

รายการอ้างอิง

- [1] สมนึก วัฒนศรีกุล, ศิริพร ดาวพิเศษ, วชิร ฉายสุวรรณ และ สุรัตน์ วรรณศรี . การศึกษาและพัฒนาคูณสมบัติของโลหะเงินเพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ . ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . (2543) :1-2 .
- [2] Aparecido Carlos Goncalves . Metallic Powder Injection Molding using Low Pressure . Journal of Materials Processing Technology . (2001) :193-198 .
- [3] H. Loh , S.B. Tor and K.A. Khor . Production of Metal Matrix Composite part by Powder Injection Molding . Journal of Materials Processing Technology . (2001) :398-407 .
- [4] N.H. Loh and R.M. German . Statistical Analysis of Shrinkage Variation for Powder Injection Molding . Journal of Materials Processing Technology . (1996) :278-284 .
- [5] Randall M. German and Animesh Bose . Injection Molding of Metals and Ceramics . Metal Powder Industries Federation .(1997) : 185-189
- [6] Baiyun Huang , Shuquan Liang and Xuanhui Qu . The Rheology of Metal Injection Molding . Journal of Materials Processing Technology . (2003) :132-137 .
- [7] Z.Y. Liu , N.H. Loh , S.B. Tor and K.A. Khor . Characterization of Powder Injection Molding Feedstock . Materials Charaterization . (2003) :313-320 .
- [8] www.dpim.go.th
- [9] H.H. Nersisyan , J.H. Lee , H.T. Son , C.W. Won and D.Y. Maeng . A New and Effective Chemical Method for Preparation of Nanosized Silver Powder and Colloid Dispersion . Materials Research Bulletin . (2003) : 949-956 .
- [10] A.I. Korchagin , N.K. Kuksanov , A.V. Lavrukhin , S.N. Fadeev , R.A. Salimov , S.P. Bardarkhanov , V.B. Goncharov , A.P. Suknev , E.A. Paukshtis , T.V. Larina , V.I. Zaikovskil , S.V. Bogdanov , B.S. Bal'zhinimaev . Production of Silver Nano-Powders by Electron Beam Evaporation . Surface Engineering , Surface Instrumentation & Vacuum Technology .(September 2004) : 1-7
- [11] T. Hartwig , G. Veltl , F. Petzoldt , H. Kunze , R. Scholl and B. Kieback . Powder for Metal Injection Molding . Journal of the European Ceramic Society .(1998) :1211-1216 .
- [12] E.R. Klar . Powder Metallurgy ASM Handbook . 7 (1990) : 147-148 .
- [13] R.Li , D.J.Kim , K.Yu , H. Liang and C. Bai . Study of Fine Silver Powder from AgOH Slurry by Hydrothermal Techniques . Journal of Materials Processing Technology . (2003) :55-59 .
- [14] Wu Songping and Meng Shuyuah . Preparation of Ultrafine Silver Powder using Ascorbic

- Acidas Reducing Agent and Its application in MLCI . Materials Chemistry and Physics . (2005) :423-427 .
- [15] D.K. Khanna and V.V.V.S. Subbarao . Nanosized Silver Powder Via Reduction of Silver Nitrate by Sodium Formaldehydesulfoxylate in Acidic pH Medium . Materials Letter . (2003) : 2242-2245.
- [16] Randall M. German . Powder Injection Molding . Metal Powder Industries Federation .(1990) :219-222
- [17] S. M. Kaufman , T. J. Whalwn , L.R. Sefton and Eichen . The Utilization of Electron Microscopy in the Study of Metallrgical Phenomena . Avanced Experimental Techniques in Powder Metallurgy . (1970) : 25-39
- [18] G.Geassinger .Powder Metallurgy International. 1 (1971) :29

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

QUANTACHROME CORPORATION
 Ultracycrometer 1000 Version 2.12
 Analysis Report

Sample & User Parameters

Sample ID: SILVER-AG
 Weight: 1.0724 grams
 Analysis Temperature: 24.2 degC
 Date: 00-28-00
 Time: 12:52:00
 User ID: SARMART

Analysis Parameters

Cell Size: Small
 V added - Small: 13.2240 cc
 V cell: 14.1721 cc
 Target Pressure: 17.0 psi
 Equilibrium Time: Auto
 Flow Purge: 1:00 min.
 Maximum Runs: 5
 Number of Runs Averaged: 5

Results

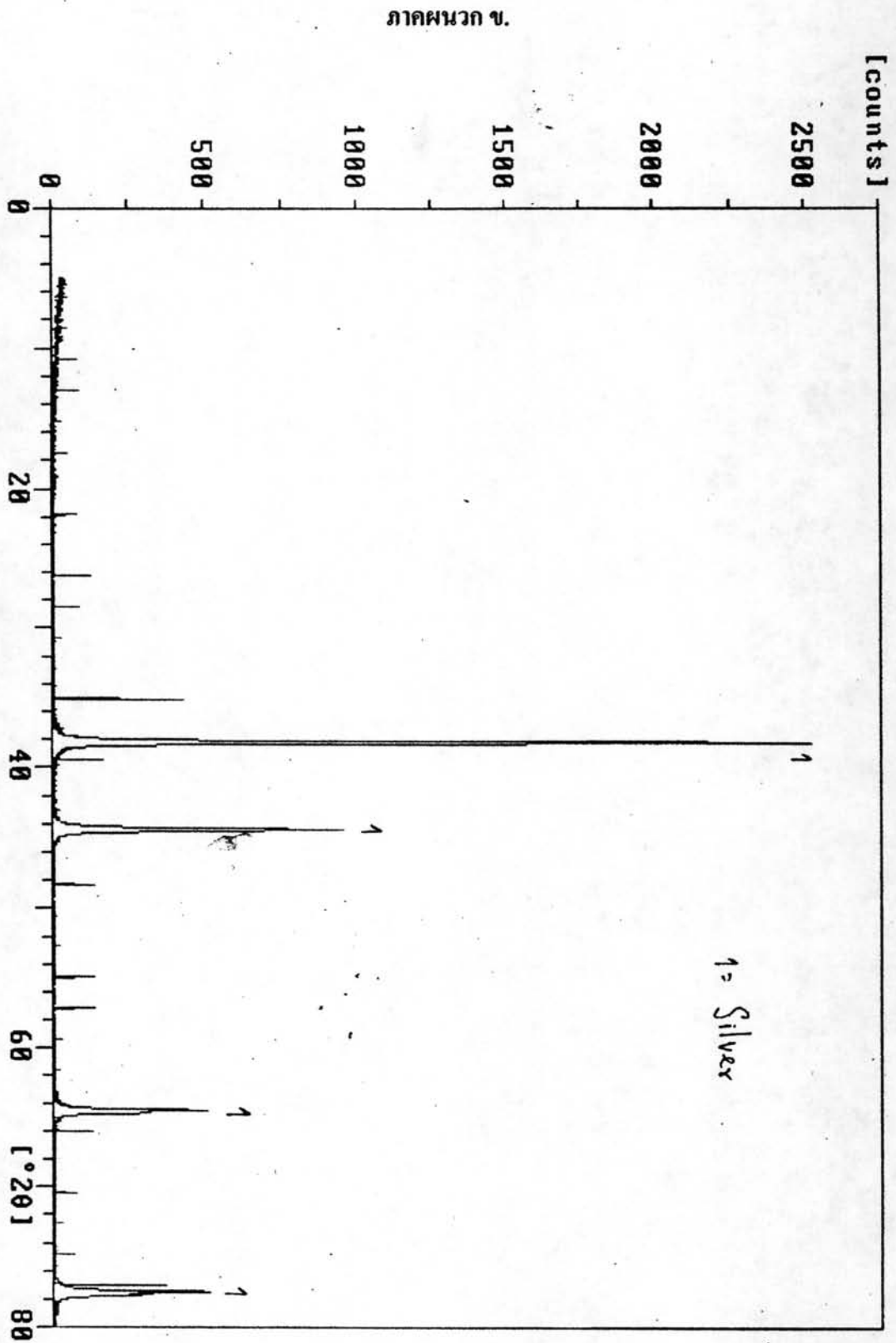
Deviation Requested: 0.010 %
 Average Volume: 0.1374 cc
 Average Density: 7.8044 g/cc
 Coefficient of Variation: 1.4515 %

Deviation Achieved: +/- 0.6443 %
 Std. Dev. : 0.0020 cc
 Std. Dev. : 0.1138 g/cc

Tabular Data

RUN	VOLUME (cc)	DENSITY (g/cc)
1	0.1343	7.9825
2	0.1361	7.8824
3	0.1381	7.7657
4	0.1385	7.7418
5	0.1400	7.6576

รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นผงโลหะเงิน



รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ XRD ของผงโลหะเงิน

ภาคผนวก ก.



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 อาคารสถาบัน 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 2188029-32, 2188101 โทรสาร 254021
 Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
 Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya-Thai Rd. Phatumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax. 254021

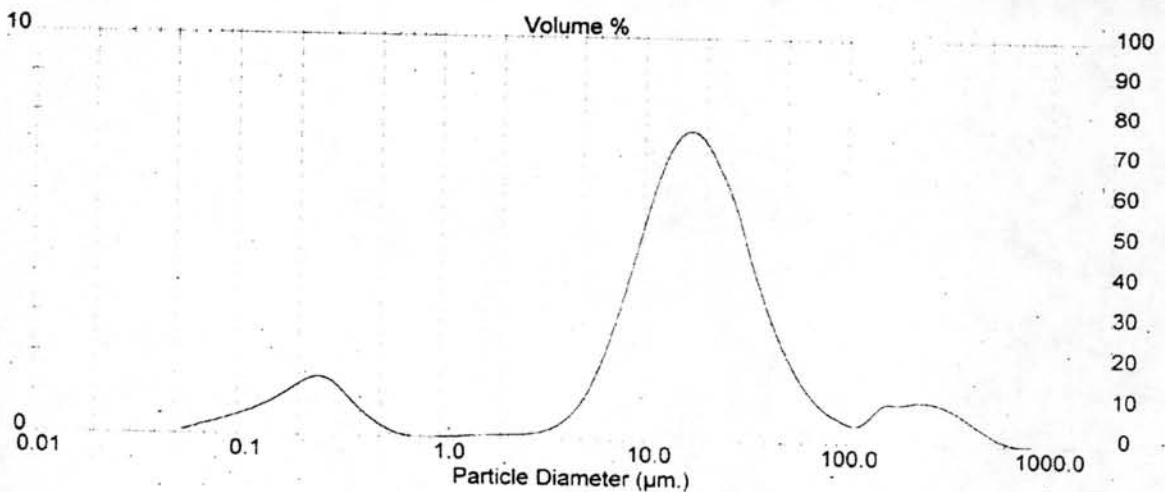
Analysis Result

Sample Details		
Sample ID: Silver	Run Number: 41	Measured: 22 Jun 2005 14:21PM
Sample File: OTHER13	Record Number: 407	Analysed: 22 Jun 2005 14:21PM
Sample Path: C:\		Result Source: Analysed
Sample Notes: Wet Analysis System Dispersing medium : Water Tested by Kaew Kajornchayakul		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 17.1 %
Presentation: 3JHD	[Particle R.I. = (1.3566, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.514 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: Active -	Killed Data Channels: Low 0; High 2		

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0204 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 4.0877 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.38 um	D (v, 0.5) = 17.18 um	D (v, 0.9) = 69.84 um
D [4, 3] = 38.37 um	D [3, 2] = 1.47 um	Span = 4.043E+00	Uniformity = 1.727E+00

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.09	0.06	0.09	6.63	2.72	7.72	18.63
0.06	0.18	0.07	0.28	7.72	3.83	9.00	22.46
0.07	0.28	0.08	0.55	9.00	5.02	10.48	27.47
0.08	0.37	0.09	0.92	10.48	6.15	12.21	33.62
0.09	0.47	0.11	1.39	12.21	7.03	14.22	40.65
0.11	0.58	0.13	1.98	14.22	7.54	16.57	48.19
0.13	0.73	0.15	2.71	16.57	7.60	19.31	55.79
0.15	0.90	0.17	3.61	19.31	7.23	22.49	63.02
0.17	1.11	0.20	4.72	22.49	6.57	26.20	69.58
0.20	1.31	0.23	6.03	26.20	5.77	30.53	75.36
0.23	1.42	0.27	7.45	30.53	4.62	35.56	79.98
0.27	1.33	0.31	8.77	35.56	3.57	41.43	83.55
0.31	1.04	0.36	9.81	41.43	2.67	48.27	86.22
0.36	0.70	0.42	10.50	48.27	1.95	56.23	88.17
0.42	0.42	0.49	10.92	56.23	1.38	65.51	89.55
0.49	0.21	0.58	11.13	65.51	0.98	76.32	90.53
0.58	0.08	0.67	11.21	76.32	0.70	88.91	91.23
0.67	0.01	0.78	11.22	88.91	0.53	103.58	91.76
0.78	0.00	0.91	11.23	103.58	0.44	120.67	92.20
0.91	0.02	1.06	11.24	120.67	0.65	140.58	92.85
1.06	0.03	1.24	11.27	140.58	0.95	163.77	93.80
1.24	0.05	1.44	11.32	163.77	0.96	190.80	94.76
1.44	0.07	1.68	11.39	190.80	1.01	222.28	95.77
1.68	0.08	1.95	11.47	222.28	1.02	258.95	96.79
1.95	0.09	2.28	11.58	258.95	0.97	301.68	97.76
2.28	0.10	2.65	11.66	301.68	0.84	351.46	98.60
2.65	0.13	3.09	11.79	351.46	0.65	409.45	99.25
3.09	0.20	3.60	12.00	409.45	0.43	477.01	99.69
3.60	0.36	4.19	12.38	477.01	0.23	555.71	99.91
4.19	0.64	4.88	13.00	555.71	0.09	647.41	100.00
4.88	1.11	5.69	14.11	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	1.80	6.63	15.92	754.23	0.00	878.87	100.00



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ขนาดผงโลหะเงิน



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาน 2 จุฬาลงกรณ์ซอย 62 ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 2188029-32, 2188101 โทรสาร 2540211
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya-Thai Rd. Phatumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax. 2540211

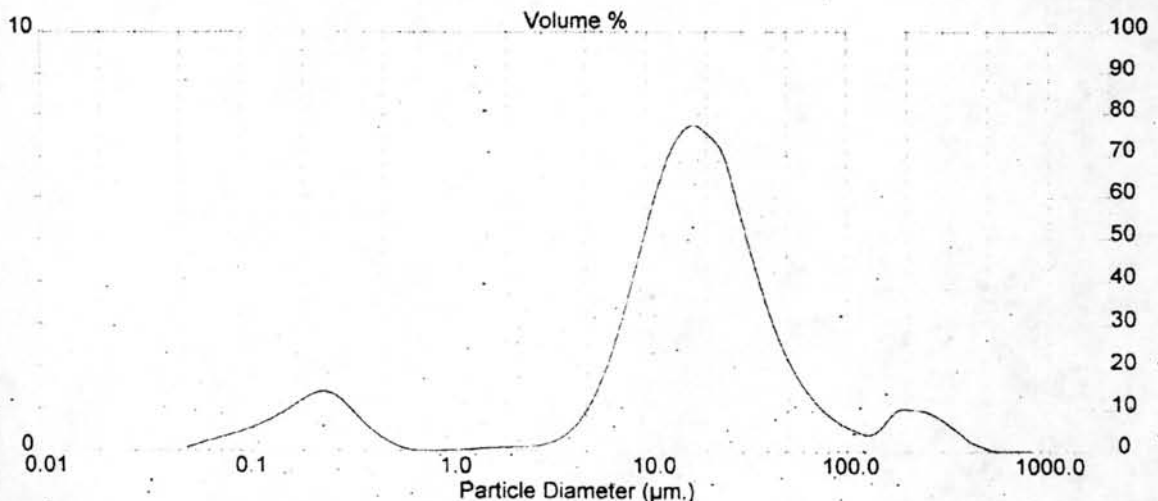
Analysis Result

Sample Details		
Sample ID: Silver	Run Number: 47	Measured: 22 Jun 2005 14:22PM
Sample File: OTHER13	Record Number: 410	Analysed: 22 Jun 2005 14:22PM
Sample Path: C:\		Result Source: Analysed
Sample Notes: Wet Analysis System		
Dispersing medium: Water		
Tested by Kaew Kajornchaiyakul		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 16.5 %
Presentation: 3JHD	[Particle R.I. = (1.3566, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.574 %
Analysis Model: Polydisperse	Killed Data Channels: Low 0; High 2		
Modifications: Active --			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0196 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 4.0573 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.36 um	D (v, 0.5) = 17.09 um	D (v, 0.9) = 56.29 um
D [4, 3] = 33.01 um	D [3, 2] = 1.48 um	Span = 3.389E+00	Uniformity = 1.425E+00

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.09	0.06	0.09	6.63	2.76	7.72	18.67
0.06	0.18	0.07	0.28	7.72	3.87	9.00	22.55
0.07	0.27	0.08	0.55	9.00	5.06	10.48	27.61
0.08	0.36	0.09	0.91	10.48	6.19	12.21	33.80
0.09	0.47	0.11	1.38	12.21	7.07	14.22	40.87
0.11	0.58	0.13	1.96	14.22	7.58	16.57	48.45
0.13	0.72	0.15	2.68	16.57	7.88	19.31	56.13
0.15	0.89	0.17	3.57	19.31	7.43	22.49	63.57
0.17	1.10	0.20	4.67	22.49	6.99	26.20	70.56
0.20	1.30	0.23	5.97	26.20	5.88	30.53	76.44
0.23	1.41	0.27	7.37	30.53	4.72	35.56	81.16
0.27	1.31	0.31	8.69	35.56	3.65	41.43	84.81
0.31	1.03	0.36	9.71	41.43	2.75	48.27	87.56
0.36	0.69	0.42	10.40	48.27	2.04	56.23	89.60
0.42	0.41	0.49	10.82	56.23	1.51	65.51	91.11
0.49	0.21	0.58	11.03	65.51	1.12	76.32	92.23
0.58	0.08	0.67	11.11	76.32	0.82	88.91	93.05
0.67	0.01	0.78	11.12	88.91	0.61	103.58	93.66
0.78	0.00	0.91	11.12	103.58	0.46	120.67	94.12
0.91	0.02	1.06	11.14	120.67	0.39	140.58	94.51
1.06	0.03	1.24	11.17	140.58	0.62	163.77	95.13
1.24	0.05	1.44	11.22	163.77	0.97	190.80	96.10
1.44	0.07	1.68	11.29	190.80	0.99	222.28	97.09
1.68	0.08	1.95	11.37	222.28	0.95	258.95	98.04
1.95	0.09	2.28	11.46	258.95	0.82	301.68	98.86
2.28	0.10	2.65	11.57	301.68	0.60	351.46	99.46
2.65	0.13	3.09	11.70	351.46	0.34	409.45	99.80
3.09	0.21	3.60	11.91	409.45	0.16	477.01	99.96
3.60	0.37	4.19	12.28	477.01	0.04	555.71	100.00
4.19	0.66	4.88	12.94	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	1.14	5.69	14.06	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	1.84	6.63	15.92	754.23	0.00	878.67	100.00



รูปที่ 4 การวิเคราะห์ขนาดผงโลหะเงิน



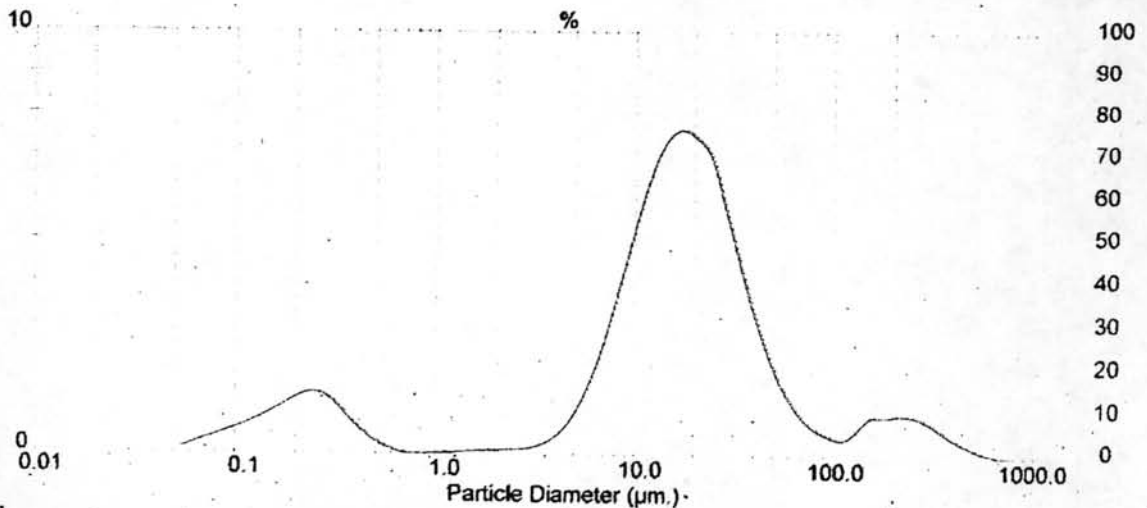
Analysis Result

Sample Details		
Sample ID: Silver	Run Number: 38	Measured: 22 Jun 2005 14:21PM
Sample File: OTHER13	Record Number: 406	Analysed: 22 Jun 2005 14:21PM
Sample Path: C:\		Result Source: Analysed
Sample Notes: Wet Analysis System Dispersing medium : Water Tested by Kaew Kajornchaiyakul		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 16.8 %
Presentation: 3JHD	[Particle R.L. = (1.3566, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]		Residual: 0.501 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: Active -	Killed Data Channels: Low 0; High 2		

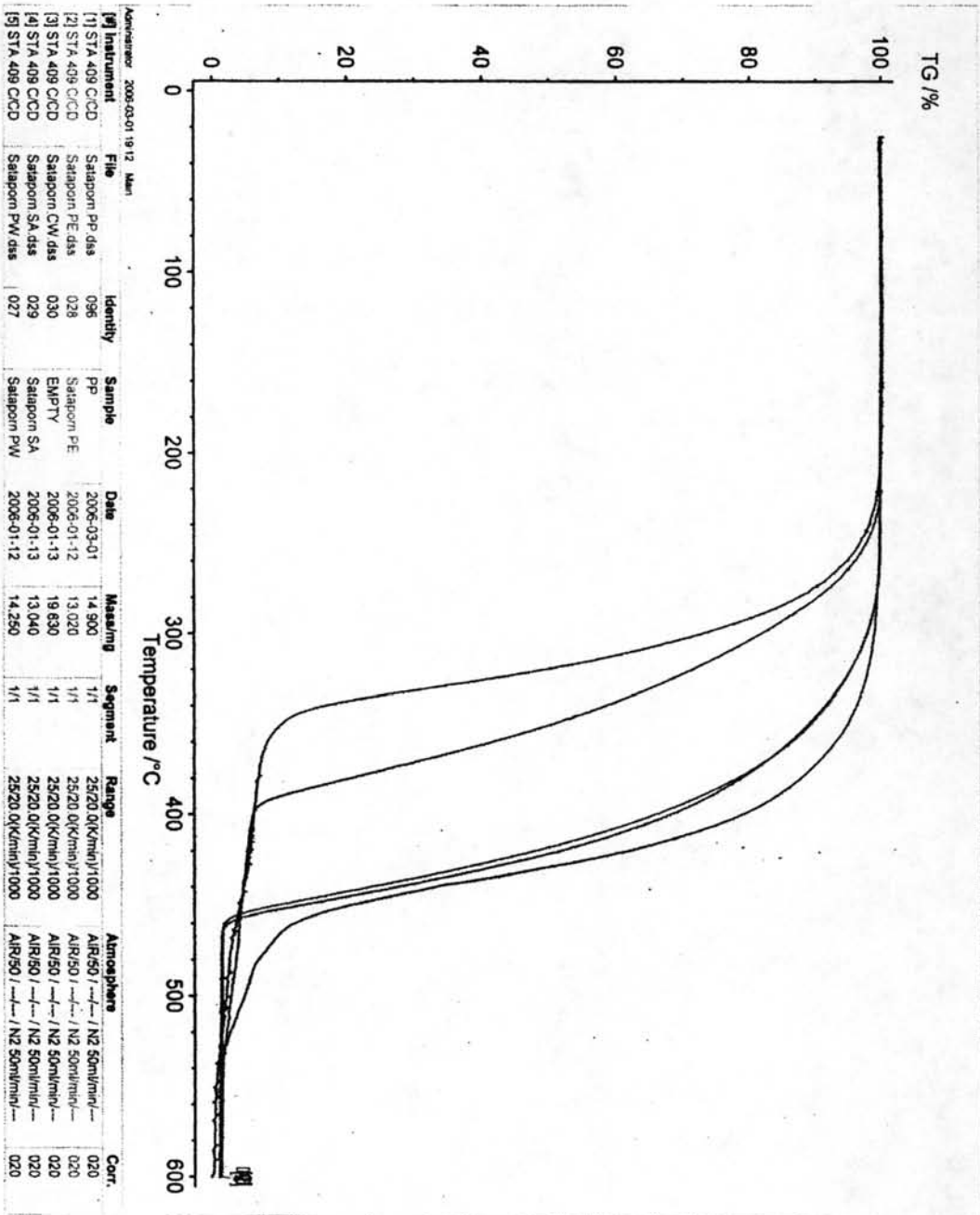
Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0193 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 4.5455 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.33 um	D (v, 0.5) = 16.83 um	D (v, 0.9) = 58.77 um
D [4, 3] = 35.09 um	D [3, 2] = 1.32 um	Span = 3.452E+00	Uniformity = 1.578E+00

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.12	0.06	0.12	6.63	2.74	7.72	19.56
0.06	0.24	0.07	0.36	7.72	3.83	9.00	23.39
0.07	0.35	0.08	0.71	9.00	4.99	10.48	28.38
0.08	0.46	0.09	1.17	10.48	6.10	12.21	34.47
0.09	0.56	0.11	1.74	12.21	6.97	14.22	41.44
0.11	0.70	0.13	2.44	14.22	7.49	16.57	48.93
0.13	0.85	0.15	3.29	16.57	7.61	19.31	56.54
0.15	1.01	0.17	4.30	19.31	7.39	22.49	63.93
0.17	1.20	0.20	5.50	22.49	6.98	26.20	70.91
0.20	1.36	0.23	6.86	26.20	5.89	30.53	76.80
0.23	1.42	0.27	8.29	30.53	4.71	35.56	81.51
0.27	1.30	0.31	9.59	35.56	3.60	41.43	85.11
0.31	1.01	0.36	10.80	41.43	2.63	48.27	87.74
0.36	0.68	0.42	11.28	48.27	1.85	56.23	89.58
0.42	0.41	0.48	11.89	56.23	1.26	65.51	90.85
0.49	0.21	0.58	11.90	65.51	0.86	76.32	91.71
0.58	0.06	0.67	11.97	76.32	0.61	88.91	92.32
0.67	0.01	0.78	11.99	88.91	0.46	103.58	92.78
0.78	0.00	0.91	11.99	103.58	0.39	120.67	93.16
0.91	0.02	1.06	12.01	120.67	0.58	140.58	93.74
1.06	0.03	1.24	12.04	140.58	0.89	163.77	94.63
1.24	0.05	1.44	12.09	163.77	0.92	190.80	95.55
1.44	0.07	1.68	12.16	190.80	0.95	222.28	96.50
1.68	0.08	1.95	12.25	222.28	0.85	258.95	97.45
1.95	0.09	2.28	12.34	258.95	0.85	301.68	98.30
2.28	0.11	2.65	12.45	301.68	0.68	351.46	98.99
2.65	0.14	3.09	12.58	351.46	0.47	409.45	99.46
3.09	0.22	3.60	12.80	409.45	0.30	477.01	99.76
3.60	0.38	4.19	13.18	477.01	0.17	555.71	99.93
4.19	0.67	4.88	13.85	555.71	0.07	647.41	100.00
4.88	1.14	5.89	14.99	647.41	0.00	754.23	100.00
5.89	1.83	6.63	16.82	754.23	0.00	878.67	100.00

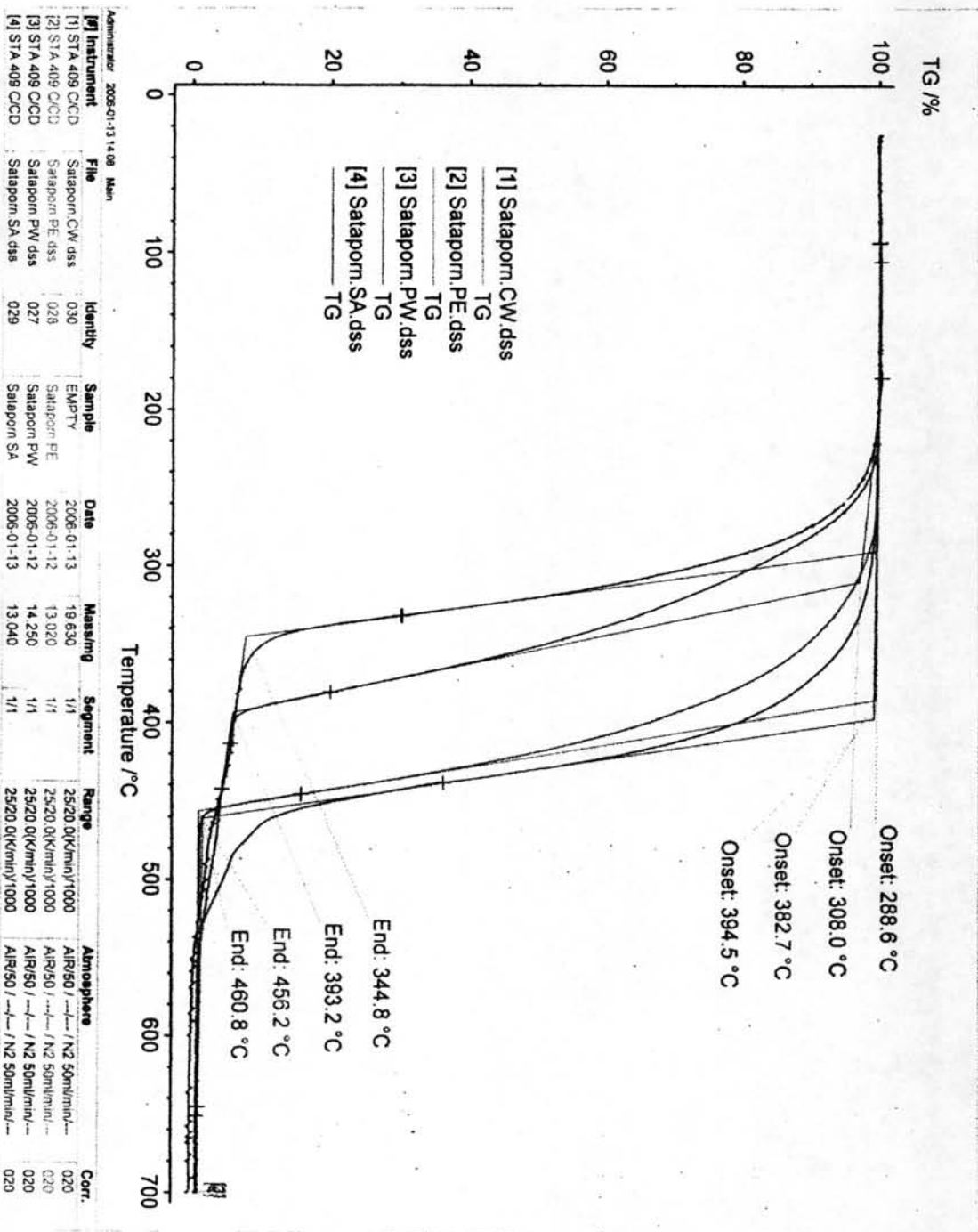


รูปที่ 5 การวิเคราะห์ขนาดผงโลหะเงิน

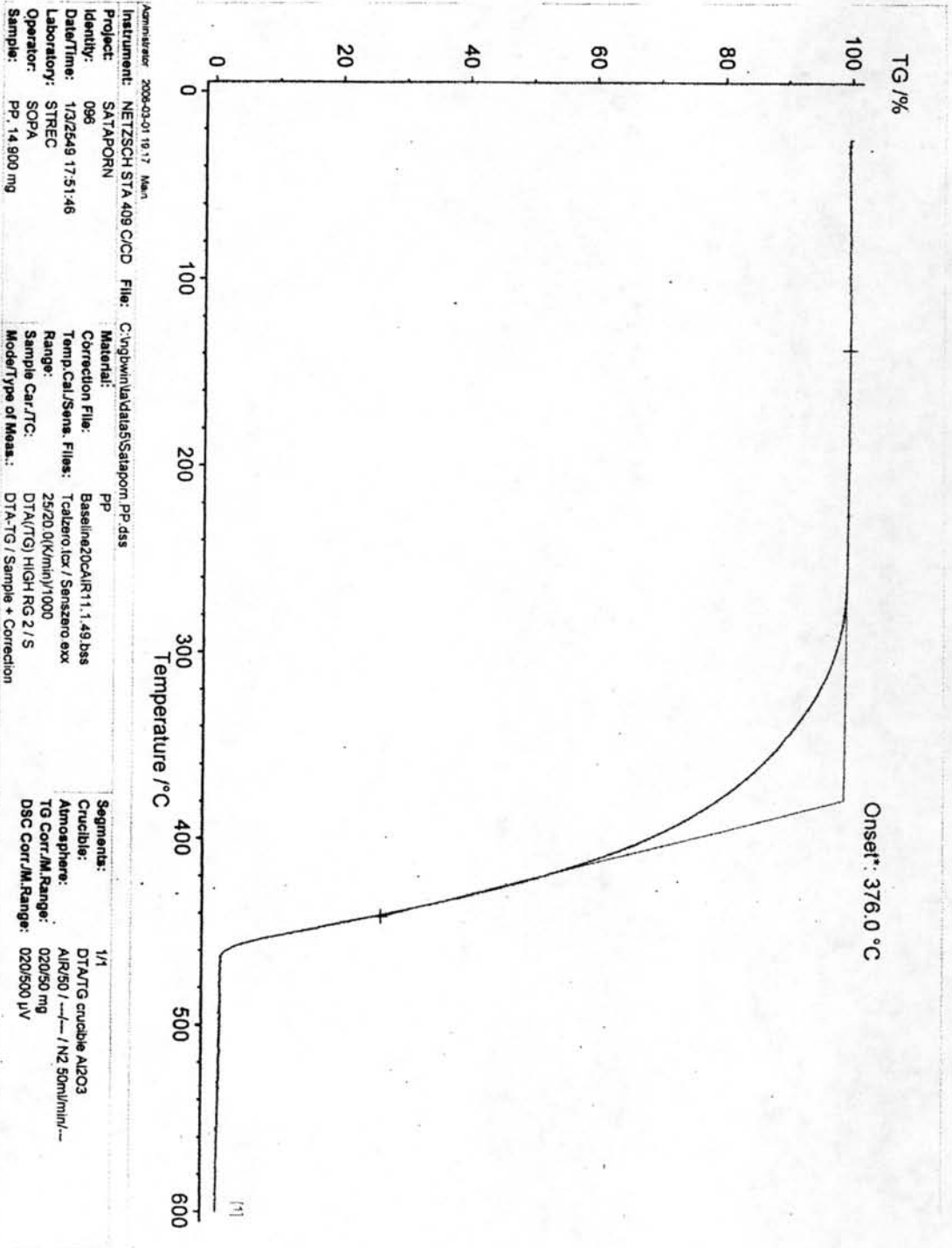
ภาคผนวก ง.



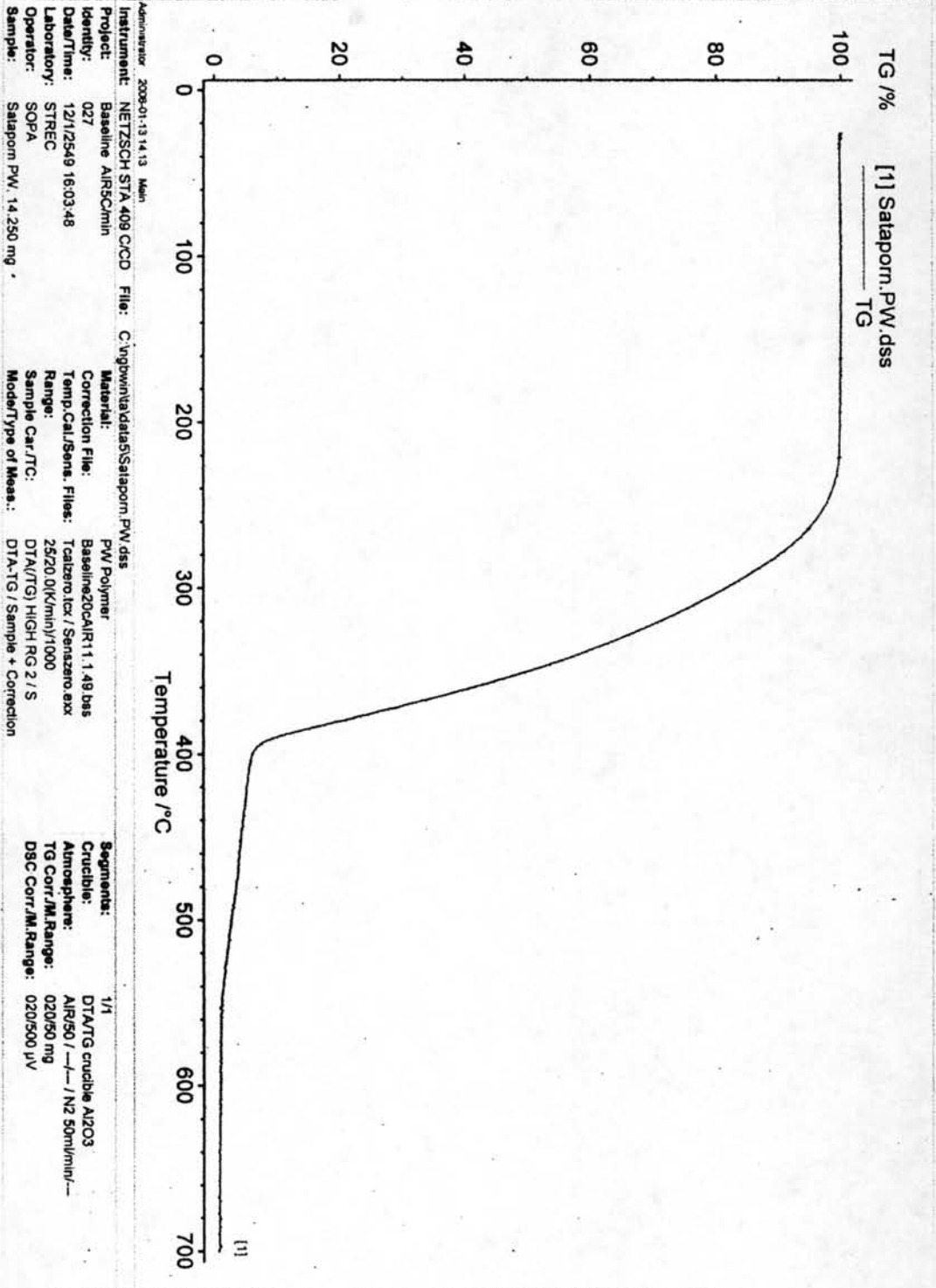
รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ STA ของ PP, PE, PW, CW และ SA



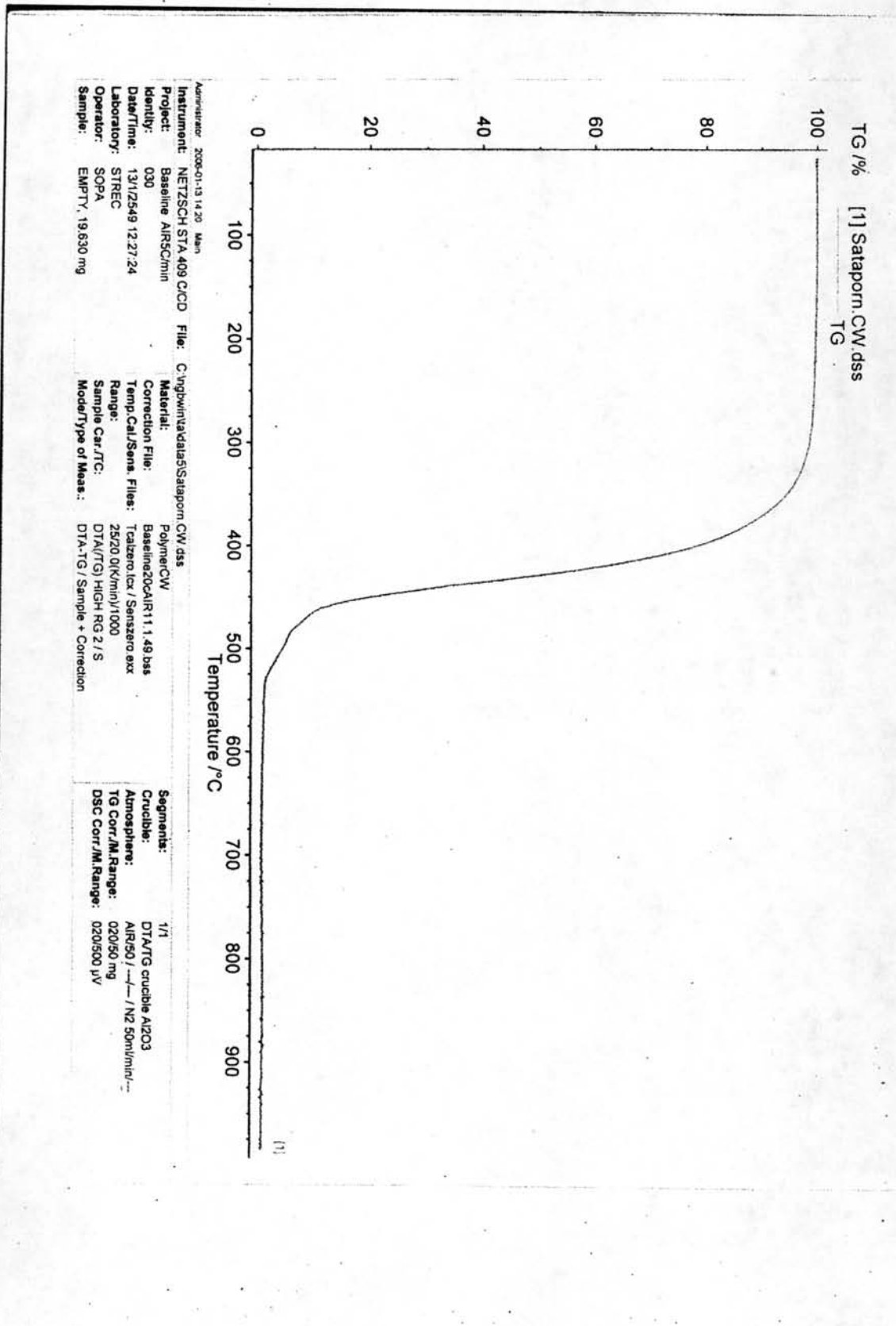
รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ STA ของ PE, PW, CW และ SA



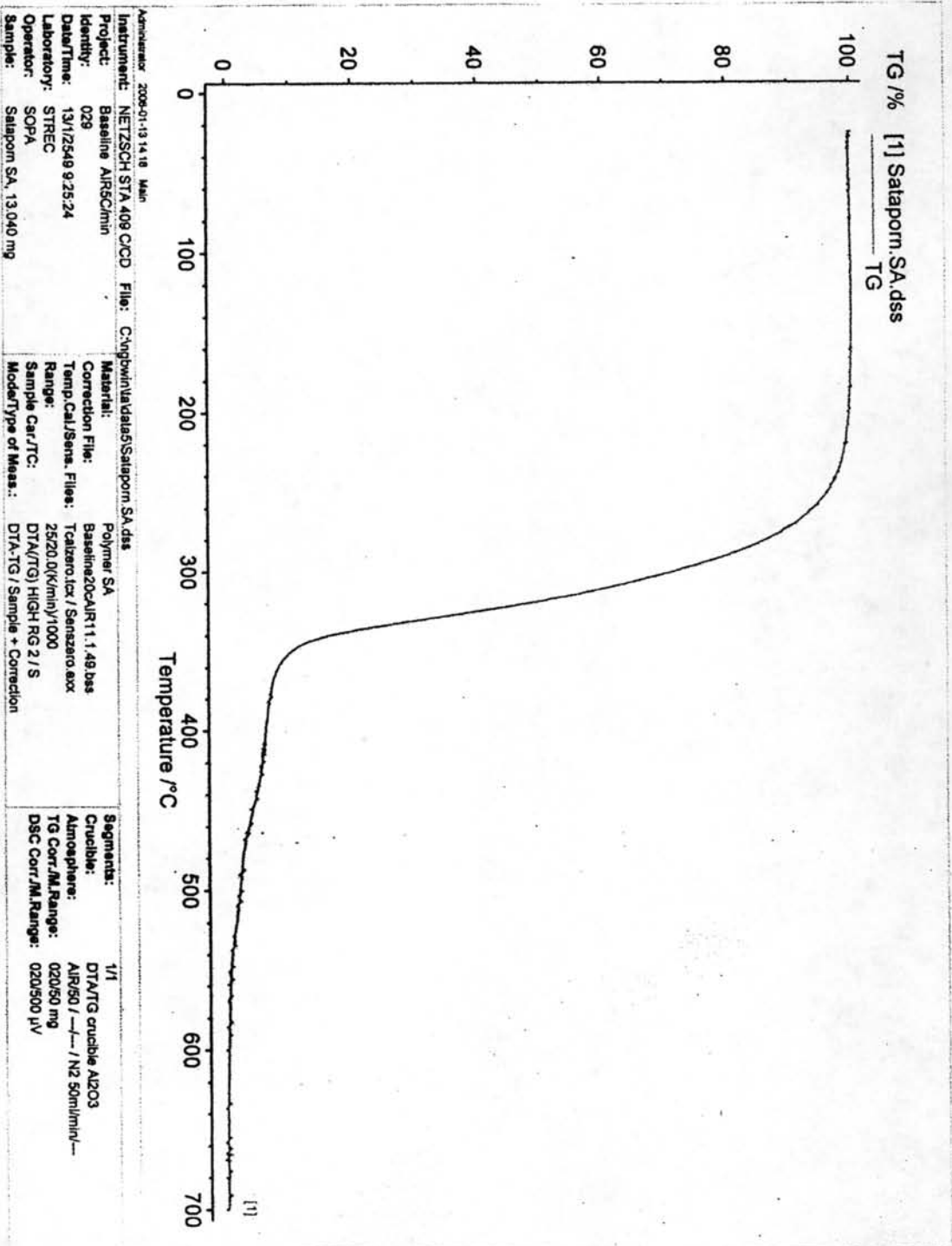
รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ STA ของ PP



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ STA ของ PW



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ STA ของ CW



รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์ STA ของ SA

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย สถาพร คำสุชา เกิดเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2522 เริ่มเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่
ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
เมื่อปี พ.ศ. 2541 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา วิศวกรรมการผลิต ในปี พ.ศ. 2545 จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมโลหการ
มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2546