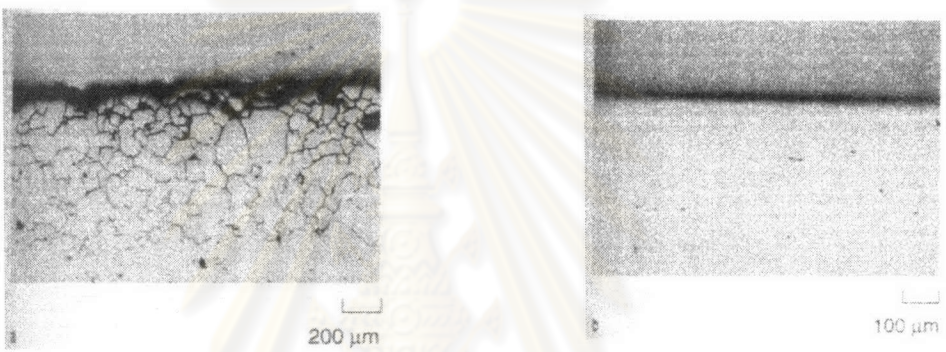
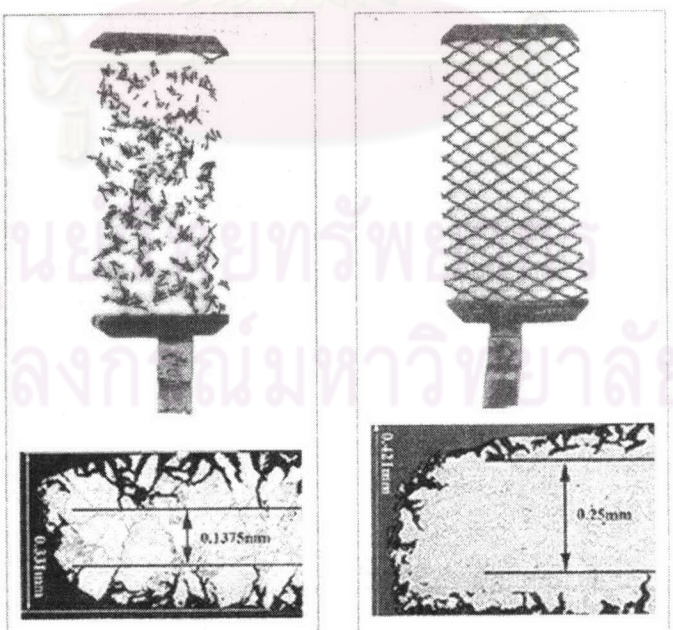
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การควบคุมโครงสร้างขอบเกรนแบบพลังงานต่ำ(Low-$\sum$Coincidence Site Lattice Boundaries) ให้มีจำนวนมากและกระจายอยู่ทั่วชิ้นงาน เป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ประการหนึ่งทางด้านวิศวกรรมขอบเกรน(Grain Boundary Engineering) เนื่องจากระบบขอบเกรนดังกล่าวเป็นชนิดที่มีระดับพลังงานต่ำกว่าปกติที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และขอบเกรนชนิดนี้มีคุณสมบัติความทนทานสูงต่อการเกิดการเคลื่อนตัวของ



รูปที่ 1.1 แสดงภาพตัดที่เกิดจากการ sensitized(600 c ที่ 1 ชม.) alloy 800(Fe-35 Ni-25Cr) ตามด้วย120 ชม. ใน ASTM G28 ภาพซ้าย Low-$\sum$CSL boundaries ประมาณ 44% และรูปขวา Low-$\sum$CSL boundaries ประมาณ 83%



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะ positive electrod grid Pb-Ca-Sn ในขั้วแบตเตอรี่ที่ลักษณะเป็นตระแกรงภายใต้เงื่อนไขการกัดกร่อนเช่นเดียวกับในแบตเตอรี่ ภาพซ้าย Low-$\sum$CSL boundaries ประมาณ 13% และรูปขวา เป็นขั้วที่ผ่าน การปรับปรุงทางด้านวิศวกรรมขอบเกรน โดยมี Low-$\sum$CSL boundaries มากกว่า 63%

ขอบเกรน(sliding), การกัดกร่อน(corrosion), การเกิดเซนซิไทเซชั่น(sensitization) และการแพร่ของธาตุเจือ(solution segregation) เป็นต้น โดยในรูปที่ 1.1 และ 1.2 เป็นตัวอย่างผลงานที่ดีทางด้านวิศวกรรมขอบเกรน โดยการที่จะได้มาซึ่งระบบขอบเกรนดังกล่าว คือการใช้กระบวนการความร้อนเชิงกล(thermomechanical process) เป็นเครื่องมือในการให้เกิดขอบเกรนชนิด Low-$\sum$CSL boundaries

จากงานวิจัยที่ผ่านมากระบวนการ thermomechanical process ดังรูปที่ 1.3 ซึ่งเป็นขบวนการที่อยู่บนพื้นฐานของการเกิดการอบคลายความเครียด(Strain annealing) กับการตกผลึกใหม่คลายความเครียด(Strain Recrystallization) โดยกระบวนการดังกล่าวได้ผลลัพท์ที่ดีมากในการเพิ่มขอบเกรนชนิด Low-$\sum$CSL boundaries แต่เนื่องด้วยกระบวนการความร้อนเชิงกลเป็นการให้ความเครียดแก่วัสดุ แล้วทำการอบอ่อนจึงทำได้ในวัสดุที่มีความเหนียวเท่านั้น แต่ในขณะที่วัสดุที่มีความเปราะ เช่น สารกึ่งตัวนำไม่สามารถใช้กระบวนการนี้ได้

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอความคิดการทำวิศวกรรมขอบเกรนแบบใหม่ เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของกระบวนการความร้อนเชิงกลดังที่กล่าวไว้ข้างต้น เทคนิคใหม่นี้เป็นการประยุกต์ใช้การสลับช่วงความร้อนที่ต่างกัน(cyclic thermal gradient)ของเตาความร้อน 2 ตัว โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่าการสลับช่วงความร้อนที่ต่างกัน สามารถกระตุ้นให้เกิดความแตกต่างในการแพร่ที่ขอบเกรน อันนำมาซึ่งการเคลื่อนตัวที่แตกต่างกัน ระหว่างขอบเกรนที่มีการจัดเรียงโครงสร้างต่างกัน ส่วนทางด้านการลดลงของพลังงานทั้งหมด เช่น การลดลงของพื้นที่ผิวของขอบเกรนโดยรวมระหว่างการโตของเกรน อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนตัวอย่างเร็วของขอบเกรนที่มีพลังงานสูง(random grain boundaries) ทำให้ขอบเกรนชนิดนี้มีโอกาสหายไปมากกว่าขอบเกรนที่มีพลังงานต่ำ(special grain boundaries) จะเคลื่อนตัวได้ช้ากว่าเนื่องจากมีอัตราการแพร่ที่ช้ากว่า เราคาดว่าโดยการปรับการสลับช่วงความร้อนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของอะตอมที่ขอบเกรนใหม่นำมาซึ่งระดับพลังงานที่ต่ำกว่า สำหรับงานวิจัยนี้ยังคงทำการทดลองบนวัสดุเหนียว อย่างเช่นอะลูมิเนียม ซึ่งความสำเร็จของงานวิจัยนี้จะทำให้เกิดกระบวนการใหม่ในการปรับปรุงวัสดุให้ดีขึ้น

