงสร้างโลหะ				
4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค	4.1.1 อธิบายความหมายและประวัติความเป็นมาของการศึกษาโครงสร้างจุลภาคได้	15	5	5
	4.1.2 บอกถึงความสำคัญของโครงสร้างโลหะได้			
5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย				
5.1 เฟอไรต์	5.1.1 อธิบายลักษณะเด่นของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิดได้	25	7	7
5.2 เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์				
5.3 เพิร์ลไลต์	5.1.2 อธิบายโครงสร้างจุลภาคของแต่ละชนิดได้			
5.4 ซีเมนไทต์หรือไอออนคาร์บอน				
5.5 ซีเมนไทต์ก่อนกลม				
5.6 มาร์เทนไซต์				
5.7 เบนไนต์แบบเข็ม				
5.8 เบนไนต์แบบขนนก				
5.9 ออสเทนไนต์				
5.10 ซอร์ไบต์				
5.11 ทรูสไทต์				
5.12 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS ₃				
5.13 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS ₄				
รวม		100	30	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนข้อสอบที่มีความเหมาะสม วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาค
ของโลหะ

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนัก	จำนวน ข้อสอบ ที่ออก	จำนวน ข้อสอบ ที่มีความ เหมาะสม	ข้อสอบ ที่เลือกใช้
1. โลหะที่เป็นเหล็ก					
1.1 เหล็กกล้าแบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน	1.1.1 อธิบายประเภทของเหล็กกล้าที่แบ่งตามลักษณะของส่วนผสมของคาร์บอนได้	20	12	8	6
	1.1.2 บอกถึงคุณลักษณะส่วนผสมของคาร์บอนในเหล็กได้				
1.2 เหล็กกล้าแบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน	1.2.1 อธิบายประเภทของเหล็กกล้าที่แบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอนได้				
	1.2.2 บอกถึงคุณลักษณะส่วนประกอบของโครงสร้างในเหล็กได้				
2. ธรรมชาติของโลหะ					
2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC	2.1.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ BCC ได้	25	14	13	7
2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC	2.2.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ FCC ได้				
2.3 ยูนิเซลล์แบบ HCP	2.3.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ HCP ได้				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่มีความเหมาะสม	ข้อสอบที่เลือกใช้
3. ผลการเปลี่ยนแปลง เกรนใต้โครงสร้าง					
3.1 โครงสร้างผลึก ของโลหะ	3.1.1 บอกลักษณะผลึกของโลหะได้	15	10	7	5
3.2 ขนาดของเกรน	3.2.1 บอกขนาดของเกรนได้				
4. ประวัติการศึกษา โครงสร้างโลหะ					
4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค	4.1.1 อธิบายความหมายและประวัติความเป็นมาของการศึกษาโครงสร้างจุลภาคได้	15	10	6	5
	4.1.2 บอกถึงความสำคัญของโครงสร้างโลหะได้				
5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย					
5.1 เฟอไรต์	5.1.1 อธิบายลักษณะเด่นของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิดได้	25	14	12	7
5.2 เฟอไรต์และเฟิร์ลไลต์					
5.3 เฟิร์ลไลต์	5.1.2 อธิบายโครงสร้างจุลภาคของแต่ละชนิดได้				
5.4 ซีเมนไทต์หรือไฮออนคาร์บอน					
5.5 ซีเมนไทต์ก้อนกลม					
5.6 มาร์เทนไซต์					
5.7 เบนไนต์แบบเข็ม					
5.8 เบนไนต์แบบขนนก					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่มีความเหมาะสม	ข้อสอบที่เลือกใช้
5.9 ออสเทนไนต์					
5.10 ซอร์ไบต์					
5.11 ทูลสไตต์					
5.12 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS ₃					
5.13 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS ₄					
รวม		100	60	46	30

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 46 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 ที่ผ่านการเรียนในเนื้อหาวิชานี้มาแล้ว จำนวน 30 คน ทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบและให้คะแนน โดยเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด, ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

8. นำผลคะแนนมาวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบถามเป็นรายข้อและเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เหมาะสมไว้ 30 ข้อ ซึ่งเป็นไปตามตารางที่ 3.4 เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จะนำไปใช้ในการทดลองจริงจำนวน 30 ข้อโดยครอบคลุมกับเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

9. นำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ไปหาความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richaedson (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 85) ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จำนวนข้อสอบ	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยง (KR-20)
30 ข้อ	0.20-0.70	0.20-0.67	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.5 เป็นการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จะใช้วัดผลทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งผลการทดลองพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.70 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.67 มีค่าความเที่ยง (KR-20) เท่ากับ 0.47 (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก หน้า 166)

10. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้ในการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) โดยข้อสอบหลังเรียน (Posttest) ผู้วิจัยได้สลับตัวเลือกและให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบนอกบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ฉ หน้า 151)

3.3 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 รูปแบบการทดลอง

การดำเนินการทดลองผู้ดำเนินการใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองดังนี้

	O_1	X	O_2
เมื่อ	O_1	หมายถึง	การสอบก่อนเรียน
	O_2	หมายถึง	การสอบหลังเรียน
	X	หมายถึง	ตัวแปรจัดกระทำ (Treatment) ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตจากบัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปยังผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี เพื่อทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ครั้ง ดังนี้ ทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. จัดเตรียมความพร้อมและติดตั้งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 เครื่อง
2. ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนและการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
3. ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อผู้เรียน 1 คน ใช้เวลาในการเรียน 2 คาบ (100 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบท้ายบทเรียนมาวิเคราะห์หาค่า E_1 และ E_2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก หน้า 169)

ทดลองครั้งที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 20 คน ซึ่งมีลำดับชั้นตอนดังนี้

1. จัดเตรียมความพร้อมและติดตั้งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 เครื่อง
2. ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนและการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
3. ทดสอบกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ โดยใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที ทำลงในกระดาษคำตอบ
4. ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ และทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องต่อผู้เรียน 1 คน
5. เมื่อผู้เรียนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจบแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Posttest) ฉบับเดียวกับกับแบบทดสอบก่อนเรียน แต่ผู้วิจัยได้สลับตัวเลือกในคำตอบทั้ง 4 ตัวเลือกใหม่ โดยใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที ทำลงในกระดาษคำตอบ
6. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) ไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ง หน้า 171)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

1. หาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้สูตร KR-20 (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 102-103)

การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	=	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	=	จำนวนคะแนนในกลุ่ม

การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{n} - \left[\frac{\sum fx}{n} \right]^2}$$

เมื่อ	S	=	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	=	คะแนนแต่ละตัว
	\bar{X}	=	ค่าเฉลี่ย
	n	=	จำนวนคะแนนในกลุ่ม
	\sum	=	ผลรวม

2. หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 87)

ค่าความยากง่าย

$$p = \frac{H + L}{N}$$

ค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{H - L}{N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	p	=	ค่าความยาก
	r	=	ค่าอำนาจจำแนก
	H	=	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	L	=	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N	=	จำนวนคนทั้งหมด

3. หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร

KR-20 (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 85)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	=	ความเที่ยงของแบบทดสอบ
	k	=	จำนวนข้อสอบ
	p	=	ความยาก
	q	=	1 - p
	S^2	=	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

3.4.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร (ชัยยงค์ พรหมวงศ์

และคณะ. 2521 : 122)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \quad \left(\text{หรือ } \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \right)$$

เมื่อ	E_1	=	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum X$	=	คะแนนรวมของแบบฝึกหัด
	A	=	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
	N	=	จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100 \quad \left(\text{หรือ} \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \right)$$

เมื่อ	E_2	=	ประสิทธิภาพของผลลัพ์
	$\sum F$	=	คะแนนรวมของผลลัพ์หลังเรียน
	B	=	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
	N	=	จำนวนผู้เรียน

3.4.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}; df = n - 1$$

เมื่อ	t	=	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤต เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
	D	=	ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	n	=	จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างไปทดลองใช้ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดลองในครั้งนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.1.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ มีการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนและแบบทดสอบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนกรอบที่ใช้นำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ

ลำดับ	เนื้อหา	จำนวนกรอบที่ใช้นำเสนอ
1	โลหะที่เป็นเหล็ก	17
2	ธรรมชาติของโลหะ	13
3	ผลการเปลี่ยนแปลงของเกรนภายในโครงสร้าง	12
4	ประวัติการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะ	12
5	การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะและความหมาย	23
รวม		77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีการนำเสนอในส่วนของเนื้อหาและแบบทดสอบ รวมทั้งหมด 77 กรอบ นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาในภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.85$) และการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.92$) รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ญ หน้า ที่ 162)

4.1.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน โดยมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองเป็นกลุ่มใหญ่

รายการ	คะแนนระหว่างเรียน	คะแนนหลังเรียน
คะแนนเต็ม	40.00	30.00
คะแนนเฉลี่ย	32.45	24.85
ประสิทธิภาพ	$E_1 = 81.12$	$E_2 = 82.83$

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนที่ได้จากการทดสอบระหว่างเรียนคิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.45 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 81.12 และคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียนคิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.85 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 82.83

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	\bar{X}	SD	$\sum D$	$\sum D^2$	t
การทดสอบก่อนเรียน	20	15.40	3.63	78	386	7.33*
การทดสอบหลังเรียน	20	21.70	4.72			

* $P < .05$

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้าง
จุลภาคของโลหะ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยผู้วิจัย สรุปผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (80/80)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 200 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีการจับฉลาก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เพื่อใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 20 คน

กลุ่มที่ 2 เพื่อใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 คน

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ มีค่าความเที่ยง (KR-20) เท่ากับ 0.47

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นและผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.1 การจัดเตรียมความพร้อมและติดตั้งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 เครื่อง ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กลาง วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน

1.2 ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนและการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.3 ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อผู้เรียน 1 คน ใช้เวลาในการเรียน 2 คาบ (100 นาที)

1.4 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบท้ายบทเรียน วิเคราะห์ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1 จัดเตรียมความพร้อมและติดตั้งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 เครื่อง ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กลาง วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จำนวน 20 คน

2.2 ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนและขั้นตอนการใช้งานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชี้แจงวัตถุประสงค์ของบทเรียนและการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3 ทดสอบกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ โดยใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที

2.4 ให้นักกลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ และทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องต่อผู้เรียน 1 คน ในการเรียนผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนเรียนรับบทเรียนตามลำพังและเป็นผู้ควบคุมเวลาในการเรียนด้วยตนเอง

2.5 เมื่อผู้เรียนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจบแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน แต่ผู้วิจัยได้สลับตัวเลือกในคำตอบทั้ง 4 ตัวเลือกใหม่โดยใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที

2.6 นำผลจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน มาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยโดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ โดยใช้สูตร E_1 / E_2

2. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ

1.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ มีการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนรวมทั้งหมด 77 กรอบ

1.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 81.12/82.83 ที่สูงกว่าเกณฑ์ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผล

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ที่ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 81.12/82.83 ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ธีระ โสภณจิตต์ (2535 : 40-41) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเขียนแบบเครื่องกล หลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเขียนแบบเครื่องกล หลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 93.03/81.02 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จีรวรรณ สุวรรณเนตร (2543 : 53) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย เรื่องจังหวัดสมุทรสงคราม ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 94.33/92.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 85/85 และสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้น มีการเตรียมความพร้อมตั้งแต่ขั้นตอนของการวางแผน การออกแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาหลักสูตรรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา จนไปถึงการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อให้ได้มาซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้วิจัยจะไม่ยึดหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ในการพัฒนาบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนตายตัว ทั้งนี้เพื่อสามารถปรับเปลี่ยนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาซึ่งวันต์ อดิศัพท์ (2530 : 19-21) ได้เสนอแนะลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องมีเนื้อหาที่ถูกต้องเหมาะสม เป็นเรื่องใกล้ตัว ผู้เรียน ไม่ยากหรือง่ายเกินไป มีความชัดเจน การนำเสนอเนื้อหาบนจอภาพชัดเจน ไม่สับสน สามารถกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และผู้เรียนสามารถประเมินผลด้วยตนเองจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้แนวคิดของ พรพรรณ ไวทยางกูร และ นภพินท์ อนันตรศิริชัย (2533 : 34) ในเรื่องการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเรียงลำดับ (Linear Program) เป็นการสร้างกรอบที่ลำดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่อง โดยจะเริ่มจากกรอบง่าย ๆ ไปสู่กรอบที่ยากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งผู้เรียนจะต้องเรียนให้ครบทุกกรอบ และออกแบบให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนได้ด้วยตัวเอง มาเป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบบทเรียน นอกจากนี้การออกแบบการเรียนการสอนได้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนแต่ละคนจะมีความสามารถในการเรียนรู้ไม่เท่ากันตามสติปัญญาและความสามารถ การเรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ย่อมเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนนั้นเรียนได้ตามความถนัด โดยไม่ต้องมีความกังวล ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงนับว่าเป็นการเอื้ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนได้อย่างยิ่ง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาได้อย่างเต็มที่ จึงลดความแตกต่างระหว่างบุคคล

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานและสอดคล้องกับงานวิจัยของธีระ ไสภณจิตต์ (2535 : 40-41) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเขียนแบบเครื่องกล หลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเมื่อผ่านการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัชวาล มังคลังกุล (2532 : 45) ซึ่งได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยพุทธิพิสัยวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็ม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ผ่านขั้นตอนการสร้างต่าง ๆ โดยใช้หลักจิตวิทยาการเรียนรู้ของสกินเนอร์ (Skinner) เรื่องการให้แรงเสริมอย่างสม่ำเสมอ การให้แรงจูงใจ นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเพิ่มในส่วนของการแบบฝึกหัด เพื่อเป็นการทบทวนและทดสอบความรู้ในช่วงท้ายของบทเรียนแต่ละบท ซึ่งเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งจำเป็นอย่างยิ่งและยังมีผลต่อความจำในระยะยาวของผู้เรียนได้อีกด้วย และนอกจากนี้ ผู้วิจัยยังนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ แล้วนำมาปรับปรุง แก้ไข จากนั้นนำไปทดลองใช้ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยนำไปทดลองครั้งที่ 1 (3 คน) ทดลองครั้งที่ 2 (6 คน) และทดลองเป็นกลุ่มใหญ่ จึงทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสังเกตเห็นข้อบกพร่องบางอย่าง ซึ่งหากได้ปรับปรุงแก้ไข จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงขึ้นได้

1. ผู้เรียนบางคนไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำในการเรียน ขณะเรียนจะรีบทำเพื่อให้เสร็จก่อนคนอื่น จึงทำให้ผลการเรียนไม่ดีเท่าที่ควร
2. ผู้เรียนไม่คุ้นเคยกับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แต่คุ้นเคยกับการสอนแบบปกติจากครู ดังนั้นผู้เรียนจึงดูตื่นเต้นและไม่ค่อยมั่นใจในขณะที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หากมีการฝึกให้คุ้นเคยกับการเรียนด้วยตนเองโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว อาจทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. ในการทดลองบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยผู้เรียนที่มีวัยต่างกัน เรียนในแผนกวิชาต่างกัน รวมทั้งมีพื้นฐานความรู้ที่ต่างกัน จะเป็นตัวแปรทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้
4. ในการทดลองกับกลุ่มทดลอง ควรจะทำให้ตามขั้นตอนจนจบกระบวนการทั้งหมด ไม่ควรทดลองโดยแบ่งระยะเวลาทดลองนานเกินไป เพราะช่วงเวลาจะเป็นตัวแปรที่มีต่อผู้เรียนทำให้เกิดความเบื่อหน่าย ไม่สนใจได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ไปเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีสอนปกติ
2. ควรมีการศึกษาว่าปัจจัยใด เช่น ภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบ หรือกราฟฟิกของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากที่สุด
3. ศึกษาว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีความรู้ความสามารถในระดับใดมากที่สุด
4. ผู้สอนควรมีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น



บรรณานุกรม

- กรมอาชีวศึกษา. 2533. "การจัดอาชีวศึกษาแผนใหม่" เอกสารประกอบการประชุมสัมมนา
ผู้บริหารการศึกษา. กรุงเทพฯ : แผนกการพิมพ์ โรงเรียนสารพัดช่างพระนคร.
- กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ . 2536 . "การออกแบบจอบคอมพิวเตอร์ : การเลือกสี" วารสาร
พัฒนาเทคนิคศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- _____. 2536. "เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา" ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- _____. 2538. "แนวคิดหาประสิทธิภาพบทเรียน CAI" วารสารวิชาการพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ. ปีที่ 5 ฉบับที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ.
- กิดานันท์ มลิทอง. 2531. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสัตตภัณฑ์
ศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขนิษฐา ชานนท์. 2532. เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน วารสารเทคโนโลยี
การศึกษา ฉบับปฐมฤกษ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- คมกริช ทองนาค. 2540. "การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง กล้ามเนื้อ
บิดเดียวสำหรับนักศึกษาทันตแพทย์ศาสตร์ ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยขอนแก่น" .
วิทยานิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จิรวรรณ สุวรรณเนตร. 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง จังหวัด
สมุทรสงคราม". วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร.
- ชัชวาล มังคลังกุล. 2532. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย วิชา
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ที่เรียนด้วยสิ่งช่วยสอนความคิดรวบยอดก่อนเรียนและหลังเรียน". วิทยานิพนธ์
การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2534. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ถนอมพร ตันพิพัฒน์. 2539. "คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา." วารสารครุศาสตร์ ปีที่ 24.
ฉบับที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถนนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541. "คอมพิวเตอร์ในสังคมปัจจุบัน". กรุงเทพฯ : ธนวิรัช
การพิมพ์.

ทักษิณา สนวนานนท์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : ครูสภาลาดพร้าว.

ธีระ ไสภณจิตต์. 2534. "การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง วิธีการสอน
ภาพตัดวิชาการศึกษาแบบเครื่องกล 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพช่าง
ชำนาญงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ". วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นารี วงศ์โรจน์กุล. 2531. "คอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างไร". วารสาร สสวท. ฉบับที่ 16.
กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ประกายวรรณ มณีแจ่ม. 2536. "การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
ฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นรายบุคคล กลุ่มย่อย และตาม
คู่มือครูของ สสวท". วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุรณะ สมชัย. 2538. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : เม็ดทรายพริ้น.

บุญชม ศรีสะอาด. 2535. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

_____. 2537. การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

พรพรรณ ไททยานุรักษ์และณภินท์ อนันตรศิริชัย. 2533. การพัฒนาโปรแกรมช่วยสอน.
กรุงเทพฯ : สสวท.

ยีน ภูววรรณ. 2531. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน ไมโคร
คอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วสันต์ อดิศักดิ์. 2530. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ศึกษาศาสตร์

วีระ ไทยพานิช. 2537. "บทบาทและปัญหาของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน". รวมบทความ
เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.

วีระพงษ์ แสงชูโต. 2532. "การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซ่อมเสริม) วิชาเคมี
เรื่อง โปรตีน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5". วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมปารถนา วงศ์บุญหนัก. 2536. "การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ระหว่างการสอนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนแบบปกติตาม
คู่มือครู วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2". วิทยานิพนธ์ศึกษ
ศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2531. "การใช้คอมพิวเตอร์ในโรงเรียน" เอกสารการประชุมวิชาการ เรื่องเทคโนโลยีกับการเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. 2535. "การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน" วารสารรามคำแหง. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุธิดา สุวรรณธาดา. 2538. "ผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทางการเรียนชีววิทยา เรื่องการย่อยอาหาร". วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. 2540. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยทางเทคโนโลยีการ ศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
- สุโขทัยธรรมาธิราชมหาวิทยาลัย. 2527. เอกสารการสอนชุดวิชา สื่อสารการศึกษา สาขา วิชาศึกษาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สหมิตร.
- สงเสริม ไชยสุนทร. 2540. วัสดุช่าง. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์.
- เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. 2528. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สายทิพย์ ชลธาร. 2531. "ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการชี้แนะในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับ ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6". วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการสอน. กรุงเทพฯ : บริษัทคอมแมนเพรส.
- อติเทพ ไขเพชร. 2534. "การพัฒนาบทเรียนโปรแกรมด้วยตนเอง วิชาภาษาแอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง (ปวส.) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ". วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร เหนือ.
- Kemp, Jerrold E. 1985. The Instructional Design Process. New York, Harter and Rouu.
- Liu His. Chiu. 1975. Computer - assisted Instruction in Taching College Physics. Dissertation Abstracts International.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก. โครงสร้างหลักสูตรวิชาวิศดุช่าง
- ภาคผนวก ข. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ภาคผนวก ค. เนื้อหาบทเรียน
- ภาคผนวก ง. ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- ภาคผนวก จ. หนังสือราชการ
- ภาคผนวก ฉ. รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านสื่อการสอน
- ภาคผนวก ช. แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ภาคผนวก ซ. แบบประเมินสื่อการเรียนการสอน
- ภาคผนวก ฌ. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและ
หลังเรียน
- ภาคผนวก ฎ. ผลการประเมินสื่อการเรียนการสอนของผู้ทรงคุณวุฒิ
- ภาคผนวก ฏ. ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ภาคผนวก ฐ. คะแนนจากการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- ภาคผนวก ฑ. คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน
เรียนและหลังเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21000006 วิชาวัสดุช่าง 2 - 0 - 2

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาคุณลักษณะ ชนิด มาตรฐาน กรรมวิธีการผลิต การใช้งาน กัดกร่อน และการป้องกันของวัสดุต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วยโลหะ อโลหะ โลหะผสม โครงสร้างจุลภาคของโลหะ อธิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม วัสดุเชื่อมเพลิงและสารหล่อลื่น วัสดุไฟฟ้า วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุก่อสร้าง วัสดุสังเคราะห์ การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจคุณลักษณะและการนำวัสดุไปใช้งานอุตสาหกรรม

หน่วยการสอนวิชาวัสดุช่าง				
สัปดาห์ที่	หน่วยที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ	
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	1	บทนำวัสดุช่าง	2	-
2	2	กรรมวิธีการผลิตโลหะ	2	-
3	3	โครงสร้างจุลภาคของโลหะ	2	-
4 - 5	4	อโลหะ	4	-
6	5	อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะ	2	-
7 - 8	6	วัสดุเชื่อมเพลิง	4	-
9	-	สอบกลางภาคเรียน	-	-
10 - 11	7	วัสดุในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	4	-
12	8	วัสดุในงานก่อสร้าง	2	-
13	9	วัสดุสังเคราะห์	2	-
14	10	วัสดุสารหล่อลื่น	2	-
15	11	วัสดุสารหล่อเย็น	2	-
16 - 17	12	การกัดกร่อนและการป้องกันการกัดกร่อน	4	-
18	-	สอบปลายภาค	-	-
		รวม 18 สัปดาห์	36 คาบ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยเรียนที่ 3 เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ

จุดประสงค์ทั่วไป

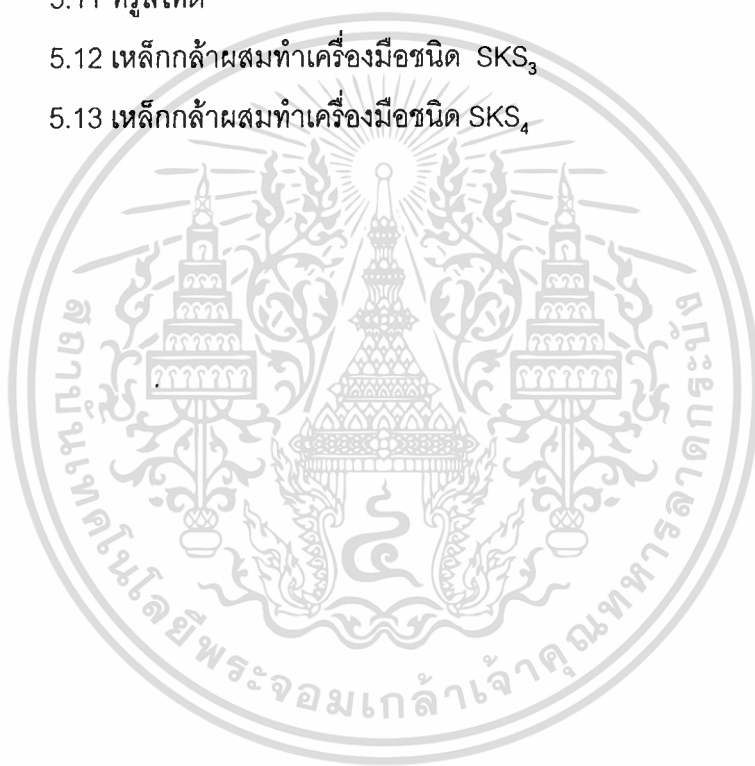
1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจลักษณะ ชนิด ของโลหะที่เป็นเหล็ก
2. เพื่อให้สามารถอธิบายถึงธรรมชาติของโลหะได้อย่างถูกต้อง
3. เพื่อให้เห็นคุณค่าการเปลี่ยนแปลงเกรนภายในโครงสร้าง
4. เพื่อให้รู้ถึงประวัติการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
5. เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างจุลภาคของโลหะแต่ละชนิดได้

เนื้อหา

1. โลหะที่เป็นเหล็ก
 - 1.1 เหล็กกล้า แบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน
 - เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)
 - เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel)
 - เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)
 - 1.2 เหล็กกล้า แบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน
 - เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (Hypo Eutectoid Steel)
 - เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ (Hyper Eutectoid Steel)
2. ธรรมชาติของโลหะ
 - 2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC (Body centered cubic)
 - 2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC (Face centered cubic)
 - 2.3 ยูนิเซลล์แบบหกเหลี่ยมปิด (HCP : Hexagonal - close - packed)
3. ผลของการเปลี่ยนแปลงเกรนภายในโครงสร้าง
 - 3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ (Crystal structure)
 - 3.2 ขนาดของเกรน (Grain size)
4. ประวัติการศึกษาโครงสร้างจุลภาค
 - 4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค
5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย
 - 5.1 เฟอไรต์
 - 5.2 เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5.3 เฟอร์ไลต์
- 5.4 ซีเมนไทต์หรือไอออนคาร์บอน
- 5.5 ซีเมนไทต์ก้อนกลม
- 5.6 มาร์เทนไซต์
- 5.7 เบนไนต์แบบเข็ม
- 5.8 เบนไนต์แบบขนนก
- 5.9 ออสเทนไนต์
- 5.10 ซอร์ไบต์
- 5.11 ทรุสไทต์
- 5.12 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS₃
- 5.13 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS₄





ภาคผนวก ข.
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ข 1 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาบทเรียน เรื่อง โครงสร้างจุลภาค
ของโลหะ

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
1. โลหะที่เป็นเหล็ก								
1.1 เหล็กกล้าแบ่งตาม ส่วนผสมของ คาร์บอน	1.1.1 อธิบายประเภทของ เหล็กกล้าที่แบ่งตาม ลักษณะของส่วนผสม ของคาร์บอนได้	✓	✓	✓	✓			
	1.1.2 บอกถึงคุณลักษณะ ส่วนผสมของคาร์บอน ในเหล็กได้	✓	✓	✓				
1.2 เหล็กกล้าแบ่งตาม แผนภูมิสมดุล เหล็ก-คาร์บอน	1.2.1 อธิบายประเภทของ เหล็กกล้าที่แบ่งตาม แผนภูมิสมดุลเหล็ก- คาร์บอนได้	✓	✓	✓				
	1.2.2 บอกถึงคุณลักษณะ ส่วนประกอบของ โครงสร้างในเหล็กได้	✓	✓	✓				
2. ธรรมชาติของ โลหะ								
2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC	2.1.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ BCC ได้	✓	✓	✓				
2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC	2.2.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ FCC ได้	✓	✓	✓				
2.3 ยูนิเซลล์แบบ HCP	2.3.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ HCP ได้	✓	✓	✓				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 1 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด					หมายเหตุ
		ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	
3. ผลการเปลี่ยนแปลงเกรนภายใต้โครงสร้าง							
3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ	3.1.1 บอกลักษณะผลึกของโลหะได้		✓	✓			
3.2 ขนาดของเกรน	3.2.1 บอกขนาดของเกรนได้		✓	✓			
4. ประวัติการศึกษาโครงสร้างโลหะ							
4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค	4.1.1 อธิบายความหมายและประวัติความเป็นมาของการศึกษาโครงสร้างจุลภาคได้	✓	✓				
	4.1.2 บอกถึงความสำคัญของโครงสร้างโลหะได้	✓	✓				
5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย							
5.1 เฟอไรต์	5.1.1 อธิบายลักษณะเด่นของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิดได้	✓	✓	✓	✓		
5.2 เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์							
5.3 เพิร์ลไลต์	5.1.2 อธิบายโครงสร้างจุลภาคของแต่ละชนิดได้	✓	✓	✓	✓		
5.4 ซีเมนไทต์หรือไอออนคาร์บอน							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 1 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
5.5 ซีเมนไทต์ก้อนกลม								
5.6 มาร์เทนไซต์								
5.7 เบนไนต์แบบเข็ม								
5.8 เบนไนต์แบบขนนก								
5.9 ออสเทนไนต์								
5.10 ซอร์ไบต์								
5.11 ทรูสไตต์								
5.12 เหล็กกล้าผสมทำ เครื่องมือชนิด SKS ₃								
5.13 เหล็กกล้าผสมทำ เครื่องมือชนิด SKS ₄								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2 แสดงการวิเคราะห์น้ำหนักจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาบทเรียน เรื่อง โครงสร้าง
จุลภาคของโลหะ

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
1. โลหะที่เป็นเหล็ก								
1.1 เหล็กกล้าแบ่งตาม ส่วนผสมของ คาร์บอน	1.1.1 อธิบายประเภทของ เหล็กกล้าที่แบ่งตาม ลักษณะของส่วนผสม ของคาร์บอนได้	2	2	2	2	-	-	8
	1.1.2 บอกถึงคุณลักษณะ ส่วนผสมของคาร์บอน ในเหล็กได้	2	1	1	-	-	-	4
1.2 เหล็กกล้าแบ่งตาม แผนภูมิสมดุล เหล็ก-คาร์บอน	1.2.1 อธิบายประเภทของ เหล็กกล้าที่แบ่งตาม แผนภูมิสมดุลเหล็ก- คาร์บอนได้	2	1	1	-	-	-	4
	1.2.2 บอกถึงคุณลักษณะ ส่วนประกอบของ โครงสร้างในเหล็กได้	2	1	1	-	-	-	4
รวมน้ำหนักคะแนน		8	5	5	2	-	-	20
2. ธรรมชาติของโลหะ								
2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC	2.1.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ BCC ได้	3	3	3	-	-	-	9
2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC	2.2.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ FCC ได้	3	3	2	-	-	-	8
2.3 ยูนิเซลล์แบบ HCP	2.3.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ HCP ได้	3	3	2	-	-	-	8
รวมน้ำหนักคะแนน		9	9	7	-	-	-	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
3. ผลการเปลี่ยนแปลงเกรนภายใต้โครงสร้าง								
3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ	3.1.1 บอกลักษณะผลึกของโลหะได้	-	4	4	-	-	-	8
3.2 ขนาดของเกรน	3.2.1 บอกขนาดเกรนได้	-	4	3	-	-	-	7
รวมน้ำหนักคะแนน		-	8	7	-	-	-	15
4. ประวัติการศึกษาโครงสร้างโลหะ								
4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค	4.1.1 อธิบายความหมายและประวัติความเป็นมาของการศึกษาโครงสร้างจุลภาคได้	4	4	-	-	-	-	5
	4.1.2 บอกถึงความสำคัญของโครงสร้างโลหะได้	4	3	-	-	-	-	7
รวมน้ำหนักคะแนน		8	7	-	-	-	-	15
5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย								
5.1 เฟอไรต์	5.1.1 อธิบายลักษณะเด่นของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิดได้	3	2	2	3	-	-	10
5.2 เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์								
5.3 เพิร์ลไลต์	5.1.2 อธิบายโครงสร้างจุลภาคของแต่ละชนิดได้	4	3	4	4	-	-	15
5.4 ซีเมนไตต์หรือไอออนคาร์บอน								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
5.5 ซีเมนต์ไทต์ก้อนกลม								
5.6 มาร์เทนไซต์								
5.7 เบนไนต์แบบเข็ม								
5.8 เบนไนต์แบบขนนก								
5.9 ออสเทนไนต์								
5.10 ซอร์ไบต์								
5.11 ทุรสุไตต์								
5.12 เหล็กกล้าผสมทำ เครื่องมือชนิด SKS ₃								
5.13 เหล็กกล้าผสมทำ เครื่องมือชนิด SKS ₄								
รวมน้ำหนักคะแนน		7	5	6	7	-	-	25
คะแนนรวมทั้งหมด		32	34	25	9	-	-	100

จากตารางที่ ข 2 สามารถนำน้ำหนักจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมาหาจำนวนข้อสอบ เช่นวิธีการดังนี้ หัวข้อ 1.1.1 ที่ระดับการวัดความรู้, ความจำ มีเท่ากับ 2 โดยนำมาคูณกับจำนวนข้อสอบที่ต้องการ (30 ข้อ) แล้วหารด้วยผลรวมของจำนวนน้ำหนัก (100 คะแนน)

$$\frac{2 \times 30}{100} = 0.6$$

แสดงว่าข้อสอบหัวข้อที่ 1.1.1 ที่ระดับการวัดความรู้, ความจำมี 0.6 ข้อ ในหัวข้ออื่น ๆ ก็ทำในลักษณะเดียวกัน (สรุปผลในตารางที่ ข 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3 แสดงการวิเคราะห์จำนวนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาบทเรียน เรื่อง
โครงสร้างจุลภาคของโลหะ

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
1. โลหะที่เป็นเหล็ก								
1.1 เหล็กกล้าแบ่งตาม ส่วนผสมของ คาร์บอน	1.1.1 อธิบายประเภทของ เหล็กกล้าที่แบ่งตาม ลักษณะของส่วนผสม ของคาร์บอนได้	0.6	0.6	0.6	0.6	-	-	2.4
	1.1.2 บอกถึงคุณลักษณะ ส่วนผสมของคาร์บอน ในเหล็กได้	0.6	0.3	0.3	-	-	-	1.2
1.2 เหล็กกล้าแบ่งตาม แผนภูมิสมดุล เหล็ก-คาร์บอน	1.2.1 อธิบายประเภทของ เหล็กกล้าที่แบ่งตาม แผนภูมิสมดุลเหล็ก- คาร์บอนได้	0.6	0.3	0.3	-	-	-	1.2
	1.2.2 บอกถึงคุณลักษณะ ส่วนประกอบของ โครงสร้างในเหล็กได้	0.6	0.3	0.3	-	-	-	1.2
รวมข้อสอบ		2.4	1.5	1.5	0.6	-	-	6
2. ธรรมชาติของโลหะ								
2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC	2.1.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ BCC ได้	0.9	0.9	0.9	-	-	-	2.7
2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC	2.2.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ FCC ได้	0.9	0.9	0.6	-	-	-	2.4
2.3 ยูนิเซลล์แบบ HCP	2.3.1 อธิบายโครงสร้าง ยูนิเซลล์แบบ HCP ได้	0.9	0.9	0.6	-	-	-	2.4
รวมข้อสอบ		2.7	2.7	2.1	-	-	-	7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
3. ผลการเปลี่ยนแปลงเกรนภายใต้โครงสร้าง								
3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ	3.1.1 บอกลักษณะผลึกของโลหะได้	-	1.2	1.2	-	-	-	2.4
3.2 ขนาดของเกรน	3.2.1 บอกขนาดเกรนได้	-	1.2	0.9	-	-	-	2.1
รวมข้อสอบ		-	2.4	2.1	-	-	-	5.5
4. ประวัติการศึกษาโครงสร้างโลหะ								
4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค	4.1.1 อธิบายความหมายและประวัติความเป็นมาของการศึกษาโครงสร้างจุลภาคได้	1.2	1.2	-	-	-	-	2.4
	4.1.2 บอกถึงความสำคัญของโครงสร้างโลหะได้	1.2	0.9	-	-	-	-	2.1
รวมข้อสอบ		2.4	2.1	-	-	-	-	5.5
5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย								
5.1 เฟอไรต์	5.1.1 อธิบายลักษณะเด่นของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิดได้	0.9	0.6	0.6	0.9	-	-	9
5.2 เฟอไรต์และเพิร์ลไลต์								
5.3 เพิร์ลไลต์	5.1.2 อธิบายโครงสร้างจุลภาคของแต่ละชนิดได้							
5.4 ซีเมนไทต์หรือไอออนคาร์บอน		1.2	0.9	1.2	1.2	-	-	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับการวัด						หมายเหตุ
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
5.5 ซีเมนต์ที่ก้อนกลม								
5.6 มาร์เทนไซด์								
5.7 เบนไนต์แบบเข็ม								
5.8 เบนไนต์แบบขนนก								
5.9 ออสเทนไนต์								
5.10 ซอร์ไบต์								
5.11 ทูรส์ไทดต์								
5.12 เหล็กกล้าผสมทำ เครื่องมือชนิด SKS ₃								
5.13 เหล็กกล้าผสมทำ เครื่องมือชนิด SKS ₄								
รวมข้อสอบ		2.1	1.5	1.8	2.1	-	-	7.5
รวมข้อสอบทั้งหมด		9.6	10.2	7.5	2.7	-	-	30

จากตารางที่ ข 3 พบว่าผลการวิเคราะห์ของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง โครงสร้าง
จุลภาคของโลหะสรุปได้ดังนี้

- | | |
|--|-------------------|
| 1. โลหะที่เป็นเหล็ก | จำนวนข้อสอบ 6 ข้อ |
| 2. ธรรมชาติของโลหะ | จำนวนข้อสอบ 7 ข้อ |
| 3. ผลการเปลี่ยนแปลงเกรนภายใต้โครงสร้าง | จำนวนข้อสอบ 5 ข้อ |
| 4. ประวัติการศึกษาโครงสร้าง | จำนวนข้อสอบ 5 ข้อ |
| 5. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย | จำนวนข้อสอบ 7 ข้อ |

รวมเป็นจำนวนข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.
เนื้อหาบทเรียน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ

เนื้อหาบทเรียน

วิชาวัสดุช่าง เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ

1.1 โลหะที่เป็นเหล็ก

เหล็กจัดว่าเป็นโลหะที่สำคัญมากสำหรับมนุษย์ และนับได้ว่าเหล็กเป็นโลหะที่มนุษย์ได้ใช้สร้างความเจริญให้กับโลก ตลอดจนการเดินทางออกไปนอกโลก ความจริงแล้วมนุษย์ได้รู้จักเหล็กและได้ใช้กันมาเป็นเวลานานแล้ว แต่การผลิตเหล็กออกมาใช้ในงานอุตสาหกรรมยังไม่กว้างขวางเหมือนในยุคปัจจุบัน และได้เริ่มผลิตเหล็กในรูปแบบอุตสาหกรรม และเป็นจริงมากขึ้นในราวศตวรรษที่ 14 แต่กรรมวิธีในการถลุงยังมีอุปสรรคต่าง ๆ มากมาย แต่ต่อมาได้วิวัฒนาการขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงศตวรรษที่ 19 ได้มีชาวอังกฤษชื่อเซอร์เฮนรี เบสเซเมอร์ (Sir Henry Bessemer) ได้ค้นพบวิธีการผลิตเหล็กกล้าขึ้น และได้ปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตมาเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบัน

เหล็กกล้า (Steel) คือ เหล็กที่มีธาตุคาร์บอนเป็นส่วนผสมเช่นเดียวกับเหล็กดิบ (Pig Iron) แต่ปริมาณคาร์บอนไม่สูงมากนัก คือ ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน นอกจากนี้ยังต้องมีแร่ธาตุอื่น ๆ ผสมในลักษณะของสารที่เจือปน เช่น แมงกานีส กำมะถัน ซิลิคอน ฟอสฟอรัส เหล็กกล้าสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1. แบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน
2. แบ่งตามแผนภูมิสมดุลงเหล็ก-คาร์บอน

1.1.1 แบ่งเหล็กกล้าตามส่วนผสมของคาร์บอนได้ดังนี้ คือ

1.1.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน เป็นเหล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในท้องตลาด บางครั้งเรียกว่า เหล็กละมุน (Mild Steel) มีคุณสมบัติอ่อน สามารถตีขึ้นรูป รีดเป็นแผ่นได้ง่าย เหล็กเส้นที่ใช้ในงานก่อสร้างชนิดนี้ไม่มีความแข็งมากนัก แต่มีความเหนียว ดึงออกเป็นเส้น ตียืดออกเป็นแผ่นได้ดี ไม่สามารถทำให้แข็งได้ด้วยกรรมวิธีการอบชุบด้วยความร้อน (Heat Treatment) สามารถเชื่อมได้ดีโดยการใช้ลวดเชื่อมเหล็กเหนียวธรรมดา ใช้ประกอบเป็นฐานเครื่องมือการเกษตรได้ดี หาง่าย ราคาไม่แพงถ้าเทียบกับเหล็กชนิดอื่น ๆ

1.1.1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงสูงกว่าชนิดแรก ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น เพลาข้อเหวี่ยง เฟือง และเครื่องมือกลที่ต้องการชุบแข็งหรืออบชุบด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.6-1.2 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน จัดเป็นเหล็กประเภทที่มีความแข็งสูงมีความแข็งแรงสูงมาก (Strength) และมีความต้านทานต่อการสึกหรอมาก ใช้ทำเครื่องมือ (Tool Steel) เช่น ใบมีด กลึง ใบตัด เหล็กสกัด เหล็กตัดเจาะ ตะไบ แผ่นเกจต่าง ๆ เป็นต้น

1.1.2 บังเหล็กกล้าคาร์บอนออกตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.1.2.1 เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (Hypo Eutectoid) คือ เหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในเนื้อเหล็กต่ำ คือตั้งแต่ 0.001-0.83 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติอ่อนเหนียว มีความแข็งน้อยมาก โครงสร้างภายในเนื้อโลหะคือเฟอร์ไรต์และเฟอไรต์ไลต์ ในเชิงงานทางด้านวิศวกรรม ได้แก่ เหล็กโครงสร้างในงานก่อสร้างทุกชนิด เหล็กในงานเชื่อมโลหะ เป็นต้น

1.1.2.2 เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ (Hyper Eutectoid) คือ เหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนผสมอยู่ ตั้งแต่ 0.83-2.0 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนและมีโครงสร้างภายในเนื้อเหล็กคือ เฟอไรต์ไลต์และซีเมนไทต์ มีคุณสมบัติแข็งเหมาะที่จะใช้กับงานด้านเครื่องมือตัดต่าง ๆ เช่น ใช้ทำสกัด ใบเลื่อย ดอกสว่าน เป็นต้น

เราทราบกันดีว่า ความสามารถในการชุบแข็งของเหล็กกล้าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอนเพิ่ม ดังนั้น เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (0.45 เปอร์เซ็นต์) จึงใช้ทำชิ้นส่วนรถไฟ อุปกรณ์เครื่องมือชุดตัดดิน เครื่องมือเหล่านี้ต้องการความแข็ง ความต้านทานต่อการสึกหรอ และความแข็งแรงสูง แต่เหล็กที่มีคุณสมบัติในทางเชิงกลที่สูงจะเชื่อมยากกว่าเดิม การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ต้องอุ่นงานก่อน (Pre Heat) และบางครั้งหลังจากการเชื่อมงานแล้วต้องอบความร้อน (Post Heat) เพื่อคลายความเครียดด้วย

ส่วนเหล็กกล้าคาร์บอนผสมสูงนิยมใช้กันในสภาพอบชุบแข็ง เช่น ใช้ทำเครื่องมือในงานโลหะและงานไม้ ดอกสว่าน ผาลไถ เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ควรเชื่อมทดลองก่อนเชื่อมจริง เพราะงานมีแนวโน้มที่จะแตกร้าว และถ้างานมีโอกาสแตกร้าวง่ายต้องอุ่นงานก่อนและอบความร้อนหลังเชื่อม อุณหภูมิอุ่นงานเหล็กแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสม ขนาด รูปร่างงาน ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเชื่อม ถ้าปริมาณคาร์บอนหรือธาตุผสมสูงและงานที่มีความหนาให้ใช้อุณหภูมิอุ่นงานที่สูงด้วย เพื่อให้งานเย็นช้ากว่าปกติ และถ้าเชื่อมด้วยกระบวนการไฮโดรเจนต่ำสามารถใช้อุณหภูมิในการอุ่นงานที่ต่ำกว่าปกติ สำหรับงานที่บางกว่าเบอร์ 14 ไม่จำเป็นต้องอุ่นงาน และถ้าใช้ลวดเชื่อมไฮโดรเจนต่ำ ให้อุ่นงานที่อุณหภูมิประมาณ 100-200 องศาเซลเซียส

1.2 ธรรมชาติของโลหะ

โลหะแต่ละชนิดประกอบด้วยผลึกเป็นหน่วยเล็ก ๆ ที่เกาะกันอยู่ ลึกเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเรียงตัวไปในทางเดียวกัน แต่ทุก ๆ ผลึกจะประกอบไปด้วยอะตอมเกาะกันอยู่เป็นแบบที่แน่นอนเหมือนกันหมด แบบเหล่านี้เรียกว่า สเปซแลตทิซ (Space Lattice) หน่วยที่เล็กที่สุดของอะตอมที่เกาะกันเป็นกลุ่มเป็นแบบที่แน่นอนสมบูรณ์เรียกว่า ยูนิตเซลล์ (Unit Cell) ยูนิตเซลล์แบ่งออกเป็นหลายแบบ แต่ที่พบมากในโลหะมี 3 แบบ คือ

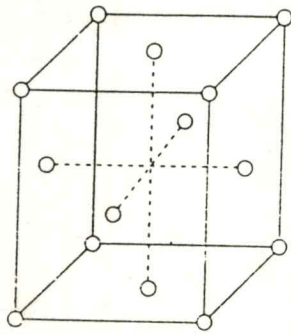
1.2.1 ยูนิตเซลล์แบบ BCC (Body Centered Cubic) คือ มีอะตอมอยู่ตรงกลางและมีอะตอมอยู่ที่มุมทั้งหมด 8 มุม ดังรูปที่ 6.1



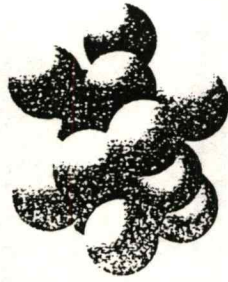
รูปที่ 6.1 การเกาะตัวของอะตอมแบบ BCC

ตัวอย่างโลหะที่มีผลึกเกาะตัวเป็นแบบ BCC ได้แก่ โคโรเมียม ทังสแตน โมลิบดีนัม วาเนเดียม ไชเดียม เหล็ก แพนทาลัม เป็นต้น

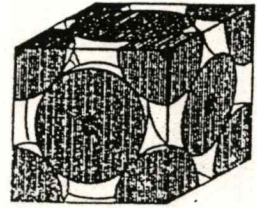
1.2.2 ยูนิตเซลล์แบบ FCC (Face Centered Cubic) คือ มีอะตอมอยู่ตรงกลางหน้าลูกบาศก์ทุก ๆ หน้า และเกาะที่มุมทั้ง 8 มุม โลหะที่มีรูปร่างเป็นแบบ FCC จะมีคุณสมบัติอ่อน เหนียว และจะเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรเมื่อมีแรงมากกระทำได้ดี โลหะเหล่านี้ ได้แก่ อะลูมิเนียม นิกเกิล ทองแดง ทองคำ เงิน ตะกั่ว แพลทินัม ดูรูปที่ 6.2



