# บทที่4

## ผลการทดลอง

### 4.1 ข้อมูลเบื้องต้น

ชิ้นส่วนที่นำมาทำการหล่อแบบกึ่งของแข็งนี้ เป็นตัวอย่างที่ได้มาจากล้อรถจักรยานยนต์ และล้อรถยนต์ ซึ่งนำมาเทหล่อใหม่ให้เป็นวัสดุเตรียมก่อน ค่อยนำไปหล่อแบบกึ่งของแข็ง ( SSM ) โดยแบ่งเป็นชิ้นส่วนที่ผ่านการหล่อแบบธรรมดา 5 ชิ้น และหล่อแบบ SSMอีก 5 ชิ้น แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าความแข็งของทั้งสองแบบว่า การหล่อแบบไหนให้ความแข็งมากกว่ากัน นอกจากคุณสมบัติด้านความแข็งแล้วยังต้องการคุณสมบัติด้านแรงดึงด้วย แต่ในการทำการทดลองครั้งนี้มีข้อบกพร่องอยู่จึงไม่สามารถนำไปทดสอบแรงดึงได้ดังจะกล่าวไว้ในอุปสรรคของการทำงานในบทที่ 5 ต่อไป ในที่นี้จะศึกษาคุณสมบัติด้านความแข็ง และเกรนเท่านั้น

### 4.2 ค่าความแข็ง

| หล่อแบบธรรมดา | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 1 | 16 | 16.5 | 15 | 20 | 21 | 17.7 |
| ชิ้นที่ 2 | 19 | 16 | 22 | 14 | 12 | 16.6 |
| ชิ้นที่ 3 | 17 | 17.5 | 13 | 18 | 20 | 17.1 |
| ชิ้นที่ 4 | 25 | 25 | 21 | 19 | 11 | 20.2 |
| ชิ้นที่ 5 | 12 | 15.5 | 18 | 19 | 17 | 16.3 |

**ค่าเฉลี่ยรวม = 17.58**

**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.698**

**ตารางที่ 4.1** แสดงค่าความแข็งของชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบธรรมดา หน่วยเป็น HRB

| หล่อแบบ SSM | ความดัน ( Bar ) | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 1 | 500 | 40 | 45 | 56 | 35 | 53 | 45.8 |
| ชิ้นที่ 2 | 600 | 20 | 21 | 19 | 25 | 15 | 20 |
| ชิ้นที่ 3 | 750 | 36 | 35 | 41 | 40.5 | 38 | 38.1 |
| ชิ้นที่ 4 | 900 | 80 | 80 | 78 | 75 | 79 | 78.4 |
| ชิ้นที่ 5 | 700 | 23 | 21 | 19 | 18 | 23 | 20.8 |

**ค่าเฉลี่ยรวม = 40.62**

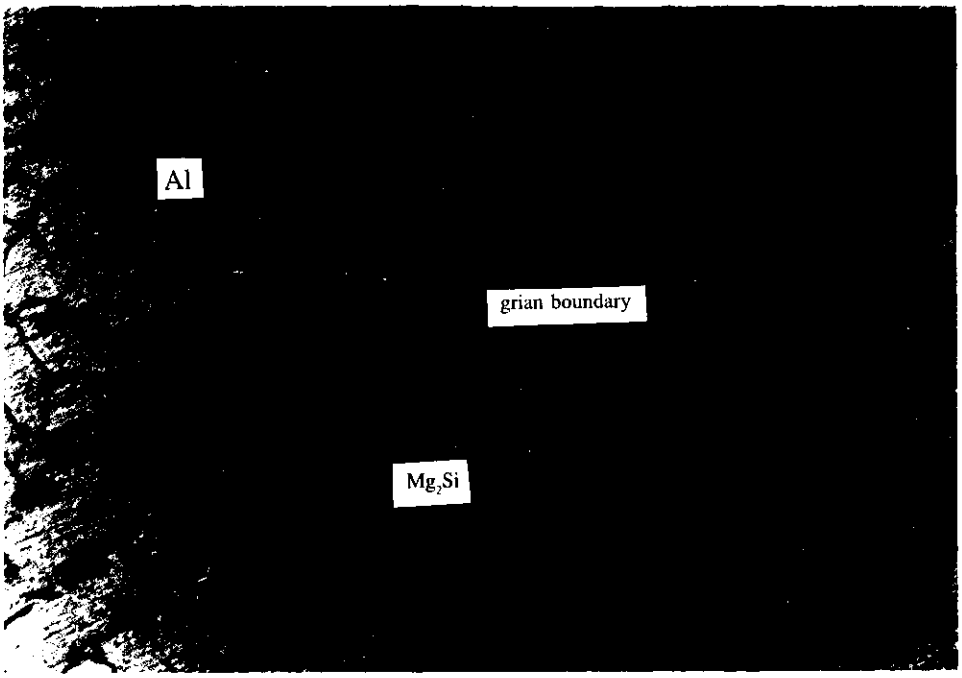
**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 22.190**

**ตารางที่ 4.2** แสดงค่าความแข็งของชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบ SSM หน่วยเป็น HRB

จากค่าความแข็งที่วัดได้พบว่า ชิ้นงานที่ผ่านการหล่อแบบ SSM มาจะให้ค่าความแข็งมากกว่าชิ้นงานที่ผ่านการหล่อแบบธรรมดา แต่ก็มีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง คือ ชิ้นงานที่ 2 และ 5 จะให้ค่าความแข็งน้อยเพราะว่าเกรนที่ได้มีขนาดโตจึงทำให้ค่าความแข็งลดลง

### 4.3 ภาควิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

จากการนำชิ้นงานที่ผ่านการหล่อแบบธรรมดากับการหล่อแบบ SSM มาศึกษาโครงสร้างเพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างที่เกิดขึ้นว่าเป็นอย่างไรดังภาพผลการทดลองข้างล่างนี้ นอกจากนี้ยังได้ให้ค่าส่วนผสมของธาตุต่างๆในอะลูมิเนียมผสมไว้ในตารางที่ 4.3 ด้วย



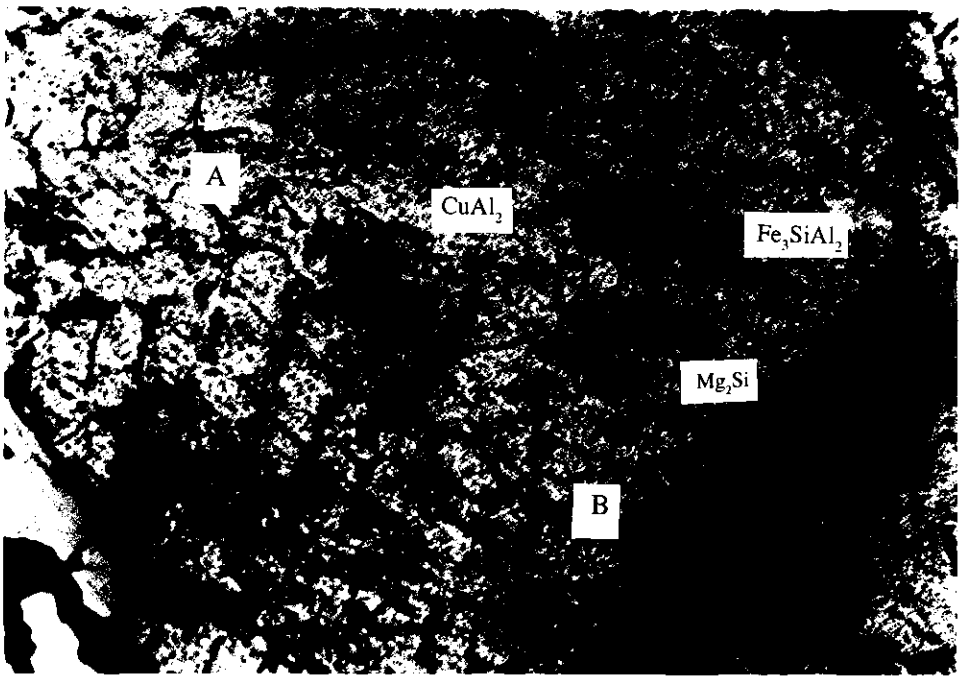

**รูปที่ 4.3.1** แสดงโครงสร้างของอะลูมินั่มผสมที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 900°C แล้วทำการเทหล่อแบบธรรมดา

**ส่วนประกอบทางเคมี** : Si 0.428% , Fe 1.258% , Cu 0.152% , Mn 0.012% , Mg 0.037%
Zn 0.040% , Ti 0.007% , Cr 0.003% , Ni 0.016% , Pb 0.019%
Sn 0.195% , Sb 0.034% , Al 97.793%

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**วิเคราะห์ :** เนื่องจากอุณหภูมิที่อบค่อนข้างสูงจึงไม่เป็นผลให้ซิลิคอนแยกตัวออกมาจากสารละลาย




**รูปที่ 4.3.2** แสดงโครงสร้างของอะลูมิเนียมผสมที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 700°C

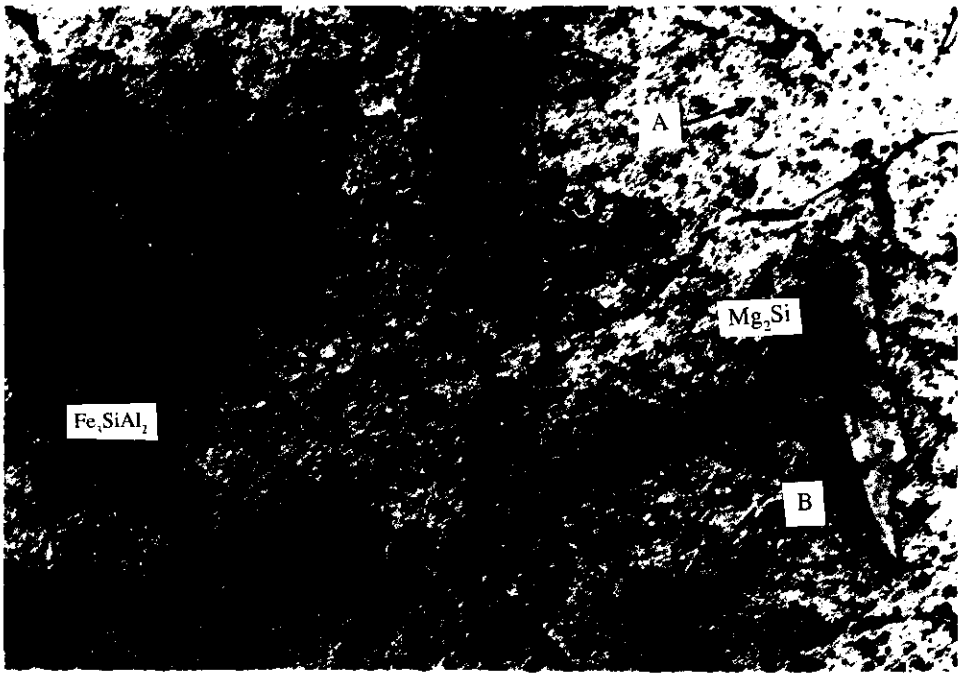
**ส่วนประกอบทางเคมี** : Si 0.428% , Fe 1.258% , Cu 0.152% , Mn 0.012% , Mg 0.037%
Zn 0.040% , Ti 0.007% , Cr 0.003% , Ni 0.016% , Pb 0.019%
Sn 0.195% , Sb 0.034% , Al 97.793%

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**ความดันกดอัด 500 Bar**

**วิเคราะห์** : จากทฤษฎีบอกว่าซิลิคอนจะแยกตัวออกมาจากที่ละลายอยู่ในอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 577°C ลงมา ซึ่งจากการทำการทดลอง จะต้องใช้เวลาในการอัดพอสมควรดังนั้นจึงเป็นผลทำให้อุณหภูมิลดลงมาถึงจุดที่ซิลิคอนแยกตัวออกจากสารละลาย จึงปรากฏเกรนดังภาพที่เห็น ส่วน A เป็นเนื้ออะลูมิเนียม ส่วน B เป็นเนื้อซิลิคอน




**รูปที่ 4.3.3** แสดงโครงสร้างของอะลูมิเนียมผสมที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 750°C

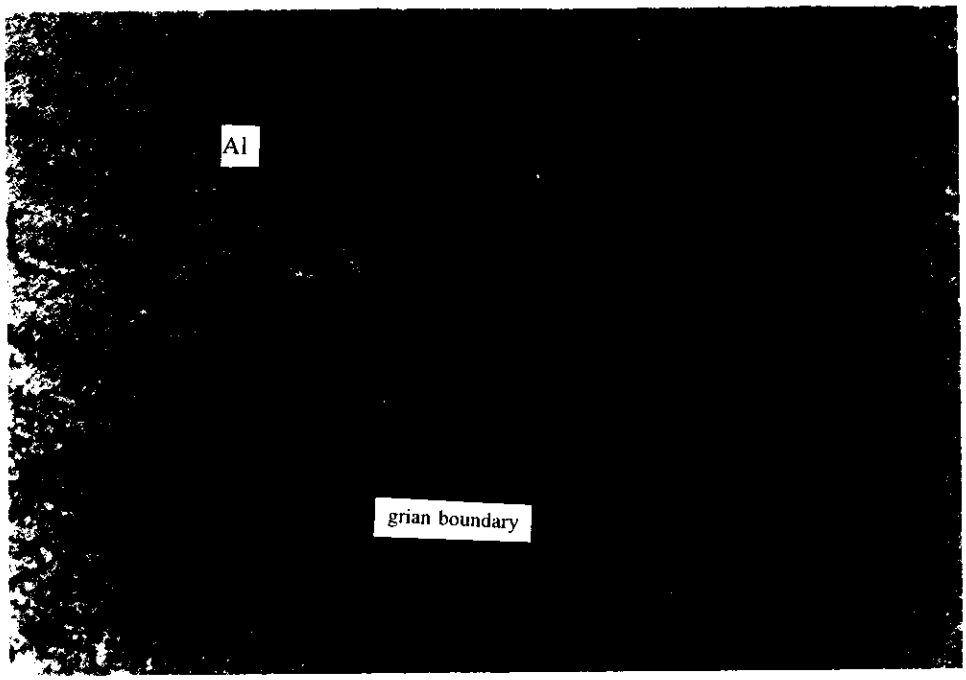
**ส่วนประกอบทางเคมี** : Si 0.428% , Fe 1.258% , Cu 0.152% , Mn 0.012% , Mg 0.037%
Zn 0.040% , Ti 0.007% , Cr 0.003% , Ni 0.016% , Pb 0.019%
Sn 0.195% , Sb 0.034% , Al 97.793%

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**ความดันกดอัด 600 Bar**

**วิเคราะห์** : จากทฤษฎีบอกว่าซิลิคอนจะแยกตัวออกมาจากที่ละลายอยู่ในอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 577°C ลงมา ซึ่งจากการทำการทดลอง จะต้องใช้เวลาในการอัดพอสมควรดังนั้นจึงเป็นผลทำให้อุณหภูมิลดลงมาถึงจุดที่ซิลิคอนแยกตัวออกจากสารละลาย จึงปรากฏเกรนดังภาพที่เห็น ส่วน A เป็นเนื้ออะลูมิเนียม ส่วน B เป็นเนื้อซิลิคอน เกรนมีขนาดโตขึ้นเพราะว่าอุณหภูมิในการอบสูง เกรนจึงมีเวลาในการจัดเรียงตัวมากขึ้น




**รูปที่ 4.3.4** แสดงโครงสร้างของอะลูมิเนียมผสมที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 750°C

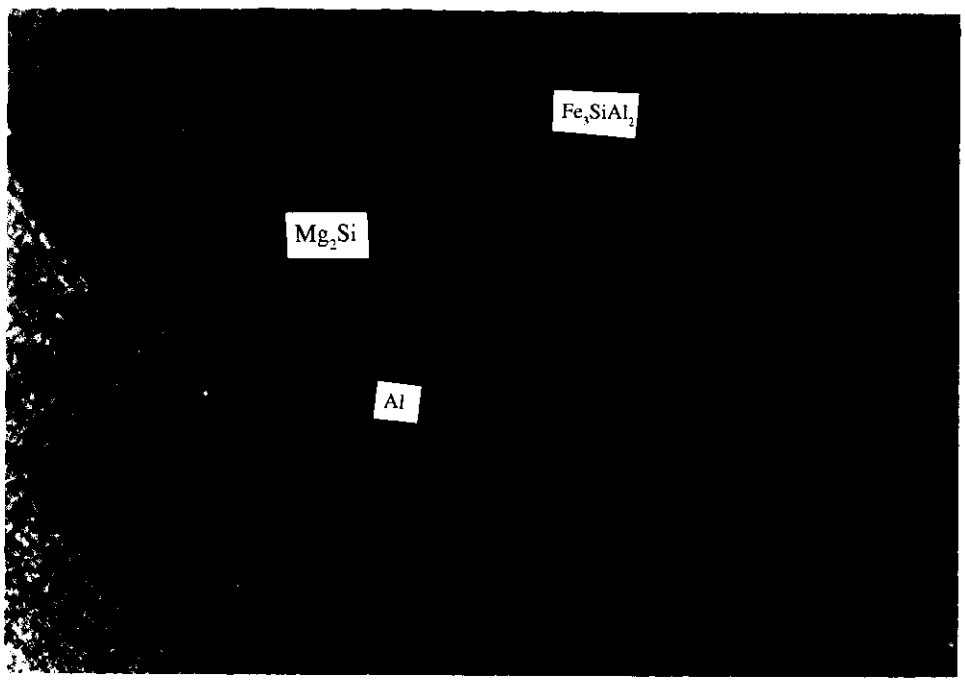
**ส่วนประกอบทางเคมี** : Si 0.428% , Fe 1.258% , Cu 0.152% , Mn 0.012% , Mg 0.037%
Zn 0.040% , Ti 0.007% , Cr 0.003% , Ni 0.016% , Pb 0.019%
Sn 0.195% , Sb 0.034% , Al 97.793%

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**ความดันกดอัด 700 Bar**

**วิเคราะห์** : เกรนมีลักษณะโตและไม่มีซิลิคอนปนออกมาด้วย ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิไม่เหมาะสำหรับทำให้ซิลิคอนแยกตัวออกมาอิสระ




**รูปที่ 4.3.5** แสดงโครงสร้างของอะลูมิเนียมผสมที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 750°C

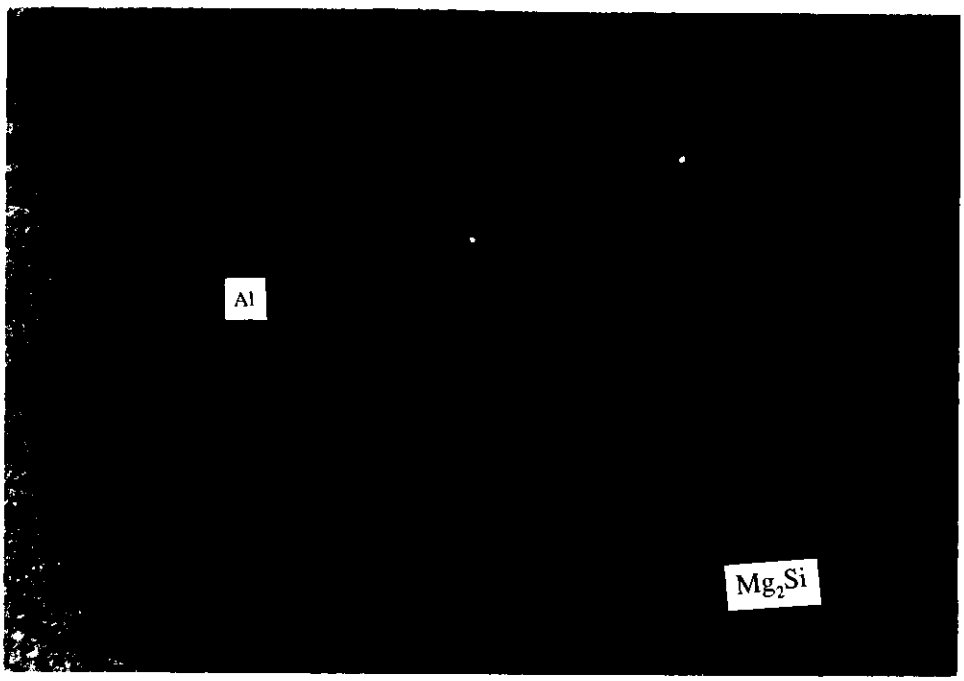
**ส่วนประกอบทางเคมี** : Si 0.428% , Fe 1.258% , Cu 0.152% , Mn 0.012% , Mg 0.037%
Zn 0.040% , Ti 0.007% , Cr 0.003% , Ni 0.016% , Pb 0.019%
Sn 0.195% , Sb 0.034% , Al 97.793%

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**ความดันกดอัด 750 Bar**

**วิเคราะห์** : ลักษณะของเกรนเริ่มจะไม่เป็นระเบียบและไม่มีซิลิคอนปนออกมาทั้งนี้เพราะอุณหภูมิไม่เหมาะสำหรับทำให้ซิลิคอนแยกตัวออกมาอิสระ




**รูปที่ 4.3.6** แสดงโครงสร้างของอะลูมิเนียมผสมที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 675°C

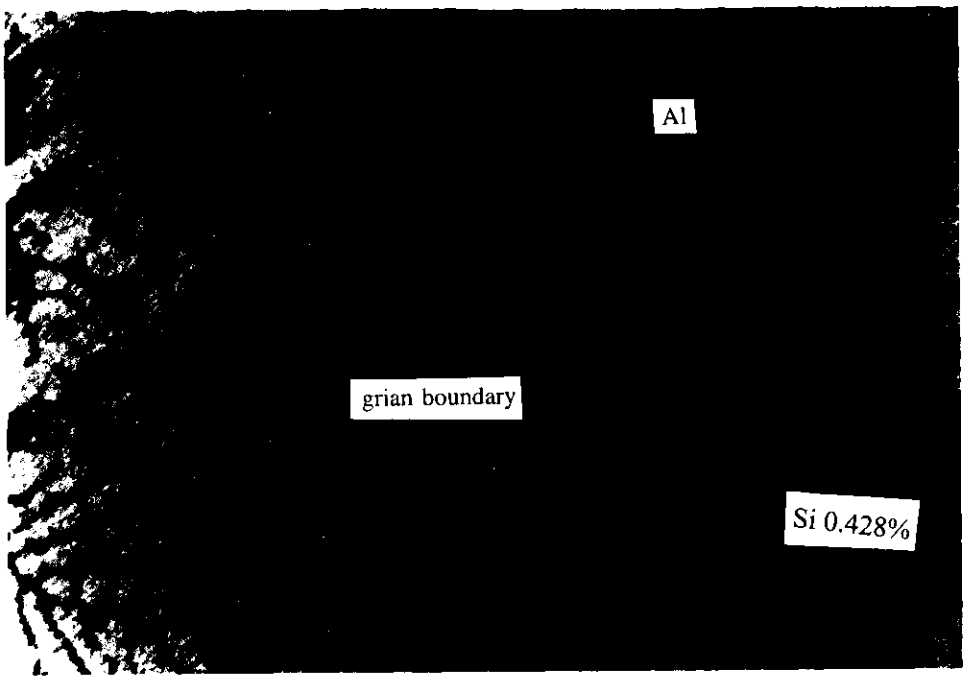
**ส่วนประกอบทางเคมี** : Si 0.428% , Fe 1.258% , Cu 0.152% , Mn 0.012% , Mg 0.037%
Zn 0.040% , Ti 0.007% , Cr 0.003% , Ni 0.016% , Pb 0.019%
Sn 0.195% , Sb 0.034% , Al 97.793%

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**ความดันกดอัด 900 Bar**

**วิเคราะห์** : ลักษณะของเกรนเป็นเส้นและไม่แสดงขอบเกรนที่แน่ชัด ทั้งนี้เพราะถูกแรงอัดที่สูง ไม่มีซิลิคอนปนออกมาด้วยเพราะอุณหภูมิไม่เหมาะสำหรับทำให้ซิลิคอนแยกตัวออกมาอิสระ




**รูปที่ 4.3.7** แสดงโครงสร้างของล้อแม็คซึ่งยังไม่ผ่านการอบ

**กำลังขยาย 100 เท่า**

**กัดด้วยกรด HF 5%**

**วิเคราะห์ :** เกรนมีขนาดเล็กเพราะว่าผ่านการขึ้นรูปมา

**ตารางที่ 4.3** แสดงส่วนผสมของธาตุต่างๆในอะลูมินั่มผสม ( % )

| ครั้งที่ | Si4 | Fe7 | Cu9 | Mn3 | Mg1 | Zn5 | Ti4 | Cr1 | Ni6 | Pb6 | Sn5 | Sb5 | Al |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.44148 | 1.31429 | 0.1407 | 0.0119 | 0.03826 | 0.03849 | 0.00671 | 0.00344 | 0.0159 | 0.01758 | 0.1915 | 0.03473 | 97.745 |
| 2 | 0.54748 | 0.84968 | 0.21848 | 0.01211 | 0.03124 | 0.04765 | 0.00994 | 0.00488 | 0.02277 | 0.02669 | 0.18082 | 0.03821 | 98.01 |
| 3 | 0.45956 | 0.72949 | 0.15769 | 0.01021 | 0.03748 | 0.04151 | 0.00693 | 0.00348 | 0.01702 | 0.02306 | 0.22844 | 0.02182 | 98.2633 |
| 4 | 0.48227 | 1.63385 | 0.15653 | 0.01317 | 0.04132 | 0.04134 | 0.00657 | 0.00345 | 0.01711 | 0.02466 | 0.25266 | 0.04135 | 97.2857 |
| 5 | 0.47615 | 1.64757 | 0.15313 | 0.01395 | 0.04078 | 0.04216 | 0.00733 | 0.0037 | 0.01689 | 0.02153 | 0.21369 | 0.0437 | 97.3194 |
| 6 | 0.51269 | 1.74009 | 0.15995 | 0.01425 | 0.04303 | 0.04317 | 0.00747 | 0.00369 | 0.01761 | 0.02637 | 0.26463 | 0.04553 | 97.1215 |
| 7 | 0.43054 | 0.67239 | 0.15399 | 0.01004 | 0.03645 | 0.04108 | 0.00733 | 0.00354 | 0.01596 | 0.02115 | 0.21567 | 0.01985 | 98.372 |
| 8 | 0.34622 | 0.63953 | 0.16184 | 0.00973 | 0.03557 | 0.03939 | 0.00994 | 0.00392 | 0.01322 | 0.02009 | 0.15596 | 0.02174 | 98.5429 |
| 9 | 0.35268 | 0.80995 | 0.15681 | 0.01092 | 0.03217 | 0.04105 | 0.01027 | 0.00427 | 0.01379 | 0.01482 | 0.11783 | 0.03405 | 98.4014 |
| 10 | 0.32345 | 1.21209 | 0.11783 | 0.01115 | 0.03356 | 0.03668 | 0.00784 | 0.00331 | 0.01618 | 0.00881 | 0.11475 | 0.03037 | 98.084 |
| 11 | 0.41908 | 1.47406 | 0.14182 | 0.01175 | 0.03829 | 0.03885 | 0.00673 | 0.00347 | 0.01644 | 0.01877 | 0.20385 | 0.03405 | 97.5928 |
| 12 | 0.38332 | 1.42889 | 0.13287 | 0.01204 | 0.03685 | 0.03874 | 0.00789 | 0.00333 | 0.01472 | 0.01607 | 0.18362 | 0.03282 | 97.7088 |
| 13 | 0.37674 | 1.53555 | 0.13409 | 0.01285 | 0.0388 | 0.03805 | 0.0067 | 0.00337 | 0.01494 | 0.01762 | 0.18882 | 0.03843 | 97.594 |
| 14 | 0.38122 | 1.52012 | 0.13754 | 0.0134 | 0.03943 | 0.03916 | 0.00739 | 0.00353 | 0.01505 | 0.01922 | 0.19896 | 0.04019 | 97.5848 |
| 15 | 0.48875 | 1.67146 | 0.1546 | 0.01384 | 0.04218 | 0.04271 | 0.00685 | 0.00355 | 0.01667 | 0.02127 | 0.22267 | 0.04361 | 97.2718 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.42811 | 1.2586 | 0.15186 | 0.01209 | 0.03769 | 0.04067 | 0.00773 | 0.00366 | 0.01628 | 0.01985 | 0.19559 | 0.0347 | 97.7932 |
| Sd | 0.06642 | 0.40493 | 0.0223 | 0.00147 | 0.00351 | 0.00269 | 0.00127 | 0.00042 | 0.00219 | 0.00465 | 0.04244 | 0.00826 | 0.4596 |
| Sd% | 15.51556 | 32.17285 | 14.68382 | 12.18013 | 9.30344 | 6.61588 | 16.43999 | 11.41461 | 13.46309 | 23.41738 | 21.70081 | 23.80982 | 0.47 |