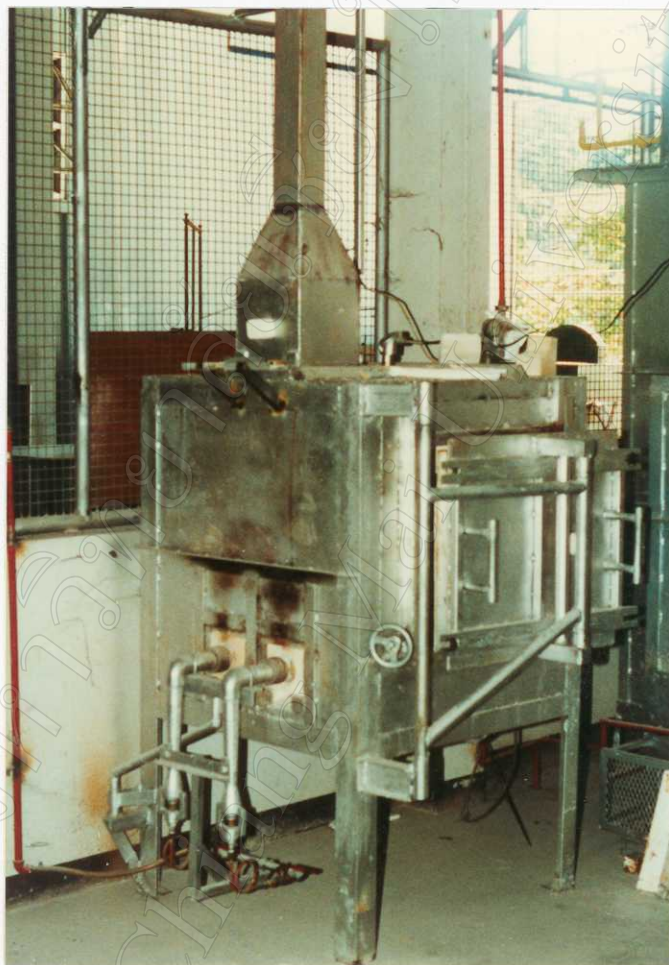


มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

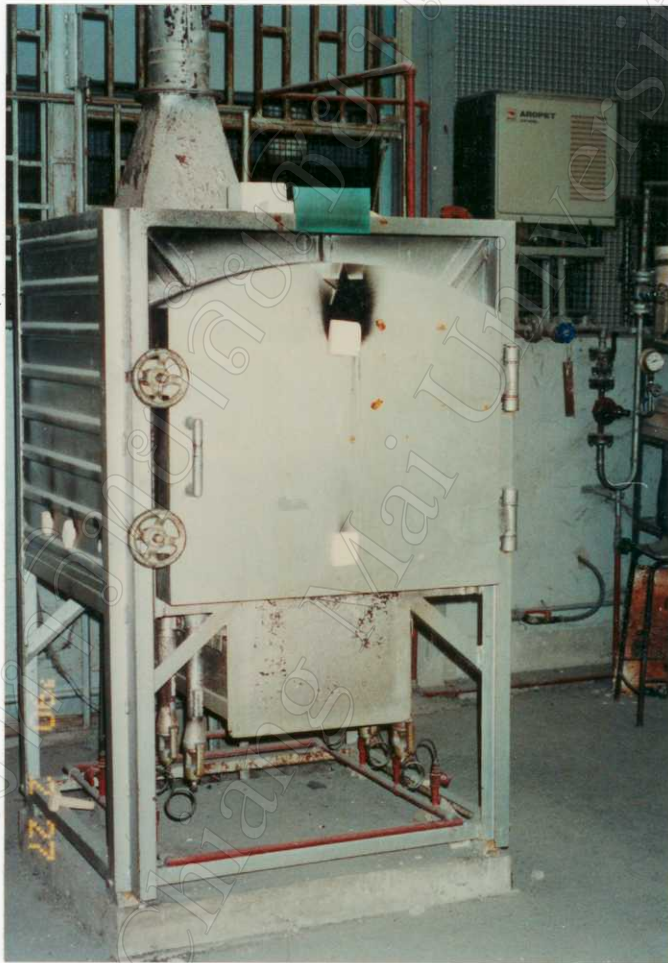
เตาหลอมแก้วชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง



เตาหลอมแก้วที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเตาหลอมแก้วที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสร้างขึ้นใช้เองในห้องปฏิบัติการ โดยเป็นเตาขนาดความจุภายใน 0.05 ลบ.ม. อุณหภูมิสูงสุดที่สามารถหลอมแก้วได้ประมาณ 1450 °ซ

ภาคผนวก ข

เตาอบแก๊วชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง



เตาที่ใช้อบแก้วในการวิจัยนี้เป็นเตาที่สร้างขึ้นใช้เองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นเตาที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงมีขนาดความจุ 0.07 ลบ.ม. อุณหภูมิสูงสุดที่สามารถใช้งานได้ประมาณ 1300 °ซ

ภาคผนวก ข

ถ้วยอะลูมินาเพื่อใช้ในการหลอมแก้ว



ถ้วยอะลูมินาเพื่อใช้ในการหลอมแก้วนี้เป็นถ้วยที่มีส่วนผสมของอะลูมินา 80 wt% , ดินผสมพอร์ซเลน 10 wt% และดินขาวระนอง 10 wt% ทำการบดผสมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ และเผาที่อุณหภูมิ 1400 °C โดยถ้วยอะลูมินานี้มีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร สามารถบรรจุส่วนผสมแก้วในการหลอมได้ครั้งละ 200 กรัม

ภาคผนวก ค

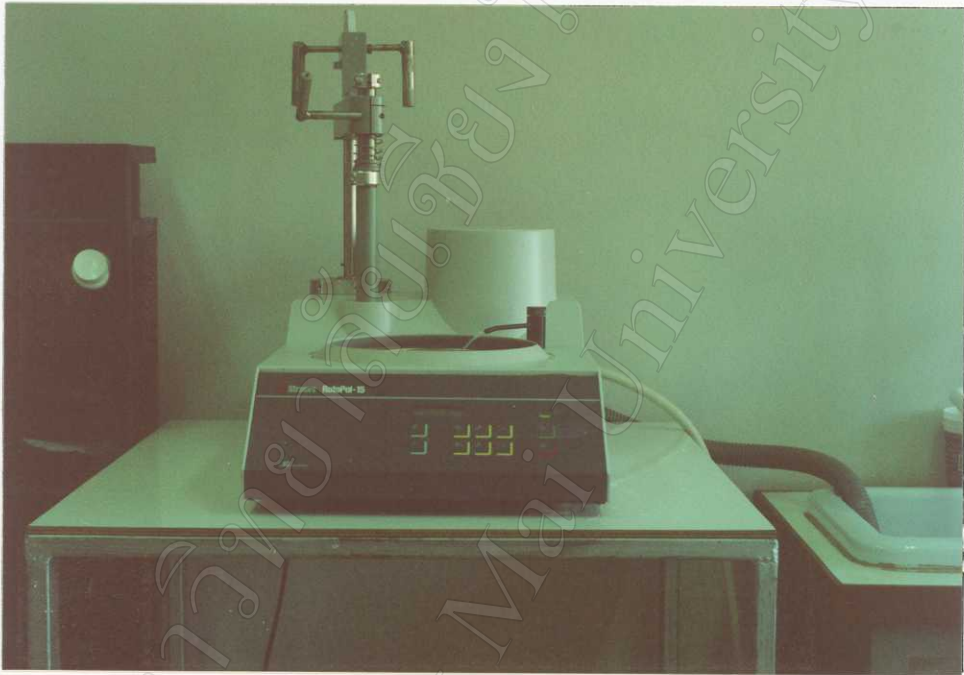
เครื่องตัดแก้ว



เครื่องตัดแก้วที่ใช้นี้เป็นเครื่องตัดรุ่น Struers, Discoplan-TS เป็นเครื่องตัดที่สามารถปรับความเร็วของใบมีดได้ และมีระบบน้ำเพื่อหล่อเย็นใบมีด

