

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของโลหะทองแดงผสมที่ทำการทดลองนั้นได้มีการเก็บ
ชิ้นงานนำไปวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีโดยเครื่อง Spectrometer มีค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนผสมทางเคมีของโลหะทองแดงผสมที่ทำการทดลอง

Sample	Chemical composition (mass %)									
	Sn	Zn	Bi	Se	Pb	Fe	Ni	Sb	P	Cu
B1	4.68	5.89	0.59	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.006	88.83
B2	4.67	5.61	1.15	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.004	88.57
B3	4.58	5.82	2.07	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.014	87.52
B4	4.41	5.61	3.06	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.016	86.90
B5	4.26	5.43	4.97	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.017	85.32
B6	4.15	5.26	7.60	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.022	82.97
AQ10	4.62	6.07	1.01	Tr.	0.01	0.02	0.08	0.19	0.027	87.97
AQ20	4.41	5.24	2.07	Tr.	0.01	0.01	0.01	0.20	0.038	88.01
AQ30	4.50	6.33	2.64	Tr.	0.01	0.01	0.16	0.21	0.018	86.12
J	4.08	6.38	1.99	Tr.	0.07	0.02	0.16	0.05	0.024	87.23
S	4.60	4.24	2.13	0.23	0.02	0.01	0.01	Tr.	0.029	88.73
K	3.77	7.92	1.31	0.17	0.08	0.03	0.09	0.16	0.031	86.44
CAC 406	4.46	5.09	0.03	Tr.	5.51	0.10	0.19	0.06	0.026	84.53

จากตารางจะเห็นว่า เราทำการหล่อโลหะทองแดงผสม กลุ่ม Bismuth series โดยการ
เติมธาตุบิสมัทในน้ำโลหะทองแดงผสมที่ประกอบไปด้วย 4.5% Sn และ 7.5% Zn จะเห็นได้ว่า
ปริมาณของสังกะสีที่ได้มีค่าอยู่ที่ประมาณ 5.26% – 5.89% ซึ่งต่ำกว่าที่ควรจะเป็นนั้น เนื่องจาก
การสูญเสียไปในการเกิดออกไซด์

4.1 พฤติกรรมการการหดตัว

ชิ้นงานทดลองที่ได้จากการใช้แบบ หล่อ Tatur จะถูกมาทำการตรวจวัดหา ปริมาตรของงานหล่อก่อน และนำไปตรวจวัดหาค่า Pipe volume และเมื่อนำค่าปริมาตรงานหล่อ หักด้วย ค่า Pipe volume เราก็จะได้ค่าการหดตัวภายนอก โดยมีค่าตามตารางที่ ก.1 และ ก.2 ในภาคผนวก ก

4.1.1 การหดตัวภายใน (Pipe volume)

การตรวจวัดโดยกรรมวิธีแทนที่ของน้ำ รูปที่ 4.1a) แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง pipe volume กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะผสม จะเห็นว่าค่าของ pipe volume มีค่าลดลง เมื่อ ปริมาณของ บิสมีทในโลหะทองแดงผสมมีค่าเพิ่มขึ้น

ในรูปที่ 4.1 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pipe volume กับปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ก็ จะเห็นว่า ในกลุ่ม commercial alloy ก็แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมในแนวโน้มเดียวกันถึงแม้ว่าจะมี ส่วนผสมทางเคมีที่ต่างต่างกันก็ตาม ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า บิสมีท เป็นปัจจัยที่ทำให้ค่า pipe volume ลดลง อย่างมีนัยยะ

ในรูป 4.1 c) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pipe volume กับปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสมทุกกลุ่ม จะเห็นว่าทั้งสองกลุ่ม ค่า Pipe volume มีแนวโน้มลดลง อย่างมีนัยยะ เมื่อ ปริมาณบิสมีทในโลหะทองแดงผสมมีค่าเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่า จะมีส่วนผสมทางเคมีที่แตกต่างกัน

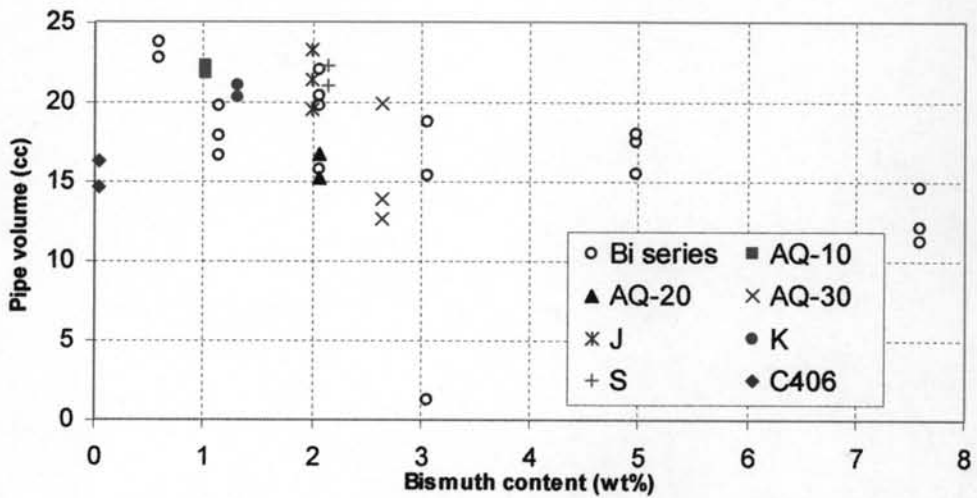
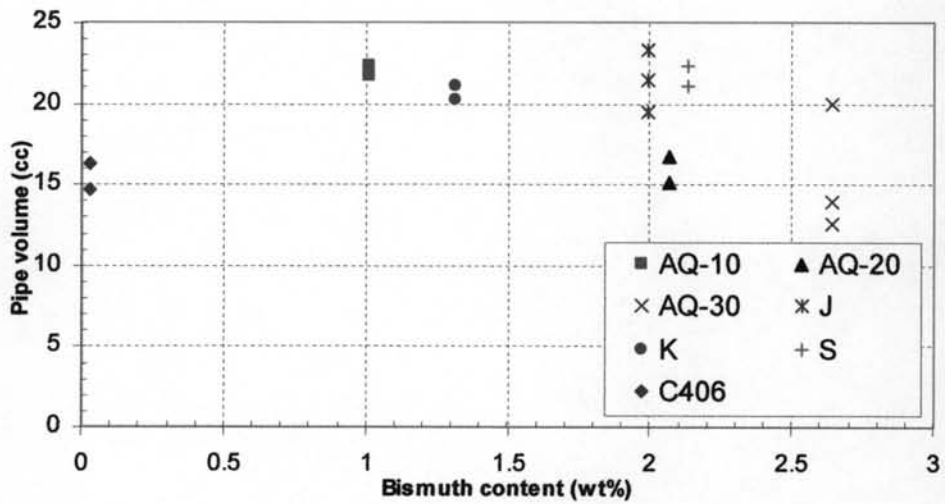
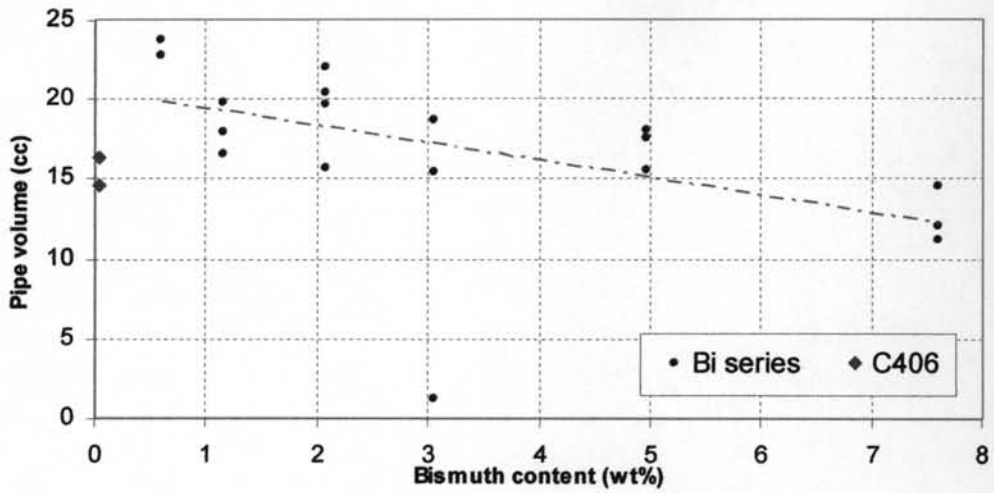
4.1.2 การหดตัวภายนอก (External Shrinkage)

เราสามารถคำนวณได้จาก การหาปริมาตรของ Tatur mold แล้วนำมาหักด้วย ปริมาตรของงานหล่อ และการหดตัวภายใน

ในรูปที่ 4.2 a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การหดตัวภายนอก กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสมของกลุ่ม bismuth series จะเห็นว่า ค่าที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่แน่ชัด แต่เราจะพบว่าปริมาณของการหดตัวภายนอกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณบิสมีท ต่ำกว่า 3% และลดลงเมื่อสูงกว่า 3 % แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ก็มีค่าต่ำกว่า การหดตัวของภายนอกของ CAC406

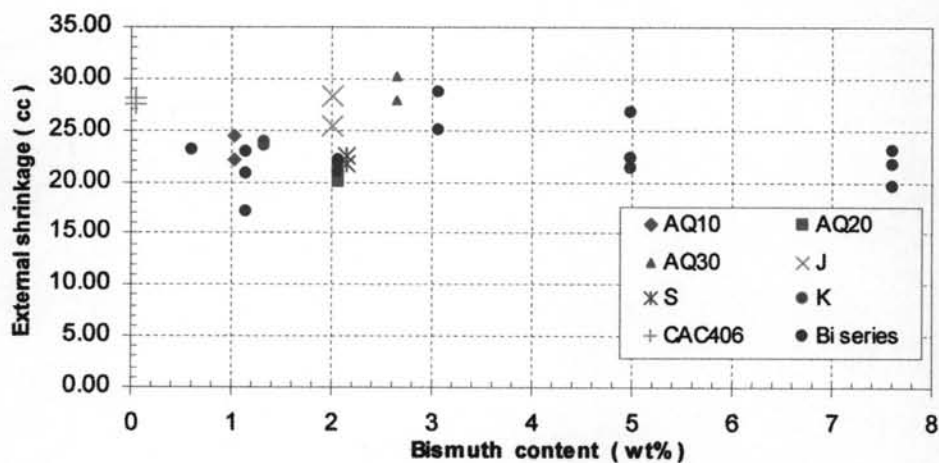
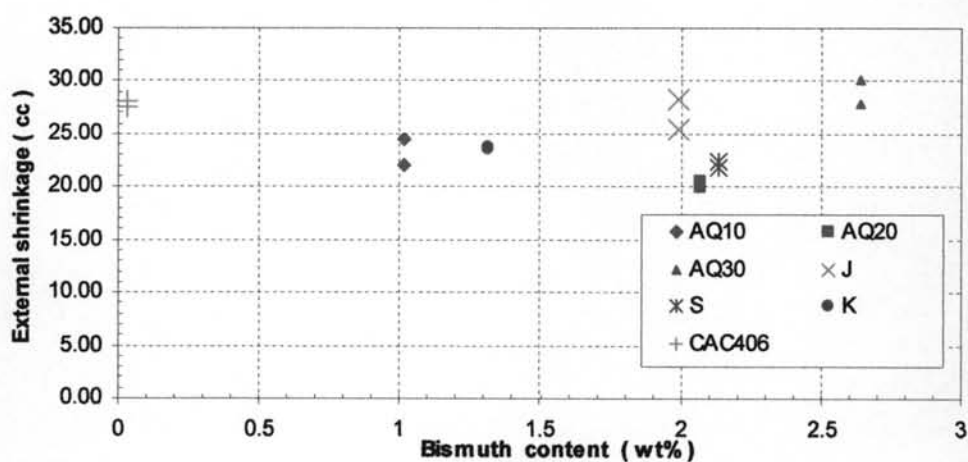
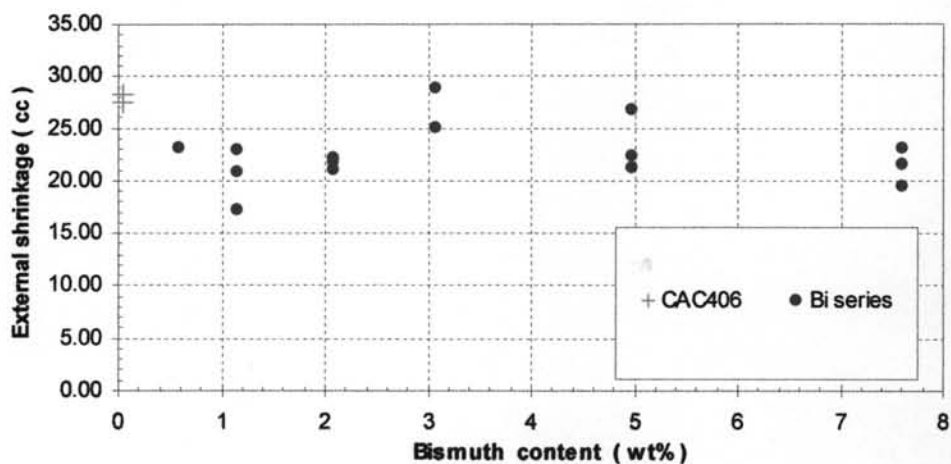
ในรูปที่ 4.2 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การหดตัวภายนอก กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ของกลุ่ม commercial alloy ค่าที่ตรวจวัดได้จากการทดลอง ไม่สามารถบ่งบอกแนวโน้มที่แน่ชัดได้ อาจจะเป็นเนื่องจาก ส่วนผสมทางเคมีอื่นที่ไม่ใช่ บิสมีทที่ต่างกัน ซึ่งอาจจะมีผลต่อค่าการหดตัวภายนอก

ในรูปที่ 4.2 c) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การหดตัวภายนอก กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง pipe volume กับ ปริมาณของธาตุบิสมัทในโลหะผสม

a) Bismuth series b) Commercial c) รวมทุกกลุ่ม



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง External Shrinkage กับ ปริมาณของธาตุบิสมัท
ในโลหะผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

4.1.3 ค่าความหนาแน่น

1) ค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน

คือความหนาแน่นของทั้งชิ้นงานหล่อ ที่เรานำคำนวณได้จากผลการทดลอง ดังตารางที่ ก.5 และ ก.6 ในภาคผนวก ก. และนำมาหาค่าเฉลี่ย

2) ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณ

2.1) ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณ ด้วยกฎของการผสม

(Rule's of mixing) เราจะคำนวณค่าความหนาแน่นได้โดยการใช้สมการที่ 6

$$\rho = \sum \frac{\%X_A \rho_A}{100} \dots\dots\dots (6)$$

X_A = content of element A in specimen

ρ_A = specific density of element A

ρ = density of specimen

เช่นกรณีของชิ้นงาน B1 ประกอบด้วย Bi = 0.59% Sn = 4.68% Zn = 5.89%

Cu = 88.83%

ค่าความหนาแน่นของ Bi, Sn, Zn, Cu = 9.80, 7.30, 7.13 และ 8.94 g/cm³ ตามลำดับ

เมื่อนำไปแทนในสมการที่ 6 เราจะได้เป็น

$$\rho = \frac{(0.59 \times 9.80) + (4.68 \times 7.30) + (5.89 \times 7.13) + (88.83 \times 8.94)}{100} = 8.76 \text{ g/cm}^3 \dots\dots(7)$$

2.2 ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณโดยอ้างอิงพฤติกรรมของวัสดุ

ที่เป็นแบบสารละลายของแข็ง (Solid solution behavior)

เป็นที่ทราบดีกันอยู่แล้วว่า Cu-Sn-Zn ละลายกันอยู่ในสภาพของสารละลายของแข็ง เพื่อการคำนวณที่ให้ได้ค่าความหนาแน่นที่แม่นยำของโลหะทองแดงผสมนั้นต้องใช้ค่าคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งยากในการคำนวณ จึงได้ทำการตรวจสอบอ้างอิงค่าความหนาแน่นที่ตรวจวัดได้จริงจากโลหะทองแดงผสมที่มี ส่วนผสมใกล้เคียงกับการทดลองแทน เช่น ทองแดงผสมเกรด C41500 91%Cu-7.2%Zn-1.8%Sn , C41900 90.5%Cu-4.35%Zn-5.15%Sn และ C42200 87.5%Cu-11.4%Zn-1.1%Sn ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 8.80 g/cm³ และเมื่อนำเทียบกับชิ้นงานทดลองที่มีส่วนผสมอยู่ระหว่าง 3.77-4.68%Sn 4.24-7.92%Zn นั้นจะเห็นได้ว่ามีส่วนผสมทางเคมีที่ใกล้เคียงกับโลหะผสมดังกล่าว จึงได้นำค่าความหนาแน่น 8.80 g/cm³ มาทำการอ้างอิงว่าเป็นค่าความหนาแน่นของสารละลายของแข็ง Cu-Zn-Sn ในการคำนวณโดยใช้สมการที่ 6

เช่นเดียวกัน โดยเปลี่ยนแปลงแค่ค่าความหนาแน่นของธาตุ Cu, Zn และ Sn เป็น 8.80 g/cm^3 ดังแสดงในสมการที่ 8

$$\rho = \frac{(0.59 \times 9.80) + (4.68 + 5.89 + 88.83) \times 8.80}{100} = 8.81 \text{ g/cm}^3 \dots\dots\dots(8)$$

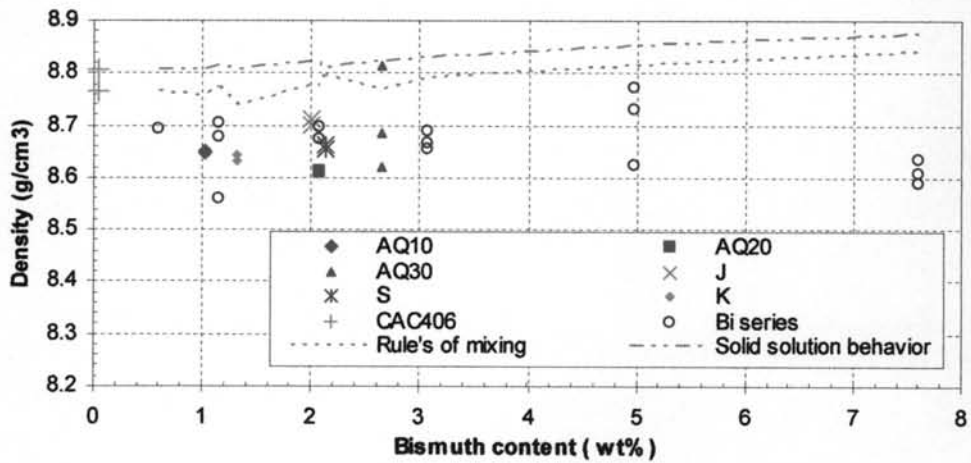
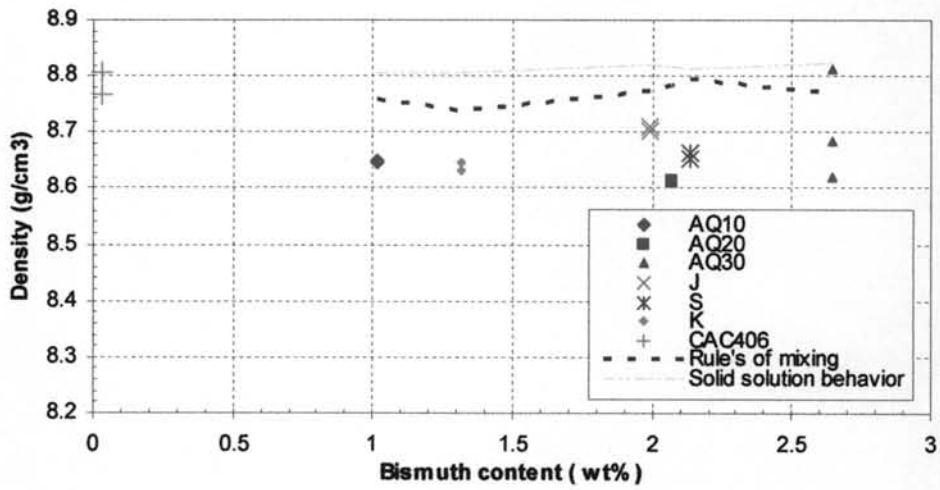
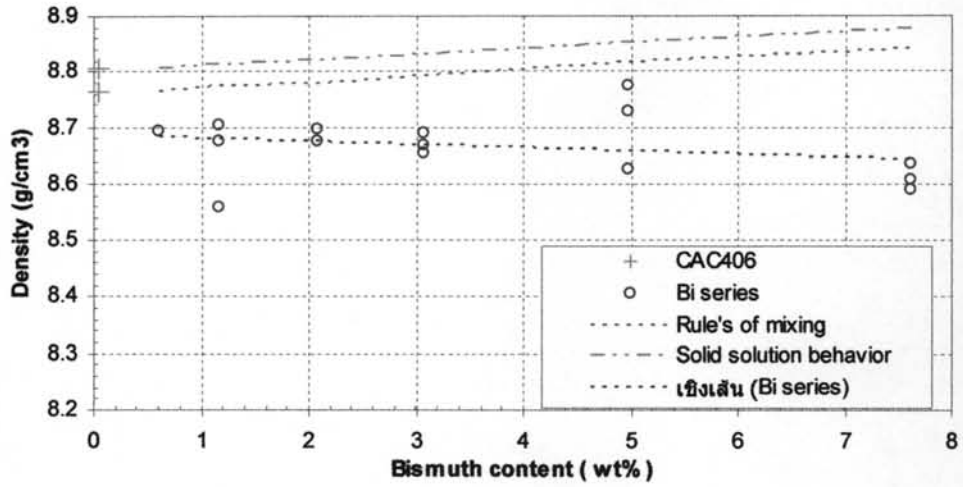
รูปที่ 4.3 a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานหล่อ กับ ปริมาณธาตุบิสมัทในโลหะทองแดงผสม ในกลุ่ม Bismuth series จากภาพจะเห็นได้ว่า ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า ค่าความหนาแน่นที่จากการทดลอง โดยความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่นที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มลดลงเมื่อ ปริมาณบิสมัทมีค่าเพิ่มขึ้น

ในรูป 4.3 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานหล่อ กับ ปริมาณธาตุบิสมัทในโลหะทองแดงผสมในกลุ่ม commercial alloy ก็แสดงให้เห็นเช่นเดียวกันว่าความหนาแน่นที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณ

ในรูป 4.3 C) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานหล่อ กับ ปริมาณธาตุบิสมัทในโลหะทองแดงผสมของทั้งสองกลุ่ม ก็แสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่นของชิ้นงานมีค่าต่ำกว่าค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นของโลหะทองแดงผสม

Sample	Bismuth Content (wt%)	Casting Density (g/cm^3)	Calculation Density (g/cm^3)	
			Rule's of mixing	Solid solution behavior
B1 (0.5%)	1.15	8.69	8.76	8.81
B2 (1.0%)	2.07	8.64	8.77	8.81
B3 (2.0%)	3.06	8.68	8.78	8.82
B4 (3.0%)	4.97	8.67	8.79	8.83
B5 (5.0%)	7.6	8.71	8.81	8.85
B6 (7.5%)	1.01	8.61	8.84	8.87
AQ 10	2.07	8.65	8.76	8.80
AQ 20	2.64	8.61	8.78	8.81
AQ 30	1.99	8.70	8.77	8.82
J	2.13	8.70	8.77	8.82
S	1.31	8.66	8.79	8.81
K	0.03	8.64	8.73	8.80
CAC 406	1.15	8.78	8.90	8.94



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานหล่อ กับ ปริมาณธาตุบิสมัท
ในโลหะผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

เพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบเราจึงนำค่าความหนาแน่นที่วัดได้(Casting density)มาเทียบกับค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณทั้งสองแบบ โดยใช้สมการที่ 9 เราจะได้เป็นค่ารูพรุนในชิ้นงาน (%Porosity) ดังแสดงในตารางที่ ก.3 และ ก.4 ในภาคผนวก ก.

$$\%Porosity = \frac{(\rho_{ref} - \rho_c)}{\rho_{ref}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

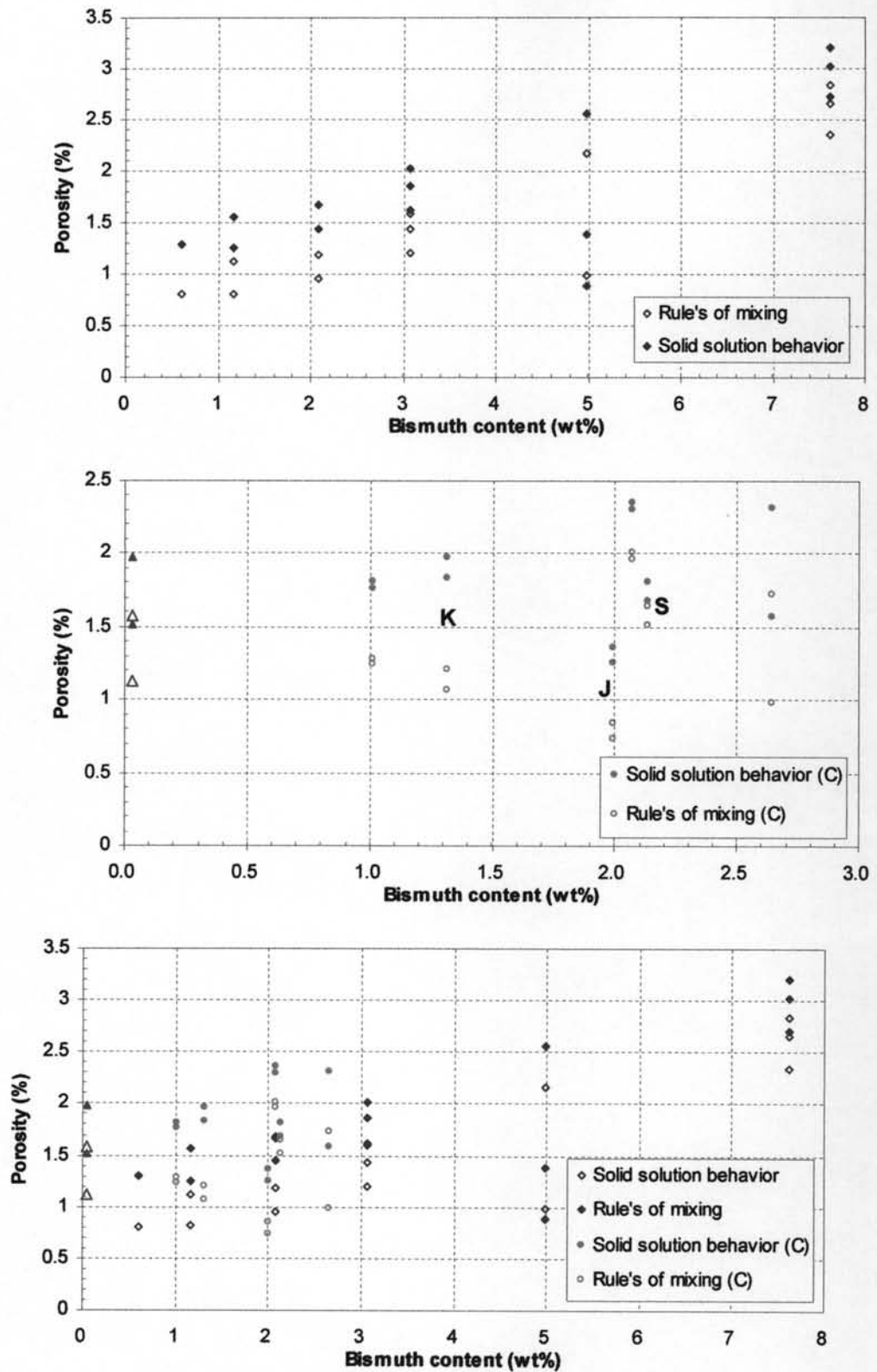
ρ_{ref} = reference density

ρ_c = casting density

รูปที่ 4.4 a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ารูพรุนกับปริมาณของบิสมีทในโลหะทองแดงผสมไม่เจือตะกั่ว ในกลุ่มของ Bismuth series จะเห็นว่า ค่ารูพรุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ค่ารูพรุนที่เราคำนวณได้จากการใช้ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณโดยอ้างอิงพฤติกรรมการเป็นสารละลายของแข็งนั้นมีค่ามากกว่าค่ารูพรุนที่เราใช้ค่าความหนาแน่นจากการคำนวณที่ใช้กฎของการผสม

รูปที่ 4.4 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ารูพรุนกับปริมาณของบิสมีทในโลหะทองแดงผสมไม่เจือตะกั่ว ในกลุ่มของ Commercial alloy ก็จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับกลุ่มของ Bismuth series

รูปที่ 4.4 c) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ารูพรุนกับปริมาณของบิสมีทในโลหะทองแดงผสมไม่เจือตะกั่ว ของทั้งสองกลุ่ม จะเห็นว่าแนวโน้มของค่ารูพรุนที่ได้จากการคำนวณทั้งสองแบบนี้ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันถึงแม้ในกลุ่ม commercial alloy จะมีส่วนผสมแตกต่างออกไปจากกลุ่มของ Bismuth series ซึ่งทำให้เราพอจะสรุปได้ว่าปริมาณของบิสมีทที่มากขึ้นมีผลกระทบต่อเกิดการเกิดรูพรุนที่เพิ่มมากขึ้น

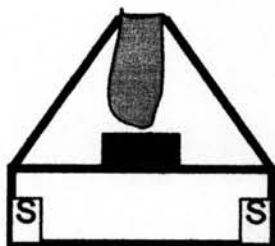


รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ารูพรุนกับปริมาณของบิสมาท์ในโลหะผสม

a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

2) ค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วน

เนื่องจากมีสมมติฐานว่าในบริเวณใจกลางใต้ส่วนของ Pipe volume จะเรียกว่า C นั้น จะมีรูพรุน (Porosity) อยู่มากกว่าในส่วนที่เป็นขอบของชิ้นงานซึ่งจะเรียกว่า S จึงได้ทำการตัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.5 ในบริเวณทั้งสองส่วนดังกล่าว เพื่อหาค่าความหนาแน่นดังตารางที่ ก.7 และ ก.8 ในภาคผนวก ก.

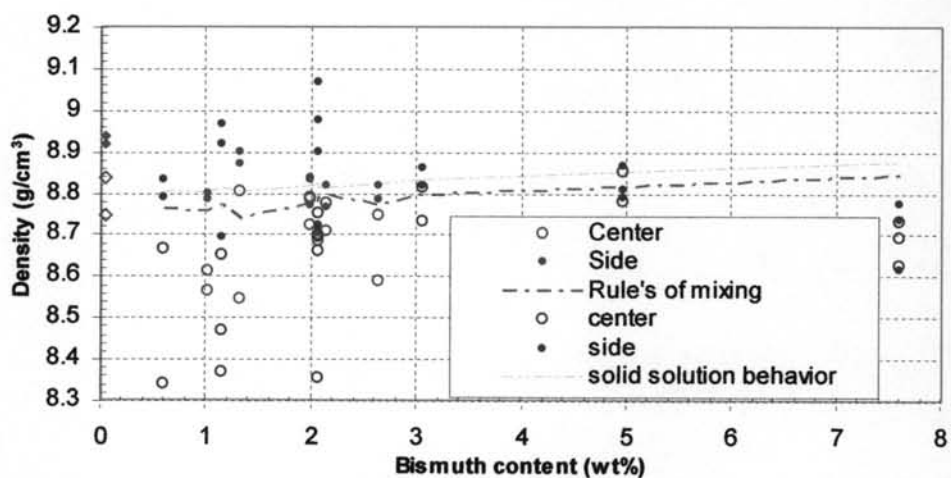
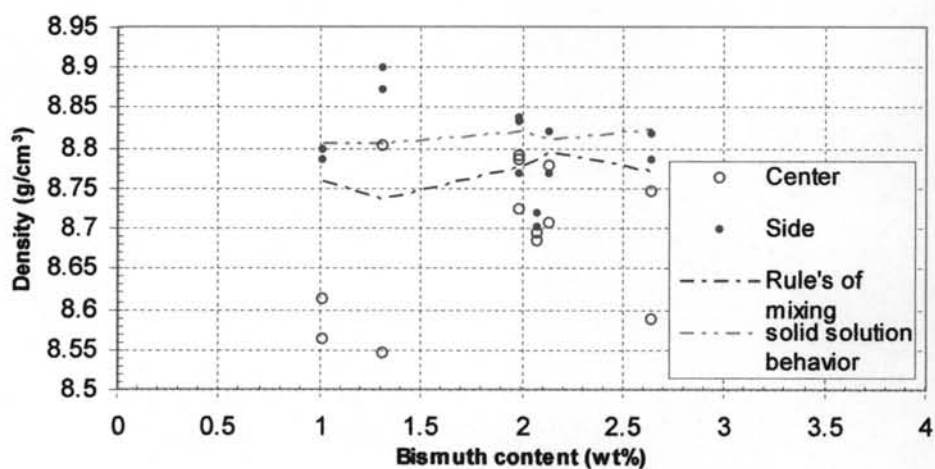
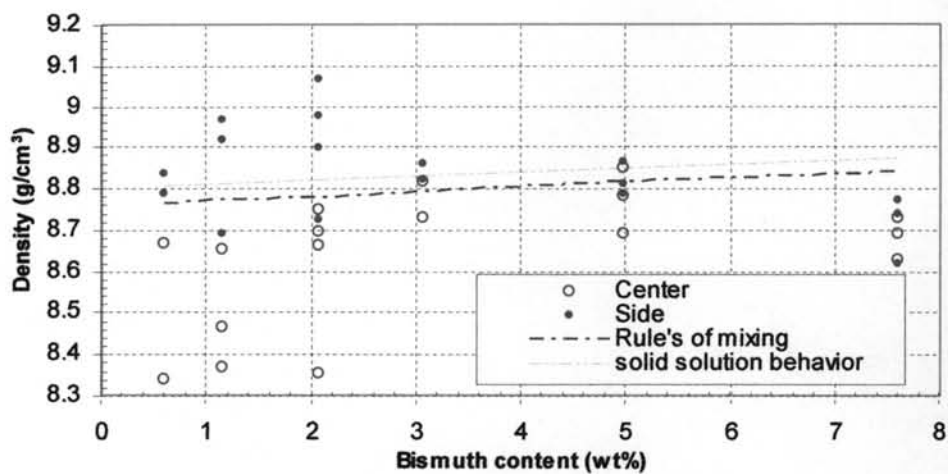


รูปที่ 4.5 แสดง บริเวณชิ้นงานที่ถูกตัดออกมาเพื่อทำการหาค่าความหนาแน่น

รูปที่ 4.6 a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นบริเวณ C และ S กับ ปริมาณ ธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ในกลุ่ม Bismuth series จากกราฟจะเห็นว่า บริเวณ S จะมีความหนาแน่นมากกว่า C เพราะเป็นส่วนที่เกิดการแข็งตัวก่อน ส่วนบริเวณ C ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า เป็นไปได้ว่าเกิดจากการเกิดรูพรุนเพราะเป็นบริเวณที่เกิดการแข็งตัวเป็นส่วนใหญ่ ในช่วงปริมาณบิสมีทต่ำกว่า 2% จะเห็นความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อปริมาณบิสมีทเพิ่มมากขึ้นจะเห็นว่าความแตกต่างลดลง จุดเกือบจะไม่แตกต่าง และเมื่อปริมาณบิสมีทเพิ่มสูง 7.5% จะเห็นว่า ค่าความหนาแน่นที่ได้ทั้งสองบริเวณมีค่าต่ำกว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณ จึงเป็นไปได้ว่าเกิด รูพรุนภายในชิ้นงานในปริมาณมาก และเกิดการกระจายตัวไปทั่วบริเวณชิ้นงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกล

รูปที่ 4.6 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นบริเวณ C และ S กับ ปริมาณ ธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ในกลุ่ม ของ commercial ก็ จะเห็นว่า ค่าความหนาแน่น บริเวณ S มากกว่า C เช่นเดียวกัน

รูปที่ 4.6 c) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นบริเวณ C และ S กับ ปริมาณ ธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสมของทั้งสองกลุ่มจะเห็นว่า จะเห็นถึงแนวโน้มเดียวกัน ทำให้พอจะสามารถบอกได้ว่า ปริมาณของ บิสมีทในโลหะทองแดงผสมมีนัยยะต่อค่าความหนาแน่นในแต่ละส่วน



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นบริเวณ C และ E กับ ปริมาณธาตุบิสมัทในโลหะทองแดงผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

4.2 คุณสมบัติทางกล

เรานำชิ้นงานที่ถูกหล่อในแบบหล่อทราย CO₂ แบบ A ในมาตรฐาน JIS H5120 มาทำการทดสอบทางกลโดยให้ผลการทดสอบดังตารางที่ ข.1 และ ข.2 ส่วนชิ้นงานแบบหล่อโลหะแบบ E ให้ค่าดังตารางที่ ข.3 และ ข.4

รูปที่ 4.7 a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ของกลุ่ม bismuth series จะเห็นได้ว่า เมื่อเราเพิ่มปริมาณของบิสมีททำให้ค่าความเค้นลดลง และ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก็ลดลงเช่นเดียวกัน

รูปที่ 4.7 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ของกลุ่ม commercial alloy แสดงให้เห็นว่า เมื่อเราเพิ่มปริมาณของบิสมีททำให้ค่าความเค้นลดลง และ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก็ลดลงเช่นเดียวกัน

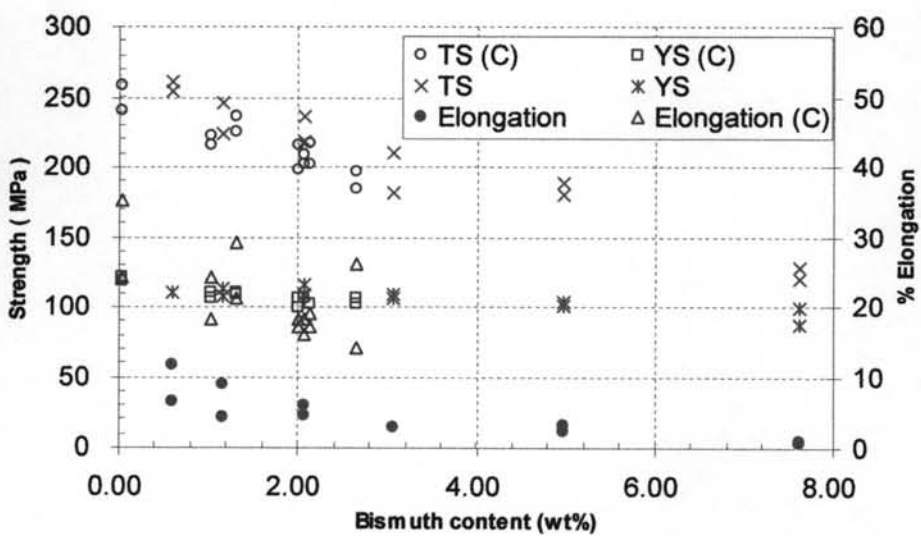
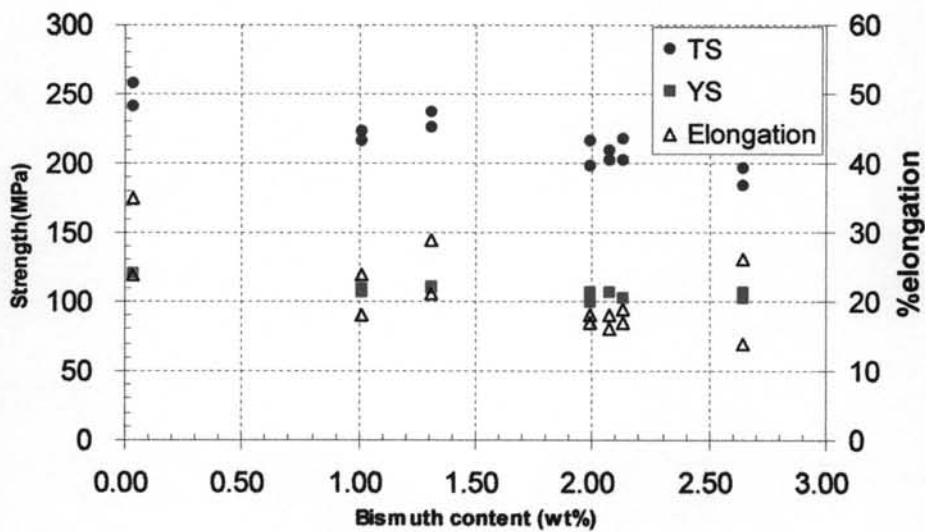
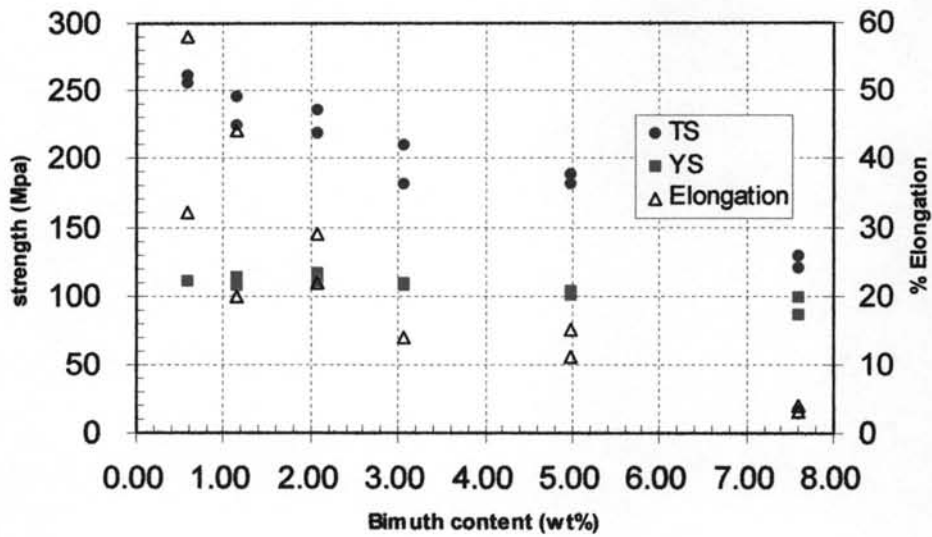
กับกลุ่ม bismuth series

รูปที่ 4.7 c) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึง ความเค้นจุดคราก และ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว กับ ปริมาณของธาตุบิสมีทในโลหะทองแดงผสม ของทั้งสองกลุ่ม แสดงให้เห็นค่า ความเค้น และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของโลหะทองแดงผสมทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณบิสมีทในโลหะทองแดงผสมเพิ่มขึ้น

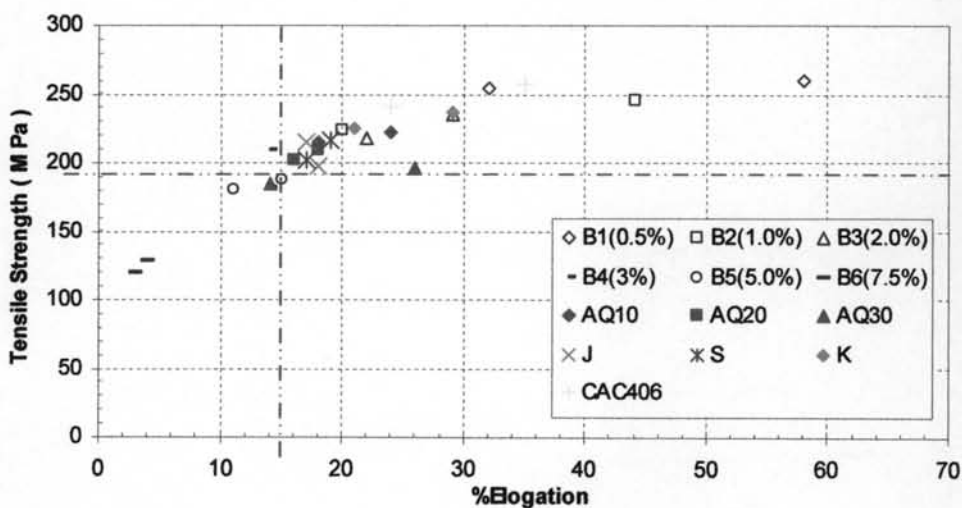
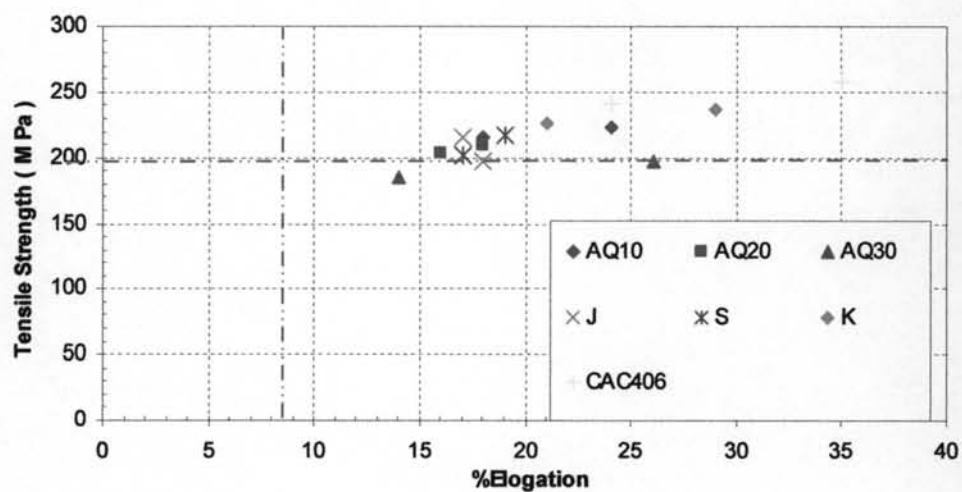
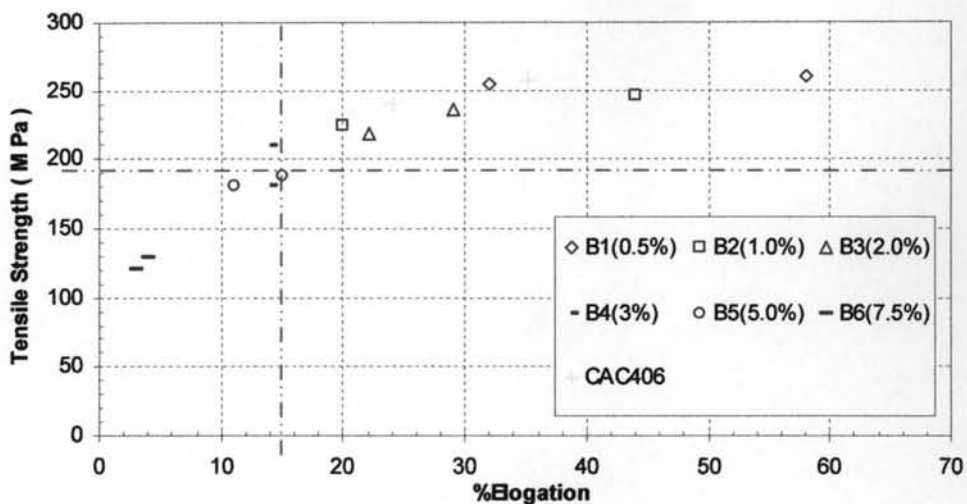
จากรูปที่ 4.8 a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึงกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของกลุ่ม bismuth series จะเห็นว่า เมื่อปริมาณบิสมีทในโลหะทองแดงผสมแบบไม่เจือตะกั่ว นั้น มีมากกว่า ประมาณ 2.5 % แล้ว จะพบว่า ค่าความเค้นแรงดึงหรือ ค่า % การยืดตัว ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ของ มาตรฐาน JIS ของ CAC406 ทำให้สรุปได้ว่า ไม่ควรมีปริมาณบิสมีทมากกว่า 2.5%

จากรูปที่ 4.8 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึงกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของกลุ่ม commercial alloy จะเห็นได้ว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ของ JIS ของ CAC 406 ยกเว้นในตัวของ AQ30 ที่ไม่ผ่าน เพราะมีปริมาณบิสมีทถึง 3%

จากรูปที่ 4.8 b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึงกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของทุกกลุ่ม จะเห็นว่าในกลุ่ม commercial และ กลุ่ม bismuth series นั้น ให้แนวโน้มเหมือนกันคือ จะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน JIS ของ CAC 406 เมื่อมีปริมาณบิสมีทในเนื้อโลหะทองแดงผสมมากกว่า 2.5%



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึง ค่าความเค้นจุดคราก ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว กับปริมาณของธาตุบิสมัทในโลหะผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

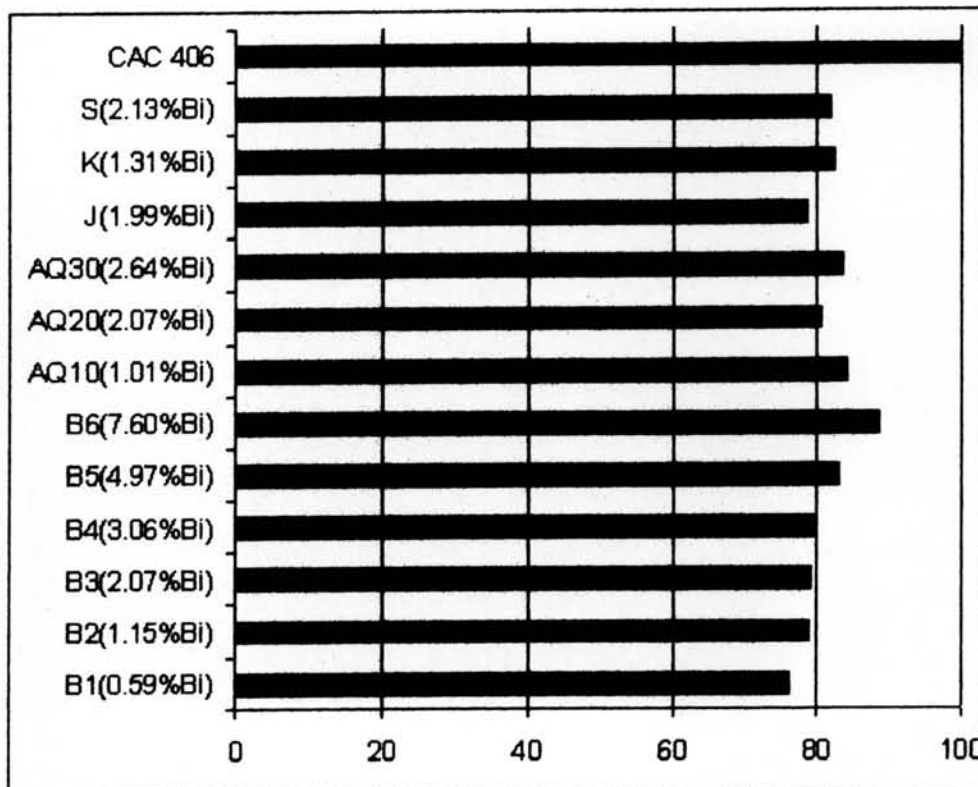


รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึงกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

4.3 คุณสมบัติการกลึงไส้กัดเจาะ

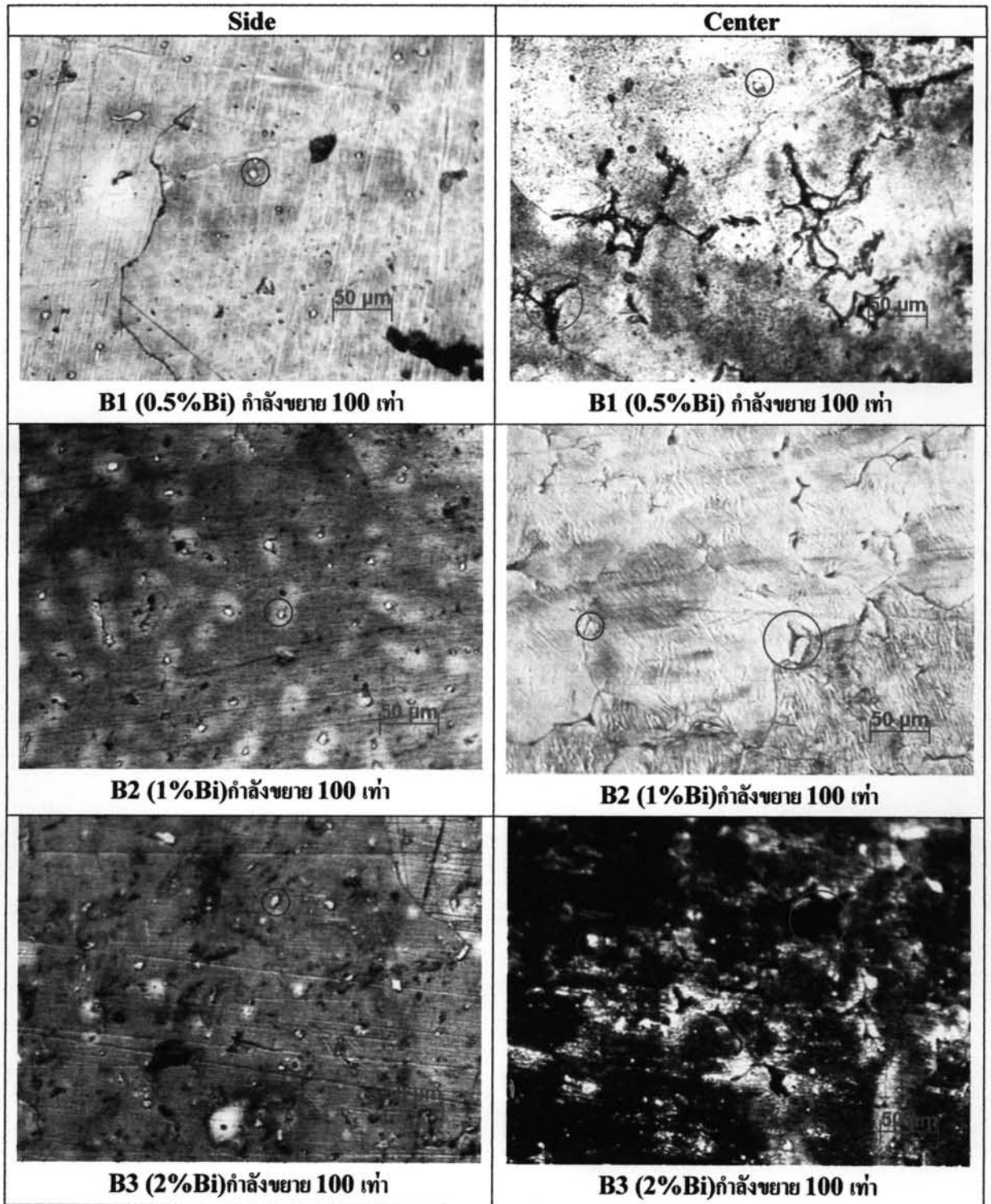
ในการทดสอบเราตรวจวัดค่าแรงที่ใช้ F_1 , F_2 , F_3 และมาคำนวณหาค่า ความต้านทานการกัด โดยที่ $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + F_3^2$ ดังแสดงในตารางที่ ข.5 และ ข.6 หลังจากนั้นเรานำค่า P (Cutting Resistance) มาแปลงเพื่อเปรียบเทียบกับ CAC406 โดยเรียกว่า ค่า Machinability Index โดย จะมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างแรงเฉลี่ย P ที่ใช้ในการแปรรูป CAC406 ต่อแรงเฉลี่ย P ที่ใช้ในการแปรรูป โลหะทองแดงผสมนั้นๆ จะได้ค่าดังตารางที่ ข.7 จากนั้นเรานำค่าที่ได้มาทำเป็นเป็นแผนภูมิดังแสดงในรูปที่ 4.9 จากการศึกษาในกระบวนการผลิต ถ้า ค่า machinability index มีค่าเทียบเท่าหรือมากกว่า 80% ของ CAC406 นั้นสามารถยอมรับได้ในการผลิต จะเห็นได้ว่า จะต้องมียิบสมัทมากกว่า 3% แต่ใน กรณี ของ keep alloy ซึ่งมี ยิบสมัทเพียง 1.3% และ AQ10 ที่มียิบสมัทเพียง 1.01% แต่มีปริมาณสังกะสีมากกว่ากลุ่ม Bismuth series ก็สามารถผ่านเกณฑ์ได้ เช่นเดียวกับกับ Keep alloy, Safe alloy ที่มีปริมาณยิบสมัทเพียง 1.31, 2.13 แต่มีธาตุเรซินีเยมและ ที่มากกว่ากลุ่ม Bismuth series ทำให้เราเข้าใจได้ว่า สังกะสี และ เซเรเนียม ก็สามารถช่วยเพิ่มค่า machnability index ได้เช่นกัน



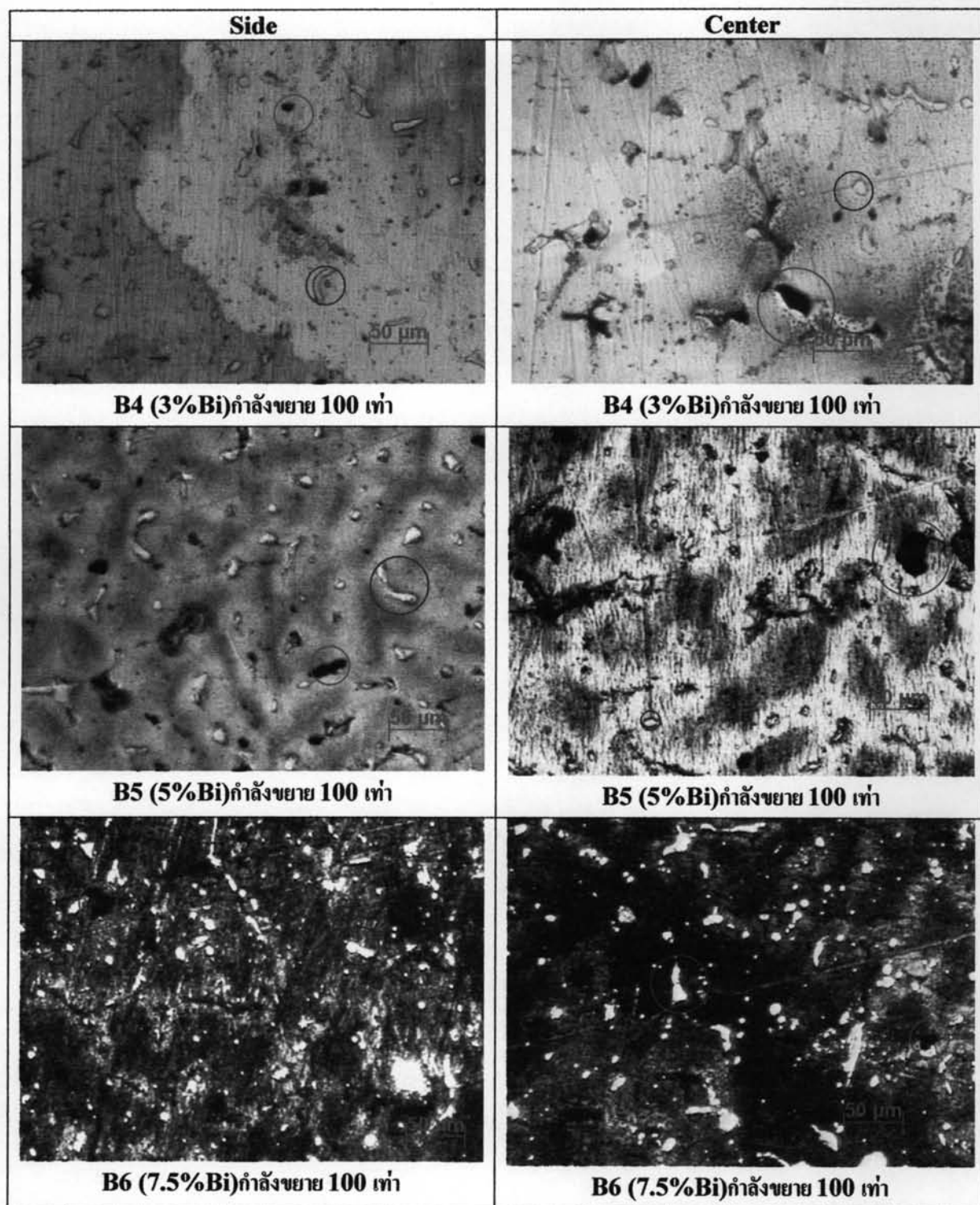
รูปที่ 4.9 แสดงค่า Machinability Index

4.4 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

เรานำชิ้นงานที่ทำการตรวจหาค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วน มาทำการขัดผิว ด้วยกระดาษทราย ตั้งแต่เบอร์ 300, 600, 800, 1000, 1200, 2000, และ 2500 หลังจากนั้นนำมาขัดด้วยผงเพชรขนาด 3 และ 1 ไมครอน ตามลำดับ และทำการกัดกรดด้วย สารละลาย 5 g $FeCl_3$, 20 ml H_2NO_3 100ml alcohol แล้วนำมาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของกลุ่ม bismuth series ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.10 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของกลุ่ม bismuth series ที่กำลังขยาย 100 เท่า(ต่อ)

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อปริมาณบิสมีท์มากขึ้นนั้นที่รูปร่างของบิสมีท์(เฟสสีอ่อนในวงกลมสีน้ำเงิน) มีการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะทรงกลมไปเป็นลักษณะที่กลมน้อยลง และ จะพบรูพรุน(ในวงกลมสีแดง) ในชิ้นงาน ก็เพิ่มมากขึ้น และในปริมาณบิสมีท์ที่เท่ากันในตำแหน่ง C จะพบรูพรุนมากกว่า ตำแหน่ง S โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีปริมาณบิสมีท์ต่ำกว่า 2% นั้น รูพรุนที่พบจะมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มที่มีปริมาณบิสมีท์มากกว่า 2% ที่มีรูพรุนเล็กกว่าแต่มีปริมาณที่มากกว่า

โดยภาพรวมของรูพรุนที่ตรวจพบจะพบในบริเวณที่ติดกับเนื้อของบิสมีท์ ซึ่งทำให้เราทราบถึงความเกี่ยวเนื่องกันระหว่างปริมาณบิสมีท์กับการเกิดรูพรุน

เมื่อเรานำผลการตรวจวัดค่าความหนาแน่นเฉพาะส่วนในรูปที่ 4.6 มาเทียบเราจะเห็นว่าเราสามารถอธิบายการความแตกต่างของความหนาแน่นที่บริเวณ C และ S ที่ปริมาณบิสมีท์ต่ำกว่า 2% เนื่องจากจากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคในรูปที่ 4.10 จะเห็น ณ บริเวณ C เราจะตรวจพบรูพรุนขนาดใหญ่ในชิ้นงานซึ่งส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลง ในขณะที่เดียวกันที่บริเวณ S เราแทบจะไม่ตรวจพบรูพรุนเลย แต่เมื่อปริมาณของบิสมีท์ในโลหะผสมมีเพิ่มมากขึ้นเราจะเริ่มตรวจพบ รูพรุนทั้งในบริเวณ C และ S มากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานทั้งสองบริเวณที่เราทำการวัดได้มีค่าลดลง