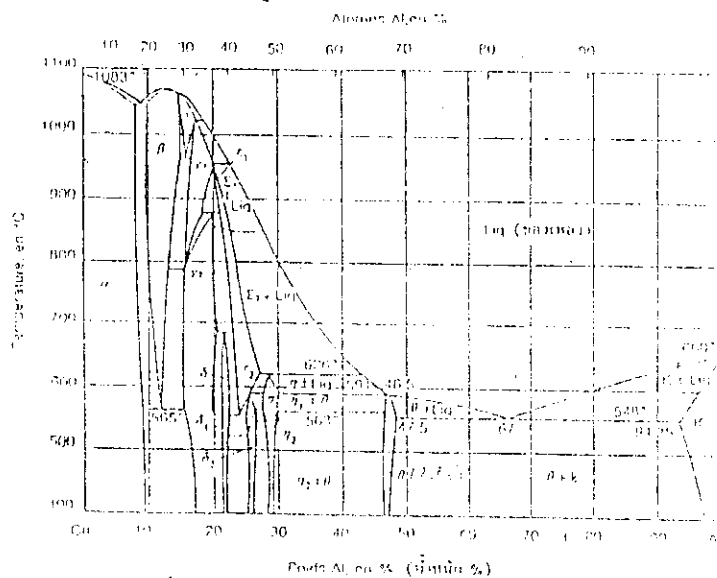


บทที่ 5

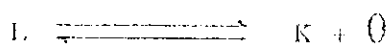
การวิเคราะห์ชิ้นงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง

5.1 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง

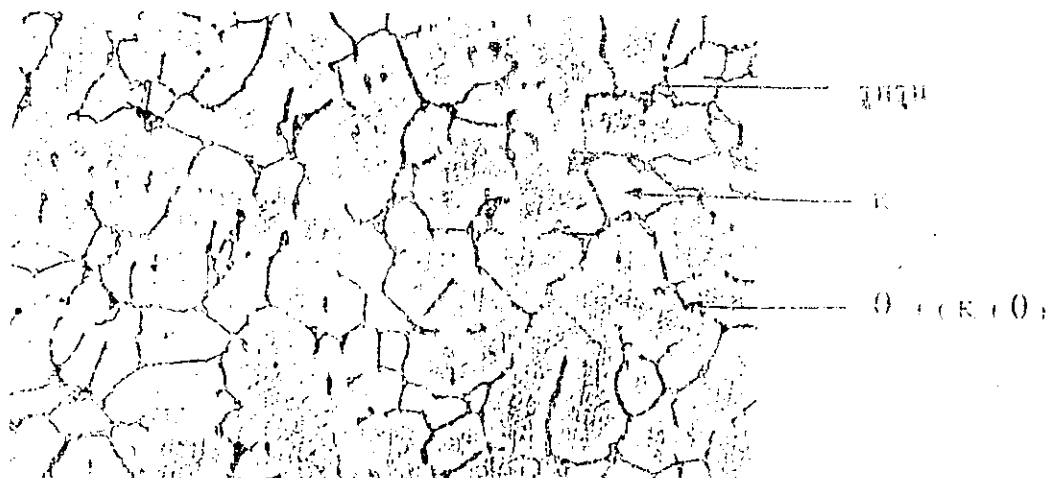


รูปที่ 5.1 แผนภูมิสมดุลของทองแดง - อลูมิเนียม

จากแผนภูมิสมดุลจะปรากฏจุดยูเทคติกที่อุณหภูมิ 548°C ส่วนผสม 33 %Cu เมื่อเย็นตัวลงมาถึงอุณหภูมิ 548°C จะแตกตัวให้เฟส K(5.65%Cu) ซึ่งเป็นสารละลายของทองแดง (Solid Solution) กับเฟส O หรือ $CuAl_2$ (52.75%Cu)



จากการปฏิบัติการหล่ออลูมิเนียม มีส่วนผสมทองแดงประมาณ 5-7 %ในอลูมิเนียมได้ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคดังรูป 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ที่เลี้ยวขยาย X5 ถัดด้วย NaOH ที่อุณหภูมิ 100°C

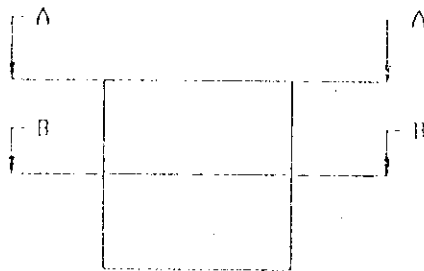
จากรูปที่ 5.2 จัดเป็นโครงสร้างไฮโปยูเทคติกที่มีส่วนผสมเกินกว่า 5 % Cu โครงสร้างจะประกอบด้วยเฟส K เป็นโครงสร้างพื้นฐาน โดยมีลักษณะโครงสร้างยูเทคติก (K + O) และ O กระจัดกระจายอยู่ตามบริเวณขอบเกรน (grain boundary)

เฟส K คือ ทองแดงละลายในอลูมิเนียม โดยมีปริมาณทองแดงละลายได้สูงสุด 5.65% ที่อุณหภูมิ 548°C และปริมาณทองแดงจะละลายในเฟส ให้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำกว่า 548°C จะเหลือเพียงประมาณ 0.5 % ที่อุณหภูมิ 200°C และเป็นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิต่ำ

O หรือ CuAl₂ เป็นสารประกอบเชิงโลหะ (Intermetallic Compound) มีระนาบผลึกเป็นออคตะโกนอลเชิงซ้อน (Complex Tetragonal) มีปริมาณ 54 % ทองแดง โดยน้ำหนักหรือ 36 % อลูมิเนียม โดยน้ำหนัก มีความแข็งแรงปานกลางแต่เปราะง่าย

5.2 เปรียบเทียบขนาดและจำนวนเกรนจากภาพถ่าย

5.2.1 ภาพถ่ายแสดงโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของวงนบถักอลูมิเนียม-ทองแดง รูปทรงระนาบขนาดต่างกัน




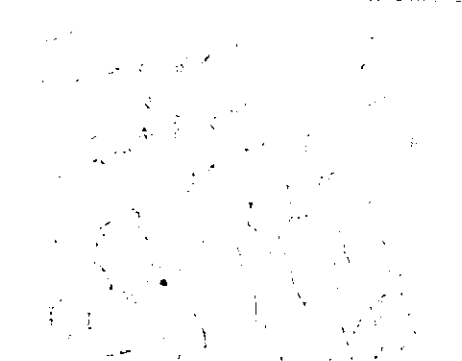


รูปที่ 5.3 แสดง Front View ของชิ้นงานหล่อ

5.2.2.1 ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัด A-A จากรูป 5.3 (ระนาบด้านบน)

(1) บริเวณขอบชิ้นงานหล่อ


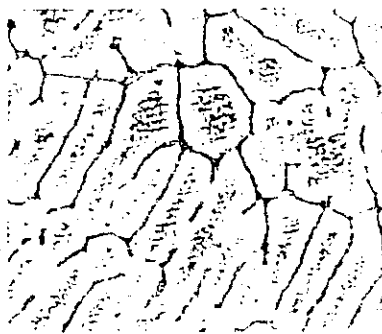

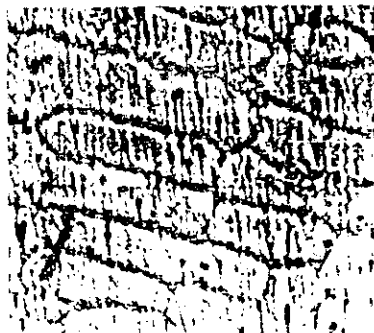
รูปที่ 5.4 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย 82% Cu 5% เวลา 10 นาที งานหล่อขึ้นบนพื้นปูนที่ความสูง 2 cm

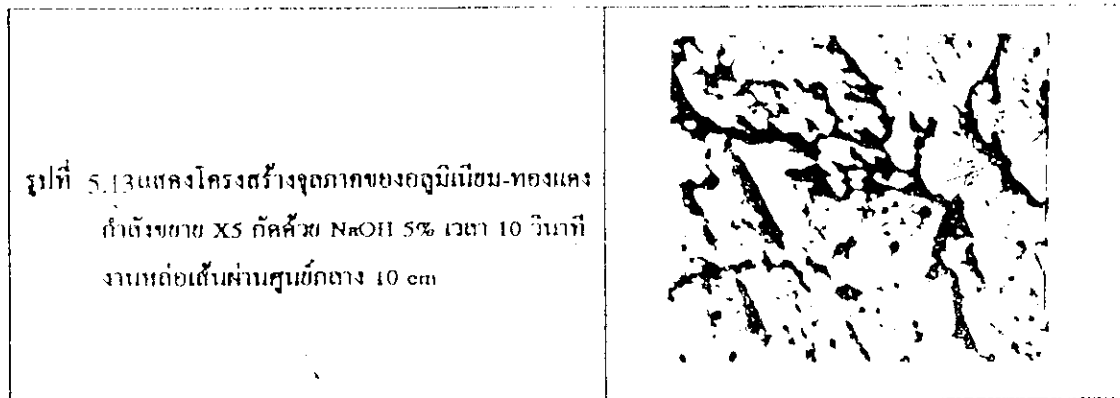


<p>รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.6 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.7 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.8 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , และ 5.8. จะเห็น ภาชนะงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่า และมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

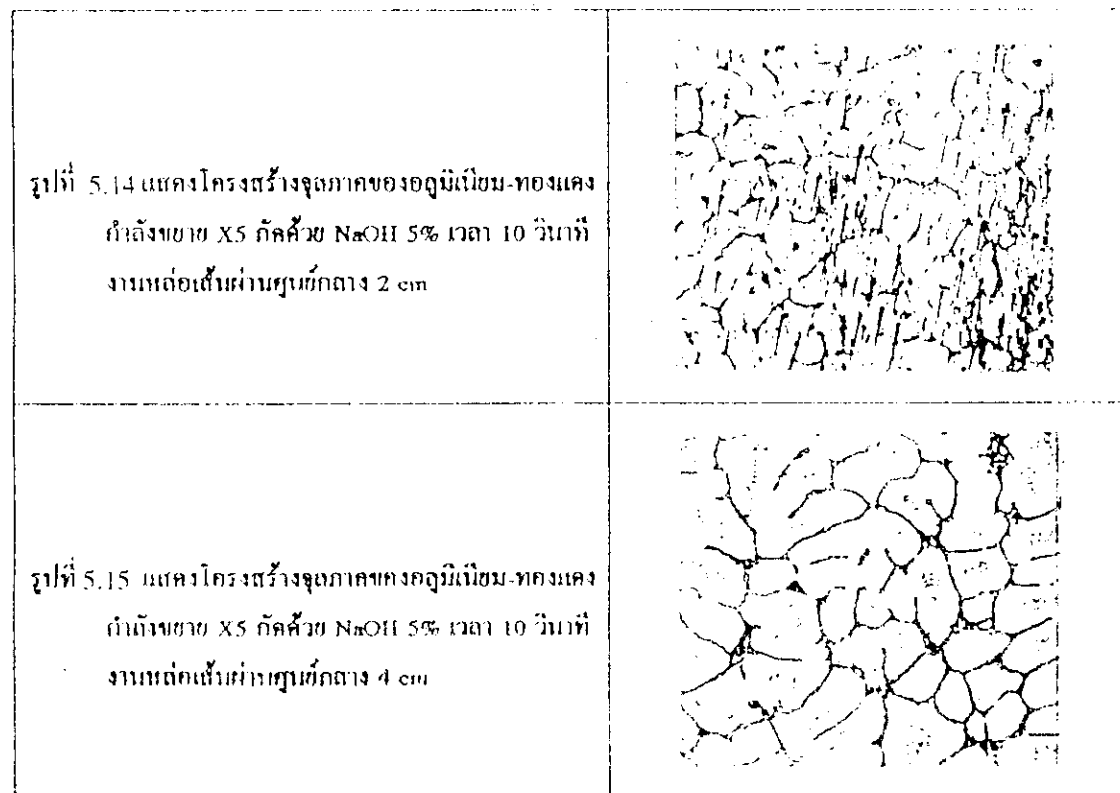
(2) บริเวณห่างจากขอบชิ้นงานเหลือ 1 cm


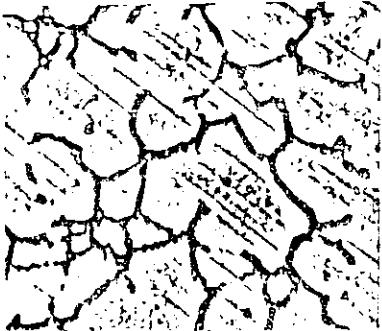

<p>รูปที่ 5.9 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.10 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.11 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.12 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	



จากรูปภาพที่ 5.9 , 5.10 , 5.11 , 5.12 , และ 5.13 จะเห็นว่าชิ้นงานเคลือบขนาดเล็ก จะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่


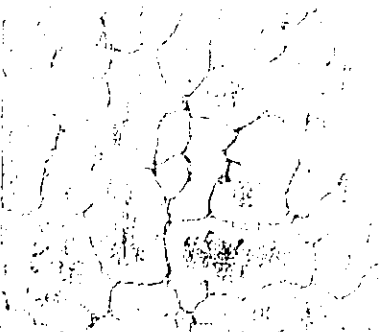
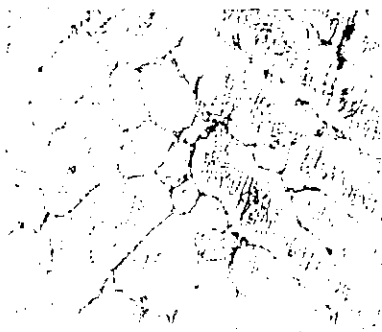

(3) บริเวณจุดศูนย์กลางของชิ้นงานห่อ

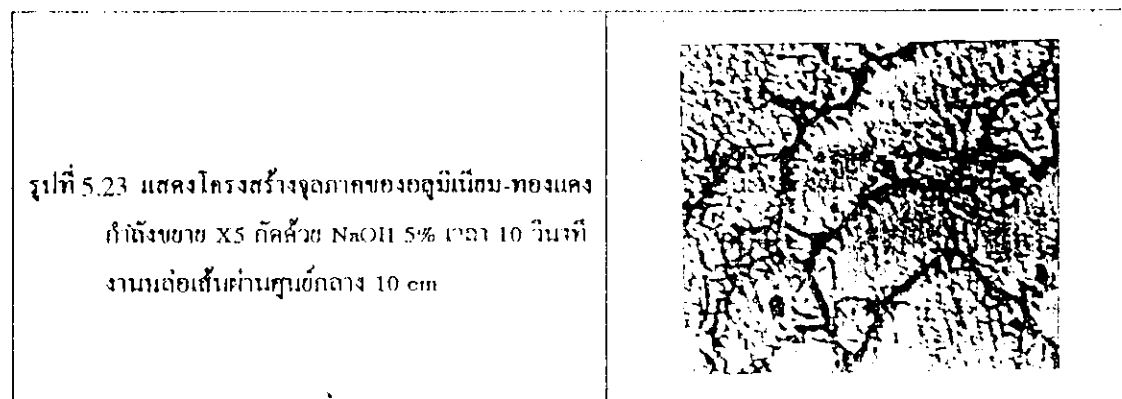


<p>รูปที่ 5.16 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.17 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.18 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.14 , 5.15 , 5.16 , 5.17 , และ 5.18 จะเห็นว่าชั้นบนหล่อขบถเนื้อจะมี
ขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชั้นงานขนาดใหญ่

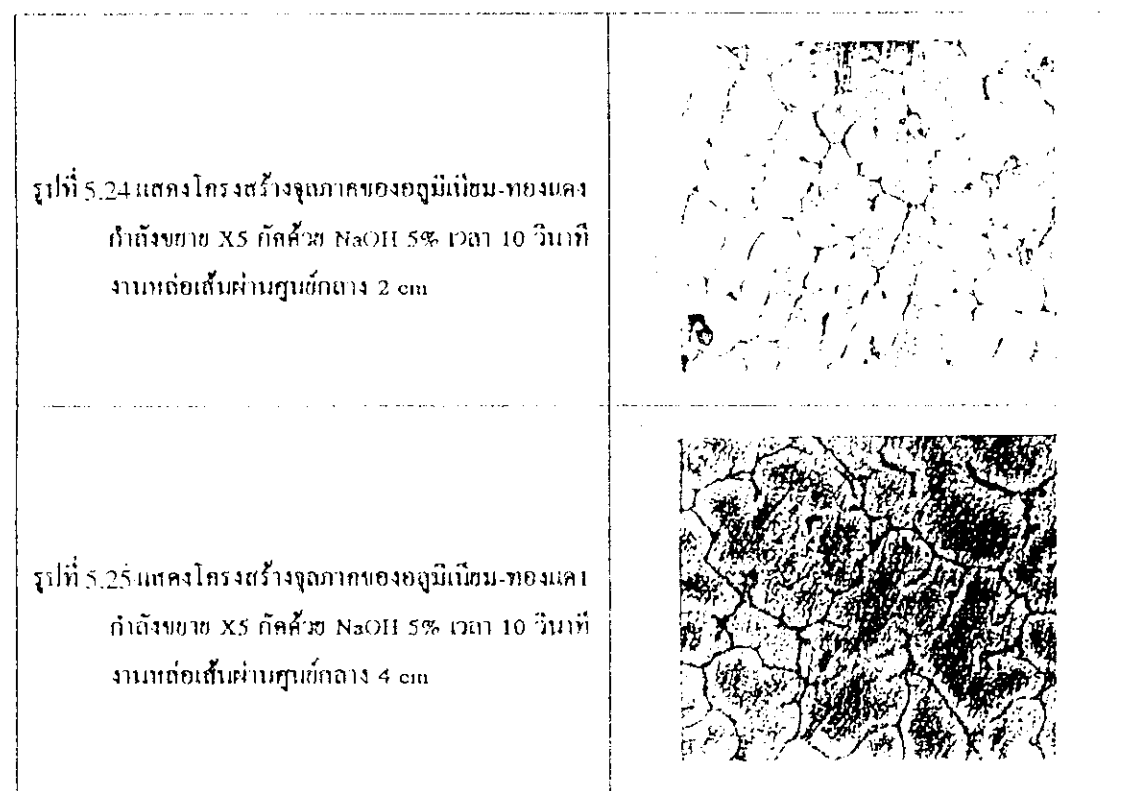
5.2.1.2 ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัด B-B จากรูปที่ 5.3 (ระนาบหน้าตัดกลางรวมหล่อ)
 (1) บริเวณขอบชิ้นงานหล่อ


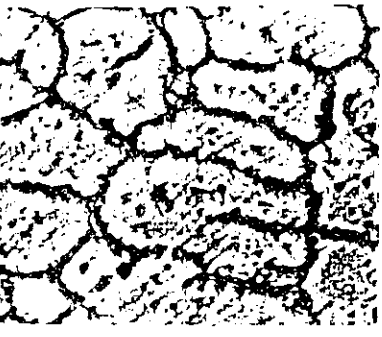

<p>รูปที่ 5.19 แสดงโครงสร้างจุลภาคของลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที านหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.20 แสดงโครงสร้างจุลภาคของลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที านหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.21 แสดงโครงสร้างจุลภาคของลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที านหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.22 แสดงโครงสร้างจุลภาคของลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที านหล่อเห็นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	



จากรูปภาพที่ 5.19 , 5.20 , 5.21 , 5.22 , และ 5.23 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่า และมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่


(2) บริเวณห่างจากขอบชิ้นงานหล่อ 1 cm



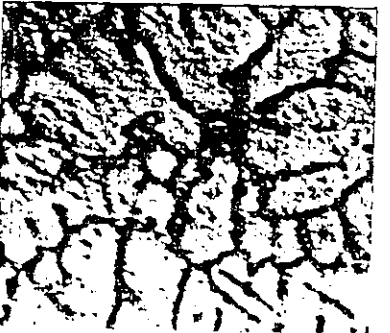
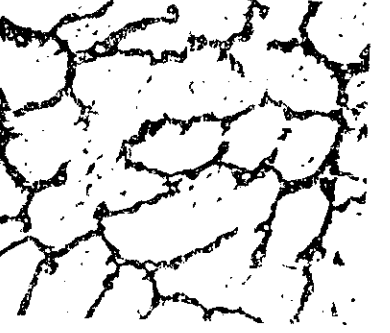


<p>รูปที่ 5.26 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.27 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.28 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.24 , 5.25 , 5.26 , 5.27 , และ 5.28 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กละเอียดจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นผิวที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

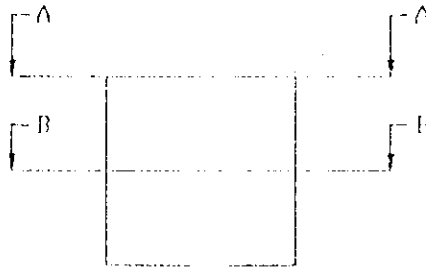
(3) บริเวณจุดศูนย์กลางของชิ้นงานหล่อ

<p>รูปที่ 5.29 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm</p>	
---	--

<p>รูปที่ 5.30 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.31 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.32 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.33 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.29 , 5.30 , 5.31 , 5.32 , และ 5.33 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กระยะมี
ขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

5.2.2 ภาพถ่ายแสดงโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง
รูปทรงถูกบดอัดกัน

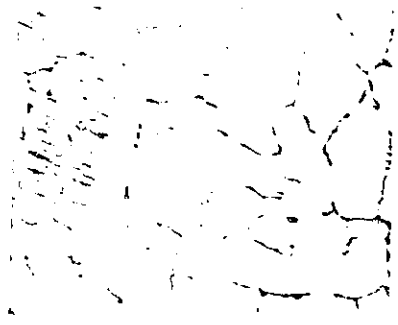
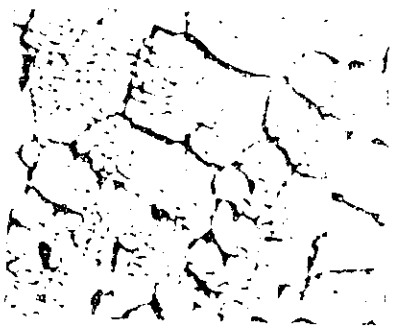



รูปที่ 5.34 แสดง Front View ของชิ้นงานหล่อ

5.2.2.1 ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัด A-A จากรูป 10.34 (ระนาบค้ำแนบ)


(1) บริเวณขอบชิ้นงานหล่อ



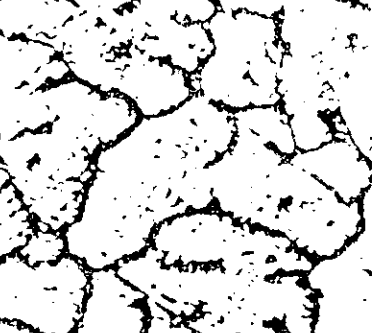
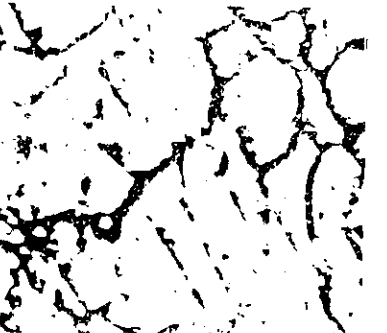
<p>รูปที่ 5.35 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 2 cm</p>	<p>This micrograph shows the microstructure of the casting edge. It displays a network of dark, interconnected lines representing the intermetallic phase, set against a lighter background of the aluminum matrix. The structure appears somewhat irregular and porous.</p>
<p>รูปที่ 5.36 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 4 cm</p>	<p>This micrograph shows the microstructure of the casting edge. Similar to Figure 5.35, it displays a network of dark lines representing the intermetallic phase. The structure appears slightly more organized and less porous than in Figure 5.35.</p>

<p>รูปที่ 5.37 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.38 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.39 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.35 , 5.36 , 5.37 , 5.38 , และ 5.39 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมี
ขนาดเกรนเล็กกว่า และมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

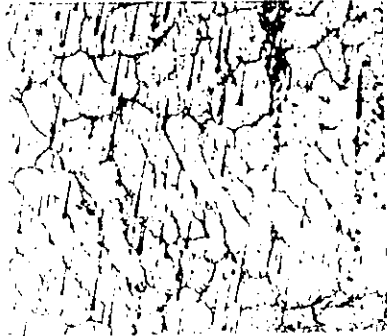

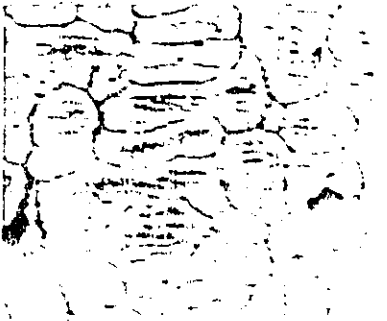

(2) บริเวณห่างจากขอบชิ้นงานหล่อ 1 cm

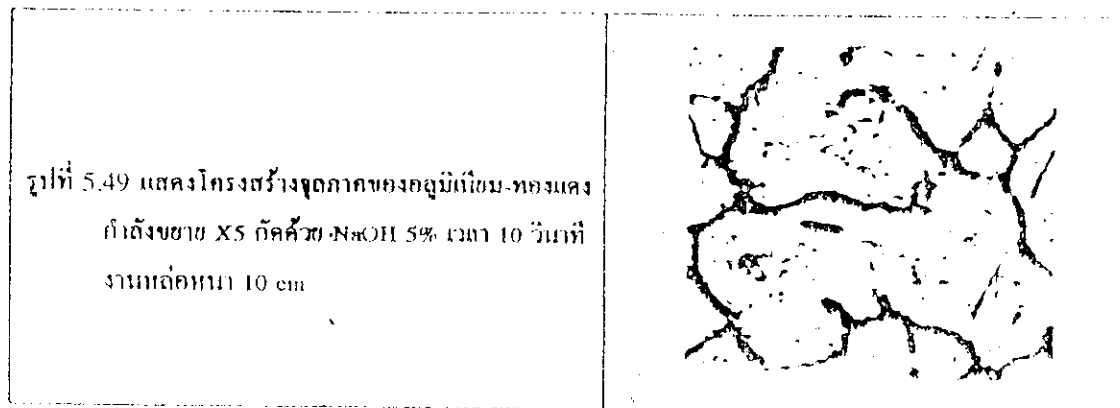
<p>รูปที่ 5.40 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 2 cm</p>	
--	--

<p>รูปที่ 5.41 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ทัศนียภาพ NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานต่อหน้า 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.42 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ทัศนียภาพ NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานต่อหน้า 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.43 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ทัศนียภาพ NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานต่อหน้า 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.44 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ทัศนียภาพ NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานต่อหน้า 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.40 , 5.41 , 5.42 , 5.43 , และ 5.44 จะเห็นว่าชิ้นงานต่อขนาดเล็กลงจะมีขนาดเกรนเล็กลงและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

(3) บริเวณจุดศูนย์กลางของชิ้นงานหล่อ

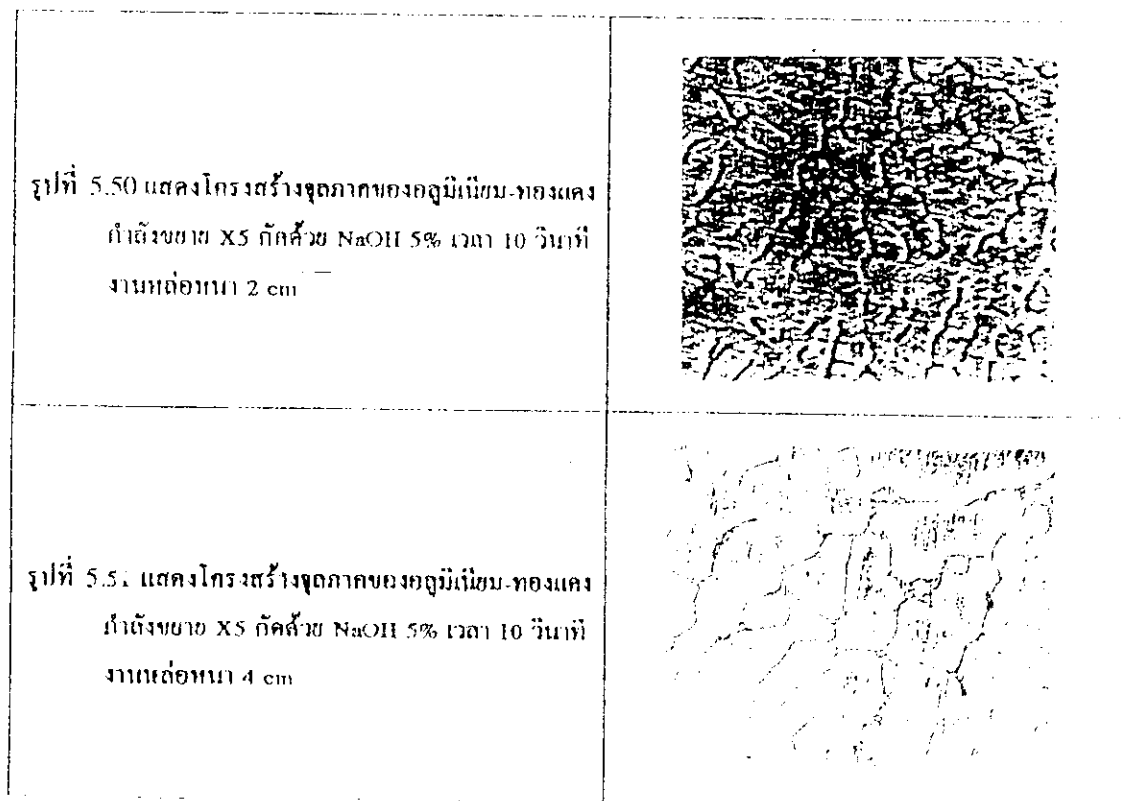
<p>รูปที่ 5.45 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.46 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.47 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.48 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 8 cm</p>	

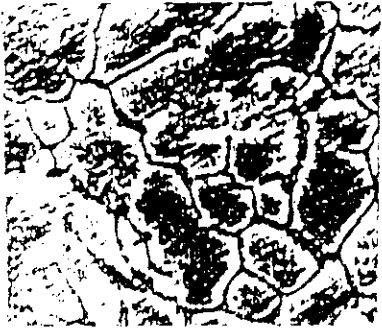




จากรูปภาพที่ 5.45 , 5.46 , 5.47 , 5.48 , และ 5.49 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กระยะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นพื้นที่เท่ากับมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

5.2.2.2 ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัด B-B จากรูปที่ 5.34 (ระบอบหน้าตัดทองงานหล่อ)


(1) บริเวณขอบชิ้นงานหล่อ

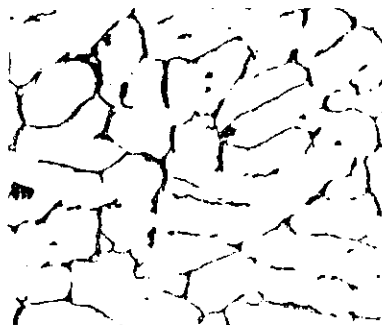

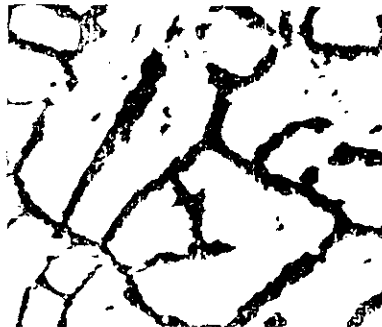



<p>รูปที่ 5.52 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอตุมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาช X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.53 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอตุมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาช X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.54 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอตุมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาช X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.50 , 5.51 , 5.52 , 5.53 , และ 5.54 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่า และมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่


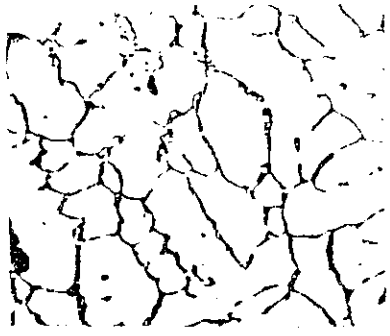


(2) บริเวณห่างจากขอบชิ้นงานหล่อ 1 cm

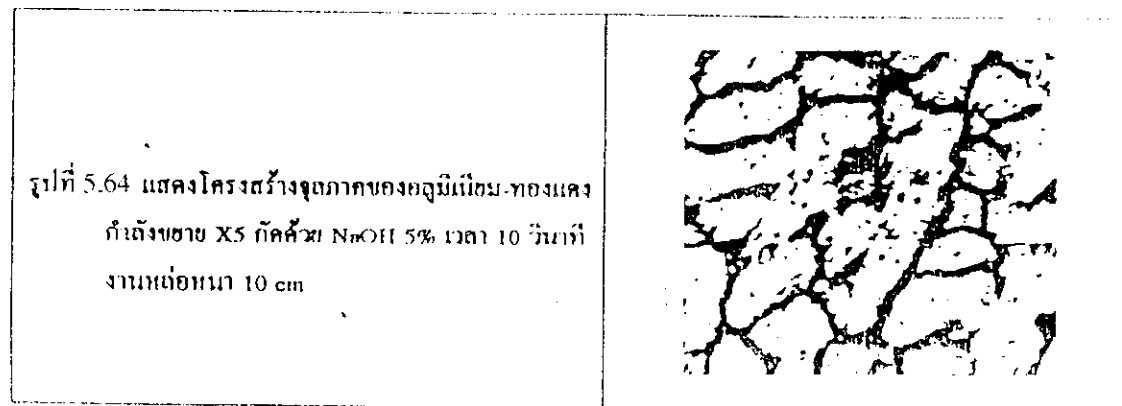
<p>รูปที่ 5.55 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอตุมิเนียม-ทองแดง กำจัดขยาช X5 ถักด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 2 cm</p>	
--	--

<p>รูปที่ 5.56 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเดือนนา 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.57 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเดือนนา 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.58 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเดือนนา 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.59 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ศึกษ ด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานเดือนนา 10 cm</p>	

จากรูปภาพที่ 5.55 , 5.56 , 5.57 , 5.58 , และ 5.59 จะเห็นว่าชั้นง เหนือขนาดเล็กระมี
ขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชั้นงขนาดใหญ

(3) บริเวณจุดศูนย์กลางของชิ้นงานหล่อ

<p>รูปที่ 5.60 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.61 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.62 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.63 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อหนา 8 cm</p>	



จากรูปภาพที่ 5.60 , 5.61 , 5.62 , 5.63 , และ 5.64 จะเห็นว่าชิ้นงานห่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

จากรูปแสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทั้งหมดจะเห็นแนวโน้มของขนาดเกรนและจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากัน ณ จุดเดียวกันดังต่อไปนี้

ขนาดเกรน : size 2 cm < size 4 cm < size 6 cm < size 8 cm < size 10 cm

จำนวนเกรน : size 2 cm > size 4 cm > size 6 cm > size 8 cm > size 10 cm

ลักษณะรูปลูกบาศก์และรูปทรงระบอบมีผลลัพท์เหมือนกัน

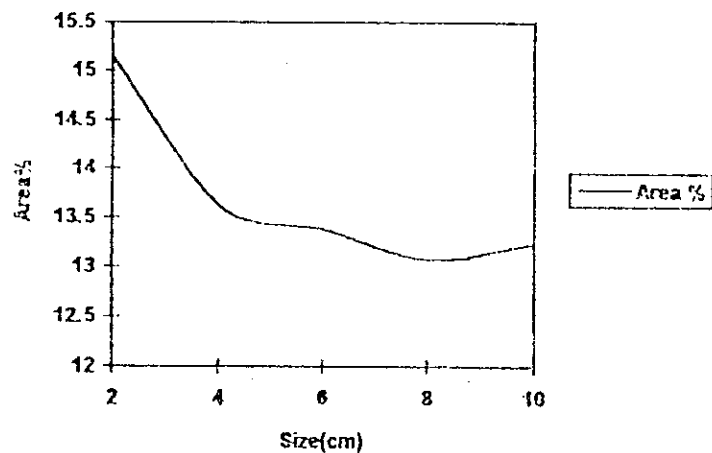
สาเหตุที่มีแนวโน้มเช่นนี้เนื่องจากงานห่อขนาดเล็กใช้เวลาในการแข็งตัวเร็วกว่าหรือพูดอีกนัยหนึ่งว่ามีอัตราการเย็นตัวสูงกว่างานห่อขนาดใหญ่ (หัวข้อ 3.5 บทบาทที่ 3) จึงทำให้โลหะขนาดเล็กเกิดเกรนจำนวนมากกว่างานห่อขนาดใหญ่

5.3 เปรียบเทียบเกรนโดยวิเคราะห์จากเครื่อง Image Analysis System Quantimet 570 C

5.3.1 Area % ของ CuAl_2 ที่อยู่ในบริเวณขอบเกรนของชิ้นงานหล่อรูปทรงระบอก

(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูปที่ 5.3 (ระบายหน้าตัดด้านบน)

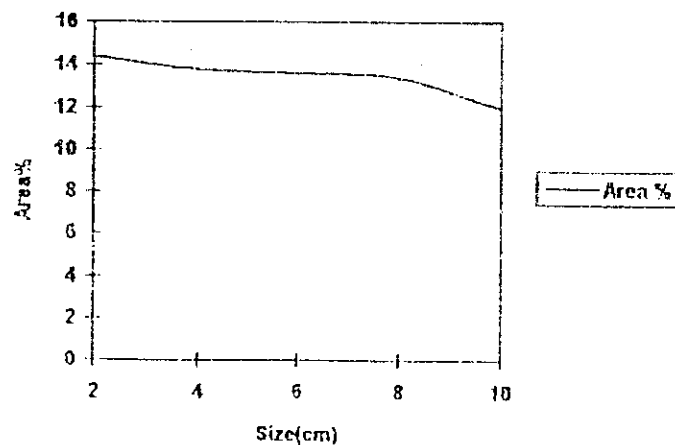
size(cm)	2	4	6	8	10
Area %	15.15	13.63	13.39	13.08	13.24



รูปที่ 5.65 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area % ของ CuAl_2 ที่มีผลต่อขนาดของงานหล่อ

(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูป 5.3 (ระบายหน้าตัดตรงกลาง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area %	14.42	13.83	13.61	13.42	12.00

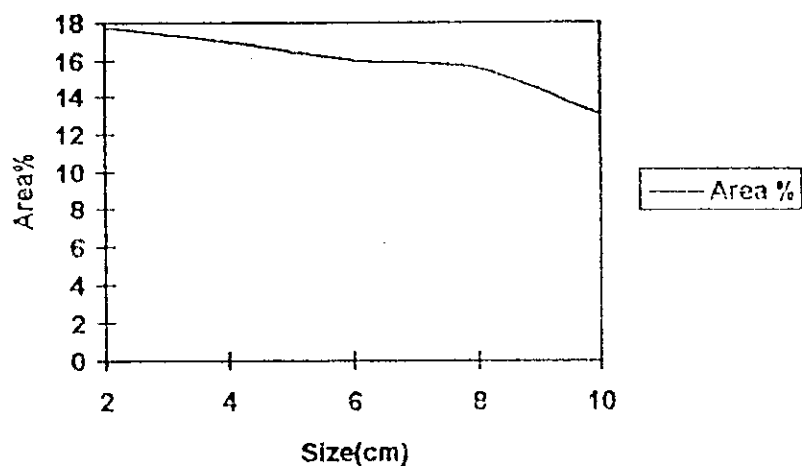


รูปที่ 5.66 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area % ของ CuAl_2 ที่มีผลต่อขนาดงานหล่อ

5.3.2 Area % ของ CuAl_2 ที่อยู่บริเวณขอบเกรนของชิ้นงานหล่อรูปทรงถูกบาศก์

(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูปที่ 5.34 (ระบายหน้าตัดบน)

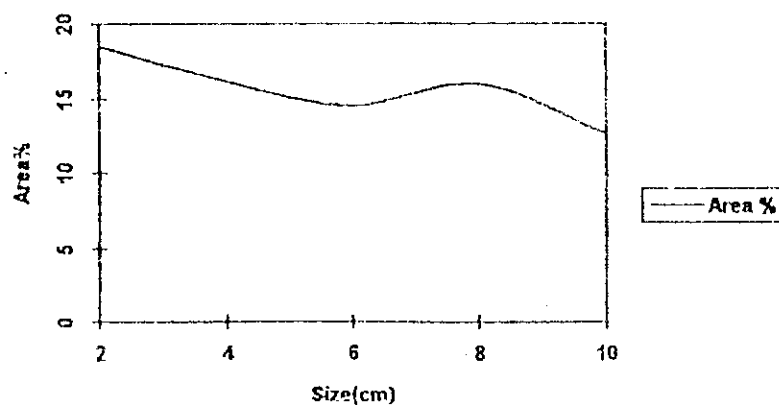
size(cm)	2	4	6	8	10
Area %	17.77	16.98	16.01	15.58	13.04



รูปที่ 5.67 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area % ของ CuAl_2 ที่มีผลต่อขนาดของงานหล่อ

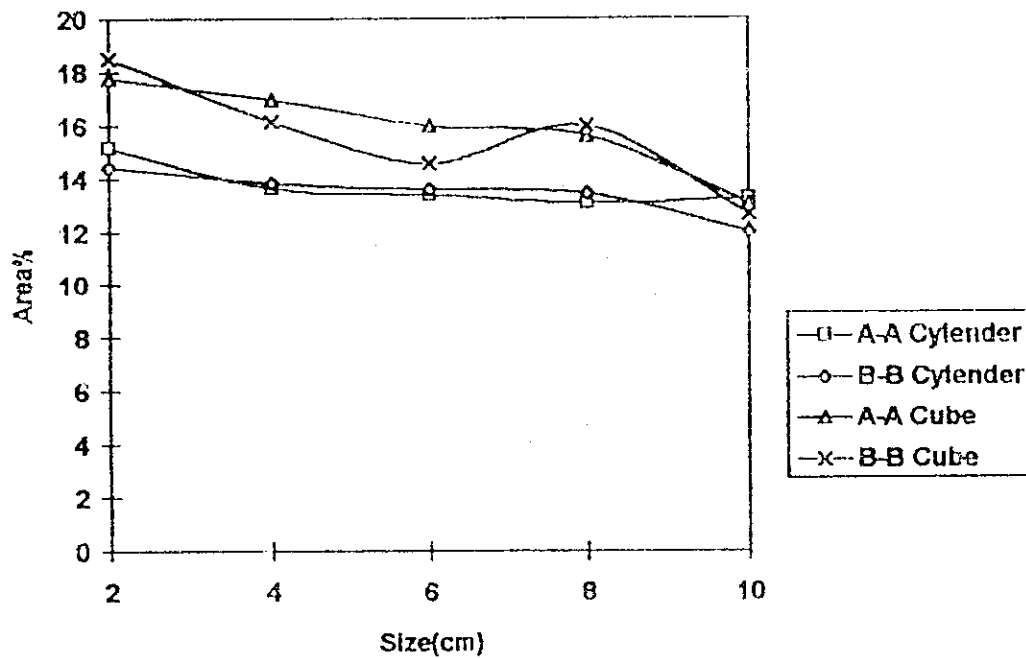
(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูป 5.34 (ระบายหน้าตัดตรงกลาง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area %	18.52	16.14	14.58	15.99	12.66



รูปที่ 5.68 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area % ของ CuAl_2 ที่มีผลต่อขนาดของงานหล่อ

Size(cm)	Area% ของ CuAl_2			
	ทรงกระบอก (Cylinder)		ทรงลูกบาศก์ (Cube)	
	A-A	B-B	A-A	B-B
2	15.15	14.42	17.77	18.52
4	13.63	13.83	16.98	16.14
6	13.39	13.61	16.01	14.58
8	13.08	13.42	15.58	15.99
10	13.24	12.00	13.04	12.66



รูปที่ 5.69 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของ Area % ของ CuAl_2 ที่มีผลต่อขนาดของงานแต่ละ

5.3.3 วิเคราะห์

จากกราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ที่อยู่บริเวณขอบเกรนจะเห็นว่าแนวโน้มลดน้อยลงจากงานห่อขนาดใหญ่แสดงว่างานห่อขนาดเล็กมี CuAl_2 อยู่ตามขอบเกรนมากกว่างานห่อขนาดใหญ่ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลต่อไป

ลักษณะรูปทรงลูกบาศก์และรูปทรงกระบอกมีแนวโน้มของ Area % ของ CuAl_2 ที่สัมพันธ์ขนาดของงานห่อในลักษณะเดียวกัน

5.4 รูพรุน (Porosities) ในงานห่อ

5.4.1 สาเหตุการเกิดรูพรุน



5.4.1.1 อลูมิเนียมผสมให้แก๊สไฮโดรเจนละลายได้มากในเฟสของเหลว ซึ่งแก๊สไฮโดรเจนนั้นมาจากไอน้ำหรือความชื้นในอากาศ ติดมากับโลหะที่จะนำมาหลอมในรูปความชื้นที่บดและแอมทรายมีความชื้น เมื่อความชื้นสัมผัสกับโลหะอลูมิเนียมหลอมละลายจะเกิดแก๊สไฮโดรเจน ($2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}$) ในตอนแรกแก๊สไฮโดรเจนจะอยู่ในสภาพที่เป็นอะตอมละลายอยู่ในโลหะหลอมเหลว ต่อเมื่อโลหะหลอมเหลวเย็นตัวลงปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนที่ละลายได้จะลดน้อยลงทำให้อะตอมของไฮโดรเจนที่ถูกจับออกมารวมตัวกันขึ้นเป็นโมเลกุลและในที่สุดก็กลายเป็นฟองเล็กๆ


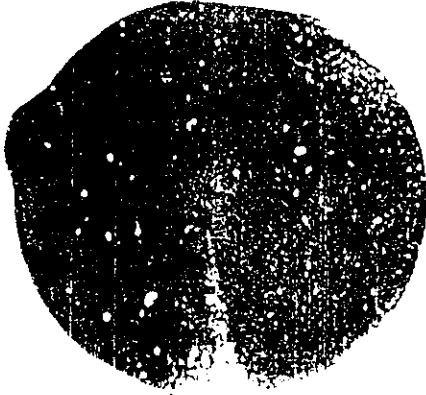

5.4.1.2 อลูมิเนียมรวมตัวกับออกซิเจนเป็นอลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งมีความแว่งเงาเกาะใกล้กับอลูมิเนียมทำให้การแยกตัวของ Al_2O_3 เป็นไปได้อาจมีผลทำให้ไหลปะปนไปกับโลหะหลอมเหลว

5.4.2 เปรียบเทียบรูพรุน (Porosities) จากภาพถ่ายของงานห่อขนาดต่างๆกัน


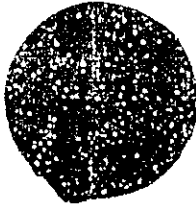
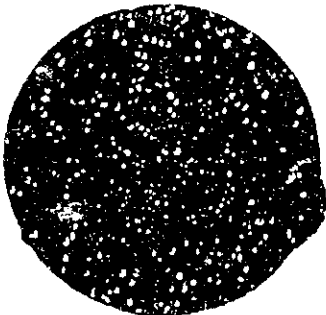
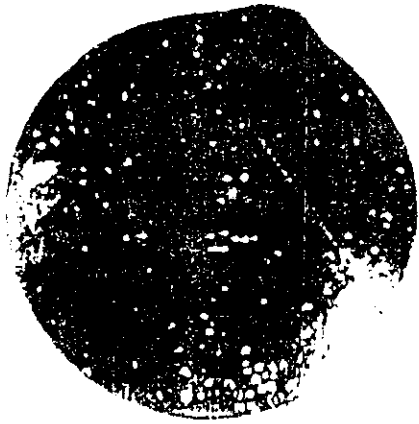
5.4.2.1 งานห่อรูปทรงกระบอก

(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูป 5.3 (หน้าตัดด้านบน)

รูปที่ 5.70 แสดงรูพรุนในงานห่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm	
รูปที่ 5.71 แสดงรูพรุนในงานห่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm	



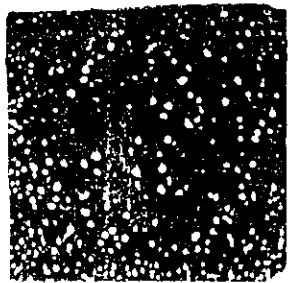
<p>รูปที่ 5.72 แสดงรูพรุนในงานหล่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.73 แสดงรูพรุนในงานหล่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.74 แสดงรูพรุนในงานหล่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm</p>	

(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูปที่ 10.3 (หน้าตัดตรงกลาง)

รูปที่ 5.75 แสดงรูปทรงแบบในจานทดลอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm	
รูปที่ 5.76 แสดงรูปทรงแบบในจานทดลอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm	
รูปที่ 5.77 แสดงรูปทรงแบบในจานทดลอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm	
รูปที่ 5.78 แสดงรูปทรงแบบในจานทดลอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm	



5.4.2.2 งานหล่อรูปทรงลูกบาศก์
(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูป 5.34 (หน้าตัดค้ำนบน)

<p>รูปที่ 5.80 แสดงรูพรุนในงานหล่อ หนา 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.81 แสดงรูพรุนในงานหล่อ หนา 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 5.82 แสดงรูพรุนในงานหล่อ หนา 6 cm</p>	

รูปที่ 83 แสดงรูพรุนงานหล่อ

หนา 8 cm

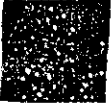
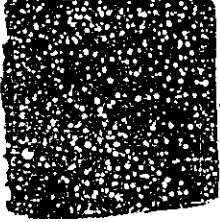
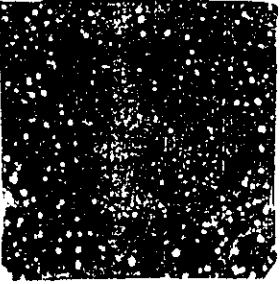
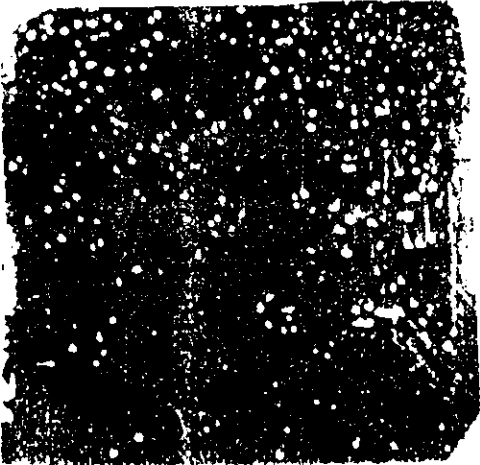


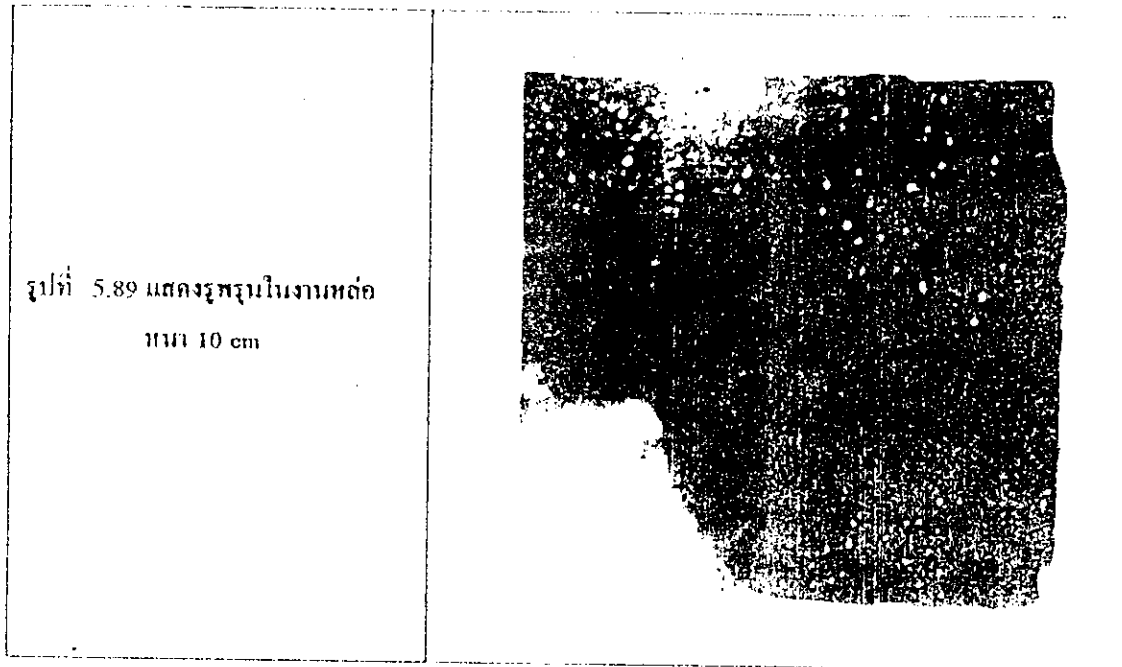
รูปที่ 5.84 แสดงรูพรุนในงานหล่อ

หนา 10 cm



(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูปที่ 10.34 (หน้าตัดธรรมดา)

รูปที่ 5.85 แสดงรูปทรงในงานหล่อ หนา 2 cm	
รูปที่ 5.86 แสดงรูปทรงในงานหล่อ หนา 4 cm	
รูปที่ 5.87 แสดงรูปทรงในงานหล่อ หนา 6 cm	
รูปที่ 5.88 แสดงรูปทรงในงานหล่อ หนา 8 cm	



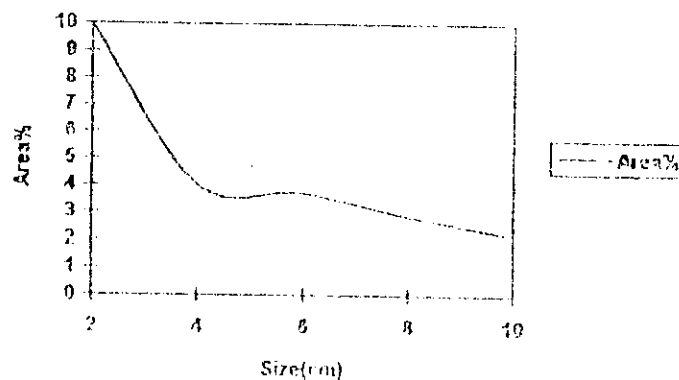
จากรูปภาพแสดงรูพรุนทั้งหมดจะเห็นว่าในพื้นที่หน้าตัดของงานหล่อที่เท่าๆกันของแต่ละขนาดไม่ว่าจะเป็นบริเวณหน้าตัดที่วนบนหรือบริเวณหน้าตัดตรงกลางงานหล่อขนาดเดียวกันจะมีจำนวนรูพรุนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่และมีขนาดของรูโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

5.4.3 เปรียบเทียบ Area % ของรูพรุน โควโนเคราะห์งานเครื่อง Image Analysis System Quantimet 570 C

5.4.3.1 งานหล่อรูปทรงระบอบ

(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูป 5.3 (หน้าตัดค้ำนบ)

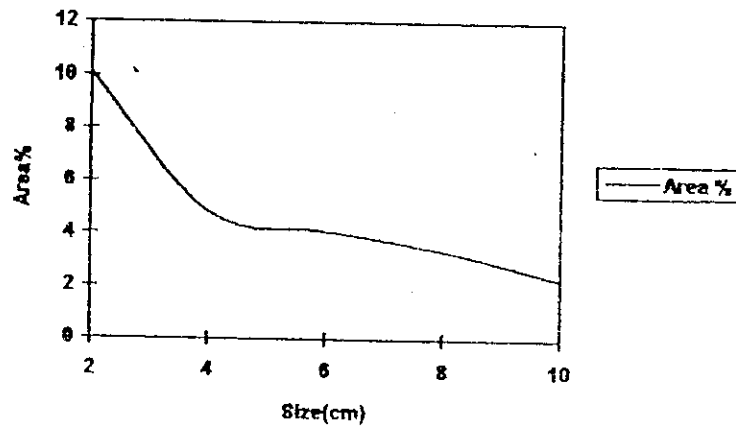
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	9.96	4.03	3.74	2.84	2.17



รูปที่ 5.90 กราฟแสดงขนาดโพรงของ Area % ของรูพรุนที่ตัดผ่านหน้าตัดระบอบ

(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูป 5.3 (หน้าตัดตรงกลาง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area %	10.12	4.81	4.05	3.37	2.25

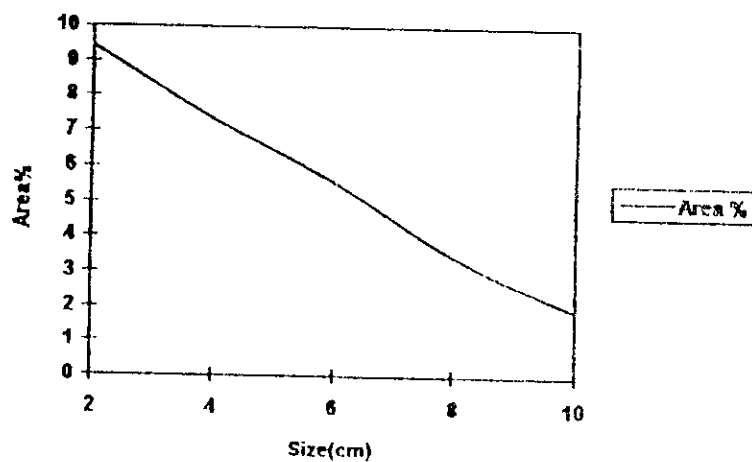


รูปที่ 5.91 กราฟแสดงหน้าตัดแนวโน้มของ Area % ของข้อรูท่อนที่มีผลต่อขนาดของงานต่อ

5.4.3.2 งานหล่อรูปทรงลูกบาศก์

(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูป 5.34 (หน้าตัดค้ำยัน)

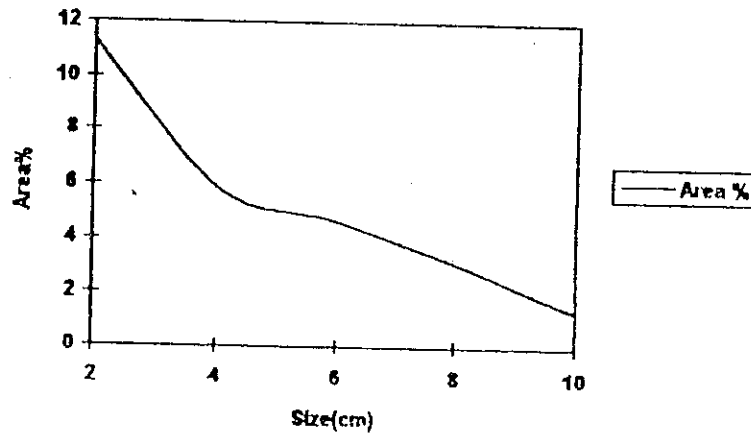
size (cm)	2	4	6	8	10
Area %	9.43	7.32	5.57	3.44	1.93



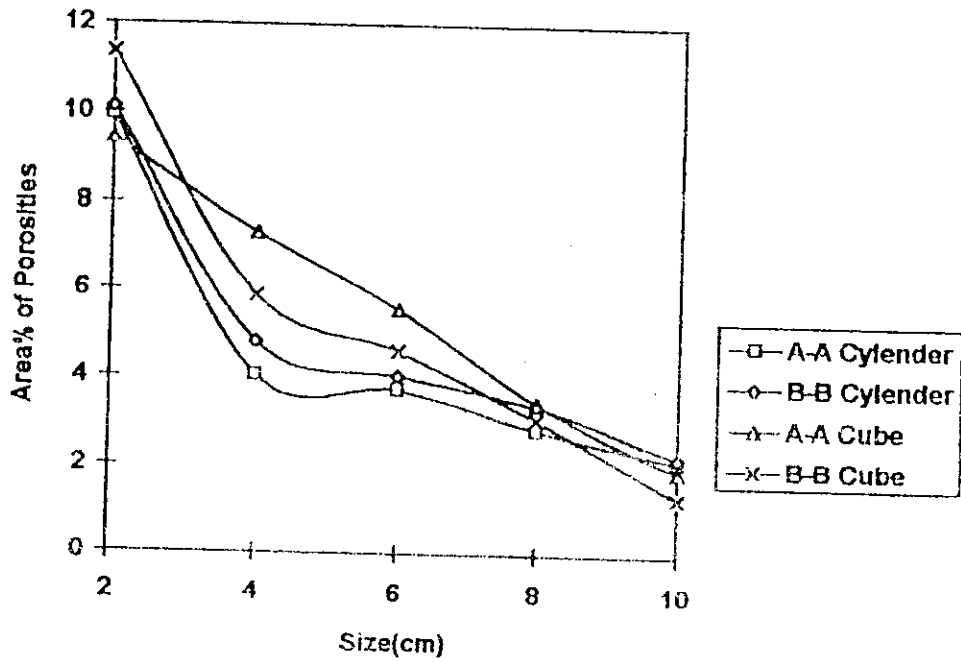
รูปที่ 5.92 กราฟแสดงแนวโน้ม Area % ของรูท่อนที่มีผลต่อขนาดของงานต่อ

(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูป 5.34 (หน้าตัดตรงกลาง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area %	11.35	5.88	4.62	3.09	1.34



รูปที่ 5.93 กราฟแสดงแนวโน้ม Area% ของรูทรงที่มีผลต่อขนาดงานหล่อ



รูปที่ 5.94 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้ม Area% ของรูทรงที่มีผลต่อขนาดงานหล่อ

จากรูปกราฟแสดงแนวโน้มของ Area % ของจุลินทรีย์ทั้งหมดจะเห็นว่ากราฟมีแนวโน้มลดลงจากงานหัตถ์ขนาดเล็กไปสู่งานหัตถ์ขนาดใหญ่ แสดงว่างานหัตถ์ขนาดเล็กเกิดจุลินทรีย์มากกว่างานหัตถ์ขนาดใหญ่ ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลโดยตรง

5.4.4 วิเคราะห์ผล

เมื่อน้ำโคลนแห้งไปในแบบน้ำโคลน บริเวณถัดจากผิวแบบจะถ่ายเทความร้อนโดยการนำและการแผ่รังสีระหว่างอะตอมแก่ผิวแบบอย่างรวดเร็วทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าส่วนอื่นและเกิดการแข็งตัวเป็นเปลือก เมื่อความร้อนถ่ายเทจากน้ำโคลนภายในเปลือกแข็งออกไปสู่ผนังแบบและบรรยากาศภายนอกโคลนจะแข็งตัวมากขึ้นผนังแบบจะมีความหนาเพิ่มขึ้นและการเค็มโตจะเกิดขึ้นเนื่องไปยังใจกลางแบบหัตถ์บริเวณแนวเส้นสัมผัสระหว่างน้ำโคลนและผลิตภัณฑ์ (ของแข็ง)

สาเหตุที่งานหัตถ์ขนาดเล็กมีจุลินทรีย์มากกว่างานหัตถ์ขนาดใหญ่เนื่องจากงานหัตถ์ขนาดเล็กใช้เวลาในการแข็งตัวเร็วหรือพูดอีกนัยหนึ่งว่ามีอัตราการเย็นตัวสูงกว่างานหัตถ์ขนาดใหญ่ (หัวข้อ 3.5 ของบทที่ 3) ในขณะที่อุณหภูมิเย็น-ทองแดงหลอมละลายโดยไม่มีการป้องกันการละลายของแก๊สไฮโดรเจนและการเกิดอนุมูลอิสระ เมื่อเย็นตัวลงปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ละลายจะถูกขับออกมารวมตัวกันเข้าเป็นโมเลกุลกลายเป็นฟองเล็กๆ เมื่องานหัตถ์ขนาดเล็กมีการถ่ายเทความร้อนและแข็งตัวเร็ว โมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนและอนุมูลอิสระจึงถูกขับออกสู่ภายนอกขึ้นงานไม่ทันจึงเกิดจุลินทรีย์มาก ในขณะที่ชิ้นงานขนาดใหญ่มีเวลาการขับโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนและอนุมูลอิสระนานกว่าจึงเหลือตกค้างน้อยกว่างานหัตถ์ขนาดเล็ก

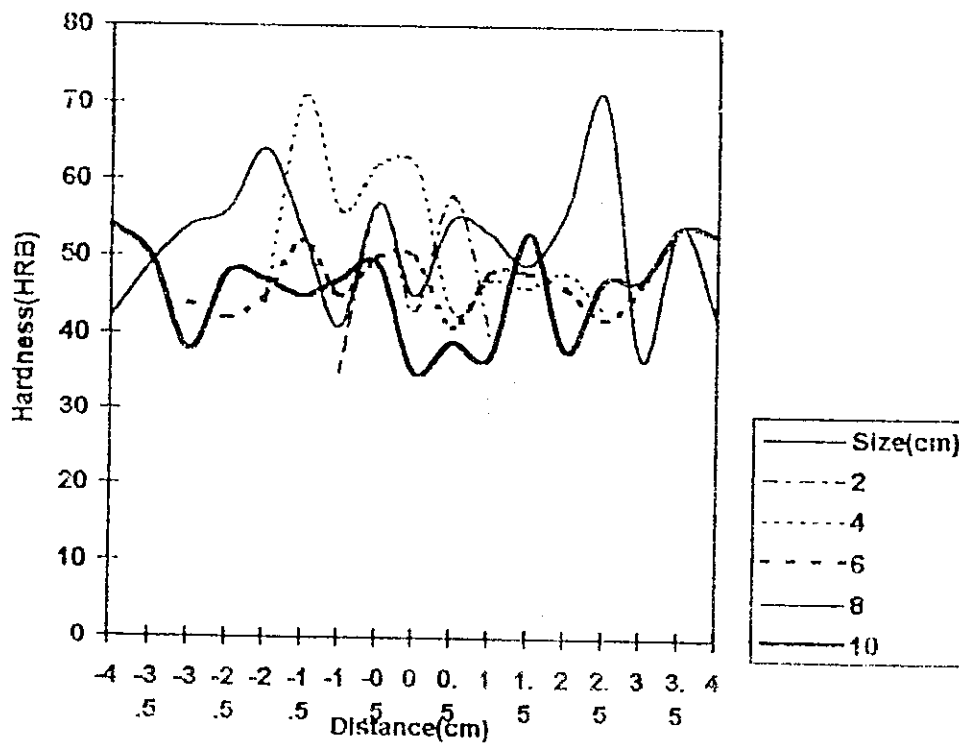
5.5 เปรียบเทียบค่าความแข็ง (Hardness)

ผลการวัดค่าความแข็งของงานหล่อขนาดต่างๆเป็นดังนี้

5.5.1 งานหล่อรูปทรงกระบอก

(1) ระยะเวลาหน้าตัด A-Aจากรูป 5.3 (หน้าตัดค้ำนม)

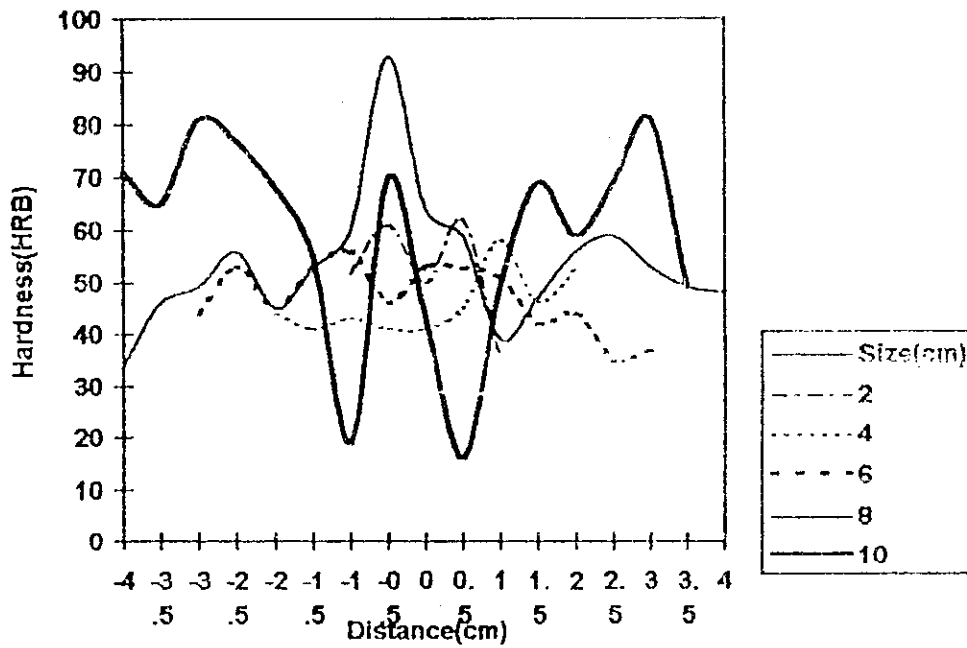
Distance Size(cm)	H A R D N E S S (H R B)																	
	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	X
2							35	57	43	58	40							47
4					44	71	56	62	62	43	47	46	48	43				52
6			44	42	45	52	45	50	50	41	48	48	46	42	46			46
8	42	49	54	56	64	53	41	57	45	55	53	49	56	71	37	54	42	52
10	54	50	38	48	47	45	47	49	35	39	37	53	38	47	47	54	53	50



รูปที่ 5.95 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งที่วัด ณ ระยะต่างๆ ของงานหล่อขนาดต่างๆ

(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูป 5.3 (หน้าตัดตรงกลาง)

		H A R D N E S S (H R B)																	
Distance		-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	—
Size(cm)																			X
2								52	61	50	62	35							52
4						44	41	43	41	41	45	58	46	53					46
6				44	53	45	53	56	46	53	53	51	42	44	35	37			47
8		34	46	49	56	45	53	60	93	64	59	39	47	56	59	53	49	48	54
10		71	65	81	77	68	55	19	70	43	16	49	69	59	69	81	49	50	58

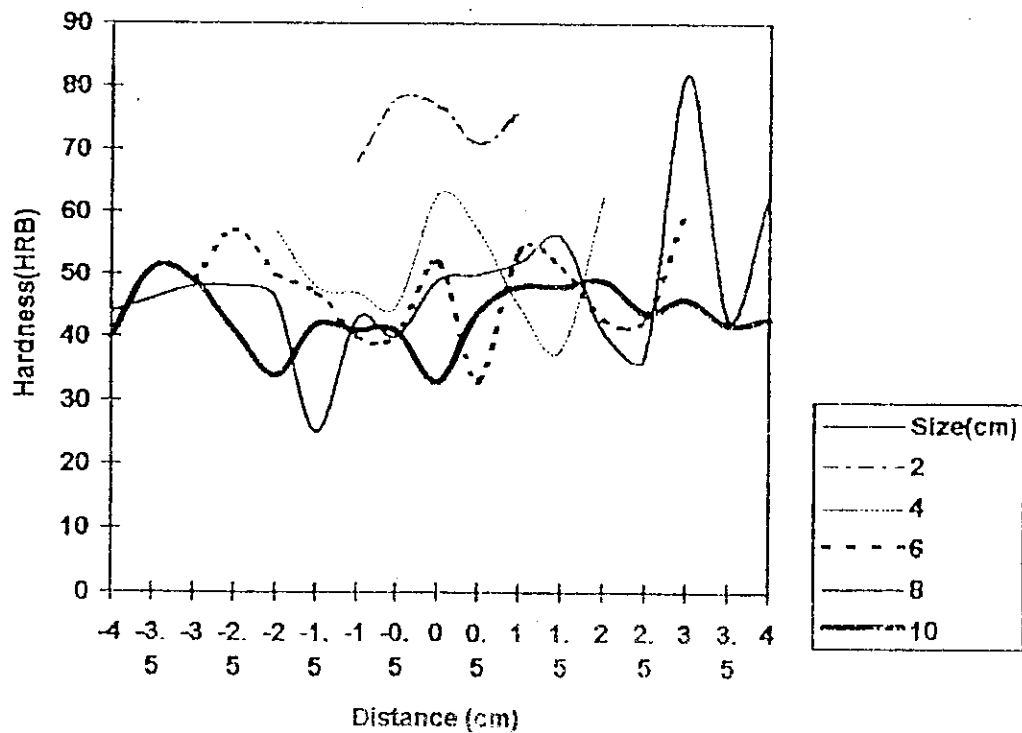


รูปที่ 5.96 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งที่วัด ณ ระยะต่างๆ ของงานหล่อขนาดต่างๆ

5.5.2 งานหล่อรูปทรงถูกบาศก์

(1) ระบายหน้าตัด A-A จากรูป 5.34 (หน้าตัดค้ำบน) วัดตามแนวที่กึ่งกลาง

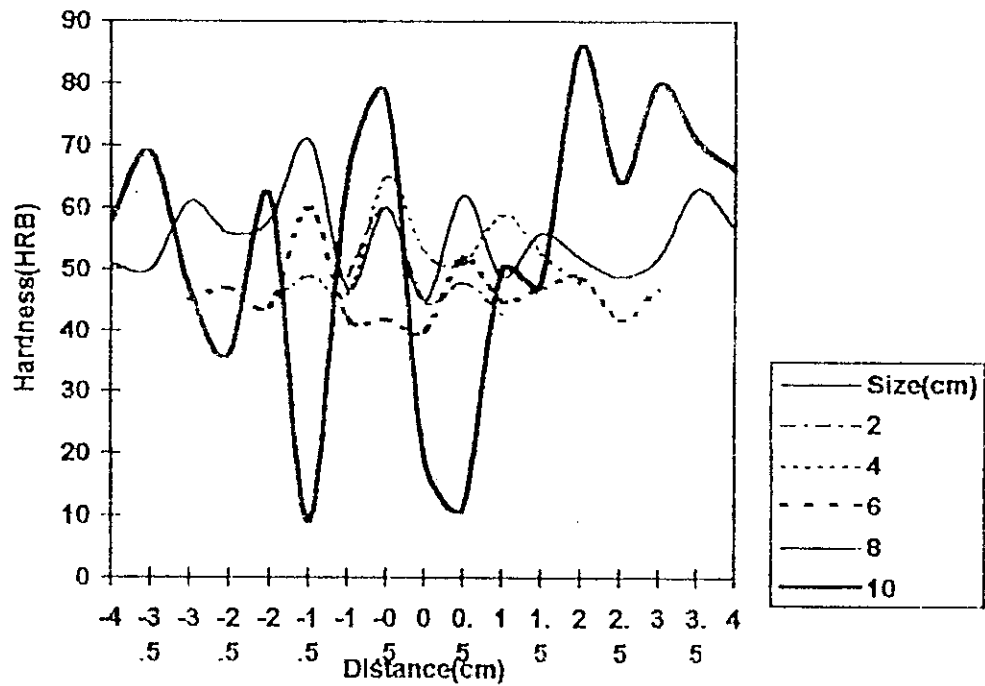
	H A R D N E S S (H R B)																	
Distance	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	--
Size(cm)																		X
2							68	78	77	71	76							74
4					57	48	47	45	63	57	45	38	63					51
6			49	57	50	47	40	40	52	33	54	51	43	43	61			48
8	44	46	48	48	46	25	43	40	49	50	52	56	41	37	82	43	63	48
10	40	51	49	41	34	42	41	41	33	44	48	48	49	44	46	42	43	43



รูปที่ 5.97 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งที่วัด ณ ระยะต่างๆ ของรูปหล่อขนาดต่างๆ

(2) ระบายหน้าตัด B-B จากรูป 5.34 (หน้าตัดตรงกลาง) วัดตามแนวตั้งกลาง

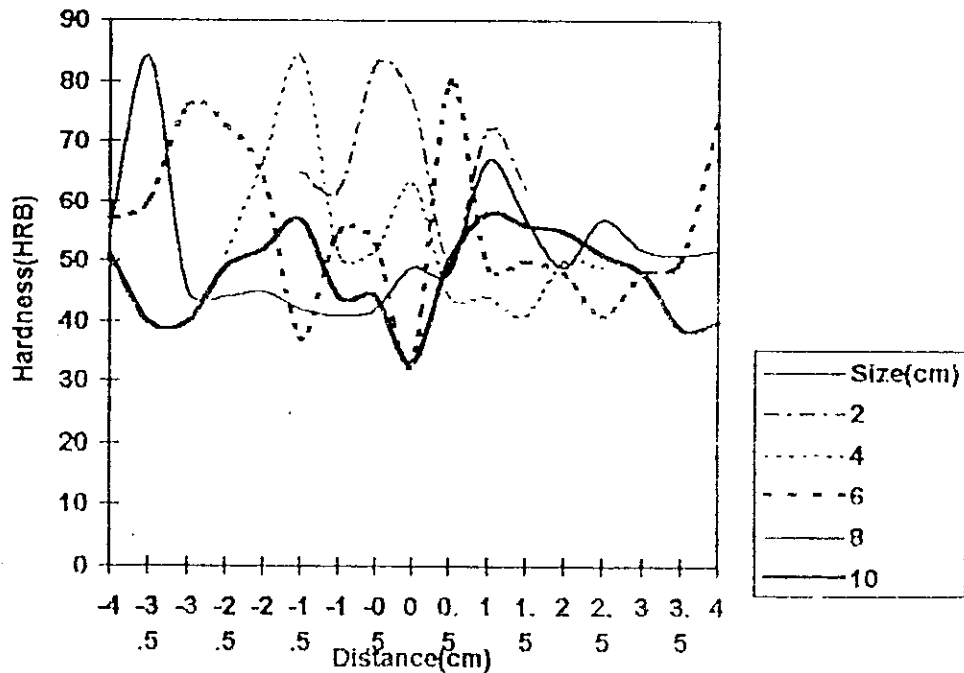
		H A R D N E S S (H R B)																	
Distance		-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	—
Size(cm)																			X
2								49	60	45	48	43							49
4					44	49	46	65	53	51	59	53	48						52
6			45	47	44	60	42	42	40	52	45	47	49	42	47				46
8	51	50	61	56	58	71	47	60	45	62	49	56	52	49	52	63	57		55
10	58	69	47	36	62	9	65	78	19	11	50	48	86	64	80	71	66		54



รูปที่ 5.98 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งที่วัด ณ ระยะต่างๆ ของงานหล่อขนาดต่างๆ

(3) ระบายหน้าตัด A-A จากรูป 5.34 (หน้าตัดค้ำบน) วัดตามแนวเส้นทะแยงมุม

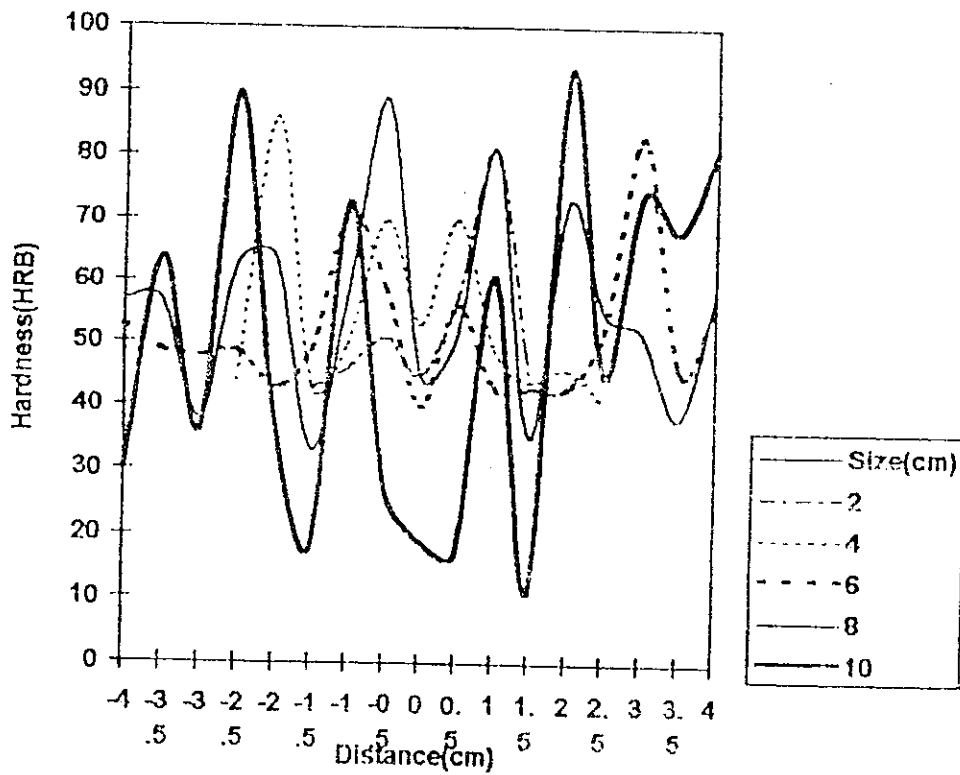
		H A R D N E S S (H R B)																		
Distance		-1.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	-	
Size(cm)																			X	
2							65	62	83	77	50	72	62							67
4				51	67	84	51	52	63	44	44	41	50	49						54
6	57	60	76	73	64	37	55	53	33	80	49	50	48	41	48	50	74	56		
8	55	84	45	44	45	42	41	42	49	48	67	57	49	57	52	51	52	52		
10	51	40	40	49	52	57	44	41	33	50	58	56	55	51	48	39	40	47		



รูปที่ 5.99 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งที่วัด ณ ระยะต่างๆ ของงานหล่อขนาดต่างๆ

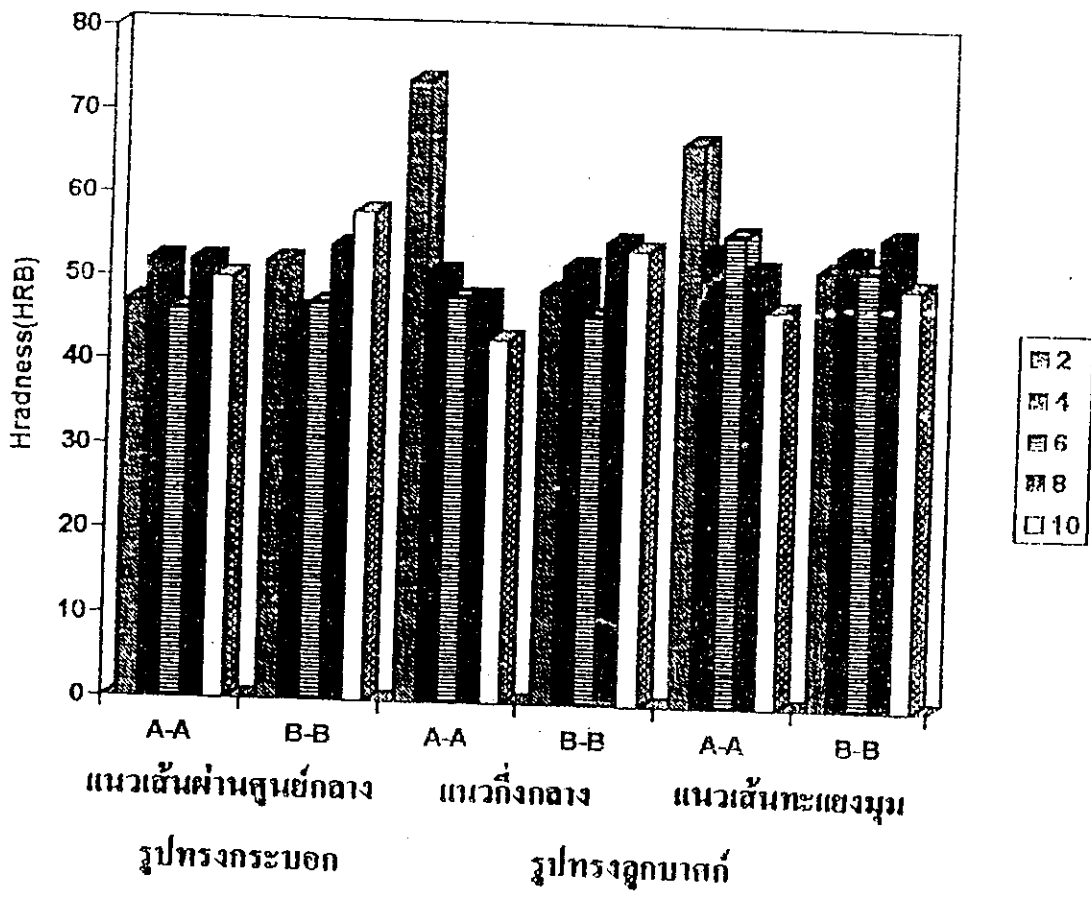
(4) ระนาบหน้าตัด B-B จากรูป 5.34 (หน้าตัดตรงกลาง) วัดตามแนวเส้นทะแยงมุม

		H A R D N E S S (H R B)																	
Distance	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	-	
Size(cm)																		X	
2						43	46	51	45	57	81	44							52
4				44	86	43	50	70	53	70	49	44	46	41					54
6	53	49	48	49	43	49	71	59	40	56	43	43	43	52	83	46	56	52	
8	57	57	38	63	64	33	58	89	45	51	81	35	73	55	52	38	58	56	
10	30	64	36	90	37	18	73	27	19	17	61	11	93	45	74	68	81	50	



รูปที่ 5.100 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งที่วัด ณ ระยะต่างๆ ของวงแหวนห้อยขนาดต่างๆ

Size(cm)	HARDNESS (HRB)					
	ทรงกระบอก		ทรงลูกบาศก์			
	แนวเส้นทะแยงมุม		แนวตั้งกลาง		แนวทะแยงมุม	
	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B
2	47	52	74	49	67	52
4	52	46	51	52	54	54
6	46	47	48	46	56	52
8	52	54	48	55	52	56
10	50	58	43	54	47	50



รูปที่ 5.101 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งของงานหล่อขนาดต่างๆ

5.5.3 วิเคราะห์ผล

(1) จากรูป 5.93 , 5.94 , 5.95 , 5.96 , 5.97 และ 5.98 จะเห็นว่าเส้นกราฟแสดงค่าความแข็งของงานหล่อแต่ละขนาดจับกลุ่มอยู่ในช่วงเดียวกัน คือประมาณ 30-70 HRB ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแข็งประมาณ 50 HRB (ความแข็งของอลูมิเนียมบริสุทธิ์ประมาณ 16-20 HRB)

(2) จากรูป 5.99 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งของงานหล่อขนาดต่างๆ จะเห็นว่าค่าความแข็งโดยเฉลี่ยที่วัดได้จากชิ้นงานหล่อแต่ละขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก

(3) จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า “ งานหล่อขนาดเล็กมีความแข็งและความแข็งแรงสูงกว่างานหล่อขนาดใหญ่ ” สาเหตุที่ไม่ได้ผลตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากอิทธิพลของรูพรุน (Porosities) ที่ชิ้นงานเล็กมีรูพรุนมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่

(4) จากข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนี้สามารถสรุปได้ว่าขนาดของงานหล่อ ไม่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกล (ความแข็ง)

(5) เนื่องจากรูพรุน (Porosities) มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกล คือทำให้ค่าความแข็งลดลง จากรูป 5.99 ค่าความแข็งที่วัดจากระนาบหน้าตัด A-A ทั้งแนวกึ่งกลางและแนวเส้นทะแยงมุมของงานหล่อรูปทรงถูกบาศก์มีแนวโน้มลดลงจากงานหล่อขนาดเล็กไปหางานหล่อขนาดใหญ่ แต่เนื่องจากเป็นเพียงข้อมูล 2 ชุด ใน 6 ชุดเท่านั้นจึงไม่ขอสรุปตรงนี้แต่จะตั้งสมมุติฐานไว้คือมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตโดยมีการป้องกันการเกิดรูพรุน

สมมุติฐาน : งานหล่อขนาดเล็กมีความแข็งกว่างานหล่อขนาดใหญ่

บทที่ 6

สรุปผลการวิเคราะห์ชิ้นงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์

6.1.1 โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง

งานหล่อมีส่วนผสมทองแดงประมาณ 5 - 10% โดยน้ำหนักซึ่งมีโครงสร้างเป็นไฮโปยูเทกติก โครงสร้างจะประกอบด้วยเฟส K เป็นโครงสร้างพื้นฐาน โดยมีลักษณะโครงสร้างยูเทกติก ($K + \theta$) กระจุกกระจายอยู่ตามบริเวณขอบเกรน (grain boundary)

เฟส K คือ ทองแดงละลายในอลูมิเนียม โดยมีปริมาณทองแดงละลายได้สูงสุด 5.65% ที่อุณหภูมิ 548°C และปริมาณทองแดงจะละลายในเฟส คีน้อยลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 548°C จะเหลือเพียงประมาณ 0.5 % ที่อุณหภูมิ 200°C และเป็นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิห้อง

θ หรือ $CuAl_2$ เป็นสารประกอบเชิงโลหะ (Intermetallic Compound) มีระบบผลึกเป็นแก๊วระโกนอลเชิงซ้อน (Complex Tetragonal) มีปริมาณ 54 % ทองแดงหรือ 46 % อลูมิเนียม มีความแข็งปานกลางแต่เปราะแตกง่าย

แนวโน้มของขนาดเกรนและจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากัน ณ จุดเดียวกันเป็นดังต่อไปนี้

ขนาดเกรน : size 2 cm < size 4 cm < size 6 cm < size 8 cm < size 10 cm

จำนวนเกรน : size 2 cm > size 4 cm > size 6 cm > size 8 cm > size 10 cm

นั่นแสดงว่างานหล่อขนาดเล็กมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่ และเมื่อจำนวนเกรนมาก นั่นก็หมายถึงมีขอบเกรนมาก ซึ่งบริเวณขอบเกรนนี้มีความแข็งแรงกว่าบริเวณเกรน

แนวโน้มของ Area% ของ $CuAl_2$ ที่กระจุกกระจายอยู่บริเวณขอบเกรนเป็นดังต่อไปนี้

Area% : size 2 cm > size 4 cm > size 6 cm > size 8 cm > size 10 cm

แสดงว่างานหล่อขนาดเล็กมี $CuAl_2$ อยู่ตามขอบเกรนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลต่อไป

6.1.2 รูพรุน (Porosities)

แนวโน้มของ Area% ของ รูพรุน (Porosities) ที่กระจุกกระจายอยู่ในเนื้องานหล่อเป็นดังต่อไปนี้

Area% ของรูพรุน : size 2 cm > size 4 cm > size 6 cm > size 8 cm > size 10 cm

แสดงว่างานหล่อขนาดเล็กมี รูพรุน (Porosities) อยู่ในเนื้องานหล่อมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลต่อ

เมื่อเทน้ำโลหะลงในแบบน้ำโลหะ บริเวณถัดจากผิวแบบจะถ่ายเทความร้อนโดยการนำและการแผ่รังสีระหว่างอะคอมแก่ผิวแบบอย่างรวดเร็วทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าส่วนอื่นและเกิดการแข็งตัวเป็นเปลือก เมื่อความร้อนถ่ายเทจากน้ำโลหะภายในเปลือกแข็งออกไปสู่ผนังแบบและบรรยากาศภายนอกโลหะจะแข็งตัวมากขึ้นผนังแบบจะมีความหนาเพิ่มขึ้นและการเติบโตจะเกิดต่อเนื่อง ไปยังใจกลางแบบหล่อบริเวณแนวเส้นสัมผัสระหว่างน้ำโลหะและผลึก (ของแข็ง)

สาเหตุที่งานหล่อขนาดเล็กมีรูพรุนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่เนื่องจากงานหล่อขนาดเล็กใช้เวลาในการแข็งตัวเร็วกว่าหรือพูดอีกนัยหนึ่งว่ามีอัตราการเย็นตัวสูงกว่างานหล่อขนาดใหญ่ (หัวข้อ 3.5 ของบทที่ 3) ในขณะที่อุณหภูมิเย็น-ทองแดงหลอมละลายโดยไม่มีการป้องกันการละลายของแก๊สไฮโดรเจนและการเกิดอูมิเนียมออกไซด์ เมื่อเย็นตัวลงปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ละลายจะถูกขับออกมารวมตัวกันเข้าเป็นโมเลกุลกลายเป็นฟองเล็กๆ เมื่องานหล่อขนาดเล็กมีการถ่ายเทความร้อนและแข็งตัวเร็ว โมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนและอูมิเนียมออกไซด์จึงถูกขับออกสู่ภายนอกชิ้นงานไม่ทันจึงเกิดรูพรุนมาก ในขณะที่ชิ้นงานขนาดใหญ่มีเวลาการขับโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนและอูมิเนียมออกไซด์นานกว่าจึงเหลือตกค้างน้อยกว่างานหล่อขนาดเล็ก

6.1.3 อิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกล (ความแข็ง)

จากผลการศึกษาข้างต้น กราฟแสดงค่าความแข็งโดยเฉลี่ยที่วัดได้จากงานหล่อแต่ละขนาดไม่แตกต่างกันนัก ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 50 HRB จึงสรุปได้ว่าขนาดไม่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกล (ความแข็ง) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเนื่องจากอิทธิพลของรูพรุนที่ทำให้ผลของค่าความแข็งไม่เป็นที่ตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

6.1.4 เมื่อต้องการหล่อชิ้นงานใดชิ้นงานหนึ่ง ควรพิจารณา ดังนี้

6.1.4.1 เมื่อหล่อหลอมตามธรรมชาติไม่มีการป้องกันการเกิดออกไซด์และการละลายของแก๊สไฮโดรเจน

(1) หล่อชิ้นงานให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เนื่องจากเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายแต่ชิ้นงานจะมีรูพรุนมาก

(2) หล่อชิ้นงานให้มีขนาดใหญ่เพื่อลดจำนวนรูพรุนแต่จะเสียค่าใช้จ่ายมาก

6.1.4.2 เมื่อหล่อหลอมให้มีการป้องกันการเกิดออกไซด์และการละลายของแก๊สไฮโดรเจน ควรหล่อชิ้นงานให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เท่านั้น เนื่องจากชิ้นงานมีความแข็งแรงสูงและใช้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ก่อนนำชิ้นงานหล่อที่ได้ไปใช้งานควรนำไปปรับปรุงคุณสมบัติโดยการปรับทางความร้อนเสียก่อนเพื่อให้ชิ้นงานหล่อดีมีคุณสมบัติทั้งแข็งและเหนียว

(2) ควรมีการทำการศึกษาโครงการนี้ต่อไปโดยมีการป้องกันการเกิดรูพรุนในงานหล่อ

บทที่ 7


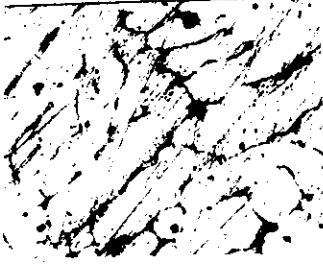
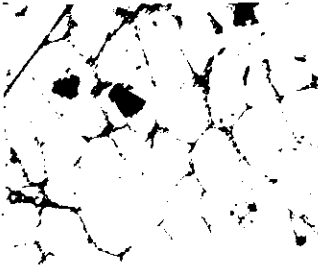
ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

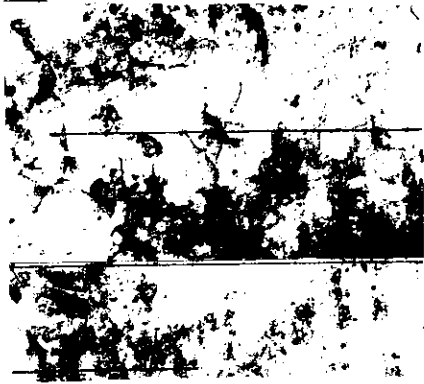
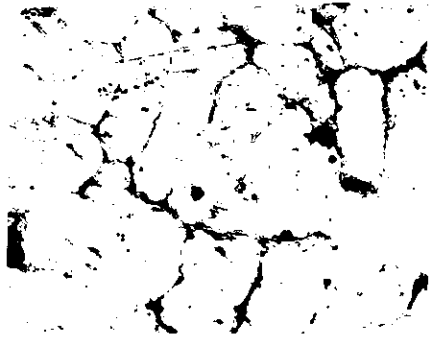
7.1 เปรียบเทียบขนาดและจำนวนเกรนจากภาพถ่าย

7.1.1 ภาพถ่ายแสดงโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง รูปทรงกระบอกขนาดต่างๆกัน

7.1.1.1 ภาพถ่ายของชิ้นงานหล่อที่ผ่านการอบเพื่อคลายเครียด

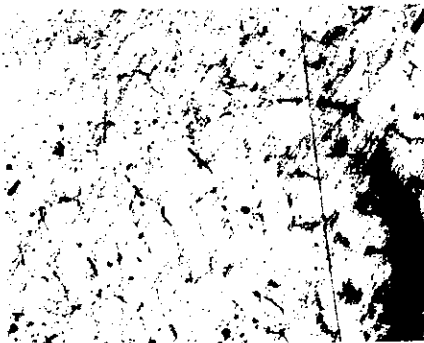
(1) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านบน (ระนาบด้านบน)

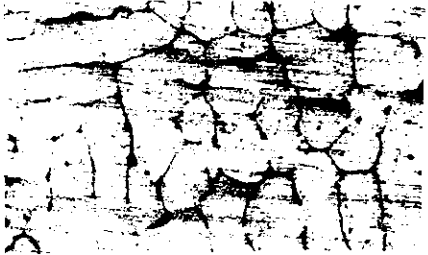

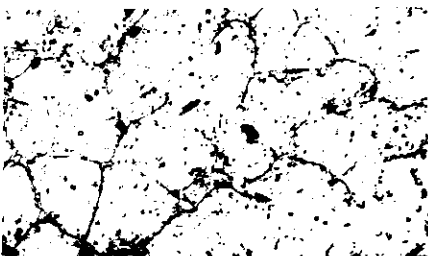
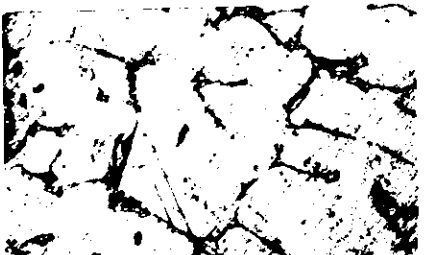
<p>รูปที่ 7.1 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.2 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.3 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	

<p>รูปที่ 7.4 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.5 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่ และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเท่าไรนัก

(2)ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านข้าง (ระนาบด้านข้าง)



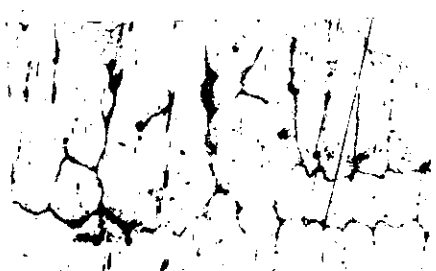
<p>รูปที่ 7.6 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
---	--



<p>รูปที่ 7.7 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.8 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.9 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.10 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเท่าไรนัก

7.1.1.2 ภาพถ่ายชิ้นงานหล่อที่ผ่านการกดอัด (compression)

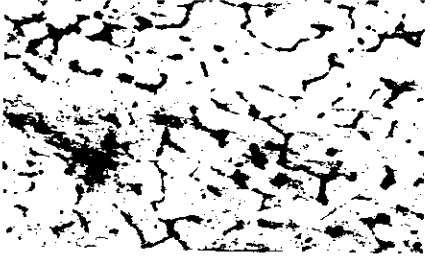
(1) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านบน (ระนาบด้านบน)

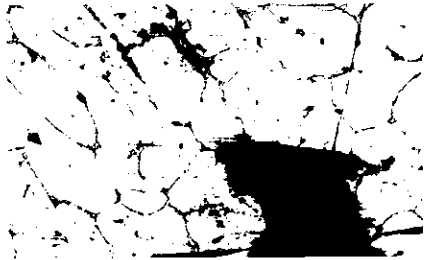
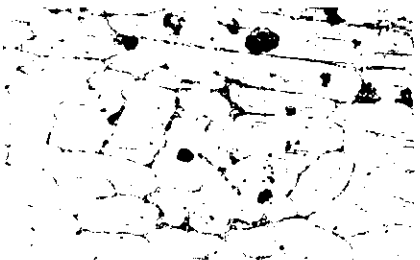
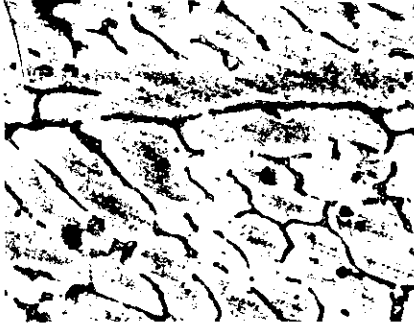

<p>รูปที่ 7.11 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.12 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.13 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	

<p>รูปที่ 7.14 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.15 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบทำไรนิก

(2) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านข้าง (ระนาบด้านข้าง)

<p>รูปที่ 7.16 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
---	--

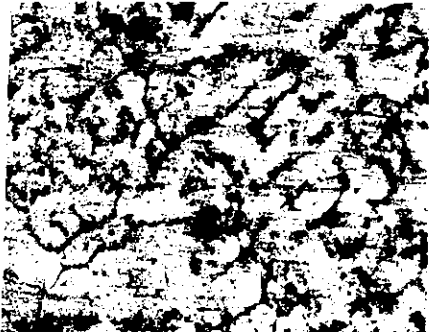

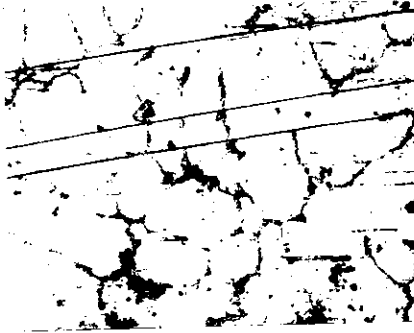
<p>รูปที่ 7.17 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำลึงขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.18 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำลึงขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.19 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำลึงขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.20 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำลึงขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

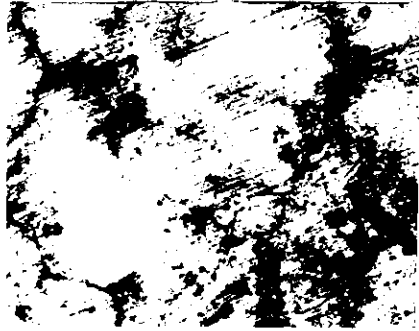
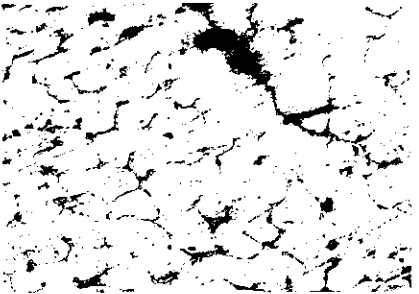
จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด

(compression) และภายหลังจากการกดอัดจะเห็นว่า ลักษณะรูปร่างของเกรนจะมีลักษณะเรียวยาวขึ้น และจะมีลักษณะของการบิดเบี้ยวของเกรน

7.1.1.3 ภาพถ่ายชิ้นงานหล่อที่ผ่านการกดอัด (compression) และอบกลายเกลียว

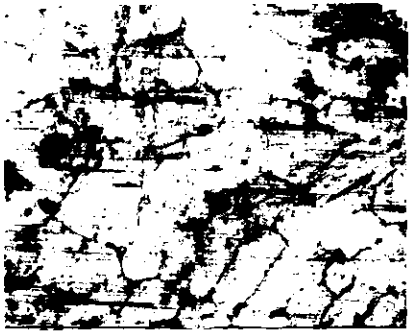
(1) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านบน (ระนาบด้านบน)

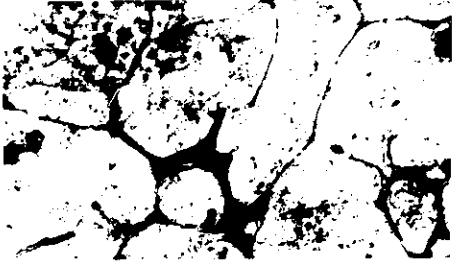



<p>รูปที่ 7.21 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.22 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.23 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	

<p>รูปที่ 7.24 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.25 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเทวไรนิก

(2) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านข้าง(ระนาบด้านข้าง)

<p>รูปที่ 7.26 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
---	--

<p>รูปที่ 7.27 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอคูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.28 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอคูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.29 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอคูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.30 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอคูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

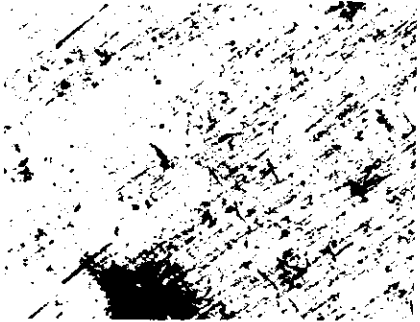

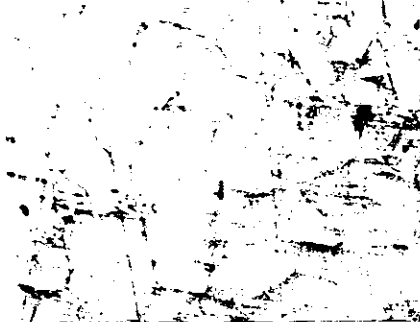
จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่ และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด


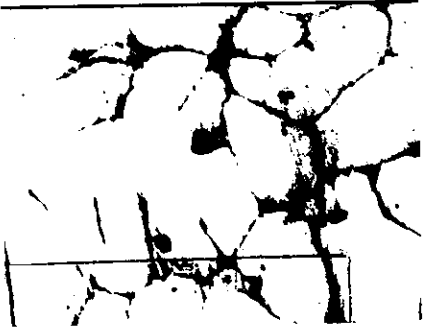
(compression) และภายหลังจากกดอัดจะเห็นว่าลักษณะรูปร่างของเกรนจะคืนกลับมาเป็นรูปร่างลักษณะของเกรนใกล้เคียงกับชิ้นงานที่ผ่านการอบโดยไม่ผ่านการกด

7.1.2 ภาพถ่ายแสดงโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง รูปทรงลูกบาศก์ขนาดต่างๆกัน

7.1.2.1 ภาพถ่ายชิ้นงานหล่อที่ผ่านการอบคลายเครียด


(1)ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านบน(ระนาบด้านบน)


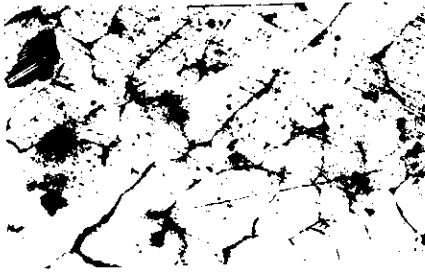
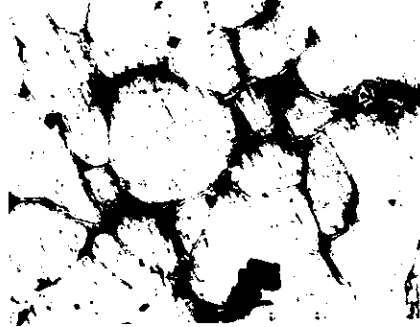

<p>รูปที่ 7.31 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.32 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.33 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	

<p>รูปที่ 7.34 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.35 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเท่าไรนัก

(2) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านข้าง(ระนาบด้านข้าง)

<p>รูปที่ 7.36 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทำล้างขยาช X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
--	--



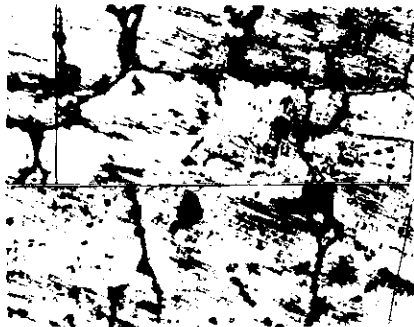
<p>รูปที่ 7.37 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.38 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.39 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.40 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

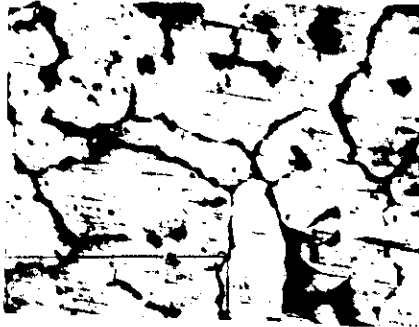

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด

(compression) และภายหลังจากอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเท่าไรนัก

7.1.2.2 ภาพถ่ายชิ้นงานหล่อที่ผ่านการกดอัด (compression)

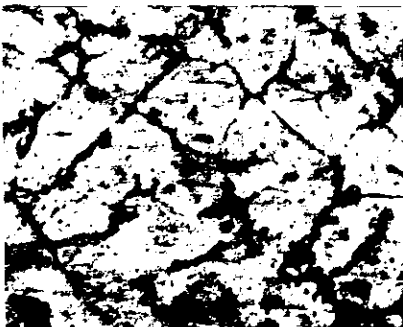
(1) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านบน(ระนาบด้านบน)

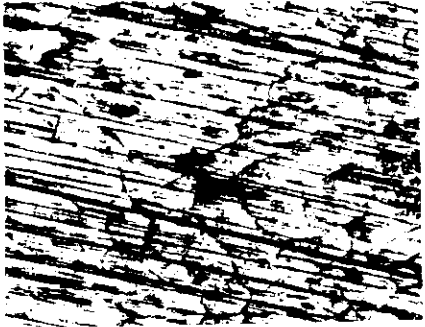


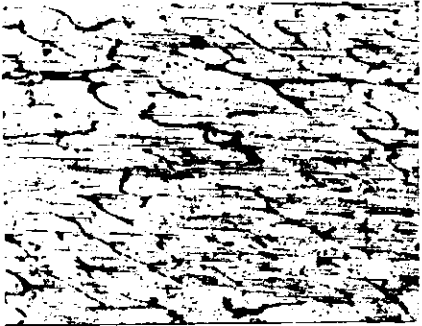
<p>รูปที่ 7.41 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.42 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.43 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	

<p>รูปที่ 7.44 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.45 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเท่ำไรนิก

(2)ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านข้าง(ระนาบด้านข้าง)

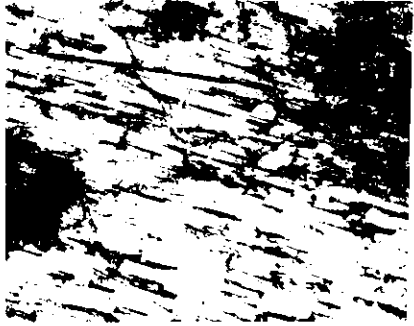

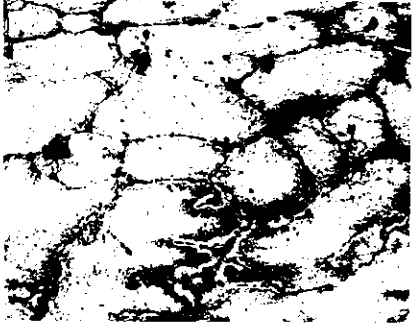
<p>รูปที่ 7.46 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างขยาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
--	--

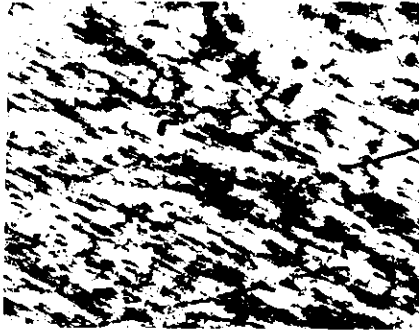
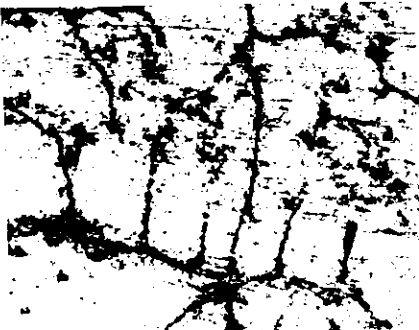
<p>รูปที่ 7.47 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างชาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.48 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างชาย X5 คัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.49 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างชาย X5 กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.50 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำล้างชาย X กัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในชิ้นที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกัดอัล

(compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะรูปร่างของเกรนจะมีลักษณะเรียวยาวขึ้นและจะมีลักษณะของการบิดเบี้ยวของเกรน

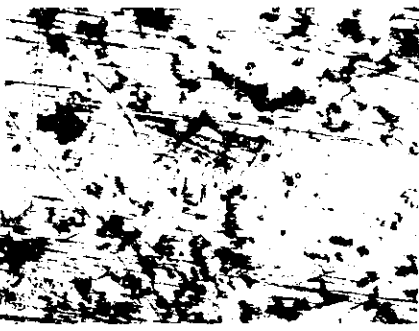
7.1.2.3 ภาพถ่ายชิ้นงานหล่อที่ผ่านการกดอัด (compression) และอบคลายเครียด
(1) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านบน(ระนาบด้านบน)





<p>รูปที่ 7.51 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.52 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.53 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	

<p>รูปที่ 7.54 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.55 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะเกรนไม่ค่อยแตกต่างจากลักษณะเกรนของชิ้นงานก่อนทำการอบเท่าไรนัก

(2) ภาพถ่ายบริเวณหน้าตัดด้านข้าง(ระนาบด้านข้าง)

<p>รูปที่ 7.56 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm</p>	
---	--

<p>รูปที่ 7.57 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.58 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.59 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 cm</p>	
<p>รูปที่ 7.60 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง กำลังขยาย X5 ถัดด้วย NaOH 5% เวลา 10 วินาที งานหล่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm</p>	

จากรูปภาพจะเห็นว่าชิ้นงานหล่อขนาดเล็กจะมีขนาดเกรนเล็กกว่าและมีจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากันมากกว่าชิ้นงานขนาดใหญ่และเมื่อทำการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด

เทียบชิ้นงานก่อนทำการกดอัด (compression) และภายหลังจากการกดอัดจะเห็นว่าลักษณะรูปร่างของเกรนจะคืนกลับมาที่มีรูปร่างลักษณะของเกรนใกล้เคียงกับชิ้นงานที่ผ่านการอบโดยไม่ผ่านการกด

จากรูปแสดงโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม-ทองแดง ทั้งหมดจะเห็นแนวโน้มขนาดของเกรนและจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากัน ณ จุดเดียวกันดังต่อไปนี้

ขนาดเกรน: size 2 cm < size 4 cm < size 6 cm < size 8 cm < size 10 cm

จำนวนเกรน: size 2 cm > size 4 cm > size 6 cm > size 8 cm > size 10 cm

ลักษณะรูปลูกบาศก์และรูปทรงระบอบกมีผลลัพท์เหมือนกัน

สาเหตุที่มีแนวโน้มเช่นนี้เนื่องจากงานหล่อขนาดเล็กใช้เวลาในการแข็งตัวเร็วกว่าหรือพูดอีกนัยหนึ่งว่ามีอัตราการเย็นตัวสูงกว่างานหล่อขนาดใหญ่จึงทำให้งานหล่อขนาดเล็กเกิดเกรนจำนวนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่

เมื่อพิจารณาเกรนของชิ้นงานที่ผ่านการอบ ลักษณะของเกรนจะใกล้เคียงกันกับชิ้นงานหล่อที่ยังไม่ผ่านการอบ

ลักษณะเกรนของชิ้นงานที่ผ่านการกด ลักษณะเกรนบริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบนจะมีลักษณะใกล้เคียงกับกับชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใดๆเลย ส่วนลักษณะเกรนบริเวณพื้นที่ด้านล่างจะมีลักษณะเรียวยาวในแนวตั้งฉากแนวแรงกดและลักษณะของเกรนจะบิดเบี้ยว

ลักษณะเกรนของชิ้นงานที่ผ่านการกดและทำการอบ ลักษณะของเกรนจะกลับมามีลักษณะเกรนใกล้เคียงกับเกรนของชิ้นงานที่ผ่านการอบอย่างเดียวนั้นทั้งบริเวณพื้นที่ด้านบนและบริเวณพื้นที่ด้านล่าง

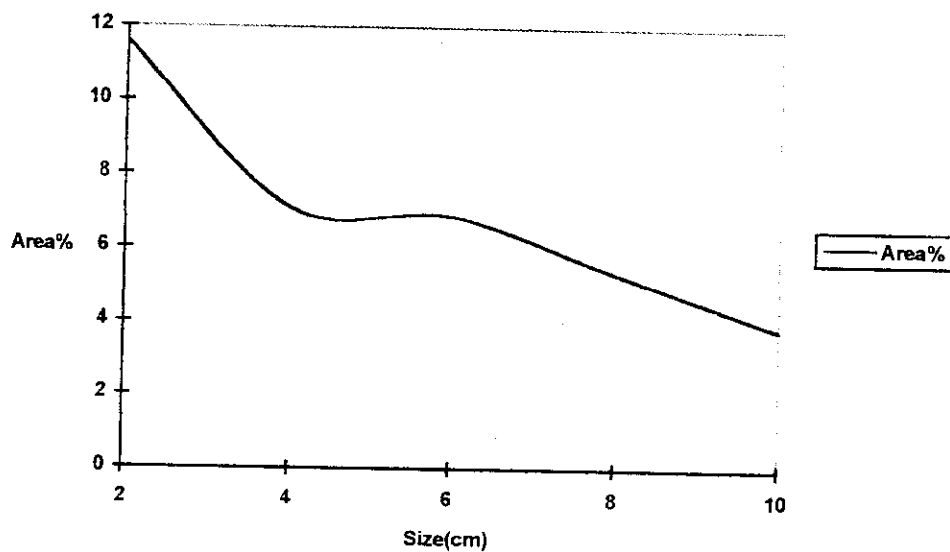
7.2 เปรียบเทียบเกรนโดยการวิเคราะห์จากเครื่อง Image Analysis System Quantimet 570 C

7.2.1 งานหล่อรูปทรงกระบอก Area% ของ CuAl_2

(1) ชิ้นงานหล่อที่ผ่านการอบคลายเครียด

(1.1) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน จากรูป (ระนาบด้านบน)

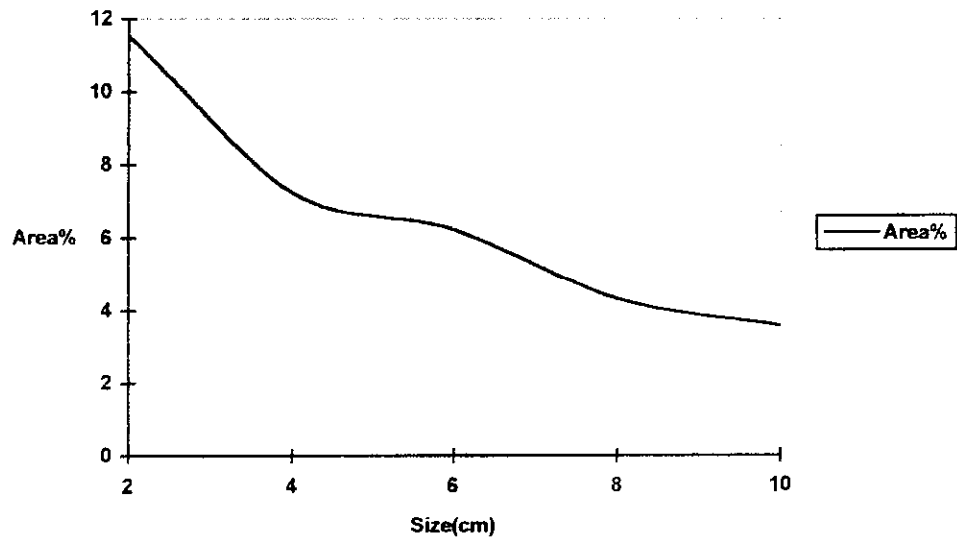
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	11.60	7.08	6.87	5.33	3.81



รูปที่ 7.61 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(1.2) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง (ระนาบด้านข้าง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	11.55	7.25	6.21	4.32	3.56

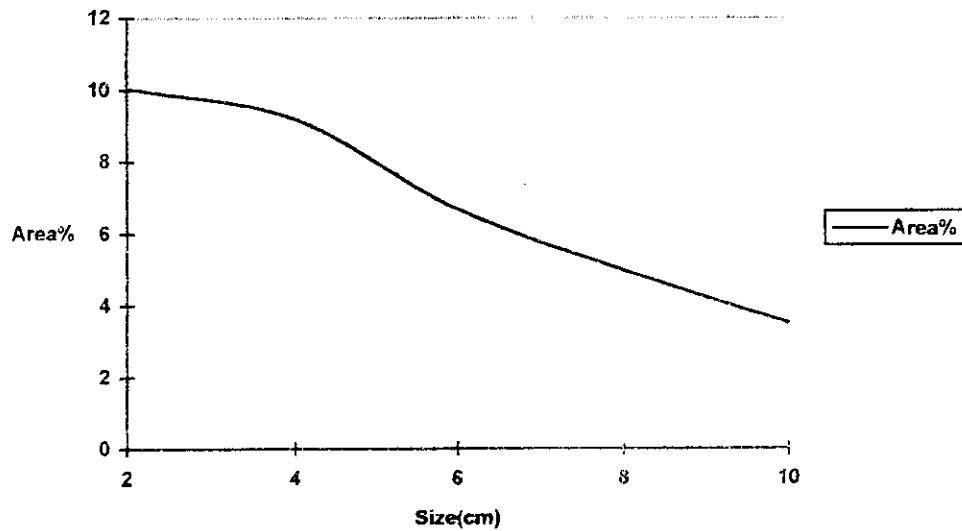


รูปที่ 7.62 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(2) ชิ้นงานที่ผ่านการกดอัด (compression)

(2.1) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน จากรูป (ระนาบด้านบน)

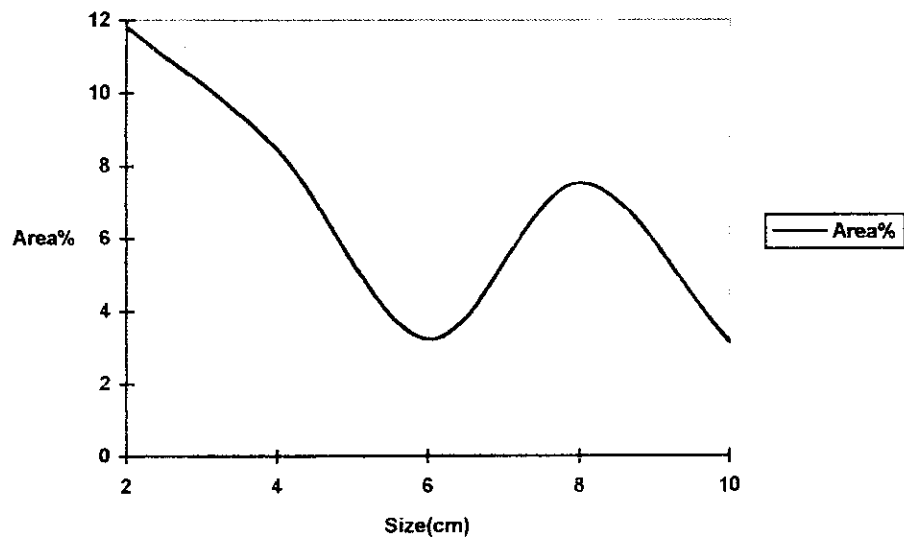
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	10.04	9.21	6.68	4.97	3.49



รูปที่ 7.63 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(2.2) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง (ระนาบด้านข้าง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	11.83	8.45	3.24	7.53	3.15

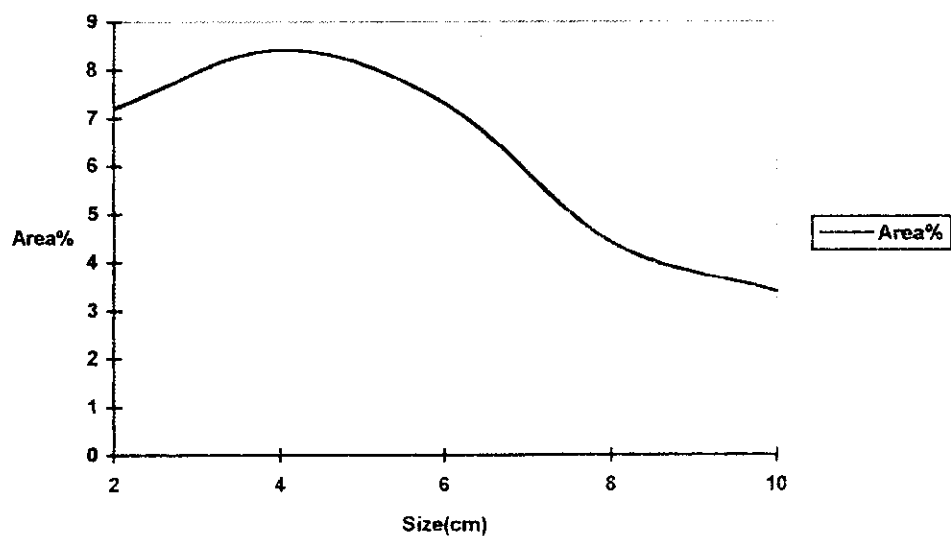


รูปที่ 7.64 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(3) ชิ้นงานหล่อที่ผ่านการกดอัด (compression) และอบคลายเครียด

(3.1) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน (ระนาบด้านบน)

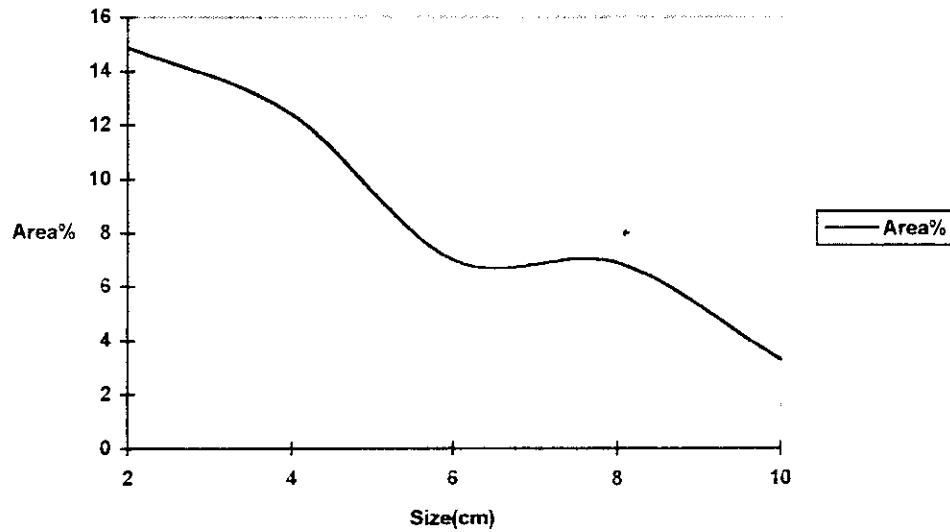
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	7.21	8.42	7.31	4.41	3.39



รูปที่ 7.65 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(3.2)บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง(ระนาบด้านข้าง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	14.88	12.41	6.99	6.88	3.28



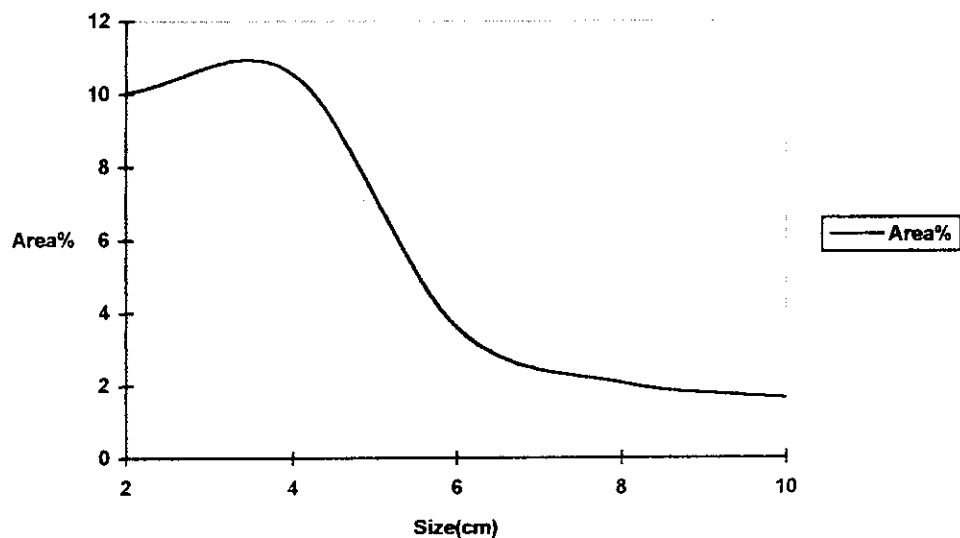
รูปที่ 7.66 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

7.2.2งานหล่อรูปทรงลูกบาศก์

(1)ชิ้นงานหล่อที่ผ่านการอบคลายเครียด

(1.1)บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน(ระนาบด้านบน)

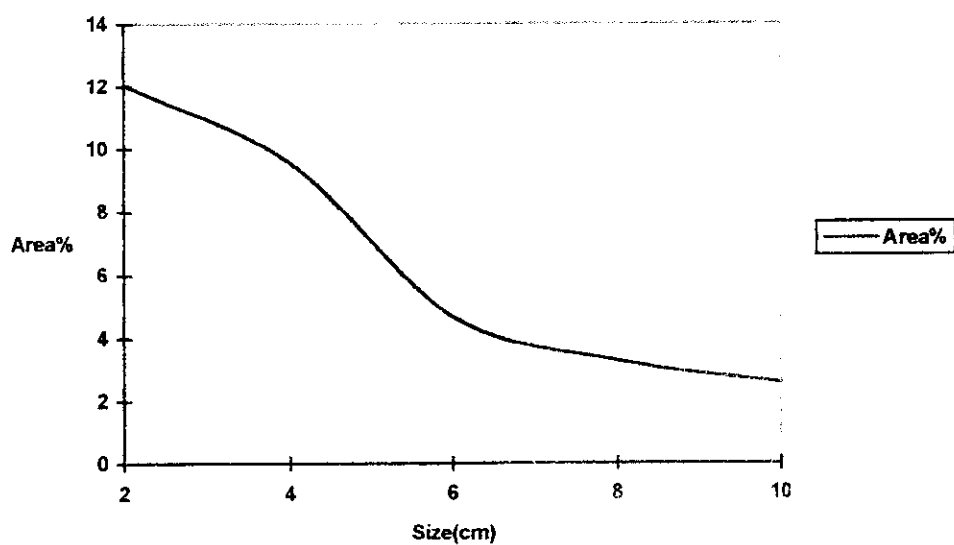
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	10.05	10.55	3.60	2.07	1.65



รูปที่ 7.67 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(1.2) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง(ระนาบด้านข้าง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	12.05	9.55	4.68	3.27	2.58

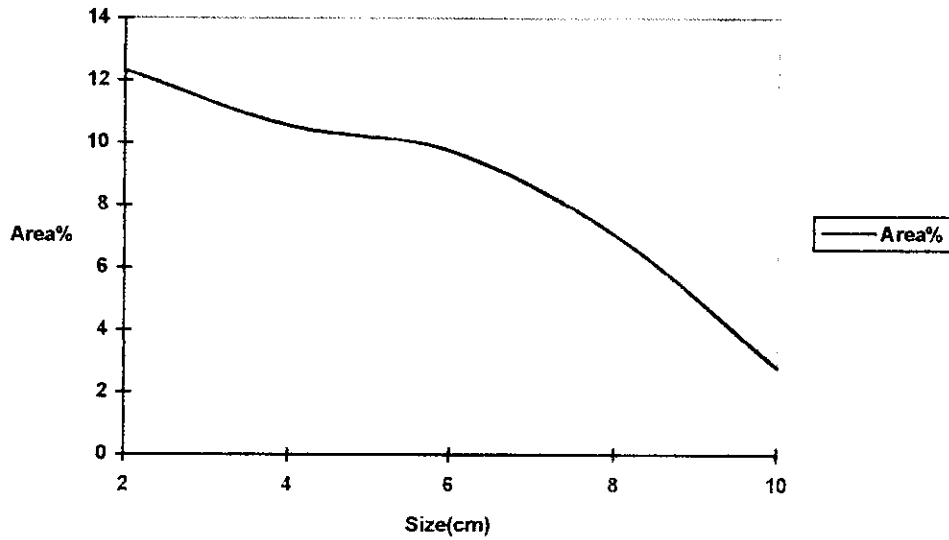


รูปที่ 7.68 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(2) ชิ้นงานหล่อที่ผ่านการกดอัด (compression)

(2.1) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน (ระนาบด้านบน)

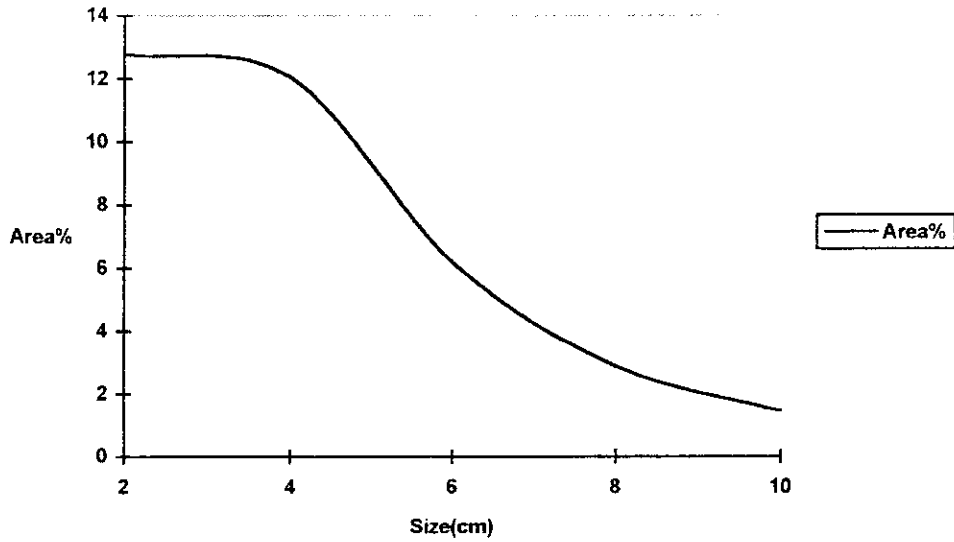
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	12.33	10.56	9.74	7.07	2.80



รูปที่ 7.69 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(2.2) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง (ระนาบด้านข้าง)

size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	12.78	12.03	6.19	2.88	1.45

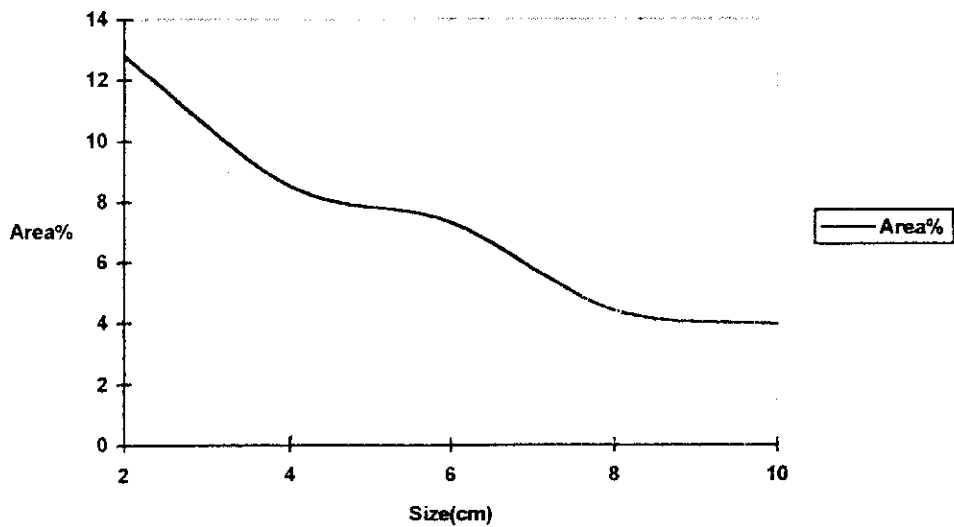


รูปที่ 7.70 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(3) ชั้นงานที่ผ่านการกดอัด (compression) และอบคลายเครียด

(3.1) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน (ระนาบด้านบน)

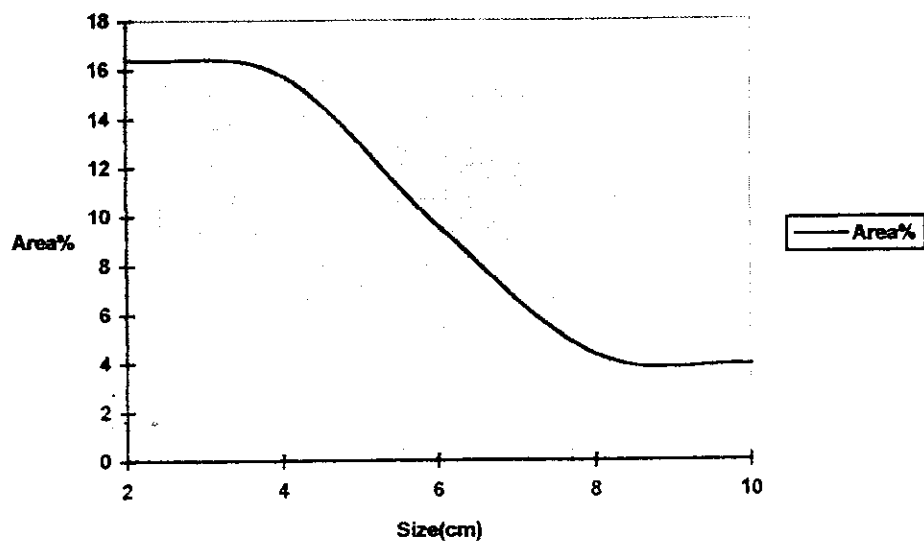
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	12.83	8.53	7.31	4.41	3.96



รูปที่ 7.71 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

(3.2) บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง (ระนาบด้านข้าง)

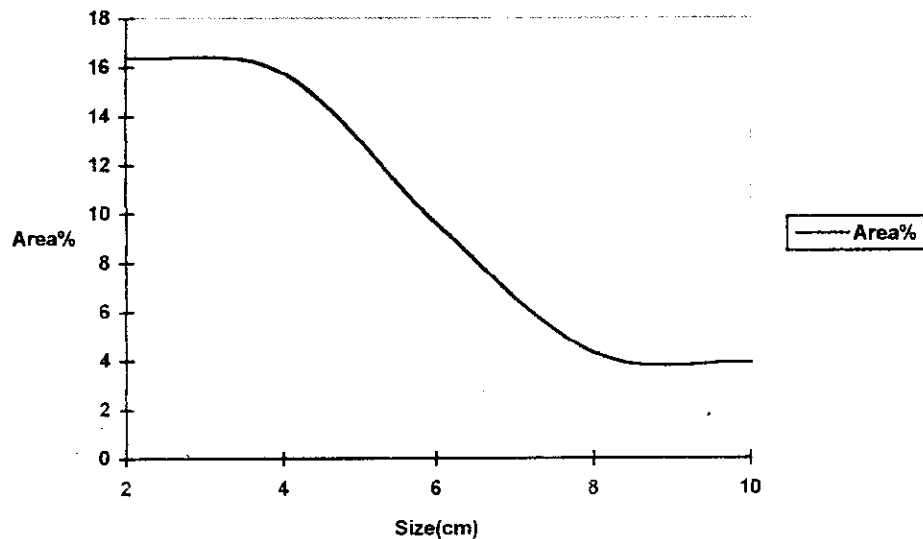
size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	16.42	15.75	9.59	4.33	3.92



รูปที่ 7.72 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

7.2.3 วิเคราะห์ผลจากการใช้เครื่อง Image Analysis Quantimet 570C

size(cm)	2	4	6	8	10
Area%	16.42	15.75	9.59	4.33	3.92



รูปที่ 7.72 กราฟแสดงแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ขอบเกรน

7.2.3 วิเคราะห์ผลจากการใช้เครื่อง Image Analysis Quantimet 570C

(1) จากกราฟแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ที่อยู่บริเวณขอบเกรนจะเห็นว่ามีความโน้มถดยิ่งลงจากงานหล่อขนาดใหญ่แสดงว่างานหล่อขนาดเล็กมี CuAl_2 อยู่ตามขอบเกรนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกล

(2) ลักษณะรูปทรงลูกบาศก์และรูปทรงกระบอกจะมีแนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ที่มีต่อขนาดของงานหล่อในลักษณะเดียวกัน

(3) ชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการกด (compression) จะมีปริมาณ Area% ของ CuAl_2 มากกว่าชิ้นงานที่ผ่านการอบ (annealing) และบริเวณพื้นที่ด้านข้างจะมีค่าสูงกว่าบริเวณพื้นที่ด้านบนและเมื่อนำไปผ่านกรรมวิธีการอบจะมีค่าใกล้เคียงกับชิ้นงานก่อนทำการกด

(4) ปริมาณ Area% ของ CuAl_2 ก่อนผ่านกรรมวิธีการใดๆจะมีค่าใกล้เคียงกับหลังผ่านกรรมวิธีการอบ และการกดและทำการอบหลายครั้ง

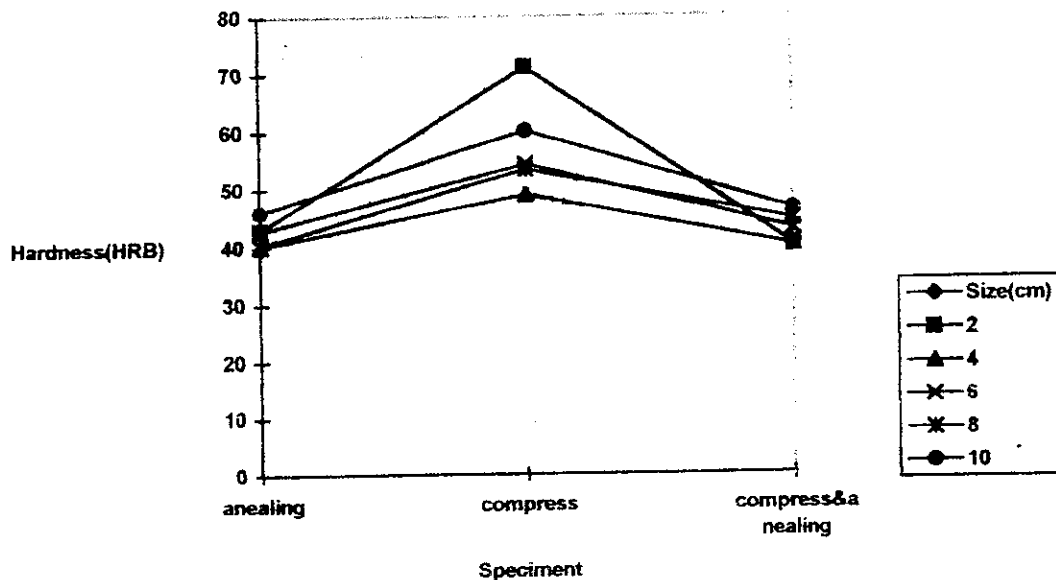
7.3 เปรียบเทียบค่าความแข็ง

7.3.1 ผลการวัดค่าความแข็งของงานหล่อขนาดต่างๆดังนี้

7.3.1.1 งานหล่อรูปทรงกระบอก

(1)บริเวณระนาบหน้าตัดด้านบน

HARDNESS(HRB)			
Speciment	annealing	compress	compress&annealing
Size(cm)			
2	42.95	71.13	39.98
4	40.13	48.87	39.89
6	42.77	54.19	42.69
8	40.32	53.32	44.35
10	46.06	60.03	46.09

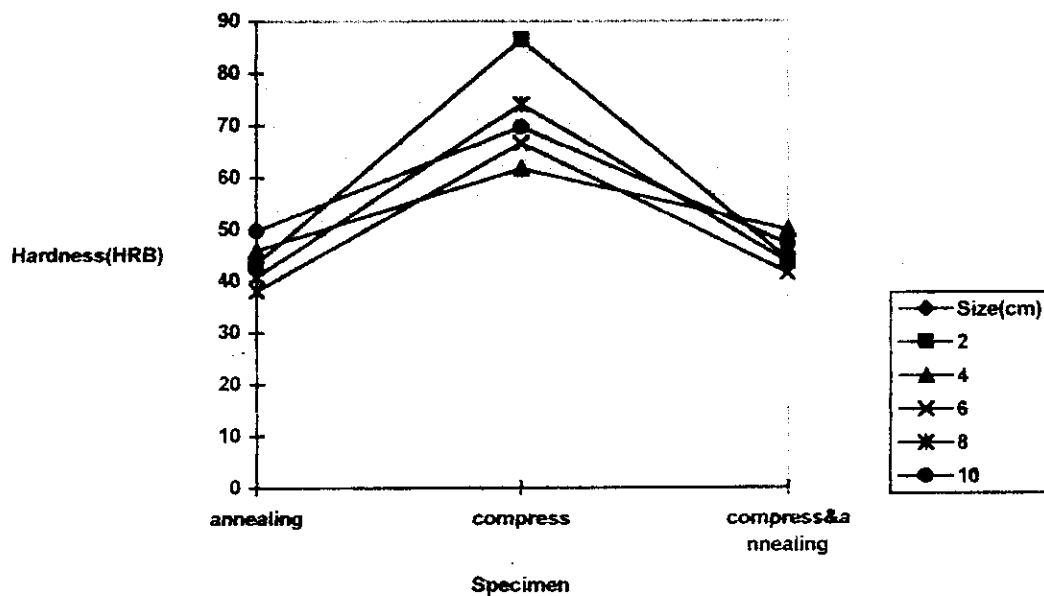


รูปที่ 7.73 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการต่างๆ

(2)บริเวณระนาบหน้าตัดด้านข้าง

HARDNESS(HRB)			
Speciment	annealing	compress	compress&annealing
Size(cm)			
2	43.45	86.42	44.19

4	45.98	61.69	49.87
6	38.12	66.55	41.53
8	40.84	74.01	43.72
10	49.76	69.65	47.15

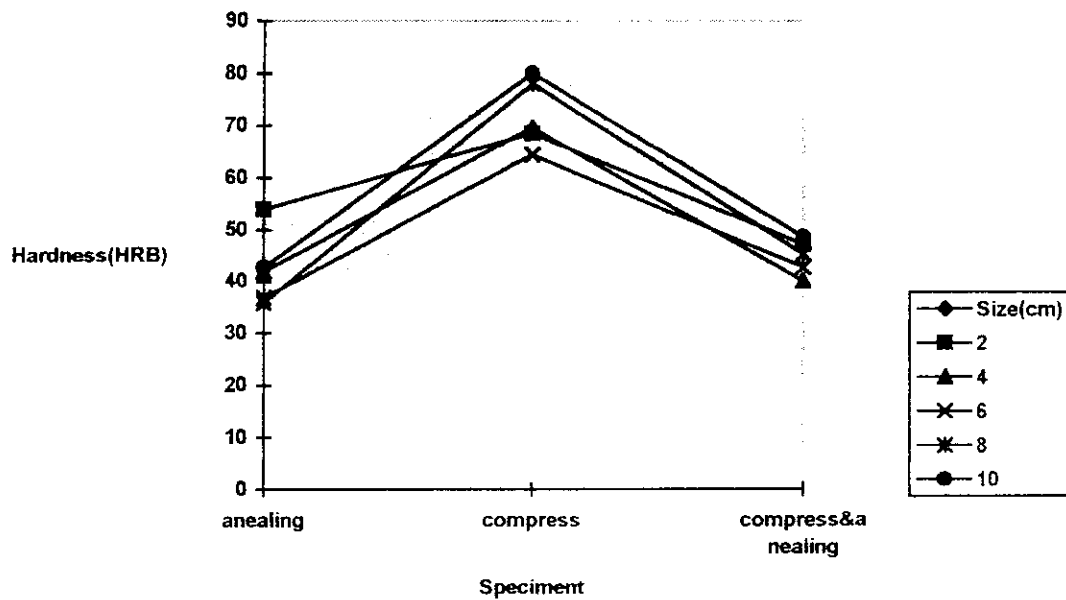


รูปที่ 7.74 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการต่างๆ

7.3.1.2 ชิ้นงานหล่อรูปทรงลูกบาศก์

(1) บริเวณระนาบหน้าตัดด้านบน

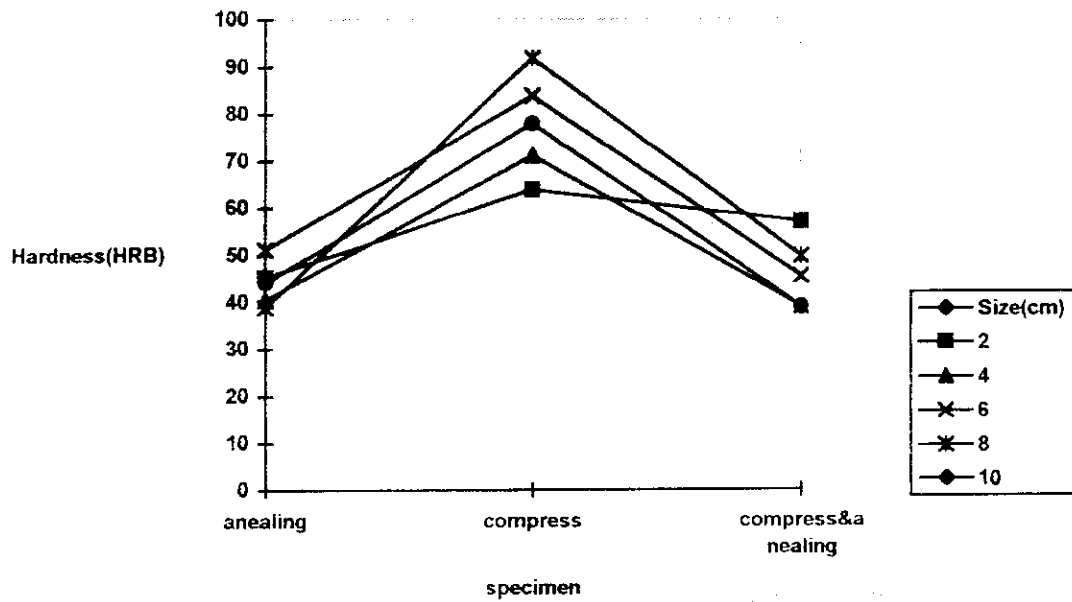
HARDNESS (HRB)			
Speciment	anealing	compress	compress&anealing
Size (cm)			
2	53.93	68.55	47.10
4	41.99	69.63	40.02
6	36.90	64.46	42.74
8	35.94	78.00	45.30
10	42.79	80.05	48.49



รูปที่ 7.75 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการต่างๆ

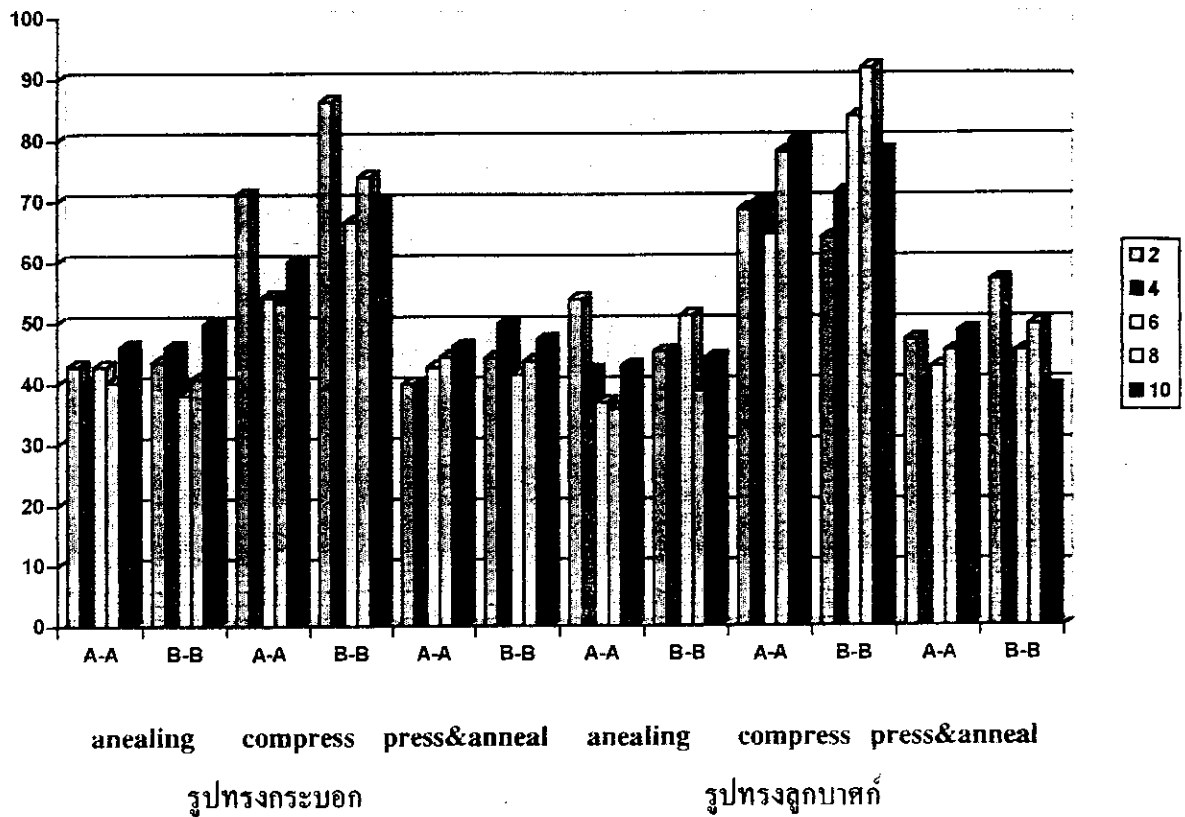
(2) บริเวณระนาบหน้าตัดด้านข้าง

HARDNESS(HRB)			
Speciment	annealing	compress	compress&annealing
Size(cm)			
2	45.23	63.85	56.91
4	40.56	71.27	38.95
6	51.24	83.91	45.33
8	38.92	91.92	49.62
10	44.17	78.00	38.96



รูปที่ 7.76 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการต่างๆ

Size (cm)	HARDNESS(HRB)											
	รูปทรงกระบอก						รูปทรงลูกบาศก์					
	annealing		compress		anneal&com		annealing		compress		anneal&com	
	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B
2	42.9	43.5	71.1	86.4	40.0	44.2	53.9	45.2	68.6	63.9	47.1	56.9
4	40.1	46.0	48.9	61.7	39.9	49.9	42.0	40.6	69.6	71.3	40.0	39.0
6	42.8	38.1	54.2	66.6	42.7	41.5	36.9	51.2	64.5	83.9	42.7	45.3
8	40.3	40.8	53.3	74.0	44.4	43.7	35.9	38.9	78.0	91.9	45.3	49.6
10	46.1	49.8	60.0	69.7	46.1	47.2	42.8	44.2	80.1	78.0	48.5	39.0



7.3.2 วิเคราะห์ผล

(1) จากค่าความแข็งที่วัดได้และจากลักษณะของกราฟที่ได้จากค่าความแข็งจะได้ว่าค่าความแข็งของชิ้นงานรูปทรงกระบอกและรูปทรงลูกบาศก์มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน

(2) ชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการอบจะมีค่าความแข็งใกล้เคียงกับค่าความแข็งของชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใดๆ (ดูจากบทที่ 5) ซึ่งมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 40 - 50 HRB ส่วนชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการกด (compress) ค่าความแข็งจะอยู่ในช่วง 60 - 90 HRB ส่วนชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการกด (compress) แล้วนำไปอบ ค่าความแข็งจะกลับมามีค่าใกล้เคียงกับก่อนทำการกด คือ อยู่ในช่วงประมาณ 40 - 50 HRB

(3) ค่าความแข็งที่ได้จากกรรมวิธีการกดจะมีค่าเพิ่มขึ้น บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง (ระนาบหน้าตัดด้านข้าง) จะให้ค่าความแข็งที่สูงกว่าบริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบน (ระนาบหน้าตัดด้านบน)

(4) ชิ้นงานที่มีขนาดต่างๆกันจะมีค่าความแข็งที่ใกล้เคียงกัน

(5) จากข้อมูลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าการกดมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานหล่อ คือจะทำให้ค่าความแข็งสูงขึ้น และเมื่อทำการอบต่อจะทำให้ลักษณะของความแข็งกลับมามีค่าเท่ากับก่อนทำการกด

บทที่ 8

สรุปผลการศึกษาโครงการและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการศึกษาโครงการ

8.1.1 โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของงานหล่ออลูมิเนียม-ทองแดง ที่ผ่านกรรมวิธีการอบ การกด และการกดแล้วทำการอบคลายเครียด

แนวโน้มขนาดของเกรนและจำนวนเกรนในพื้นที่ที่เท่ากัน ณ จุดเดียวกันจะเป็นดังนี้

ขนาดเกรน : Size 2 cm < Size 4 cm < Size 6 cm < Size 8 cm < Size 10 cm

จำนวนเกรน : Size 2 cm > Size 4 cm > Size 6 cm > Size 8 cm > Size 10 cm

สาเหตุที่มีแนวโน้มดังนี้เนื่องมาจากงานหล่อขนาดเล็กใช้เวลาในการแข็งตัวเร็วกว่าหรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่าอัตราการเย็นตัวสูงกว่างานหล่อขนาดใหญ่จึงทำให้งานหล่อขนาดเล็กเกิดเกรนจำนวนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่

งานหล่อที่ผ่านกรรมวิธีการอบคลายเครียด ลักษณะของโครงสร้างจะไม่แตกต่างจากชิ้นงานที่ยังไม่ทำการอบมากนัก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิในการอบค่าในระยะเวลาอันสั้น

งานหล่อที่ผ่านกรรมวิธีการกด (compression) ลักษณะของโครงสร้างจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคือ บริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านบนจะมีลักษณะโครงสร้างไม่เปลี่ยนแปลงมากนักส่วนบริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านล่างลักษณะโครงสร้างจะเปลี่ยนไปคือลักษณะของเกรนจะเรียวขึ้นและมีลักษณะบิดเบี้ยว ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากแรงกดได้กดอัดเกรนของชิ้นงาน อะตอมซึ่งมีการเรียงตัวผิดปกติจะเคลื่อนที่ไปตามระนาบเฉือน (Slip plane) ทำให้ลักษณะรูปร่างของเกรนบริเวณพื้นที่หน้าตัดด้านล่าง (พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับแนวแรง) มีลักษณะเกรนที่เรียวยาว

ชิ้นงานที่ผ่านการกดแล้วนำไปผ่านกรรมวิธีการอบเพื่อคลายเครียด ลักษณะของโครงสร้างจะใกล้เคียงกับชิ้นงานที่ผ่านการอบเพียงอย่างเดียว ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากชิ้นงานที่ผ่านการกดจะมีความเครียดสะสมอยู่ในโครงสร้างดังนั้นเมื่อให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจะทำให้โครงสร้างที่บิดเบี้ยวกลับสู่สภาพเดิมและขจัดความเครียดที่สะสมอยู่ภายในหมดไป

แนวโน้มของ Area% ของ CuAl_2 ที่กระจุกกระจายอยู่ตามขอบเกรนจะเป็นดังนี้

Area% : Size 2 cm > Size 4 cm > Size 6 cm > Size 8 cm > Size 10 cm

แสดงว่างานหล่อขนาดเล็กมี CuAl_2 อยู่ตามขอบเกรนมากกว่างานหล่อขนาดใหญ่ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลต่อไป

ชิ้นงานที่ผ่านการอบจะมีปริมาณของ Area% ไม่แตกต่างจากชิ้นงานหล่อที่ยังไม่ผ่านกรรมวิธีใดๆเลย ที่เป็นเช่นนั้นอาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิในการอบต่ำจึงทำให้ลักษณะของโครงสร้างไม่เปลี่ยนแปลงหรืออาจจะเนื่องมาจากภายในชิ้นงานหล่อมมีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างที่ดีอยู่แล้วและไม่มีความเครียดภายในมากนักเมื่อทำการอบจึงไม่เห็นความแตกต่าง

ชิ้นงานที่ผ่านการกด (compression) ปริมาณพื้นที่ของ CuAl_2 จะเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากแรงกดทำให้มีปริมาณเกรนที่มากขึ้นในพื้นที่ที่เท่ากันหรือว่าปริมาณเกรนมีความหนาแน่นขึ้น ดังนั้นจึงทำให้มี Area% ของขอบเกรนมากขึ้น

ชิ้นงานที่ผ่านการกด (compression) แล้วอบคลายเครียด ปริมาณ Area% ของขอบเกรนจะมีค่าใกล้เคียงกับชิ้นงานที่ผ่านการอบเพียงอย่างเดียว ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากโครงสร้างเกิดการคืนตัวเมื่อผ่านกรรมวิธีการอบ

8.1.2 อิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกล (ความแข็ง)

ค่าความแข็งที่ได้จากการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างงานหล่อรูปทรงกลมและรูปทรงลูกบาศก์ และชิ้นงานที่มีขนาดต่างกันค่าความแข็งที่วัดก็มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ารูปทรงของชิ้นงานและขนาดของชิ้นงานหล่อไม่มีผลต่อความแข็งของชิ้นงาน

งานที่ผ่านกรรมวิธีการอบ จะมีความแข็งใกล้เคียงกับงานทั้งที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ แสดงว่าการอบไม่มีผลต่อความแข็งของงานหล่อ ซึ่งค่าความแข็งจะยังคงอยู่ในช่วง 40 - 50 HRB ส่วนชิ้นงานที่ผ่านการกด (compression) ค่าความแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นคือจะอยู่ในช่วง 60 - 90 HRB ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากแรงกดอัดทำให้อะตอมซึ่งมีการเรียงตัวกันผิดปกติจะเคลื่อนที่ไปตามระนาบเฉือน (Slip plane) เนื่องด้วยผลึกของโลหะมีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบมีผลให้การเคลื่อนตัวของอะตอมช้าลงทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มความแข็งของจุดครากมากกว่าการเพิ่มความแข็งของแรงดึง บริเวณพื้นที่ด้านข้างจะมีค่าความแข็งสูงกว่าสูงกว่าบริเวณพื้นที่ด้านบน ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจาก บริเวณพื้นที่ด้านข้างเป็นส่วนที่ได้รับแรงมากเป็นส่วนของระนาบเฉือนและมีการเคลื่อนตัวของอะตอมจึงทำให้ค่าความแข็งสูงกว่าบริเวณพื้นที่ด้านบน

ชิ้นงานที่ผ่านการกด (compression) แล้วนำไปอบ ค่าความแข็งที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับชิ้นงานที่ผ่านการอบเพียงอย่างเดียว ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากชิ้นงานเกิดการคืนตัวเมื่อทำการอบ (การคืนตัว บทที่ 4) จึงทำให้ค่าความแข็งที่วัดได้มีค่าดังกล่าว

8.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ก่อนนำชิ้นงานหล่อที่ได้ไปใช้งานควรนำไปผ่านกระบวนการปรับทางความร้อนเสียก่อนเพื่อให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นทั้งความแข็งและความเหนียว

(2) ควรมีการทำการศึกษาโครงการนี้ต่อไปเพื่อเป็นการพัฒนาคุณสมบัติต่างๆของงานหล่อให้ดียิ่งขึ้น