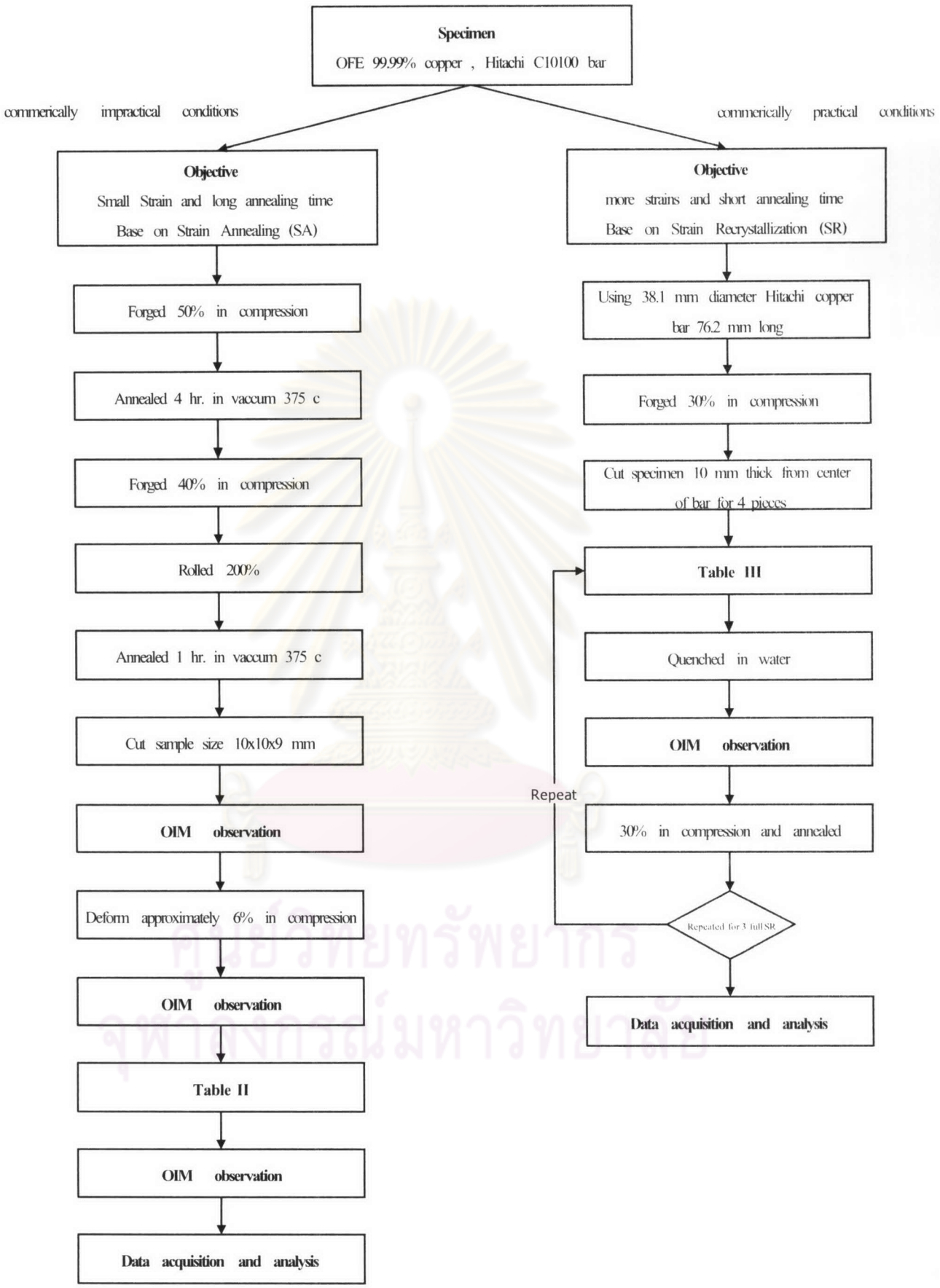
Table I. Strain-Annealing Treatments

Sample Identification					
Process	**OFE-rxn**	**SA-1**	**SA-2**	**SA-3**	**SA-4**
Strain		-7%	-6%	-6%	-6%
Heat Treatment	See text	8 h/334°C 14 h/532°C	14 h/275°C 7 h/375°C	14 h/225°C 6 h/325°C	6 h/325°C
Grain Size	10 μm	75 μm	65 μm	55 μm	30 μm

Table II. Strain-Recrystallization Treatments

Sample Identification				
Process	**AFE-AR**	**SR-350**	**SR-375**	**SR-400**
Strain	As-received	-30%	-30%	-30%
Heat Treatment	None	10 min./350°C	10min./375°C	10 min./400°C
Grain Size	125 μm	27 μm	32 μm	35 μm

ตาราง 1.1 และ1. 2 เป็นส่วนหนึ่งของ แผนผังการไหลของขบวนการ thermomechanical process



รูปที่ 1.3 แผนผังการไหลของขบวนการ thermomechanical process ของ Adam J. Schwartz and Wayne E. King

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและทดลองหาผลกระทบของวัฏจักรอุณหภูมิต่อโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิ-เนียมบริสุทธิ์ขณะเกิดการโตขึ้นของเกรน

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ออกแบบและสร้างระบบควบคุมการให้ความร้อนแบบ 2 โซน
2. ศึกษาและทดลองหาผลกระทบของวัฏจักรอุณหภูมิ ต่อการโตของเกรนในอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ตามเงื่อนไขของอุณหภูมิและคาบเวลา
3. เปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่ผ่านและไม่ผ่านวัฏจักรอุณหภูมิตามเงื่อนไขต่างๆ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบให้ความร้อนแบบ 2 โซน
3. ศึกษาและทดลองหาผลกระทบของวัฏจักรอุณหภูมิ ต่อการโตของเกรนในอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ตามเงื่อนไขของอุณหภูมิและคาบเวลา
4. เปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่ผ่านและไม่ผ่านวัฏจักรอุณหภูมิตามเงื่อนไขต่างๆ
5. สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

ได้กระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์โดยการให้ความร้อนแบบวัฏจักร และสามารถนำไปประยุกต์กับวัสดุชนิดอื่น เพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงคุณสมบัติวัสดุให้ดีขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ในปี 2514 M. Fiset, M. Braunovic and A. Galibois[1] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง The effect of thermal cycling on grain growth in aluminum ได้ทำการศึกษาการอบแบบวัฏจักร ซึ่งการทดลองนี้ใช้อุณหภูมิในการอบค่อนข้างสูง คือที่ 400 , 500 และ 600 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบไม่เกิน 3 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการโตขึ้นของเกรน พบว่า การอบแบบ Multi – anneals ที่อุณหภูมิ 500 และ 600 องศาเซลเซียส จะถูกขัดขวางไม่ให้เกรนโตขึ้น

2. ในปี 2522 Bent Bay and Niels Hansen[2] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง Initial Stages of Recrystallizatin in Aluminum of Commercial Purity ได้ทำการทดลองกับแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งจะมีโครงสร้างเกรนที่ละเอียดจากการรีดอลูมิเนียมให้ลดลง 90 เปอร์เซ็นต์ และตามด้วยการอบที่ 261 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. ปี 2535 C.H. Worner และ P.M. Hazzledine[3] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง Grain Growth Stagnation by Inclusions or Pores โดยรายละเอียดจะเกี่ยวกับกลไกการเกิดเกรนโตขึ้นอย่างช้าๆ โดยอนุภาคเฟสที่สองหรือที่รู้จักกันในนาม Zener pinning โดยได้มีการวิเคราะห์ผ่านหลากหลายทฤษฎี เหล่านี้เป็นผลมาจากการเริ่มต้นวิเคราะห์ของ Zener จนมาถึงความก้าวหน้าของโมเดลบนคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ปรากฏการณ์ Zener ได้ถูกใช้ในการป้องกันการเกิดเกรนโตและทำให้เกิดเกรนที่ละเอียดในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตดังในวัสดุจำพวกโลหะและเซรามิก และในทางกลับกันในกระบวนการผลิตโลหะในอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องการเกรนที่หยาบในตัววัสดุ ซึ่งการทำได้โดยการตกตะกอนเพื่อช่วยในการบรรลุเป้าหมาย

4. ปี 2535 T.Gladman[4] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง The Theory and Inhibition of Abnormal Grain Growth in Steels เป็นงานที่ศึกษาการยับยั้งการเกิดเกรนโตในโลหะโครงสร้าง austenite โดยการเกรนโตที่ผิดปกติ(abnormal grain growth)เป็นผลมาจากจากเกรนจำนวนหนึ่งที่มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะเอาชนะแรง pinning force เมื่อการยับยั้งดังกล่าวไม่ได้ผลเกรนจะโตขึ้นในลักษณะแบบ abnormal grain growth และเกิดเกรนที่ใหญ่เป็นพิเศษ นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังกล่าวถึงเบื้องหลังการเกิดgrain growthและparticle pinning และparticular attention ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบที่สำคัญของการกระจายตัวของอนุภาค(random และ grain boundary precipitation) และการกระจายตัวของขนาดเกรนจากก่อนจนถึงเกิดเกรนหยาบ

5. ปี 2540 M.V. Markushev , C.C. Bampton , M. Yu. Murashkin , D.A. Hardwick[5] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง Structure and properties of ultra- fine grained aluminium alloys produced by severe plastic deformation ซึ่งทำการศึกษา อะลูมิเนียมเกรด US2090(Al – Li –Cu-Zr), 5083(Al-Mg-Mn-Cr-) และ Russian 1420(Al-Mg-Li-Zr) เขาได้ทำการอบสร้างเกรนที่มีขนาดเล็กในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 200 ถึง 400 องศาเซลเซียส และจะมีเกรนขนาดเล็กมากประมาณ 200 ถึง 250 องศาเซลเซียส ซึ่งมีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

6. ในปี 2545 S.S. Sahay , C.P. Malhotra, A.M. Kolkhede[6] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง Accelerated grain growth behavior during cyclic annealing ได้ทำการศึกษาการอบแบบวัฏจักรในช่วงอุณหภูมิ 650 และ 725 องศาเซลเซียส พบว่ามีการโตขึ้นของเกรนเร็วกว่าปกติ

7. ในปี 2545 Jian Li , F. Seki , S.Saimoto, K. Itoh and T. Kamijo[7] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง Annealing Twins In Nominally Pure Al ซึ่งในเอกสารนี้เขามีขั้นตอนการรีดที่สลับซับซ้อนอยู่พอสมควร โดยการรีดหลายครั้งและอบหลายอุณหภูมิใน 1 ชิ้นงาน เพื่อที่จะศึกษาการเกิด Twins แต่โดยภาพรวมแล้วอุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 240 – 300 องศาเซลเซียส ในอะลูมิเนียมและเวลาที่ใช้ในการอบเกิน 100 ชั่วโมง ซึ่งในการทดลองอันยาวนานนี้ส่วนใหญ่เป็นขั้นตอนของการอบเพื่อเตรียมชิ้นงานและมีช่วงเวลาที่ใช้ในการอบเพื่อให้เกิด Twins เพียงประมาณ 2 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย