

เอกสารอ้างอิง

1. สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ, 2540, **กระบวนการเชื่อม**, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, หน้า 269-285.
2. Klas Weman, 2003, **Welding Process handbook**, Woodhead Publishing Ltd. and CRC Press LLC, pp. 80-86.
3. ปารเมศ ชูติมา, 2543, **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม**, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 1-7, 51-62, 259-269.
4. Montgomery, D.C., 2005, **Design and Analysis of Experiment**, 7th ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 289-302.
5. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2543, **สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 (ประมวลผลด้วย MINITAB)**, พิมพ์ครั้งที่ 4, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 157-175, 367-412.
6. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2543, **ระบบควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล**, พิมพ์ครั้งที่ 3, บริษัท เทคนิคคอลแอปโพรช เคนันเซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิง จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 239-249, 286-293.
7. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551, **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA)**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 113-142.
8. โสภณ คชบาง, 2552, **การออกแบบการทดลองเพื่อลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการเจียรไนของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเบร้ง**, โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 55-107.

9. ณรัชณ ศิริสันติสัมฤทธิ์, ศุภชัยภู์ พันศิริพัฒน์, ชูศักดิ์ พรสิงห์ และอาณัติ วัฒนสังสุทธิ์, 2550, การสร้างตัวแบบทางสถิติเพื่อพัฒนากระบวนการเชื่อมแบบจุด, การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), หน้า 625-632
10. อีราวัตร บัวจันทร์, 2548, การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการทอขึ้นรูปบอลล์วาล์ว รุ่น 25, โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 60-90.
11. น้ำผึ้ง เอกศรีสกุล, 2550, การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตเหล็กผสมเจลาติน, โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 45-76.
12. เอกพจน์ สุวรส, 2552, การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการพิมพ์แพคของชิ้นส่วนพลาสติกฉีดขึ้นรูป, โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 55-95.
13. อาทิตย์ รอดเยี่ยม, 2552, การออกแบบการทดลองเพื่อลดปัญหาครีบนด้านรอยคมตัดของเหล็กเคลือบโครเมียมในกระบวนการตัดแบบหมุนตัด, โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 32-97.
14. นราธิป แสงชัย และบรรเจิด ดอนเนตรงาม, 2550, การศึกษาคุณสมบัติด้านความแข็งแรงในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กกล้ารีดเย็น SPCD (JIS G3141) โดยหลักการออกแบบการทดลอง, การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), หน้า 856-860
15. Japanese Industrial Standards (JIS), 2008, **JIS Handbook Ferrous Materials & Metallurgy II**, Japanese Standards Association, pp. 25-35, 331-352

16. Toyota Engineering Standards, 2007, **TSB1503G Projection Weld Nuts**, 9th ed., Toyota Motor Corporation, pp. 1-17.

17. GM Engineering Standards, 2002, **GM6435M Resistance Projection Welded Automotive Steel Nuts, Studs, Cages and Other Parts**, General Motors Corporation, pp. 1-6.

ภาคผนวก ก

ตารางคะแนนการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง

ตารางที่ ก.1 เกณฑ์การประเมินอัตราความรุนแรง (Severity : S) ของผลกระทบ

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อลูกค้า	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อการผลิต / ประกอบ	ระดับ
อันตรายร้ายแรง โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มสูงความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย, การทำงานของสายการผลิต และ/หรือ ไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐ โดยไม่มีการเตือน	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือการประกอบ) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
อันตรายร้ายแรง แต่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของสายการผลิต และ/หรือ ไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐ โดยมีการเตือน	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือการประกอบ) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ ส่วนประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 100% อาจจะต้องมีการกำจัดทิ้ง หรือทำให้ต้องเสียเวลาซ่อมมากกว่า 1 ชั่วโมง	8
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ ส่วนประกอบมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	ทำให้สายการผลิตหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องผ่านการตรวจสอบแบบคัดเลือก(Sorting)และอาจมีผลิตภัณฑ์บางส่วน(น้อยกว่า 100%) ได้รับการกำจัดทิ้ง หรือเสียเวลาในการซ่อม ½ - 1 ชั่วโมง	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความเสถียรภาพไม่สามารถใช้ได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า100%) อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง (Scrap) โดยไม่มีการคัดเลือก หรือเสียเวลาในการซ่อมน้อยกว่า ½ ชั่วโมง	6
ต่ำ	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความเสถียรภาพมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ใช้งานได้	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด(100%) อาจต้องได้รับการนำมาใหม่ (Rework) ไม่สามารถซ่อมได้	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่(มากกว่า 75%) สังเกตได้	ทำให้สายการผลิตหยุด บางส่วน ผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยกและบางส่วน (น้อยกว่า100%)ผลิตภัณฑ์อาจถูกทิ้ง	4

ตารางที่ ก.1 เกณฑ์การประเมินอัตราความรุนแรง (Severity : S) ของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อลูกค้า	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อการผลิต / ประกอบ	ระดับ
		(Scrap) ผลิตภัณฑ์บางส่วนน้อยกว่า 100% อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework)	
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่(มากกว่า 50%) สังเกตได้	ทำให้สายการผลิตถูกหยุด บางส่วน (น้อยกว่า100%) อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework)	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 25%) สังเกตได้	ทำให้สายการผลิตถูกหยุด บางส่วน (น้อยกว่า100%) อาจถูกทำใหม่ในกระบวนการแต่อยู่ใน Line การผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	มีความสะดวกสบายในการผลิต หรือ ผู้ปฏิบัติงานเล็กน้อย หรือไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ ก.2 เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิด (Occurrence : O) ของผลกระทบ

โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่งๆ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (ppm)	P_{pk}	ระดับ
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	$\geq 100,000$ (หรือ 10%)	< 0.55	10
	50,000 (หรือ 5%)	≥ 0.55	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000 (หรือ 2%)	≥ 0.78	8
	10,000 (หรือ 1%)	≥ 0.86	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	≥ 0.94	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	≥ 1.00	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	≥ 1.10	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	≥ 1.20	3
	100	≥ 1.30	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	≥ 1.67	1

ตารางที่ ก.3 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ (Detection : D) ของระบบควบคุม

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใดๆ			X	ไม่สามารถตรวจจับ หรือสอบกลับได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visual inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้ง (double visual inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		X	X	การควบคุมกระทำได้ด้วยแผนภูมิ SPC	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		X		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัดวัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน หรือใช้เกจแบบ Go/No Go หรือ Jig Fixture หรือใช้เครื่องมือเพื่อตรวจสอบ 100% ว่าผ่านหรือไม่ผ่านกับงานทั้งหมดก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องมือวัด วัดงานชิ้นแรกในขั้นตอนงานการปรับตั้ง (set-up)	4
สูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือมีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อการยอมรับ โดยดูจากค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ของส่วนประกอบ	3

ตารางที่ ก.3 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ (Detection : D) ของระบบควบคุม (ต่อ)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
					ต่างๆ เช่น Supply, Select, Install, Verify	
สูงมาก	มีระบบควบคุม และเกือบจะมั่นใจได้ที่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้		X		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ ทำให้ชิ้นงานบกพร่องไม่สามารถหลุดผ่านไปได้อีก	2
สูงมาก	มีระบบควบคุม และมั่นใจได้ที่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	X			ไม่มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพราะใช้ระบบป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke) ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์/กระบวนการ	1

หมายเหตุ A = การป้องกันความผิดพลาด
 B = การใช้อุปกรณ์วัด (gauging)
 C = ตรวจสอบโดยอาศัยบุคคล (manual inspection)

ตารางที่ ก.4 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบปัญหา (Detection : D) ของระบบควบคุม โดยมองการตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่หลุดไปที่ลูกค้า

Detection (D)	
ความเป็นไปได้	คะแนน
พบหลังการขายที่ผู้ซื้อรถยนต์ (User)	10
ก่อนจัดส่งสินค้าที่ขายให้กับตัวแทนจำหน่าย (Dealer)	8
พบในสายการผลิตทำให้ลูกค้าต้องหยุดสายการผลิตเพื่อทำการแก้ไขมากกว่า 1 ชั่วโมง	5
พบในสายการผลิตของลูกค้า มีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานใหม่ หรือทำการแก้ไขใช้เวลา ½ - 1 ชั่วโมง	3
พบในสายการผลิตของลูกค้าเมื่อทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการประกอบ	2

ภาคผนวก ข

ผลทดสอบตัวแปรของปัจจัยที่เลือกนำมาปรับปรุงในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลอง 2³ แฟคทอเรียลของการทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมของน็อตโดย
การทดสอบด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	กระแสไฟฟ้า (kA)	เวลาเชื่อม (Cycles)	แรงกด (kN)	ค่าทดสอบ แรงดึง (N)
52	1	1	1	16	6	4	11727
33	2	1	1	12	2	4	8561
18	3	1	1	16	2	4	11768
83	4	1	1	12	6	4	9346
35	5	1	1	12	6	4	8479
31	6	1	1	12	6	6	3836
58	7	1	1	16	2	4	11513
11	8	1	1	12	6	4	8198
48	9	1	1	16	6	6	8526
86	10	1	1	16	2	6	6685
21	11	1	1	12	2	6	3012
59	12	1	1	12	6	4	8738
79	13	1	1	12	6	6	2746
15	14	1	1	12	6	6	3720
93	15	1	1	12	2	6	3592
14	16	1	1	16	2	6	6670
66	17	1	1	16	2	4	10883
41	18	1	1	12	2	4	7729
77	19	1	1	12	2	6	3007
70	20	1	1	16	2	6	7712
92	21	1	1	16	6	4	11387
40	22	1	1	16	6	6	8920
67	23	1	1	12	6	4	6468
42	24	1	1	16	2	4	11899
62	25	1	1	16	2	6	7111

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลอง 2³ แฟกทอเรียลของการทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมของน็อตโดย
การทดสอบด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing) (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	กระแสไฟฟ้า (kA)	เวลาเชื่อม (Cycles)	แรงกด (kN)	ค่าทดสอบ แรงดึง (N)
94	26	1	1	16	2	6	7818
22	27	1	1	16	2	6	7833
9	28	1	1	12	2	4	6414
55	29	1	1	12	6	6	4344
20	30	1	1	16	6	4	10387
85	31	1	1	12	2	6	2246
60	32	1	1	16	6	4	11592
5	33	1	1	12	2	6	3191
65	34	1	1	12	2	4	7007
10	35	1	1	16	2	4	11555
49	36	1	1	12	2	4	7647
19	37	1	1	12	6	4	8870
6	38	1	1	16	2	6	6209
61	39	1	1	12	2	6	3519
50	40	1	1	16	2	4	11561
78	41	1	1	16	2	6	6449
17	42	1	1	12	2	4	6920
28	43	1	1	16	6	4	10493
46	44	1	1	16	2	6	5628
4	45	1	1	16	6	4	9856
89	46	1	1	12	2	4	5405
53	47	1	1	12	2	6	1970
95	48	1	1	12	6	6	3715
72	49	1	1	16	6	6	7270
38	50	1	1	16	2	6	6116

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลอง 2³ แฟกทอเรียลของการทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมของน็อต โดย
การทดสอบด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing) (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	กระแสไฟฟ้า (kA)	เวลาเชื่อม (Cycles)	แรงกด (kN)	ค่าทดสอบ แรงดึง (N)
45	51	1	1	12	2	6	2203
64	52	1	1	16	6	6	7787
81	53	1	1	12	2	4	5088
82	54	1	1	16	2	4	11480
32	55	1	1	16	6	6	8903
7	56	1	1	12	6	6	3126
43	57	1	1	12	6	4	7086
90	58	1	1	16	2	4	11781
34	59	1	1	16	2	4	11465
16	60	1	1	16	6	6	7682
30	61	1	1	16	2	6	6388
56	62	1	1	16	6	6	8005
39	63	1	1	12	6	6	3881
8	64	1	1	16	6	6	7306
63	65	1	1	12	6	6	4359
27	66	1	1	12	6	4	7243
73	67	1	1	12	2	4	6269
51	68	1	1	12	6	4	7695
36	69	1	1	16	6	4	11550
47	70	1	1	12	6	6	3948
25	71	1	1	12	2	4	7424
12	72	1	1	16	6	4	12270
26	73	1	1	16	2	4	11922
2	74	1	1	16	2	4	10894
84	75	1	1	16	6	4	10965

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลอง 2³ แฟกทอเรียลของการทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมของน็อต โดย การทดสอบด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing) (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	กระแสไฟฟ้า (kA)	เวลาเชื่อม (Cycles)	แรงกด (kN)	ค่าทดสอบ แรงดึง (N)
74	76	1	1	16	2	4	12060
69	77	1	1	12	2	6	2652
96	78	1	1	16	6	6	6804
24	79	1	1	16	6	6	7136
37	80	1	1	12	2	6	1715
88	81	1	1	16	6	6	8186
1	82	1	1	12	2	4	5370
57	83	1	1	12	2	4	5656
75	84	1	1	12	6	4	7269
54	85	1	1	16	2	6	5378
3	86	1	1	12	6	4	5706
76	87	1	1	16	6	4	11944
71	88	1	1	12	6	6	3788
44	89	1	1	16	6	4	12102
29	90	1	1	12	2	6	2385
13	91	1	1	12	2	6	2454
87	92	1	1	12	6	6	3693
23	93	1	1	12	6	6	3984
68	94	1	1	16	6	4	11838
80	95	1	1	16	6	6	9903
91	96	1	1	12	6	4	7161

ภาคผนวก ค

ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องวัดขนาดของชิ้นงานแบบ Portable CMM และ
ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงและแรงกด (Universal Testing Machine)

Calibration Certificate

Form Description: Reference Serial: 1129110
 Single Point (Max-Min) Specification: F45132, 0.01mm (0.017) Certificate: P4186548491
 Volumetric (Max Deviation) Specification: F45132, 0.01mm (0.017) Temperature: 20.378880934861

Measurement Standards: Traceability

Reference Standard	Asset Number	Calibration Due	*50 Traceability: IAF TC135040242
Kinematic Scale Bar - 100g	102105	09/2011	*50 Traceability: IAF TC135040242
Thermometer	102101	10/2011	*50 Traceability: SAC HT 0542136
Reference Sphere	102103	02/2011	*50 Traceability: NIST 42120536743
Calibration Rig	102102	05/2012	*50 Traceability: NIST 42120536743

The calibration certificate is valid only if the instrument is used in accordance with the conditions of use specified on the certificate. The instrument must be kept in good condition and used in accordance with the instructions for use. The instrument must be used in accordance with the conditions of use specified on the certificate.

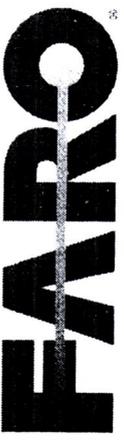
Calibration Results:

Single Point Specification: <u>F45132, 0.01mm (0.017)</u>	PASSED
Reference Standard: <u>F45132, 0.01mm (0.017)</u>	PASSED
Thermometer: <u>F45132, 0.01mm (0.017)</u>	PASSED
Calibration Rig: <u>F45132, 0.01mm (0.017)</u>	PASSED

Instrument Condition: As Received

Reference: 1129110
 Location: 1044826
 Date: 11/29/10

FARO Technology, Inc.
 5210 Singapore
 #01-001, 5211, 1014
 FAX: +65 6543 0111
 E-MAIL: sales@faro.com





INTRO TSC Company Limited
Calibration Center Measuring and Testing Instrument
 46/155 Moo 12, Nuanchan Rd., Klongkum, Bungkum, Bangkok 10230, Thailand
 Tel : 66-2363-4417-21 Fax : 66-2363-4427 E-mail : calibrate@intro.co.th



Certificate of Calibration

Certificate Number :	FU1-813-2010	Page 1 of 4 Pages
Date of Receipt :	19-Nov-10	Approved Signatories
Customer Reference :	1577	<input type="checkbox"/> Ms. Mantana Chueypho
CSRS No :	CSRS1-07081110	<input checked="" type="checkbox"/> Mr. Tapanapong Buntakul
Equipment :	Universal Testing Machine	
Manufacturer :	Instron	
Model :	3382	
Serial Number :	3382Q6100	
ID Number :	O.TS.001	
Customer :	CH. AUTOPARTS CO.,LTD. 127 Group 2, Soi Suansom, Samrongtai, Phrapradaeng, Samutprakarn 10130	
Calibrated Location :	CH. AUTOPARTS CO.,LTD. Laboratory	
Calibrated By :	Mr. Sarawut Crongsrikul	
Date of Calibration :	26-Nov-10	
Date of Issued :	27-Nov-10	

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k , providing a level of confidence of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with **UKAS M3003** requirements.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

Seal :

Date :

Approved By :



27-Nov-10

Tapanapong B.
Approved Signatory

This Certificate may not be reproduced other than in full except with the prior written approval of Calibration Center, Intro TSC Co.,Ltd.

FM-CL-11-01

รูปที่ ค.2 ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงและแรงกด (Universal Testing Machine)



INTRO TSC Company Limited
Calibration Center Measuring and Testing Instrument
 46/155 Moo 12, Nuanchan Rd., Klongkum, Bungkum, Bangkok 10230, Thailand
 Tel : 66-2363-4417-21 Fax : 66-2363-4427 E-mail : calibrate@intro.co.th



Certificate Number : FU1-813-2010

Page 2 of 4 Pages

Inspection Abnormalities :

None

Equipment Not Calibrated :

Any equipment, range or device not listed on the calibration certificate has not been calibrated.

This result of calibration was found accurate as shown on data and place of calibration only.

Traceability :

The force-proving instrument, calibrated to ISO 376 : 2004 was used to effect the calibration :

Equipment Standard	Certificate Reference	Due Date
Force-Proving Instrument 100kN S/N : 502785	MF-0035-10(Tension) ,(Compression) National Institute of Metrology (Thailand), NIMT	26-May-12
Digital Measuring Unit Interface 9840	S/N : 10025	

The class of the calibration equipment was equal to or better than the class to the which this testing machine has been calibrated.

The estimated uncertainty of the device under the conditions of calculated parameters.

Method :

This equipment was calibrated according to BS EN ISO 7500-1: 2004 Tension/Compression testing machine verification and calibration of the force measuring system

The constant indicated force method was used to effect the calibration. No accessories were fitted.

Three calibration tests were made on each range.

Classification of between Class 0.5 to Class 3 will meet the requirement of clause 7 to table 2 of BS EN ISO 7500-1: 2004

Measurement :

The testing machine satisfied the requirements of BS EN ISO 7500-1 : 2004 in respective to the relative error of accuracy, repeatability, zero, reversibility and resolution (see table 2 of the specification).

Conversion factor through to the international system of units (SI Units)

Unit	Symbol	Is equivalent to
pound-force	lbf.	4.448222N
ton-force	tonf.	9.80665kN
kilogram-force	kgf.	9.80665N

Environment Conditions :

The average ambient condition at the time of the calibration . During calibration, the Measurement was carried out in an ambient temperature of

Temperature : 22.8 ± 2 °C

Humidity : 34 ± 15%RH

Signature

รูปที่ ค.2 ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงและแรงกด (Universal Testing Machine) (ต่อ)



INTRO TSC Company Limited
Calibration Center Measuring and Testing Instrument
 46/155 Moo 12, Nuanchan Rd., Klongkum, Bungkum, Bangkok 10230, Thailand
 Tel : 66-2363-4417-21 Fax : 66-2363-4427 E-mail : calibrate@intro.co.th



Certificate Number :

FU1-813-2010

Page 3 of 4 Pages

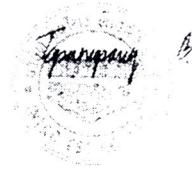
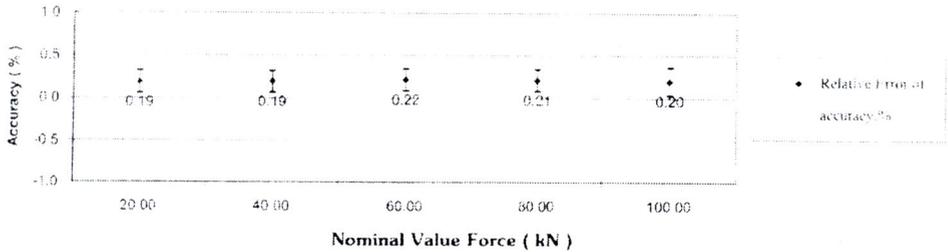
Capacity Range Mode Calibration
 100 kN Auto Tension 20 kN to 100 kN

Tension result for 100 kN . Force Transducer S/N : 55123

Indicated Force kN	Standard Force Reading			Mean Value kN	Expanded Uncertainty % (+)	Expanded Uncertainty kN(+)
	Run 1 kN	Run 2 kN	Run 3 kN			
20.00	19.967	19.966	19.955	19.9623	0.13	0.026
40.00	39.919	39.924	39.927	39.9232	0.13	0.050
60.00	59.875	59.880	59.858	59.8712	0.13	0.076
80.00	79.832	79.846	79.822	79.8333	0.13	0.101
100.00	99.700	99.865	99.837	99.8007	0.16	0.162

Class for the Calibration Testing Machine

Indicated Force kN	Relative error of (%)				Relative resolution a	Class
	accuracy q	repeatability b	reversibility v	Zero fo		
20.00	0.19	0.06	-0.04	0.00	0.05	0.5
40.00	0.19	0.02	0.08	0.00	0.03	0.5
60.00	0.22	0.04	-0.06	0.00	0.02	0.5
80.00	0.21	0.03	-0.12	0.00	0.01	0.5
100.00	0.20	0.17	N/A	0.00	0.01	0.5



รูปที่ ค.2 ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงและแรงกด (Universal Testing Machine) (ต่อ)



INTRO TSC Company Limited
Calibration Center Measuring and Testing Instrument
 46/155 Moo 12, Nuanchan Rd., Klongkum, Bungkum, Bangkok 10230, Thailand
 Tel : 66-2363-4417-21 Fax : 66-2363-4427 E-mail : calibrate@intro.co.th



Certificate Number :

FU1-813-2010

Page 4 of 4 Pages

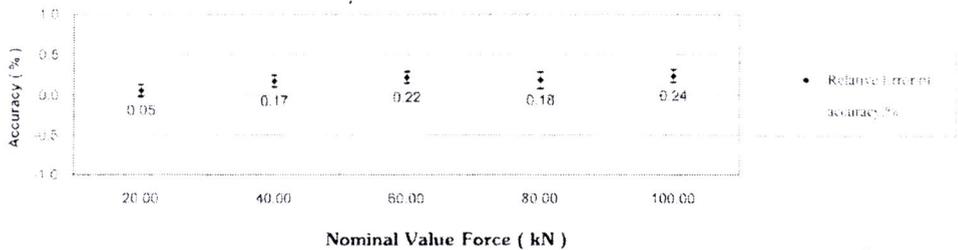
Capacity	Range	Mode	Calibration
100 kN	Auto	Compression	20 kN to 100 kN

Compression result for 100 kN . Force Transducer S/N : 55123

Indicated Force kN	Standard Force Reading			Mean Value kN	Expanded Uncertainty % (+)	Expanded Uncertainty kN(+)
	Run 1 kN	Run 2 kN	Run 3 kN			
20.00	19.993	19.986	19.988	19.9891	0.08	0.015
40.00	39.931	39.932	39.925	39.9302	0.07	0.029
60.00	59.869	59.870	59.865	59.8679	0.07	0.043
80.00	79.857	79.901	79.801	79.8530	0.10	0.082
100.00	99.753	99.794	99.735	99.7616	0.08	0.080

Class for the Calibration Testing Machine

Indicated Force kN	Relative error of (%)				Relative resolution a	Class
	accuracy q	repeatability b	reversibility v	Zero fo		
20.00	0.05	0.03	0.02	0.00	0.05	0.5
40.00	0.17	0.01	-0.03	0.00	0.03	0.5
60.00	0.22	0.01	0.02	0.00	0.02	0.5
80.00	0.18	0.13	0.01	0.00	0.01	0.5
100.00	0.24	0.06	N/A	0.00	0.01	0.5



NOTE :

The uncertainties stated above refer to the values obtained during verification and make no allowances for factors such as long term drift, temperature and alignment effects—the influences of such factors should be taken into account by the user of testing machine.

Relative error and uncertainty of equipment on calibration certificate is (+) % of applied force

The lower limit verification (LLV) of range is 4 kN from 20 kN up to 100 kN

รูปที่ ค.2 ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงและแรงกด (Universal Testing Machine) (ต่อ)

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ-สกุล

นาย อาทิตย์ ติรณสวัสดิ์

วัน เดือน ปีเกิด

27 ธันวาคม 2524

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา

ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนวัดราชบพิตร พ.ศ. 2543

ระดับปริญญาตรี

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2547

ระดับปริญญาโท

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2554

ประวัติการทำงาน

วิศวกร แผนกบรรจุภัณฑ์ ฝ่ายผลิต

บริษัท โรห์ม อินทีเกรเต็ด เซมิคอนดักเตอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด ,
พ.ศ. 2547 – 2549

วิศวกร แผนกวางแผนการผลิต ฝ่ายผลิต

บริษัท ซีเอสโอโตพาร์ต จำกัด , พ.ศ. 2549 – 2550

วิศวกร แผนกตัวถังและช่วงล่าง ฝ่ายวิจัยและพัฒนา

บริษัท ซีเอสโอโตพาร์ต จำกัด , พ.ศ. 2551 – 2552

ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก แผนกตัวถังและช่วงล่าง ฝ่ายวิจัยและพัฒนา

บริษัท ซีเอสโอโตพาร์ต จำกัด , พ.ศ. 2553 – ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อตกลงว่าด้วยการโอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

วันที่.....2.....เดือน.....ธันวาคม..... พ.ศ.....2554.....

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....อาทิตย์ ติรณสวัสดิ์.....รหัสประจำตัว.....52430029.....เป็นนักศึกษาของ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ระดับ ประกาศนียบัตรบัณฑิต ปริญญาโท ปริญญาเอก

หลักสูตร.....วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.... สาขาวิชา...วิศวกรรมระบบการผลิต...คณะ.....วิศวกรรมศาสตร์.....

อยู่บ้านเลขที่...7/130...หมู่.....-.....ตรอก/ซอย.....เอกชัย 127.....ถนน.....เอกชัย.....ตำบล/แขวง.....บางบอน.....

อำเภอ/เขต.....บางบอน.....จังหวัด.....กรุงเทพมหานคร.....รหัสไปรษณีย์.....10150.....

เป็น “ผู้โอน”ขอโอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาให้ไว้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี

รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ ตำแหน่ง รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เป็นตัวแทน “ผู้รับโอน” สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาและมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำโครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมเรื่อง.....การออกแบบการทดลองเพื่อลดปริมาณ

ข้อบกพร่องประเภทน็อตเชื่อมหลุดในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด.....

ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ.....ดร. ช่อแก้ว จตุรานนท์.....อาจารย์ที่ปรึกษา และ/หรือ.. อ.สุจินต์ ธงถาวรสุวรรณ...

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าใน
โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์
ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำโครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใดๆ ก็ตาม
ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกครั้งที่มีการ
เผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำโครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมไปเผยแพร่ หรือให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือ
ดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมี
ค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีก่อน

5. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำข้อมูลจากโครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมไปประดิษฐ์หรือพัฒนาต่อยอด
เป็นสิ่งประดิษฐ์หรืองานทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอื่น ภายในระยะเวลาสิบ (10) ปีนับจากวันลงนามใน
ข้อตกลงฉบับนี้ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีมีสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญานั้น พร้อมกับได้รับ
ชำระค่าตอบแทนการอนุญาตให้ใช้สิทธิดังกล่าว รวมถึงการจัดสรรผลประโยชน์อันพึงเกิดขึ้นจากส่วนใดส่วน

หนึ่งหรือทั้งหมดของโครงการวิจัยอุตสาหกรรมในอนาคต โดยให้เป็นไปตามระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วย การบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

6. ในกรณีที่มีผลประโยชน์เกิดขึ้นจากโครงการวิจัยอุตสาหกรรมหรืองานทรัพย์สินทางปัญญาอื่นที่ข้าพเจ้าทำขึ้น โดยมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นเจ้าของ ข้าพเจ้าจะมีสิทธิได้รับการจัดสรรผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญาดังกล่าวตามอัตราที่กำหนดไว้ในระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วย การบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

ลงชื่อ.....ผู้โอนสิทธิ
(นายอาทิตย์ ติรณสวัสดิ์)
นักศึกษา

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนสิทธิ
(รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทนคณบดี

ลงชื่อ.....พยาน
(ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์)

ลงชื่อ.....พยาน
(ผศ.ดร.ไชยา คำคำ)

