

รายการอ้างอิง



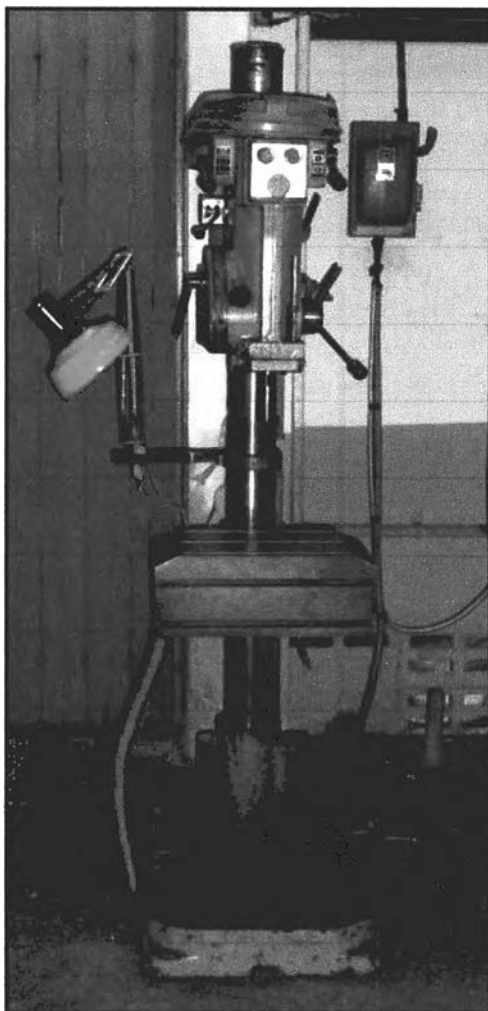
- [1] Roget J., Souquet P., Deschamps M., and Gsib N. Tool Monitoring by Acoustic Emission. ASTM STP 1077 (1991) : 316-327.
- [2] Dornfeld, D.A. Monitoring the Machining Process by Means of Acoustic Emission Sensors. ASTM STP 1077 (1991) : 328-341.
- [3] สรรวริศ อู่ยวัฒนา. การศึกษาความสัมพันธ์ของสัญญาณอะคูสติคกับการสึกหรอของดอกสว่านในเหล็กกล้า SS400. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- [4] เอก ไชยสวัสดิ์. การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2539.
- [5] E.M. Trent. Metal Cutting. Third Edition. : Butterworth-Heinemann, 1991.
- [6] K. Subramanian and N. H. Cook. Sensing of Drill Wear and Prediction of Drill Life. ASME J. Eng. 99 (1977) : 295-301.
- [7] J. Alverio, J. S. Agapiou. High Speed Drilling of 390 Aluminum. Trans. NAMRI/SME 18 (1990) : 209-215.
- [8] Hioki E.E. Corporation. HIOKI 3286 CLAMP ON POWER HITESTER Instruction Manual. : Japan, 2001.
- [9] Physical Acoustic Corporation. LOCAN 320 USER'S MANUAL. U.S.A. : Princeton, 1990.
- [10] Jack C. Spanner. Acoustic Emission Techniques and Application. U.S.A. : Intex, 1974.
- [11] Rupert Le Grand. Manufacturing Engineerings Manual. New York : McGraw-Hill, 1971.
- [12] Fryderyk E. Gorczyca. Application of Metal Cutting Theory. : U.S. of America, 1987.
- [13] David A. Stephenson, John S. Agapiou. Metal Cutting Thoery and Practice. : Marcel Dekker, 1997.
- [14] S.F. Krar, J.W. Oswald, J.E.St. Amand. Technology of Machine Tools. Third Edition. : McGraw-Hill, 1986.
- [15] พูจิฉิ ซาโตะ. การทดสอบโดยไม่ทำลาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2539.
- [16] ปราโมทย์ อ่อนประไพ. เครื่องมือเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.
- [17] วิทยา ทองขาว. ทฤษฎีช่างกลทั่วไป. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.
- [18] บรรจง จันทมาศ. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2538.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องเจาะ

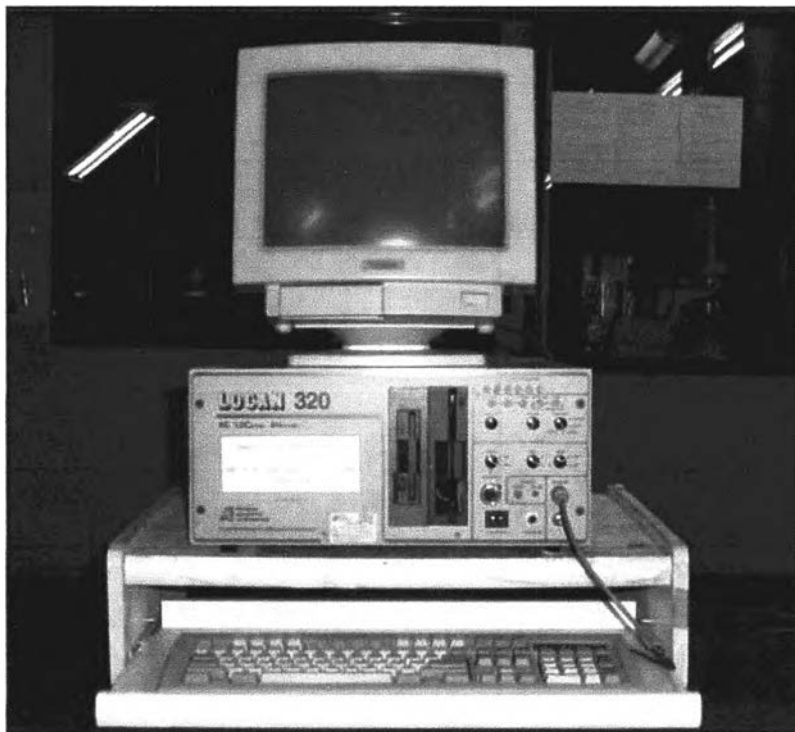
เครื่องเจาะแบบตั้งพื้น มีเพลลาหมุนหลักอยู่ในแนวตั้ง ประกอบด้วย คอลัมน์ หัวเพลลาหมุนหลัก ฐานและโต๊ะซึ่งงานปรับหมุนได้ ใช้มอเตอร์ยี่ห้อ MEZMOHELNICE กำลังขับ 1.5 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 380/220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 3 เฟส 50 เฮิรตซ์ เปลี่ยนอัตราเร็วรอบได้ 9 ระดับคือ 71, 112, 180, 280, 450, 710, 1120, 1180 และ 2800 รอบต่อนาที เปลี่ยนอัตราการป้อนได้ 4 ระดับคือ 0.08, 0.12, 0.20 และ 0.32 มิลลิเมตรต่อรอบ



รูปที่ ก.1 เครื่องเจาะแบบตั้งพื้น ใช้มอเตอร์ยี่ห้อ MEZMOHELNICE

เครื่องมือวัดสัญญาณอะคูสติก

รุ่น LOCAN 320 เป็น Computerized Acoustic Emission System ซึ่งสามารถวัดสัญญาณ เก็บสัญญาณ แสดงและวิเคราะห์สัญญาณเป็น Real time ได้พร้อมกันถึง 6 ช่องสัญญาณและสามารถเพิ่มได้อีก 8 ช่องสัญญาณ สามารถเลือกได้ว่าจะให้เก็บข้อมูลเฉพาะตัวใด สิ่งที่เครื่องสามารถเก็บได้คือ Energy, Counts, Amplitude, Rise time, Duration time, Counts to Peak, Avg. Frequency และ Threshold สภาพะการทำงานที่เหมาะสมคือ ความชื้นสัมพัทธ์ 20-90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 4-35 องศาเซลเซียส แรงดันไฟฟ้า 90-260 โวลต์ กระแสสลับ ความถี่ 48-62 Hz กำลังงาน 200 วัตต์ (Digital) และ 100 วัตต์ (Analog) โดยใช้อุปกรณ์ประมวลผล 80286 20 MHz และอุปกรณ์ประมวลผลรวม 80C287



รูปที่ ก.2 เครื่องมือวัดสัญญาณอะคูสติก รุ่น LOCAN 320

อุปกรณ์ขยายสัญญาณเบื้องต้น

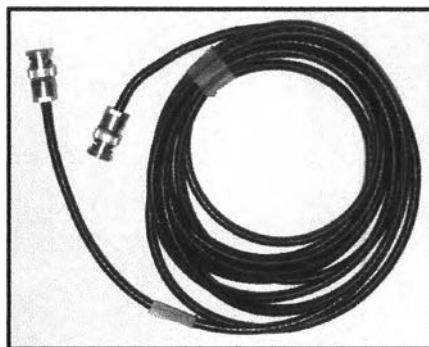
รุ่น 1220A ของ PHYSICAL ACOUSTIC CORPORATION ใช้แรงดันไฟฟ้า 28 ถึง 32 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าทำงาน 25 มิลลิแอมแปร์ สัญญาณรบกวนไม่เกิน 2 ไมโครโวลต์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออก 20 Vpp into 50 โอห์ม ช่วงกว้างสัญญาณที่วัดได้คือ 20 ถึง 1200 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่ 3 เดซิเบล และสามารถเลือกอัตราขยายได้ 40 หรือ 60 เดซิเบล หัวต่อทางเข้ามีทั้งสัญญาณเดี่ยวและสัญญาณผลต่าง ซึ่งเป็นหัวต่อแบบ BNC และ DBNC ตามลำดับ ส่วนหัวต่อทางออกมีทั้งสัญญาณขาออกและไฟเลี้ยง ซึ่งเป็นหัวต่อแบบ BNC



รูปที่ ก.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณเบื้องต้น รุ่น 1220A

สาย 1234 Coaxial Cable Standard

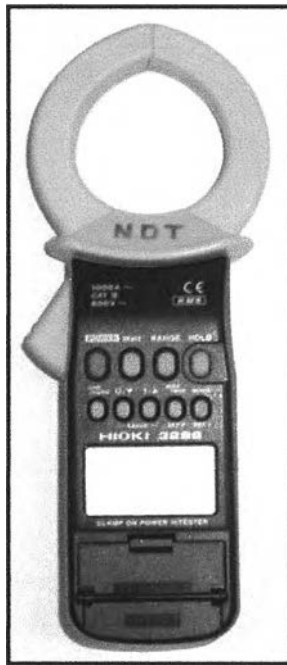
RG-58 50 โอห์ม ของ OLYMPIC WIRE & CABLE CORP. RG 58 AU สำหรับเชื่อมต่อเพื่อส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ขยายสัญญาณเบื้องต้นไปยังอุปกรณ์วิเคราะห์สัญญาณอะคูสติก



รูปที่ ก.4 สาย 1234 Coaxial Cable Standard

เครื่องมือวัดกำลังงาน

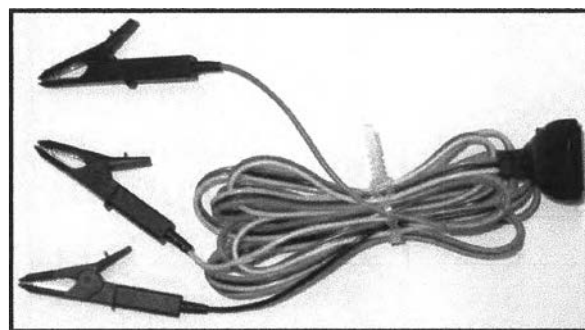
รุ่น 3286 Clamp on Power Hitester โดยใช้ Single-Chip Microcomputer สามารถใช้ได้กับวงจรกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวและวงจรกระแสไฟฟ้าสามเฟส เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเข้า Input จะสามารถวัดค่า ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า กำลังงาน Phase angle Power factor และความถี่ได้



รูปที่ ก.5 เครื่องมือวัดกำลังงาน รุ่น 3286 Clamp on Power Hitester

สายต่อหน้าไฟฟ้า 9635 (แดง, เหลือง และดำ)

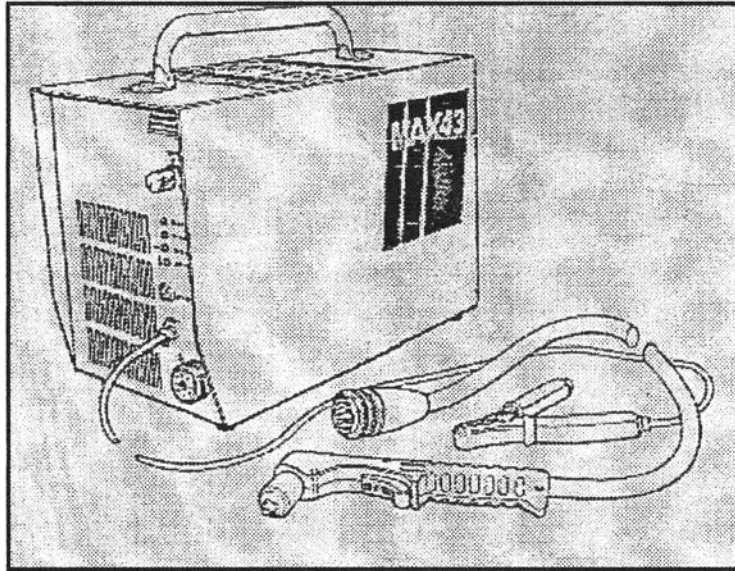
สำหรับเชื่อมต่อ เพื่อใช้ในการป้อนค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ Input ของเครื่องมือวัดกำลังงาน



รูปที่ ก.6 สายต่อหน้าไฟฟ้า 9635 (แดง, เหลือง และดำ)

เครื่องตัดแบบพลาสมา (Plasma Arc Cutting)

รุ่น MAX43 ของ HYPERTERM ใช้แรงดันไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรตซ์ 11.7 แอมแปร์ และอากาศหรือไนโตรเจน ที่สะอาด แห้ง ปราศจากน้ำมัน ความดัน 5.5 ถึง 8.3 บาร์ พร้อมเครื่องเคลื่อนย้ายหัวตัดโดยอัตโนมัติ รุ่น KT-5NX ของ TANAKA ENGINEERING WORKS LTD. ตั้งค่าความเร็วการเดินไว้ 300 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ ก.7 เครื่องตัดแบบพลาสมา รุ่น MAX43

ภาคผนวก ข

สัญญาณอะคูสติค Energy Count และ Hit ของดอกสว่าน 3 ดอก

ตารางที่ ข.1 Energy ของสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	78611	82901	82737	81416	2431
201-208	89168	79601	74168	80979	7594
401-408	74255	78318	78228	76934	2320
601-608	88462	92463	95444	92123	3503
801-808	105784	103501	108165	105817	2332
1001-1008	112125	100965	120560	111217	9829
1201-1208	125166	122112	127286	124855	2601
1401-1408	109612	123028	117962	116867	6775
1601-1608	106017	122326	115841	114728	8211

ตารางที่ ข.2 Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	48885	67966	72725	63192	12617
201-208	68171	45734	55573	56493	11247
401-408	43872	50450	56860	50394	6494
601-608	81189	83860	88551	84533	3727
801-808	98458	100959	109835	103084	5979
1001-1008	116440	100633	132590	116554	15979
1201-1208	122520	124077	133668	126755	6037
1401-1408	136061	132481	127567	132036	4264
1601-1608	106522	140073	144017	130204	20604

ตารางที่ ข.3 Hit ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที
อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	34	37	51	41	9.1
201-208	31	16	28	25	7.9
401-408	34	28	51	38	11.9
601-608	27	28	56	37	16.5
801-808	72	145	196	138	62.3
1001-1008	78	158	183	140	54.8
1201-1208	161	244	281	229	61.5
1401-1408	93	185	284	187	95.5
1601-1608	110	120	189	140	43.0

ตารางที่ ข.4 Energy ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที
อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	71420	70894	72890	71735	1035
201-208	86930	84666	94017	88538	4878
401-408	97966	90058	100251	96092	5349
601-608	108187	102379	110192	106919	4058
801-808	126117	103543	131209	120290	14725
1001-1008	134597	124949	133134	130893	5199
1201-1208	142207	129089	180651	150649	26798

ตารางที่ ข.5 Count ของสัญญาณอะคูสติค อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที
อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตร

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	24657	41137	44900	36898	10767
201-208	62257	62473	85177	69969	13171
401-408	85298	66544	73012	74951	9526
601-608	105854	111641	106889	108128	3086
801-808	138322	92905	116468	115898	22714
1001-1008	113550	110102	103107	108920	5321
1201-1208	112360	113030	126476	117289	7964

ตารางที่ ข.6 Hit ของสัญญาณอะคูสติค อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที
อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตร

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	45	43	51	46	4.4
201-208	81	90	105	92	12.1
401-408	38	64	61	54	14.2
601-608	91	80	88	86	5.4
801-808	99	101	65	88	20.5
1001-1008	93	110	118	107	12.6
1201-1208	58	84	138	93	40.5

ตารางที่ ข.7 Energy ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	72944	71483	76815	73747	2755
201-208	74667	72290	71900	72952	1498
401-408	82510	82774	83431	82905	474
601-608	73352	73826	79904	75694	3654
801-808	93800	77195	90721	87238	8833
1001-1008	115896	123262	144871	128009	15060
1201-1208	137556	153899	172571	154675	17521
1401-1408	237250	268880	203349	236493	32772
1601-1608	390852	304538	412811	369400	57236

ตารางที่ ข.8 Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตร

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	56903	54691	55804	55799	1106
201-208	39412	42892	54089	45464	7669
401-408	60674	55384	52703	56254	4056
601-608	53244	46042	71868	57051	13327
801-808	49399	63910	74096	62468	12411
1001-1008	93613	112510	145285	117136	26145
1201-1208	158137	142597	216090	172275	38733
1401-1408	122605	227541	149338	166495	54531
1601-1608	152001	135036	363613	216883	127354

ตารางที่ ข.9 Hit ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที
อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	30	29	37	32	4.4
201-208	18	25	25	22	4.2
401-408	55	57	27	46	16.8
601-608	34	28	41	34	6.4
801-808	38	49	51	46	7.1
1001-1008	132	115	141	129	12.9
1201-1208	109	136	224	156	59.9
1401-1408	35	70	70	58	20.3
1601-1608	54	61	185	100	73.6

ตารางที่ ข.10 Energy ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที
อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	78830	79252	78641	78908	313
201-208	75972	74289	77375	75879	1545
401-408	77979	78731	79297	78669	661
601-608	68709	71326	72224	70753	1826
801-808	79990	81250	87659	82966	4112
1001-1008	83236	85223	86138	84866	1484
1201-1208	78663	78795	82254	79904	2036
1401-1408	82998	80349	87397	83581	3560
1601-1608	89133	90561	89757	89817	716

ตารางที่ ข.11 Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที
อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	50240	37081	52863	46728	8457
201-208	56487	47332	43428	49082	6703
401-408	47424	53549	54838	51937	3961
601-608	34798	50595	52416	45936	9689
801-808	76347	57147	67313	66936	9606
1001-1008	54712	62927	67549	61729	6502
1201-1208	51781	51109	67048	56646	9015
1401-1408	71993	54325	72922	66413	10479
1601-1608	79605	80683	85097	81795	2910

ตารางที่ ข.12 Hit ของสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที
อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูเจาะที่	ดอกที่ 1	ดอกที่ 2	ดอกที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
001-008	41	38	42	40	2.5
201-208	26	35	36	32	5.4
401-408	45	44	34	41	6.1
601-608	31	21	24	25	5.5
801-808	40	17	41	33	13.6
1001-1008	32	53	56	47	12.8
1201-1208	29	46	52	43	11.8
1401-1408	55	52	54	54	1.5
1601-1608	44	46	57	49	7.2

ภาคผนวก ค

กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ในการเจาะรู ของดอกสว่าน 1 ดอก

ตารางที่ ค.1 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

280/0.08												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												เบน
0	375	372	384	402	375	396	390	405	378	378	386	12.0
100	399	396	384	378	390	402	402	384	390	396	392	8.3
200	384	402	411	387	414	375	384	410	412	392	397	14.4
300	399	393	384	378	387	390	405	393	397	381	391	8.4
400	385	397	402	387	393	378	397	416	396	384	394	10.7
500	410	405	414	378	387	375	376	393	407	389	393	14.7
600	402	397	375	399	406	378	391	399	402	398	395	10.4
700	412	412	397	377	416	407	374	392	401	378	397	15.8
800	408	413	405	399	392	413	402	417	411	399	406	8.0
900	400	391	397	392	417	416	381	417	414	377	400	15.2
1000	405	413	412	384	388	399	374	400	388	399	396	12.5
1100	412	381	413	387	403	391	396	390	387	392	395	10.8
1200	394	384	391	381	397	393	400	376	397	384	390	8.0
1300	399	381	413	387	400	394	381	376	392	387	391	11.0
1400	402	391	419	380	404	389	384	392	379	381	392	12.7
1500	394	386	420	400	405	395	401	384	399	402	399	10.2
1600	407	374	391	390	412	411	379	382	395	423	397	16.2

ตารางที่ ค.2 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

280/0.12												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												
0	445	433	448	448	445	424	430	436	424	432	436	9.4
100	418	436	430	427	445	433	466	439	442	436	437	12.7
200	463	451	439	472	454	466	418	424	454	466	451	18.3
300	469	481	453	484	458	443	473	469	454	484	467	14.2
400	450	461	456	489	464	449	479	460	445	475	463	14.3
500	448	479	446	487	460	445	475	446	431	461	458	17.7
600	473	475	450	466	466	451	481	460	445	475	464	12.3
700	460	480	455	464	451	436	466	456	441	471	458	13.3
800	474	483	474	488	446	431	461	470	455	485	467	18.5
900	496	457	463	460	461	446	476	457	442	472	463	15.4
1000	473	458	488	474	462	472	457	487	493	481	474	12.8
1100	466	432	462	493	463	469	454	484	490	478	469	18.2
1200	452	499	467	491	461	454	439	469	475	463	467	18.1
1300	499	454	468	466	436	457	442	472	478	466	464	18.0
1400	478	436	466	474	444	446	431	461	467	455	456	16.0
1500	458	443	473	476	482	448	433	463	469	457	460	15.7
1600	464	449	479	483	489	460	445	475	481	451	467	16.0

ตารางที่ ค.3 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

280/0.20												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยง
รูเจาะที่												เบน
0	561	534	555	543	546	555	546	543	540	537	546	8.6
100	534	543	537	531	543	528	528	546	537	558	539	9.3
200	585	552	564	582	540	564	543	552	540	552	557	16.2
300	557	557	564	556	568	571	581	576	581	572	568	9.5
400	554	583	576	583	562	574	560	567	575	568	570	9.8
500	567	574	563	571	584	580	574	558	561	583	572	9.4

ตารางที่ ค.4 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

450/0.08												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												
0	486	483	471	477	480	486	492	480	474	477	481	6.3
100	495	486	492	483	486	477	492	486	489	492	488	5.3
200	504	486	483	495	504	507	513	495	501	501	499	9.3
300	492	498	495	507	495	504	504	501	504	519	502	7.8
400	501	504	513	516	507	510	507	513	507	516	509	5.1
500	516	507	504	510	516	516	522	507	516	513	513	5.6
600	528	522	516	528	516	510	531	522	528	525	523	6.8
700	519	519	525	534	528	513	522	528	528	534	525	6.8
800	525	534	534	537	543	537	546	537	540	537	537	5.7
900	546	534	528	525	528	540	543	534	537	546	536	7.6
1000	537	516	516	522	519	525	534	549	549	543	531	13.1
1100	552	540	537	543	534	546	546	543	549	546	544	5.4
1200	543	555	564	561	564	546	556	546	558	549	554	7.8
1300	561	546	555	537	546	543	561	555	549	558	551	8.1
1400	555	561	546	540	552	549	555	558	561	567	554	8.0
1500	549	546	573	546	558	556	564	552	562	570	558	9.6
1600	567	585	558	552	558	567	570	561	567	576	566	9.6

ตารางที่ ก.5 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

450/0.12												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												
0	558	555	543	549	567	546	552	567	555	573	557	9.8
100	543	549	552	546	576	570	585	564	567	576	563	14.5
200	555	546	567	561	564	552	549	573	570	564	560	9.2
300	549	540	534	537	555	558	570	570	564	561	554	13.3
400	546	552	555	567	576	558	540	549	555	570	557	11.2
500	567	576	576	561	570	555	549	561	564	561	564	8.6
600	555	570	579	576	585	564	585	582	567	579	574	9.9
700	585	555	567	594	588	588	585	603	552	552	577	18.8
800	564	579	570	561	582	582	585	579	591	612	581	14.5
900	567	585	576	567	570	579	606	576	561	588	578	13.1
1000	588	582	573	573	594	609	603	591	582	579	587	12.1
1100	576	579	570	603	597	603	591	591	594	585	589	11.2
1200	561	585	591	609	573	579	570	615	591	585	586	16.7
1300	576	609	585	588	594	627	591	594	609	603	598	14.7
1400	606	597	588	612	633	612	609	636	585	594	607	17.3
1500	639	594	627	612	618	639	633	654	645	654	632	19.1
1600	615	645	609	645	654	663	669	627	633	639	640	19.5

ตารางที่ ค.6 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

450/0.20												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												
0	762	768	795	792	801	789	756	768	774	762	777	16.1
100	795	792	783	780	774	786	795	804	798	792	790	9.1
200	804	792	804	795	810	804	789	792	801	798	799	6.8
300	807	795	804	816	822	807	792	786	786	795	801	12.2
400	813	804	798	816	819	795	801	813	819	813	809	8.8
500	810	831	834	795	822	804	810	816	813	804	814	12.3
600	816	810	828	837	834	843	855	846	846	855	837	15.3
700	834	843	834	840	843	837	843	846	843	849	841	4.9
800	846	834	849	843	852	855	849	840	852	840	846	6.6
900	873	858	855	873	885	873	855	876	867	864	868	9.9
950	756	771	783	762	783	774	780	768	774	765	772	9.0
1000	1092	1095	1125	1056	1092	1083	1068	1062	1092	1116	1088	22.0
1100	1086	1095	1077	1074	1080	1074	1077	1089	1080	1086	1082	7.0
1200	1104	1086	1116	1080	1086	1080	1104	1104	1095	1125	1098	15.3

ตารางที่ ค.7 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

710/0.08												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												
0	627	618	633	645	612	636	648	609	630	636	629	13.1
100	645	636	627	651	660	669	645	657	651	660	650	12.4
200	666	660	654	678	645	627	636	648	654	663	653	14.9
300	666	678	690	648	672	645	666	663	651	666	665	13.9
400	687	654	672	645	633	693	702	657	663	660	667	21.9
500	705	690	711	702	714	717	690	714	705	702	705	9.5
600	672	681	675	702	711	723	702	705	711	714	700	17.5
700	690	702	675	663	708	684	705	672	699	717	692	17.6
800	756	735	714	693	702	723	714	738	687	726	719	21.3
900	744	732	795	771	780	777	792	798	807	774	777	23.7
1000	768	729	747	762	777	783	774	789	804	780	771	21.4
1100	753	765	777	783	792	780	795	771	789	777	778	12.8
1200	747	795	816	807	783	825	831	843	849	864	816	34.6
1300	867	852	873	864	885	873	903	891	882	912	880	18.3
1400	906	876	888	909	885	912	921	915	930	936	908	19.6
1500	933	948	942	954	930	936	954	957	975	984	951	17.6
1600	996	1029	984	996	1035	960	984	978	993	1005	996	22.6

ตารางที่ ค.8 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

710/0.12												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยง
รูเจาะที่												เบน
0	693	708	681	675	699	711	687	696	714	708	697	13.3
100	696	711	699	714	696	696	681	687	702	705	699	10.0
200	726	747	714	726	720	753	717	744	735	717	730	14.0
300	762	714	735	711	729	744	738	753	759	720	737	18.2
400	741	720	714	720	726	762	717	705	735	726	727	16.1
500	771	726	756	735	711	738	732	732	720	717	734	18.1
600	759	771	705	741	753	786	762	756	741	735	751	22.1
700	804	813	801	792	756	762	765	726	747	753	772	28.8
800	807	771	753	762	759	789	762	786	777	786	775	16.9
900	789	789	825	774	774	816	789	810	807	804	798	17.3
1000	816	837	819	804	789	843	792	795	810	804	811	18.2
1100	822	828	792	801	792	816	819	837	807	810	812	14.9
1200	789	828	825	840	834	807	849	843	837	837	829	18.2
1300	834	846	840	825	858	846	822	810	852	855	839	15.8
1400	840	858	846	807	822	834	828	822	843	843	834	14.8
1500	837	843	861	822	819	858	846	852	858	843	844	14.6
1600	846	843	834	855	867	846	837	840	837	849	845	9.9

ตารางที่ ค.9 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

710/0.20												
ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
รูเจาะที่												
0	1095	1080	1062	1068	1086	1074	1080	1077	1077	1083	1078	9.2
100	1089	1083	1077	1092	1092	1086	1086	1095	1086	1077	1086	6.1
200	1095	1104	1110	1116	1107	1110	1116	1104	1107	1113	1108	6.4
300	1101	1095	1095	1107	1092	1116	1113	1122	1104	1107	1105	9.8
400	1125	1134	1113	1107	1104	1113	1122	1113	1119	1098	1115	10.6
500	1119	1098	1104	1104	1116	1122	1122	1125	1119	1128	1116	10.1
600	1122	1113	1116	1107	1122	1125	1125	1134	1122	1128	1121	7.7
700	1128	1128	1131	1134	1140	1143	1143	1134	1137	1125	1134	6.4
800	1128	1137	1149	1143	1146	1158	1143	1155	1146	1140	1145	8.6
900	1140	1146	1155	1149	1155	1155	1158	1161	1155	1167	1154	7.6
1000	1149	1143	1158	1149	1161	1152	1143	1149	1164	1158	1153	7.3
1100	1161	1164	1161	1158	1152	1158	1167	1167	1170	1158	1162	5.4
1200	1170	1161	1173	1158	1155	1155	1161	1176	1170	1173	1165	8.0
1300	1167	1182	1173	1179	1191	1176	1182	1167	1170	1182	1177	7.8
1400	1176	1188	1185	1173	1167	1161	1179	1176	1179	1191	1178	9.2
1500	1182	1221	1209	1176	1170	1185	1191	1185	1188	1185	1189	15.1
1600	1179	1185	1188	1188	1194	1206	1197	1218	1215	1206	1198	13.2

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ดนุชา จันทะยานี เกิดเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2520 เข้ารับการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา ปีการศึกษา 2527 ถึง 2532 ระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2533 ถึง 2537 ระดับปริญญาตรี ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2538 ถึง 2541 วุฒิทางการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในปีการศึกษา 2542 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย