บทที่ 5
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

บทนี้เป็นการแสดงผลการทดสอบหัวเผาพลาสมาต้นแบบที่ได้จากการดำเนินงานตามขั้นตอนดังแสดงไว้ในบทที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาและรายละเอียดดังนี้

5.1 มิติเปลวพลาสมา

จากการทดสอบหัวเผาพลาสมาต้นแบบโดยทำการปรับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ใช้เป็น Carrier Gas เท่ากับ 0.006 kg/s และปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 30 A , 40 A และ 50 A (DC) ตามลำดับ ที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 380 V พบว่าเปลวพลาสมามีความยาวเฉลี่ยในแนวแกน (Axial Position) 10 cm และความกว้างเฉลี่ยในแนวรัศมี (Radial Position) 3 cm ในทุกค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

รูป 5.1 ขนาดของเปลวพลาสมาในแนวแกน (Axial Position) และแนวรัศมี (Radial Position)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 ผลการทดสอบ

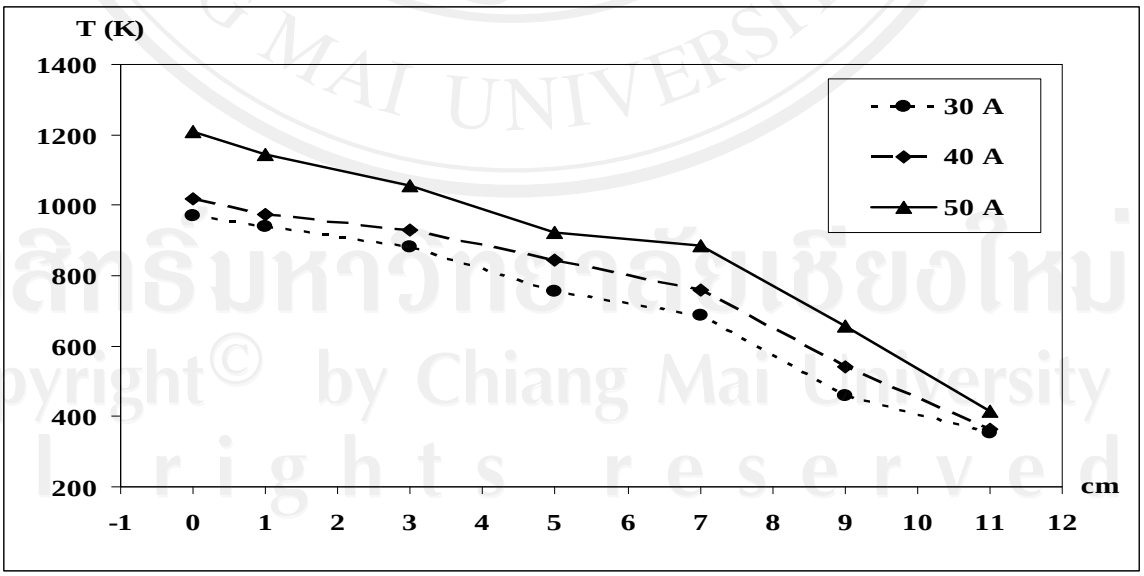
5.2.1 ผลการวัดอุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมา

ผลการวัดอุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมาที่ระยะ L_1= 0.0 cm, L_2 = 1.0 cm, L_3 =3.0 cm, L_4 = 5.0, L_5 = 7.0 cm , L_6 = 9.0 cm และ L_7 = 11.0 cm ตามลำดับดังที่ได้แสดงวิธีการวัดในรูปที่ 4.8 โดยทำการปรับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ใช้เป็น

Carrier Gas เท่ากับ 0.006 kg/s และปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 30 A , 40 A และ 50 A (DC) ตามลำดับ ที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 380 V ได้ผลดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมา

กระแสไฟฟ้า (A)	อุณหภูมิที่ระยะต่างๆ (K)						
	0.0 cm	1.0 cm	3.0 cm	5.0 cm	7.0 cm	9.0 cm	11.0 cm
30	971	940	881	756	688	460	354
40	1018	974	928	845	760	542	364
50	1210	1144	1056	924	885	657	414



รูป 5.2 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

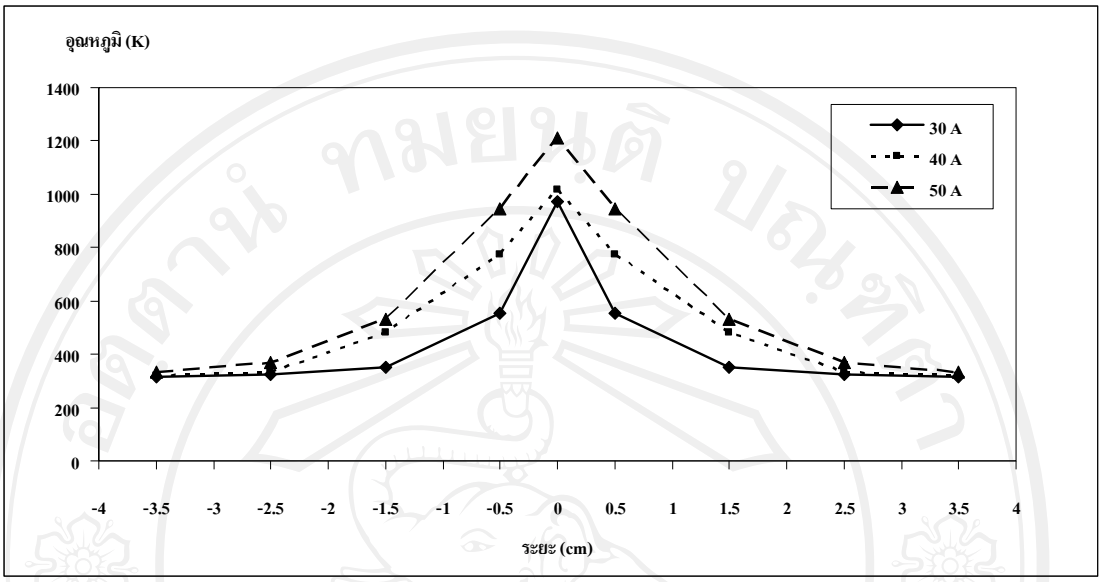
5.2.2 ผลการวัดอุณหภูมิในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมา

ผลการวัดอุณหภูมิในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมาที่ระยะ L_1=0 cm, L_2=0.5 cm, L_3=1.5 cm, L_4=2.5 และ L_5=3.5 cm ตามลำดับ ดังที่ได้แสดงวิธีการวัดในรูปที่ 4.9 โดยทำการปรับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ใช้เป็น Carrier Gas เท่ากับ 0.006 kg/s และปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขัวอิเล็กโทดเท่ากับ 30 A, 40 A และ 50 A (DC) ตามลำดับ ที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 380 V ได้ผลดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 อุณหภูมิในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมา

กระแสไฟฟ้า (A)	อุณหภูมิที่ระยะต่างๆ (K)				
	0 cm	0.5 cm	1.5 cm	2.5 cm	3.5 cm
30	971	553	351	324	317
40	1018	776	481	333	318
50	1210	945	532	367	335

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 5.3 อุณหภูมิในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมา

5.2.3 ผลทดสอบการเผาทำลายขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง

หัวเผาพลาสมาต้นแบบใช้เวลา 2 นาทีในการเผาทำลายแผงวงจรคอมพิวเตอร์น้ำหนัก 200 g ที่ใช้เป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง และหัวเผาพลาสมาต้นแบบสามารถสร้างอุณหภูมิในห้องเผาจำลองขนาดห้องปฏิบัติการได้สูงสุด 1099 K เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 50 A (DC) ที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 380 V ให้กับขั้วอิเล็กโทด การแปรสภาพของขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างตามระยะเวลาการเผาทำลายแสดงดังรูป 5.4 – 5.7

รูป 5.4 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างก่อนการเผาทำลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 5.5 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างที่มีการแปรสภาพหลังการเผาทำลาย 25 วินาที

รูป 5.6 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างที่มีการแปรสภาพหลังการเผาทำลาย 1 นาที

รูป 5.7 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่างที่มีการแปรสภาพหลังการเผาทำลาย 2 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3 ผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อน

5.3.1 ผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศโดยตรง

จากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาสู่บรรยากาศโดยตรงให้ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม CFD ดังนี้

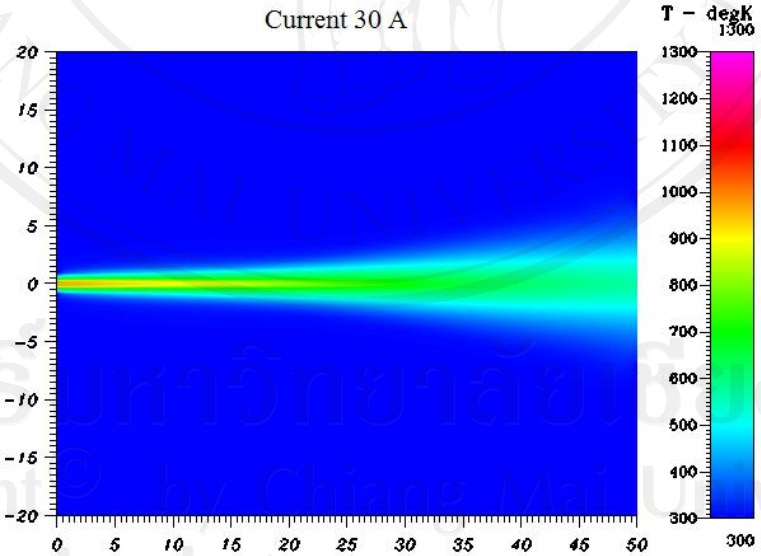
ตาราง 5.3 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) จากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาสู่บรรยากาศโดยตรง

กระแสไฟฟ้า (A)	อุณหภูมิที่ระยะต่างๆ (K)						
	0.0 cm	1.0 cm	3.0 cm	5.0 cm	7.0 cm	9.0 cm	11.0 cm
30	971	965	959	908	836	775	729
40	1018	1010	1004	948	872	806	542
50	1210	1200	1194	1124	1027	945	882

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

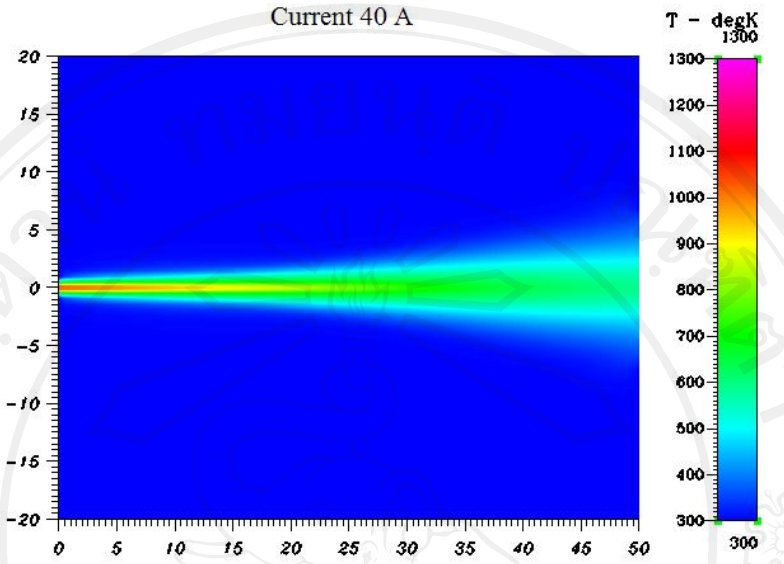
ตาราง 5.4 อุณหภูมิในแนวรัศมี (Radial Position) จากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาสู่บรรยากาศโดยตรง