ภาคผนวก ค

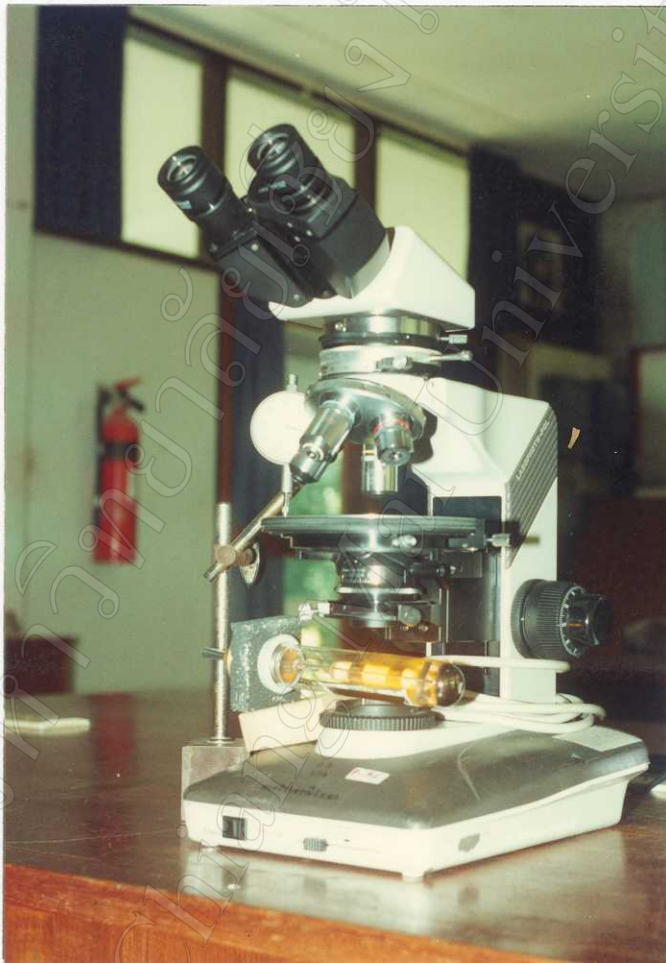
เครื่องขัดแก้ว



เครื่องขัดแก้วที่ใช้เป็นเครื่องขัดรุ่น Struers Rotapol-15, AVS DK-2610 เป็นเครื่องขัดที่สามารถปรับความเร็วของจานขัดได้ มีระบบน้ำเพื่อสะดวกต่อการขัด ซึ่งการขัดสามารถขัดโดยใช้กระดาษทรายเบอร์ต่างๆ หรือขัดด้วยผงอะลูมินาได้

ภาคผนวก ข

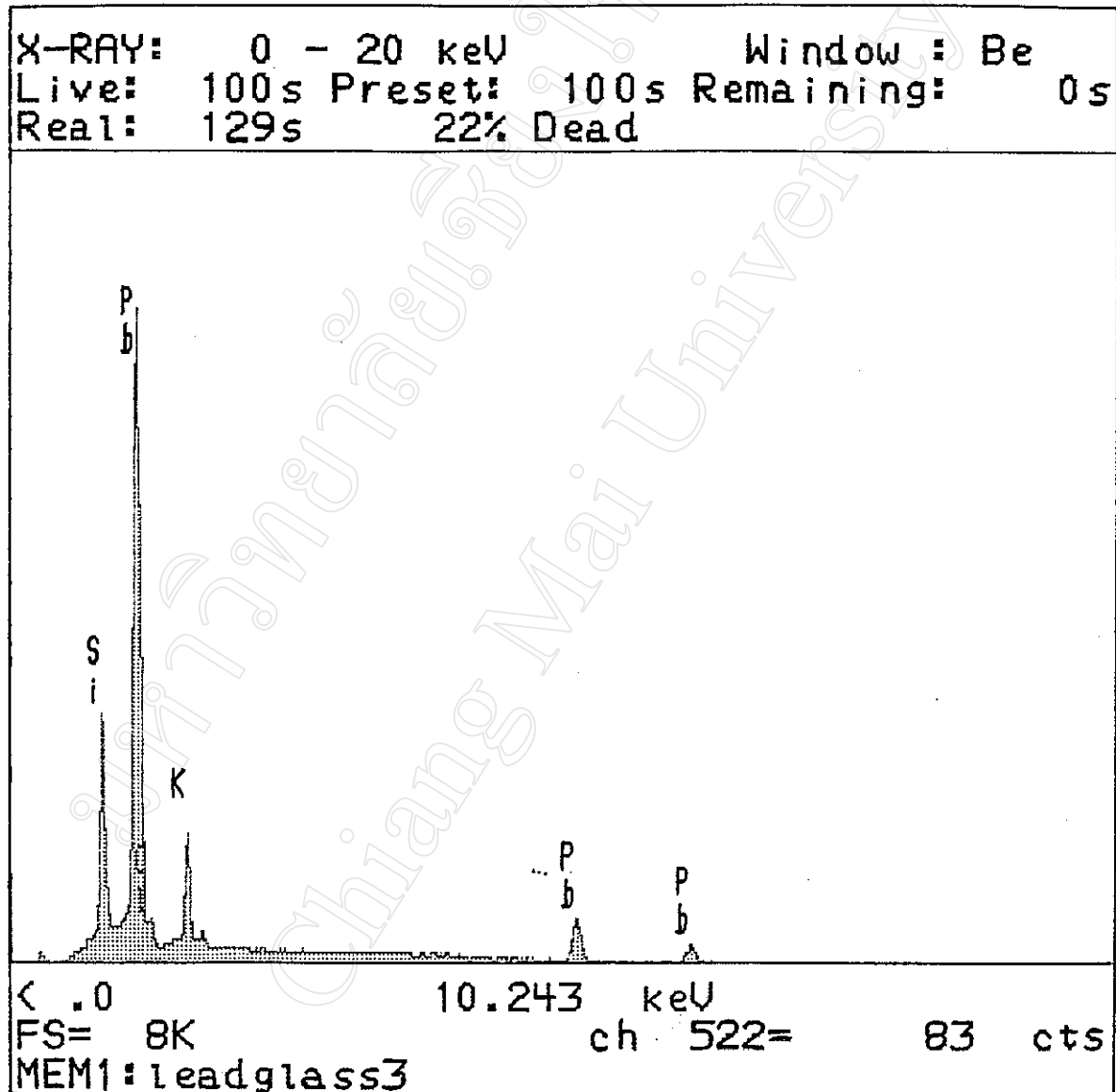
กล้องจุลทรรศน์แบบแสงพร้อมหลอดโซเดียม



เครื่องมือที่ใช้วัดค่าดรรชนีหักเหโดยเทคนิค Direct method ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงรุ่น Labophot 2-Pol, Nikon, 461064 ที่ได้มีการติดตั้ง Micrometer เพื่อใช้วัดระยะโฟกัสของกล้อง ทั้งนี้แสงที่ใช้เป็นแสงจากหลอดแสงโซเดียมที่มีความยาวคลื่นเป็น 589.3 นาโนเมตร

