

รายการอ้างอิง

- [1] Slamova, M., Ocenasek, V., Dvarak, P. and Juricek, Z. Response of AA8006 and AA8111 Strip Cast Cold Rolled alloys to high temperature Annealing. Proc.ICAA6, Vol.2, 1998, pp. 1287-1292.
- [2] Sanders JR, R.E., Baumann, S.F. and Stumpf, H.C. Wrought Non-Heat –treatable Aluminum alloys. Aluminum alloy – contemporary research and applications, Volume 31, 1989, pp.83-85.
- [3] Merchant, H.D., Kattamis, T.Z. and Morris, J.G. Continuous Casting of Aluminum alloys. Continuous Casting of Non-Ferrous Metals and Alloys, September 28-29th, 1988, pp.83-85.
- [4] Furrer, P. Aluminum Alloys-Physical and Mechanical Properties. EMAS, 1986, p1303.
- [5] Slamova, M., Ocenasek, V., Cieslar, M., Chalupa, B. and Merle, P. Difference in Structure Evolution of Twin-Roll Cast AA8006 and AA8011 alloys during Annealing. Material Science Forum, Vols. 331-337, 2000, p831.
- [6] Slamova, M., Ocenasek, V. and Juricek, Z. Impact of As-Cast Structure and Properties of Twin-Roll Cast AA8006 Alloy. Material Science Forum, Vols. 331-337, 2000, pp. 161-166.
- [7] Hatch, J.E., Work Hardening, Recovery, Recrystallization and Grain growth. Aluminum properties and Physical Metallurgy, 1984, pp.105-116.
- [8] Humphrey, F.J. and Hatherly, M. Recrystallization of Two-Phase alloys. Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 1995, pp.235-276.
- [9] Zaidi, M.A. and Wert, J.A. Thermomechanical Processing of Aluminum alloys. Aluminum alloy – contemporary research and applications, 1989, pp.156-162.
- [10] Slamova, M., Ocenasek, V., Duorak, P. and Juricek, Z. Phase Transformation Study of two Aluminum Strip-Cast Alloys. Proc.ICAA6, Vol.2, 1998, pp. 897-902.
- [11] Karlik, M., Siegl, J., Slamova, M. and Birol, Y. Study of the Damage of AA8006 Twin-Roll Cast Thin Sheets during Forming of Heat Exchanger Fins. Material Science Forum, Vols. 331-337, 2000, p619.

- [12] Standard test Methods for Tension testing of Metallic Materials, E8-96. Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01 , 1996.
- [13] Standard test Method for Ball Punch Deformation of Metallic Sheet Material, E643-84. Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01 , 1996.
- [14] Slamova, M. Effect of strain level on recrystallization response of AA8006 and AA8011 Thin strip. Metal 2001.(To be published).
- [15] Humphrey, F.J. A new analysis of recovery, recrystallization and grain growth. Material sciences and technology, Vols 15, 1999, p.37.

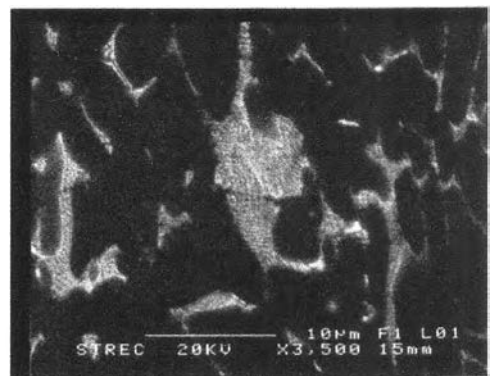
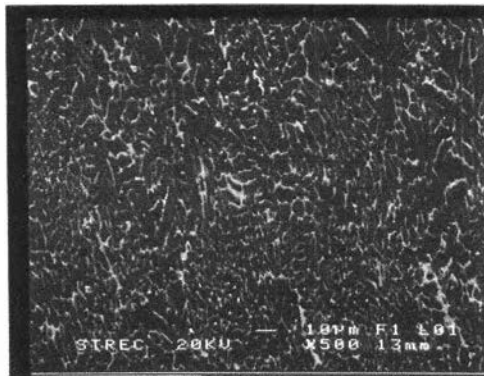
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

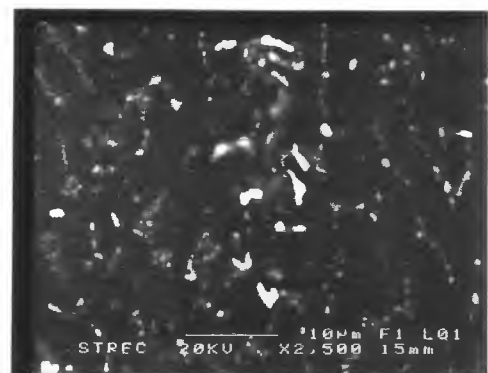
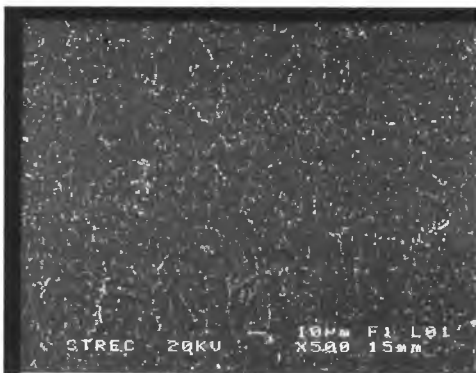
การกระจายตัวของอนุภาคของชิ้นงานภายหลังการอบอ่อน

การกระจายตัวของชิ้นงานที่ผ่านการหล่อแบบทวิน โรล ที่อุณหภูมิ 550 และ 580 องศาเซลเซียสในเวลาที่แตกต่างกัน ได้ถูกแสดงใน รูปที่ ก.1 ดังนี้

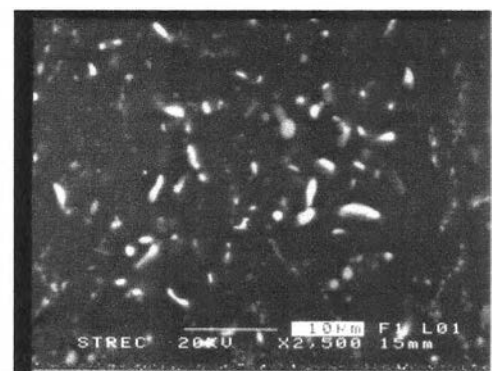
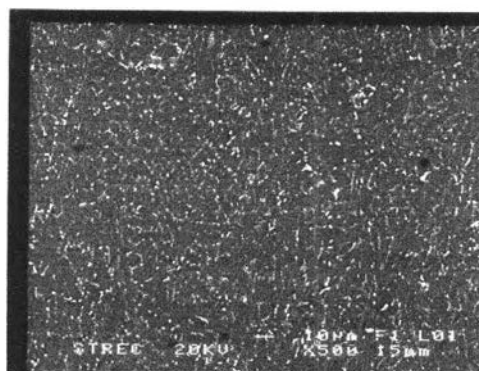
รูปที่ ก.1 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคเมื่ออุณหภูมิการอบ โฮโมจีไนเซชันและเวลาเปลี่ยนแปลงไป ชิ้นงานประเภทใหม่ผ่านการอบโฮโมจีไนเซชัน



ชิ้นงานประเภท อบโฮโมจีไนเซชันที่ 550 องศาเซลเซียส

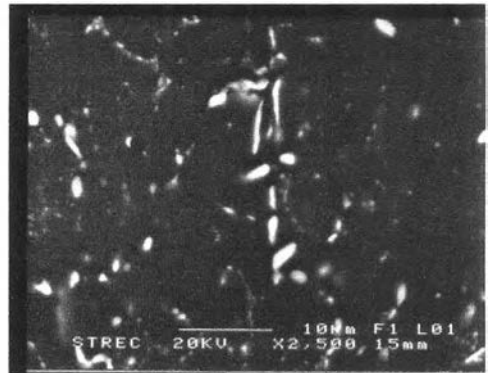
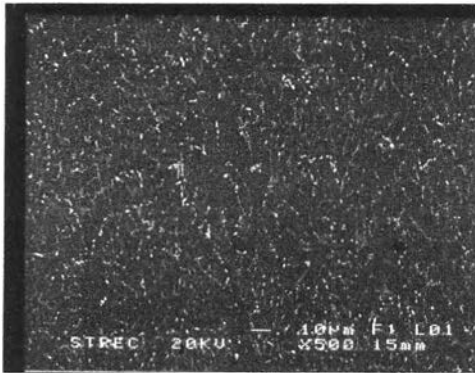


เวลา 6 ชม.

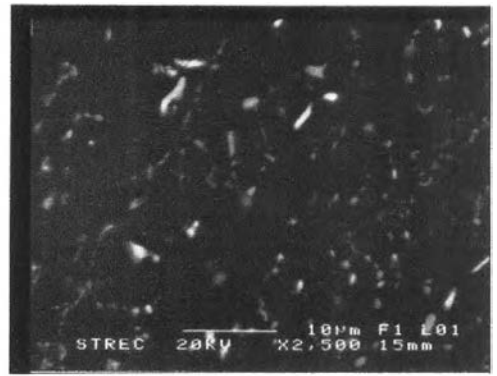
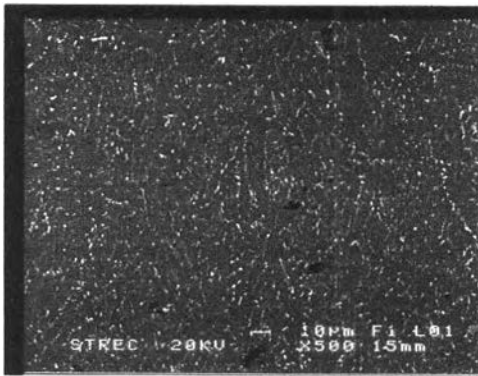


เวลา 8 ชม.

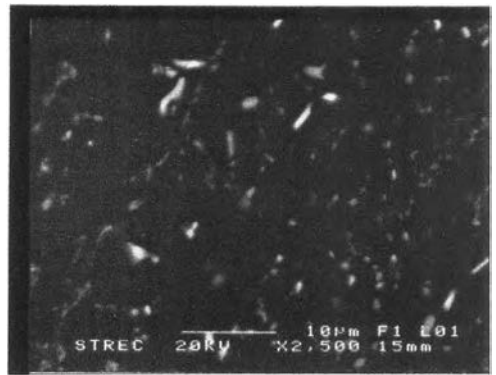
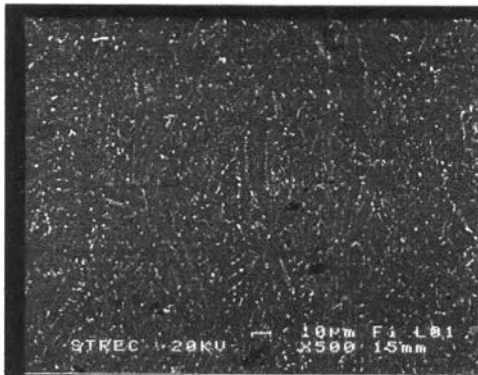
ชิ้นงานประเภท ออบโซไมจิ ในเซชันที่ 550 องศาเซลเซียส(ต่อ)



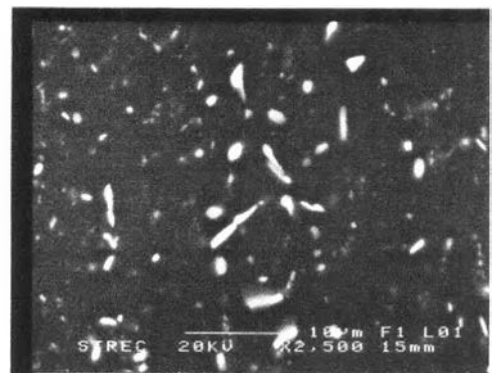
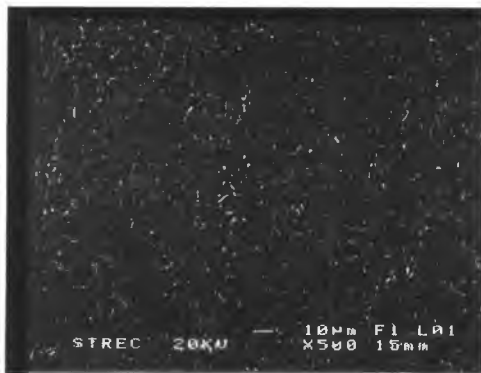
เวลา 10 ชม.



เวลา 13 ชม.

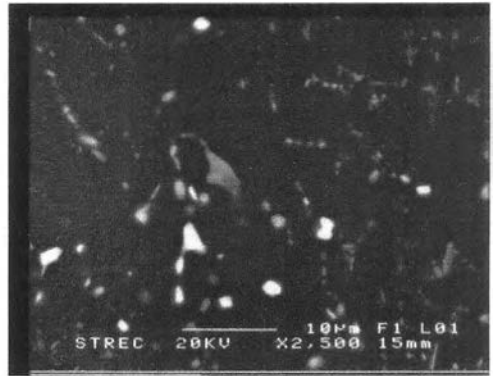
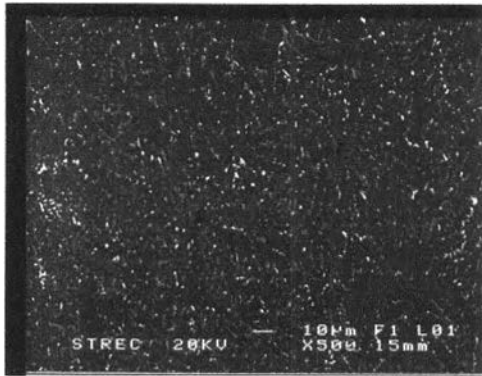


เวลา 15 ชม.

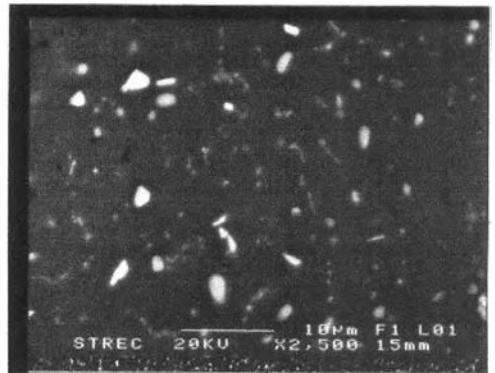
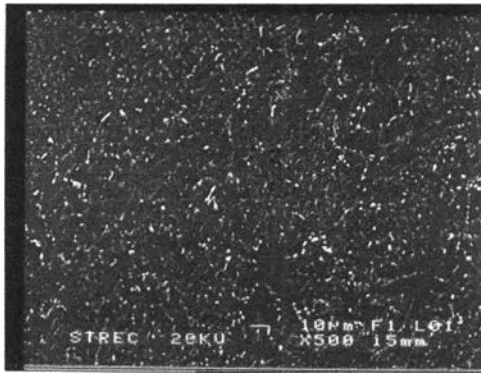


เวลา 18 ชม.

ชิ้นงานประเภท อบโม่จลินเซชันที่ 550 องศาเซลเซียส(ต่อ)

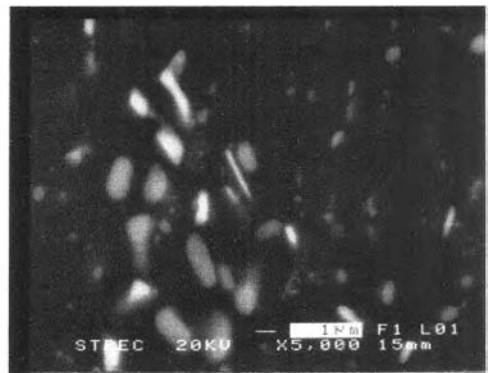
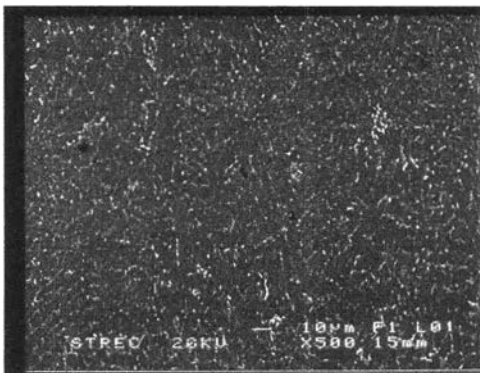


เวลา 20 ชม.

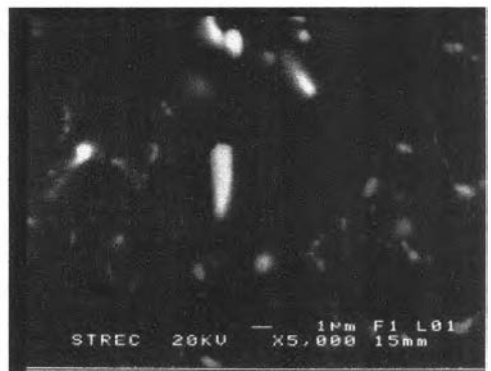
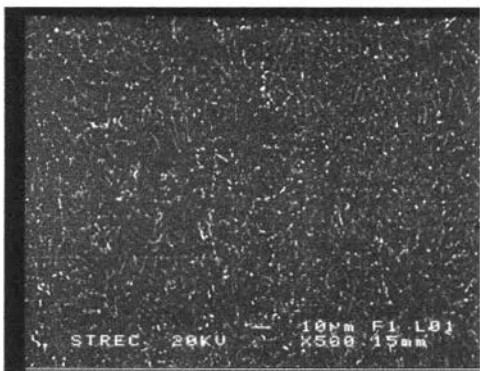


เวลา 22 ชม.

ชิ้นงานประเภท อบโม่จลินเซชันที่ 580 องศาเซลเซียส

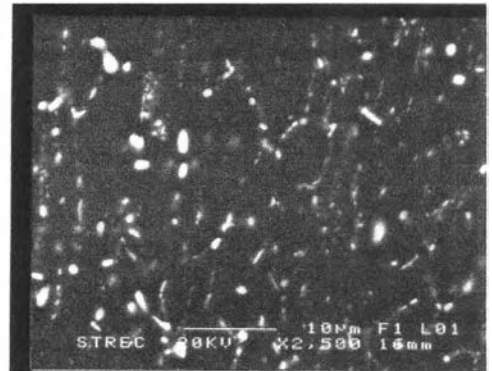
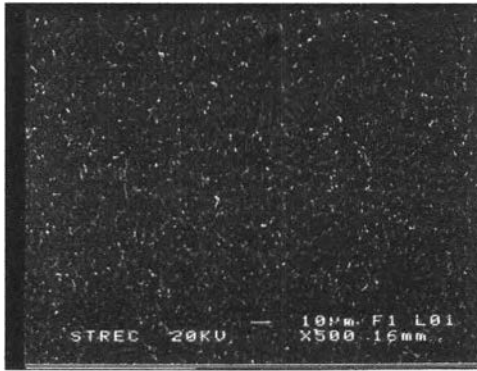


เวลา 6 ชม.

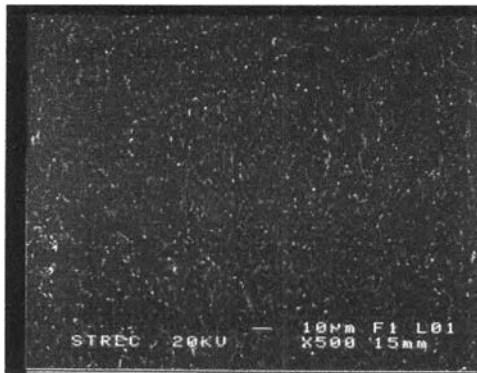


เวลา 8 ชม.

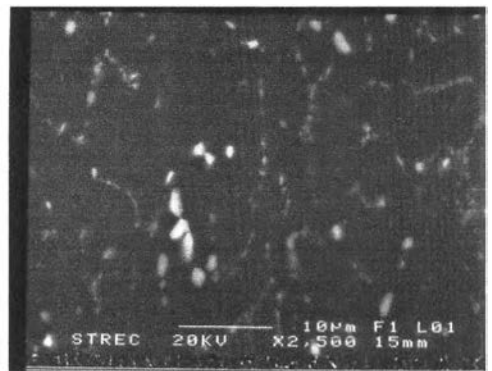
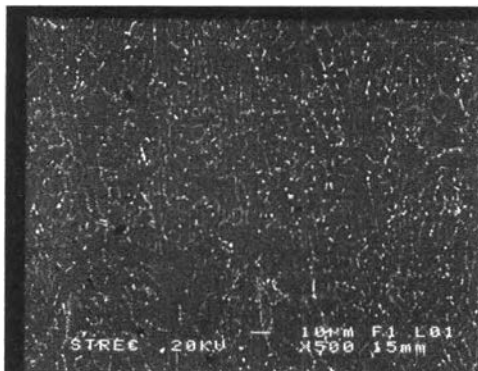
ชิ้นงานประเภท ออบไฮโดรเจนในเข้ชั้นที่ 580 องศาเซลเซียส(ต่อ)



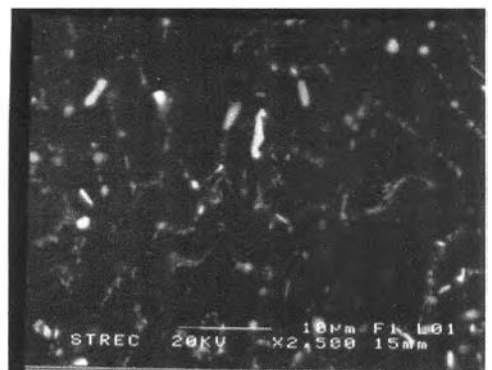
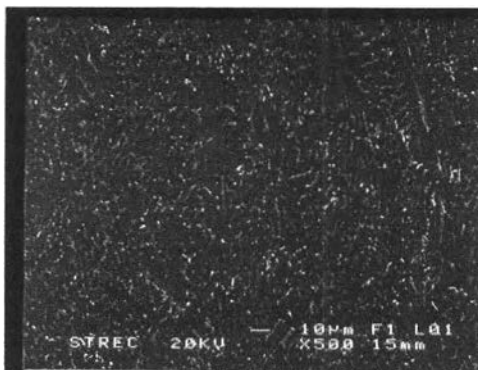
เวลา 10 ช.ม.



เวลา 13 ช.ม.

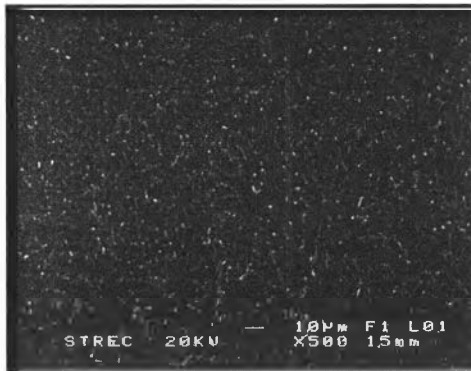


เวลา 15 ช.ม.

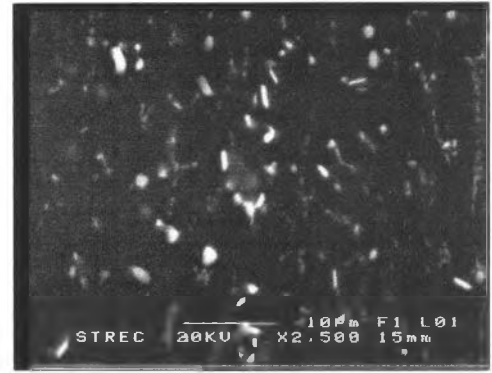
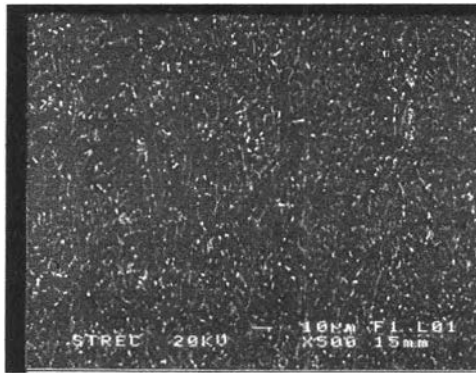


เวลา 18 ช.ม.

ชิ้นงานประเภท ออบโฮโมจินในเซชันที่ 580 องศาเซลเซียส(ต่อ)



เวลา 20 ชม.



เวลา 22 ชม.

ภาคผนวก ข
ข้อมูลแสดงส่วนผสมในโครงสร้างจุลภาค โดย เทคนิค EDS (ENERGY-DISERSIVE SPECTROSCOPY)

ตารางที่ ข-1 แสดงส่วนผสม(% element) สำหรับอะลูมิเนียมแผ่นที่ผ่านการอบ ไฮโมจิในเซชัน
 550 องศาเซลเซียส ที่เวลาแตกต่างกัน

| Time(hr) | second-phase | | | | | | | | Matrix | | | | | | | |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----|-------|----|-------|
| | 6 | 8 | 10 | 13 | 15 | 18 | 20 | 22 | 6 | 8 | 10 | 13 | 15 | 18 | 20 | 22 |
| %Mn | 0.53 | 1.14 | 1.99 | 2.70 | 0.22 | 0.74 | 2.68 | 1.15 | 0.12 | 0.16 | 0.62 | 0.23 | - | 0.19 | - | 0.12 |
| %Fe | 6.42 | 3.55 | 7.45 | 9.04 | 1.70 | 8.80 | 7.59 | 16.67 | 0.25 | 0.64 | 1.20 | 0.54 | - | 0.24 | - | 0.10 |
| %Al | 93.06 | 95.31 | 90.56 | 88.26 | 98.08 | 90.46 | 89.73 | 82.18 | 99.63 | 99.20 | 98.18 | 99.23 | - | 99.57 | - | 99.79 |

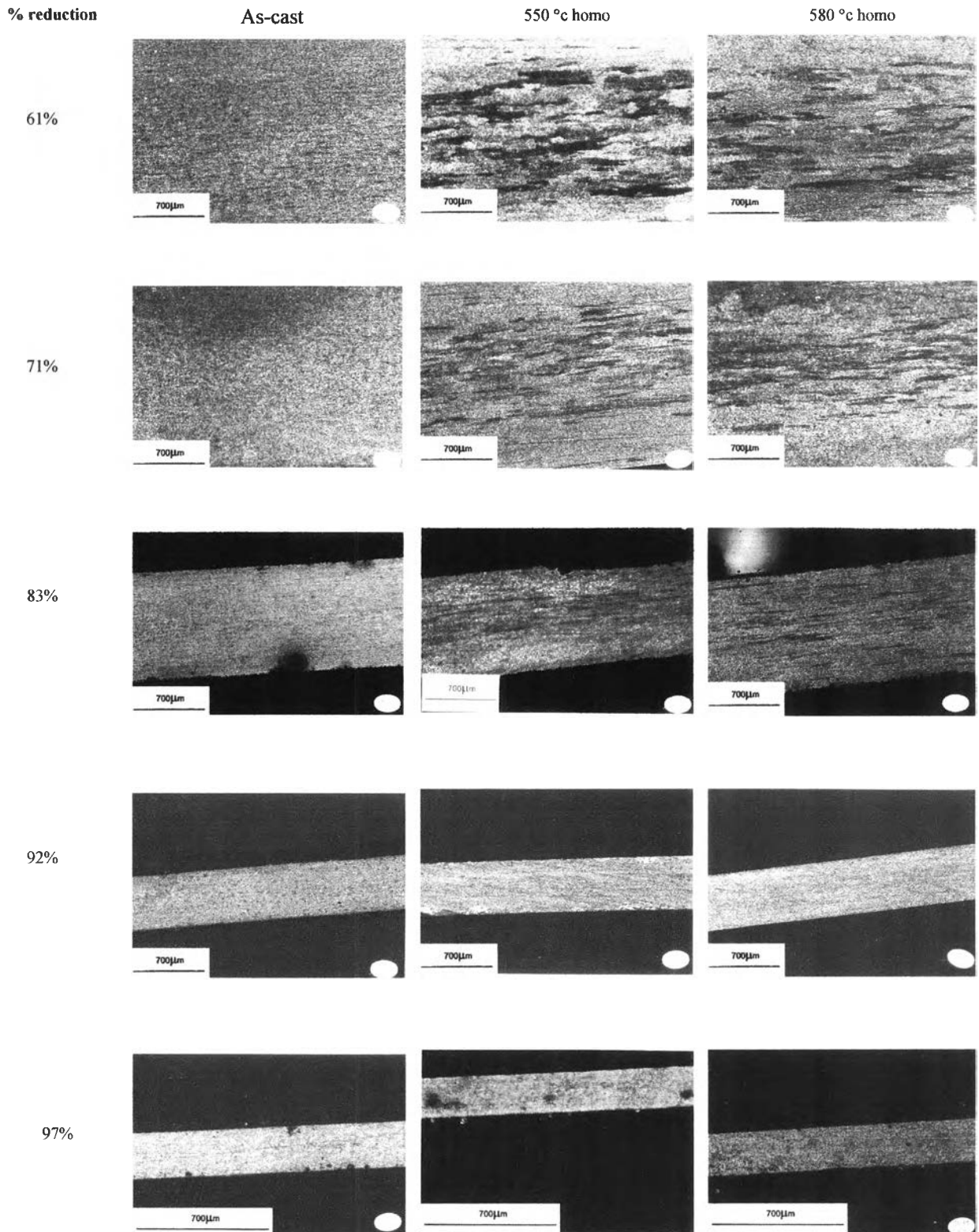
ตารางที่ ข-1 แสดงส่วนผสม(% element) สำหรับอะลูมิเนียมแผ่นที่ผ่านการอบ ไฮโมจิในเซชัน
 580 องศาเซลเซียส ที่เวลาแตกต่างกัน

| Time(hr) | second-phase | | | | | | | | | Matrix | | | | | | | |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| | 6 | 8 | 10 | 13 | 15 | 18 | 20 | 22 | | 6 | 8 | 10 | 13 | 15 | 18 | 20 | 22 |
| %Mn | 0.66 | 3.00 | 0.63 | 2.01 | 0.71 | 1.31 | 0.48 | 1.95 | 1.11 | - | 0.37 | - | 0.31 | - | 0.15 | - | 0.08 |
| %Fe | 9.96 | 10.66 | 9.04 | 7.01 | 6.64 | 17.08 | 5.58 | 6.43 | 16.24 | - | 0.61 | - | 0.43 | - | 0.13 | - | 0.10 |
| %Al | 89.38 | 86.34 | 90.33 | 90.99 | 92.64 | 81.61 | 93.95 | 91.62 | 82.64 | - | 99.01 | - | 99.26 | - | 99.73 | - | 99.82 |

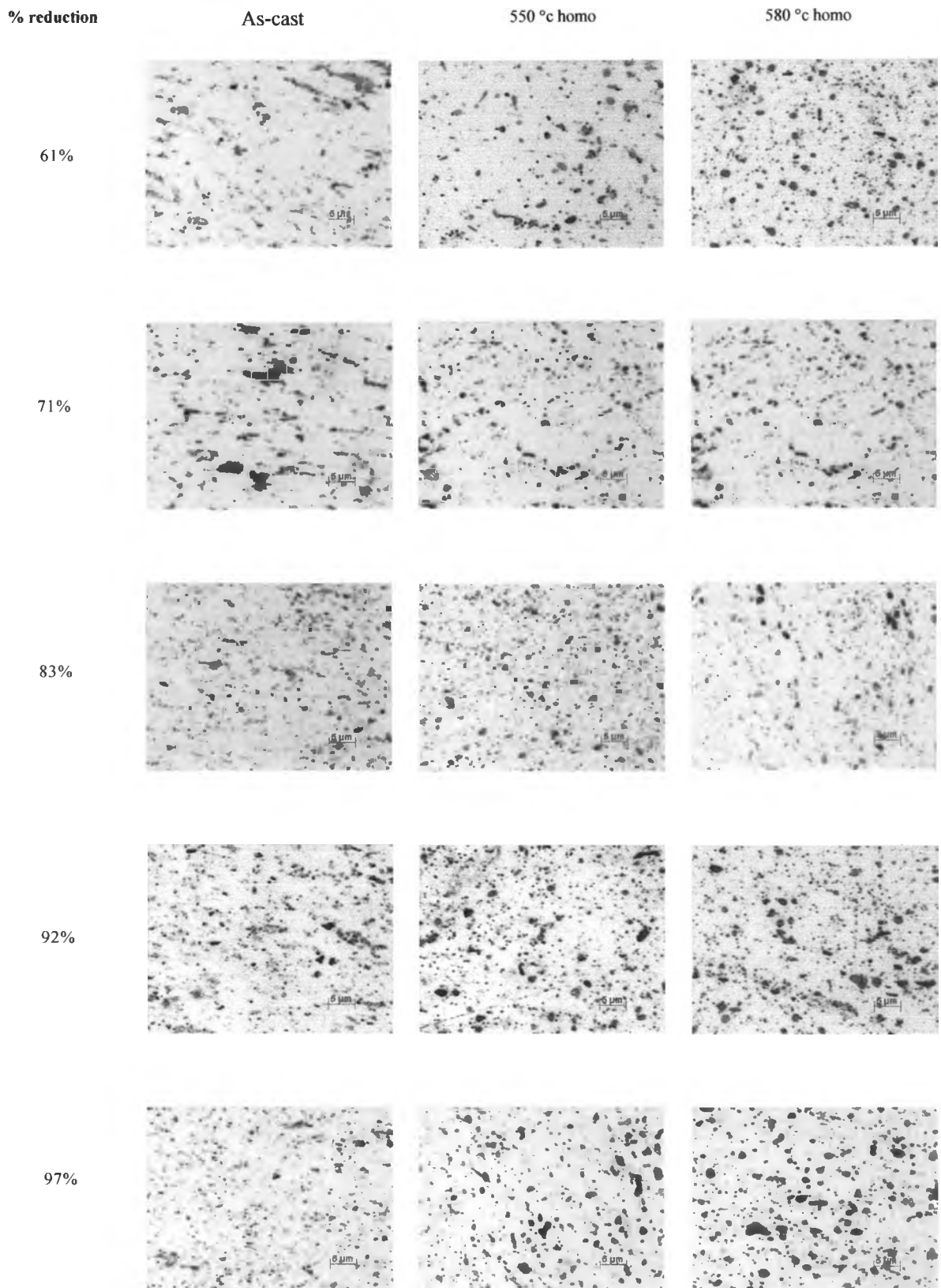
ภาคผนวก ค

ลักษณะโครงสร้างจุลภาคภายใต้การรีดของอะลูมิเนียมแผ่น AA8006

รูปที่ ค-1 ลักษณะเกรนเมื่อเพิ่มอัตราการรีดเย็น (กำลังขยาย 50x และ 100x)



รูปที่ ค-2 ลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคเมื่อเพิ่มอัตราการรีดเย็น(กำลังขยาย 1000x)



ภาคผนวก ง

การกระจายตัวของอนุภาคสำหรับอะลูมิเนียมแผ่น AA8006 ภายหลังจากการอบอ่อน

รูปแสดงการกระจายตัวของอนุภาคภายหลังจากการอบอ่อน ณ กระบวนการเชิงกลและความร้อนที่แตกต่างกัน ได้ถูกแสดงตามลำดับอัตราการรีดเย็นจากน้อยไปมากดังนี้

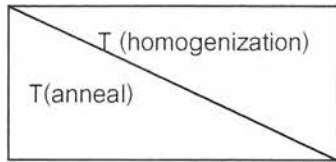
รูปที่ง-1 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 61%

รูปที่ง-2 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 71%

รูปที่ง-3 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 83%

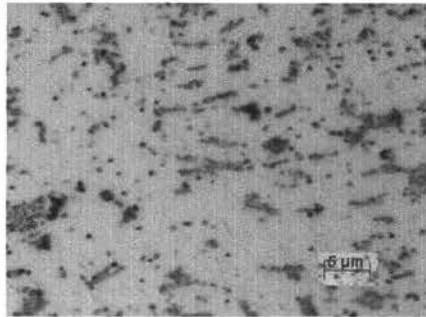
รูปที่ง-4 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 92%

รูปที่ง-5 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 97%

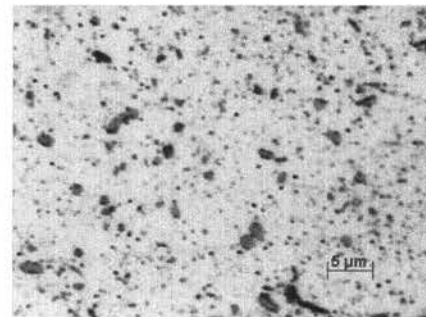


270°C

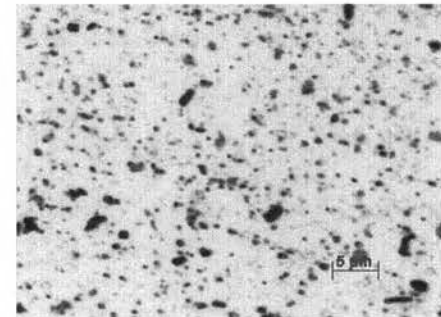
Ac-cast (non-homogenization)



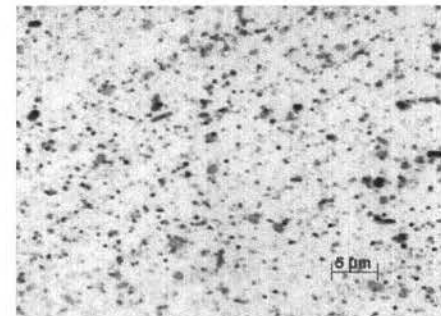
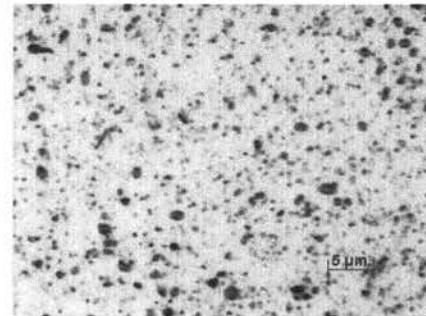
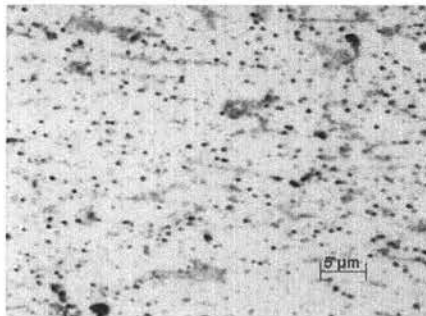
550°C



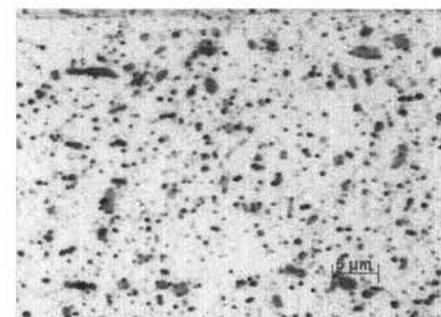
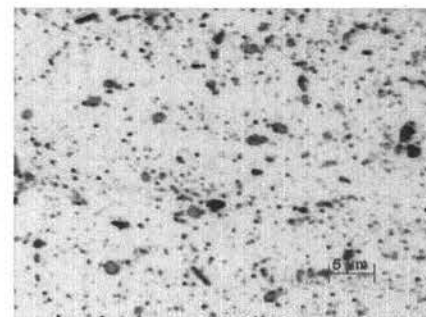
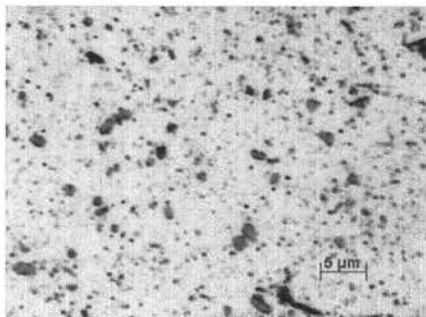
580°C



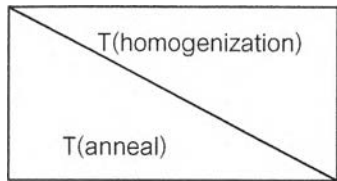
300°C



380°C



รูปที่ 1-1 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 61% (กำลังขยาย 1000x)

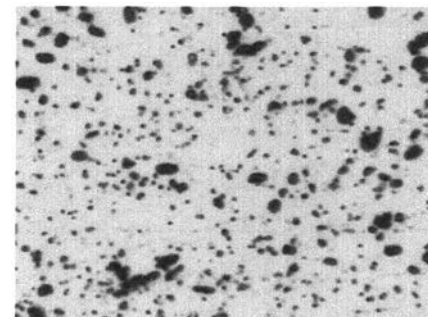
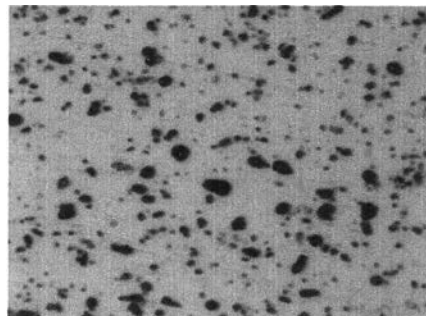
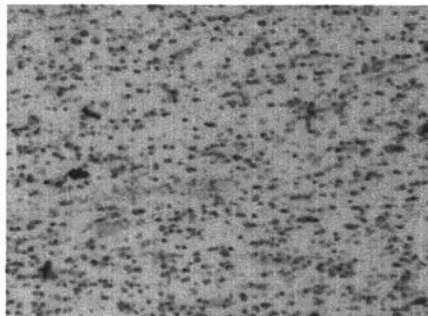


270°C

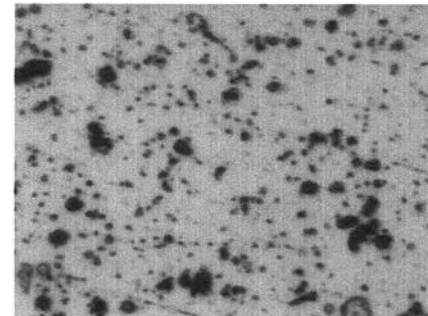
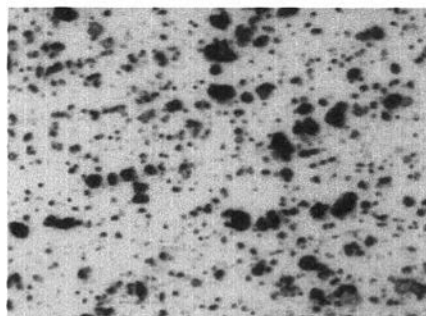
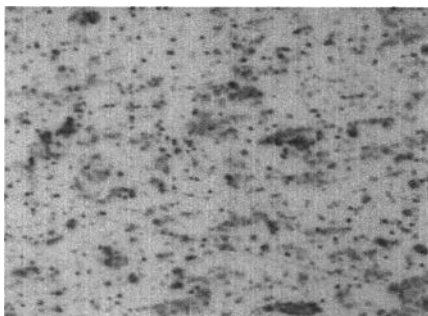
Ac-cast (non-homogenization)

550°C

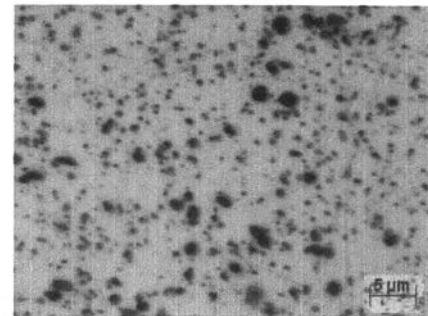
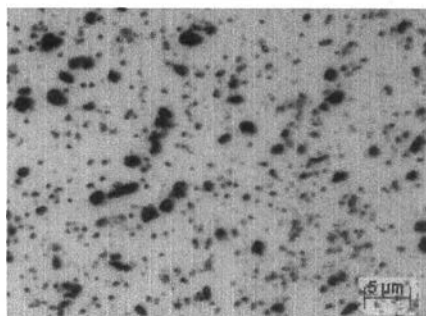
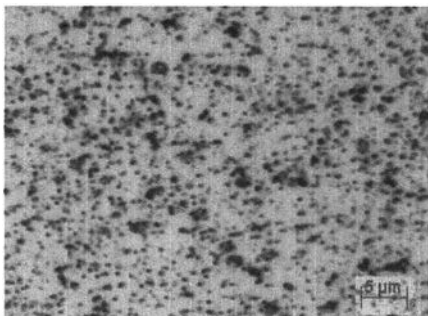
580°C



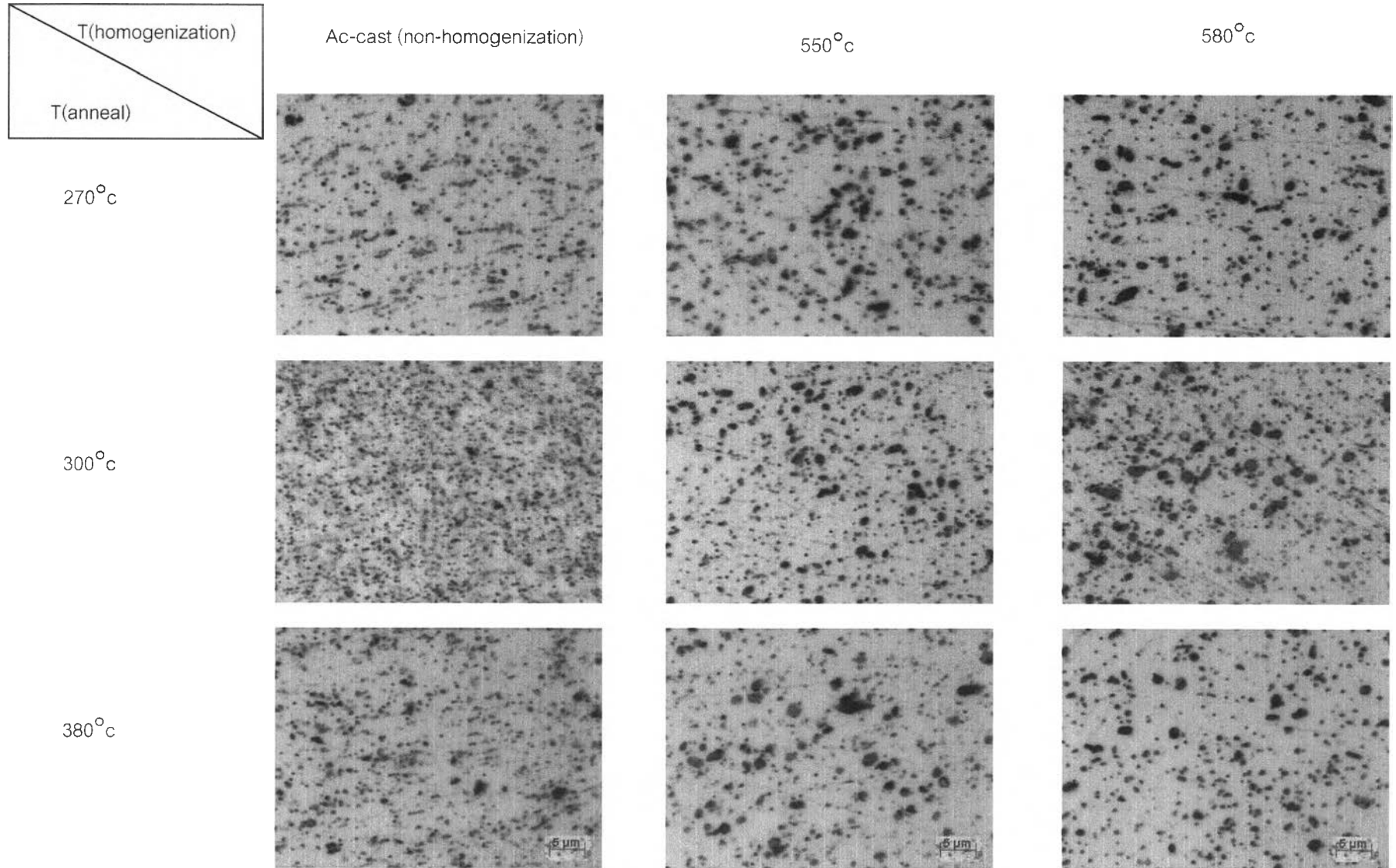
300°C



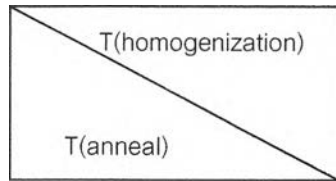
380°C



รูปที่ 2- การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 71% (กำลังขยาย 1000x)



รูปที่ง-3 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 83% (กำลังขยาย 1000x)

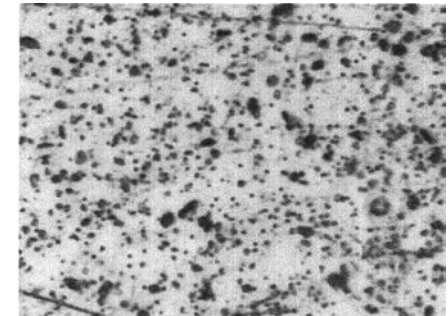
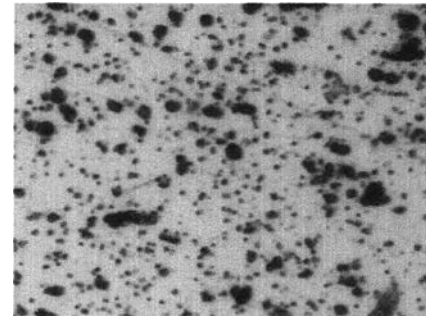
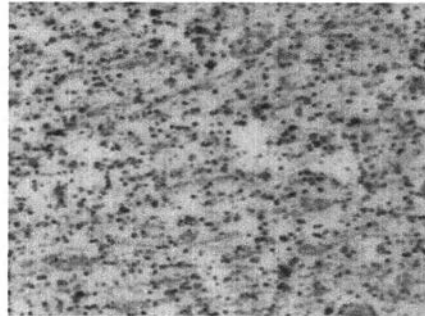


270°C

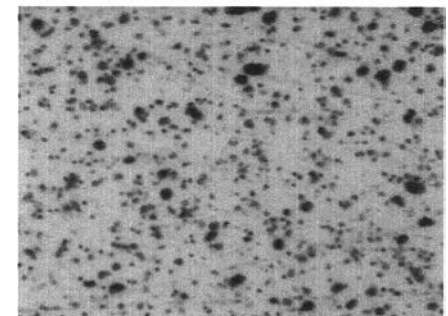
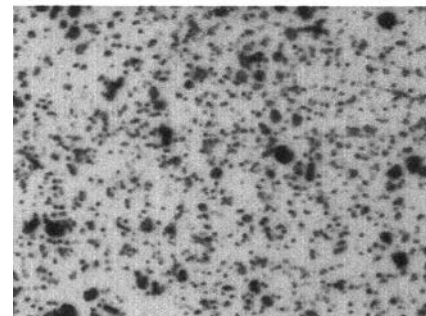
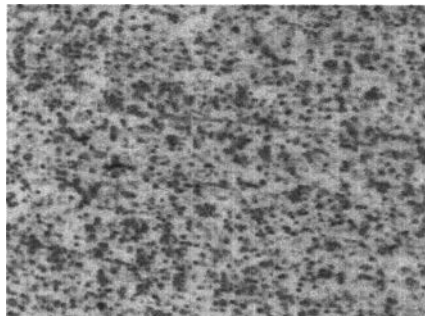
Ac-cast (non-homogenization)

550°C

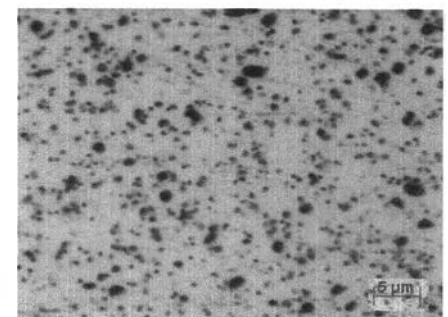
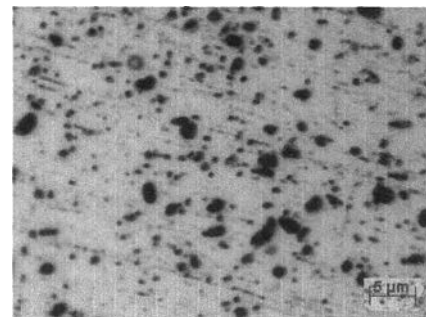
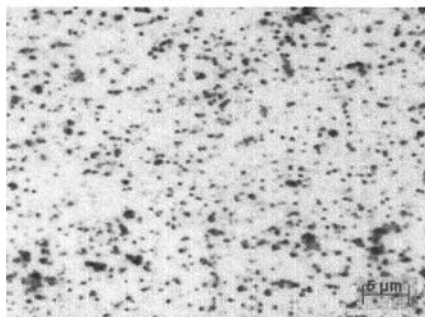
580°C



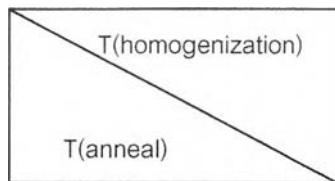
300°C



380°C

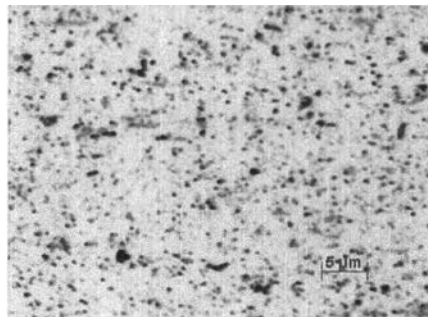


รูปที่ 4 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีด 92% (กำลังขยาย 1000x)

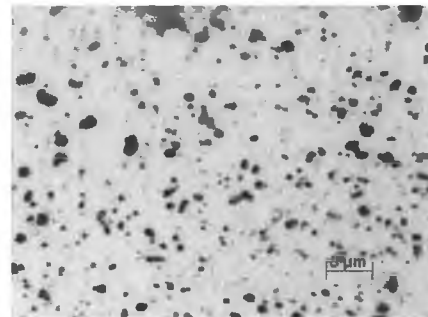


270°C

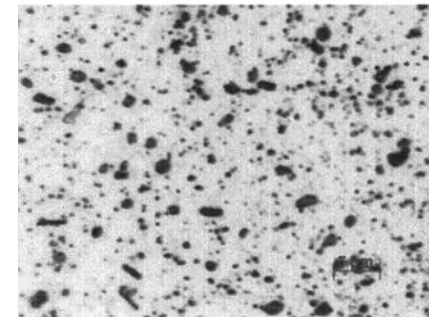
Ac-cast (non-homogenization)



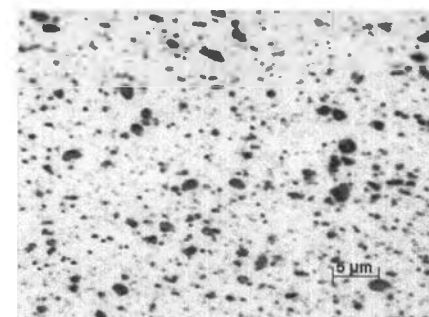
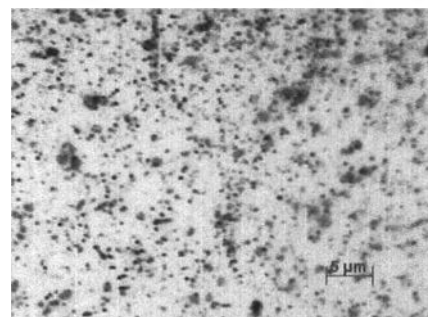
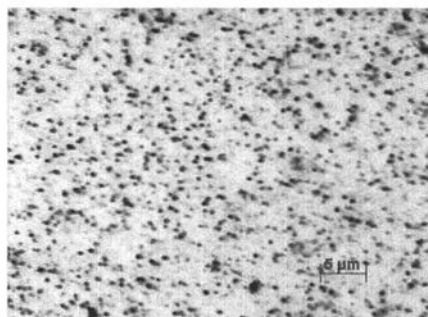
550°C



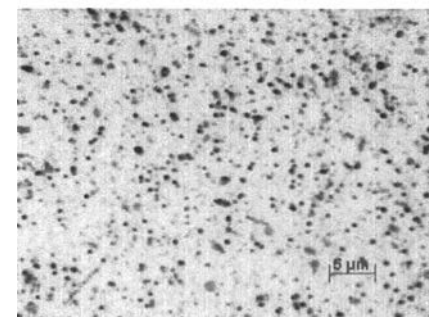
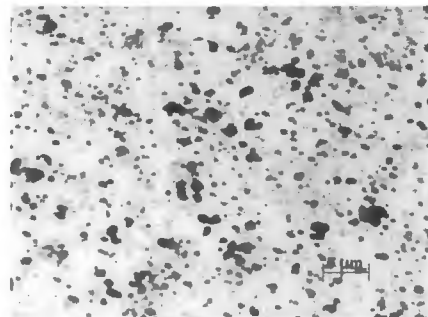
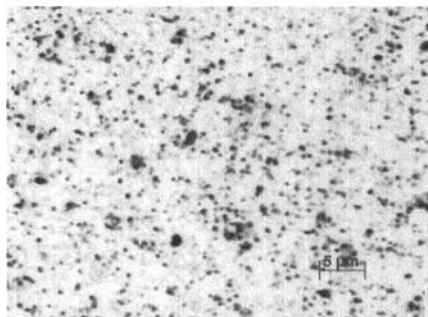
580°C



300°C



380°C



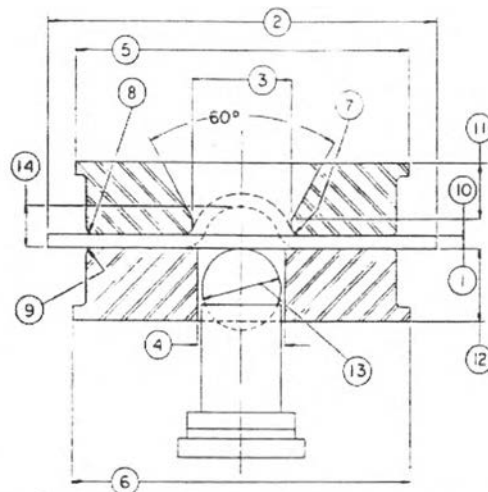
รูปที่ 5 การกระจายของอนุภาคสำหรับชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการผลิต 97% (กำลังขยาย 1000x)

ภาคผนวก จ

รายละเอียดการทดสอบ BALL PUNCH DEFORMATION

การทดสอบ Ball Punch deformation ตามมาตรฐาน ASTM E 643-84 ใช้ในการทดสอบโลหะแผ่นบาง โดยให้ค่าความสามารถในการแปรรูป เป็นระยะที่หัวบอลกดโลหะจนขนาดมักมีหน่วยเป็น มม. ซึ่งสำหรับโลหะแผ่นบางจะสามารถใช้ค่าจากการทดสอบนี้บ่งความสามารถในการยืดตัว Deep Drawing และ Ironing ได้ รายละเอียดของเครื่องและชิ้นงานทดสอบเป็นดังรูปที่ จ-1

รูปที่ จ-1 แสดงรายละเอียดเครื่องมือและขนาดชิ้นงาน ในการทดสอบ Ball Punch deformation



| Key | Dimensions | | |
|-----|--|----------------|----------------|
| | in. | mm | |
| ① | Thickness of test piece | full thickness | full thickness |
| ② | Width of test piece (minimum) | 3.5 | 90 |
| ③ | Bore diameter of top die | see 6.3 | see 6.3 |
| ④ | Bore diameter of bottom die | 1 ± 0.004 | 25.4 ± 0.1 |
| ⑤ | External diameter of top die (approximate) | 3.5 | 90 |
| ⑥ | External diameter of bottom die (approximate) | 3.5 | 90 |
| ⑦ | Corner radius of interior of top die | 0.032 ± 0.002 | 0.81 ± 0.05 |
| ⑧ | Corner radius of exterior of top die | 0.032 | 0.8 |
| ⑨ | Corner radius of exterior of bottom die | 0.032 | 0.8 |
| ⑩ | Depth of bore of top die | 0.197 ± 0.010 | 5 ± 0.2 |
| ⑪ | Thickness of top die (minimum) | 0.78 | 20 |
| ⑫ | Thickness of bottom die (minimum) | 0.78 | 20 |
| ⑬ | Diameter of spherical end of penetrator ^A | 0.875 ± 0.002 | 22.22 ± 0.04 |
| ⑭ | Depth of cup | depth of cup | depth of cup |

^A "Olsen" Ball, 22.22 mm (7/8 in.); "Enchsen" Ball, 20 mm

ภาคผนวก ฉ

ค่า PARTICLE-COUNT NUMBERของชิ้นงานทดลองก่อนและหลังการอบอ่อน

ตารางที่ ฉ-1 ค่าParticle-count number(/ 25 ตารางไมครอน)ของชิ้นงานอะลูมิเนียมแผ่นAA8006
ก่อนการอบอ่อน

| | Particle count(/ 25 squarmicron) | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|------|------|------|------|
| Reduction T(homo)C | 61% | 71% | 83% | 92% | 97% |
| a/c | 6.8 | 6.4 | 9.6 | 10.8 | 13.8 |
| 550 | 6 | 10.2 | 10.8 | 11.6 | 11.9 |
| 580 | 10.6 | 10.6 | 12 | 12 | 13 |

ตารางที่ ฉ-2 ค่าParticle-count number(/ 25 ตารางไมครอน)ของชิ้นงานอะลูมิเนียมแผ่นAA8006
หลังการอบอ่อนที่อัตราความเร็วเย็น 61 และ 97%

| | particle-count (/25squarmicron) | | | | | |
|------------|---------------------------------|------|------|---------|------|------|
| Reduction | 61% | | | 97% | | |
| T(homo)C | as-cast | 550 | 580 | as-cast | 550 | 580 |
| T(anneal)C | | | | | | |
| 270 | 17.8 | 13.6 | 11.4 | 10 | 7 | 9.6 |
| 300 | 14 | 12.4 | 15.6 | 13.6 | 12.4 | 10.2 |
| 380 | 19.2 | 15.4 | 10 | 13.6 | 10.4 | 10.2 |

ภาคผนวก ข
ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในชิ้นงานทดสอบ ก่อนและหลังการอบอ่อน

ตารางที่ ข-1 ตารางแสดงขนาดเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอนุภาคของชิ้นงานอะลูมิเนียม
แผ่นAA8006 ก่อนการอบอ่อน

| Reduction | 61% | | 71% | | 83% | | 92% | | 97% | |
|-----------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** |
| T(homo)C | | | | | | | | | | |
| as-cast | 1.60 | 1.51 | 1.18 | 1.17 | 0.99 | 0.91 | 1.19 | 1.04 | 0.90 | 0.73 |
| 550 | 0.88 | 0.55 | 1.05 | 0.78 | 0.83 | 0.61 | 0.88 | 0.73 | 1.02 | 1.03 |
| 580 | 0.97 | 0.65 | 0.90 | 0.65 | 0.81 | 0.48 | 1.18 | 1.00 | 1.01 | 0.60 |

* unit of average particle size (in horizontal)is micron

** sd is standard deviation

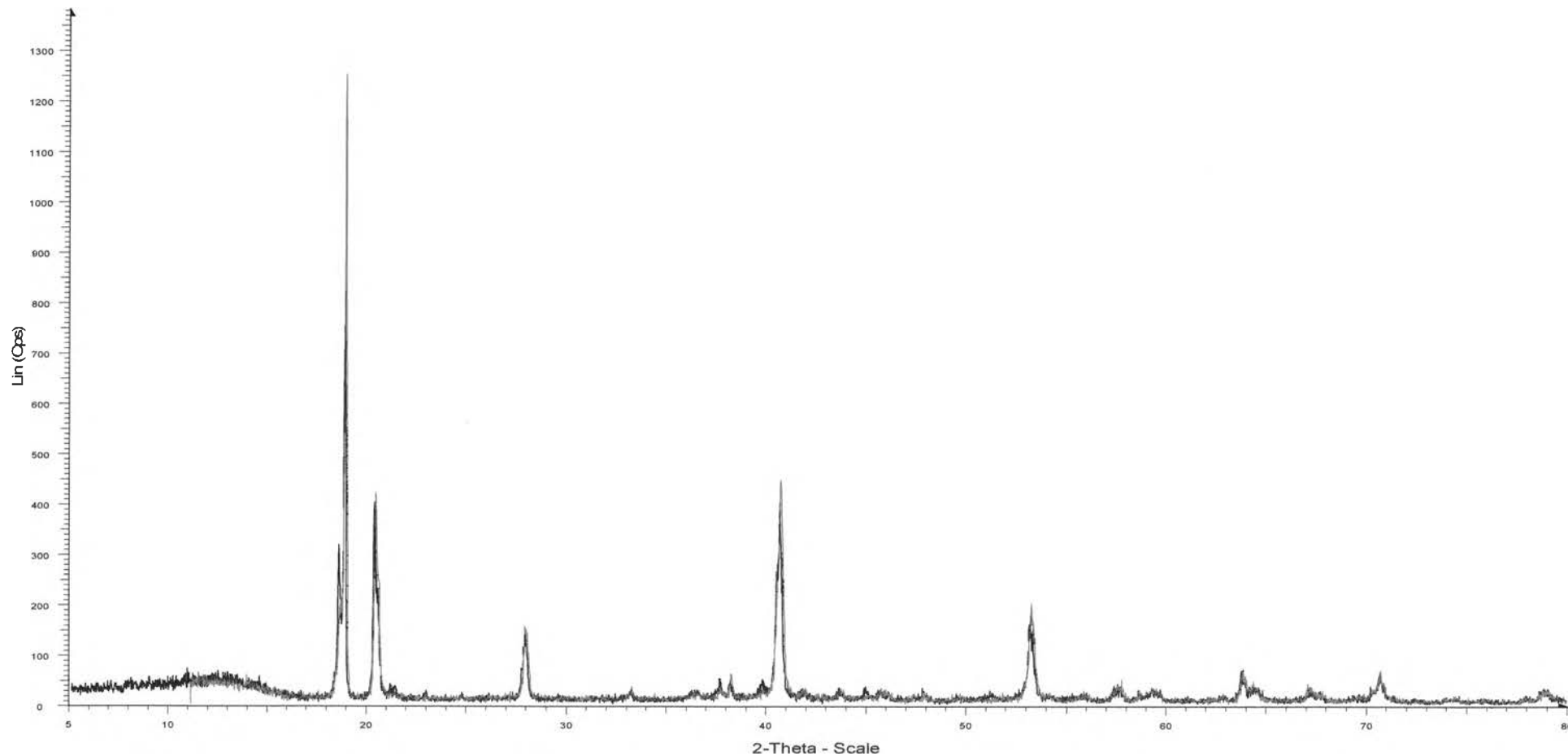
ตารางที่ ข-2 ตารางแสดงขนาดเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอนุภาคของชิ้นงานอะลูมิเนียม
แผ่นAA8006 หลังการอบอ่อนที่อัตราการรีดเย็น 61 และ97%

| Reduction | 61% | | | | | | 97% | | | | | |
|---------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | as-cast | | 550 | | 580 | | as-cast | | 550 | | 580 | |
| T(homo)C | | | | | | | | | | | | |
| particle size | | | | | | | | | | | | |
| T(anneal)C | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** | average* | sd** |
| 270 | 0.70 | 0.46 | 0.79 | 0.48 | 0.90 | 0.51 | 0.86 | 0.66 | 0.80 | 0.47 | 0.91 | 0.69 |
| 300 | 0.85 | 0.72 | 0.86 | 0.50 | 0.86 | 0.47 | 0.80 | 0.80 | 0.97 | 0.69 | 1.00 | 0.67 |
| 380 | 0.69 | 0.44 | 0.80 | 0.52 | 0.96 | 0.88 | 0.87 | 0.53 | 0.96 | 0.72 | 0.73 | 0.39 |

* unit of average particle size (in horizontal)is micron

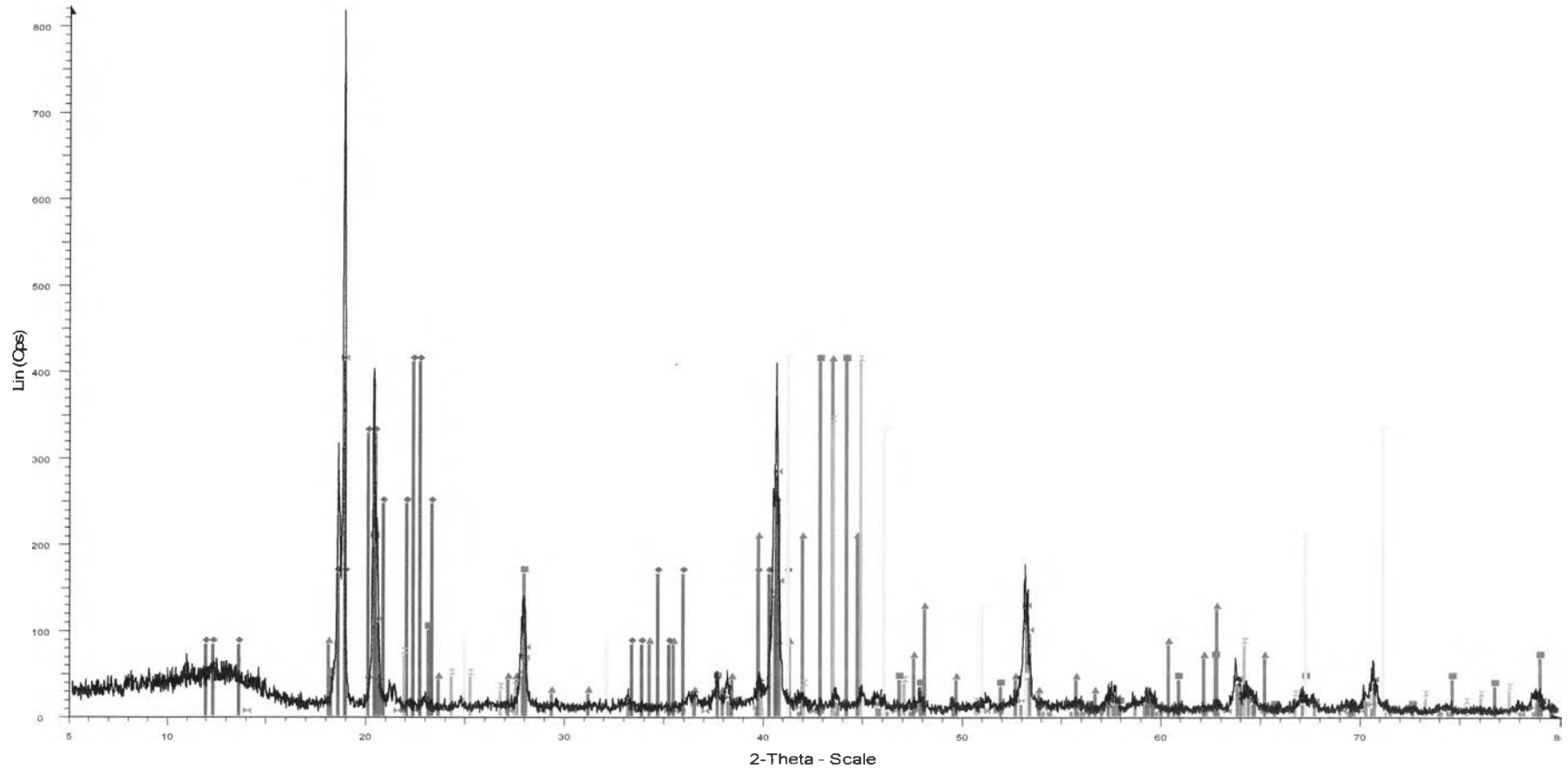
** sd is standard deviation

ภาคผนวก ข
ผลการตรวจสอบ XRD สำหรับ เทคนิค DISSOLUTION



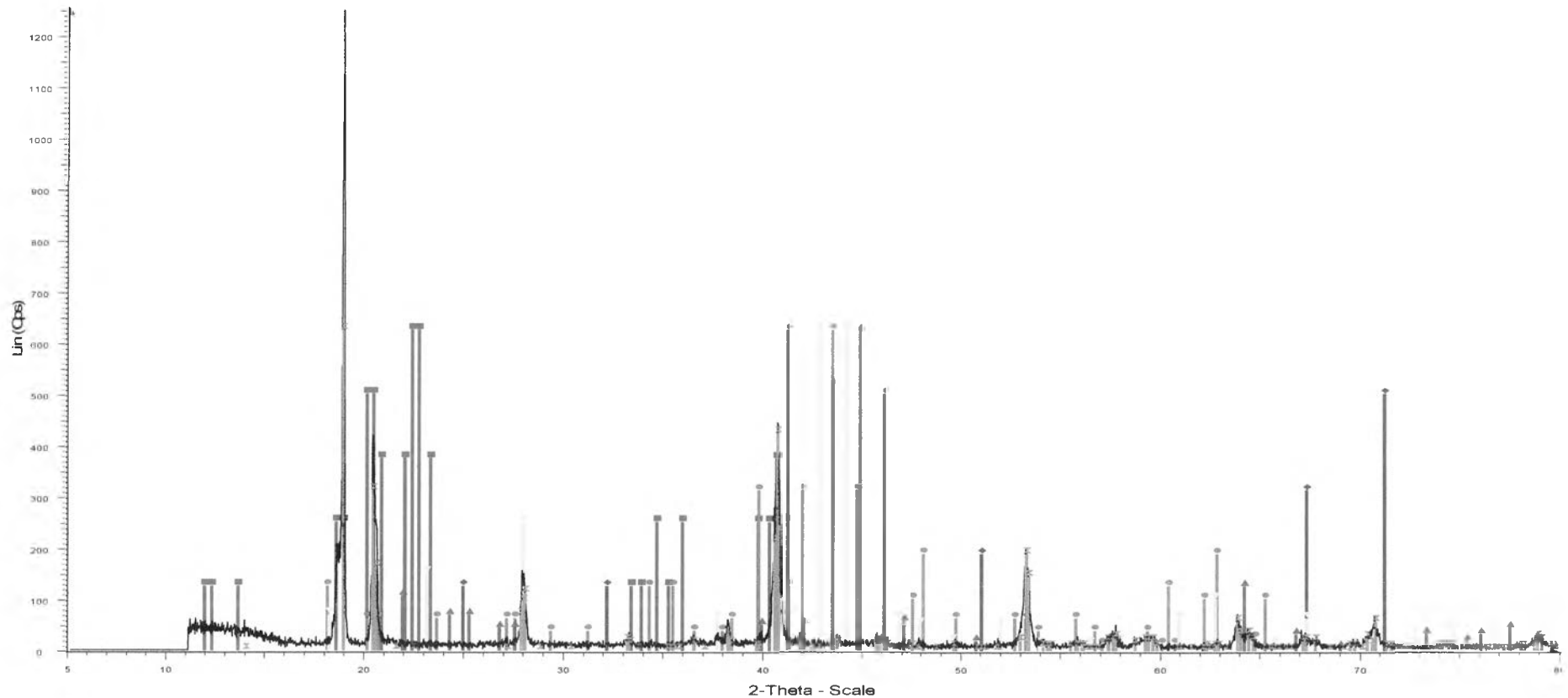
d:\xrd\580H.RAW - File: 580h.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500
 Operations: Import
 d:\xrd\AC.RAW - File: Ac.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 1 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - P
 Operations: Import

รูปที่ ซ-1 การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบด้วยเทคนิค XRD ของการละลายอนุภาคจากชิ้นงานประเภท as-cast (เส้นสีดำ) และชิ้นงานประเภทผ่านการอบไฮโมจิไนเซชัน ที่ 580 องศาเซลเซียส



d:\xrd\AC RAW - File: Ac.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 1 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - P Operations: Import
 83-2256 (C) - Bayerite - Al(OH)₃ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.06020 - b 8.67190 - c 9.42540 - alpha 90.000 - beta 90.260 - gamma 90.000 - Primitive - P2₁/n (14) - 8 -
 26-0028 (N) - Aluminum Manganese - Al₃Mn - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 12.59 - b 14.80 - c 12.42 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (6)
 06-0665 (I) - Aluminum Manganese - MnAl₆ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 6.4978 - b 7.5518 - c 8.8703 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centred - C
 01-1265 (D) - Iron Aluminum - FeAl₃ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -
 01-1228 (D) - Aluminum Iron - Fe₂Al₅ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.910 - b 10.811 - c 8.824 - alpha 90.000 - beta 125.0 - gamma 90.000 - 774.407 -
 11-0520 (N) - Aluminum Manganese - Al₁₁Mn₁₄ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Tetragonal - a 3.94 - b 3.94000 - c 3.58 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P4/mmm

รูปที่ ๗-2 ข้อมูลแสดงผลการตรวจสอบ XRD สำหรับผงอะลูมิเนียมจากหินงานประเภทไม้อ่านการอบไฮโมจิในเซชัน



d:\xrd\580H.RAW - File: 580h.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500
 Operations: Import
 26-0028 (N) - Aluminum Manganese - Al3Mn - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 12.59 - b 14.80 - c 12.42 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (6
 11-0520 (N) - Aluminum Manganese - Al11Mn14 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Tetragonal - a 3.94 - b 3.94000 - c 3.58 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P4/mmm
 06-0665 (I) - Aluminum Manganese - MnAl6 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 6.4978 - b 7.5518 - c 8.8703 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centred - C
 01-1265 (D) - Iron Aluminum - FeAl3 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -
 01-1228 (D) - Aluminum Iron - Fe2Al5 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.910 - b 10.811 - c 8.824 - alpha 90.000 - beta 125.0 - gamma 90.000 - 774.407 -
 83-2256 (C) - Bayerite - Al(OH)3 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.06020 - b 8.67190 - c 9.42540 - alpha 90.000 - beta 90.260 - gamma 90.000 - Primitive - P21/n (14) - 8 -

รูปที่ ๕-3 ข้อมูลแสดงผลการตรวจสอบ XRD สำหรับผงอะลูมิเนียมจากชิ้นงานประเภท ออบไฮโมจิในเซชันที่ 580 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ฅ

**ข้อมูลแสดงค่าYield strength , Ultimate tensile strength และDuctility
สำหรับชิ้นงานทดลองภายหลังการอบอ่อน**

ตารางที่ ณ-1 แสดงค่าความแข็งแรงจุดคราก(Yield Strength)ของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกลต่างกัน

| | | Yield strength (MPa) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| %Reduction | | 61 | | | | | | 71 | | | | | | 83 | | | | | | 92 | | | | | | 97 | | | | | |
| T(homogenize) | T(anneal) | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | |
| | | 270 | 78.58 | 83.15 | 62.84 | 70.58 | 81.023 | 63.323 | 102.75 | 103.21 | 102.98* | 90.88* | 81.81 | 81.133 | 123.66* | 120.02 | 97.82 | 93.4 | 74.09 | 98.31 | 201 | 195.542 | 108.845 | 72.573 | 67.33 | 44.87 | 99.93 | 145.662 | 96.413 | 92.36 | 66.25 |
| average | 80.86 | 66.71 | 61.678 | 102.978 | 96.931 | 81.471 | 120.018 | 95.517 | 86.199 | 198.27 | 90.609 | 56.1 | 122.798 | 94.397 | 72.495 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | 83.47 | 86.67 | 54.37 | 60.13 | 56.86 | 70.57 | 86.75 | 84.82 | 87.16 | 78.37 | 80.302 | 83.153 | 122.99 | 122.15 | 84.398 | | 87.125 | 66.43 | 159.875 | 124.56 | 76.144 | 77.35 | 96.89 | 95.16 | 140.234 | 141.597 | 127.129 | 93.223 | 141.217 | 98.425 | |
| average | 85.07 | 57.252 | 63.713 | 87.285 | 62.764 | 81.727 | 122.57 | 84.398 | 76.775 | 139.215 | 76.797 | 96.03 | 140.915 | 110.176 | 119.82 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 380 | 81.17 | 51.48 | 52.18 | 53.99 | 45.3 | 50.7 | 100.36 | 90.076 | 46.75 | 45.62 | 52.98 | 55.15 | 122.037 | 117.375 | 46.4 | 47.86 | 50.56 | 47.77 | 96.353 | 76.537 | 38.524 | 42.282 | 45.26 | 45.18 | 98.913 | 126.61 | 49.19 | 50.678 | 15.59 | 13.437 | |
| average | 66.323 | 53.081 | 47.998 | 95.22 | 46.186 | 54.067 | 119.706 | 47.13 | 49.165 | 86.445 | 40.403 | 45.223 | 100.264 | 49.933 | 14.517 | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ ณ-2 แสดงค่าความแข็งแรงสูงสุด(Ultimate Tensile Strength)ของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกลต่างกัน

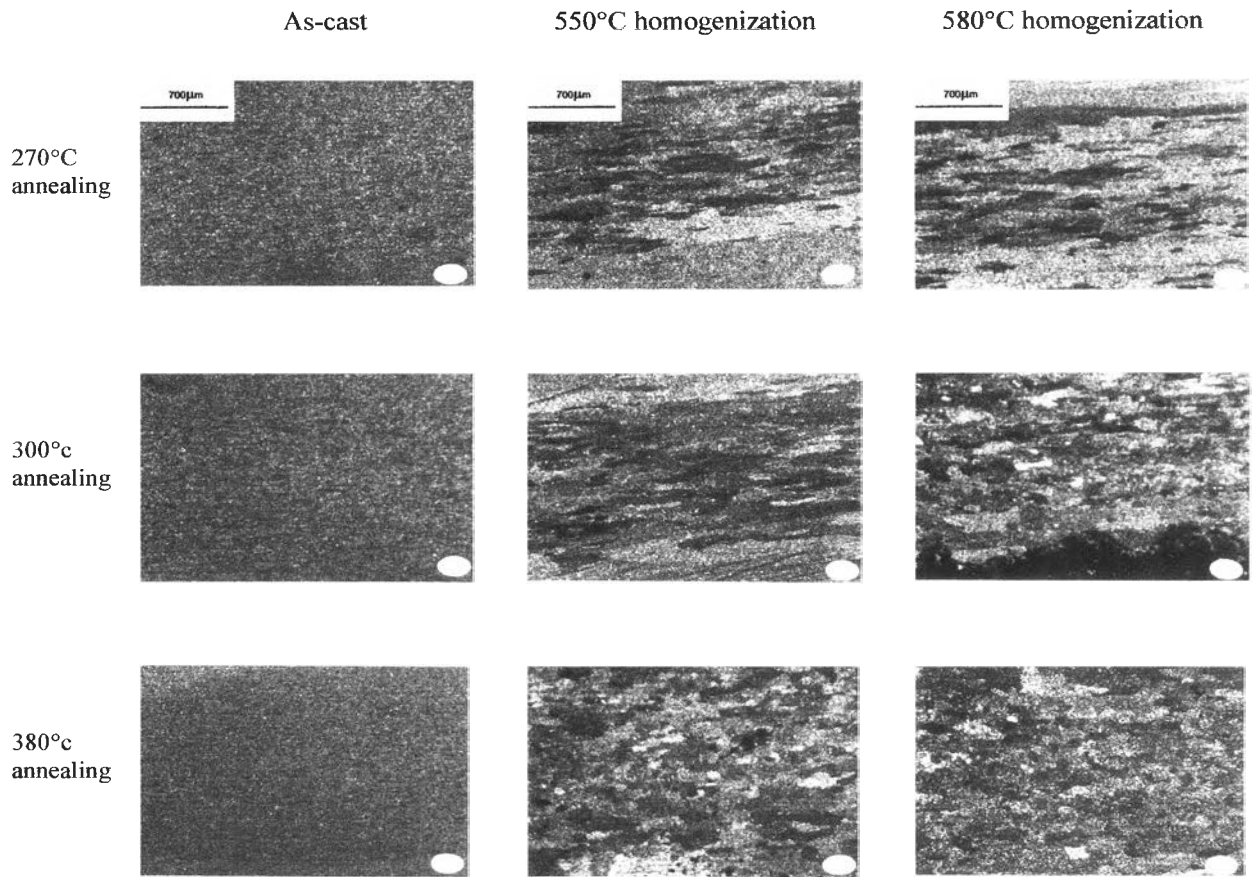
| | | Ultimate tensile strength (MPa) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| %Reduction | | 61 | | | | | | 71 | | | | | | 83 | | | | | | 92 | | | | | | 97 | | | | | |
| T(homogenize) | T(anneal) | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | |
| | | 270 | 186.22 | 186.2 | 119.28 | 125.37 | 119.12 | 111.26 | 195.46 | 188.06 | 123.23 | 125.28 | 123.46 | 120.75 | 185.8* | 197.36 | 117.43 | 113.29 | 101.046 | 120.79 | 209.3 | 217.1 | 115.482 | 74.207 | 134.731 | 129.36 | 194.365 | 198.375 | 96.413 | 96.503 | 119.32 |
| average | 186.203 | 122.325 | 119.198 | 191.757 | 124.255 | 122.103 | 191.576 | 115.36 | 110.979 | 213.19 | 94.845 | 132.05 | 198.37 | 96.458 | 119.118 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | 189.15 | 182.32 | 121.16 | 118.9 | 115.97 | 115.65 | 183.22 | 183.42 | 122.91 | 121.95 | 111.76 | 114.06 | 188.28 | 188.64 | 108.883 | | 109.014 | 93.346 | 182.53 | 167.91 | 107.081 | 106.642 | 119.146 | 125.731 | 190 | 186.098 | 135.21 | 95.89 | 138.58 | 100.874 | |
| average | 182.736 | 120.028 | 115.81 | 188.321 | 122.433 | 112.912 | 188.458 | 108.883 | 101.18 | 180.23 | 107.081 | 122.44 | 188.05 | 115.549 | 119.581 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 380 | 162.96 | 163.35 | 98.31 | 96.69 | 95.2 | 97.1 | 165.11 | 167.71 | 97.96 | 94.09 | 95.84 | 95.35 | 177.73 | 176.45 | 92.08 | 90.38 | 97.91 | 93.22 | 169.973 | 181.858 | 86.662 | 84.34 | 80.27 | 80.44 | 160 | 162.1 | 87.146 | 87.145 | 51.767 | 45.364 | |
| average | 163.16 | 98.5 | 96.148 | 186.41 | 95.778 | 95.593 | 177.087 | 91.219 | 95.582 | 175.914 | 85.501 | 80.359 | 161.05 | 87.146 | 48.576 | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ ณ-3 แสดงค่าDuctility ของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกลต่างกัน

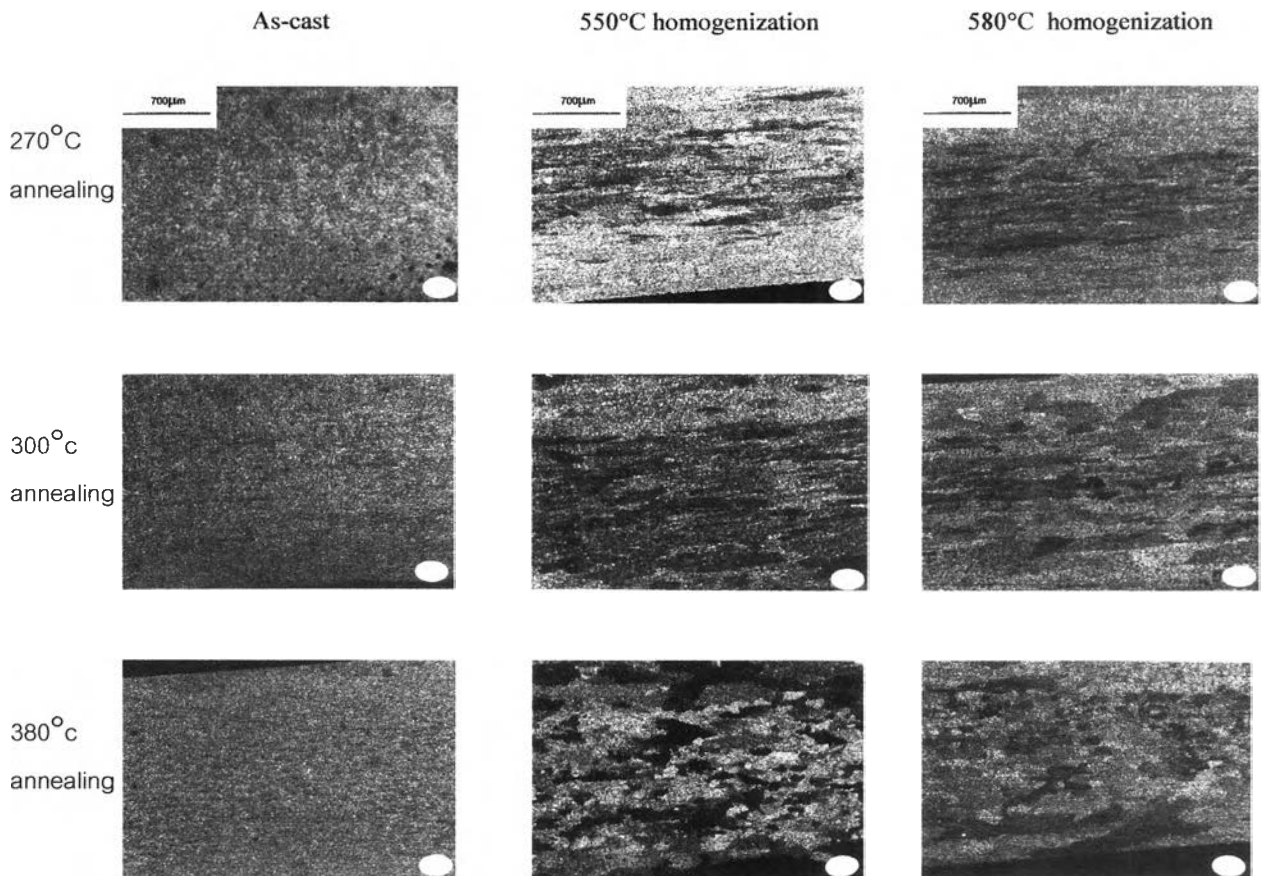
| | | Ductility (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|------|---------|------|------|------|-----|--|---------|--|-----|--|-----|--|---------|--|-----|--|-----|--|
| %Reduction | | 61 | | | | | | 71 | | | | | | 83 | | | | | | 92 | | | | | | 97 | | | | | |
| T(homogenize) | T(anneal) | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | | As-cast | | 550 | | 580 | |
| | | 270 | 10.54 | 10.271 | 10.235 | 10.112 | 10.159 | 10.165 | - | 5.387 | 5.336 | 10.2 | 6.92 | 10.14 | 7.8 | 7.48 | 7.31 | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | 10.311 | 10.253 | 10.29 | 10.119 | 10.167 | 10.127 | - | 5.37 | 5.398 | 10.11 | 9.26 | 10.25 | 8.14 | 5.7 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 380 | 10.253 | 10.248 | 10.334 | 10.8 | 10.156 | 10.149 | 5.35 | 5.407 | 12.65 | 10.12 | 11.16 | 10.46 | 8.05 | 7.92 | 6.54 | | | | | | | | | | | | | | | | |

ภาคผนวก ๑

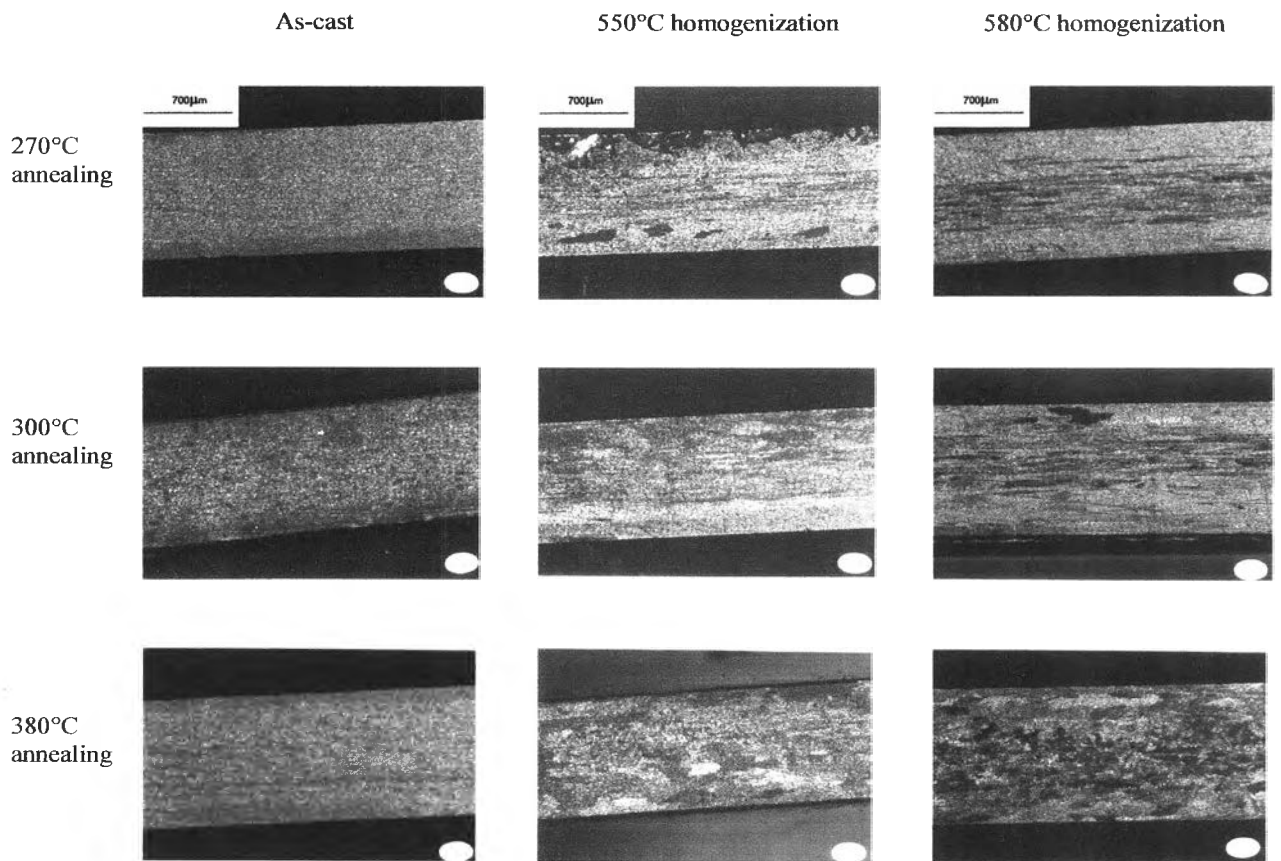
ลักษณะกราฟของชิ้นงานอะลูมิเนียม AA8006 ภายหลังจากอบอ่อน
ที่กระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกลแตกต่างกัน



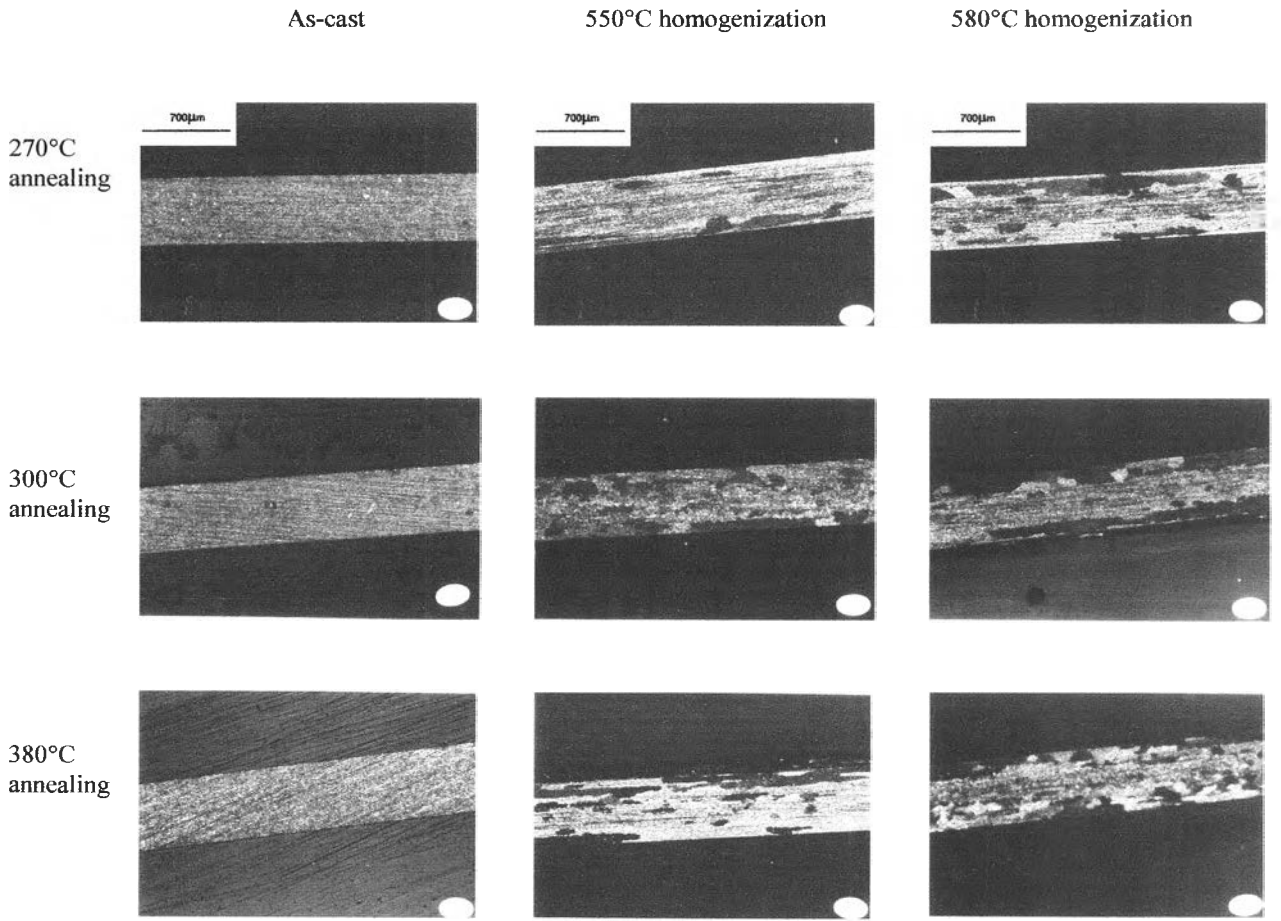
รูปที่ ๑-1 ลักษณะเกรนภายหลังจากการอบอ่อนของชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการผลิตเย็น 61% ณ
 กระบวนเชิงความร้อนและเชิงกลที่แตกต่างกัน (กำลังขยาย 50x)



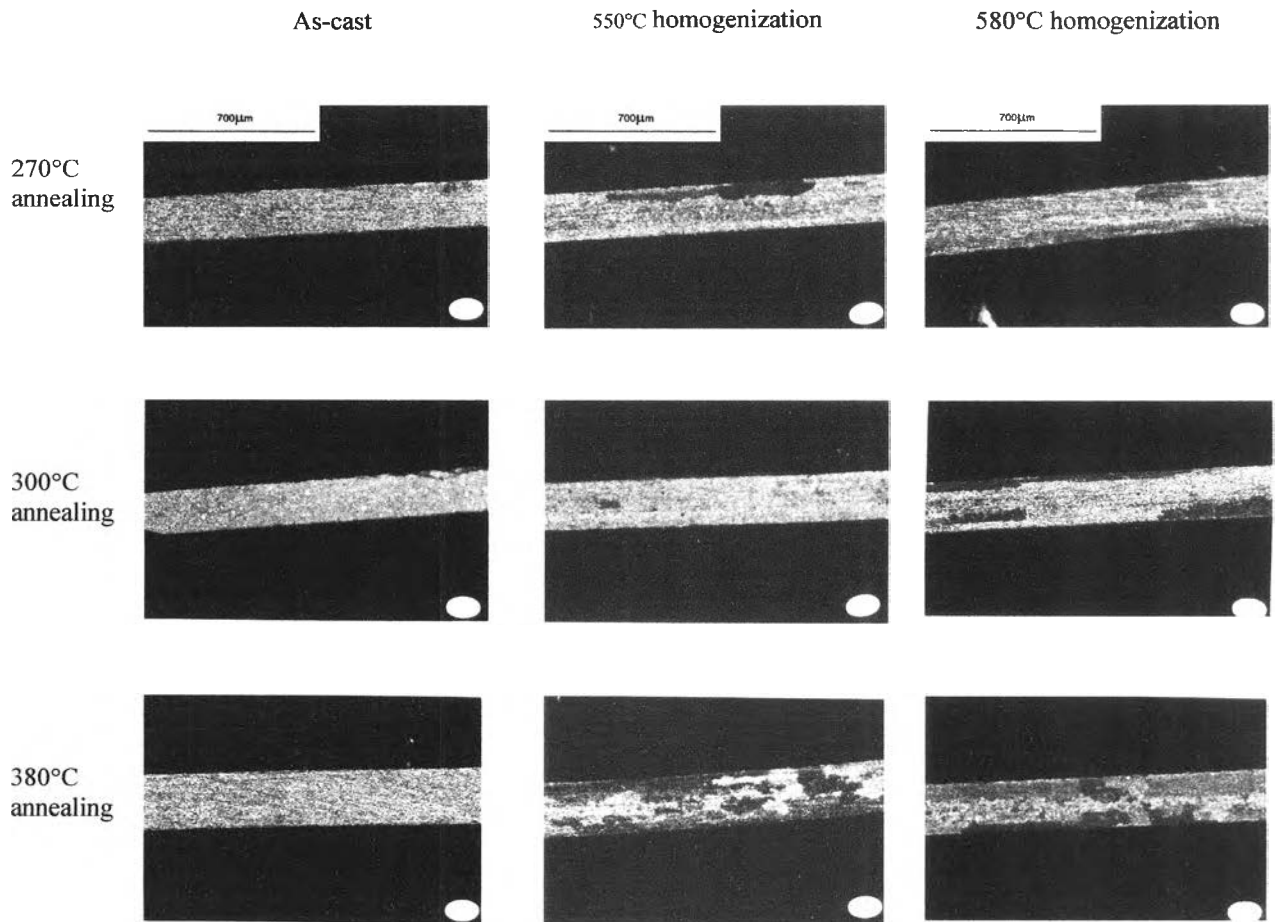
รูปที่ ๒-๒ ลักษณะเกรนภายหลังจากการอบอ่อนของชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการรีดเย็น 71% ณ ภาวะบวมเชิงความร้อนและเชิงกลที่แตกต่างกัน(กำลังขยาย 50x)



รูปที่ ๓-3 ลักษณะเกรนภายหลังจากการอบอ่อนของชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราการผลิตขึ้น 83% ณ
 กระบวนเชิงความร้อนและเชิงกลที่แตกต่างกัน(กำลังขยาย 50x)



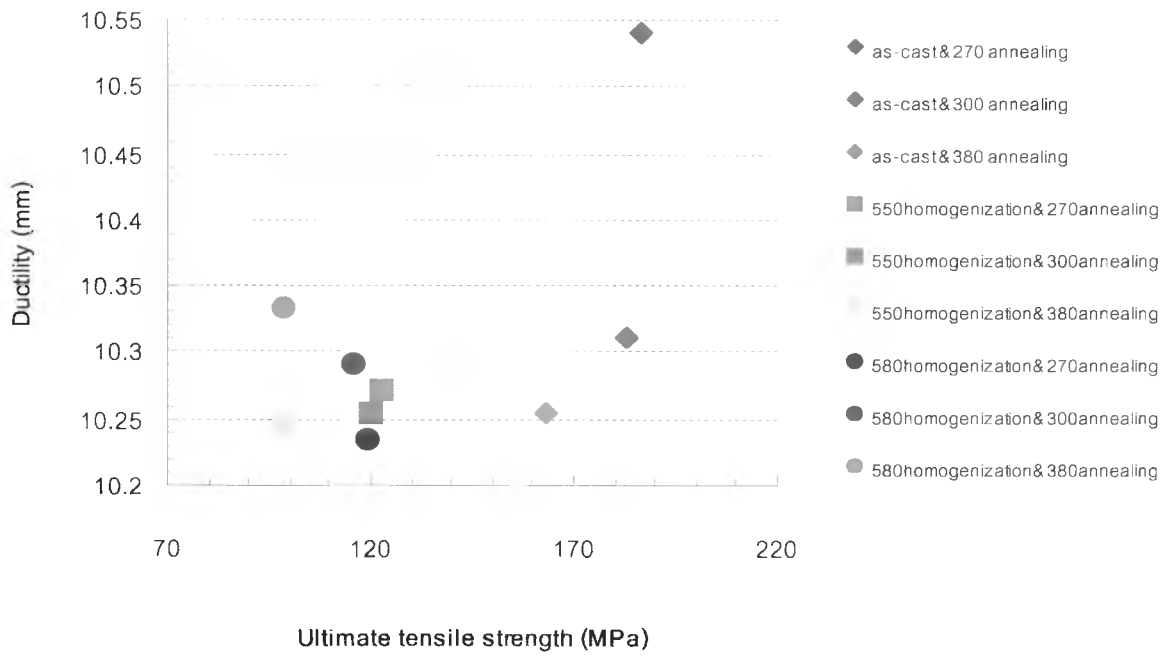
รูปที่ ๓-๔ ลักษณะเกรนภายหลังจากการอบอ่อนของชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราเร็วเย็น 92% ณ
กระบวนเชิงความร้อนและเชิงกลที่แตกต่างกัน(กำลังขยาย 50x)



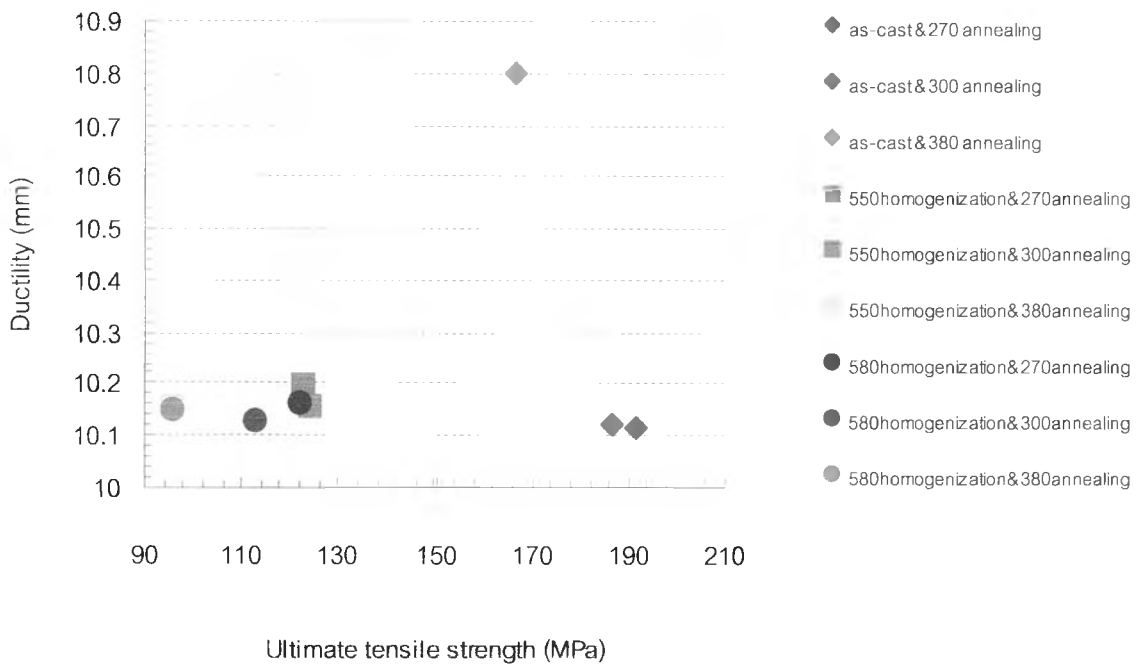
รูปที่ ๕-5 ลักษณะเกรนภายหลังการอบอ่อนของชิ้นงานอะลูมิเนียมที่อัตราารีดเย็น 97% ณ
 กระบวนเชิงความร้อนและเชิงกลที่แตกต่างกัน (กำลังขยาย 100x)

ภาคผนวก ฅ

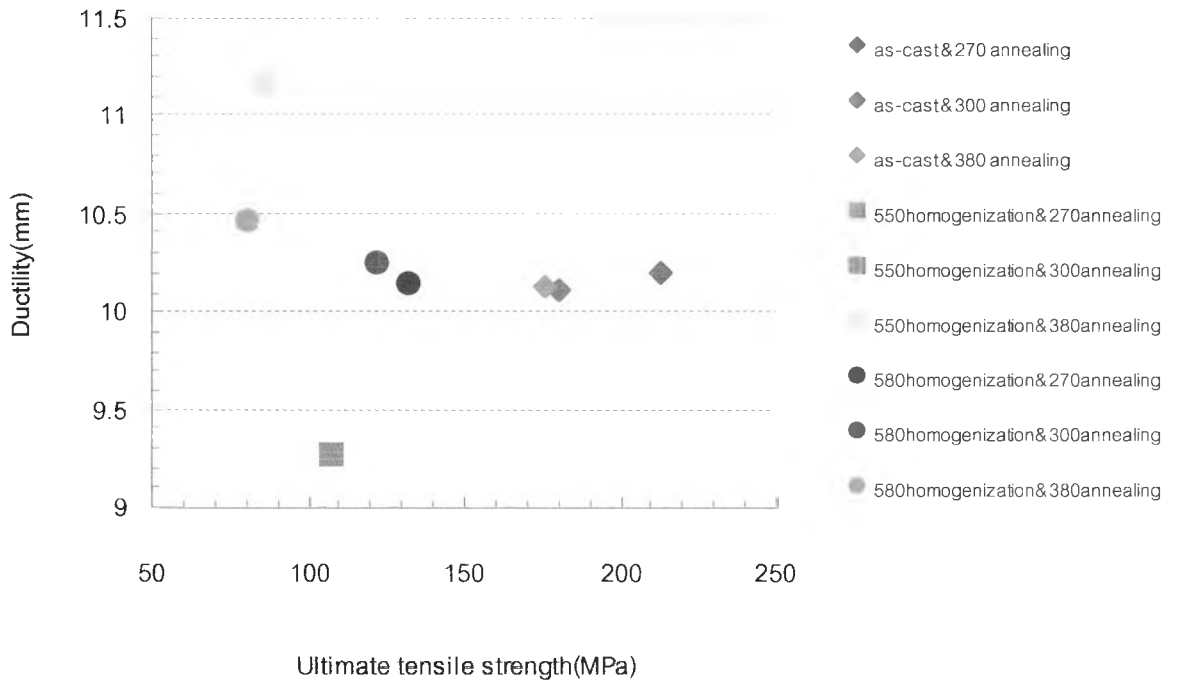
ความสัมพันธ์ระหว่าง DUCTILITY และ ULTIMATE TENSILE STRENGTH



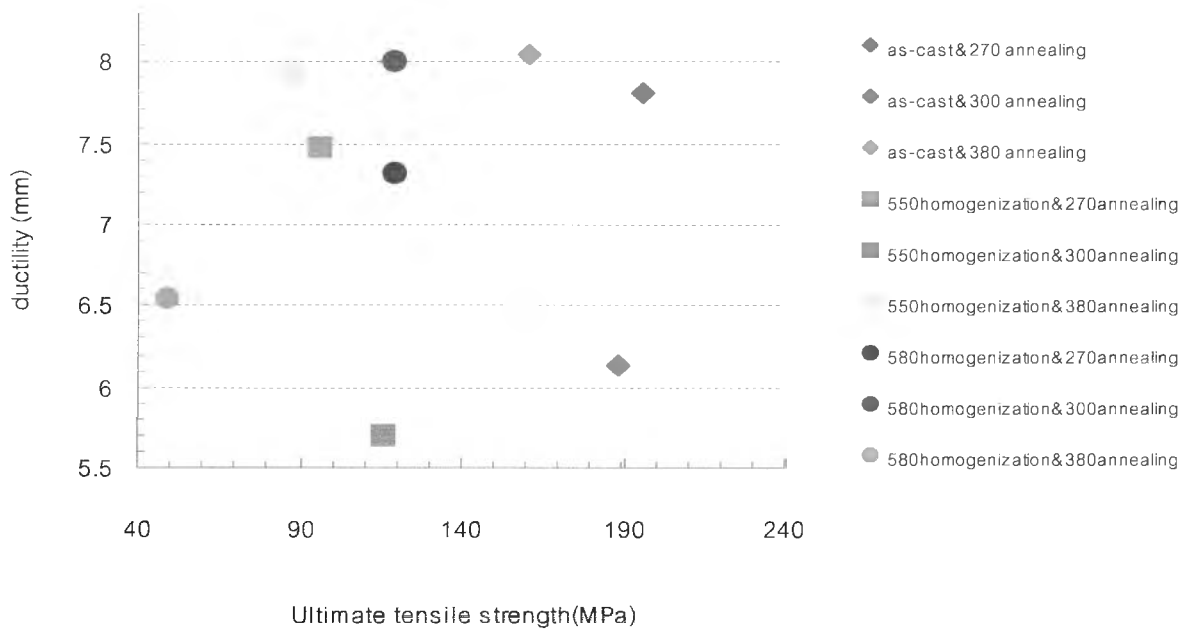
รูปที่ ๑-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า Ductility และค่า ความแข็งแรงสูงสุด ของอะลูมิเนียมแผ่น ที่อัตราคาร์บอน 61% ณ กระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกล ที่แตกต่างกัน



รูปที่ ๑-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า Ductility และค่า ความแข็งแรงสูงสุด ของอะลูมิเนียมแผ่น ที่อัตราคาร์บอน 71% ณ กระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกล ที่แตกต่างกัน



รูปที่ ๓-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า Ductility และค่า ความแข็งแรงสูงสุด ของอะลูมิเนียมแผ่น ที่อัตราการรีด 92% ณ กระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกล ที่แตกต่างกัน



รูปที่ ๓-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า Ductility และค่า ความแข็งแรงสูงสุด ของอะลูมิเนียมแผ่น ที่อัตราการรีด 97% ณ กระบวนการเชิงความร้อนและเชิงกล ที่แตกต่างกัน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสิริวรรณ สุกุลตันเจริญชัย เกิดวันที่ 15 มีนาคม 2522 ภูมิลำเนาเดิม บ้านเลขที่ 42/145 ถ.ติวานนท์ ต.ท่าทราย อ.เมือง จ.นนทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมโลหการ(เกียรตินิยมอันดับ 2) ในปีการศึกษา 2541 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อพ.ศ.2542

