

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์



รวมบทความ
การประชุมวิชาการ پایان
วิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554
IE NETWORK CONFERENCE 2011

20 - 21 ตุลาคม 2554
โรงแรมแอมบาสเตอร์ซีที จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร.จิตรา รุจิการพานิช
ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน

รศ.ดร.ปารเมศ ชูติมา
ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปฎิภาณ จัยเจิม
ดร.สุดาร์ตน์ วงศ์กักรเกียรติ

ดร.ปณณมี สัจจกมล
ดร.สุวิภรณ์ วิชากุล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
ดร.ศิริรัตน์ หมื่นนวมิชกุล
อ.จันจิรา คงชื่นใจ

ดร.เพ็ญสุดา พันธุอิธำ
ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิต

ผศ.ชานนท์ มุลวรรณ
อ.ประภาพรพรณ เกษราพงศ์

ดร.ศักดิ์ชาย รักการ
อ.จักรินทร์ กลั่นเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รศ.ดร.พรเทพ ขอบฉายเกียรติ
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผศ.ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ดร.ปาพจน์ เจริญอภิบาล

รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล
ผศ.ดร.ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ดร.ธนา ราษฎร์ภักดี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.วิชัย ฉัตรหินวัฒน์
ผศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
ผศ.ดร.สรยุทธชัย ชิวสุทธิศิลป์
ผศ.ดร.อรรถพล สมทุคูปดี
ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ดร.อนิรุท ไชยจารุณิช

รศ.ดร.วิมลีน เหล่าศิริถาวร
ผศ.ดร.วิสสนัย วรรณจรรย์ยา
ผศ.ดร.อภิชาติ โสภางค์
ดร.กรกฎ ไยบัวเทศ ทิพย์วงศ์
ดร.วสวัชร นาคเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป์
รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล
ผศ.ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
ผศ.พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
ดร.วิศิษฐ์ศรี วิยะรัตน์
อ.ปรีชาญา เพียสุระ

รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์
รศ.สันติรัฐ นันสะอาจ
ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์
ดร.อิศรทัต พึ่งอัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.วันชัย แผลมหลักสกุล

ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ
ผศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต
ดร. อุดม จันทรจรัสสุข
ดร.ชุมพล ยวงโย

รศ.ดร. ฤดี มาสุจันทร์
ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล
ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผศ.พิชัย จันทรมณี

ผศ.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผศ.ณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.นเรศ อินตะวงศ์
ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ

ดร.บรรเจิด แสงจันทร์
ผศ.মনবিয়া আবিপান্থ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รศ.สุชาติ เย็นวิเศษ
ผศ.สุรสิทธิ์ ระว่างวงศ์

ผศ.เดช เหมือนขาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.พรศิริ จงกล
ดร.ปภากร สุนานนท์
อ.นรา สมัตถภาพงค์

ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย
ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ

ผศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนัยกร

ผศ.ดร.สวัสดิ์ ภาระราช

รศ.ดร.จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์

ผศ.ดร.วรารัตน์ กังสัณฐิ

ผศ.ดร.เสมอจิตร์ หอมรสสุนธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ

ดร.ขวัญนิตี คำเมือง

ดร.ภาณุ บุรณจารุกร

อ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์

ผศ.ศุภภา สิมารักษ์

ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล

อ.ธณิกานต์ ธงชัย

มหาวิทยาลัยปทุมธานี

ดร. ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเริง

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป

ผศ.ดร.บพิศ บุปผโชติ

ดร.นิตา ชัยมูล

ผศ.ดร.สุดสาคร อินธิเดช

ดร.อรอุมา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์

ดร.จิรพรรณ เลียงโรคาพาธ

ผศ.ดร.วเรศรา วีระวัฒน์

ผศ.ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ.ดร.ธนวรรณ อัศวไพบูลย์

ผศ.ลีนี สุขกรมใส

อ.ศิลปชัย วัฒนเสย

อ.พรศพงษ์ แก่นณรงค์

ผศ.ดร.เพ็ญจันทร์ จริ่งจิตร

ดร.พิษณุ มั่นสปีติ

อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า

อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผศ.ดร. กฤษดา พิศลยบุตร

อ.นุกูล อุบลบาน

ดร.เลิศเลขา ธนะชัยพันธ์

อ.นันทวรรณ อำเอี่ยม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รศ.ธนรัตน์ แต้ววัฒนา

ผศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์

ดร.ศิริเดช ขาดินิยม

ผศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล

ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ

ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผศ.พัฒน์พงศ์ อริยสิทธิ์
อ.จักรพันธ์ กันหา
อ.ธนิศ ศรีวรรมย์
อ.วราภรณ์ พันธคง

มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร
ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ
ผศ.สุชุม ไชยิตชัยมงคล
ดร.กัญญา ทองสนธิ
ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
รศ.สมชาย ชูโณม
ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์
ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล
ผศ.ดร.รัชชานา สีนชวลัย
ผศ.ดร.เสกสรรค์ สุธรรมานนท์
ผศ.เจริญ เจตวิจิตร
ผศ.ยอดดวง พันธันรา

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
อ.จิตลดา ชัมเจริญ
อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์
อ.อรอุมา กอสนาน

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.คณิต ภูนิคม
ผศ.ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี
ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงศ์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์

ดร.ธรรณี มณีศรี
อ.ชลิต มณีศรี
อ.พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์
อ.สุพัฒตรา เกษราพงศ์

ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์
ผศ.วันชัย ลีลากรวิวงศ์
ผศ.สุวัฒน์ เณรโต
ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง

รศ.วนิดา รัตนมณี
ผศ.ดร.กลางเดือน โพนนา
ผศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล
ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์บุรี
ผศ.ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์
ผศ.ดร.อรุณ สังขพงศ์
ผศ.พิเชฐ ตระการชัยศิริ
ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม

อ.นิศากร สมสุข
อ.อัญชลี สุพิทักษ์

ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง
ผศ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.สมบัติ สิ้นธุเชาวน์
ดร.ธารชуда พันธนิกุล
ดร.สันต์ โอฬารพิริยะกุล

ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผศ.ชัยพฤกษ์ อาภาเวท

อ.เจษฎา วงศ์อ่อน

ผศ.ประยูร สุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร

ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

ผศ.ดร.ณฐา คุปต์ชัยธร

ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง

ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด

ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ

ดร.ณรงค์ชัย ไชเจริญ

ดร.สรพงษ์ ภาสุปรีย์

ผศ.สุรัตน์ ตรีวานพงค์

รศ.มานพ ต้นตระกูลจิตต์

ผศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพันธ์

ผศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์

ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์

ดร.ชัยยะ ปราณิตพลกรัง

ดร.ระพี กาญจนะ

ดร.สุนามาลัย เนียมกลาง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

สารบัญ (ต่อ)

MPM27	Preparation of Nanofibers from Natural Ilmenite Mineral by Simple Hydrothermal Method	160
	Athapon Simpraditpan Thanakorn Wirunmongkol Sorapong Pavasupree Wisanu Pecharapa	
MPM28	การเตรียมผงซิงค์ออกไซด์โดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล	161
	ธนกร วิรุฬห์มงคล วิชัย ผดุงศิลป์ พร้อมศักดิ์ อภิรติกุล ณรงค์ชัย โอเจริญ สรพงษ์ ภาสุปรีย์	
MPM29	อิทธิพลความเร็วรอบและความเร็วเดินต่อสมบัติของรอยต่อการเชื่อมเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียม 5052 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430	162
	นราธิป พันธุ์ สมชาย วรไทยสงค์ ประจักษ์ อภิษฎา บุญส่ง จงกลณี กิตติพงษ์ กิมะพงศ์	
MPM30	การเชื่อมด้านทานแบบจุดอลูมิเนียมและเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี	163
	ศักดิ์ชัย จันทรี ไพบูลย์ แยมเดือน สมชาย วรไทยสงค์ กิตติพงษ์ กิมะพงศ์	
MPM31	การขึ้นรูปวัสดุไฮดรอกซิดาโครมิกสีฟ้าจากเปลือกหอยสำหรับเป็นชิ้นส่วนทาง	164
	การแพทย์ พูนธนะ ศิริสระคู วิสสนัย วรอนันจรรย์	
MPM32	อิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความเครียดโดยกระบวนการขึ้นรูปแบบต่อเนื่องโดย	165
	การสัมผัสเป็นจุด ธงชัย เพ็งจันทร์ ศิริชัย คอสกุล	
MPM33	การวิเคราะห์ปัจจัยในการเจาะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการออกแบบ	166
	การทดลอง จาตุรนต์ จันทร์ดี อนุชา คุปต์ชัย	
MPM34	การออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มโลหะด้วยเทคนิคการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์	167
	วิระยุทธ หล้าอมรชัยกุล	
MPM35	อิทธิพลของความเร็วในการทดสอบแรงดึงต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมด้วย	168
	การเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียมเกรด 6063 พงษ์พันธ์ ราชภักดี เอกรัตน์ โภคสวัสดิ์ ประเสริฐ คงแก้ว ศุภเวทย์ สงคง	

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

การวิเคราะห์ปัจจัยในการเจาะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง
Drilling Factor Analysis on Print Circuit Board by Design of Experiment Technique

จาตุรนต์ จันทรดี¹ ณฐา คุปต์ชัย²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

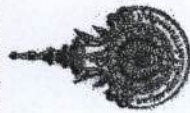
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

E-mail: jack_esy@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงการนำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการลดส่วนปัญหาคุณภาพในการเจาะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Print Circuit Board: PCB) ที่โรงงานการศึกษา จากการเก็บข้อมูลการผลิตแผ่น PCB ตัวอย่าง 669 งาน เป็นจำนวน 78,303 ตารางฟุต พบปัญหาคุณภาพที่เกิดจากโปรแกรมเจาะ 12 งาน เป็นจำนวน 977.52 ตารางฟุต คิดเป็นมูลค่า 157,845 บาท หรือโดยเฉลี่ย 81.46 ตารางฟุตต่อเดือน หรือ 13,153.75 บาทต่อเดือน ปัญหาที่พบมากที่สุดคือ การเจาะสล็อตเส้นรูปร่างเบี้ยวผิดไปจากข้อกำหนด ซึ่งการดำเนินการแก้ไขปัญหานี้จะนำแผนภูมิพารโดกซ์ใช้ในการคัดเลือกปัญหาของกระบวนการเจาะที่เกิดจากโปรแกรมเจาะ และใช้แผนผังแสดงเหตุและผลในการหาปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา แล้วทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ปัจจัยที่เหมาะสม ที่ก่อให้เกิดของเสียหรือการทำให้เสียให้น้อยที่สุด โดยใช้การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองแบบเศษส่วนของแฟคทอเรียล (2^{11}) ผลการดำเนินงานพบว่า ปัจจัยในการเจาะที่เหมาะสมคือ ดอกเจาะสล็อตควรใช้ความยาวเกลียวส่วน 7 มิลลิเมตร วัดตำแหน่งการเจาะแบบ in-line ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ 10 นิ้วต่อนาที และความหนาของดอกเจาะ 20,000 รอบต่อนาที โดยสามารถลดส่วนปัญหาคุณภาพการเจาะ PCB ที่เกิดจากโปรแกรมเจาะลง 54 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบการทดลอง การลดปัญหาคุณภาพ



ภาควิชาชีพการอุดมศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ขอขอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

อาจารย์ จันทรี

ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความเรื่อง

การวิเคราะห์ปัจจัยในการเจาะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

การประชุมวิชาการงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 (IE Network Conference 2011)

20-21 ตุลาคม 2554 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์จີดี จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

(นายจกมล สุภารัตน์)

ประธานคณะกรรมการดำเนินการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์



การวิเคราะห์ปัจจัยในการเจาะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

Drilling Factor Analysis on Print Circuit Board by Design of Experiment Technique

จาดูรนต์ จันทรดี¹ ณฐา กุปตะเรียว²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

E-mail: jack_esy@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงการนำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการลดสัดส่วนปัญหาคุณภาพในการเจาะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Print Circuit Board: PCB) ที่พบในโรงงานกรณีศึกษา จากการเก็บข้อมูลการผลิตแผ่น PCB ตัวอย่าง 669 งาน เป็นจำนวน 78,303.08 ตารางฟุต พบปัญหาคุณภาพที่เกิดจากโปรแกรมเจาะ 12 งาน เป็นจำนวน 977.52 ตารางฟุต ความสูญเสียคิดเป็นมูลค่า 157,845 บาท หรือโดยเฉลี่ย 81.46 ตารางฟุตต่อเดือน หรือ 13,153.75 บาทต่อเดือน ปัญหาที่พบมากที่สุดคือ การเจาะสลอตเส้นรูปร่างเบี้ยวผิดไปจากข้อกำหนด ซึ่งการดำเนินการแก้ไขปัญหานี้จะนำแผนภูมิพาเรโตมาใช้ในการคัดเลือกปัญหาของกระบวนการเจาะที่เกิดจากโปรแกรมเจาะ และใช้แผนผังแสดงเหตุและผลในการหาปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา แล้วทำการกำหนดและหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม ที่ก่อให้เกิดของเสียหรือการทำให้ล่าช้าให้น้อยที่สุด โดยใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองแบบเศษส่วนของแฟคทอเรียล (2^{4-1}) ผลการดำเนินงานพบว่าระดับปัจจัยในการเจาะที่เหมาะสมคือ ดอกเจาะสลอตควรใช้ความยาวเกลียวสว่าน 7 มิลลิเมตร วิธีกำหนดตำแหน่งการเจาะแบบ In-line ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ 10 นิ้วต่อนาที และความเร็วในการหมุนของดอกเจาะ 20,000 รอบต่อนาที โดยสามารถลดสัดส่วนปัญหาคุณภาพการเจาะแผ่น PCB ที่เกิดจากโปรแกรมเจาะลง 54 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบการทดลอง การลดปัญหาคุณภาพ

1. บทนำ

จากข้อมูลในปี พ.ศ.2553 พบว่าจะมีผู้ผลิตแผ่น PCB สัญชาติญี่ปุ่นและไต้หวัน ที่มีโรงงานผลิตทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงในประเทศไทย มีปริมาณการผลิตสูงถึง 60% ของผลผลิต PCB ทั้งหมดของโลก จากมูลค่าตลาดประมาณ 51 พันล้านเหรียญสหรัฐ [1]

เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ต้องการผลิตแผ่นอิเล็กทรอนิกส์รุ่นใหม่ อยู่เสมอด้วยความรวดเร็ว ผู้ผลิต PCB ในประเทศไทยโดยมากเน้นการผลิต PCB สำหรับเครื่องมือสื่อสาร

โทรคมนาคม ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีการแข่งขันทางด้านราคาสูง โดยหากเป็นกลุ่มผู้ผลิต PCB ที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตไม่สูงมากนัก และต้องนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศเพราะจะถูกกดดันด้านราคาขาย ขณะที่ผู้ผลิต PCB ที่ใช้เทคโนโลยีสูงและสามารถควบคุมต้นทุนการผลิตได้ดีกว่า เนื่องจากอุตสาหกรรมนี้เน้นด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือมากกว่าการแข่งขันทางด้านราคา จึงส่งผลให้บริษัทผู้ผลิต PCB ที่เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความละเอียดในการผลิตสูง จำเป็นต้องปรับปรุงเทคนิคการผลิตเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ (Efficiency) มากที่สุด โดยมีรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) น้อยที่สุด และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนด

การเจาะแผ่น PCB เป็นกระบวนการหลักอย่างหนึ่งในการผลิต ซึ่งมีความซับซ้อนยุ่งยากและมีขั้นตอนย่อยจำนวนมาก ซึ่งต้องใช้เครื่องมือในการช่วยในการผลิต (Tooling Support) นั่นคือ CNC Program ในการออกแบบโปรแกรมสำหรับเจาะแผ่น PCB จาก CAD/CAM ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ในการเขียนโปรแกรมจะทำได้จากแบบของลูกค้า (Customer Drawing) ภายใต้ความเหมาะสมกับความสามารถในการผลิต (Process Capability)

จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษาในปี 2553 พบว่ามีปริมาณโปรแกรมเจาะที่ถูกเขียนสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ 699 งาน มีปัญหาการเจาะสลอตแล้วรูปร่างเบี้ยวผิดไปจากข้อกำหนดลูกค้า (Multi-hit Slot out of shape) จำนวน 9 งาน คิดเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ จากปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด 20 งาน ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่ของปัญหาการเจาะแผ่น PCB ตัวอย่าง เนื่องจากไม่ได้มีการแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักวิชาการอย่างแท้จริง เป็นเพียงการแก้ไขเฉพาะหน้า และขาดมาตรฐานในการปฏิบัติงาน สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหามากมายเป็นวงจรที่เกิดขึ้นซ้ำ เช่น ของเสีย (Scrap) การผลิตที่ล่าช้า ชิ้นงานที่ผลิตมีจำนวนไม่พอส่งมอบ และต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นการลดปัญหาในการผลิต จาก Tooling ต้นแบบ โดยเฉพาะการจัดทำโปรแกรมเจาะเป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรง ทำให้ต้องทำการศึกษา แก้ไขก่อนการได้รับคำสั่งซื้อปริมาณมาก เพราะอาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต เกิดค่าใช้จ่ายทางคุณภาพขึ้น ทำให้ผู้วิจัยต้องการที่จะใช้หลักทาง



วิศวกรรมศาสตร์ศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และลดค่าใช้จ่ายคุณภาพที่เกิดขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (7 QC tools)

กิตติศักดิ์ [2] Thomas [3] และจักรกฤษณ์ [4] กล่าวว่าคุณภาพถือว่าเป็นจุดมุ่งหมายสูงสุด และเป็นหัวใจของการผลิต เพราะเมื่อใดที่องค์กรผลิตสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน ปัญหาต่างๆ ก็จะตามมามากมาย Fเครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ประกอบด้วย 1) ใบตรวจสอบ 2) แผนภูมิพาเรโตใช้สำหรับแสดงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับปัญหาเหล่านั้นตามความถี่ที่พบจากมากไปหาน้อย 3) แผนผังแสดงเหตุและผล แสดงให้เห็นสาเหตุที่แท้จริงในการทำให้เกิดปัญหา โดยแจกแจงแบ่งเป็น 4 ประการ คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machines) วิธีการ (Method) วัสดุ (Material) 4) กราฟ 5) ฮิสโตแกรม 6) แผนผังการกระจาย 7) แผนภูมิควบคุม

2.2 การออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนแฟกทอเรียล

การออกแบบการทดลอง เป็นเทคนิคที่ให้ผลที่มีความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสูง โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ [5]

ปารเมศ [6] และชีวิน [7] กล่าวว่า การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล หมายถึงการทดลองถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 ครั้ง (Replicate) จะประกอบด้วย การทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล สามารถกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้ มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ที่มี n replicate จะเกี่ยวกับการดึงเอาตัวแปรที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญออกจากแบบจำลองเต็มรูปแบบ แล้ววิเคราะห์ส่วนตกค้าง (residue) เพื่อที่จะตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง และตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานที่สร้างขึ้น มีบางครั้งเช่นกันที่การขัดเกลาแบบจำลองเกิดขึ้นหลังจากการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ทั้งนี้ เนื่องจากพบว่าแบบจำลองเกิดความไม่เพียงพอ หรือสมมติฐานที่กำหนดให้มันไม่ถูกต้องอย่างรุนแรง เพื่อจะทำการวิเคราะห์ด้วยกราฟ โดยจะสร้างกราฟและผลหลัก (Main effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction) ขึ้น

สำหรับการทดลองแบบ 2^{k-1} Fractional Factorial Design หมายถึง เมื่อออกแบบเสร็จจะได้จำนวนการทดลองเท่ากับการทดลองเต็มรูปแบบของการออกแบบ เมื่อจำนวนปัจจัยน้อยกว่าอยู่ 1 ตัว (k-1) หรือจำนวนดำเนินการจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบนั่นเอง เราเอาหลักการที่ว่ายิ่งอันดับปัจจัยร่วมสูงเท่าใดก็มีความสำคัญน้อยเท่านั้นและจะเอา

ปัจจัยหลักบางตัวเข้าแทนที่ปัจจัยร่วมดังกล่าว ตัวอย่างเช่นมีปัจจัย 4 ตัวคือ A, B, C, D ถ้าออกแบบโดยใช้วิธี 2^k Full Factorial จะมีจำนวนรอบการทดลองหรือดำเนินการทั้งหมด 16 การทดลอง แต่การทดลองแบบ 2^{k-1} จะมี 8 การทดลอง

ศรีโร [8] กล่าวว่า ในกรณีที่ทำการศึกษาทดลองเศษส่วนแฟกทอเรียล เป็นการทดลองไม่ครบ (Not Full) จะมีปรากฏการณ์หนึ่งเกิดขึ้นเสมอ ซึ่งจะเรียกว่า อันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Aliases) หรือตำราบางเล่มเรียกว่า คอนฟาวด์ (Confound) แปลว่าปนกัน หรือติดกัน จนแยกกันไม่ออก ซึ่งจะมีผลให้ Effect ที่ได้เป็นค่าที่ปนกัน หรือเรียกว่ามี โครงสร้างคู่แฝดแฝง (Aliases Structure) ทำการแยก Aliases โดยพิจารณาจากกฎคือ 1) ถ้าปัจจัยหลัก (Main Effect) เป็น Aliases กับ 3-Way Interaction ขึ้นไปให้ถือว่า Effect นั้นเป็นของปัจจัยหลัก 2) ถ้าปัจจัยร่วม (Interaction) เป็น Aliases กับ Interaction ที่มี Order ไม่เท่ากัน ให้ถือว่า Effect นั้นเป็นของ Interaction ที่มี Order น้อยกว่า 3) ถ้าปัจจัยร่วม (Interaction) เป็น Aliases กับ Interaction ที่มี Order เท่ากัน ให้ปฏิบัติดังนี้

ก.ถ้ามีความรู้ก่อนหน้าจากการแยก Aliases ของ Main Effect เพียงพอ ก็สามารถแยกได้

ข.ถ้ามีความรู้ก่อนหน้าไม่เพียงพอ ก็ไม่สามารถแยก Aliases ได้ ต้องทำการทดลองเพิ่มอีก 1 เท่าของการทดลองเดิม ถ้าปัจจัยหลัก (Main Effect) เป็น Aliases กับ Interaction 2-Factor จะไม่สามารถแยก Effect ได้ (เรียกว่า Resolution III) ซึ่งไม่ควรใช้ถ้าไม่จำเป็น เช่น ถ้ามี factor; k = 4 เราทำการทดลองขั้นต้นไป $2^{4-1} = 8$ การทดลอง แต่เกิดปรากฏการณ์ Aliases และมีความรู้ก่อนหน้าไม่เพียงพอ ที่จะแยก Effect ได้ จึงต้องทำการทดลองเพิ่มเติมอีก 8 การทดลอง รวมกับการทดลองเดิมแล้ว จะมีการทดลองทั้งหมด = $8 + 8 = 16$ การทดลอง ซึ่งเท่ากับเมื่อทำการทดลองแบบ Full Factorial นั่นเอง

2.3 การทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบการทดลองหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา ได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีผู้วิจัยหลายท่านได้นำหลักการออกแบบการทดลอง เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิต ลดของเสีย การปรับปรุงกระบวนการ และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เช่น การใช้ 2^2 Factorial Design ในการลดปัญหาการโค้งงอของการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน สามารถลดค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาได้ 2,691,889 บาท ต่อปี [9] การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในกระบวนการอบ ลดเวลาในการผลิต 70 เปอร์เซ็นต์ ลดค่าใช้จ่ายลง 30,122.73 บาทต่อเดือน [10] การศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วและความเที่ยงตรงที่ส่งผลต่อ Yield ในการผลิตเครื่องจักรแต่ละชนิด [11] การใช้ 2^3 Factorial Design ในการปรับปรุงกระบวนการล้างฟิล์มในผลิตแผงวงจรแบบอ่อน โดยลดของเสียจาก 1.63 เปอร์เซ็นต์ ลงเหลือ 1.33 เปอร์เซ็นต์ [12] การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ในการผลิตเครื่องพิมพ์ ทำให้อัตราส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพนั้นลดลงได้ร้อยละ 60

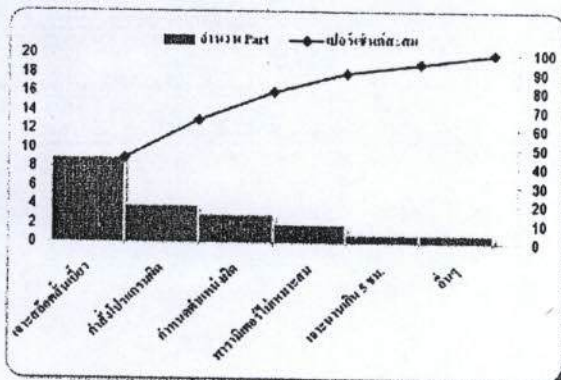


[7] การลดของเสียจากกระบวนการแบบแมชชีนนิ่งของการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ สามารถลดของเสียได้ 79.46 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 207,615 บาทต่อเดือน [13] การวิเคราะห์ปัจจัยในการ Rework Lead-free บนพื้นผิวแผงวงจรแบบอ่อน พบปัจจัยที่มีนัยสำคัญเพียงปัจจัยเดียวคือ Seven-zone Convection Reflow ที่ให้ Yield 100 เปอร์เซ็นต์ [14] เป็นต้น อีกทั้งมีการนำ 2^{k-1} Fractional Factorial Design มาประยุกต์ใช้ในการผลิตหลายประเภท เช่น การใช้ 2^{5-1} Fractional Design ในการลดอัตราของเสียจากการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในการแก้ไขทำให้ไม่พบปัญหา Slider หลุดจาก Suspension อีก [15] การใช้ 2^{6-1} Fractional Design ในการปรับปรุงการพิมพ์ออฟเซตบนกล่องบรรจุภัณฑ์ สามารถลดของเสียได้ 76.49 เปอร์เซ็นต์ [16] และการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ Thermal Via ในการลด PCB Thermal Resistant พบว่าในการออกแบบวงจรลด Thermal Via Pitch Size เพิ่มความหนา Via Cu Barrel และเพิ่มจำนวนของ PCB Metalized Cu Layers [17] การใช้ 2^{7-4} Fractional Design ในการวิเคราะห์ตัวแปรในกระบวนการพิมพ์ PCB พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อแรง Shear บนแผ่น PCB มากที่สุดคือ Curing Temperature และ Curing Time [18]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.1 คัดเลือกปัญหาที่เกิดจากโปรแกรมเจาะจากแผนภูมิพาเรโต เพื่อกำหนดปัญหาหลักของการทำโปรแกรมเจาะที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตมากที่สุด ดังในรูปที่ 1

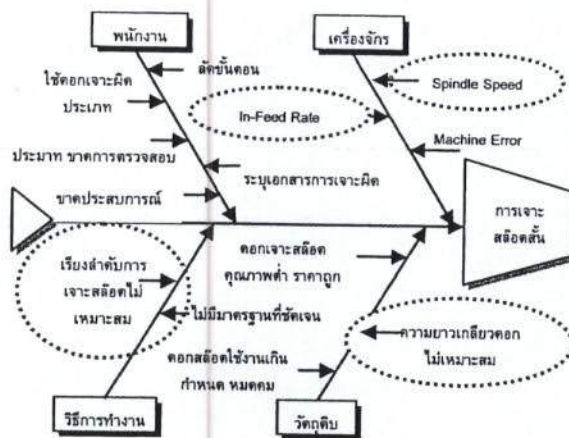


รูปที่ 1 แผนภูมิพาเรโตของปัญหาที่เกิดจากโปรแกรมเจาะ

จากแผนภูมิพาเรโตจะพบว่าปัญหาการเจาะสล็อตสั้นแล้วรูปร่างเบี้ยวผิดไปจากข้อกำหนดลูกค้า ซึ่งเป็นปัญหาด้านคุณภาพการเจาะที่พบปัญหามากที่สุด

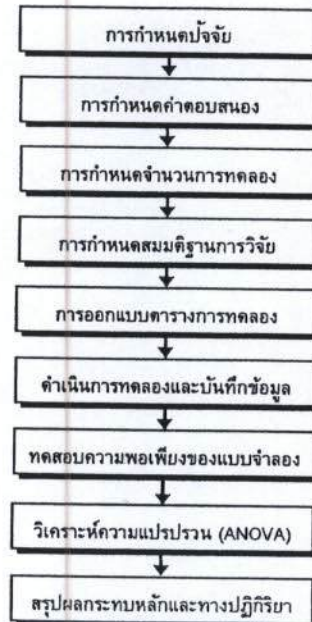
3.2 วิเคราะห์ปัจจัยโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ดังรูปที่ 2 พบว่าสาเหตุของปัญหาที่พบบ่อยที่สุดจากสาเหตุและผลที่สามารถควบคุมได้ สามารถคัดกรองปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ (In-Feed Rate) ความเร็วในการหมุนของหัวเจาะ (Spindle Speed Rate) วิธีการ

สร้างลำดับการเจาะสล็อต (Program Method) และความยาวเกลียวสว่านของดอกสล็อต (Flute Length) ที่ใช้ในโรงงาน



รูปที่ 2 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัญหาที่เกิดจากโปรแกรมเจาะ

3.3 การออกแบบการทดลอง ในการวิจัยนี้จะทำการคัดกรองปัจจัยทุกตัวในการออกแบบการทดลองแบบ Fractional Factorial Design โดยใช้โปรแกรม Minitab 15 ด้วยระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95% จึงกำหนดขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลองดังรูปที่ 3 ดังนี้



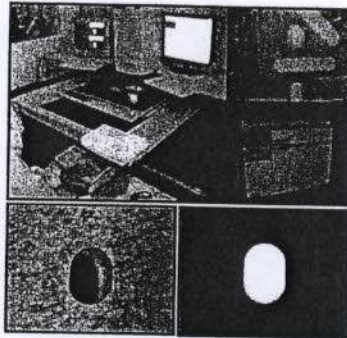
รูปที่ 3 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลอง

1) การกำหนดจำนวนปัจจัยของปัญหาที่นำมาวิเคราะห์ จากแผนผังแสดงเหตุและผลดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการวิจัยนี้จะมี 4 ปัจจัย ในแต่ละปัจจัยจะกำหนดให้มี 2 ระดับ ของการทดลอง

2) กำหนดค่าตอบสนอง (Response) เป็นสัดส่วนของเสีย



แบบจำนวนนับ (Attribute Data) เชิงคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งจะระบุได้ว่าแผ่น PCB นี้จะสลัดแล้วรูปร่างสลัดนั้นยอมรับ (Accept) หรือไม่ยอมรับ (Reject) ดังรูปที่ 4 จะใช้มาตรฐานการตรวจสอบจากฝ่ายตรวจสอบคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง ค่าตอบสนองที่ใช้จึงมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์สัดส่วนจำนวนสลัดที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (Yield)



รูปที่ 4 การใช้เครื่อง Optical Measurement วัด Multi-hit Slot

3) กำหนดจำนวนการทดลอง (Replicate) ที่เหมาะสมเพื่อ งานตัวอย่างที่ใช้ในวิจัยนี้จะทำการเลือกมาออกแบบการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (Replicate) มาจาก 3 Part Number ที่พบปัญหาสลัดสั้น เบี้ยวในปี 2553 เป็นตัวแทนในการทดลอง ซึ่งจะมีขนาด 0.80 1.40 และ 1.55 มิลลิเมตร

4) ทำการกำหนดสมมติฐานการทดลองจากทั้ง 4 ปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วมระดับ 2 ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการเจาะสลัด

5) ออกแบบตารางการทดลองจาก Minitab 15 และทำการ เขียนโปรแกรม NC Drill โดยใช้ CAD/CAM ตามพารามิเตอร์ใน ตารางการทดลอง แล้วเตรียมดอกเจาะสลัด

6) ทำการทดลองจะใช้แผ่นบอร์ด 3 แผ่นต่อหัว (3 Panel / Stack) จำนวน 6 หัวเจาะ รวมใช้แผ่นบอร์ด $6 \times 3 = 18$ Panel / Cycle เมื่อทำการทดลองทั้งหมด 24 Cycle จะใช้แผ่นบอร์ดในการ วิจัยทั้งหมด $18 \times 24 = 432$ Panel จะเห็นได้ว่า การออกแบบการ ทดลองแบบ Fractional Factorial Design จะช่วยให้เรา ประหยัดเวลา และแผ่นบอร์ดทดลองได้ครึ่งหนึ่ง ดำเนินการจะ งานตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบการทดลอง บันทึกผลคำตอบสนอง

7) นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างกราฟจาก Minitab 15 เพื่อ ทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง แล้วทำการวิเคราะห์

8) วิเคราะห์ความแปรปรวนจากตาราง ANOVA และเลือก ระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าความพึงพอใจ (Desirability) เข้าใกล้ 1 มาก ที่สุด ซึ่งจะสามารถพยากรณ์ (Response Optimizer) ได้ค่า Y ที่ เหมาะสม จากกราฟทดสอบความเหมาะสมระดับปัจจัย

9) ทำการสรุปผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม

4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 กำหนดระดับความมีนัยสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้ใน การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดระดับปัจจัยหลัก (Main Effect) ของปัญหา

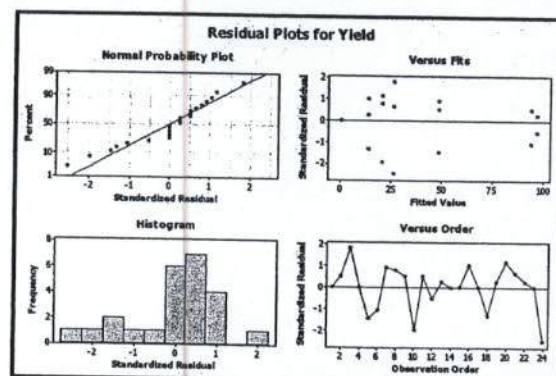
Main Effect	Level		Unit
	Low (-)	High (+)	
A: Flute Length Slot Drill Bit	7.00	8.50	mm.
B: Program Method	In-Line	End-Point	-
C: In-Feed Rate	10	44	ipm
D: Spindle Speed	20	90	Krpm

4.2 จาก 4 ปัจจัยหลักประกอบด้วยปัจจัยละ 2 ระดับ และทำ การทดลองซ้ำ (Replicates) 3 ครั้ง จากการออกแบบการทดลอง แบบ 2^{4-1} ได้ผลการทดลองจำนวน 24 ครั้ง บันทึกในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลอง 2^{4-1} ที่กำหนดความสัมพันธ์ I = ABCD

Run	Treatment Combine	A	B	C	D	Yield (Replicate)		
						0.8	1.4	1.55
1	(1)	-1	-1	-1	-1	100	100	91.7
2	ad	1	-1	-1	1	83.3	100	100
3	bd	-1	1	-1	1	0	45.8	33.3
4	ab	1	1	-1	-1	0	25	16.7
5	cd	-1	-1	1	1	33.3	58.3	54.2
6	ac	1	-1	1	-1	0	0	0
7	bc	-1	1	1	-1	0	0	0
8	abcd	1	1	1	1	0	29.2	33.3

4.3 การทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ว่ารูปแบบของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ต้องเป็นไปตามหลักการ $E_{\mu} \sim NID(0, \sigma^2)$ คือ Residuals มีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 และ σ^2 มีค่า คงตัว (Stability) จึงจะทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องและเชื่อถือได้



รูปที่ 5 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองจาก Minitab 15

จากรูปที่ 5 กราฟที่ 1 ซ้ายบน เป็นการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของ Residuals มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ข้อมูลอยู่ในแนวเส้น ทำให้ประมาณได้ว่า Residuals มีการแจกแจงแบบปกติ กราฟที่ 2 ซ้ายล่าง ฮิสโตแกรม จะมีลักษณะเป็นทรงระฆังคว่ำ หรือค่า Residual กระจายตัวแบบแบบปกติเหมือนกราฟแรก กราฟที่ 3 ขวาบน เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) จากแผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของค่า Residual เทียบกับ Fitted Value พบว่าการกระจายตัวของ Residual มีรูปแบบที่เป็นอิสระ มีการกระจายแบบสุ่มทั้งทางด้านบวกและด้านลบสม่ำเสมอทุกอัน ข้อมูลมีความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน กราฟที่ 4 ขวาล่าง คือลำดับต่อด้านส่วนตกค้าง (Residual Plot Versus the Order) ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเป็นกระจายแบบสุ่ม ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ดูการกระจายของจุดในด้านบวกและลบที่มีความสมดุลกัน ใช้ร่วมกับกราฟที่ 3 เพื่อตรวจสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มมีค่าคงที่

4.4 การวิเคราะห์การทดลองจากโปรแกรม Minitab 15

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยในการทดลอง

Estimated Effects and Coefficients for Yield

Term	Effect	Coef.s	SE Coef.	T	P
Const.		37.67	2.650	14.22	0.000
A	-10.76	-5.38	2.650	-2.03	0.059
B	-44.79	-22.40	2.650	-8.45	0.000
C	-40.63	-20.31	2.650	-7.67	0.000
D	19.79	9.89	2.650	3.73	0.002
A*B	14.93	7.47	2.650	2.82	0.012
A*C	-3.12	-1.56	2.650	-0.59	0.564
A*D	30.90	15.45	2.650	5.83	0.000

S = 12.9824 PRESS = 6067.54

R-Sq = 92.25% R-Sq(pred) = 82.57% R-Sq(adj) = 88.86%

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Analysis of Variance for Yield

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	24985.1	24985.1	6246.3	37.06	0.000
2-Way Interactions	3	7126.4	7126.4	2375.5	14.09	0.000
Residual Error	16	2696.7	2696.7	168.5		
Pure Error	16	2696.7	2696.7	168.5		
Total	23	34808.2				

จากการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยและการแยกคู่แฝดแฝง
สามารถสรุปได้ดังนี้ โดยพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระดับ 2 เท่านั้น

1) ปัจจัย B มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) ปัจจัย C มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์โครงสร้างคู่แข่งแฝด (Alias Structure)

Alias Structure		ผลลัพธ์การแยก Alias
I	A*B*C*D	
A	B*C*D	A
B	A*C*D	B
C	A*B*D	C
D	A*B*C	D
A*B	C*D	C*D
A*C	B*D	B*D
A*D	B*C	B*C

3) ปัจจัย D มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

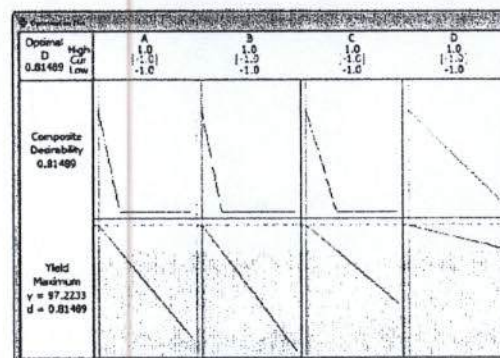
4) ปัจจัยร่วม A, B มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5) ปัจจัยร่วม A, D มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

6) ปัจจัยร่วม C, D มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

7) ปัจจัยร่วม B, D มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

8) ปัจจัยรวม B, C มีผลต่อคุณภาพการเจาะสลิตของแผ่น PCB อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



รูปที่ 6 การกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization Plot)

ตารางที่ 6 การควบคุมระดับปัจจัยที่เหมาะสม

Main Effect	Level	Symbol	Unit
A: Flute Length	7.00	-1	mm.
B: Program Method	In-Line	-1	-
C: In-Feed Rate	10	-1	ipm
D: Spindle Speed	20	-1	Krpm

4.5 การวิเคราะห์ Response Optimizer เพื่อกำหนดระดับของปัจจัย ถ้าต้องการผลตอบสนองที่ดีที่สุด ในการทดลองการเจาะสลิตสั้น จากรูปที่ 6 พบว่า เมื่อต้องการค่า Yield มากที่สุด จะกำหนดค่าที่ต้องการต่ำที่สุดที่ 85 เปอร์เซ็นต์ และค่าเป้าหมายที่ 100 เปอร์เซ็นต์ คือได้แผ่น PCB ที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพมากที่สุดที่ 97.22 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความน่าปรารถนา (Desirability: D) มากที่สุด จะต้องควบคุมปัจจัยหลักตามสภาพการทำงานจริงตามที่กำหนดในตารางที่ 6

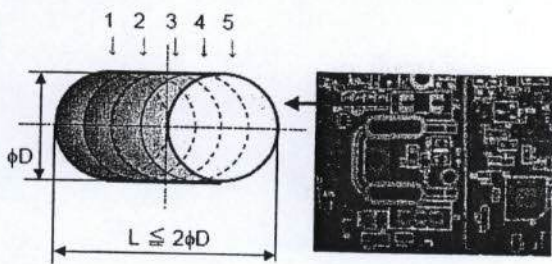
จากผลการทดลองผู้วิจัยนำผลการทดลองมากำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาแบ่งออกแต่ละปัจจัยดังนี้

1) ปัจจัย A ความยาวเกลียวสว่าน (Flute Length: ℓ) ทำการกำหนดให้งานที่มีการเจาะสลิตสั้นขึ้นงานได้รับการเจาะละ 3 แผ่นต่อหัวเจาะ และใช้ดอกเจาะสลิต (SD: Slot Drill) ที่มี Flute Length 7 มิลลิเมตรเท่านั้น ดังรูปที่ 7 สำหรับงานที่มีสลิตยาว ที่ไม่เกิดปัญหาสลิตเบี้ยวให้ใช้ดอกเจาะสลิตที่มี Flute Length 8.5 มิลลิเมตร สามารถขึ้นเจาะตามคู่มือการผลิตปกติ



รูปที่ 7 ระยะเกลียวสว่านดอก Slot Drill ที่ใช้กับเครื่อง CNC

2) ปัจจัย B วิธีการเขียนโปรแกรมเจาะ (Method) กำหนดให้ลำดับการเจาะแบบ In-line ดังรูปที่ 8 สำหรับงานที่มีสลิตสั้นกว่า 2 เท่าของขนาดดอก (Less than 2 Time of Diameter Drill Bit) โดยกำหนดตำแหน่งแต่ละ Hit ในซอฟต์แวร์ CAD/CAM ก่อนที่จะใช้ฟังก์ชัน Auto Drill Manager ทำการ Output เป็น NC File และสำหรับงานที่มีสลิตยาวกำหนดให้ใช้วิธีการแบบ End Point ปกติ



รูปที่ 8 วิธีการกำหนดลำดับการเจาะสลิตสั้นแบบ In-line

3) ปัจจัย C In-Feed Rate กำหนดให้มีการควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของหัวเจาะ ในการเจาะสลิตสั้นอยู่ในระดับต่ำที่ 10 ipm ทุกขนาดดอก โดยกำหนดไว้ในส่วน Header ของโปรแกรม

4) ปัจจัย D Spindle Speed จะกำหนดความเร็วการหมุนของหัวเจาะ ให้ดอกเจาะสลิตหมุนที่ความเร็วต่ำประมาณ 20 Krpm หรือประมาณ 20000 รอบต่อนาที โดยกำหนดในส่วน Header ของโปรแกรมคู่กับ In-Feed Rate

4.6 การทดลองเพื่อยืนยันผล เป็นการทดลองเพื่อยืนยันผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา โดยเก็บข้อมูลจากการควบคุมปัจจัยในการทำงานของการเจาะแผ่น PCB ในโรงงานกรณีศึกษา ตัวอย่าง

รายละเอียด (ตารางชุด)	ตารางที่ 7 ข้อมูลผลการทดลองเพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์			
	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	12 เดือน	เฉลี่ย	3 เดือน	เฉลี่ย
งานตัวอย่าง	78,303	6,525	20,663	6,888
Defect	977	81	119	40
มูลค่า Defect	157,845	13,154	19,194	6,398
คิดเป็น	1.25%	1.25%	0.58%	0.58%

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ เมื่อผู้วิจัยได้กำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการปรับปรุงการทำงานจาก 4 M ดังต่อไปนี้

1) วัตถุดิบ (Material) ในที่นี้หมายถึง ดอกสำหรับเจาะสลิต เมื่อช่างเทคนิคพบว่ามึนงานใด ที่มีสลิตสั้น ให้กำหนดดอกเจาะลงในเอกสารควบคุมการเจาะว่า "FL 7.00 mm" เพื่อให้พนักงานเจาะงานใช้ดอกเจาะชนิดที่กำหนดเท่านั้น

2) เครื่องจักร (Machine) ในการเขียนโปรแกรมเจาะจะกำหนด In-Feed Rate และ Spindle Speed ใน Program Header ต่อท้ายจากคำสั่ง Tool Diameter เช่น "T02C.0394F010S020" หมายถึงให้เครื่องเจาะ CNC จับ Tool ที่ 2 จับดอกเจาะขนาด 39.4 mil, In-feed rate 10 ipm, Spindle speed 20 Krpm

3) วิธีการทำงาน (Method) เมื่อ Drawing ลูกค้ากำหนดให้มีสลิตสั้นในแผ่น PCB ช่างเทคนิคต้องทำการกำหนดลำดับในการเจาะใน CAD/CAM เป็นแบบ In-line

4) พนักงาน (Man) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมคุณภาพ จึงได้กำหนดระเบียบการปฏิบัติงานดังนี้

ก. ประชุมทีมช่างเทคนิคที่เขียนโปรแกรม ชี้แจงถึงปัญหาคุณภาพที่พบและความสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับการยอมรับจากที่ผ่านมา เพื่อเป็นการย้ำให้พนักงานตระหนักและเข้าใจปัญหาคุณภาพที่อาจก่อให้เกิดปัญหากับลูกค้า

ข. ทำการปรับปรุงคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ในการทำงานให้เหมาะสมตามระดับปัจจัยข้างต้น แล้วทำการอบรมช่างเทคนิคเขียนโปรแกรมถึงวิธีการทำงานที่ปรับปรุง พร้อมทั้งออกแบบฟอร์ม (Checklist form) ให้พนักงานตรวจสอบโปรแกรมด้วยตนเองให้ถูกต้อง

ค. กำหนดให้ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานทำการตรวจสอบโปรแกรมซ้ำอีกครั้ง (Re-Audit) โดยเฉพาะตำแหน่งที่มีสลิตสั้นว่าพนักงานยังคงปฏิบัติงานตามวิธีการปฏิบัติงานที่กำหนดไว้ ก่อนปล่อยโปรแกรมเจาะงานจริงเข้าสู่ระบบ

ง. ทำการประเมินและทดสอบความเข้าใจของพนักงานทุกคน เพื่อเป็นการเฝ้าระวังและติดตามกระบวนการ



5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ สามารถสรุปได้คือ ข้อมูลก่อนการปรับปรุงระยะเวลาตั้งแต่เดือน ม.ค. - ธ.ค. 2553 มีปริมาณแผ่น PCB ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ 977.52 ตาราง ฟุต เฉลี่ย 81.46 ตารางฟุตต่อเดือน ที่เป็นของเสีย (Scrap) คิดเป็นมูลค่า 13,153.75 บาทต่อเดือน หรือ 1.248 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณที่ผลิตงานตัวอย่างทั้งหมด เมื่อทำการปรับปรุงวิธีการและเก็บข้อมูลในระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือน มี.ค.-พ.ค. 2554 ปริมาณแผ่น PCB ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพอยู่ที่เฉลี่ย 39.62 ตารางฟุตต่อเดือน ที่เป็นของเสีย (คิดเป็นมูลค่า 6,398.17 บาทต่อเดือน หรือ 0.575 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณที่ผลิตงานตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งพบว่าปัญหาการเจาะสลอตสั้นเบี้ยวไม่พบอีกเลย แต่ของเสียที่เกิดมาจากปัญหาอื่นๆ จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับปรุงระดับปัจจัยให้เหมาะสมแล้ว ปัญหาคุณภาพการเจาะที่เกิดจากโปรแกรมเจาะลดลงประมาณ 54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าบรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัย และสามารถนำหลักการวิจัยนี้ไปแก้ปัญหาการผลิตอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hayao Nakahara, 2010. PCB World Production and Market. NTI Digest. March, 2010. N.T. Information, Ltd.
- [2] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2540. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [3] S. Thomas Foster, Jr. 2001. Managing Quality: An Integrative Approach. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. USA.
- [4] จักรกฤษณ์ ภูพานเพชร และณฐา กุปตัษ์เชิฐ, 2552. การลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าและค่าใช้จ่ายคุณภาพด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่. การประชุมวิชาการและการแสดงผลงานทางวิชาการ พระจอมเกล้าลาดกระบัง. 31 สิงหาคม 2552.
- [5] กานดา พูนลาภทวี, 2539. สถิติเพื่อการวิจัย. สำนักพิมพ์พิสิทส์เซ็นเตอร์. ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [6] ประเมศ ชูติมา, 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- [7] ชีวิน จันทร์สุนทร และณฐา กุปตัษ์เชิฐ, 2551. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมภรณ์บุรี ปี 6 ฉบับที่ 12 : 49-57.
- [8] ศรีโร จารุกัญญา, 2553. เอกสารประกอบรายวิชาการออกแบบการทดลอง (DOE). ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [9] ศนิษฐ์ ทับทิมทอง, 2551. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน เพื่อลดปัญหาการโค้งงอ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [10] ดาวินท์ มานะจิตต์, 2547. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต กรณีศึกษา: บริษัท CKL Electronics Co., Ltd. (Public). การประชุมวิชาการ 40 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง นวัตกรรมทางวิศวกรรมสำหรับการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [11] Tomaz Brajlil, Bogdan Valentin, Joze Balic, Igor Drstvensek, 2010. Speed and Accuracy Evaluation of Additive Manufacturing Machines. Rapid Prototyping Journal, Vol. 17 Iss: 1, Emerald: 64-75.
- [12] ยรรยง เตชะวิจิตร, 2550. การลดของเสียจากกระบวนการล้างฟิล์มป้องกันการซบของของแผงวงจรแบบอ่อนด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต การจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [13] ชูติมา ราชพิทักษ์, 2551. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตแบบแมชชีนนิ่ง โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [14] Chennagiri, G. Iyer, S.S. Srihari, K.H., 2011. Rework of Lead-Free Area Array Packages Assembled on Ultrathin Flexible Substrates. Components Packaging and Manufacturing Technology Volume 1 Issue 4, April 2011. IEEE: 611-621
- [15] บัณฑิตชนิด เต็มคุ้ม, 2551. "การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง เพื่อลดอัตราของเสียจากการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์: กรณีศึกษา". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [16] เสาวภา แซ่ซัน, 2549. "การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการพิมพ์ออฟเซตบนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา โรงงานผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษ". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [17] Asghari, Tony A. 2006. PCB Thermal Via Optimization using Design of Experiments. The Tenth Intersociety Conference May 30 - June 2, 2006. IEEE: 224-228.
- [18] Salam, B. Gan, H.Y. Lok, B.K. Albert. LCW. 2009. Optimizing Manufacturing Process of Printed Electronics.



The 11th Electronics Packaging Technology Conference.
IEEE: 163-167.