(ก)



(ข)

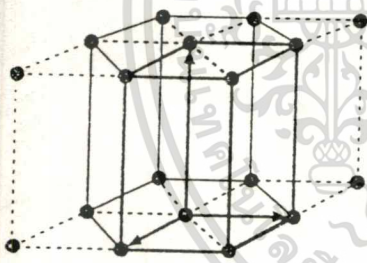


(ค)

รูปที่ 6.2 การเกาะตัวของอะตอมแบบ FCC

1.2.3 ยูนิทเซลล์แบบหกเหลี่ยมปิด (Hexagonal-Close-Packed : HCP) คือ มีอะตอมอยู่ที่ตรงมุมของหกเหลี่ยม และตรงจุดกึ่งกลางของด้านหกเหลี่ยมอีกข้างละ 1 อะตอม และจะมีอยู่อีก 3 อะตอมอยู่ตรงกลางของด้านเว้าด้าน HCP อะตอมจะอยู่อัดกันหนาแน่นในระนาบแนวนอน 3 ระนาบ และอะตอมจะหนาแน่นที่สุดทั้งระนาบบนและล่าง ซึ่งมีความเหนียวน้อยกว่าแบบ BCC และแบบ FCC ผลึกโครงสร้างแบบนี้ได้แก่ แมกนีเซียม สังกะสี โคบอลต์ ไทเทเนียม และแคดเมียม

รูปที่ 6.3



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6.3 การเกาะตัวของอะตอมแบบหกเหลี่ยมปิด

ยูนิทเซลล์แบบ BCC และแบบ FCC เป็นชนิดย่อย ๆ ในแบบของระบบลูกบาศก์ ส่วนแบบหกเหลี่ยมปิดเป็นส่วนย่อยอันหนึ่งของระบบหกเหลี่ยม โลหะต่าง ๆ จะมีระบบผลึกที่นอกจากได้รับอิทธิพลของความร้อนก็จะทำให้โครงสร้างถูกเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น เหล็กปกติจะมีระบบผลึกเป็นแบบ BCC แต่ถ้าทำให้ร้อนมากกว่า 910 องศาเซลเซียสจะเปลี่ยนระบบผลึกเป็นแบบ FCC และทำให้ร้อนต่อไปอีกระบบผลึกก็จะเปลี่ยนยูนิทเซลล์ไปเป็นแบบ BCC อีกถ้าอุณหภูมิร้อนถึง 1,400 องศาเซลเซียส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่โลหะหรือวัสดุใดที่มีระบบผลึกหลาย ๆ แบบไม่ใช่รวมกัน ณ อุณหภูมิหนึ่งจะมี โครงสร้างหนึ่งรวมกันเรียกสารนั้นว่าเป็นอัลลอยทออปิก (Alloy Tropic) รูปร่างของอัลลอยทออปิกในรูปของ เหล็กบริสุทธิ์คือ แอลฟา (Alpha) อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 910 องศาเซลเซียสลงมา แกมมา (Gamma) อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 910-1,390 องศาเซลเซียส ยูนิทเซลล์แบบ FCC ความหนาแน่น 7.7 เดลตา (Delta) มีระบบผลึกเป็นแบบ BCC อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 1,390-1,539 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 7.3

1.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงเกรนภายในโครงสร้าง

การที่จะใช้แรงมากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในโลหะอย่างหนึ่ง จะทำได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1.3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ (Crystal Structure) โดยทั่วไปจะปรากฏว่าโลหะที่มียูนิทเซลล์แบบหกเหลี่ยมจะค่อนข้างแข็งและเปราะ ส่วนโลหะที่มียูนิทเซลล์แบบ FCC หรือ BCC จะเหนียวกว่า ดีเป็นแผ่นหรือรีดเป็นเส้นได้ง่ายกว่า โดยไม่เกิดการแตกหรือหักออกจากกัน

1.3.2 ขนาดของเกรน (Grain Size) โลหะที่มีเกรนละเอียด ขนาดเล็ก รวมตัวกันอยู่ในทิศทางที่แตกต่าง ฉะนั้นเมื่อถูกแรงกระทำไม่ว่าจะเป็นทิศทางใดก็จะเกิดการเคลื่อนที่ได้ดีเสมอ คือสามารถตีรีด ได้มากกว่าโลหะที่มีเกรนหยาบ และจำนวนเกรนที่เกาะตัวกันน้อย

1.4 ประวัติการศึกษาโครงสร้างจุลภาค

ในปี พ.ศ.2418 มาร์เทนส์ (Martens) เป็นผู้ที่คิดค้นและริเริ่มการศึกษาโครงสร้างจุลภาคเป็นคนแรก ต่อมาในปี พ.ศ.2429 ซอร์บี (Sorby) ได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้อย่างจริงจัง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายเพื่อดูโครงสร้างแทนตาเปล่า และยังได้แนะนำให้รู้เกี่ยวกับโครงสร้างของโลหะตลอดจนคุณสมบัติทางกลของโลหะด้วย จึงเรียกความสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับโลหะกับกล้องจุลทรรศน์ว่า Metallography การดูโครงสร้างภายในเนื้อโลหะเป็นพื้นฐานของการศึกษาคุณสมบัติทางกลของโลหะ จนกระทั่งถึงในปัจจุบันได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางในการทดสอบเกี่ยวกับโลหะ และได้หันมาใช้เครื่องทดสอบเข้าช่วย เช่น การถ่ายภาพรังสี ซึ่งเป็นการใช้คลื่นแสงทะลุผ่านชิ้นงานไปยังฟิล์มเพื่อดูจุดบกพร่องได้ ปัจจุบันมีเครื่องมือที่ทันสมัยกว่ามากคือโดยการใช้อิเล็กทรอนิกส์ยิงผ่านเข้าไปกระทบชิ้นงานและจะทราบค่าส่วนผสมต่าง ๆ ที่อยู่ในโลหะได้ทันที รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ และยังมีเครื่องมือที่ใช้ลำแสงอิเล็กทรอนิกส์ยิงเข้ากระทบชิ้นงานและหรือผ่านทะลุแล้วส่งข้อมูลออกทางจอภาพบันทึกลักษณะโครงสร้างจุลภาคได้ทันที เรียกเครื่องมือนี้ว่า อิเล็กตรอนไมโครสโคป (Electron Microscope) ซึ่งเป็นวิวัฒนาการที่ทันสมัยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีเครื่องมือที่ดีและทันสมัยแล้วผู้ที่ทำการทดสอบจะต้องมีความรู้ความชำนาญในการใช้เครื่องมือและเข้าใจวิธีการทดสอบเป็นอย่างดีด้วย เพราะในเนื้อโลหะนั้นมีส่วนที่เจือปนมากมาย ต้องตีความหมายและทราบแน่ชัดว่าเป็นอะไร ก็จะทำให้การทดสอบถูกต้องแน่นอน

อุณหภูมิ เวลา อัตราการเย็นตัวของโลหะ เป็นสิ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติโครงสร้างของโลหะ เมื่อเราส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงแล้ว ยังสามารถที่จะบันทึกภาพเพื่อเป็นหลักฐานทางวิชาการได้อีกด้วย

1.4.1 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค ทิศทางการเดินของแสงสำหรับกล้องจุลทรรศน์ คือ เมื่อแสงกระทบผิวหน้าของโลหะชิ้นงานแล้วก็จะสะท้อนกลับไปยังเลนส์ใกล้ตา ภาพก็จะปรากฏขึ้น เรียกว่า ไบรตฟิลด์อิมเมจ (Bright field image) เกิดขึ้นได้จากแสงที่มากกระทบกับแผ่นสะท้อนแสงและสะท้อนกลับมา ถ้าสะท้อนกลับมาแสงที่ปรากฏก็จะสว่างมาก ก่อนจะนำโลหะมาส่องดู โครงสร้างต้องทำการกัดกรดหรือเอตชิง (Etching) การกัดกรดก็เพื่อทำให้เกิดการกัดผิวหน้าของโลหะให้เกิดเป็นหลุมเล็ก ๆ เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง แสงก็จะกระทบและสะท้อนกลับ ทำให้มองเห็นโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ถ้ากัดกรदनานเกินไปจะทำให้เป็นสีดำมาก

เกรนบาวนด์ารี (Brain Boundary) คือ ขอบเขตของเกรนบริเวณที่แสงมากกระทบแล้วเกิดการหักเหของแสงสะท้อนกลับได้น้อย มองเห็นเป็นสีดำเหมือนเส้นแบ่งเขตแดน

ข้อควรระวังในการกัดกรดต้องทำอย่างระมัดระวัง เช่น กรดที่ใช้กัดต้องเลือกชนิดของกรดและโลหะให้เข้ากัน และเวลาในการแช่กรดไม่ควรแช่นานเกินไปจะทำให้ผิวงานดำทึบ มองเห็นโครงสร้างได้ยาก แต่ก็ไม่ควรใช้เวลาสั้นเกินไป ทำให้มองไม่เห็นโครงสร้าง โดยทั่วไปประมาณ 5-10 วินาที แล้วแต่ชนิดของโลหะและกรด

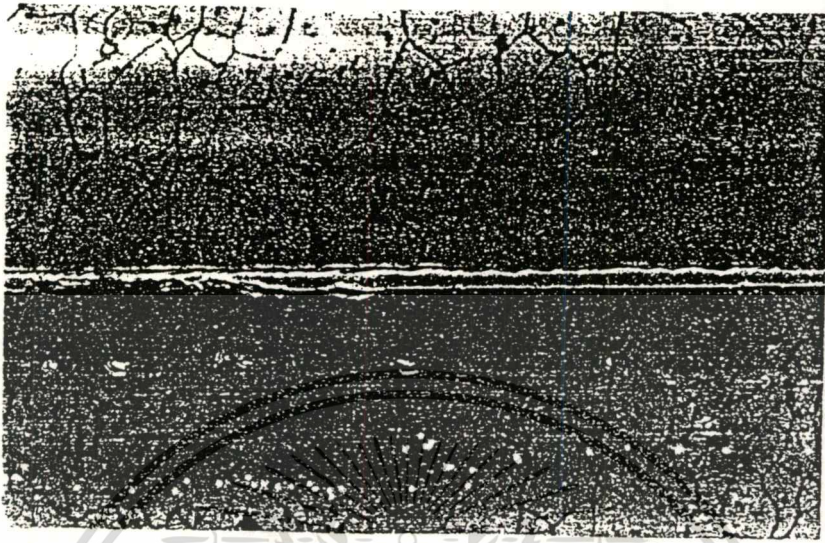
1.5 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย

การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและความหมาย ซึ่งอยู่ในแผนภูมิสมดุลงเหล็ก-คาร์บอนที่จำเป็นต้องทราบคือ

1.5.1 เฟอไรต์ คือ สารละลายในสภาพของแข็งของเหล็กกับคาร์บอน ซึ่งเกิดขึ้นที่อุณหภูมิธรรมดาจนถึงประมาณ 723 องศาเซลเซียสซึ่งคาร์บอนละลายในเหล็กได้มากที่สุดที่ 0.025 เปอร์เซ็นต์ บางครั้งเราเรียกเฟอไรต์ว่า เหล็กแอลฟา (α -iron) เฟอไรต์เป็นชื่อที่มาจากภาษาละตินเรียกว่า เฟอรัม (Ferrem) ซึ่งแปลว่า เหล็กโครงสร้างที่ประกอบด้วยเหล็กที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีการวางตัวของอะตอมเป็นแบบ BCC (Body Centered Cubic) เป็นสารแม่เหล็ก มีคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปคือ อ่อน เหนียว และไม่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ๆ จะเห็นโครงสร้างจุลภาคของเฟอร์ไรต์ได้
ดังรูปที่ 6.4

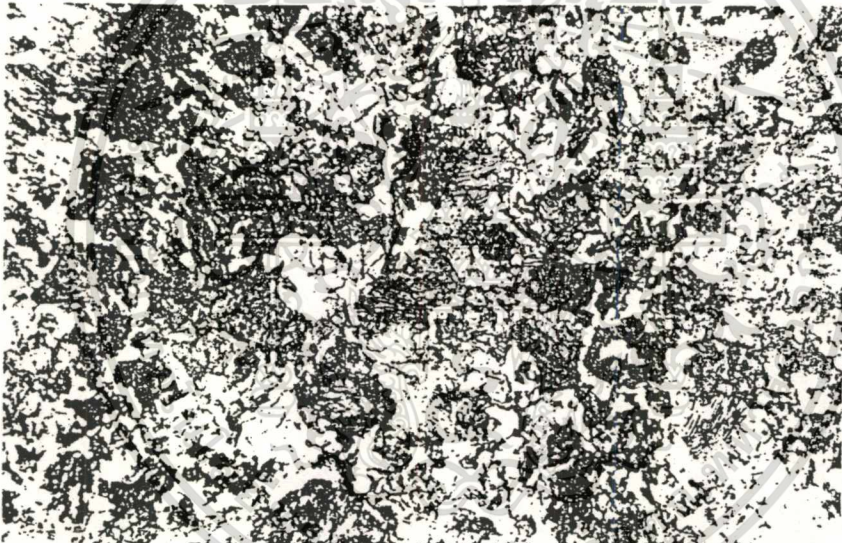


รูปที่ 6.4 โครงสร้างจุลภาคแบบเฟอร์ไรต์

โครงสร้าง	พื้นสีขาว ๆ คือเฟอร์ไรต์ เส้นเล็ก ๆ สีดำ ๆ เป็นทางยาว คือขอบเกรน (Grain Boundary) จุดดำ ๆ คือสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์ (Impurity) หรือหลุมเล็ก ๆ ซึ่งเกิดจากเม็ดกระดาษทราย ผังเข้าไปในเนื้อชิ้นงานเนื่องจากการขัด		
กำลังขยาย	: x 200		
การกัดกรด	: 3 เปอร์เซ็นต์ไนตอล (Nital) เวลาการกัดกรดประมาณ 11-12 วินาที		
ส่วนผสม	: คาร์บอน	0.02	เปอร์เซ็นต์
	: ซิลิคอน	0.24	เปอร์เซ็นต์
	: แมงกานีส	0.22	เปอร์เซ็นต์
	: ฟอสฟอรัส	0.005	เปอร์เซ็นต์
	: กำมะถัน	0.017	เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	: ใช้อบในเตาอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ใช้เวลาแช่ 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ (Normalizing)		
ความแข็ง	: 40 - 70 HB (ความแข็งบริเนลล์)		
ความเค้นแรงดึง	: 22 - 32 kgf/mm ²		
อัตราการยืดตัว	: 40 - 50 เปอร์เซ็นต์		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 เฟอร์ไรต์และเฟิร์ลไลต์ คือ เหล็กกล้าคาร์บอนโดยทั่ว ๆ ไป และจะมีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.10 เปอร์เซ็นต์ และจะมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟอร์ไรต์และเฟิร์ลไลต์ โครงสร้างเฟิร์ลไลต์มีอยู่ 2 เฟสเกิดขึ้นสลับกันคือ เฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์ เมื่อส่องดูจากกล้องจุลทรรศน์หลังจากการผ่านการกัดกรดแล้ว กรดจะกัดผิวหน้าของเฟิร์ลไลต์ให้เป็นแอ่งลึก ทำให้มองเห็นโครงสร้างจุลภาคเป็นชั้น ๆ ผืนสีดำ ถ้าเพิ่มปริมาณคาร์บอนทำให้มีความแข็งและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันจะยึดตัวและทนแรงกระแทกได้น้อยลง เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนมากกว่า 0.30 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะกับการใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โดยการผ่านการชุบแข็งและการอบคลายก่อนนำไปใช้งาน ส่วนเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนน้อยกว่า 0.30 เปอร์เซ็นต์จะชุบแข็งได้ยาก จากรูปที่ 6.5 โครงสร้างจุลภาคจะมองเห็นโครงสร้างเฟอร์ไรต์ที่เป็นพื้นสีขาว ๆ และโครงสร้างของเฟิร์ลไลต์เป็นพื้นเป็นชั้น ๆ สีดำได้ อย่างชัดเจน



รูปที่ 6.5 โครงสร้างจุลภาคแบบเฟิร์ลไลต์และเฟอร์ไรต์

- โครงสร้าง : พื้นสีขาวคือเฟอร์ไรต์ ส่วนสีดำเป็นผืนชั้น ๆ คือเฟิร์ลไลต์
- กำลังขยาย : x 100
- การกัดกรด : 3 เปอร์เซ็นต์ในดอล ใช้เวลาในการกัดกรด 9-10 วินาที

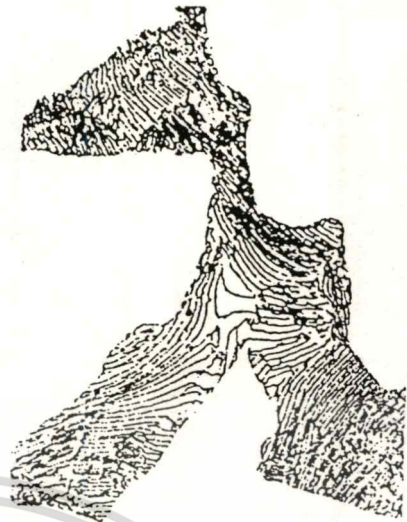
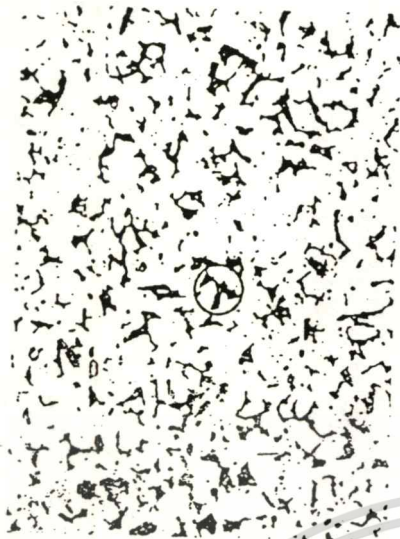
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสม	:	คาร์บอน	0.46	เปอร์เซ็นต์
		ซิลิคอน	0.24	เปอร์เซ็นต์
		แมงกานีส	0.69	เปอร์เซ็นต์
		ฟอสฟอรัส	0.005	เปอร์เซ็นต์
		กำมะถัน	0.022	เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้อบในเตาอุณหภูมิ 930 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการแช่ 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศปกติ คือการทำนอร์มาไลซิง -		
ความแข็ง	:	150 - 200 HB (ความแข็งบริเนลล์)		
ความเค้นแรงดึง	:	55 kgf/mm ²		
อัตราการยืดตัว	:	22 เปอร์เซ็นต์		

1.5.3 เฟอร์ไรต์ คือ โครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนยูติกตอยด์ ซึ่งเกิดการรวมตัวสลักัน 2 เฟสคือเฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์ โดยทั่วไปจะมีคาร์บอนผสมอยู่มากถึง 0.80 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนจะเป็นโครงสร้างของเฟอร์ไรต์มากที่สุดหมดทั้งก้อน เพราะผลจากการเกิดปฏิกิริยาของยูติกตอยด์ที่เกิดขึ้นที่สภาวะสมดุลที่อุณหภูมิ 723 องศาเซลเซียส ซึ่งมีเฟอร์ไรต์ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับซีเมนไทต์ 6.67 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน

เฟอร์ไรต์มาจากคำว่าเพิร์ล (Pearl) ซึ่งแปลว่าไข่มุก เนื่องจากว่าเมื่อส่องดูโครงสร้างจุลภาคที่มีกำลังขยาย 400 เท่าจะมองเห็นรูปร่างและวาวคล้ายไข่มุก ลักษณะที่พบมากคือเป็นแถบยาว ๆ บาง ๆ เป็นกลุ่มก้อนสีดำ

ถ้าส่วนผสมคาร์บอนเป็นเหล็กกล้ายูติกตอยด์นำมาให้ความร้อนในเตาอบสูงกว่าเส้น A1 ก็ได้โครงสร้างออสเทนไนต์แล้วทำให้เย็นอย่างช้า ๆ ในเตา ออสเทนไนต์ก็จะกลายเป็นเฟอร์ไรต์ทั้งหมด ลักษณะเป็นมันวาวคล้ายไข่มุก ในการกัดกรวดพบว่าเฟอร์ไรต์จะถูกกัดกร่อนได้ง่ายกว่า ซึ่งบริเวณนั้นจะมองเห็นเป็นชั้น ๆ สีดำ และมีเฟอร์ไรต์เป็นสีขาว ๆ เป็นแถบกว้าง

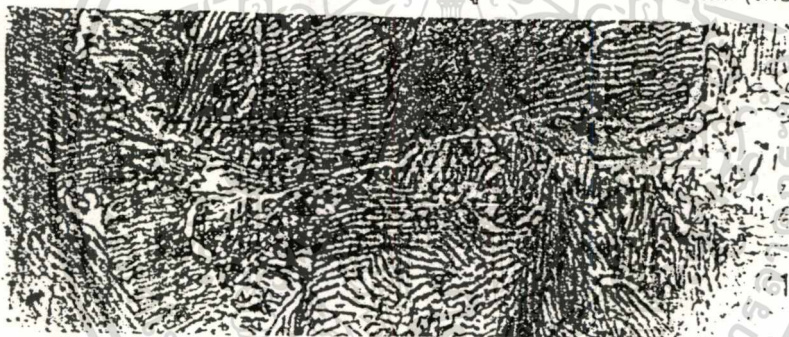


× 100 คาร์บอน
0.02 เปอร์เซนต์
กำลังขยาย × 100

สีขาวคือโครงสร้างเฟอร์ไรต์ สีดำเป็นผิวนิวเฟอไรต์

× 1300 คาร์บอน
0.02 เปอร์เซนต์
กำลังขยาย × 1300

รูปขยายโครงสร้างเฟอร์ไรต์ (เฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์)



รูปที่ 6.6 โครงสร้างจุลภาคแบบเฟอร์ไรต์

โครงสร้าง	:	โครงสร้างเฟอร์ไรต์นี้ประกอบด้วย การเรียงตัวของเฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์สลับกัน สีดำคือซีเมนไทต์และสีขาวคือเฟอร์ไรต์			
กำลังขยาย	:	× 200			
การกักกรด	:	3 เปอร์เซนต์ในตอล ใช้เวลาในการกัก 6-9 วินาที			
ส่วนผสม	:	คาร์บอน	0.88	เปอร์เซนต์	
		ซิลิคอน	0.28	เปอร์เซนต์	
		แมงกานีส	0.36	เปอร์เซนต์	
		ฟอสฟอรัส	0.02	เปอร์เซนต์	
		กำมะถัน	0.03	เปอร์เซนต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

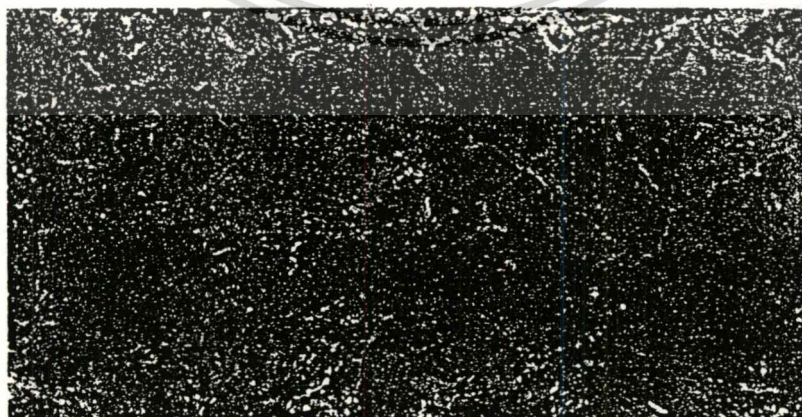
วิธีการทำ	:	ใช้อบในเตาอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวในเตา
ความแข็ง	:	180 - 200 HB (ความแข็งบริเนลล์)
ความเค้นแรงดึง	:	-
อัตราการยืดตัว	:	-

หมายเหตุ ระยะเวลาในการอบชุบขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงาน ถ้ากว้างยาวอย่างละ 2.5 เซนติเมตร ใช้เวลาในการอบแช่ 1 ชั่วโมง

1.5.4 ซีเมนไทต์ หรือไอออนคาร์ไบด์ ซีเมนไทต์ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงโลหะระหว่างเหล็กกับคาร์บอน ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งทนต่อการเสียดสีได้ดี เป็นตัวช่วยเสริมคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ในกรณีที่เกิดเหล็กกล้าที่ผ่านการอบชุบคาร์ไบด์จะแตกตัวในพื้นที่ของโครงสร้างพื้นฐาน ในกรณีที่เป็นโลหะผสมจะปนอยู่ในเนื้อเหล็ก เช่น ทั้งสแตนคาร์ไบด์ หรือโครเมียมคาร์ไบด์ ให้คุณสมบัติทนต่อการเสียดสีได้สูง

ซีเมนไทต์ไม่เพียงแต่เกิดขึ้นในเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากเท่านั้น ในเหล็กคาร์บอนต่ำก็อาจเกิดคาร์ไบด์ในพื้นที่ของเฟอร์ไรต์ได้เช่นกัน

ซีเมนไทต์แบบตาข่ายเกิดได้โดยการนำเอาเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเปอร์ยูเทกตอยด์ซึ่งมีคาร์บอนมากกว่า 0.8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เป็นโครงสร้างอสเทนไนต์แล้วทำให้เย็น ซีเมนไทต์ก็จะแยกตัวออกเป็นตาข่าย และอสเทนไนต์บางส่วนก็จะเป็นเฟิร์ลไลต์ ความแข็งและค่าความเค้นแรงดึงจะเพิ่มขึ้นแต่อัตราการยืดตัวและทนต่อแรงกระแทกจะลดลงซึ่งจำนวนการเกิดซีเมนไทต์ขึ้นอยู่กับส่วนผสม เปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่ผสมในเหล็กกล้าซีเมนไทต์แบบตาข่ายจะเกิดที่ 0.9-1.1 เปอร์เซ็นต์ และมีความเป็นแม่เหล็กต่ำ



รูปที่ 6.7 โครงสร้างจุลภาคแบบซีเมนไทต์ตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้าง	:	พื้นสีด้าล้อมรอบโครงสร้างพื้นฐานคือเพิร์ลไลต์ เส้นสีขาวที่ขอบเกรนเป็นโครงสร้างของซีเมนต์ตาข่าย
กำลังขยาย	:	x 250
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ในตอล ใช้เวลาในการกัด 9-11 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 1.16 เปอร์เซ็นต์ ซิลิคอน 0.24 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 0.46 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.01 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.02 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้อบในเตาอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในเตา
ความแข็ง	:	220 - 250 HB (ความแข็งบริเนลล์)
ความเค้นแรงดึง	:	75 - 110 kgf/mm ²
อัตราการยืดตัว	:	6 - 16 เปอร์เซ็นต์

1.5.5 ซีเมนต์ไทต์ก้อนกลม คือ การทำให้รูปร่างของซีเมนต์ไทต์ที่ได้ให้เป็นรูปก้อนกลม เพื่อให้อัตราการยืดตัวได้ดี ทนแรงกระแทกได้ดี มีความแข็งแรงสูง และทนความเค้นแรงดึงได้ดี

วิธีการ คือ นำเอาเหล็กที่มีโครงสร้างของเหล็กกล้าประเภทไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ที่มีคาร์บอนมากกว่า 0.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพิร์ลไลต์ที่ล้อมรอบด้วยซีเมนต์ไทต์แบบตาข่ายเอามาลดความเปราะเพิ่มความเหนียว โดยการนำเข้าเตาอบอุณหภูมิสูงเกินกว่าเส้น A1 ประมาณ 50 องศาเซลเซียส เผาแช่ไว้ระยะเวลาหนึ่ง ซีเมนต์ไทต์บางส่วนละลายเข้าในออสเทนไนต์ ส่วนที่เหลือจะแยกออกมีรูปร่างกลมและขนาดเล็ก ๆ

กระบวนการทำให้เป็นก้อนกลมมีได้หลายวิธีดังนี้

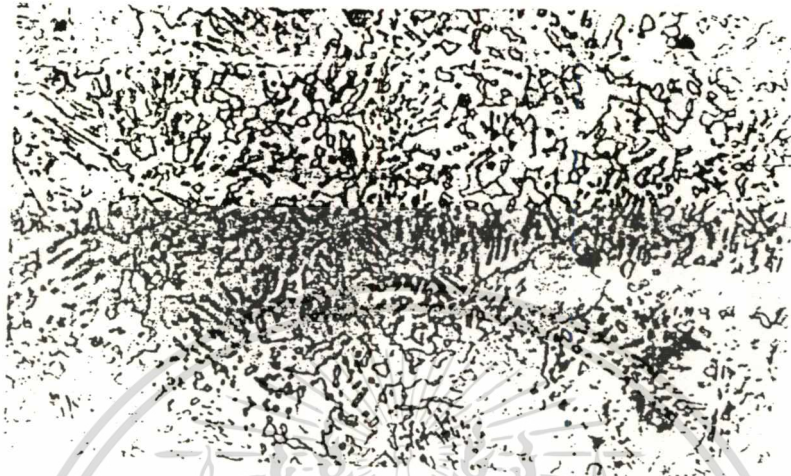
1. อบแช่ชิ้นงานในอุณหภูมิสูงเกินกว่าเส้น A1 ประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส แล้วเผาแช่ไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวช้า ๆ ในเตา โดยการปิดสวิตซ์ที่เตา
2. อบแช่ชิ้นงานในอุณหภูมิสูงเกินกว่าเส้น A1 ประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นต่ำกว่าเส้น A1 ประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผาแช่ประมาณ 10-14 ชั่วโมง แล้วทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง
3. เผาชิ้นงานให้ร้อนต่ำกว่าเส้น A1 เล็กน้อยประมาณ 10-20 องศาเซลเซียส แล้วแช่ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ในเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่นิยมใช้กันมากคือวิธีที่ 1

ข้อควรระวัง อย่าอบชิ้นงานไว้เหนือเส้น A1 นานเกินไป จะทำให้ซีเมนต์ไคต์ที่เป็น
ก้อนกลมมีขนาดใหญ่ ทำให้โครงสร้างไม่แข็งและเปราะได้



รูปที่ 6.8 โครงสร้างจุลภาคแบบซีเมนต์ไคต์ก้อนกลม

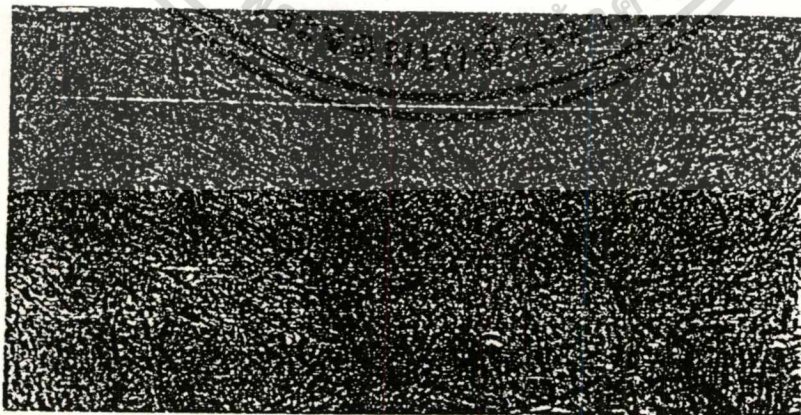
โครงสร้าง	:	เม็ดกลม ๆ สีขาว ๆ เป็นซีเมนต์ไคต์ และล้อมรอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานคือเฟอร์ไรต์
กำลังขยาย	:	x 200
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ในดอล ใช้เวลาในการกัด 7-9 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 1.15 เปอร์เซ็นต์
		ซิลิคอน 0.24 เปอร์เซ็นต์
		แมงกานีส 0.46 เปอร์เซ็นต์
		ฟอสฟอรัส 0.013 เปอร์เซ็นต์
		กำมะถัน 0.02 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้ออบในเตาอุณหภูมิ 760 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ 3 ชั่วโมง ปลดปล่อยให้เย็นตัวในเตาจนถึงอุณหภูมิ 320 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้อุณหภูมินี้ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วปลดปล่อยให้เย็นตัวในเตาจนถึงอุณหภูมิห้อง
ความแข็ง	:	160 - 210 HB (ความแข็งบริเนลล์)
ความเค้นแรงดึง	:	60 - 75 kgf/mm ²
อัตราการยืดตัว	:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.6 มาร์เทนไซต์ คือ โครงสร้างจุลภาคซึ่งไม่มีในแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน และได้จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเนื้อโลหะ อันเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งโครงสร้างนี้มีลักษณะดีเด่นคือ มีความแข็งแรงมาก มีขั้นตอนในการทำให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ ดังนี้

นำเอาชิ้นงานที่ได้จะเป็นเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ ซึ่งมีโครงสร้างภายในเป็นเฟอร์ไรต์กับเพิร์ลไลต์มาอบเผาแช่ไว้ในอุณหภูมิสูงเกินกว่าเส้น A1 จนถึงเส้น A3 และบวกเพิ่มอีกประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส โครงสร้างภายในเนื้อโลหะก็จะเปลี่ยนเป็นออสเทนไนต์ นำเอาออกมาจากเตาทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยการจุ่มน้ำ น้ำมัน แต่ที่นิยมมากคือการจุ่มลงในน้ำ โครงสร้างก็จะเปลี่ยนเป็นมาร์เทนไซต์ได้ตามต้องการ และต้องนำไปทำการอบคลายเทมเปอร์ เพื่อลดความเปราะก่อนนำไปใช้งาน

การทำเทมเปอร์มาร์เทนไซต์นี้เหมาะกับงานที่ทำขึ้นส่วนอะไหล่ที่ต้องการให้ทนต่อการเสียดสีและทนต่อการสึกหรอได้ดี เราสามารถเขียนขั้นตอนในการทำมาร์เทนไซต์ได้ดังนี้



รูปที่ 6.9 โครงสร้างจุลภาคแบบมาร์เทนไซต์

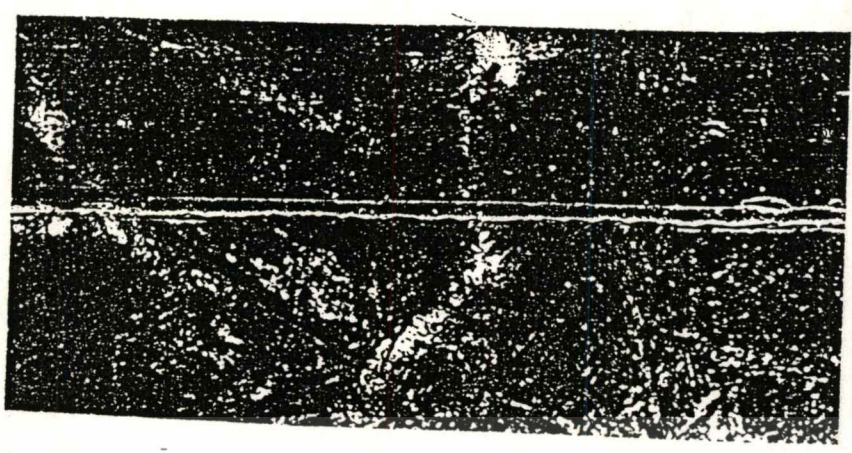
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้าง	:	โครงสร้างนี้เรียกว่าโครงสร้างมาร์เทนไซต์ มีรูปร่างเหมือนเข็ม
กำลังขยาย	:	x 100
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ในดอล ใช้เวลาในการกัด 10-15 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 0.50 เปอร์เซ็นต์
		ซิลิคอน 0.28 เปอร์เซ็นต์
		แมงกานีส 0.36 เปอร์เซ็นต์
		ฟอสฟอรัส 0.02 เปอร์เซ็นต์
		กำมะถัน 0.013 เปอร์เซ็นต์ -
วิธีการทำ	:	ใช้อบในความร้อนในเตาอุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้โครงสร้างเป็นออสเทนไนต์ หลังจากนั้นนำออกมาทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการจุ่มน้ำได้โครงสร้างใหม่เป็นมาร์เทนไซต์
ความแข็ง	:	60 HRC (ร็อกเวลล์สเกล C)
หมายเหตุ	:	หลังจากที่ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์แล้ว ต้องทำการอบคลายหรือการอบคืนตัวโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 100-200 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ

1.5.7 เบนไนต์แบบเข็ม (Lower Bainite หรือ Acicular) คือ โครงสร้างที่ได้แตกตัวมาจากโครงสร้างออสเทนไนต์ ซึ่งตั้งชื่อตามผู้พบเป็นคนแรก คือ อี.ซี.เบน (E.C.Bain) เมื่อปี พ.ศ.2473 ซึ่งเป็นผลมาจากการแตกตัวของโครงสร้างของออสเทนไนต์ ประกอบด้วยเฟอร์ไรต์และคาร์ไบด์ซีเมนไทต์ ถ้าเรามองตามกราฟแบบ S (S-curve) จะพบว่าเกิดการเกิดเบนไนต์แบบเข็มจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าแบบขนนก คืออยู่ในช่วงประมาณ 300 องศาเซลเซียส

วิธีการ คือ เรานำเอาชิ้นงานที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.87 เปอร์เซ็นต์ คือ เหล็กกล้าคาร์บอนยูเต็กตอยด์นั่นเอง มีโครงสร้างภายในเนื้อโลหะเป็นเฟอร์ไรต์ทั้งหมด นำมาเผาแช่ไว้ในเตาอบที่มีอุณหภูมิสูงเกินกว่าเส้น A1 ได้โครงสร้างออสเทนไนต์ แล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ก็จะได้โครงสร้างเบนไนต์เป็นแบบเข็ม และที่อุณหภูมินี้โครงสร้างจะเริ่มเปลี่ยนตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุด ต้องดูกราฟแบบ S ประกอบด้วย โครงสร้างเบนไนต์แบบเข็มนี้รูปร่างคล้ายกับมาร์เทนไซต์ ต่างกันตรงที่เมื่อนำมากัดกรดพื้นผิวจะถูกกัดได้ง่ายกว่ามาร์เทนไซต์ เพราะความแข็งน้อยกว่า แต่จะให้ค่าความเหนียวที่ดีกว่ามาร์เทนไซต์ ทนต่อแรงกระแทกและมีอัตราการยืดตัวที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 โครงสร้างจุลภาคของเบนไนต์แบบเข็มหรือโลเวอร์เบนไนต์

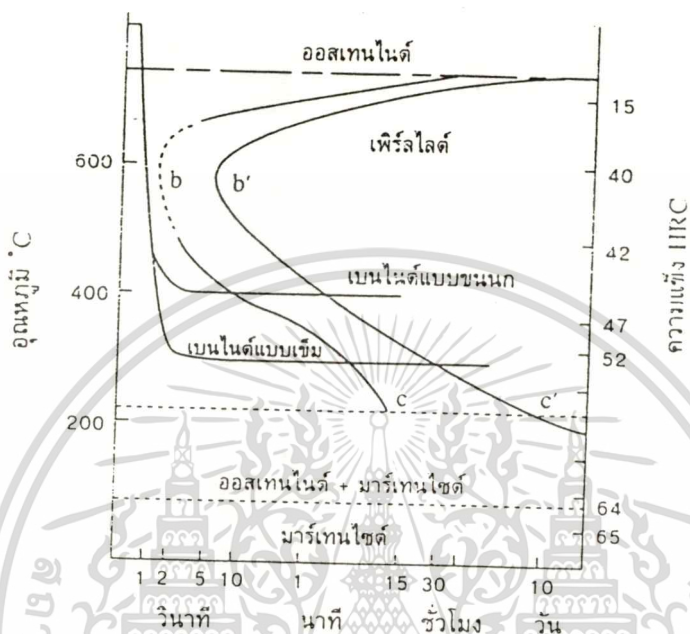
โครงสร้าง	:	ส่วนที่เป็นสีดำมีรูปร่างคล้ายเข็มคือโลเวอร์เบนไนต์ และสีขาวที่แทรกคือมาร์เทนไซต์ และมีออสเทนไนต์ตกค้าง
กำลังขยาย	:	x 200
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ในดอล ใช้เวลาในการกัด 5-10 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 0.87 เปอร์เซ็นต์
	:	ซิลิคอน 0.22 เปอร์เซ็นต์
	:	แมงกานีส 0.46 เปอร์เซ็นต์
	:	ฟอสฟอรัส 0.005 เปอร์เซ็นต์
	:	กำมะถัน 0.006 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้อบให้ความร้อนในเตาอุณหภูมิ 880-890 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาเผาแช่ 30 นาที ต่อจากนั้นเอาออกมาชุบในน้ำเกลือที่อุณหภูมิ 290 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 10-15 นาที แล้วดึงออกมาจุ่มลงในน้ำ
ความแข็ง	:	50 - 55 HRC (ความแข็งร็อกเวลล์สเกล C)

1.5.8 เบนไนต์แบบขนนก (Upper Bainite หรือ Feathery) คือ โครงสร้างที่แตกตัวมาจากโครงสร้างออสเทนไนต์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกิดการผลระหว่างเฟอร์ไรต์และคาร์ไบด์ ต่างกับโครงสร้างของเฟิร์ลไลต์ ซึ่งเฟิร์ลไลต์คือโครงสร้างเฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์เรียงสลับกันเป็นชั้น ๆ วิธีนี้คล้ายกับแบบเข็ม ต่างกันเพียงแต่อุณหภูมิในการเผาแช่ในช่วงทำให้เย็นสูงกว่าแบบเข็มคือประมาณ 400 องศาเซลเซียส และในการทำให้เย็นต้องนำมาชุบในเตาเกลือ (Salt Bath) และแช่ไว้ระยะเวลาสั้นนานพอสมควร โดยรักษาอุณหภูมิของเตาเกลือไว้ให้ได้ 400 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเตาเกลือยิ่งต่ำจะทำให้ความแข็งที่ได้สูงมากขึ้นด้วย ให้ดูกราฟแบบ S ที่ 0.89 เปอร์เซนต์คาร์บอนประกอบ

กราฟแบบ S ของเหล็กกล้าที่มีคาร์บอน 0.89 เปอร์เซนต์



รูปที่ 6.11 การอบชุบเหล็กกล้าเพื่อให้ได้โครงสร้างแบบเบนไนต์



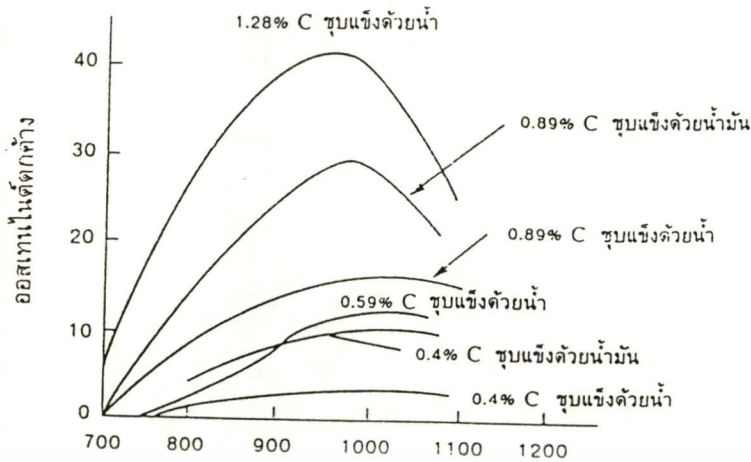
รูปที่ 6.11 โครงสร้างจุลภาคเบนไนต์แบบขนนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

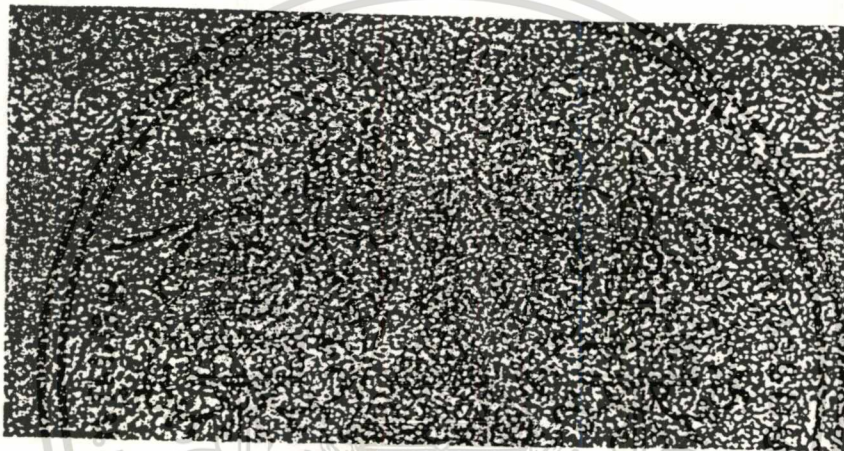
โครงสร้าง	:	พื้นสีขาวโครงสร้างพื้นฐานคือมาร์เทนไซต์ และสีดำคือโครงสร้างเพิร์ลไลต์
กำลังขยาย	:	x 300
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ในดอล ใช้เวลาในการกัด 5-8 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 0.87 เปอร์เซ็นต์ ซิลิคอน 0.22 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 0.46 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.017 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.012 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้อบให้ความร้อนในเตาอุณหภูมิ 930 องศาเซลเซียส เวลาในการเผาแช่ 20 นาที ต่อจากนั้นเอาออกมาชุบในอ่างเกลือที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 50 นาที แล้วทำให้เย็นในน้ำ
ความแข็ง	:	51 - 55 HRC (ความแข็งร็อกเวลล์สเกล C)

1.5.9 ออสเทนไนต์ (Austenite) คือ โครงสร้างที่ได้มาจากการนำเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์มาเข้าในเตาอบที่อุณหภูมิสูงเกินกว่าเส้น A1 โครงสร้างภายในก็จะเปลี่ยนเป็นออสเทนไนต์ ผู้ที่ค้นพบเป็นคนแรกคือ โรเบิร์ต มาร์ติน (Robert Martin) จากโครงสร้างออสเทนไนต์เรานำมาชุบแข็งโดยการทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วด้วยการจุ่มน้ำหรือน้ำมัน โครงสร้างก็จะเปลี่ยนเป็นมาร์เทนไซต์ แต่มีส่วนหนึ่งยังเป็นออสเทนไนต์อยู่เรียกว่า ออสเทนไนต์ตกค้าง (Retained Austenite) ปริมาณของออสเทนไนต์ที่ตกค้างจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนที่ผสมในเหล็ก อุณหภูมิชุบแข็งและวิธีการทำให้เย็น เราสามารถทำให้ออสเทนไนต์ตกค้างหมดไปได้โดยการทำการอบคืนตัวหรือการทำเทมเปอร์ริง (Tempering) โดยอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดในการทำแล้วแต่โลหะแต่ละชนิด เช่น เหล็กกล้าที่ใช้ทำแม่พิมพ์ ใช้อุณหภูมิในการทำเทมเปอร์ริงประมาณ 550-600 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 6.12 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์การเกิดออสเทนไนต์ตกค้างกับการชุบแข็งด้วยน้ำมัน และอุณหภูมิในการชุบแข็ง



รูปที่ 6.12 ความสัมพันธ์การเกิดออสเทนไนต์ตกค้าง



รูปที่ 6.13 โครงสร้างจุลภาคแบบมาร์เทนไซต์และออสเทนไนต์ตกค้าง (สีขาว) และส่วนที่เป็นเส้นสีดำ ๆ คือมาร์เทนไซต์แบบเข็ม

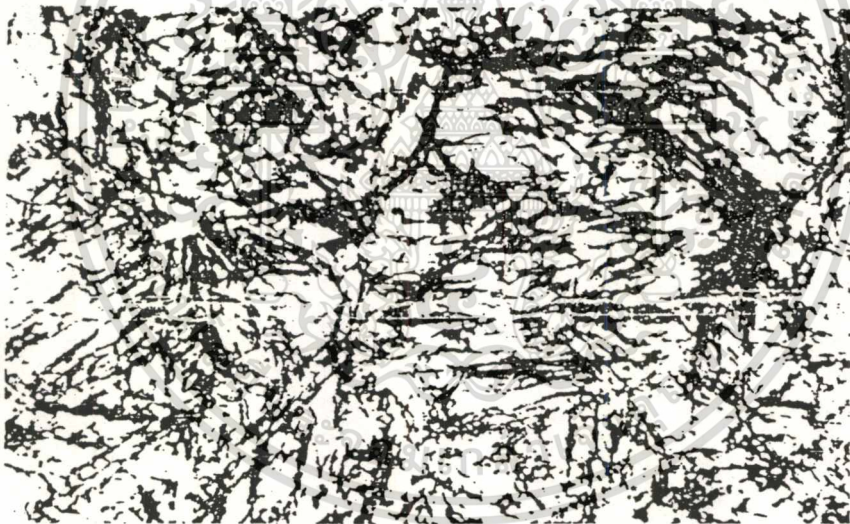
โครงสร้าง	:	โครงสร้างพื้นฐานสีขาวคือออสเทนไนต์ตกค้าง (สีขาว) และส่วนที่เป็นเส้นสีดำ ๆ คือมาร์เทนไซต์แบบเข็ม
กำลังขยาย	:	x 400
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ไนตอล ใช้เวลาในการกัด 10-11 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 1.16 เปอร์เซ็นต์ ซิลิคอน 0.24 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 0.46 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.02 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.17 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้ออบในเตาอุณหภูมิ 1030 องศาเซลเซียสแล้วจุ่มลงในน้ำมัน
ความแข็ง	:	60 HRC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.10 ซอร์ไบต์ (Sorbite) คือ โครงสร้างที่ผ่านการทำเหมเปอริงมาแล้วนั่นเอง หรือหลังจากที่ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ ซึ่งมีความแข็งและเปราะมากแล้ว เราต้องทำการลดความเปราะลงโดยการทำเหมเปอริง วิธีการคือนำโครงสร้างมาร์เทนไซต์ที่ได้มาเข้าในเตาอบให้ร้อนจนอุณหภูมิประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส แช่ไว้ระยะเวลาหนึ่งแล้วดึงออกมาปล่อยให้เย็นตัวในอากาศก็จะได้โครงสร้างซอร์ไบต์ตามต้องการ

ถ้าเปรียบเทียบความแข็งของซอร์ไบต์และทูลไซต์ พบว่าซอร์ไบต์จะมีความแข็งและความแข็งแรงน้อยกว่าทูลไซต์ แต่เมื่อใช้งาน ณ อุณหภูมิต่ำมาก เช่น -25 องศาเซลเซียส ถึง -40 องศาเซลเซียส จะไม่เปราะและให้คุณสมบัติทางกลที่ดี ใช้ในการทำอะไหล่เครื่องจักรกล มีคุณสมบัติเพิ่มความเหนียวอีกด้วย

ความแตกต่างเรื่องโครงสร้างภายในเนื้อโลหะระหว่างซอร์ไบต์และทูลไซต์คือความหนาแน่นของเฟอไรต์และซีเมนไทต์ (เฟิร์ลไลต์) ซอร์ไบต์มีมากกว่าทูลไซต์ และความหนาแน่นของซีเมนไทต์แบบซอร์ไบต์จะน้อยกว่าทูลไซต์



รูปที่ 6.14 โครงสร้างจุลภาคแบบซอร์ไบต์

โครงสร้าง	:	โครงสร้างซอร์ไบต์ คือโครงสร้างของเฟอไรต์และซีเมนไทต์ที่มีความละเอียด
กำลังขยาย	:	x 400
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ไนตอล ใช้เวลาในการกัดประมาณ 7-8 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสม	:	คาร์บอน	0.88	เปอร์เซ็นต์
		ซิลิคอน	0.28	เปอร์เซ็นต์
		แมงกานีส	0.36	เปอร์เซ็นต์
		ฟอสฟอรัส	0.02	เปอร์เซ็นต์
		กำมะถัน	0.013	เปอร์เซ็นต์

วิธีการทำ : ใช้อบในเตาอุณหภูมิ 840 องศาเซลเซียส เผาแช่ไว้ 30 นาที แล้วชุบน้ำ หลังจากนั้นทำการอบคลายหรือเทมเปอร์ิ่ง ที่อุณหภูมิ 580 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการแช่ 60 นาที แล้วดึงออกมาปล่อยให้เย็นในอากาศ

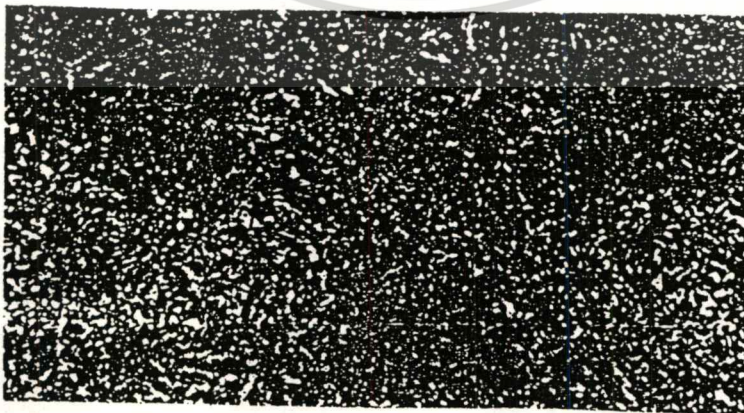
ความแข็ง : 30 - 40 HRC (ร็อกเวลล์สเกล C)

ความเค้นแรงดึง : 110 - 130 kgf/mm²

อัตราการยืดตัว : 10 - 15 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ โครงสร้างซอร์ไบต์คือโครงสร้างเทมเปอร์มาร์เทนไซต์นั่นเอง

1.5.11 **ทรูสไตต์ (Troostite)** คือ โครงสร้างของมาร์เทนไซต์ที่มีความละเอียดมาก โดยการแยกตัวของเฟอร์ไรต์และซีเมนไตต์เป็นสารประกอบคาร์บอนเรียกว่าคาร์ไบด์ วิธีการทำคือนำเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทยูเทคตอยด์ที่มีโครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์มาอบให้ความร้อนเกินกว่าเส้น A1 และใช้เวลาในการเผาแช่เร็วมากคือประมาณ 30 วินาที แล้วดึงออกมาชุบน้ำ หลังจากนั้นเอาใส่ในเตาที่มีอุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียส ซีเมนไตต์ก็จะแตกตัวออกมาเป็นคาร์ไบด์เพิ่มมากขึ้นได้ โครงสร้างที่เรียกว่าทรูสไตต์ มีคุณสมบัติที่ทำให้ความแข็งลดลง แต่ได้ความเหนียวตามมาและจะถูกกัดกร่อนได้ง่าย เพื่อทำการกัดกรดเพื่อดูโครงสร้างจุลภาค

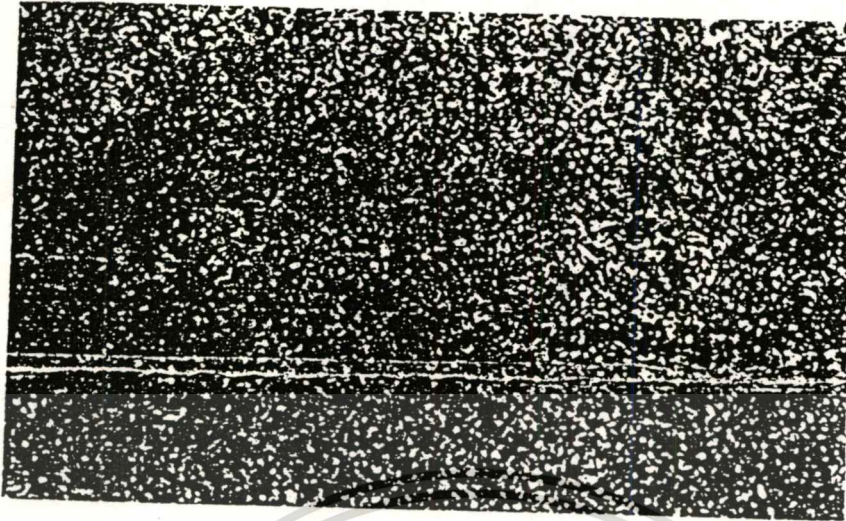


รูปที่ 6.15 โครงสร้างจุลภาคแบบทรูสไตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้าง	:	โครงสร้างทรงแท้ ที่มีโครงสร้างเป็นพื้นสีดำ ๆ
กำลังขยาย	:	x 400
การกัดกรด	:	3 เปอร์เซ็นต์ในดอล ใช้เวลาในการกัดกรด 8-10 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 0.81 เปอร์เซ็นต์ ซิลิคอน 0.025 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 0.036 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.02 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.013 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้อบในเตาอุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส เผาแช่ 30 วินาที แล้วจึงนำออกมาชุบในน้ำ หลังจากนั้นนำไปทำเทมเปอร์িং ให้อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที
ความแข็ง	:	50 HRC (ความแข็งร็อกเวลล์สเกล C)
ความเค้นแรงดึง	:	-
อัตราการยืดตัว	:	-

1.5.12 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS₃ เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ (Alloy Tool Steel) คือ เหล็กกล้าที่เหมาะสมในการทำเครื่องมือ เครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ เพราะเหล็กผสมชนิดนี้มีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอได้ดีมาก เหมาะใช้สำหรับทำเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ หรือทำแม่พิมพ์ และเป็นเหล็กผสมชนิดที่เหมาะสมมากในการชุบแข็ง บางครั้งเรียกเหล็กผสมชนิดนี้ว่า SKS₃ สามารถทำให้แข็งได้ดีเพราะว่าการขยายตัวในการอบชุบมีน้อยมาก เนื่องจากได้ผสมแมงกานีสลงไป เหล็กประมาณ 0.9-1.2 เปอร์เซ็นต์ เหล็กกล้าผสมชนิดนี้ต้องผ่านการขึ้นรูปแบบร้อน (Hot Working) มาก่อน ก่อนนำไปใช้งานต้องทำให้คาร์ไบด์เป็นก้อนกลมเสียก่อนเพื่อลดคาร์ไบด์ที่เป็นเส้น วิธีการทำก็คือ นำโลหะเหล็กทำเครื่องมือมาให้ความร้อนแก่ชิ้นงานอุณหภูมิประมาณ 750-800 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ประมาณ 15 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ในเตาอบ



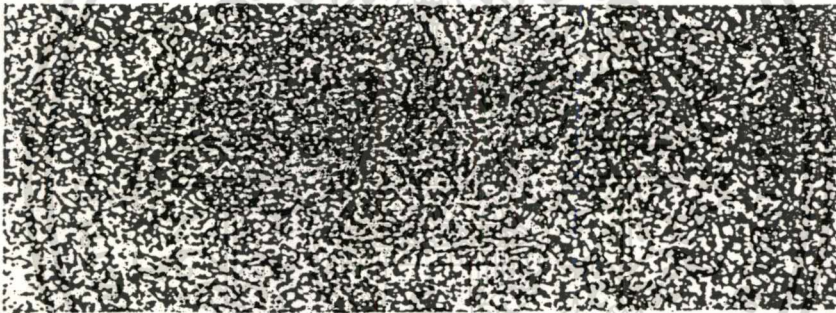
รูปที่ 6.16 โครงสร้างจุลภาคแบบเหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ

โครงสร้าง	:	โครงสร้างพื้นฐานคือเฟอร์ไรต์ และที่เป็นเม็ดกลมสีดำช่องว่างขาวคือคาร์ไบด์
กำลังขยาย	:	x 500
การกัดกรด	:	5 เปอร์เซ็นต์พิกรอล (Picral) ใช้เวลาในการกัด 10-12 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 0.97 เปอร์เซ็นต์ ซิลิคอน 0.23 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 1.01 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.019 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.01 เปอร์เซ็นต์
วิธีการทำ	:	ใช้ออบในเตาอุณหภูมิ 740 องศาเซลเซียส เวลาในการเผาแช่ 30 นาที แล้วทำให้เย็นอย่างช้า ๆ ในเตาประมาณ 15 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง จนถึงอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นตัวในเตา
ความแข็ง	:	187 HB (ความแข็งบริเนลล์)
ความเค้นแรงดึง	:	-
อัตราการยืดตัว	:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.13 เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิด SKS₄ (Alloy Tool Steel) เหมาะสำหรับใช้ใน งานด้านวิศวกรรมโลหะ ใช้งานได้ทั้งงานร้อนและงานเย็น ได้แก่ แม่พิมพ์ตัด ใบตัดโลหะ เหล็กสกัด เป็นต้น มีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความเหนียว ทนต่อแรงกระแทกได้ดี มีความร้อนสูงและทนต่อการสึกหรอได้ดี เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิดนี้มีหลักอยู่ว่าต้องเลือกคาร์บอนที่ผสมในเหล็กไม่สูงมากนัก และเมื่อผ่านการชุบแข็งมาแล้ว จำเป็นต้องเลือกอุณหภูมิความร้อนในการทำเทมเปอร์ริงให้สูงด้วย และเมื่อทำ เทมเปอร์ริงแล้ววัดความแข็งต้องได้อย่างน้อย 50 HRC (50 ความแข็งร็อกเวลล์สเกล C)

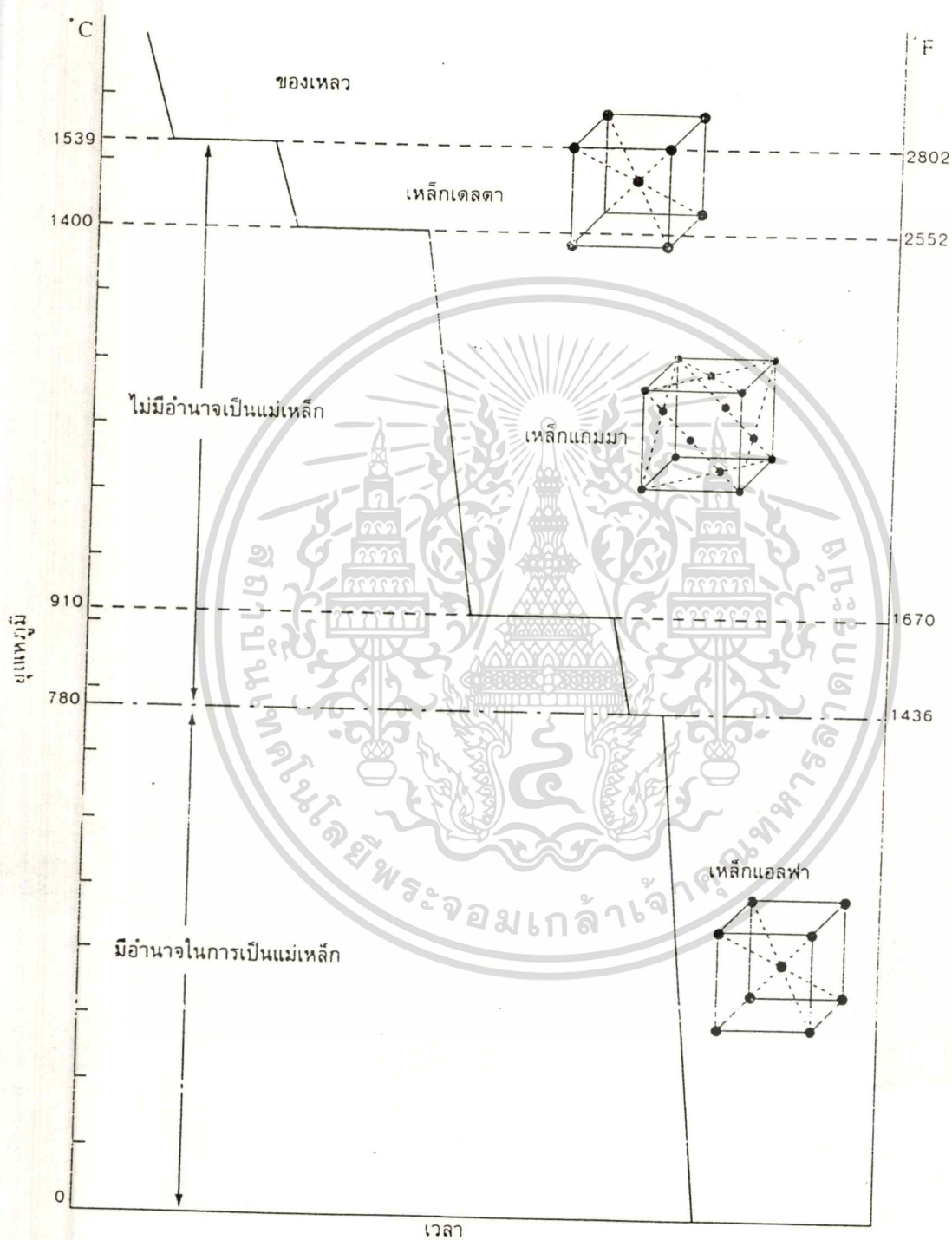
เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือชนิดนี้สามารถทนต่อแรงกระแทกได้ดี เพราะมีส่วนผสมของ โครเมียมและทังสแตนในระดับปานกลาง และถ้าเหล็กกล้าผสมชนิดนี้ผ่านการขึ้นรูปด้วยวิธีร้อนแล้ว ก่อนนำไปใช้งานต้องทำการอบอ่อนแอนเนียลิ่ง (Annealing) เสียก่อน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 780-800 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้ลดความเครียดภายในโครงสร้างได้



รูปที่ 6.17 โครงสร้างจุลภาคแบบเหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ

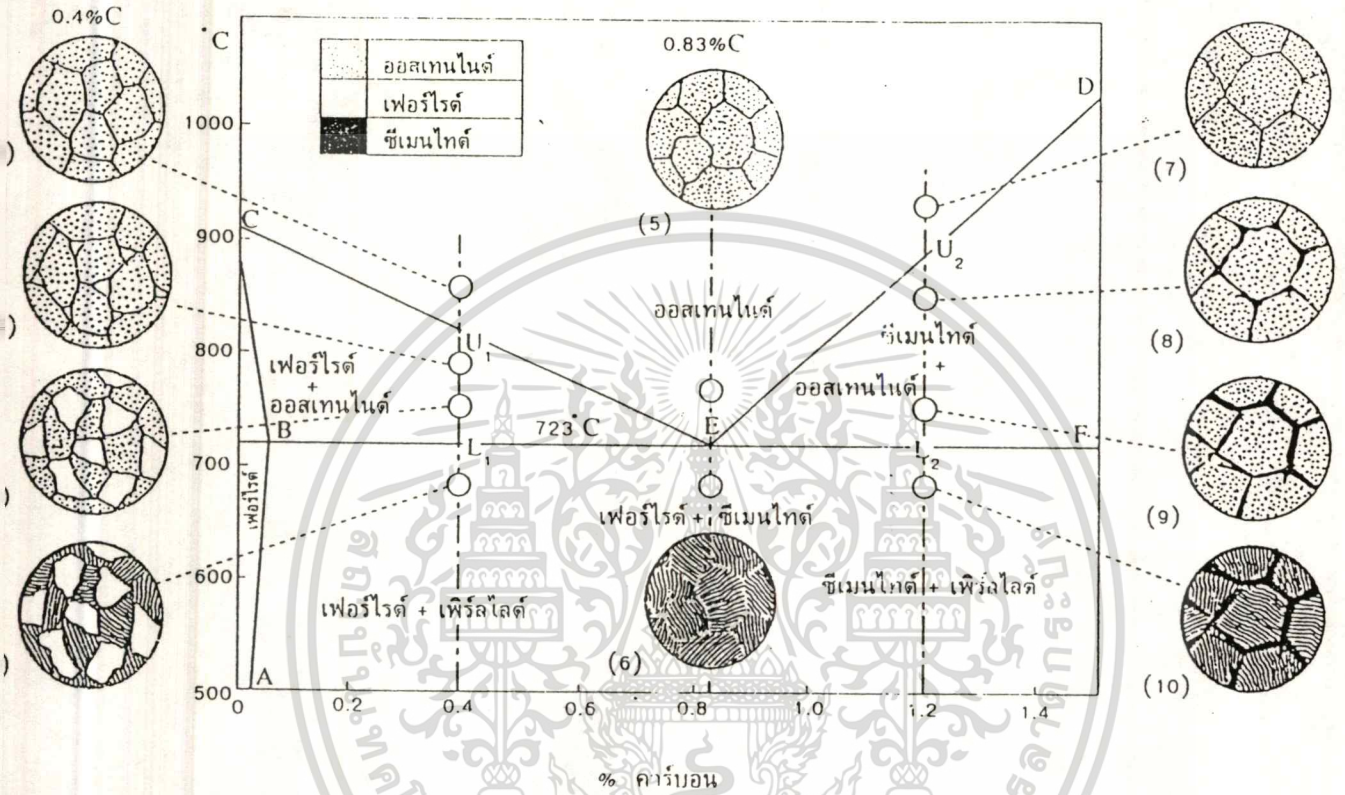
โครงสร้าง	:	พื้นที่สีขาว ๆ คือคาร์ไบด์ ส่วนเม็ดสีดำคือคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย ในออสเทนไนต์ รวมเรียกว่า โครงสร้างเทมเปอร์มาเทนไนต์
กำลังขยาย	:	x 500
การกัดกรด	:	5 เปอร์เซ็นต์ฟิครอล ใช้เวลาในการกัด 10-14 วินาที
ส่วนผสม	:	คาร์บอน 0.52 เปอร์เซ็นต์
		ซิลิคอน 0.34 เปอร์เซ็นต์
		แมงกานีส 0.47 เปอร์เซ็นต์
		ฟอสฟอรัส 0.017 เปอร์เซ็นต์
		กำมะถัน 0.008 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.19 การเปลี่ยนแปลงการเป็นแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 6.20 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



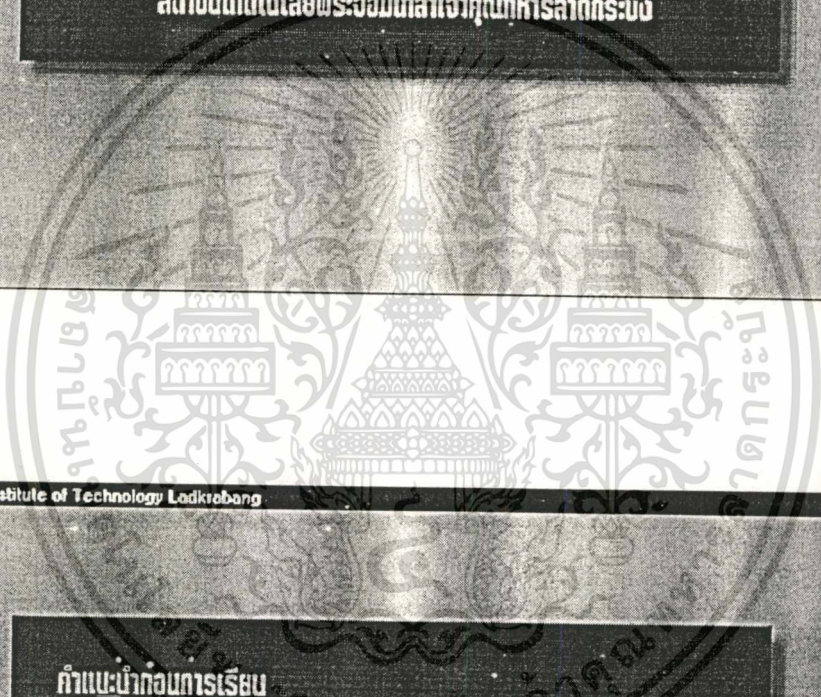
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang



บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
วิชา วัสดุช่าง
เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ

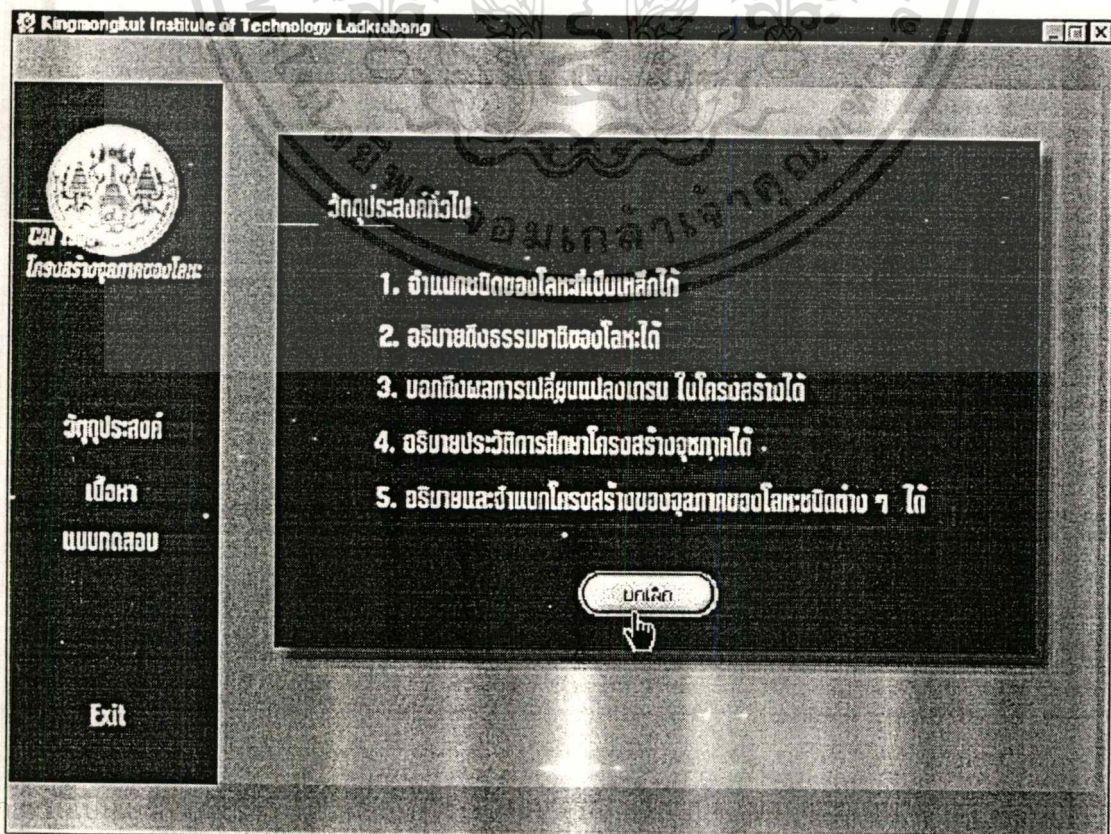
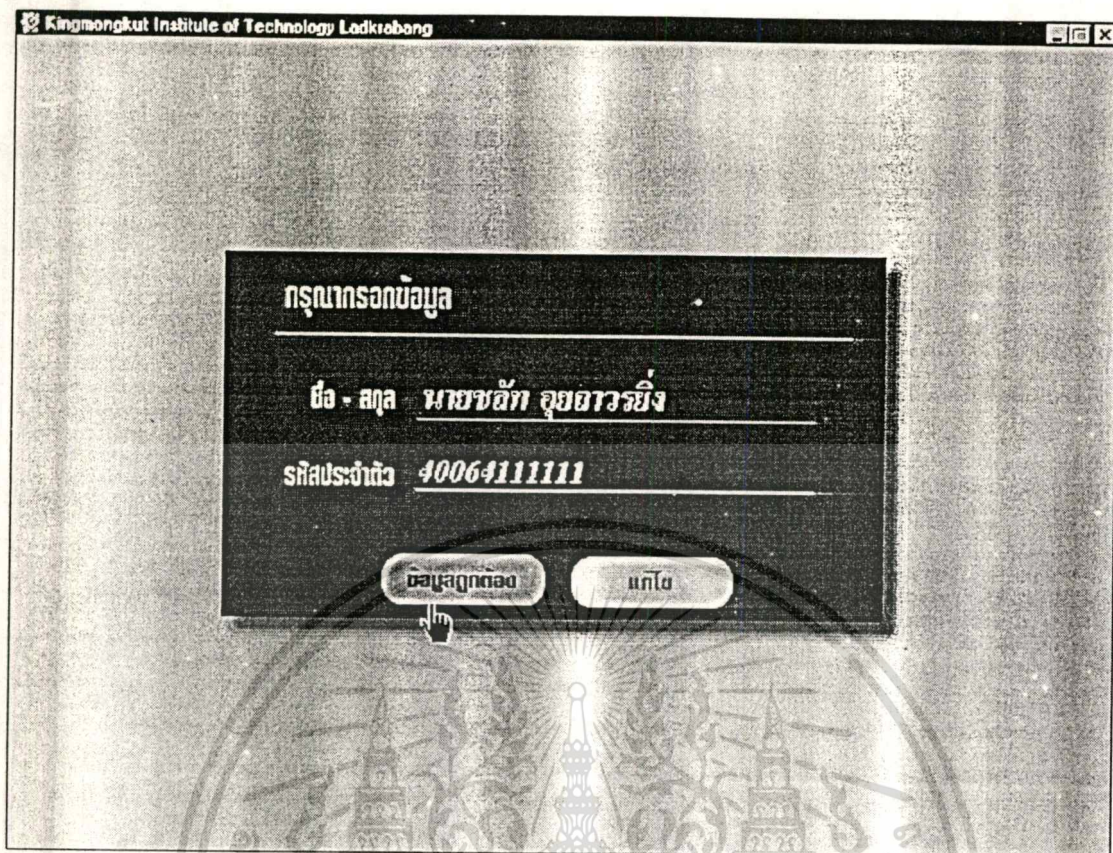
โดย
ชลิก อุตถาวรยิ่ง
 บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



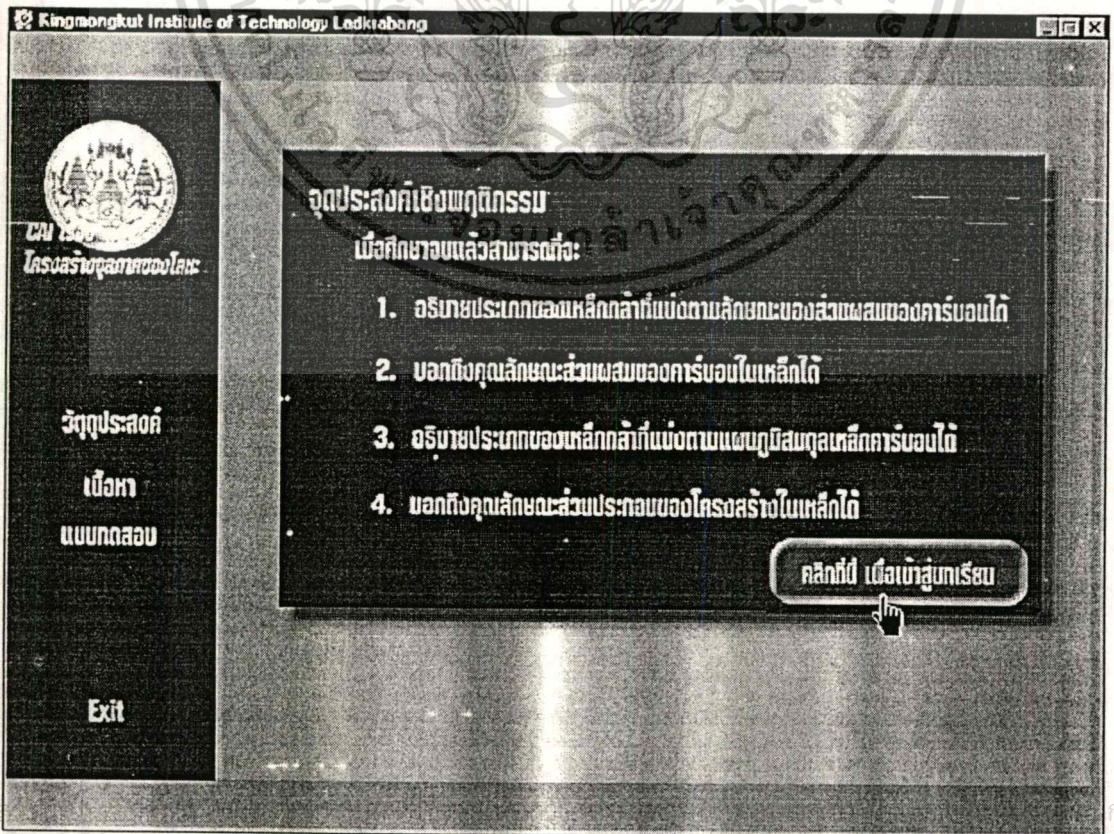
Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

คำแนะนำก่อนการเรียน

1. การเรียนต้องเรียนไปตามลำดับของเนื้อหา จากหน่วยเรียนที่ 1 ไปตามหน่วยเรียนที่ 2 ,3 ,4 และ 5 ตามลำดับ
2. การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตามข้อตกลงอย่างเคร่งครัด



ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอก การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang



CU 1000
โครงการบูรณาการของโลหะ

วัตถุประสงค์
เนื้อหา
แบบทดสอบ

Exit

1. โลหะที่เป็นเหล็ก



1.1 แบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน
1.2 แบ่งตามเส้นเอมพิส หลุดเหล็ก-คาร์บอน

หน้าที่ 1 / 8

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang



CU 1000
โครงการบูรณาการของโลหะ

วัตถุประสงค์
เนื้อหา
แบบทดสอบ

Exit

1.1 แบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน (Carbon Steel)




1.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)
1.1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medtura Carbon Steel)
1.1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)

หน้าที่ 2 / 8

เอก... การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

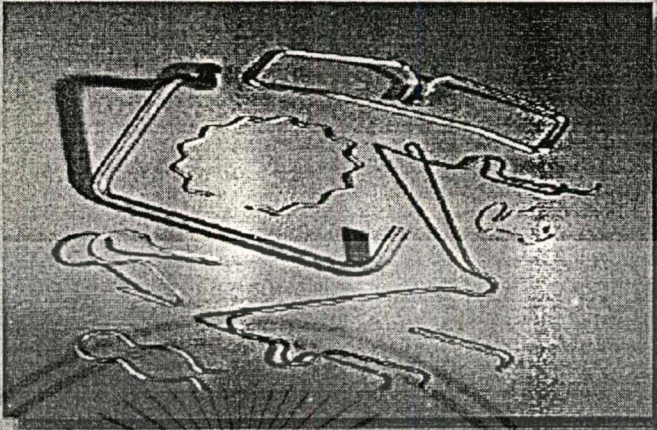


CAI สถาบัน
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์
เนื้อหา
แบบทดสอบ

Exit


1.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)



ภาพนำไปใช้งาน ไล่เต๋ เหล็กเต๋ในเงาเคลือบรัง สันฉวด เหล็กแผ่น เป็นต้น

หน้าที่ 3 / 8

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

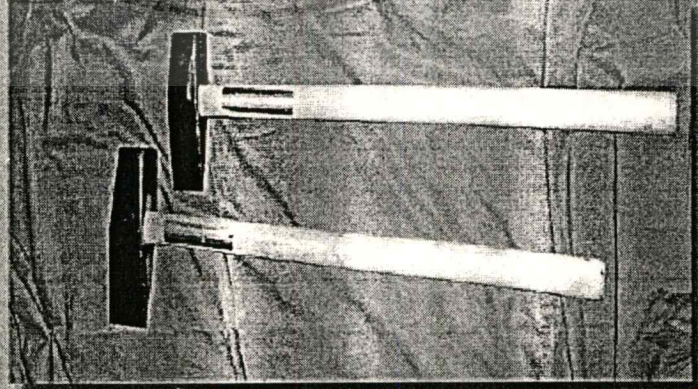


CAI สถาบัน
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์
เนื้อหา
แบบทดสอบ

Exit


1.1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (MEDIUM CARBON STEEL)



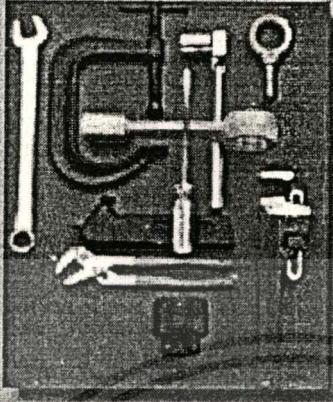
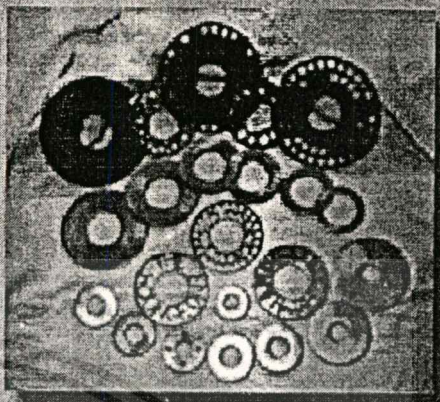
ภาพนำไปใช้งาน ไล่เต๋ รางรถไฟ เผลดงก้าง หัวฉ้อน เป็นต้น

หน้าที่ 4 / 8

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang




1.1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (HIGH CARBON STEEL)


ความเป็นไปใช้งาน : ใช้ทำเครื่องมือ (Tool Steel) และอุปกรณ์กลมต่าง ๆ เช่น
 ดอกสว่าน ใบตัดยกรรไกร ตะไบ เป็นต้น

Exit

หน้า 5 / 8



Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang



1.2 แบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน

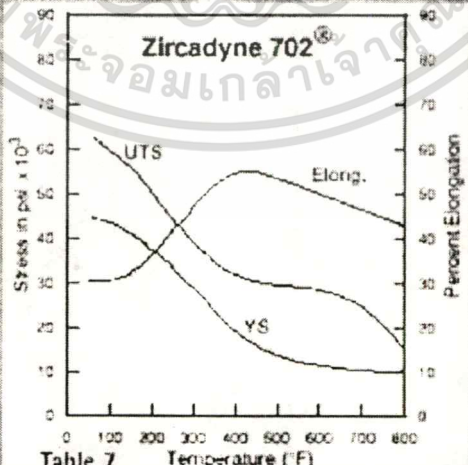



Table 7 Temperature (°F)

Exit

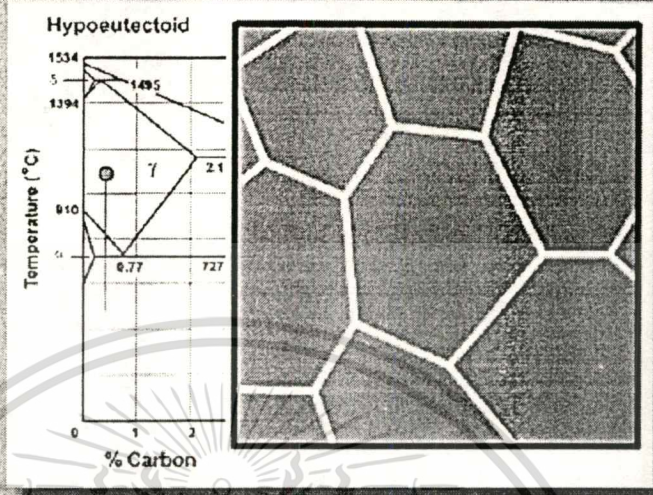
หน้า 5 / 8



- 1.2.1 เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (HYPO EUTECTOID)
- 1.2.2 เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ (HYPER EUTECTOID)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (HYPO EUTECTOID)

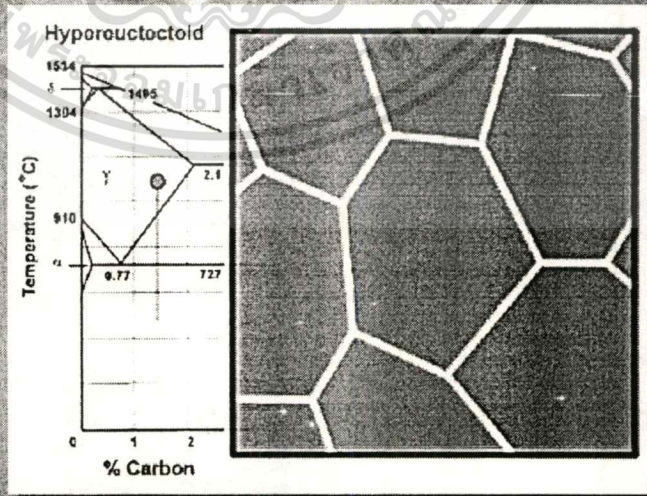


การใช้งาน ได้แต่ โครงสร้างในงานก่อสร้างทุกชนิด เหล็กในงานเชื่อมโลหะ เป็นต้น

หน้า 7 / 8



1.2.2 เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเพอร์ยูเทคตอยด์



การใช้งาน

ใช้แก่ ผลิตภัณฑ์ ไขล้อรถ ดอกฉว่าน


คลิกที่นี่ เพื่อทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

หน้า 8 / 8



Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 1/8



CU Ladkrabang
โรงเรียนอุตสาหกรรมของโลหะ

เลือกคำตอบ

ก

ข

ค

ง

1. ผู้ค้นพบการผลิตเหล็กกล้า (Steel) ในศตวรรษที่ 19 คือผู้ใด

ก. เซอร์ไอแซกนิวตัน

ข. เซอร์จอนส์เบาว์ดิง


ค. เซอร์ เฮนรี เบสเชเมอร์

ง. เซอร์เจมส์ตัน ซิง

Navigation icons: back, forward, search, etc.

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 2/8



CU Ladkrabang
โรงเรียนอุตสาหกรรมของโลหะ

เลือกคำตอบ

ก

ข

ค

ง

2. เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็ก ที่มีปริมาณคาร์บอน อยู่ประมาณเท่าใด

ก. ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

ข. ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์


ค. ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

ง. ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์

Navigation icons: back, forward, search, etc.

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 3/8



CMU
โรงเรียนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

3. เหล็กกล้า (Steel) สามารถแบ่งออกได้กี่ลักษณะ

ก. 2 ลักษณะ
ข. 3 ลักษณะ
ค. 4 ลักษณะ
ง. 5 ลักษณะ

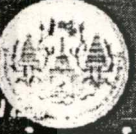
เลือกคำตอบ

ก
 ข
 ค
 ง



Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 4/8



CMU
โรงเรียนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

4. ข้อใดคือคุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอน

ก. ไม่มีส่วนผสมของคาร์บอน
ข. มีความอ่อนตัวมาก
ค. มีความแข็งแรงมาก
ง. มีความเหนียวสูง


เลือกคำตอบ

ก
 ข
 ค
 ง



Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 5 / 8


CM Ladkrabang
โรงเรียนเทคโนโลยีลาดกระบัง

เลือกคำตอบ

ก

ข

ค

ง

5. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)
มีปริมาณคาร์บอนผสม อยู่ประมาณกี่เปอร์เซ็นต์

ก. 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์

ข. 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์


ค. 0.5-0.7 เปอร์เซ็นต์

ง. 0.3-0.9 เปอร์เซ็นต์

Navigation icons: Home, Back, Forward, Stop

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 6 / 8


CM Ladkrabang
โรงเรียนเทคโนโลยีลาดกระบัง

เลือกคำตอบ

ก

ข

ค

ง

6. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

ก. ไม่สามารถดึงเป็นเส้น

ข. ไม่สามารถนำไปปรับปรุงด้วยกรรมวิธีทางการอบชุบได้


ค. ไม่มีความแข็งแรงมากนัก

ง. สามารถตีขึ้นรูปได้

Navigation icons: Home, Back, Forward, Stop

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 7/8


CM I
โรงเรียนจุฬาลงกรณ์

7. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel)
นำมาใช้ ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้อใด

ก. ลวด
ข. เหล็กส่งกำลัง
ค. เหล็กเส้นในงานก่อสร้าง
ง. ดอกสว่าน


เลือกคำตอบ

ก
 ข
 ค
 ง

Navigation icons: back, forward, search, etc.

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 8/8


CM I
โรงเรียนจุฬาลงกรณ์

8. เหล็กกล้าคาร์บอนสูงมีปริมาณคาร์บอนผสม
อยู่ประมาณกี่เปอร์เซ็นต์

ก. 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์
ข. 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์
ค. 0.6-1.2 เปอร์เซ็นต์
ง. 1.2 -1.5 เปอร์เซ็นต์


เลือกคำตอบ

ก
 ข
 ค
 ง

Navigation icons: back, forward, search, etc.

Kingmongkut Institute of Technology Ladkrabang

ข้อที่ 1/8



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. ผู้ค้นพบการผลิตเหล็กกล้า (Steel) ในศตวรรษที่ 19 คือผู้ใด

ก. เฮอร์ไอแซกนิวตัน

รวมคะแนน

แบบทดสอบทั้งหมด 8 ข้อ

ข้อถูก 2 ข้อ


คิดเป็นร้อยละ 25

OK 0:04

เลือกคำตอบ

- ก
- ข
- ค
- ง

Metal



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วัตถุประสงค์
เนื้อหา
แบบทดสอบ

Exit

Are you sure you want to quit the program?

Yes No

เอกสารนี้เป็นเอกสารของโรงเรียนพระจอมเกล้าลาดกระบัง เป็นทรัพย์สินของโรงเรียน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คำสั่งคณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ 211 /2543

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ของ นายชลัท อุดตารวยิ่ง

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ของ นายชลัท อุดตารวยิ่ง เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
และมีประสิทธิภาพ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
ดังต่อไปนี้

- | | | |
|--|------------|--------------------------|
| 1. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ | | |
| รศ.ดร.สุพิทย์ | กาญจนพันธ์ | ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ |
| ดร.สุรสิทธิ์ | ราตรี | ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม |
| ดร.ผดุงชัย | ภูพัฒน์ | ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม |
| 2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ | | |
| อาจารย์ไฉวาท | พุลศิริ | ประธานกรรมการ |
| รศ.ดร.สุพิทย์ | กาญจนพันธ์ | กรรมการ |
| ดร.สุรสิทธิ์ | ราตรี | กรรมการ |
| อาจารย์อรรถพร | ฤทธิเกิด | กรรมการ |
| ดร.ผดุงชัย | ภูพัฒน์ | กรรมการ |

สั่ง ณ วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2543

(รองศาสตราจารย์วีรวัฒน์ ชินะตระกูล)

คณบดี



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษาและเทคนิคศึกษา ที่ได้รับอนุมัติ ให้ดำเนินการดังนี้

ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2543

1. นายชลัท อุยถาวรยิ่ง ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ" โดยมี รศ.ดร.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษากันคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้ เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ สิงหาคม พ.ศ.2543

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504 / 1891

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

2 พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคมโนบุรี

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
1. คำโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ชุด
 2. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและคำโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ

ด้วย นายชลัท อุยถาวรยิ่ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 มหบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา ได้ขอกำหนดสอบ
 วิทยานิพนธ์ เรื่อง “ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ ” และได้รับ
 อนุมัติหัวข้อและคำโครงการวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2543 ในการทำวิจัยเรื่องนี้
 นักศึกษาจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยโดยใช้แบบทดลองสอน ในสถานศึกษาของท่าน
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรด ให้นักศึกษาทำการเก็บข้อมูล
 เพื่อการวิจัยในสถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่าน มา ณ
 โอกาสนี้ด้วย

นายช. อุยถาวรยิ่ง

เพื่อโปรดทราบ

สจ.ช. ขอให้วิทยาส่ง, พิจารณาอนุญาตนายชลัท อุยถาวรยิ่ง
 เก็บข้อมูล เพื่อการวิจัยวิทยานิพนธ์

เพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ ทิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

5 ส.ย. 44

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 327-1199 , 737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 3269040



ที่ ทม 1504 / 1892

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๓ พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย-

เรียน รศ.ดร.สมบัติ ทิฆมทรัพย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายชลัท อุยดวาร์ยिंग นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษา และเทคนิคศึกษา จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ ” คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับทดลองสอนด้านเนื้อหา ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่า เนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายชลัท อุยดวาร์ยिंग มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ งามสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 , 737-3000 ต่อ 3692

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โทรสาร.3269040

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504 / 1892

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

3 พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายสงเสริม ไชยสุนทร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายชลัท อุยดวาร์ยัง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษา และเทคนิคศึกษา จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ ” คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับทดลองสอนด้านเนื้อหา ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่า เนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายชลัท อุยดวาร์ยัง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยวิจัยศึกษา

โทร.327-1199 , 737-3000 ต่อ 3692

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โทรสาร.3269040

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504 / 1892

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

3 พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายเทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายชลัท อุยถาวรยิ่ง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษาและเทคโนโลยี จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ " คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับทดลองสอนด้านเนื้อหา ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่า เนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายชลัท อุยถาวรยิ่ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายวิจัยการศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 327-1199, 737-3000 ต่อ 3692 ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โทรสาร. 3269040

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานบริการการศึกษา สจล. 3692

ที่.ทม 1504/ 1892

วันที่ 3 พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม

ด้วย นายชลัท อุยถาวรยิ่ง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ ” คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับทดลองสอน ด้านสื่อการสอน ดังที่แนบมาพร้อมนี้ ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายชลัท อุยถาวรยิ่ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทแบบสอบถาม เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีและขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ทม 1504 / 1892

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๓ พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน พระอาจารย์วีระพันธ์ รักจิตสีโล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายชลัท อุยถาวรยิ่ง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษา และเทคนิคศึกษา จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ ”

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับทดลองสอนด้านสื่อการสอน ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่า เนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายชลัท อุยถาวรยิ่ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยโฆษกจัดเก็บ

โทร. 327-1199, 737-3000 ต่อ 3692 สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โทรสาร 3269040

ไม่มีค่าธรรมเนียมทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504 / 1892

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

3 พฤษภาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายสมบูรณ์ เนียมกล้า

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายชลัท อุยถาวรยิ่ง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษา และเทคนิคศึกษา จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของโลหะ ” คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับทดลองสอนด้านสื่อการสอน ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่า เนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายชลัท อุยถาวรยิ่ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน้าตงจิโลโก้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โทร. 327-1199 , 737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 3269040 ทุกสิ่งทุกอย่างห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1. รศ.ดร. สมบัติ ทีฆทรัพย์
 ตำแหน่ง อธิบดีคณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตองค์กรักษ์
 การศึกษา Ph. D (U.S.A.)
 สถานที่ทำงาน บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด
 ผลงานทางวิชาการ หนังสือเรียนวิชาโลหะวิทยา , เครื่องจักรกลการเกษตร

2. นายเทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์
 ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8
 การศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 คอ.ม. (บริหารอาชีพศึกษา)
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 สถานที่ทำงาน สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
 ผลงานทางวิชาการ หนังสือเรียนวิชาวัสดุอุตสาหกรรม , กระบวนการหล่อโลหะ

3. นายสงเสริม ไชยสุนทร
 ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7
 การศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 คอ.ม. (บริหารอาชีพและเทคนิคศึกษา)
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
 ผลงานทางวิชาการ หนังสือเรียนวิชาวัสดุช่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อการสอน

1. พระอาจารย์วีระพันธ์ รักชาติสีโล
 ตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายฝึกอบรมศูนย์ส่งเสริมพระพุทธศาสนาแห่งประเทศไทย
 ในสังฆราชูปถัมภ์
 การศึกษา MA. (การศึกษา) มหาวิทยาลัยโตเกียว
 สถานที่ทำงาน วัดบวรนิเวศวิหาร กรุงเทพมหานคร
 ผลงานทางวิชาการ วิทยากรฝึกอบรม CAI , CAI พระมหาชนก

2. ผศ. วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
 ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 การศึกษา วศ.ม. (วิศวกรรมโทรคมนาคม)
 สถานที่ทำงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ผลงานทางวิชาการ -

3. นายสมบุรณ์ เนียมกล้า
 ตำแหน่ง นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล 8
 หัวหน้าฝ่ายฝึกอบรมและพัฒนา 1 (ส่วนอิเล็กทรอนิกส์)
 การศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) สจพ.
 คอ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) สจพ.
 สถานที่ทำงาน ภาควิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
 สถาบันพัฒนาครูอาชีวศึกษา (SDI)
 ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการวารสาร "SDI JOURNAL"
 เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางด้านมัลติมีเดีย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา วัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
(Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous)**

คำชี้แจง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ วิชาวัสดุช่าง (21000006) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นสื่อที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาที่ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตรมากที่สุด จึงขอให้ผู้ทรงคุณวุฒิได้โปรดพิจารณา วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่ามีความสอดคล้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างไร แล้วแสดงความคิดเห็นของท่านลงในแบบประเมินที่แนบมาพร้อมนี้

วิจารณ์ญาณที่ละเอียดถี่ถ้วน และการแสดงความคิดเห็นอย่างตรงไปตรงมาของท่าน จะมีคุณค่าอย่างยิ่งในการปรับปรุงแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ให้บังเกิดประโยชน์สูงสุด

ชลัท อุดถาวรยิ่ง

นักศึกษาระดับปริญญาโท

สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา วัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
(Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous)

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ในช่องคะแนนตามความคิดเห็นตามระดับความเหมาะสม
โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
1. โลหะที่เป็นเหล็ก	1.1.1 ประเภทของเหล็กกล้าที่แบ่งตามลักษณะของส่วนผสมของคาร์บอนได้	1. ผู้ค้นพบการผลิตเหล็กกล้า (Steel) ในศตวรรษที่ 19 คือผู้ใด ก. เซอร์ไอแซกนิวตัน ข. เซอร์จอนส์เบาว์ลิง ค. เซอร์ เฮนรี เบสเชเมอร์ ง. เซอร์เจมส์สัน ยัง					
1.1 เหล็กกล้าแบ่งตามส่วนผสมของคาร์บอน	1.1.2 บอกถึงคุณลักษณะส่วนผสมของคาร์บอนในเหล็กได้	2. เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ประมาณเท่าใด ก. ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ข. ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ค. ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ง. ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์					
	1.1.3 ประเภทของเหล็กกล้าที่แบ่งตามแผนภูมิสมดุลเหล็กคาร์บอนได้	3. เหล็กกล้า (Steel) สามารถแบ่งออกได้กี่ลักษณะ ก. 2 ลักษณะ ข. 3 ลักษณะ ค. 4 ลักษณะ ง. 5 ลักษณะ					
	1.1.4 บอกถึงคุณลักษณะส่วนประกอบของโครงสร้างในเหล็กได้						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>4. ข้อใดคือคุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอน</p> <p>ก. มีส่วนผสมของคาร์บอนเป็นหลัก</p> <p>ข. มีความอ่อนตัว</p> <p>ค. มีความแข็งแรงน้อย</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p> <p>5. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ประมาณกี่เปอร์เซ็นต์</p> <p>ก. 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ข. 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ค. 0.5-0.7 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ง. 0.3-0.9 เปอร์เซ็นต์</p> <p>6. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ</p> <p>ก. ไม่สามารถดึงเป็นเส้น</p> <p>ข. ไม่สามารถนำไปปรับปรุงด้วยกรรมวิธีทางการอบชุบได้</p> <p>ค. ไม่มีความแข็งมากนัก</p> <p>ง. สามารถตีขึ้นรูปได้</p> <p>7. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) นำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ข้อใด</p> <p>ก. ลวด</p> <p>ข. เพลาส่งกำลัง</p> <p>ค. เหล็กเส้นในงานก่อสร้าง</p> <p>ง. ดอกสว่าน</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>8. เหล็กกล้าคาร์บอนสูงมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ประมาณกี่เปอร์เซ็นต์</p> <p>ก. 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ข. 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ค. 0.6-1.2 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ง. ไม่มีข้อถูก</p> <p>9. เหล็กกล้าคาร์บอนที่สามารถปรับปรุงคุณภาพด้วยกรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) ต้องมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ประมาณกี่เปอร์เซ็นต์</p> <p>ก. 0.2 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ข. 0.3 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ค. 0.4 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ง. 0.5 เปอร์เซ็นต์</p> <p>10. ข้อใดคือปัจจัยที่ทำให้เหล็กกล้าคาร์บอนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง</p> <p>ก. ปริมาณคาร์บอน</p> <p>ข. การเย็นตัว</p> <p>ค. การได้รับความร้อน</p> <p>ง. ข้อ ข และ ค ถูกต้อง</p> <p>11. เหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์ (Hypo Eutectoid) มีปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็กอยู่ระหว่างกี่เปอร์เซ็นต์</p> <p>ก. 0.001-0.83 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ข. 0.83-3.0 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ค. 0.30-0.40 เปอร์เซ็นต์</p> <p>ง. 0.40-0.50 เปอร์เซ็นต์</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		12. การนำเอาเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮโปยูเทคตอยด์มาผลิตเป็นชิ้นงานประเภทใด ก. สกัด ข. เหล็กโครงสร้าง ค. ใบเลื่อย ง. ดอกสว่าน					
2. ธรรมชาติของโลหะ 2.1 ยูนิเซลล์แบบ BCC 2.2 ยูนิเซลล์แบบ FCC 2.3 ยูนิเซลล์แบบ HCP	2.1.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ BCC ได้ 2.2.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ FCC ได้ 2.3.1 อธิบายโครงสร้างยูนิเซลล์แบบ HCP ได้	13. เหล็กกล้าคาร์บอนไฮโปยูเทคตอยด์มีโครงสร้างภายในโลหะแบบใด ก. เฟอร์ไรต์และเพิร์ลไลต์ ข. เพิร์ลไลต์ ค. เฟอร์ไรต์ ง. มาร์เทนไซต์ 14. การนำเอาเหล็กกล้าคาร์บอนประเภทไฮเปอร์ยูเทคตอยด์มาผลิตเป็นชิ้นงานประเภทใด ก. ใบเลื่อย ข. เหล็กเส้นโครงสร้าง ค. ลวด ง. ถูกทุกข้อ 15. ผลึกที่เกาะตัวอยู่เป็นหน่วยเล็ก ๆ ในโลหะเป็นอะตอมเรียกว่าอะไร ก. Unit Cell ข. Space Lattice ค. Cell ง. Grain					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		ระดับการวัด					
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>16. หน่วยที่เล็กที่สุดของอะตอมที่เกาะกัน เป็นกลุ่มแบบแน่นอนสมบูรณ์เรียกว่าอะไร</p> <p>ก. Unit Cell ข. Space Lattice ค. Cell ง. Grain</p> <p>17. ยูนิตเซลล์ที่มีอะตอมอยู่ตรงกลางหน้าลูกบาศก์ทุก ๆ หน้า และเกาะที่มุมทั้ง 8 มุมคือยูนิตเซลล์แบบใด</p> <p>ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)</p> <p>18. ยูนิตเซลล์ที่มีอะตอมอยู่ตรงมุมของหกเหลี่ยม และจุดกึ่งกลางของด้านหกเหลี่ยมอีกข้างละ 1 อะตอม และจะมีอีก 3 อะตอมอยู่ตรงกลาง คือยูนิตเซลล์แบบใด</p> <p>ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)</p> <p>19. ยูนิตเซลล์ที่มีอะตอมอยู่ตรงกลางและอยู่ที่มุมทั้ง 8 มุม คือยูนิตเซลล์แบบใด</p> <p>ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้มาใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		ระดับการวัด					
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>20. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิเซลล์แบบใด</p>  <p>ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)</p> <p>21. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิเซลล์แบบใด</p>  <p>ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)</p> <p>22. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิเซลล์แบบใด</p> 					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC) 23. ยูนิทเซลล์แบบ <u>BCC</u> เกิดขึ้นในโลหะ ชนิดใด ก. โคโรเนียม ทังสเตน โมลิบดีนัม วาเนเดียม ไซเดียม แทนทาลัม ข. อลูมิเนียม นิกเกิล ทองแดง ทองคำ เงิน ตะกั่ว ค. เหล็กกล้าอบสูง ง. ไม่มีข้อถูก 24. ยูนิทเซลล์แบบ <u>FCC</u> เกิดขึ้นในโลหะ ชนิดใด ก. โคโรเนียม ทังสเตน โมลิบดีนัม วาเนเดียม ไซเดียม แทนทาลัม ข. อลูมิเนียม นิกเกิล ทองแดง ทองคำ เงิน ตะกั่ว ค. เหล็กกล้าอบสูง ง. ไม่มีข้อถูก 25. ยูนิทเซลล์แบบ <u>HCP</u> เกิดขึ้นในโลหะ ชนิดใด ก. โคโรเนียม ทังสเตน โมลิบดีนัม วาเนเดียม ไซเดียม แทนทาลัม ข. อลูมิเนียม นิกเกิล ทองแดง ทองคำ เงิน ตะกั่ว ค. เหล็กกล้าอบสูง ง. ไม่มีข้อถูก					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		26. ยูนิตเซลล์แบบใดที่มีความเหนียวน้อยที่สุด ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC) ค. Hexagonal-Close-Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)					
3. ผลการเปลี่ยนแปลงเกรน ภายใต้โครงสร้าง 3.1 โครงสร้างผลึกของโลหะ 3.2 ขนาดของเกรน	3.1.1 บอกลักษณะผลึกของโลหะได้ 3.2.1 บอกขนาดของเกรนได้	27. การที่โลหะจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเม็ดเกรนบริเวณภายในเนื้อโลหะได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ก. โครงสร้างผลึกของโลหะ ข. ขนาดของเกรน ค. ความร้อนและอุณหภูมิ ง. ข้อ ก และ ข ถูก 28. ยูนิตเซลล์แบบหกเหลี่ยมมีคุณลักษณะใด ก. แข็ง / เปราะ ข. เหนียว ค. ดีเป็นแผ่นได้ ง. อ่อน 29. ขนาดของเกรน (GRAIN SIZE) มีผลอย่างไรเมื่อมีแรงมากกระทำ ก. การต่อต้าน ข. สันตะเทือนในเกรน ค. อ่อนตัวเร็วได้ ง. ถูกทุกข้อ					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>30. ข้อใดกล่าวถึงขนาดของเกรน (GRAIN SIZE) ได้ถูกต้อง</p> <p>ก. โลหะที่มีเกรนละเอียด ขนาดเล็ก รวมตัวกันอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกัน ไม่ว่าถูกแรงกระทำทิศทางใด ก็จะไม่เกิดการเคลื่อนตัวเสมอ</p> <p>ข. โลหะที่มีเกรนเกาะตัวกันน้อย จะดีขึ้นรูปได้ยากกว่าเกรนขนาดเล็ก</p> <p>ค. เกรนภายในเนื้อโลหะเรียงตัวอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกันเสมอ</p> <p>ง. ข้อ ก และข้อ ข ถูกต้อง</p> <p>31. ยูนิทเซลล์แบบ FCC หรือ BCC มีคุณลักษณะใด</p> <p>ก. แข็ง</p> <p>ข. เหนียว</p> <p>ค. เปราะ</p> <p>ง. ไม่สามารถตีเป็นแผ่นได้</p> <p>32. ผลของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของโลหะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบกี่ชนิด</p> <p>ก. 1 ชนิด</p> <p>ข. 2 ชนิด</p> <p>ค. 3 ชนิด</p> <p>ง. 4 ชนิด</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>33. โลหะที่มีขนาดเกรนหยาบ จะมีคุณลักษณะเช่นใด</p> <p>ก. แข็ง</p> <p>ข. เหนียว</p> <p>ค. อ่อน</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p> <p>34. โลหะที่มีขนาดเกรนละเอียด จะมีคุณลักษณะเช่นใด</p> <p>ก. แข็ง</p> <p>ข. เหนียว</p> <p>ค. อ่อน</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p> <p>35. CRYSTAL STRUCTURE คือ</p> <p>ก. โครงสร้างผลึกของโลหะ</p> <p>ข. ขนาดของเกรน</p> <p>ค. ความร้อนและอุณหภูมิ</p> <p>ง. ข้อ ก. และ ข. ถูก</p> <p>36. โครงสร้างของผลึกยูนิทเซลล์แบบหกเหลี่ยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า</p> <p>ก. FCC</p> <p>ข. BCC</p> <p>ค. HPC</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
4. ประวัติการ ศึกษาโครง สร้างโลหะ 4.1 การศึกษา โครงสร้าง จุลภาค	4.1.1 อธิบายความหมาย และประวัติความเป็น มาของการศึกษาโครง สร้างจุลภาคได้ 4.1.2 บอกถึงความสำคัญ ของโครงสร้างโลหะได้	37. ผู้ริเริ่มการศึกษาโครงสร้างจุลภาคเป็น คนแรก ได้แก่ ก. ซอร์บี ข. เบสเชมเมอร์ ค. มาร์เทนส์ ง. วอดัน 38. การใช้คลื่นแสงยิงทะลุผ่านชิ้นงานไปยัง ฟิล์มเพื่อหาจุดบกพร่องเป็นอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า ก. การใช้กล้องจุลทรรศน์ ข. อิเล็กตรอนไมโครสโคป ค. เอตชิง ง. ไบรตฟิล์มอิมเมจ 39. การส่องดูโครงสร้างของโลหะเมื่อผิว ของโลหะสะท้อนไปยังเลนส์ใกล้ตา ภาพที่ปรากฏใกล้ตาเรียกว่า ก. Metallograghy ข. Etching ค. Electron Microscope ง. Bright field image 40. ข้อใดคือหลักการสำคัญของการกัดกรด ก. เลือกชนิดของกรดกับโลหะให้เข้ากัน ข. เวลาที่ใช้ในการกัดกรดต้องพอเหมาะ ค. การเตรียมชิ้นงานควรให้มีความเรียบ ง. ถูกทุกข้อ					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		ระดับการวัด					
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>41. การใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะแทนดาเปล่า เรียกความสัมพันธ์นั้นว่า</p> <p>ก. Metallography</p> <p>ข. Electron Microscope</p> <p>ค. Etching</p> <p>ง. Bright field image</p> <p>42. ชิ้นงานก่อนที่จะนำมาทำการส่องดูโครงสร้างจุลภาคต้องทำการรมวิธีใดมาก่อน</p> <p>ก. เช็ดน้ำมัน</p> <p>ข. ขัดด้วยกระดาษทรายให้เรียบ</p> <p>ค. ล้างน้ำสะอาด</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p> <p>43. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคเริ่มขึ้นในปีพุทธศักราชใด</p> <p>ก. 2516</p> <p>ข. 2517</p> <p>ค. 2518</p> <p>ง. 2519</p> <p>44. การกัดกรดที่ขึ้นทดสอบไม่ควรกระทำเป็นเวลานานด้วยเหตุผลใด</p> <p>ก. จะทำให้ขึ้นทดสอบสีกร่อน</p> <p>ข. จะทำให้ขึ้นทดสอบบางลง</p> <p>ค. จะทำให้ขึ้นทดสอบดำทึบมองไม่เห็น</p> <p>ง. จะทำให้เกิดการคาดเคลื่อนของกรด</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมายและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		ระดับการวัด					
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		45. การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติใดของโลหะ ก. คุณสมบัติทางกายภาพ ข. คุณสมบัติทางกล ค. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ง. คุณสมบัติทางชีววิทยา 46. ก่อตั้งที่ใช้ในการตรวจดูโครงสร้างคือ ก. กล้องเลนส์ขยายธรรมดา ข. กล้องโทรทรรศน์ ค. กล้องส่องทางไกล ง. กล้องจุลทรรศน์					
การศึกษาโครงสร้าง จุลภาค และความ มาย 5.1 เฟอร์ไรต์ 5.2 เฟอร์ไรต์ และเฟิร์ลไลต์ 5.3 เฟิร์ลไลต์ 5.4 ซีเมนไทต์ หรือไอออนคาร์บอน 5.5 ซีเมนไทต์ ก้อนกลม 5.6 มาร์เทนไซต์	5.1.1 อธิบายลักษณะเด่นของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิดได้ 5.1.2 อธิบายโครงสร้างจุลภาคของแต่ละชนิดได้	47. โครงสร้างเฟิร์ลไลต์เมื่อส่องขยาย 400 เท่าจะเห็นรูปร่างมันวาวคล้ายกับข้อใด ก. ไข่ต้ม ข. เพชร ค. ไข่ตุ๋น ง. ทองคำ 48. โครงสร้างซีเมนไทต์ที่เกิดกับเหล็กกล้าคาร์บอนทำให้เหล็กมีคุณสมบัติ ก. แข็ง ทนการเสียดสี ข. จุดหลอมเหลวต่ำ ค. อัตราการยืดตัวเพิ่มขึ้น ง. การทนต่อการกระแทกเพิ่มขึ้น					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
5.7 เบนไนต์แบบ เข็ม		49. การทำให้รูปร่างของโครงสร้างซีเมนต์ ไทต์ได้เป็นรูปก้อนกลมมีวัตถุประสงค์ เพื่ออะไร					
5.8 เบนไนต์แบบ ขนนก		ก. อัตราการยึดตัวดี					
5.9 ออสเทนไนต์		ข. ทนแรงกระแทกได้ดี					
5.10 ซอร์ไบต์		ค. ทนความเค้นแรงดึงได้ดี					
5.11 ทรูสไทต์		ง. ถูกทุกข้อ					
5.12 เหล็กกล้า ผสมทำ เครื่องมือ ชนิด SKS ₃		50. เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีโครงสร้างมาร์เทน ไซต์มีลักษณะเด่นคือ มีความแข็งมาก ก่อนนำไปใช้งานต้องผ่านกรรมวิธีใด					
5.13 เหล็กกล้า ผสมทำ เครื่องมือ ชนิด SKS ₄		ก. Heat					
		ข. Cooling					
		ค. Tempering					
		ง. Sorbite					
		51. โครงสร้างเบนไนต์แบบเข็ม คือ เอา เหล็กกล้าคาร์บอนแบบเข็มมาเผาแช่ใน เตาอบแล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว จนถึงอุณหภูมิที่เท่าใด					
		ก. 300 องศาเซลเซียส					
		ข. 400 องศาเซลเซียส					
		ค. 500 องศาเซลเซียส					
		ง. 600 องศาเซลเซียส					
		52. โครงสร้างเบนไนต์แบบขนนก คือ การ เอาเหล็กกล้าคาร์บอนแบบเข็มมาเผาแช่ ในเตาอบ แล้วปล่อยให้เย็นตัวที่ใด					
		ก. ในอากาศ					
		ข. น้ำเกลือจุ่มชุบ					
		ค. น้ำมันจุ่มชุบ					
		ง. เตากลือ					

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>53. ผู้ค้นพบโครงสร้างออสเทนไนต์คนแรกคือใคร</p> <p>ก. โรเบิร์ต มาร์ติน (Robert Martin)</p> <p>ข. มาร์เทนส์ (Martens)</p> <p>ค. ซอร์บี (Sorby)</p> <p>ง. เฮนรี เบสเซเมอร์ (Henry Bessemer)</p> <p>54. โครงสร้างเหล็กกล้าแบบซอร์ไบต์ คือการนำเอาเหล็กกล้าที่มีโครงสร้างแบบใดมาทำการอบคืนตัว (Tempering) ที่อุณหภูมิประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส จึงได้โครงสร้างซอร์ไบต์ตามต้องการ</p> <p>ก. ออสเทนไนต์</p> <p>ข. มาร์เทนไซต์</p> <p>ค. ทรูสไตต์</p> <p>ง. เบนไนต์</p> <p>55. เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีโครงสร้างทรูสไตต์ทำได้โดยนำเอาเหล็กโครงสร้างมาร์เทนไซต์มาอบและเผาแช่ด้วยเวลาที่เร็วมากคือกี่วินาที</p> <p>ก. 30 วินาที</p> <p>ข. 40 วินาที</p> <p>ค. 50 วินาที</p> <p>ง. 60 วินาที</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		<p>56. การที่เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ SKS₃ มีการขยายตัวในการอบชุบน้อยมาก เพราะมีปริมาณของธาตุใดผสมอยู่</p> <p>ก. คาร์บอน</p> <p>ข. ซิลิคอน</p> <p>ค. แมงกานีส</p> <p>ง. วาเนเดียม</p> <p>57. เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ SKS₄ เมื่อทำการอบคืนตัว (Temperring) เมื่อวัดความแข็งต้องมือน้อยตามมาตรฐานความแข็งร็อกเวลล์สเกล C เท่าใด</p> <p>ก. 30 HRC</p> <p>ข. 40 HRC</p> <p>ค. 50 HRC</p> <p>ง. 60 HRC</p> <p>58. เหล็กทำเครื่องมือมีคุณสมบัติที่ดีอย่างไร</p> <p>ก. ทนความร้อนได้สูง</p> <p>ข. ทนต่อแรงกระแทก</p> <p>ค. ให้ความแข็งแรงที่ดี</p> <p>ง. ทนการกัดกร่อนได้ดี</p> <p>59. การทำเทมเปอริง (Temperring) เพื่อวัตถุประสงค์อย่างไร</p> <p>ก. ลดความแข็งเพิ่มความแข็งแกร่ง</p> <p>ข. ลดความเค้น</p> <p>ค. ลดความเปราะ</p> <p>ง. เพิ่มความแข็งให้มากขึ้น</p>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ระดับการวัด				
หัวข้อเรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1	2	3	4	5
		60. การปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กด้วยความร้อนคืออะไร ก. ทำให้ร้อนและทำให้เย็นตัว ข. การเปลี่ยนแปลงความแข็ง ความเหนียว ค. การใช้ความร้อนควบคุมอุณหภูมิ-เวลา ง. ถูกทุกข้อ					

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินสื่อการสอนสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ
(ด้านเนื้อหาวิชา)

คำชี้แจง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ วิชาวัสดุช่าง (21000006) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นสื่อที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาที่ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตรมากที่สุด จึงขอให้ผู้ทรงคุณวุฒิอ่าน และพิจารณาเนื้อหาของสื่อที่ทำขึ้นมานี้โดยละเอียดรอบคอบ แล้วแสดงความคิดเห็นของท่านลงในแบบประเมินที่แนบมาพร้อมนี้

วิจารณ์ญาณที่ละเอียดถี่ถ้วน และการแสดงความคิดเห็นอย่างตรงไปตรงมาของท่าน จะมีคุณค่าอย่างยิ่งในการปรับปรุงเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ให้บังเกิดประโยชน์สูงสุด

ชลัท อุยถาวรยิ่ง

นักศึกษาระดับปริญญาโท

สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินสื่อการสอน (ด้านเนื้อหา)
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคโลหะ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
<p>1. เนื้อหาและการนำเสนอ</p> <ul style="list-style-type: none"> - เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ - ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา - ความถูกต้องของเนื้อหา - ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหา - ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละขั้นตอน - การแบ่งเนื้อหาของบทเรียน <p>2. ภาพและตัวอักษร</p> <ul style="list-style-type: none"> - ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำบรรยาย - ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ - ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา <p>3. เวลา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา - ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย - ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด <p>4. ข้อสอบ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ความเหมาะสมของข้อสอบกับเนื้อหาทั้งหมด - ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ 					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคิดเห็นอื่น ๆ.....

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินสื่อการสอนสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ
(ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

คำชี้แจง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ วิชาวัสดุช่าง (21000006) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นสื่อที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อสื่อในการนำความรู้ตามหลักสูตรไปสู่ผู้เรียน โดยเร้าให้ผู้เรียนเกิดความต้องการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการนำเสนอ จึงขอให้ผู้ทรงคุณวุฒิโปรดพิจารณาเทคนิคการนำเสนอสื่อนี้อย่างละเอียดรอบคอบ แล้วแสดงความคิดเห็นของท่านลงในแบบประเมินที่แนบมาพร้อมนี้

วิจารณ์ญาณที่ละเอียดถี่ถ้วน และการแสดงความคิดเห็นอย่างตรงไปตรงมาของท่าน จะมีคุณค่าอย่างยิ่งในการปรับปรุงเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ให้บังเกิดประโยชน์สูงสุด

ชลัท อุดถาวรยิ่ง

นักศึกษาระดับปริญญาโท

สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินสื่อการสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างจุลภาคโลหะ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1. ขั้นตอนการนำเสนอ - ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่บทเรียน - ความเหมาะสมของวิธีการนำเสนอ - จัดบทเรียนเป็นลำดับชัดเจน ผู้เรียนเข้าใจง่าย 2. คำบรรยายประกอบภาพ - ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย - ความเหมาะสมของภาพที่นำมาใช้ - ความเหมาะสมของเสียงบรรยาย - ความเหมาะสมของเสียงประกอบ - ความเหมาะสมของเสียงบรรยายกับเสียงประกอบ 3. กราฟฟิค - ความเหมาะสมของขนาดของตัวอักษรและความชัดเจน - ความเหมาะสมของสีของตัวอักษร - ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหว - การออกแบบจอภาพได้อย่างเหมาะสมน่าสนใจ 4. ระยะเวลาการนำเสนอบทเรียน - การดำเนินบทเรียนเป็นไปด้วยความกระชับ - ความเหมาะสมของการนำเสนอเนื้อหาแต่ละหน้า - ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้นำเสนอบทเรียน 5. การประเมินผล - มีการประเมินผลที่เหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม - มีการบันทึกผลการเรียนและผลการตอบสนองต่อบทเรียน					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญญาติเห็นาไซเซบระเยชนดานการคา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน)
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous

คำชี้แจง

1. เพื่อเป็นการทดสอบความรู้เดิมของผู้เรียน
2. แบบทดสอบนี้มี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
3. การเลือกตอบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างให้ตรงกับตัวเลือก ก., ข., ค., และ ง. ในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ให้ขีดเส้นขนานทับ (✕) แล้วจึงทำเครื่องหมาย X ใหม่ลงในช่องที่ต้องการ

1. ผู้ค้นพบการผลิตเหล็กกล้า (Steel) ในศตวรรษที่ 19 คือผู้ใด

ก. เซอร์ไอแซกนิวตัน	ข. เซอร์จอนส์เบอร์วี่ลิ่ง
ค. เซอร์ เฮนรี เบสเชเมอร์	ง. เซอร์เจมส์สัน ยัง
2. เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ประมาณเท่าใด

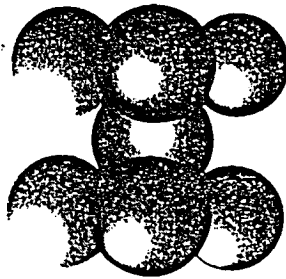
ก. ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์	ข. ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์
ค. ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์	ง. ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์
3. เหล็กกล้า (Steel) สามารถแบ่งออกได้กี่ลักษณะ

ก. 2 ลักษณะ	ข. 3 ลักษณะ
ค. 4 ลักษณะ	ง. 5 ลักษณะ
4. ข้อใดคือคุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอน

ก. มีส่วนผสมของคาร์บอนเป็นหลัก	ข. มีความอ่อนตัว
ค. มีความแข็งแรงน้อย	ง. มีความแข็งแรงมาก
5. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

ก. ไม่สามารถดึงเป็นเส้น	ข. ไม่สามารถนำไปปรับปรุงด้วยกรรมวิธีทางการอบชุบได้
ค. ไม่มีความแข็งแรงมากนัก	ง. สามารถตีขึ้นรูปได้

12. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิตเซลล์แบบใด



- ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC)
 ค. Hexagonal - Close - Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)

13. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิตเซลล์แบบใด



- ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Face Centered Cubic (FCC)
 ค. Hexagonal - Close - Packed (HPC) ง. Unit Cell (UC)

14. ยูนิตเซลล์แบบหกเหลี่ยมมีคุณลักษณะใด

- ก. แข็ง / เปราะ ข.เหนียว
 ค. ตีเป็นแผ่นได้ ง. อ่อน

15. ขนาดของเกรน (GRAIN SIZE) มีผลอย่างไรเมื่อมีแรงมากกระทำ

- ก. การต่อต้าน ข. สันเสื่อในเกรน
 ค. อ่อนตัวเร็วได้ ง. ยึดตัว

16. ข้อใดกล่าวถึงขนาดของเกรน (GRAIN SIZE) ได้ถูกต้อง

- ก. โลหะที่มีเกรนละเอียด ขนาดเล็ก รวมตัวกันอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะถูกแรงกระทำ ทิศทางใดก็จะเกิดการเคลื่อนตัวเสมอ
 ข. โลหะที่มีเกรนเกาะตัวกันน้อย จะดีขึ้นรูปได้ยากกว่าเกรนขนาดเล็ก
 ค. เกรนภายในเนื้อโลหะเรียงตัวอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกันเสมอ
 ง. ข้อ ก และข้อ ข ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน)
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้างจุลภาคของโลหะ
Computer Assisted Instruction on Microstructure of Ferrous

คำชี้แจง

1. เพื่อเป็นการทดสอบความรู้หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของผู้เรียน
2. แบบทดสอบนี้มี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
3. การเลือกตอบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างให้ตรงกับตัวเลือก ก., ข., ค., และ ง. ในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ให้ขีดเส้นขนานทับ (✕) แล้วจึงทำเครื่องหมาย X ใหม่ลงในช่องที่ต้องการ

1. ผู้ค้นพบการผลิตเหล็กกล้า (Steel) ในศตวรรษที่ 19 คือผู้ใด

ก. เซอร์ เฮนรี เบสเชเมอร์	ข. เซอร์เจมส์สัน ยัง
ค. เซอร์ไอแซกนิวตัน	ง. เซอร์จอนส์เบาวิลลิง
2. เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ประมาณเท่าใด

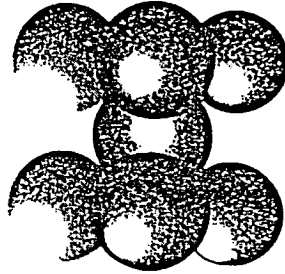
ก. ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์	ข. ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์
ค. ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์	ง. ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์
3. เหล็กกล้า (Steel) สามารถแบ่งออกได้กี่ลักษณะ

ก. 5 ลักษณะ	ข. 4 ลักษณะ
ค. 3 ลักษณะ	ง. 2 ลักษณะ
4. ข้อใดคือคุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอน

ก. มีส่วนผสมของคาร์บอนเป็นหลัก	ข. มีความแข็งแรงน้อย
ค. มีความอ่อนตัว	ง. มีความแข็งแรงมาก
5. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

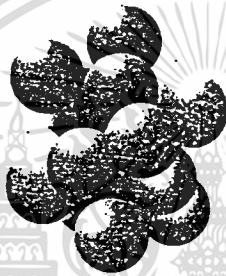
ก. ไม่สามารถดึงเป็นเส้น	ข. ไม่มีความแข็งมากนัก
ค. ไม่สามารถนำไปปรับปรุงด้วยกรรมวิธีทางการอบชุบได้	ง. สามารถตีขึ้นรูปได้

12. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิตเซลล์แบบใด



- ก. Hexagonal - Close - Packed (HPC) ข. Unit Cell (UC)
 ค. Body Centered Cubic (BCC) ง. Face Centered Cubic (FCC)

13. จากรูป ลักษณะการเรียงตัวของอะตอม คือยูนิตเซลล์แบบใด



- ก. Body Centered Cubic (BCC) ข. Hexagonal - Close - Packed (HPC)
 ค. Face Centered Cubic (FCC) ง. Unit Cell (UC)

14. ยูนิตเซลล์แบบหกเหลี่ยมมีคุณลักษณะใด

- ก. ตีเป็นแผ่นได้ ข. เหนียว
 ค. แข็ง / เปราะ ง. อ่อน

15. ขนาดของเกรน (GRAIN SIZE) มีผลอย่างไรเมื่อมีแรงมากกระทำ

- ก. การต่อต้าน ข. อ่อนตัวเร็วได้
 ค. สั่นสะเทือนในเกรน ง. ยึดตัว

16. ข้อใดกล่าวถึงขนาดของเกรน (GRAIN SIZE) ได้ถูกต้อง

- ก. โลหะที่มีเกรนละเอียด ขนาดเล็ก รวมตัวกันอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะถูกแรงกระทำ ทิศทางใดก็จะเกิดการเคลื่อนตัวเสมอ
 ข. เกรนภายในเนื้อโลหะเรียงตัวอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกันเสมอ
 ค. โลหะที่มีเกรนเกาะตัวกันน้อย จะดีขึ้นรูปได้ยากกว่าเกรนขนาดเล็ก
 ง. ข้อ ก และ ข้อ ข ถูกต้อง

26. เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีโครงสร้างมาร์เทนไซต์มีลักษณะเด่นคือ มีความแข็งแรงมาก
ก่อนนำไปใช้งานต้องผ่านกรรมวิธีใด
- | | |
|--------------|------------|
| ก. Tempering | ข. Sorbite |
| ค. Heat | ง. Cooling |
27. โครงสร้างเบนไนต์แบบขนนก คือ การเอาเหล็กกล้าคาร์บอนแบบเข้มมาเผาแช่ในเตาอบ
แล้วปล่อยให้เย็นตัวที่ใด
- | | |
|--------------------|------------------|
| ก. เตากลือ | ข. น้ำมันจุ่มชุบ |
| ค. น้ำเกลือจุ่มชุบ | ง. ในอากาศ |
28. ผู้ค้นพบโครงสร้างออสเทนไนต์คนแรกคือใคร
- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ก. ซอร์บี (Sorby) | ข. เฮนรี เบสเซเมอร์ (Henry Bessemer) |
| ค. โรเบิร์ต มาร์ติน (Robert Martin) | ง. มาร์เทนส์ (Martens) |
29. เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีโครงสร้างทรูสไตต์ทำได้โดยนำเอาเหล็กโครงสร้างมาร์เทนไซต์มาอบ
และเผาแช่ด้วยเวลาที่เร็วมากคือกี่วินาที
- | | |
|--------------|--------------|
| ก. 60 วินาที | ข. 50 วินาที |
| ค. 40 วินาที | ง. 30 วินาที |
30. เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ SKS₄ เมื่อทำการอบคืนตัว (Tempering) เมื่อวัดความแข็ง
ต้องมีอย่างน้อยตามมาตรฐานความแข็งร็อกเวลล์สเกล C เท่าใด
- | | |
|-----------|-----------|
| ก. 60 HRC | ข. 50 HRC |
| ค. 40 HRC | ง. 30 HRC |

ภาคผนวก ญ
ผลการประเมินสื่อการเรียนการสอนของผู้ทรงคุณวุฒิ



ตารางที่ ๑ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาวิชา

หัวข้อการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			\bar{X}	ความหมาย
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
- เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4.66	ดีมาก
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4	4	4	4.00	ดี
- ความถูกต้องของเนื้อหา	4	3	4	3.66	ดี
- ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหา	4	4	4	4.00	ดี
- ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละขั้นตอน	3	2	3	2.66	ปานกลาง
- การแบ่งเนื้อหาของบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี
2. ภาพและตัวอักษร					
- ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำบรรยาย	4	3	3	3.33	ปานกลาง
- ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	3	3	4	3.33	ปานกลาง
- ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา	4	3	4	3.66	ดี
3. เวลา					
- ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	4	4	4	4.00	ดี
- ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	4	4	4	4.00	ดี
- ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ บทเรียนทั้งหมด	3	3	4	3.33	ปานกลาง
4. ข้อสอบ					
- ความเหมาะสมของข้อสอบกับเนื้อหา ทั้งหมด	5	5	4	4.66	ดีมาก
- ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุด ประสงค์	5	4	5	4.66	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย				3.85	ดี

จากตารางที่ ๑ 1 พบว่า ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาวิชา ของผู้ทรงคุณวุฒิ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีการนำเนื้อหาวิชามาสร้างรวมไปถึงแบบทดสอบในบทเรียนได้อย่างเหมาะสม และเป็นไปตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้ โดยภาพรวมแล้วอยู่ในระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๒ ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

หัวข้อการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			\bar{X}	ความหมาย
1. ขั้นตอนการนำเสนอ					
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่บทเรียน	5	3	5	4.33	ดี
- ความเหมาะสมของวิธีการนำเสนอ	4	3	4	3.67	ดี
- จัดบทเรียนเป็นลำดับชัดเจน ผู้เรียนเข้าใจง่าย	5	4	5	4.67	ดีมาก
2. คำบรรยายประกอบภาพ					
- ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย	3	4	3	3.66	ดี
- ความเหมาะสมของภาพที่นำมาใช้	4	4	4	4.00	ดี
- ความเหมาะสมของเสียงบรรยาย	5	4	5	4.67	ดีมาก
- ความเหมาะสมของเสียงประกอบ	4	4	4	4.00	ดี
- ความเหมาะสมของเสียงบรรยายกับเสียงประกอบ	4	3	4	3.66	ดี
3. กราฟฟิก					
- ความเหมาะสมของขนาดของตัวอักษรและความชัดเจน	5	5	4	4.67	ดีมาก
- ความเหมาะสมของสีของตัวอักษร	4	3	4	3.66	ดี
- ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหว	4	4	4	4.00	ดี
- การออกแบบจอภาพเหมาะสมน่าสนใจ	4	3	3	3.33	ปานกลาง
4. ระยะเวลาการนำเสนอบทเรียน					
- การดำเนินบทเรียนเป็นไปด้วยความกระชับ					
- ความเหมาะสมของการนำเสนอเนื้อหาแต่ละหน้า	3	2	3	2.67	ปานกลาง
- ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้แนะนำเสนอบทเรียน	3	4	4	3.66	ดี
5. การประเมินผล					
- มีการประเมินผลที่เหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	5	4	4.67	ดีมาก
- มีการบันทึกผลการเรียนและผลการตอบสนองต่อบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี
	4	3	3	3.33	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย				3.92	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ๓ พบว่า ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีการออกแบบขั้นตอนการนำเสนอคำบรรยายประกอบภาพ กราฟฟิค ระยะเวลาการนำเสนอบทเรียนและประเมินผล การเรียน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑ ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.47	0.34
2	0.56	0.26
3	0.54	0.30
4	0.56	0.43
5	0.50	0.30
6	0.50	0.47
7	0.47	0.34
8	0.52	0.43
9	0.54	0.39
10	0.56	0.26
11	0.56	0.34
12	0.50	0.30
13	0.50	0.39
14	0.52	0.26
15	0.54	0.30
16	0.50	0.43
17	0.54	0.39
18	0.54	0.60
19	0.52	0.26
20	0.56	0.43
21	0.47	0.39
22	0.50	0.30
23	0.52	0.26
24	0.50	0.39
25	0.54	0.39
26	0.56	0.26
27	0.52	0.26
28	0.56	0.43
29	0.56	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 30 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ 0.54 0.47 ใช้นโยบายด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ฎ 1 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.47-0.56 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.26-0.47 และผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฎ
คะแนนจากการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑ 1 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
โดยการทดลองเป็นกลุ่มใหญ่

คนที่	แบบฝึกหัด					รวม 40 คะแนน	ทดสอบ หลังเรียน 30 คะแนน
	หน่วยที่ 1	หน่วยที่ 2	หน่วยที่ 3	หน่วยที่ 4	หน่วยที่ 5		
1	7	6	7	6	6	32	24
2	6	7	6	5	7	31	27
3	7	7	7	6	8	35	29
4	7	7	7	6	6	33	24
5	8	7	7	7	7	36	27
6	7	7	6	7	5	32	23
7	7	7	7	5	7	33	24
8	7	8	6	6	6	33	26
9	7	6	7	8	8	36	29
10	7	4	6	7	6	29	21
11	7	7	7	8	8	37	28
12	7	8	7	5	5	32	24
13	5	7	7	5	7	30	24
14	7	7	6	6	7	33	23
15	7	7	6	5	8	33	25
16	6	7	7	5	6	31	23
17	7	5	6	7	5	30	24
18	5	6	6	6	7	30	23
19	6	7	6	7	6	31	24
20	7	7	6	6	6	32	25
รวม						649	497

จากตารางที่ ๑ 1 พบว่า ค่าประสิทธิภาพตามกระบวนการของการทดลองเป็นกลุ่มใหญ่
มีค่า E_1 เท่ากับ 81.12 และค่า E_2 เท่ากับ 82.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฐ
คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑ ๑ แสดงคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลองที่ ๒ คะแนนเต็มของแบบทดสอบ ๓๐ คะแนน

คนที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน	คะแนนทดสอบหลังเรียน
1	18	21
2	19	22
3	16	17
4	16	23
5	16	19
6	22	24
7	17	20
8	19	21
9	16	18
10	14	15
11	18	23
12	20	24
13	19	23
14	23	29
15	20	25
16	16	22
17	19	23
18	17	24
19	19	20
20	18	24

จากตารางที่ ๑ ๑ เป็นคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ ๒ เรียนกว่า ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples) สามารถหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวัสดุช่าง เรื่องโครงสร้าง
คุณภาพของโลหะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานทางสถิติ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_2 > \mu_1$$

-โดยที่

μ_1 คือ คะแนนก่อนเรียน

μ_2 คือ คะแนนหลังเรียน

H_0 ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนต่ำกว่าหรือเท่ากับหลังเรียน

H_1 ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

การกำหนดระดับนัยสำคัญ

ระดับนัยสำคัญ (α) = .05 หมายความว่า การทดสอบสมมติฐานนี้มีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่
ที่ $(1 - \alpha)$ หรือ $100\% = 95\%$

การคำนวณค่า t-test (Dependent Samples t-test)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้สถิติ t-test (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 109-110)

จากสูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}; df = n - 1$$

เมื่อ	t	=	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤต เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
	D	=	ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	n	=	จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

สำหรับการคำนวณหาค่า t-test ผู้วิจัยคำนวณโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version
7.5 ผลที่ได้จากโปรแกรมแสดงดังตารางที่ รุ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๒ แสดงผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากโปรแกรม SPSS ในการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ 2

- ค่าสถิติพื้นฐาน

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 POST	21.90	20	3.26	.73
PRE	18.05	20	2.26	.51

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.787

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 POST & PRE	20	.787	.000

- ค่า t-test จากการคำนวณ มีค่าเท่ากับ 8.468

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	POST - PRE	3.85	2.03	.45	2.90	4.80	8.468	19	.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายชลัท อุยถาวรยิ่ง เกิดเมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2517 ที่จังหวัดชัยนาท ปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (คอ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีพุทธศักราช 2540 บรรจุเข้ารับราชการที่วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 5 ทำหน้าที่หัวหน้างานกิจกรรม นักเรียนนักศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้