ภาคผนวก ง

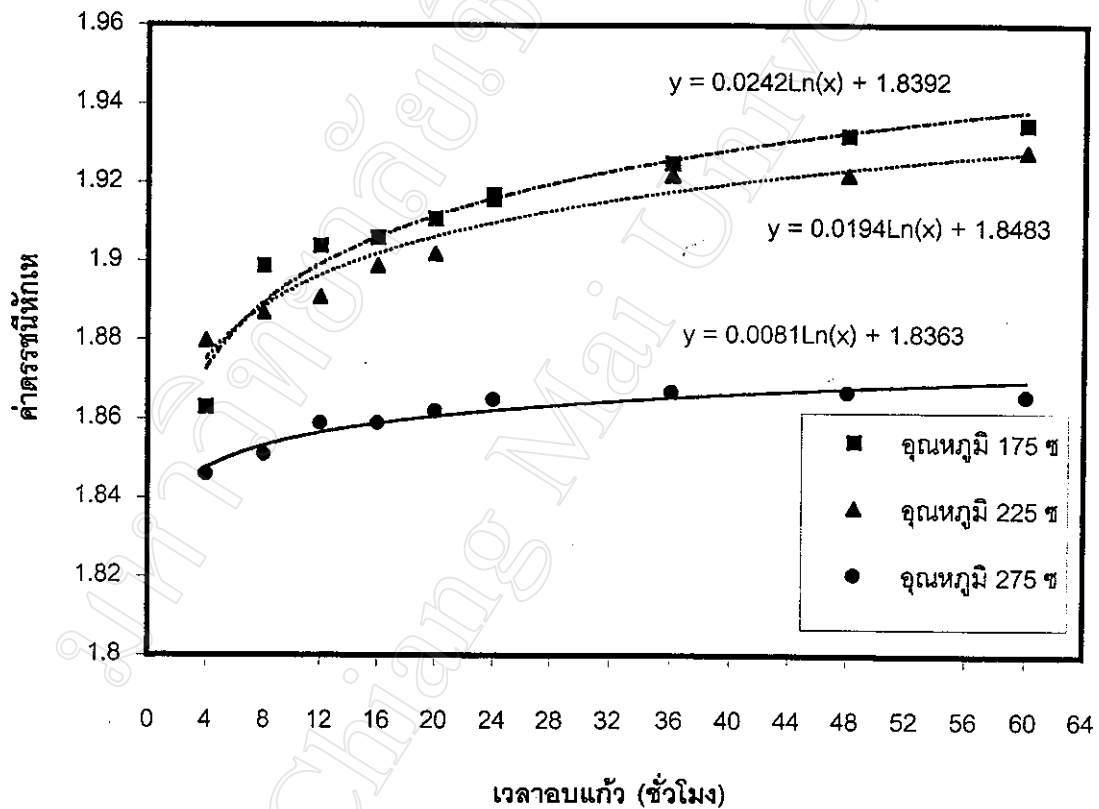
ผลการวิเคราะห์เนื้อแก้วด้วยเทคนิค Energy dispersive spectroscopy



ผลการวิเคราะห์เนื้อแก้วด้วยเทคนิค Energy dispersive spectroscopy เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าในเนื้อแก้วซิลิเกตที่มีปริมาณตะกั่วสูงในการทดลองนี้ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง ผลปรากฏว่าในเนื้อแก้วประกอบด้วยธาตุตะกั่ว ซิลิกอน และ โซเดียม โดยไม่มีธาตุอื่นที่เป็นสิ่งเจือปนในแก้ว ดังนั้นจึงเป็นการยืนยันได้ว่าเนื้อแก้วที่สร้างขึ้นมีความบริสุทธิ์

ภาคผนวก จ

แสดงวิธีการหาสมการจากความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาอบแห้งกับค่าดัชนีหักเหหรือความหนาแน่น และอัตราการเย็นตัวกับค่าดัชนีหักเหหรือความหนาแน่น ทั้งนี้ในแต่ละความสัมพันธ์จะมีวิธีการหาสมการด้วยวิธีเดียวกัน ซึ่งขอแสดงเป็นตัวอย่างหนึ่งของค่าดัชนีหักเหเฉลี่ยเทียบกับระยะเวลาอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ (รูป 40) ที่มีกราฟดังนี้



จากทั้ง 3 อุณหภูมิ จะได้สมการทั่วไปเป็น

$$n_D = C_1 \ln(t) + C_2$$

โดย

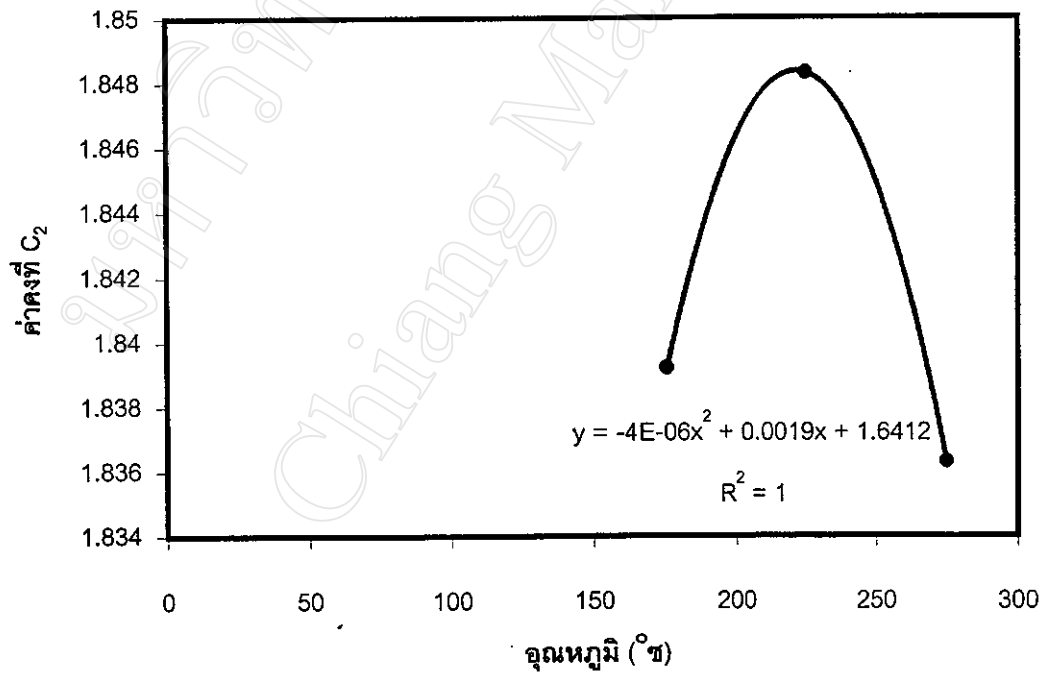
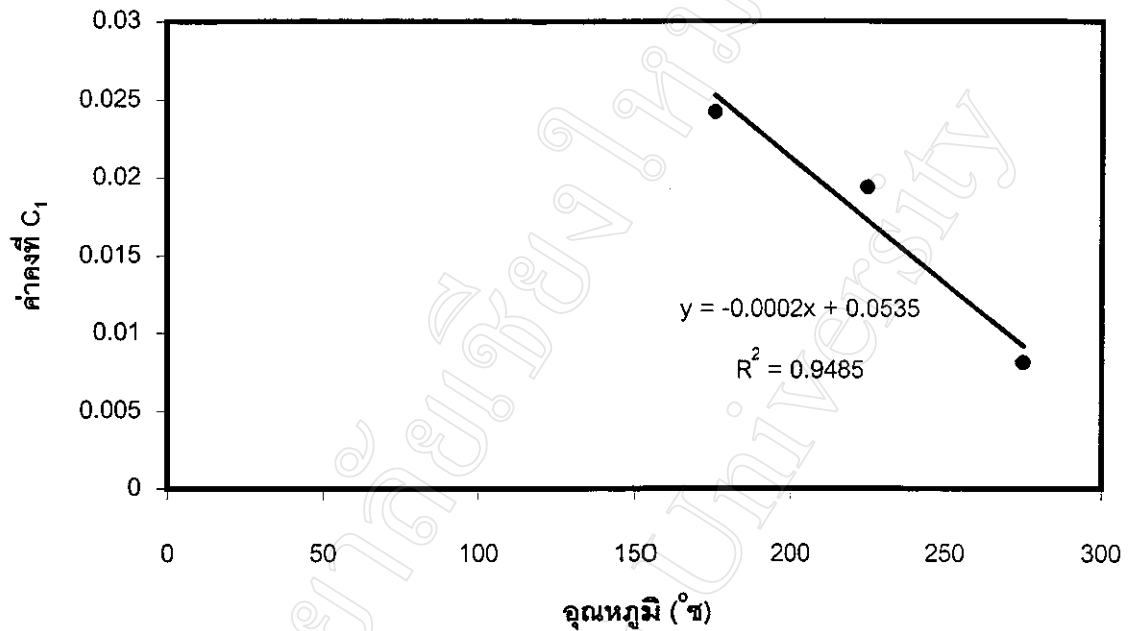
n_D แทน ค่าดัชนีหักเห

t แทน เวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)

C_1 แทน ค่าคงที่

C_2 แทน ค่าคงที่

นำค่าคงที่ C_1 และ C_2 มาเขียนเป็นกราฟเทียบกับอุณหภูมิได้ดังนี้



จะได้

$$C_1 = -0.0002(T) + 0.0535$$

$$C_2 = -4 \times 10^{-6}(T^2) + 0.0019(T) + 1.6412$$

โดยที่ T แทน อุณหภูมิ (°C)

แทนค่า C_1 และ C_2 ในสมการรูปทั่วไป ดังนั้น สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาอบแห้งกับค่าธรรมชาติหักเหที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นดังนี้

$$n_D = \{-0.0002(T) + 0.0535\} \ln(t) + \{-4 \times 10^{-6}(T^2) + 0.0019(T) + 1.6412\}$$

สำหรับความสัมพันธ์อื่นๆ สามารถหาสมการได้ด้วยวิธีเดียวกันดังแสดงต่อไปนี้

- การอบแห้งที่มีระยะเวลาอบแห้ง ณ อุณหภูมิคงที่

$$n_D = \{-0.0002(T) + 0.0535\} \ln(t) + \{-4 \times 10^{-6}(T^2) + 0.0019(T) + 1.6412\}$$

$$d = \{-0.0002(T) + 0.1002\} \ln(t) + \{-1 \times 10^{-5}(T^2) + 0.0059(T) + 4.6310\}$$

- การอบแห้งที่มีอัตราการเย็นตัวจากอุณหภูมิต่างๆ ในช่วง T_g

$$n_D = \{-3 \times 10^{-8}(T^5) + 2 \times 10^{-5}(T^2) - 0.0034(T) + 0.2199\} \ln R$$

$$+ \{-3 \times 10^{-8}(T^5) + 2 \times 10^{-5}(T^2) - 0.0059(T) + 2.3667\}$$

$$d = \{-2 \times 10^{-8}(T^5) + 1 \times 10^{-5}(T^2) - 0.0029(T) + 0.1827\} \ln R$$

$$+ \{5 \times 10^{-8}(T^5) - 4 \times 10^{-5}(T^2) + 0.0079(T) + 4.8392\}$$

โดยที่ R แทน อัตราการเย็นตัวของแก้ว ($^{\circ}\text{C} / \text{นาท}$)

ทั้งนี้สมการที่แสดงเป็นเพียงสมการที่ได้จากข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้เท่านั้น อาจยังไม่เป็นสมการที่ถูกต้องและแม่นยำ แต่เป็นเพียงข้อเสนอแนะที่ว่าถ้าสามารถสร้างสมการเพื่อศึกษาการผ่อนคลายในแก้วซิลิเกตที่มีปริมาณตะกั่วสูงนี้ที่อุณหภูมิอื่นๆ ก็จะสามารถทำนายถึงตำแหน่งผ่อนคลายของแก้วชนิดนี้ได้โดยอาจไม่จำเป็นต้องทำการทดลอง ซึ่งสมการที่ถูกต้องและแม่นยำนั้นจะต้องทำการทดลองเพิ่ม เพื่อให้มีข้อมูลมากพอที่จะสร้างสมการได้ ประกอบกับสมการที่ได้มานี้จะใช้ได้กับแก้วซิลิเกตที่มีปริมาณตะกั่วสูง (70 wt%) เท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้กับแก้วซิลิเกตตะกั่วสูงที่มีปริมาณตะกั่วเปลี่ยนไปหรือไม่สามารถใช้กับแก้วชนิดอื่นได้ แต่ถ้าต้องการทราบตำแหน่งการผ่อนคลายของแก้วชนิดอื่น จะต้องทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลออกมาเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ จากนั้นจึงสร้างสมการจากข้อมูลที่ได้มา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายวรพงษ์ เทียมสอน
วัน เดือน ปี เกิด	24 เมษายน 2518
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนห่มเกล้าพิทยาคม เพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2539
ทุนการศึกษา	ได้รับทุนพัฒนาอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่