

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 คุณสมบัติของธาตุที่เป็นส่วนผสมของพิวเตอร์	5
2.2 โลหะผสมพิวเตอร์	9
2.3 แผนภูมิเฟส	10
2.4 การออกแบบการทดลอง	30
2.5 การทดสอบความแข็ง.....	35
2.6 Regression	39
2.7 ANOVA.....	45
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
3.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ	51
3.2 การออกแบบการทดลองด้วย Design Expert Software	51
3.3 ชิ้นงานทดสอบ.....	52
3.4 การทดสอบความแข็งและโครงสร้างจุลภาค.....	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	54
4.1 ผลการทดสอบความแข็ง	54
4.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและส่วนผสม	54
4.3 โครงสร้างจุลภาค	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการวิจัย	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	71
6.1 ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย	71
6.2 ผลผลิตที่อยู่ระหว่างการดำเนินการ	71
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก	76
ประวัตินักวิจัย	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการสร้างตัวแปรหุ่นของตัวแปรสถานภาพสมรส	41
2.2 ตัวอย่างการสร้างตัวแปรหุ่นของตัวแปรระดับการศึกษา.....	42
2.3 สูตรความแปรปรวนทางเดียว	47
2.4 สูตรสูตรความแปรปรวนทางเดียว.....	48
3.1 คุณสมบัติของดีบุก (Sn) ทองแดง (Cu) และพลวง (Sb)	51
3.2 จุดการทดลองของแต่ละการทดลอง.....	52
4.1 ผลการทดสอบความแข็งด้วยวิธี Vickers Micro Hardness ของชิ้นงานทดสอบ	54
4.2 ผลการวิเคราะห์ Sequential Model Sum of Squares ของความแข็ง (HV).....	55
4.3 ผลการวิเคราะห์ Lack of Fit ของ Hardness.....	56
4.4 ผลการวิเคราะห์ Model Summary Statistics ของ Hardness	57
4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hardness	58
4.6 ค่าทางสถิติของสมการทำนายผลของ Hardness.....	58
4.7 การวิเคราะห์เพื่อหาสมการทำนายค่า Hardness	59
4.8 ข้อมูลทางสถิติที่ได้จาก Diagnostics (Hardness).....	65
4.9 ข้อมูลทางสถิติที่แสดงขอบเขตของแต่ละจุดในการทดลอง	66
4.10 การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายและการทดสอบความแข็ง.....	67

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ผลิตภัณฑ์ต่างๆจากฟิวเตอร์	1
2.1 ลักษณะของดีบุก (Sn)	5
2.2 ลักษณะของทองแดง (Cu).....	7
2.3 ลักษณะของพลวง (Sb).....	8
2.4 กราฟการแข็งตัวและการเปลี่ยนแปลงเฟสของเหล็กบริสุทธิ์	13
2.5 สารละลายของแข็งชนิดแทนที่.....	14
2.6 สารละลายของแข็งชนิดแทรกตัว	14
2.7 เส้นของแข็งและเส้นของเหลว	15
2.8 แผนภาพสมดุลของ MgO กับ NiO.....	16
2.9 กลไกการแพร่แบบแทนที่ช่องว่าง.....	16
2.10 กลไกการแพร่แบบแทรกตัวระหว่างอะตอม	16
2.11 กลไกการแพร่แบบสลับกันสองอะตอม	17
2.12 กลไกการแพร่แบบสลับกันสี่อะตอม	17
2.13 แผนภาพสมดุลของ Cd-Bi	18
2.14 ลักษณะเฟสบนแผนภาพสมดุลระบบยูเทคติก	18
2.15 โครงสร้างยูเทคติก	19
2.16 แผนภาพสมดุลเฟสระบบผสมระหว่างระบบสารละลายของแข็งกับระบบยูเทคติก	19
2.17 แผนภาพสมดุลเฟสระบบเพอริเทคติก	20
2.18 ลักษณะเฟสบนแผนภาพสมดุล	21
2.19 แผนภาพสมดุลเฟสของระบบสารประกอบ Mg-Si	21
2.20 แผนภาพสมดุลของสารประกอบโลหะที่มีระบบเพอริเทคติกและระบบยูเทคติกซ้อนกันอยู่	22
2.21 แผนภาพสมดุลระบบโมโนเทคติก.....	23
2.22 แสดงลักษณะเฟสบนแผนภาพสมดุลระบบโมโนเทคติก	24
2.23 แผนภาพสมดุลเฟสทองแดง - ตะกั่ว	25
2.24 แผนภูมิเฟสของโลหะผสมดีบุกและทองแดง	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.25 แผนภูมิเฟสของโลหะผสมดีบุกและพลวง.....	26
2.26 แผนภูมิเฟสของโลหะผสมทองแดงและพลวง.....	26
2.27 แสดงแผนภาพสมดุลเฟสของระบบ 3 ธาตุ	27
2.28 แผนภาพสมดุลที่ตัดในแนวระดับได้ Concentration Triangle	28
2.29 แผนภาพสมดุลเฟสระบบ 3 ธาตุของระบบสารละลายของแข็ง	29
2.30 แผนภาพระบบยูเทคติก	29
2.31 แผนภาพระบบสารละลายของแข็งกับยูเทคติก	30
2.32 ความสัมพันธ์ของส่วนผสมในแผนการทดลองที่มีส่วนผสม 3 ชนิด	33
2.33 จุดอ้างอิงที่ใช้ในการทดลอง.....	34
2.34 Vickers Micro Hardness	39
2.35 Linear Regression	40
3.1 เครื่องทดสอบความแข็ง	53
3.2 ลักษณะของรอยกด	53
4.1 การวิเคราะห์ Normal Plot of Residuals ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	59
4.2 การวิเคราะห์ Residuals vs. Predicted ของสมการ Special Quartic (Hardness)	60
4.3 การวิเคราะห์ Residuals vs. Run ของสมการ Special Quartic (Hardness)	60
4.4 การวิเคราะห์ Predicted vs. Actual ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	61
4.5 การวิเคราะห์ Box-Cox Plot for Power Transforms ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	61
4.6 การวิเคราะห์ Residuals vs. Sn ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	62
4.7 การวิเคราะห์ Residuals vs. Cu ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	62
4.8 การวิเคราะห์ Residuals vs. Sb ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	63
4.9 การวิเคราะห์ Externally Studentized Residuals ของสมการ Special Quartic (Hardness)	63
4.10 การวิเคราะห์ Leverage vs. Run ของสมการ Special Quartic (Hardness)	64
4.11 การวิเคราะห์ Cook's Distance ของสมการ Special Quartic (Hardness).....	64
4.12 โครงสร้างจุลภาคของพิวเตอร์ชนิด 100Sn.....	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 โครงสร้างจุลภาคของพิวเตอร์ชนิด 97Sn-3Cu.....	68
4.14 โครงสร้างจุลภาคของพิวเตอร์ชนิด 92Sn-8Sb	68
4.15 โครงสร้างจุลภาคของพิวเตอร์ชนิด 89Sn-3Cu-8Sb.....	69