

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กุลจิรา สุจิโรจน์ และเบญญา เชิดหิรัญกร. เรื่องการผลิตและหาลักษณะเฉพาะของ Reaction-bonded silicon nitride, รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์, (2541).
- ทวี เทศเจริญ. กรรมวิธีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, (2536).
- วีรศักดิ์ หอมกระจาย. การเผาแบบปราศจากแรงดันของซิลิคอนไนไตรด์โดยใช้ยิปซัมออกไซด์, อลูมิเนียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ เป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543).

### ภาษาอังกฤษ

- Atkinson,A. ; Leatt,P.J. ; Moulson,A.J. and Roberts,E.W. , A Mechanism for The Nitridation of Silicon Powder Compacts. Journal of Materials Science (1974).
- Atkinson,A ; Moulson,A.J. and Roberts,E.W. Journal of the American Ceramic Society 59 (1976).
- Boyer,S.M. ; Moulson,A.J. and Roberts, E.W., Nitridation of high - purity silicon. Journal of American Ceramic Society 59 (1976).
- Boyer S.M. and Moulson A.J. ibid. 13 (1978).
- Brain, W. Sheldon ; Julian Szekely and John and S.Haggerty, Formation of Reaction-Bonded Silicon Nitride from Silane-Derived Silicon Powders:Macroscopic Kinetics and Related Transport Phenomena. Journal of American Ceramic Society 75 (1992).
- Charles P. Gazzara and Donald R. Messier. Determination of phase content of  $\text{Si}_3\text{N}_4$  by X-Ray Diffraction Analysis. Ceramic Bulletin. 56 No. 9 (1977).
- Dalgleish B.J., and Pratt P.L.. Proc. Brit. Ceram. Soc.25 (1975).
- Ekstrom, T. and Ingelstrom,N. Characterisation and properties of sialon materials in Non-Oxide Technical and Engineering Ceramics 5 (ed. S. Hampshire).Elsevier.
- Gribkov V., Silaev V. , Schchetanov B., Umantseu E. and Isaiki A. Sov. Phys.-

Crystallogr. 16 (1972).

Henderson, C.M.B. and Taylor, D. Trans. Brit. Ceram. Soc. 74 (1975).

Jack K.H. and Thompson D.P., Crystal Chemistry of Ceramic Phases in the Silicon-Nitrogen - Oxygen and Related Systems." Progress Rept. No.11 on Ministry of Defence Contract AT/2043/028 AML. University of Newcastle-upon-Tyne (1973).

JANAF Thermochemical Tables . 2<sup>nd</sup> edition . (National Bureau of Standards. Washington. (1971).

Jennings, H.M. ; Dalgleish, B.J. and Pratt , P.L. Reactions between silicon and nitrogen Part 2 Microstructure . Journal of Materials Science . 23 (1988).

Jennings , H.M. Review On Reactions Between Silicon and Nitrogen Part 1 Mechanisms. Journal of Materials Science. 18, (1983).

Jennings, H.M. and Richman, M.H. Structure, Formation Mechanisms and Kinetics of Reaction-Bonded Silicon Nitride. Journal of Material Science. 11 (1976).

John , S. Haggerty. Ceramic-Ceramic Composites with Reaction Bonded Matrics. Material Science and Engineering. A107 (1989).

Kaiser, W. and Thermond, C.B. Nitrogen in Silicon J. Appl. Phys. 30 (1959).

Keith R. Carduner ; Scott , C. Blackwell ; Willis B. Hammond ; Franz Reidinger and Galen R. Hatfield. <sup>29</sup>Si NMR Characterization of  $\alpha$ - and  $\beta$ -Silicon Nitride. Journal of Chemical Society. 112 (1990).

Lei, B.Q.; Lindback, T.; Johansson, T. and Warren, R. Mechanisms and Kinetic of Nitridation in Silicon Powder Compact .Proc. of the 5<sup>th</sup> Int. Sym. on Ceram. Mater. And Components for Engines. (Shanghai, China) World Scientific Publishing. Singapore (1994).

Longland, P. and Moulson A.J. Journal of Material Science. 13 (1978).

Messier D.R., Riley F.L. and Brook R.J. Journal of Material Science. 13 (1978).

Moore, A.A., and McDonald, J.C. Compression Testing Magnesium Alloy Sheet Proceedings. ASTM. 45 (1945).

Morgan P.E.D. ibid. 15 (1980).

Mostafa Maalmi and Arvind Varma, Intrinsic Nitridation Kinetics of High -Purity Silicon Powder. AIChE Journal. 42 No.12 (1996).

- Moulson, A.J. Review Reaction-bonded silicon nitride : its formation and properties  
Journal of Materials Science . 14 (1979).
- Neil, N ; Ault and Russell, L. Yeckley. Silicon Nitride . Ceramic Bulletin. 71  
No. 5 (1992).
- Norman, L. Hecht ; Steven, M. Goodrich ; Leon Chuck , and Dale, E. McCullum .  
Mechanical Properties Characterization of One SiC and Two Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Commercially  
Available Ceramics . Ceramic Bulletin. 71 No.4 (1992).
- Parr N.L., Sands R., Partt P.L., May E.R.W., Shakespeare C.R. and Thompson D.S.  
Powder Met. 8 (1961).
- Pehlke, R.D. and Elliott, J.F. Trans. Met. Soc. AIME. 215 (1959).
- Sujit Das and T. Randall Curlee. The Cost of Silicon Nitride Powder and the Economic  
Viability of Advanced Ceramics . American Ceramic Society Bulletin . 71  
No.7 (1992).
- Taffner, U. ; Carle, V. ; Schafer, U. et al. Ceramography of high performance  
ceramics Part V: silicon nitride Pract. Met. (1991).
- William D. Callister, Jr.. Materials Science and Engineering An Introduction.  
United States of America. John Wiley & Sons (1994).
- William, E. Lee and Mark, W Rainforth . Ceramic Microstructures Property Control by  
Processing . London, UK. Chapman & Hall (1994).
- Ziegler, G; Heinrich, J ; Wotting, G . Review : Relationships between processing.  
microstructure and properties of Dense and Reaction - bonded silicon nitride.  
Journal of Materials Science . 22 (1987).

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ผลของขนาด, น้ำหนักและค่าโมดูลัสของยังของชิ้นงานที่ผ่านการเผาผนึกขั้นต้น

ชิ้นงาน	$\phi D \times L$ (mm)	ปริมาตร (cm <sup>3</sup> )	น้ำหนัก (g)	Young 's modulus (GPa)
No.1	49.65x16.85	32.620	48.92	7.27
No.2	49.55x16.70	32.203	47.94	12.17
No.3	49.60x16.90	32.654	47.97	17.87
No.4	49.80x16.69	32.509	48.72	20.94
No.5	49.80x16.65	32.431	48.48	5.47
No.6	49.50x16.70	32.042	47.12	10.56
No.7	49.60x16.80	32.461	47.89	17.44
No.8	49.60x16.80	32.461	48.82	13.93
No.9	49.70x16.80	32.592	48.68	13.63
No.10	49.50x16.80	32.330	48.77	12.12
Average	-	32.428	48.33	13.14
STDV	-	0.1880	0.5791	4.76

ตารางที่ 2 แสดงความหนาแน่น โมดูลัสของยัง ของชิ้นงานที่ผ่านการไนไตรด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

Sample	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Young 's modulus (GPa)
Nitride 1350°C No.1	2.075	1.211
Nitride 1350°C No.2	2.173	1.260
Nitride 1350°C No.3	2.142	1.047
Nitride 1350°C No.4	-	1.379
Nitride 1350°C No. 5	-	1.509
Nitride 1375°C No.1	2.126	1.006
Nitride 1375°C No.2	2.183	1.102
Nitride 1375°C No.3	2.109	0.650
Nitride 1375°C No.4	2.163	1.189
Nitride 1375°C No.5	2.141	1.158
Nitride 1400°C No. 1	2.314	0.716
Nitride 1400°C No. 2	2.083	0.662
Nitride 1400°C No. 3	2.026	0.669

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Sample	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Young 's modulus (GPa)
Nitride 1400°C No.4	2.048	-
Nitride 1400°C No.5	2.077	-
Nitride 1450°C No.1	2.226	0.929
Nitride 1450°C No.2	2.080	0.642
Nitride 1450°C No.3	2.115	0.720
Nitride 1450°C No.4	2.132	0.623
Nitride 1450°C No.5	2.247	0.861
Nitride 1500°C No.1	2.373	1.030
Nitride 1500°C No.2	2.146	1.508
Nitride 1500°C No.3	2.435	1.574
Nitride 1500°C No.4	2.394	1.210
Nitride 1500°C No.5	2.203	1.308

ตารางที่ 3 แสดงผลการวัดค่าความแข็งของ silicon metal compact

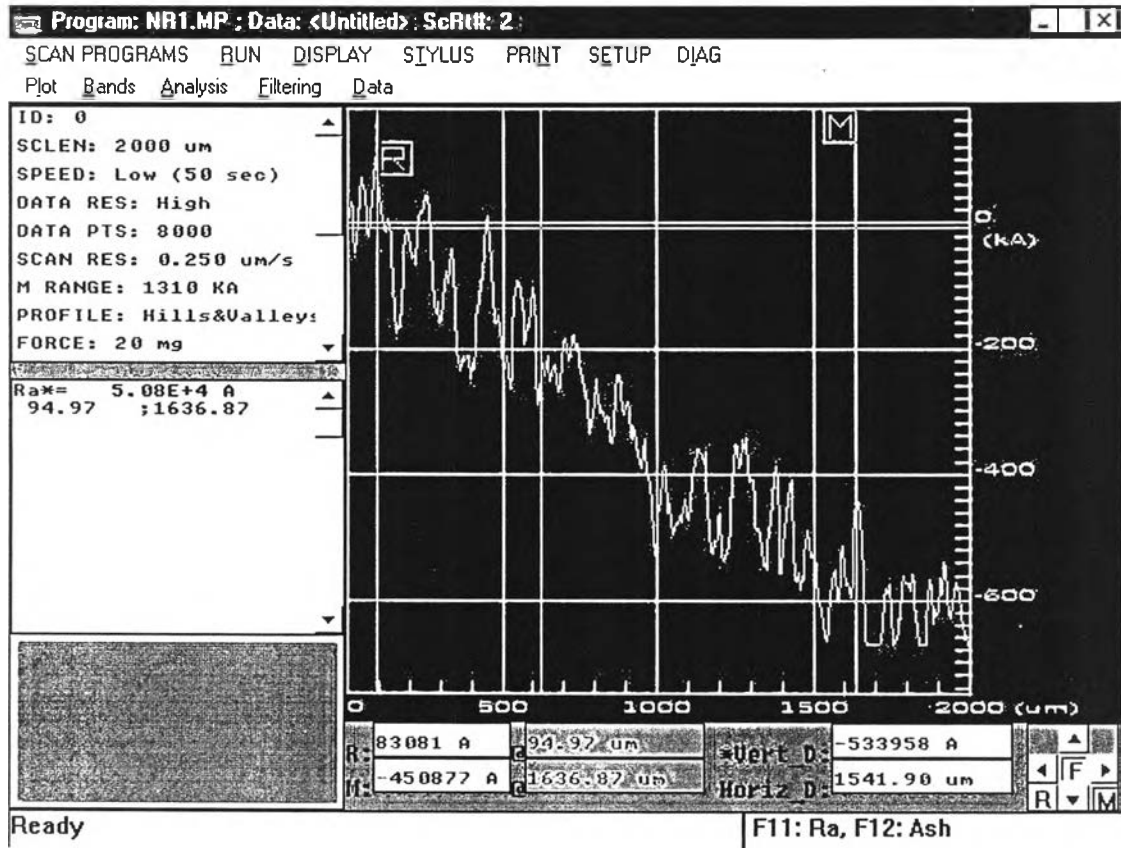
Sample	D1	D2	Vickers Hardness (HV)
1	106.17	97.76	17.8
2	90.12	86.99	23.6
3	92.59	92.79	21.6
4	83.95	83.68	26.4
5	98.77	81.19	22.9
6	92.59	88.65	22.6
7	93.62	96.81	19.8
8	91.36	89.48	22.7
9	100.00	101.08	18.3
10	93.83	98.59	20.0
11	65.43	65.45	43.3
12	85.19	87.82	24.8
13	76.54	71.25	34.0
14	79.01	77.05	30.5
15	79.01	75.39	31.1
16	67.90	69.60	39.2

ตารางที่ 4 แสดงค่าความหนาแน่นและโมดูลัสของชิ้นงานที่ใช้ผงซิลิคอนเริ่มต้นขนาด 13 ไมครอน

sample	% theoretical density	Young 's modulus (GPa)
CIP-1	91.8	24.5
CIP-2	90.8	24.4
CIP-3	93.4	24.7
CIP-4	89.4	25.6
CIP-5	96.9	26.1
UnCIP-1	88.7	20.7
UnCIP-2	84.1	22.3
UnCIP-3	82.2	22.3
UnCIP-4	85.8	22.7
UnCIP-5	82.1	22.6

## ภาคผนวก ข

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างผลการวัดความเรียบผิวชิ้นงานด้วยเครื่อง Dektak<sup>3</sup> ST Surface Profiler





ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างโครงสร้างจุลภาค (x50) และ mapping ของชั้นงาน RBSN ที่อุณหภูมิ  
ไนโตรเดชัน 1350°C (บริเวณผิวชิ้นงาน)



(A) N เทียบกับ Si



(B) O เทียบกับ Si

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างจุลภาค (x50) และ mapping ของชั้นงาน RBSN ที่อุณหภูมิ  
ไนโตรเดชัน 1400°C (บริเวณผิวชิ้นงาน)



(A) N เทียบกับ Si

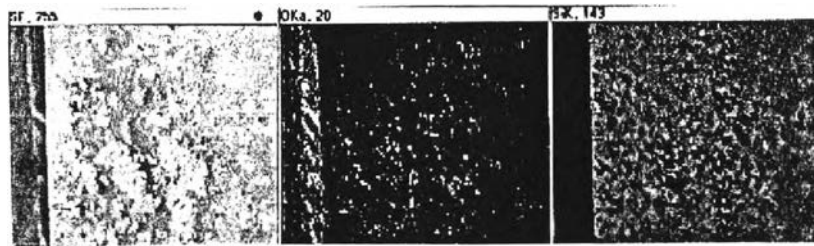


(B) O เทียบกับ Si

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างโครงสร้างจุลภาค (x50) และ mapping ของชั้นงาน RBSN ที่อุณหภูมิไนไตรเดชัน 1450°C (บริเวณผิวชั้นงาน)

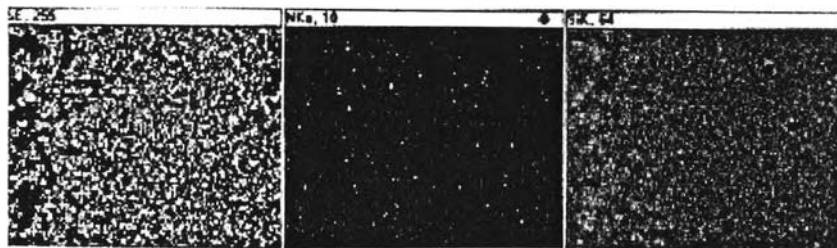


(A) N เทียบกับ Si



(B) O เทียบกับ Si

ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างโครงสร้างจุลภาค (x50) และ mapping ของชั้นงาน RBSN ที่อุณหภูมิไนไตรเดชัน 1450°C (บริเวณผิวกลางชั้นงาน)

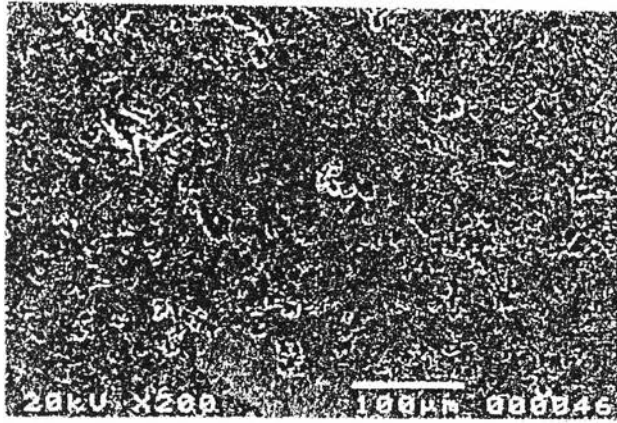


(A) N เทียบกับ Si

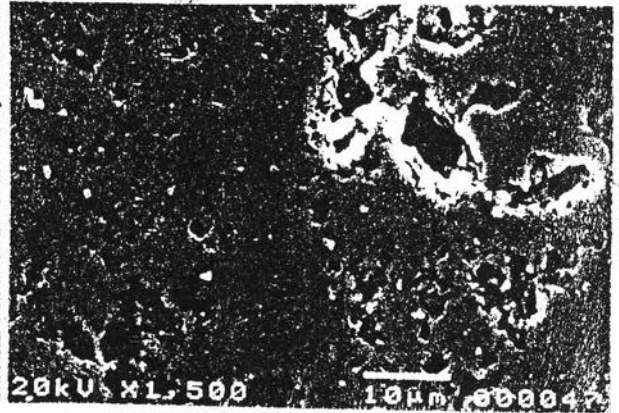


(B) O เทียบกับ Si

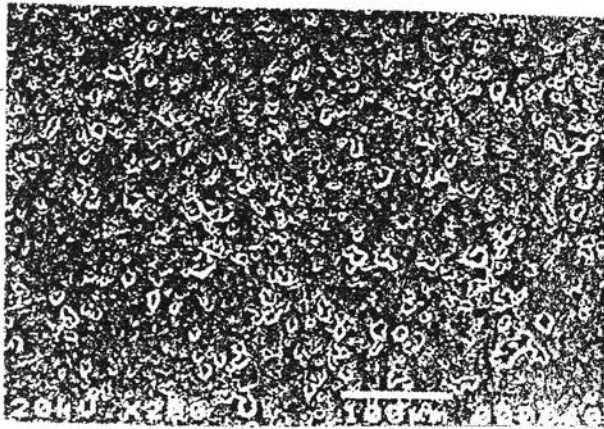
ภาพที่ 6 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานซิลิคอนไนไตรต์ด้วย SEM ที่อุณหภูมิการไนไตรด์ระดับต่างๆ



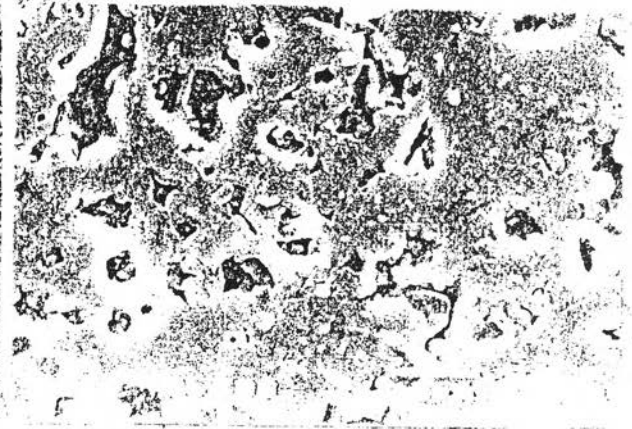
(A) 1350°C (x500)



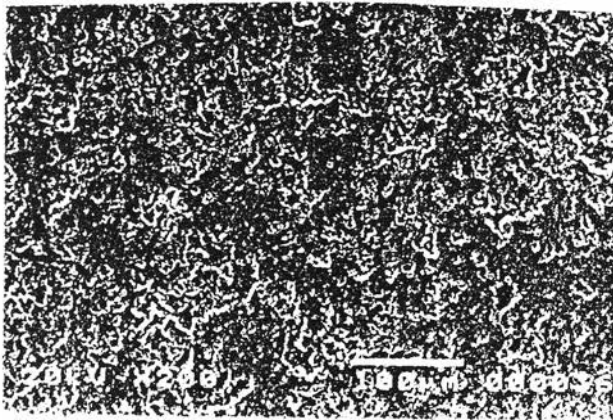
(B) 1350°C (x3500)



(C) 1375°C (x500)



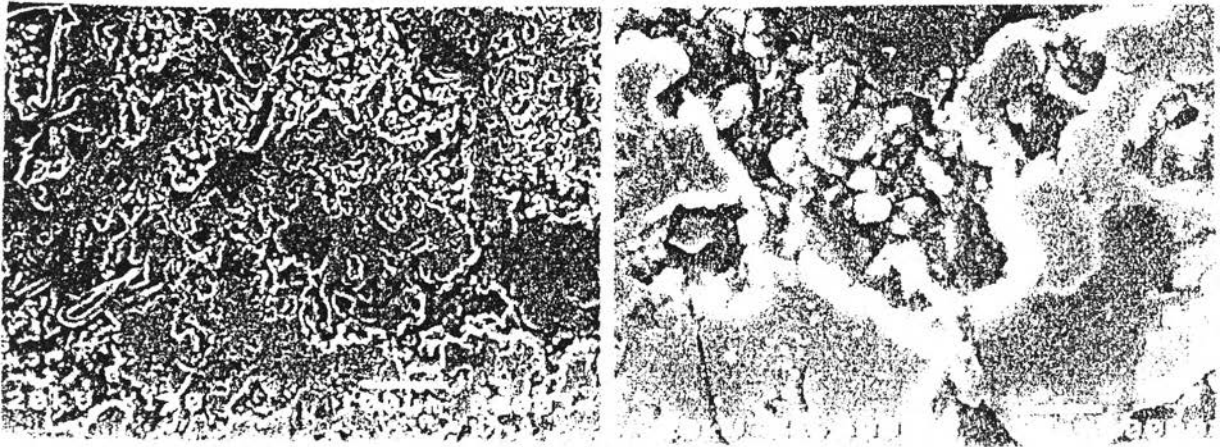
(D) 1375°C (x3500)



(E) 1400°C (x500)



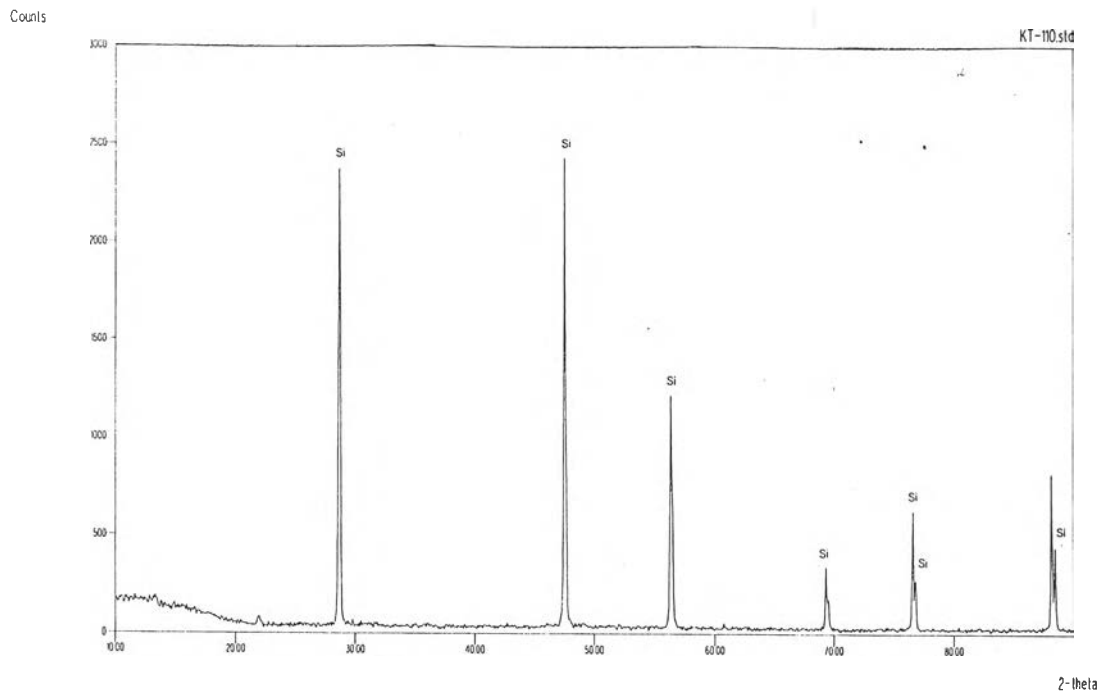
(F) 1400°C (x3500)



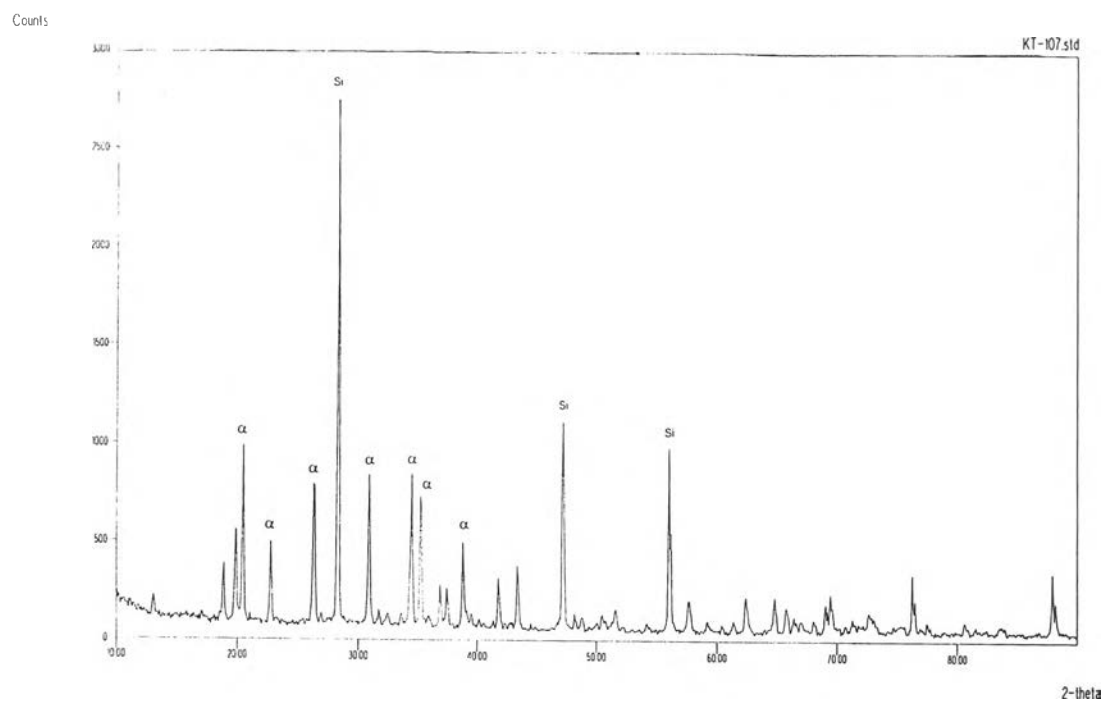
(G) 1450°C (x500)

(H) 1450°C (x3500)

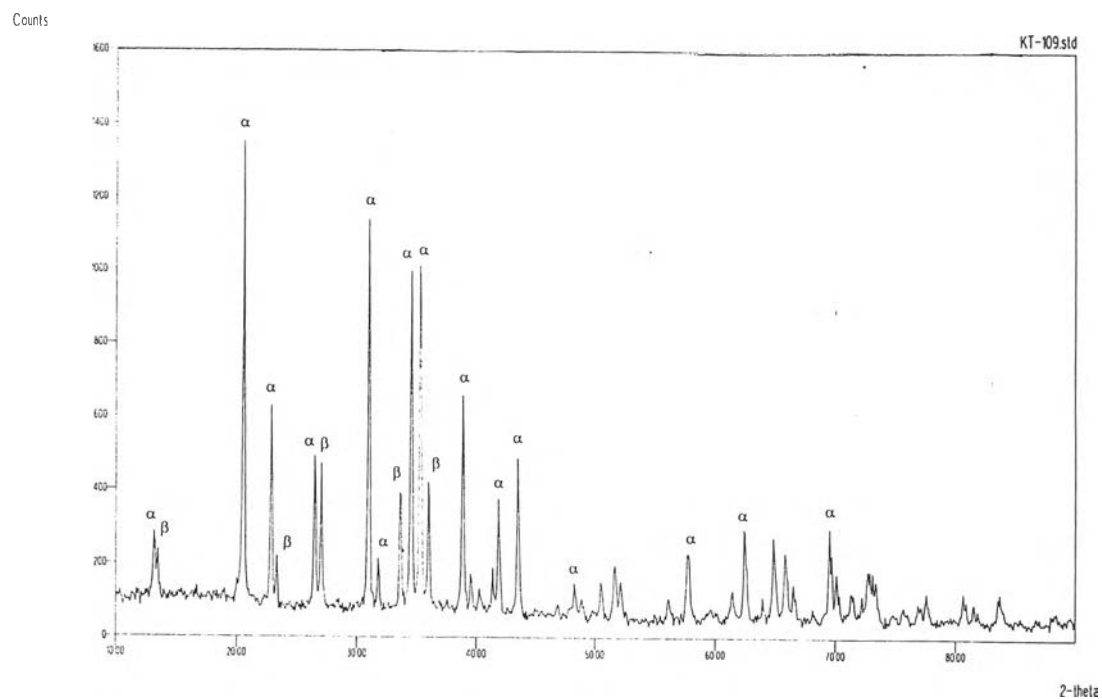
ภาพที่ 7 แสดง Diffraction Pattern ของการตรวจสอบชิ้นงานด้วย X-ray Diffractometer



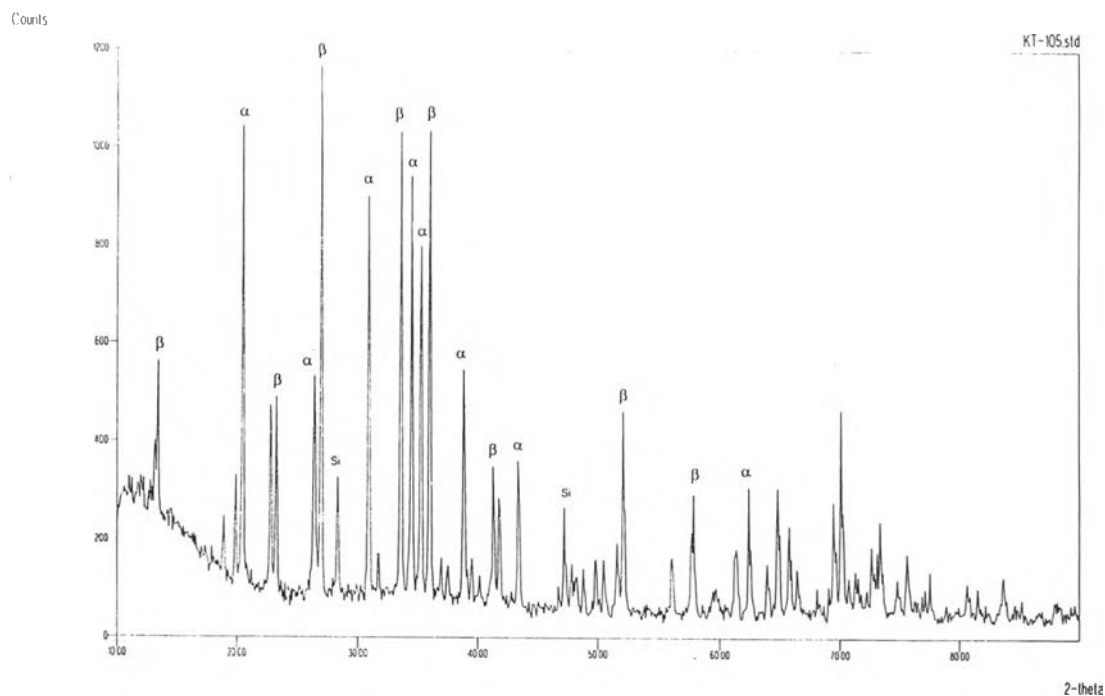
(A) ข้อมูล XRD ของชิ้นงานที่ผ่านการเผาผนึกขั้นต้น



(B) Nitridation at 1375 °C

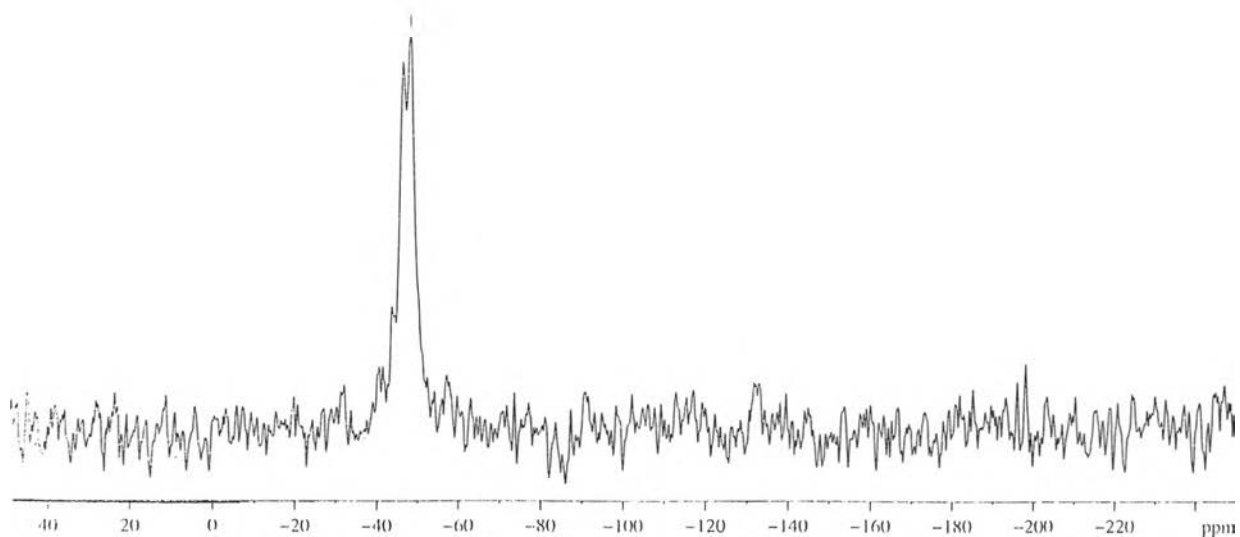


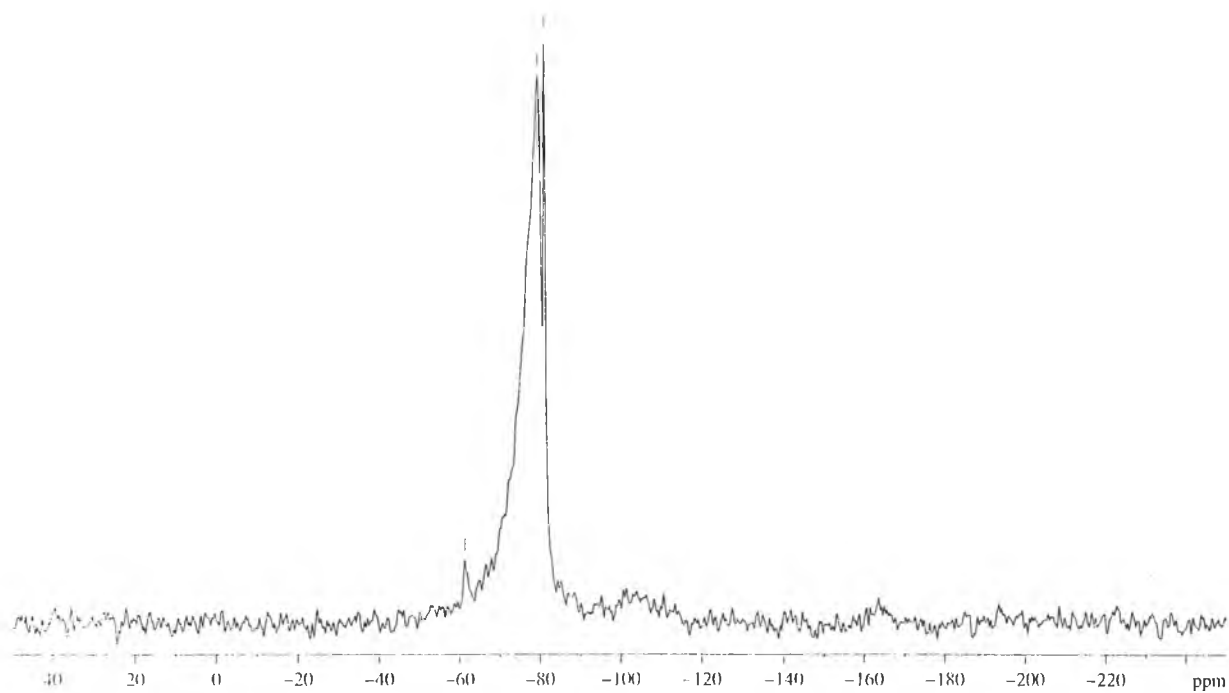
(C) Nitridation at 1400 °C



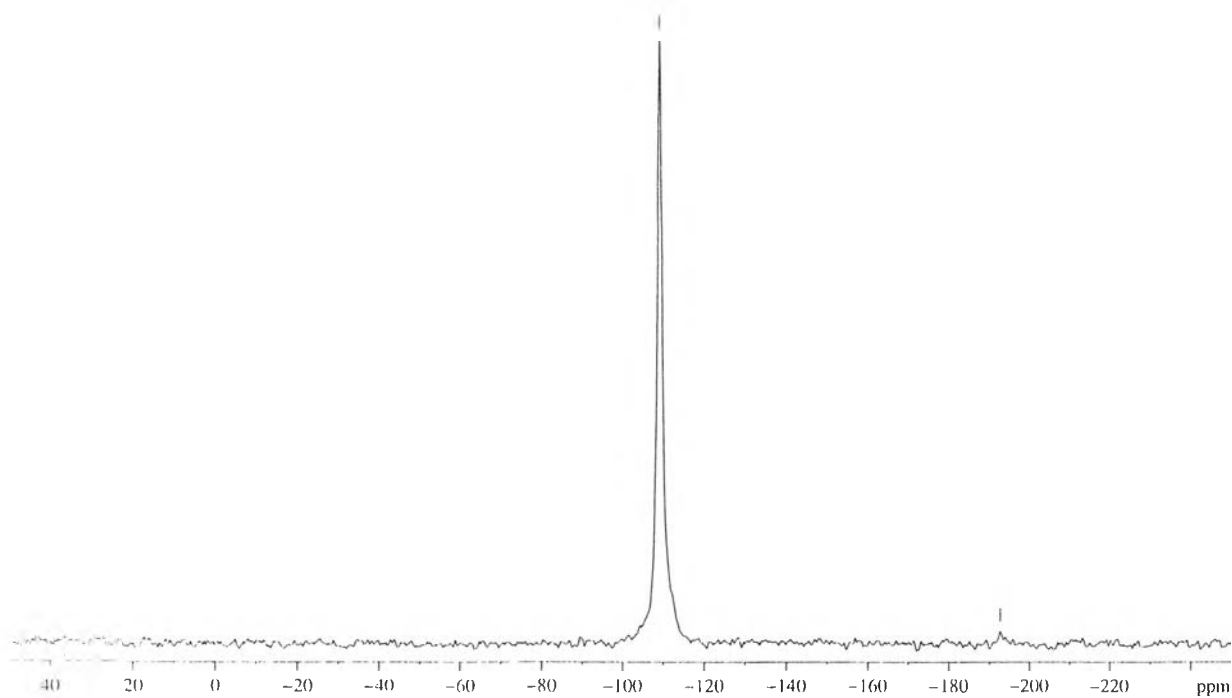
(D) Nitridation at 1450°C

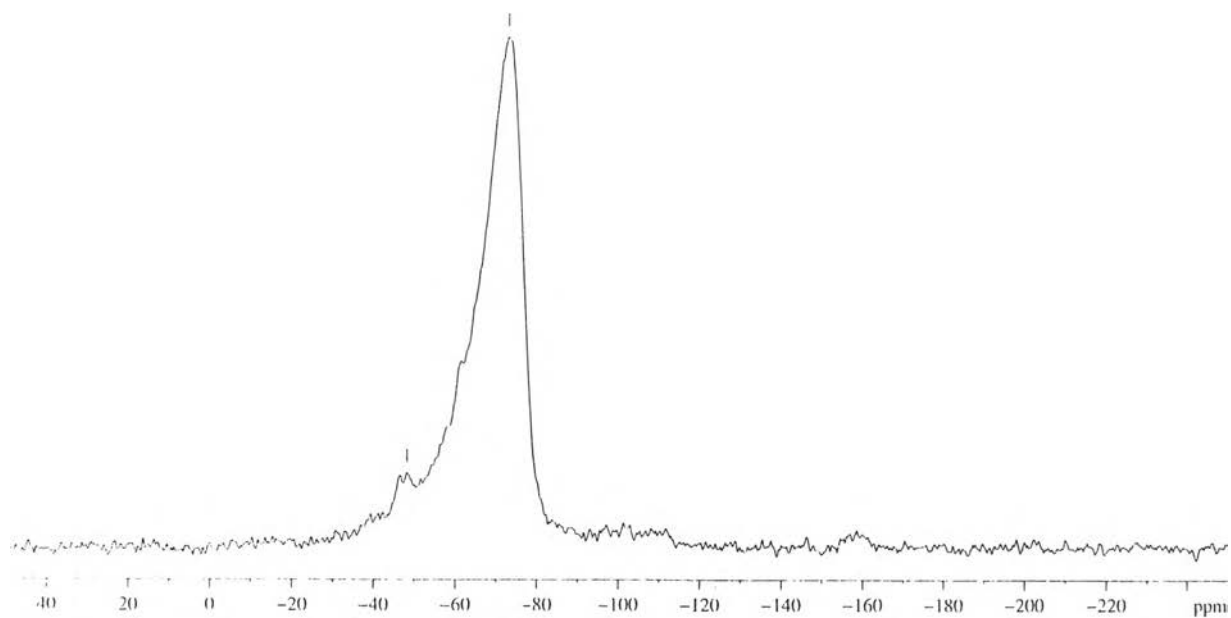
ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบชิ้นงานด้วย Nuclear Magnetic Resonance

(A) standard  $\text{Si}_3\text{N}_4$

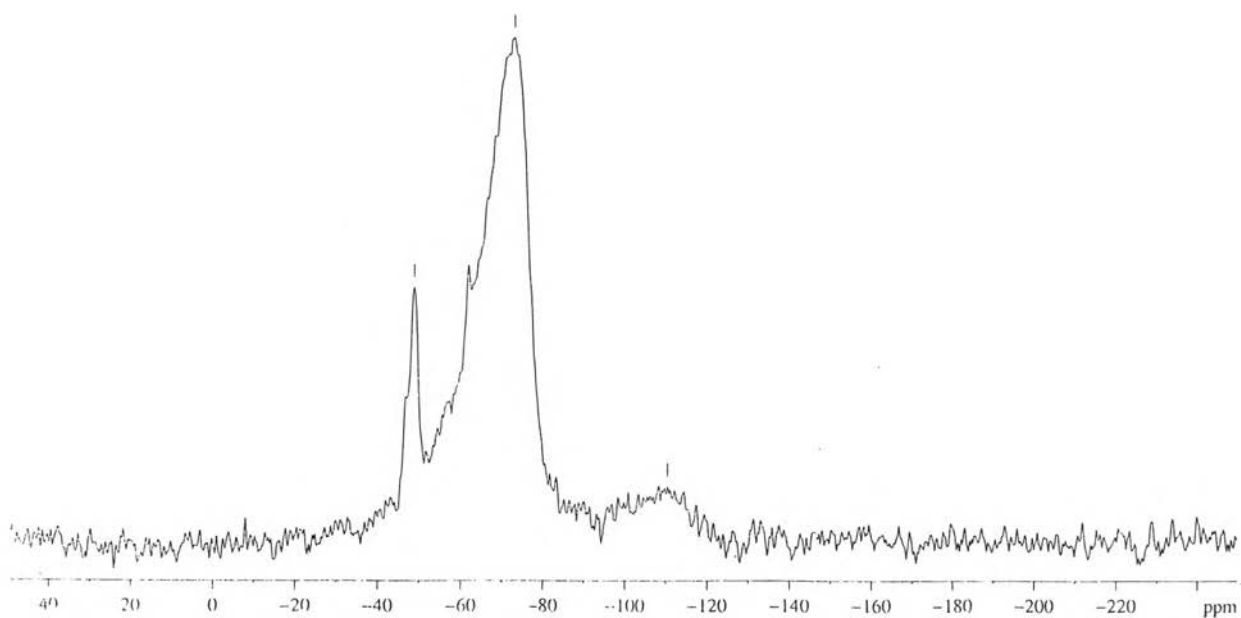


(B) standard Si

(C) standard  $\text{SiO}_2$

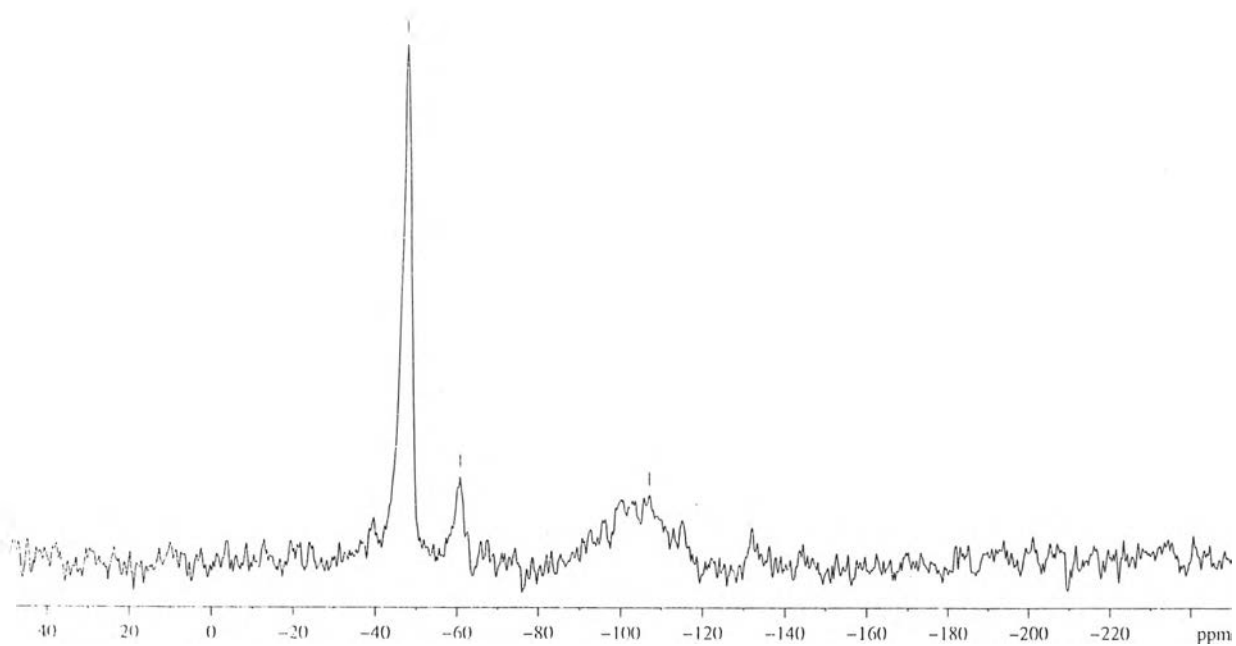


(D) Nitridation at 1375 °C



(E) Nitridation at 1400 °C

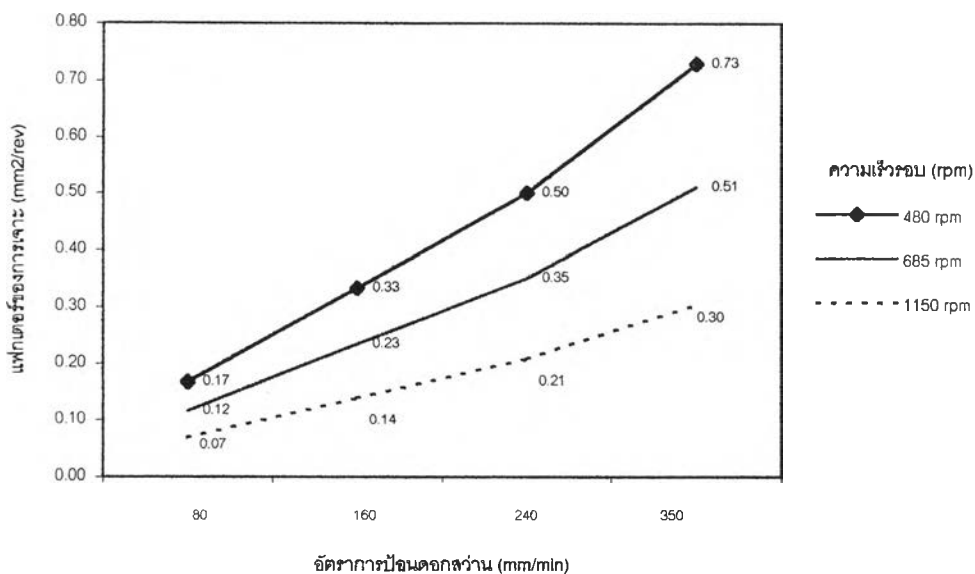




(F) Nitridation at 1450 °C

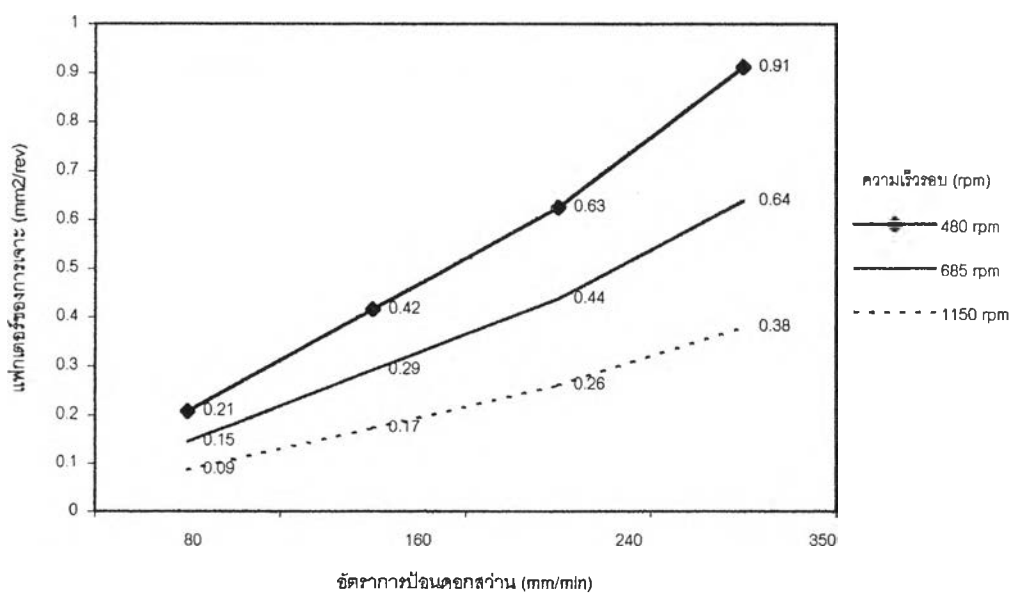
ภาพที่ 9 แสดงแฟกเตอร์ของการเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน 4 mm

แผนภูมิแสดงแฟกเตอร์ของการเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน 4 mm

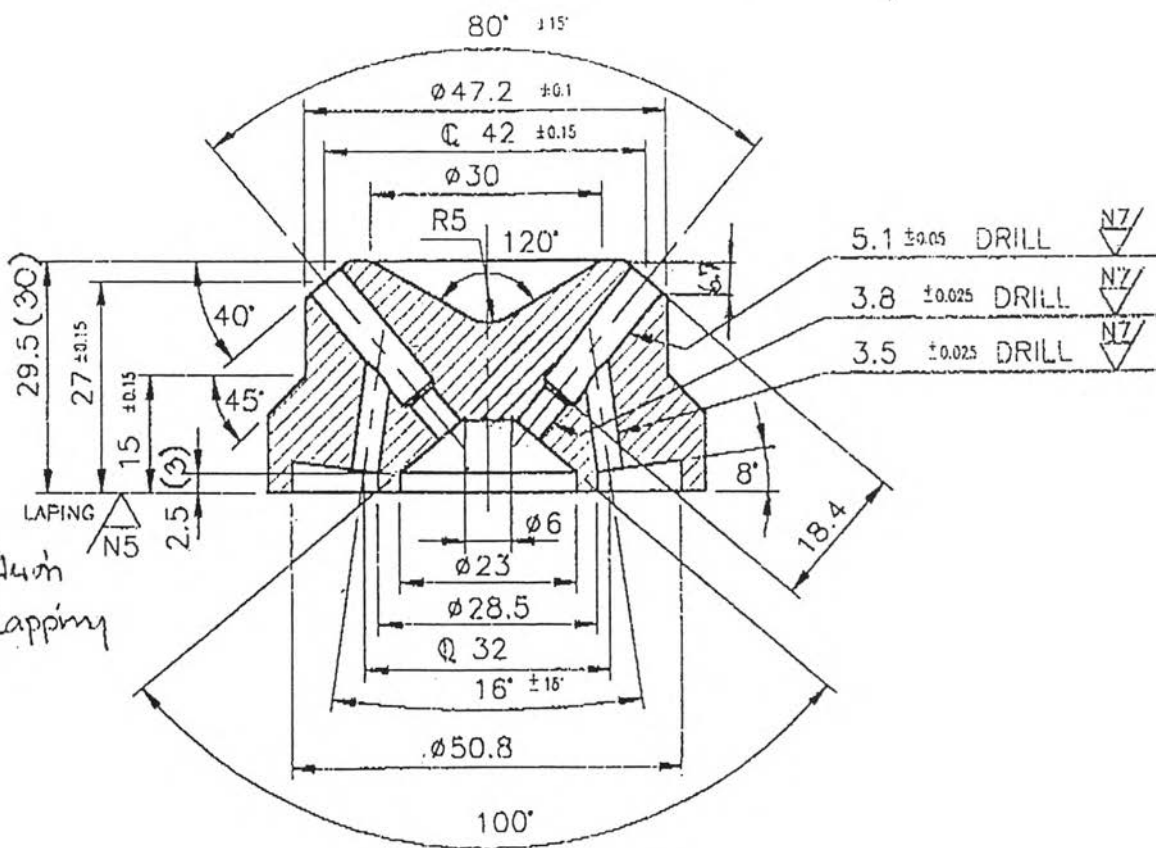
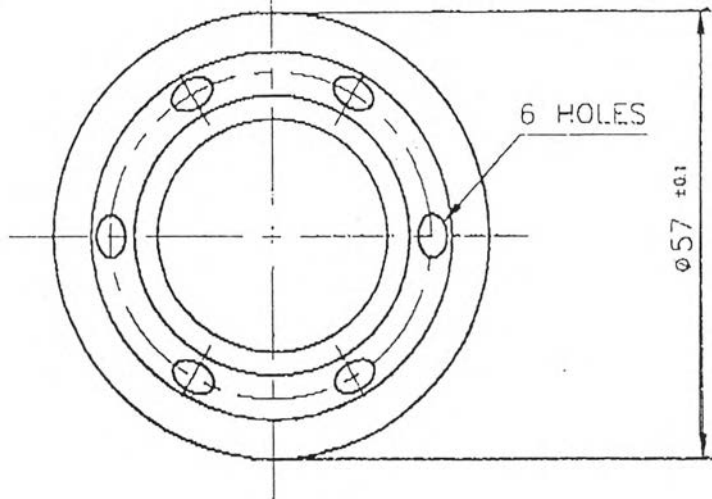


ภาพที่ 10 แสดงแฟกเตอร์ของการเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน 5 mm

แผนภูมิแสดงแฟกเตอร์จากการเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm



±0.1  
 CHAMFER 0.5  
 N9/(N7/N5/)



\* หมายเหตุ: 3, 30 เป็นค่า  
 เพื่อใช้สำหรับ Lapping

PART NAME		SPRAY PLATE (NON SPACER)		DATE	No	REVISION	CKD	APP
MATERIAL		SKD11		BOILER MAINTENANCE SECTION				
EGAT STOCK No		31700-1116-1						
UNIT	mm	DSON		TITLE				PLANT
DIM		SKD		FUEL OIL BURNER				
SCALE	1:1	DWN		REF	DWG No			REV 1
		CKD		FILE	3302-415			
		APPD						

ภาพที่ 11 แสดงแบบของหัวฉีดน้ำมันที่ใช้ในโรงไฟฟ้าในปัจจุบัน

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวกันยาทิพย์ ตันติคมน์ เกิดเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2520 เริ่มเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปี พ.ศ. 2537 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ (เกียรตินิยมอันดับ 2) ในปี พ.ศ. 2540 จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมโลหการมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2541