กระแสไฟฟ้า (A)	อุณหภูมิที่ระยะต่างๆ (K)				
	0 cm	0.5 cm	1.5 cm	2.5 cm	3.5 cm
30	971	421	364	343	324
40	1018	520	414	353	330
50	1210	647	441	373	333

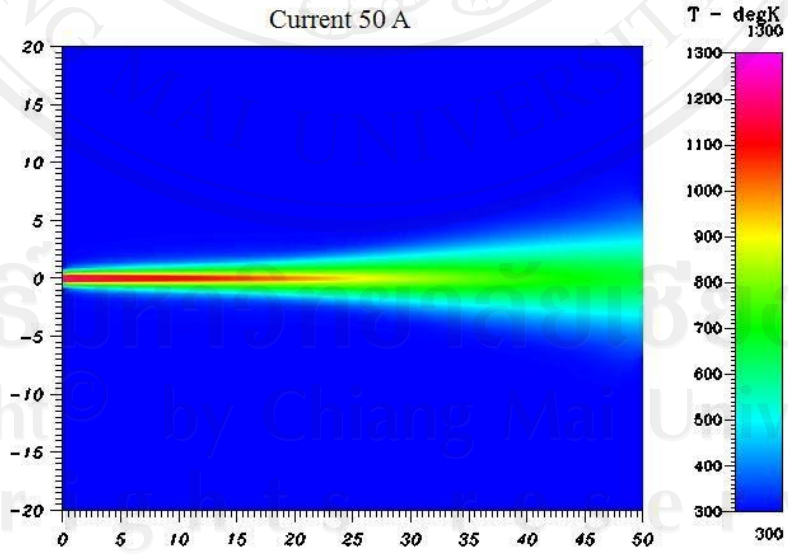


รูป 5.8 แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 30 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 5.9 แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 40 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด



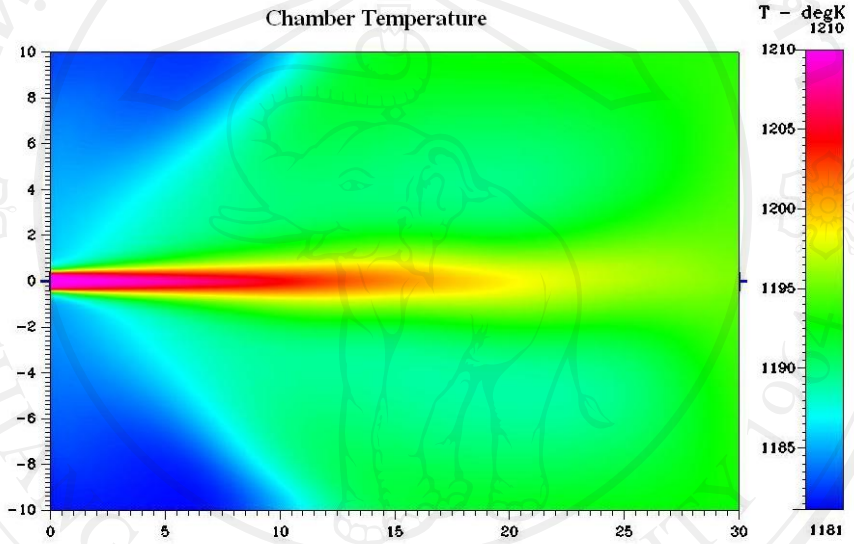
รูป 5.10 แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 50 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3.2 ผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนสู่ห้องเผาจำลอง

จากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาสำหรับกรณีการถ่ายเทความร้อนสู่ห้องเผาจำลองให้ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม CFD ดังนี้

- อุณหภูมิใจกลางห้องเผาจำลองเท่ากับ 1201 K
- อุณหภูมิทางออกห้องเผาจำลองเท่ากับ 1195 K



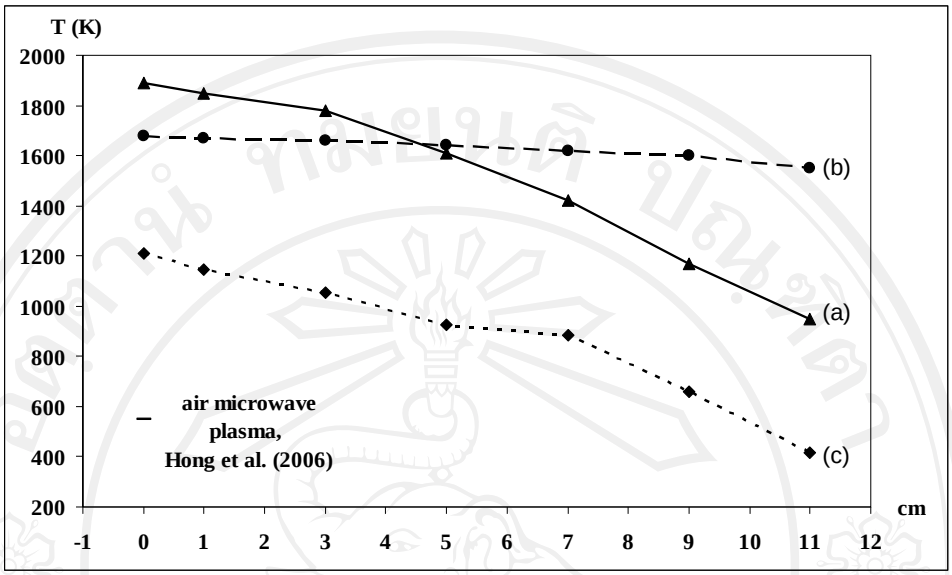
รูป 5.11 แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนภายในห้องเผาจำลอง
ด้วยโปรแกรม CFD เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 50 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

5.4 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

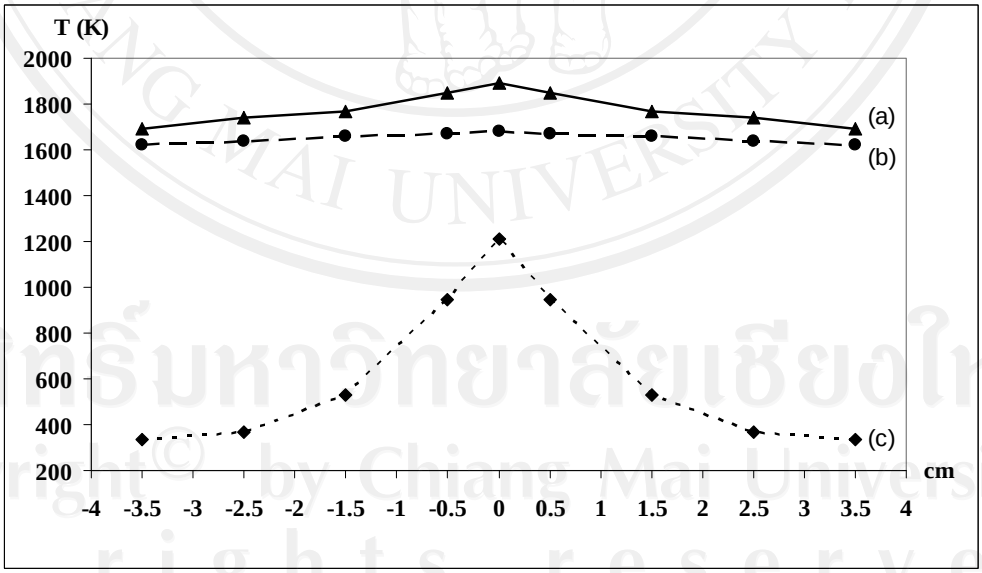
5.4.1 อุณหภูมิพลาสมาของหัวเผาพลาสมาต้นแบบกับอุณหภูมิ Microwave Plasma ของ Bang et al. (2006)

ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากหัวเผาพลาสมาต้นแบบที่ใช้หลักการสร้างพลาสมาด้วยสนามไฟฟ้ากำลังสูงซึ่งใช้อากาศ 0.006 kg/s เป็น Carrier Gas และจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 50 A (DC) ที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 380 V ให้กับขั้วอิเล็กโทดกับอุณหภูมิ Microwave Plasma ของ Bang et al. (2006) ที่ใช้ก๊าซผสม (a) 60-L/min swirl air + mixture of 10-L/min CH_4 and 40L/min air, (b) 40-L/min swirl air + mixture of 10-L/min CH_4 and 60L/min air และ (c) อุณหภูมิพลาสมาของหัวเผาพลาสมาต้นแบบได้ผลดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 5.12 อุณหภูมิที่วัดได้ในแนวแกนของเปลวพลาสมาจากหัวเผาต้นแบบกับอุณหภูมิ Microwave Plasma (Bang et al., 2006)



รูป 5.13 อุณหภูมิที่วัดได้ในแนวรัศมีของเปลวพลาสมาจากหัวเผาต้นแบบกับอุณหภูมิ Microwave Plasma (Bang et al., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวเผาพลาสมาต้นแบบสามารถสร้างพลาสมาที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 1210 K สูงกว่าอุณหภูมิ Microwave Plasma ที่ใช้อากาศเป็น Carrier Gas เพียงชนิดเดียวของ Bang et al. (2006)ซึ่งทำอุณหภูมิเปลวพลาสมาได้สูงสุดเท่ากับ 600 K แต่อุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากหัวเผาพลาสมาต้นแบบจะต่ำกว่าอุณหภูมิ Microwave Plasma ที่ใช้ก๊าซผสม (a) 60-L/min swirl air + mixture of 10-L/min CH_4 and 40L/min air เป็นCarrier Gas ที่ทำอุณหภูมิเปลวพลาสมาได้สูงสุดเท่ากับ 1890 K และ Microwave Plasma ที่ใช้ก๊าซผสม (b) 40-L/min swirl air + mixture of 10-L/min CH_4 and 60-L/min air เป็น Carrier Gas ที่ทำอุณหภูมิเปลวพลาสมาได้สูงสุดเท่ากับ 1690 K ตามลำดับ

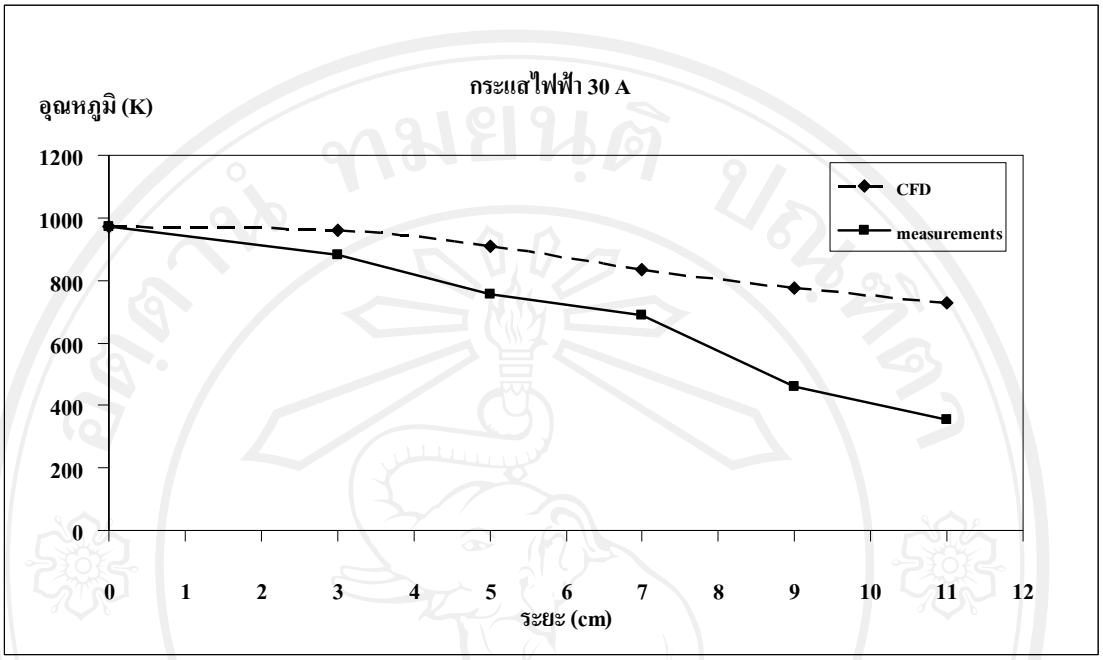
5.4.2 อุณหภูมิที่วัดจากจุดต่างๆ ในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมากับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD

ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดจากจุดต่างๆในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมากับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD ได้ผลดังนี้

ตาราง 5.5 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมาที่ได้จากการวัดและจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (CFD) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด 30 A (DC)

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 30 A (DC)			
ระยะ (cm)	measurements	CFD	error %
0.0	971	971	0.0
1.0	940	965	2.67
3.0	881	959	8.89
5.0	756	908	20.1
7.0	688	836	21.5
9.0	460	775	68.5
11.0	354	729	105.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

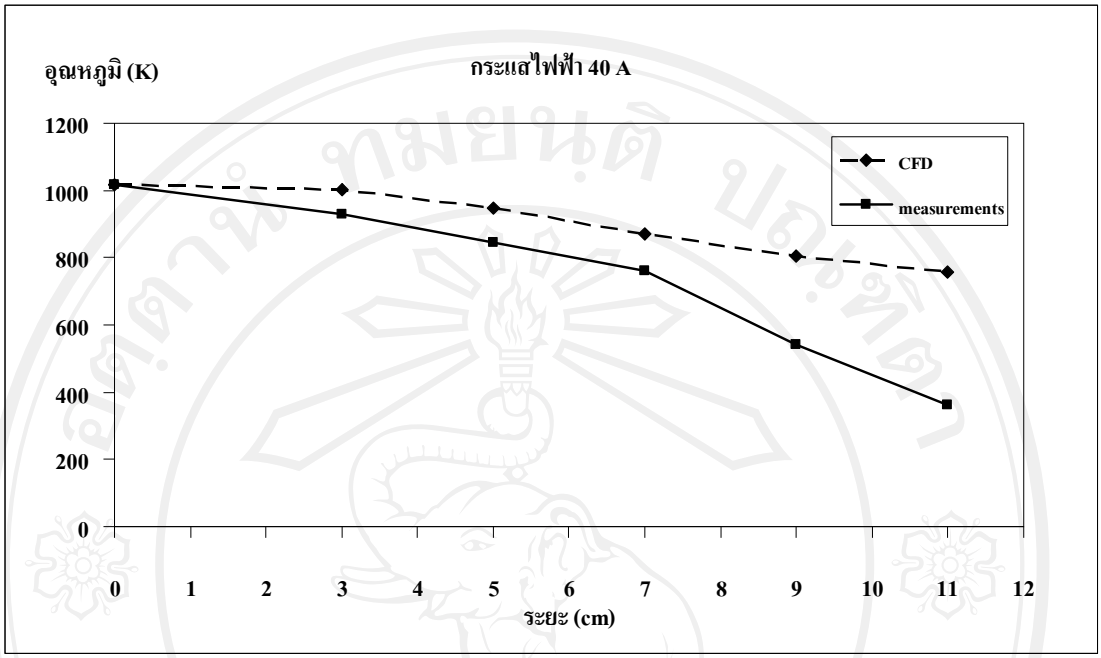


รูป 5.14 อุณหภูมิที่วัดได้ในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมา
กับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 30 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

ตาราง 5.6 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมาที่ได้จากการวัดและจาก
แบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (CFD) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด 40 A (DC)

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 40 A (DC)			
ระยะ (cm)	measurements	CFD	error %
0.0	1018	1018	0.0
1.0	974	1010	3.7
3.0	928	1004	8.2
5.0	845	948	12.2
7.0	760	872	14.7
9.0	542	806	48.7
11.0	364	542	48.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

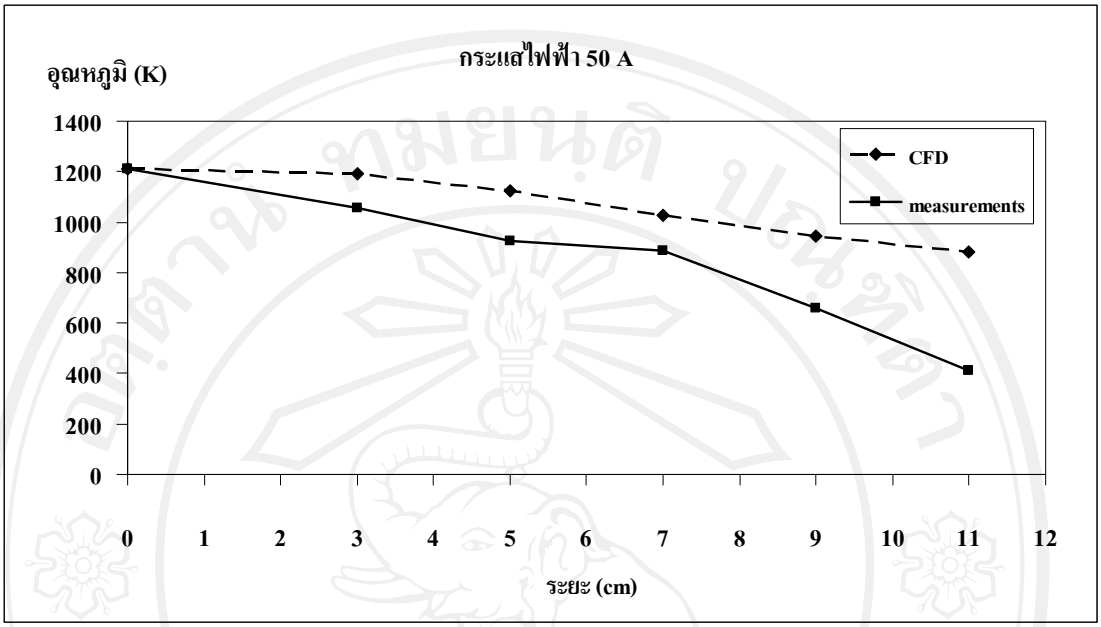


รูป 5.15 อุณหภูมิที่วัดได้ในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมา
กับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 40 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

ตาราง 5.7 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมาที่ได้จากการวัดและจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (CFD) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด 50 A (DC)

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 50 A (DC)			
ระยะ (cm)	measurements	CFD	error %
0.0	1210	1210	0
1.0	1144	1200	4.9
3.0	1056	1194	13.1
5.0	924	1124	21.6
7.0	885	1027	16.0
9.0	657	945	43.8
11.0	414	882	113.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 5.16 อุณหภูมิที่วัดได้ในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมา
กับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 50 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

จากผลการทดสอบและผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนพบว่า อุณหภูมิที่วัดจากจุดต่างๆในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมากับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ อุณหภูมิสูงสุดของเปลวพลาสมาเกิดขึ้นที่ปากทางออกของหัวเผาและอุณหภูมิจะลดลงเมื่อระยะห่างตามแนวแกน (Axial Position) เพิ่มขึ้น แต่หากทำการเปรียบข้อมูลที่ได้จากการวัดกับผลที่ได้จากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนพบว่าค่าความผิดพลาด (Error) ของแบบจำลองมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะห่างมากขึ้น ซึ่งจากค่าความผิดพลาดที่สูงขึ้นนั้นทำให้แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนสามารถทำนายผลการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาในแนวแกน (Axial Position) ที่ระดับค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 15% ได้ในช่วงระยะห่างจากปากหัวเผา 0 cm - 3 cm เท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

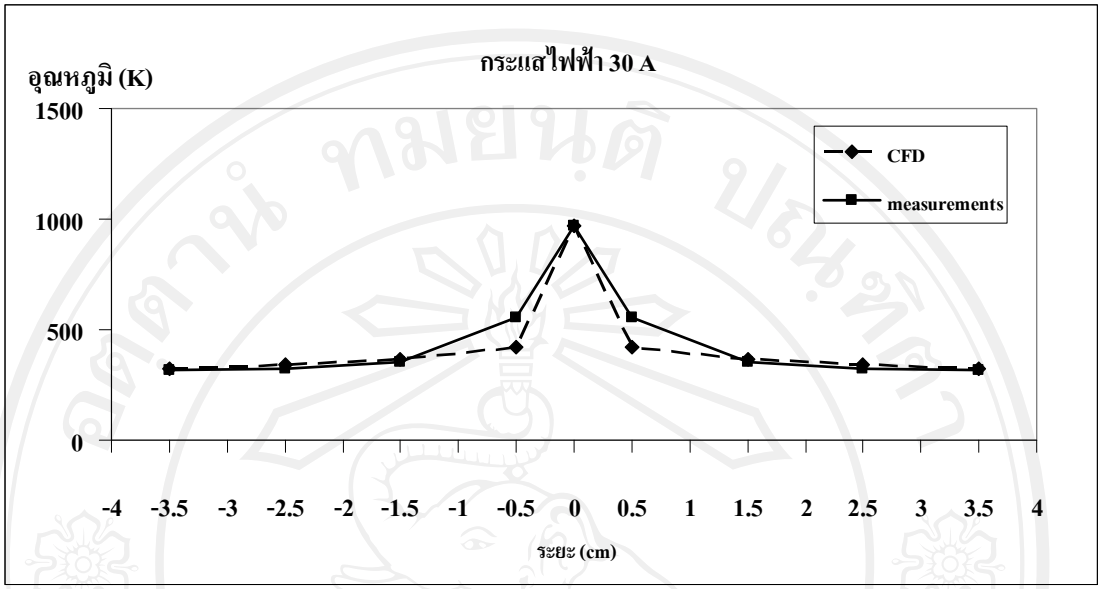
5.4.3 อุณหภูมิที่วัดจากจุดต่างๆ ในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาด้วยโปรแกรม CFD

ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดจากจุดต่างๆ ในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมากับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD ได้ผลดังนี้

ตาราง 5.8 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Radial Position) ของเปลวพลาสมาที่ได้จากการวัดและจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (CFD) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด 30 A (DC)

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 30 A (DC)			
ระยะ (cm)	measurements	CFD	error %
0.0	971	971	0.0
0.5	553	421	23.9
1.5	351	364	3.7
2.5	324	343	5.9
3.5	317	324	2.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

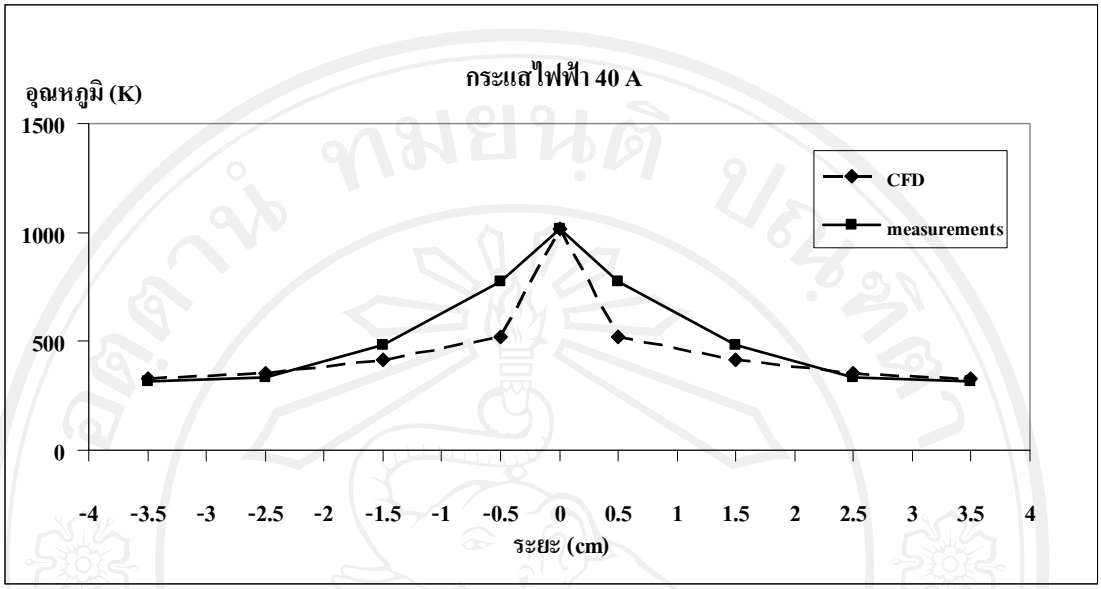


รูป 5.17 อุณหภูมิที่วัดได้แนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมา
กับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 30 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

ตาราง 5.9 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Radial Position) ของเปลวพลาสมาที่ได้จากการวัดและจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (CFD) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด 40 A (DC)

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 40 A (DC)			
ระยะ (cm)	measurements	CFD	error %
0.0	1018	1018	0.0
0.5	776	520	33.0
1.5	481	414	14.0
2.5	333	353	6.0
3.5	318	330	3.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

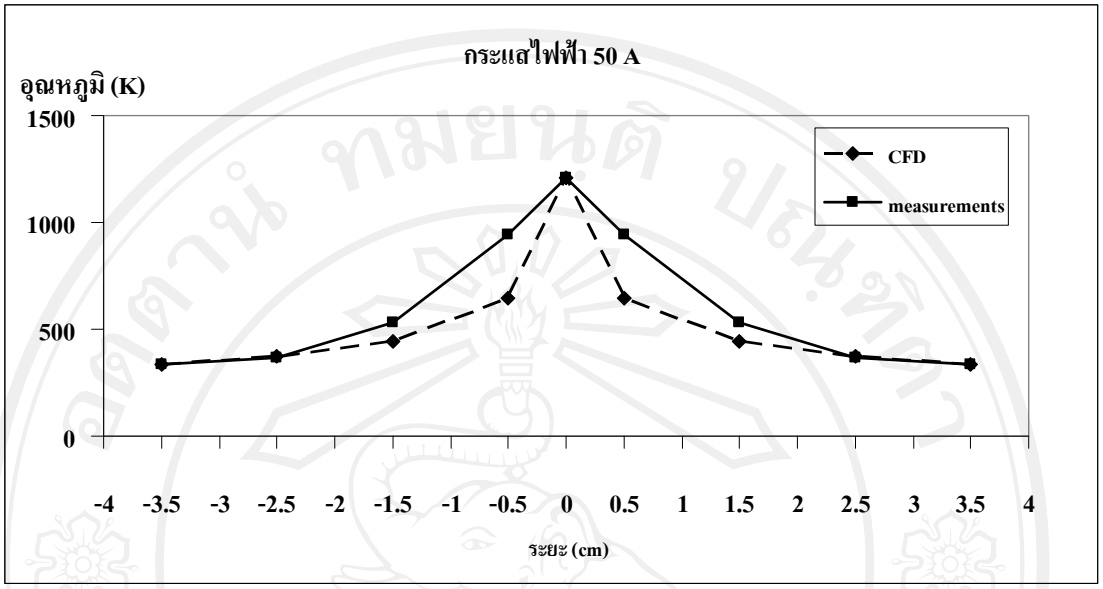


รูป 5.18 อุณหภูมิที่วัดได้แนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมา
กับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 40 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

ตาราง 5.10 อุณหภูมิในแนวแกนกลาง (Radial Position) ของเปลวพลาสมาที่ได้จากการวัดและจาก
แบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (CFD) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด 50 A (DC)

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 40 A (DC)			
ระยะ (cm)	measurements	CFD	error %
0.0	1210	1210	0.0
0.5	945	647	31.5
1.5	532	441	17.1
2.5	367	373	1.6
3.5	335	333	0.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 5.19 อุณหภูมิที่วัดได้แนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมา
กับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 50 A (DC) ให้กับขั้วอิเล็กโทรด

จากผลการทดสอบและผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนพบว่า อุณหภูมิที่วัดจากจุดต่างๆในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมากับผลจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรม CFD มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ อุณหภูมิสูงสุดของเปลวพลาสมาเกิดขึ้นที่ปากทางออกของหัวเผาและอุณหภูมิจะลดลงเมื่อระยะห่างตามแนวรัศมี (Radial Position) เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบข้อมูลที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนพบว่าค่าความผิดพลาด (Error) ของแบบจำลองมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อระยะห่างเท่ากับ 2.5 cm ซึ่งจากค่าความผิดพลาดที่ลดลงนี้ทำให้แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนสามารถทำนายผลการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาในแนวรัศมี (Radial Position) ที่ระยะห่างตั้งแต่ 2.5 cm ขึ้นไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4.4 อุณหภูมิที่วัดจากกลางห้องเผาจำลองเปรียบเทียบกับผลการจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาด้วยโปรแกรม CFD

อุณหภูมิที่วัดได้จากกลางห้องเผาจำลองเท่ากับ 1099 K ต่างจากผลของแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนสู่ห้องเผาจำลองด้วยโปรแกรม CFD ที่จำลองอุณหภูมิกลางห้องเผาได้เท่ากับ 1201 K คิดเป็นค่าความผิดพลาด (Error) เท่ากับ 9.3 %

5.5 วิเคราะห์ผล

อุณหภูมิสูงสุดในแนวแกนกลาง (Axial Position) ของเปลวพลาสมาวัดได้เท่ากับ 1210 K ที่ทางออกหัวฉีด (Nozzle) วิเคราะห์ได้ว่าที่จุดดังกล่าวเป็นจุดที่มีการแตกตัวของอิเล็กตรอนใน Carrier Gas สูงที่สุด ทั้งนี้สังเกตได้จากลักษณะของเปลวพลาสมาตามรูปที่ 5.1 ที่มีความกว้างเฉลี่ยในแนวรัศมีสูงสุดเกิดขึ้นที่ทางออกหัวฉีด (Nozzle) เช่นกัน อุณหภูมิของเปลวพลาสมาจะลดลงตามระยะห่างจากปากหัวเผาที่มากขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของอิเล็กตรอนใน Carrier Gas จะลดลงตามความดันก๊าซที่ลดลงด้วยซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการแตกตัวของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

หัวเผาพลาสมาต้นแบบใช้หลักการสร้างพลาสมาด้วยสนามไฟฟ้ากำลังสูงขนาด 19 kW สามารถสร้างพลาสมาที่มีอุณหภูมิสูงสุดได้สูงกว่าอุณหภูมิ Microwave Plasma ขนาด 1.5 kW ของ Bang et al. (2006) ในกรณีที่ใช้อากาศเป็น Carrier Gas เพียงชนิดเดียว เนื่องจากพลังงานที่จ่ายให้กับหัวเผาพลาสมาต้นแบบสูงกว่าพลังงานที่จ่ายให้กับ Microwave Plasma จึงทำให้อากาศที่เป็น Carrier Gas แตกตัวเป็นพลาสมาได้มากกว่าและให้ความร้อนสูงกว่า แต่ในกรณีที่ Microwave Plasma ใช้ Carrier Gas เป็นก๊าซผสม (a) 60-L/min swirl air + mixture of 10-L/min CH_4 and 40L/min air จะได้พลาสมาที่มีอุณหภูมิ 1890 K และ (b) 40-L/min swirl air + mixture of 10-L/min CH_4 and 60L/min air จะได้พลาสมาที่มีอุณหภูมิ 1680 K ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิพลาสมาดังกล่าวสูงกว่าอุณหภูมิพลาสมาของหัวเผาพลาสมาต้นแบบ ทั้งนี้เนื่องจากก๊าซผสมที่ใช้เป็น Carrier Gas มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งสามารถเกิดการสันดาปได้หากโมเลกุลของก๊าซนั้นแตกตัวเป็นพลาสมาไม่หมด สังเกตได้จากก๊าซผสมดังกล่าวมีส่วนผสมของอากาศทำให้การสันดาปอาจเกิดขึ้นได้ภายในท่อที่ใช้เป็นส่วนกำเนิดพลาสมาหรืออาจเกิดขึ้นหลังจากโมเลกุลของก๊าซเชื้อเพลิงที่ไม่แตกตัวเป็นพลาสมาหลุดออกมาผสมกับอากาศที่ปากท่อแล้วได้รับความร้อนจากเปลวพลาสมาจนเกิดการสันดาปให้ความร้อนเพิ่ม ส่งผลให้อุณหภูมิพลาสมาที่ได้จาก Microwave Plasma สูงกว่าอุณหภูมิพลาสมาของหัวเผาพลาสมาต้นแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนที่สมมุติให้กระแสก๊าซร้อน (Hot Jet Flow) เป็นตัวแทนของเปลวพลาสมาสามารถทำนายผลการถ่ายเทความร้อนในแนวแกน (Axial Position) ของเปลวพลาสมาที่ระดับค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 15% ได้เมื่อระยะห่างจากปากหัวเผาอยู่ในช่วง 0 - 3 cm เท่านั้นไม่สามรถทำนายผลนอกช่วงดังกล่าวได้ และสามารถทำนายการถ่ายเทความร้อนในแนวรัศมี (Radial Position) ของเปลวพลาสมาได้ที่ระดับค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 15% เมื่อระยะห่างเป็น 2.5 cm ขึ้นไปเท่านั้น ทั้งนี้ค่าความผิดพลาดของแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทพลังงานของอากาศสถานะพลาสมาแตกต่างจากพฤติกรรมการถ่ายเทพลังงานของอากาศสถานะก๊าซ ทั้งนี้เป็นอิทธิพลของปฏิกิริยาเคมีในเปลวพลาสมาซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในระดับโมเลกุล ทำให้เกิดการสร้างหรือสลายพันธะทางเคมีในองค์ประกอบของ Carrier Gas รวมถึงอิทธิพลจากประจุไฟฟ้าอิสระซึ่งเคลื่อนที่อยู่ภายในเปลวพลาสมามีพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลงตามพลังงานที่ลดลง ทำให้พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมามีความแตกต่างกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระแสก๊าซร้อน (Hot Jet Flow) ทั่วไป ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในระดับโมเลกุล จึงเป็นการยากที่จะจำลองการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาให้มีความถูกต้องและแม่นยำ ในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการใช้แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของกระแสก๊าซร้อน (Hot Jet Flow) ไม่สามารถทำนายผลการถ่ายเทความร้อนของเปลวพลาสมาได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved