สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น เพื่อเพิ่มคุณค่าและลดต้นทุนผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วีรญา เหลืองสินศิริ

31 ส.ค. 2559
365491 TH00024516

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ วีรญา เหลืองสินศิริ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

.....ประธาน
(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการ
(ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ตีพัฒนา)
วันที่ 29 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

ประกาศคุณูประการ

การจัดทำงานนิพนธ์ทางวิศวกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้จัดขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้สละเวลาอันมีค่าให้ความช่วยเหลือแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งการตรวจแก้ไขงานนิพนธ์ทางวิศวกรรมด้วยดีเสมอมา ตลอดจนประธานกรรมการและคณะกรรมการตรวจสอบงานนิพนธ์ทางวิศวกรรมทุกท่านที่ให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์และตรวจสอบความถูกต้องของงานนิพนธ์ทางวิศวกรรมฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายที่สุดทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณต่ออาจารย์ บุคลากร และเพื่อนนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนสมาชิกของครอบครัวและทุกท่านที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา จนงานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

วีรญา เหลืองสินศิริ

52920993 : สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ : วิศวกรรมคุณค่า/ การลดต้นทุน/ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น/ ชุดควบคุมการทำงาน

วีรญา เหลืองสินศิริ: การประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น เพื่อเพิ่มคุณค่าและลดต้นทุนผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (AN APPLICATION OF VALUE ENGINEERING AND TRIZ FOR INCREASING VALUE AND REDUCING COSTS OF THE MANUFACTURING PRODUCTADVISOR.) อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา, 99 หน้า. ปี พ.ศ. 2555.

การเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์และการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์นับเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จของอุตสาหกรรมการผลิต งานนิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเสนอวิธีการอย่างเป็นระบบในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การเลือกชิ้นส่วนที่จะนำมาวิเคราะห์, การรวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนที่จะทำการออกแบบ, การวิเคราะห์หน้าที่, การสร้างสรรค์ความคิด และการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศมีชิ้นส่วนหลักคือ Electric Box Assembly ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนประกอบย่อย ได้แก่ ชิ้นส่วน Electric Box Plate เป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญและเหมาะสมที่จะเป็นชิ้นส่วนตัวอย่างในการศึกษาเพื่อเพิ่มคุณค่าและลดต้นทุนจากขั้นตอนการสร้างสรรค์แนวคิดและการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นทำให้ได้แนวคิดการออกแบบใหม่ของชิ้นส่วน Electric Box Plate โดยแนวคิดใหม่นี้สามารถลดปริมาณวัสดุลงได้มากกว่า 30% และยังเพิ่มคุณค่าให้กับชิ้นส่วน Electric Box Plate ด้วย เนื่องจากสามารถออกแบบให้มีการรวมหน้าที่กับชิ้นส่วน Partition Plate ส่งผลให้คุณค่าของชิ้นส่วน Electric Box Plate เพิ่มขึ้น

52920993 : MAJOR: MASTER OF INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORD : VALUE ENGINEERING/ COST REDUCTION/ THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING/ THE CONTROL OPERATION UNIT

VEERAYA LOUANGSINSIRI: AN APPLICATION OF VALUE ENGINEERING AND TRIZ FOR INCREASING VALUE AND REDUCING COSTS OF THE MANUFACTURING PRODUCTADVISOR. ADVISOR: RUEPHUWAN CHANTRASA, Ph.D. 99 P. 2012.

Increasing the product value and decreasing the production cost are important factors for the success of manufacturing industries. This research aims to propose a systematic approach for product design and development by applying value engineering technique and Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). Air conditioning manufacturing industry was used as a case study in this research. The research methodology consisted of the selection of parts to be analyzed, data collection of parts to be designed, function analysis, idea creation and the application of TRIZ. Results from the product analysis showed that the major part of air conditioning was an Electric Box Assembly which was composed of several minor parts. One of them was an Electric Box Plate which was an important part and suitable as a sample part for the study of increasing product value and decreasing the production cost. From the steps of idea creation and application of TRIZ, the systematic approach for designing the Electric Box Platewas generated. This approach couled reduce the amount of material used to manufacture this part more than 30% and also increase its value. This was because it can be designed to have a common function with a Partition plate; thus, the value of an Electric Box Plate was increased.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

ขอบเขตของงานวิจัย 2

ขั้นตอนการศึกษา 2

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า 4

ทฤษฎีการแก้ปัญหาในการประดิษฐ์ 25

ความขัดแย้งทางกายภาพ 36

ARIZ 45

สรุป 46

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 47

3 วิธีดำเนินการวิจัย 50

4 ผลการวิจัย 58

เลือกตัวอย่างงานที่จะใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุน 58

การประยุกต์ขั้นวิเคราะห์หน้าที่ 63

การประยุกต์ขั้นสร้างสรรค์ความคิด 69

Concept Selection 74

การวิเคราะห์ความขัดแย้ง 79

การประเมินผล 83

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลและเสนอแนะ	86
สรุปผลการดำเนินงาน	86
อภิปรายผล	88
ข้อเสนอแนะ	88
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก ก	92
ประวัติย่อของผู้วิจัย	99

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	การจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายป้าย	16
2-2	หลักการ 40 ข้อในเชิงประดิษฐ์คิดค้น	27
2-3	ตารางลักษณะสมบัติความขัดแย้ง	35
2-4	ระดับขั้นการประดิษฐ์	39
2-5	จำนวนการลองผิดลองถูกซึ่งวิศวกรทั่วไปใช้ขณะค้นหาวิธีแก้ปัญหาของการออกแบบ	41
3-1	ตัวอย่างตารางการเลือกแนวคิด	54
3-2	ระดับการให้คะแนน	54
3-3	ตัวอย่างตารางการประเมินการให้น้ำหนัก	55
3-4	ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง	56
3-5	แสดงตัวอย่างการเปิดตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง	57
4-1	ต้นทุนและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนการออกแบบ	59
4-2	แบบฟอร์มวิเคราะห์หน้าที่การทำงานโดยใช้คำกริยา-นาม	63
4-3	การรวมคะแนนระดับความสำคัญ	68
4-4	สัญลักษณ์และความหมายของวัสดุตามมาตรฐาน JIS	69
4-5	สัญลักษณ์และการเคลือบวัสดุ	70
4-6	คุณสมบัติของวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงของความหนาวัสดุ	70
4-7	แนวทางที่หลากหลายเพื่อการตัดสินใจ	72
4-8	Concept Combination Table	72
4-9	ระดับเกณฑ์การเลือกแนวคิดที่มีระดับปานกลาง	76
4-10	ตาราง Selection Matrix	77
4-11	Concept Scoring	78
4-12	ตารางแนวทางการแก้ปัญหาตามหลักการ 40 ข้อของ TRIZ	80
4-13	แสดงการประเมินแนวคิด	84

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริง	10
2-2	แบบฟอร์มการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยใช้กริยา-นาม	14
2-3	แบบฟอร์มการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่	15
2-4	การวิเคราะห์ตามรูปลักษณะ	17
2-5	แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่	20
2-6	แบบฟอร์มตัวอย่างการประเมินความคิด	21
2-7	แบบฟอร์มตัวอย่างการเสนอแนะ	25
2-8	ตัวอย่างตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง	34
2-9	ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่มีความขัดแย้งทางกายภาพ	36
2-10	เครื่องผสมเหล็กกล้าหลอมเหลว	37
2-11	ทฤษฎีสสารสนามแม่เหล็ก	38
2-12	ระบบย่อยทางเทคนิค	39
2-13	การออกแบบโดยทั่วไป	41
2-14	การใช้ TRIZ ทำให้การออกแบบดีขึ้น	41
2-15	แสดงให้เห็นวิวัฒนาการของการวัด	42
2-16	กระบวนการแก้ปัญหาของ TRIZ	42
3-1	แผนภูมิการไหลของวิธีดำเนินการวิจัยของโครงการ	50
3-2	การนำเสนอแนวคิดผ่านแผนผังต้นไม้	52
3-3	ตัวอย่างการพิจารณาการรวมแนวความคิด	53
4-1	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราส่วนต้นทุนของชิ้นส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ	60
4-2	ส่วนประกอบของ Electronic Box Assembly	61
4-3	ขั้นตอนการประกอบชุดควบคุมการทำงาน	62
4-4	การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่	67
4-5	ลักษณะของงานตัดและขนาดของงานตัดชิ้นงานปัจจุบัน	70
4-6	Concept Classification Tree	71
4-7	ตัวอย่างการเหลือเศษทิ้งของวัสดุในรูปแบบชิ้นงานต่าง ๆ	75
4-8	แสดงตัวอย่างการเพิ่มลอนบนผิวงานที่จะต้องรับแรงจากชิ้นส่วนภายนอก	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-9 แนวคิดแบบที่ 1 การแบ่งแยกชิ้นส่วน Electronic Box Plate 82

4-10 แนวคิดแบบที่ 2 การแบ่งแยกชิ้นส่วน Electronic 83

4-11 เปรียบเทียบการใช้ชิ้นส่วนวัสดุของแบบปัจจุบัน และแนวคิดที่จะทำการพัฒนา 85

5-1 แสดงการไหลของวิธีการดำเนินการวิจัยของโครงงาน 87

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในโลกของทางธุรกิจที่มีความก้าวหน้าในด้านการแข่งขันต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น หลายธุรกิจจึงจำเป็นต้องแข่งขันกันกับบริษัทคู่แข่งขันเพื่อให้บริษัทมีผลกำไร หลายธุรกิจจึงพยายามที่จะเพิ่มผลกำไรโดยการลดค่าใช้จ่าย หรือการลดต้นทุนสินค้าซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นไปได้มาก เพราะไม่กระทบกับราคาขายสินค้า และในขณะเดียวกันก็ไม่ทำให้คุณภาพของสินค้าด้อยลงไป ซึ่งวิธีการที่จะลดต้นทุนของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้นส่วนใหญ่ก็จะมีวิธีการและขั้นตอนในการคิดวิเคราะห์ในการลดต้นทุนสินค้าที่แตกต่างกันออกไปตามความถนัด ความเหมาะสมกับสถานการณ์ของบริษัท หรือนโยบายของบริษัท ซึ่งขั้นตอนหรือวิธีการเหล่านั้นส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้โดยการเลือกใช้ทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งมาดำเนินการ โดยอาจจะมีความเหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์บ้าง แต่ถ้ามีการเพิ่มเทคนิคต่าง ๆ ที่เหมาะสมเข้าไปประยุกต์ใช้ก็อาจทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และส่งผลกับต้นทุนที่ลดลงด้วย ซึ่งเทคนิคที่นำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งมาจากเทคนิควิศวกรรมคุณค่าซึ่งเป็นเทคนิคที่มีเป้าหมาย เพื่อค้นหาหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์และต้นทุนที่สัมพันธ์กับหน้าที่หลังใช้ (Value = Function/ Cost) เทคนิควิศวกรรมคุณค่านี้จำเป็นต้องใช้แนวทางการระดมสมองในการสร้างสรรค์ความคิดเพื่อใช้แก้ปัญหาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อการผลิต ส่วนทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving) นั้น มีรูปแบบความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นระบบ หรือมีแบบแผนในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกัน และจัดทำเป็นรหัสต่าง ๆ สร้างเป็นระบบขึ้นซึ่งจะสามารถลดเวลาในการลองผิดลองถูกของผู้ออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ลงได้

เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการประยุกต์ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นทั้งสองมากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเน้นที่จะนำเสนอการประยุกต์ใช้ทั้งสองทฤษฎีนี้เพื่อออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษา และเสนอแนะวิธีการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการใช้หลักการของการใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์มาผสมผสานเพื่อให้เกิดวิธีการใหม่ที่จะนำใช้ในการพิจารณาออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อนำเสนอขั้นตอนและวิธีการในการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณค่า และลดต้นทุนผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณค่า และลดต้นทุนผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ

2. สามารถนำหลักการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษางานวิจัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอวิธีการในการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยประยุกต์การใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น ในการออกแบบชุดควบคุมการทำงาน (Electric Box Assembly) สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศเพื่อเพิ่มคุณค่า และลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ โดยการนำทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปในวิธีการแก้ปัญหาความขัดแย้งทางเทคนิคและทางกายภาพเท่านั้น

ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบผลิตภัณฑ์

2. เลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ประกอบการนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นในการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. รวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนประกอบที่จะทำการออกแบบเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนผลิตภัณฑ์

4. วิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนประกอบ

5. สร้างสรรค์ความคิด โดยนำเสนอแนวคิดในการออกแบบตามเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า

6. วิเคราะห์และค้นหาความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นในช่วงของการสร้างสรรค์ความคิด

7. เมื่อเกิดปัญหาความขัดแย้งขึ้น จะนำทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

8. ประเมินผลของแนวความคิดที่เลือกเทียบกับแบบผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน

9. เสนอหัวข้อในการทดสอบและพิสูจน์เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์

10. นำเสนอแนวคิดที่ได้ในรูปของเอกสารเพื่อขอรับการอนุมัติ

11. สรุปผลการดำเนินงาน

บทที่2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่า (Value Engineering/ Value Analysis)

(อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2548)

ประวัติความเป็นมา

เทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering, VE) เกิดขึ้นในวงการอุตสาหกรรมระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (พ.ศ. 2481-2488) สืบเนื่องจากการขาดแคลนวัตถุดิบที่สำคัญ อันเป็นหัวใจของอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ เหล็กทุกชนิด ทองแดง บรอนซ์ ดีบุก นิเกิล บอลแบริง รวมทั้งพวกสารตัวนำไฟฟ้าต่าง ๆ นอกจากจะขาดแคนแล้วราคาก็สูงอีกด้วย

นาย Lavrence Miles เป็นวิศวกรจัดซื้อของบริษัท GE (General Electric Company) สหรัฐอเมริกาได้รับคำสั่งให้ทำการจัดหาวัตถุดิบที่สำคัญ เพื่อใช้ในการผลิตเครื่อง Turbo-Supercharger จาก 50 เครื่อง/ สัปดาห์ ให้ได้ 100 เครื่อง/ สัปดาห์ สำหรับเครื่องบิน B-24 และชิ้นส่วนที่สำคัญในการเพิ่มการผลิตของเครื่องบิน B-29 ในสถานการณ์เช่นนั้น ย่อมเป็นไปไม่ได้ในการที่จะประสบความสำเร็จ แต่ Miles ก็มิได้ถ้อถอย เขาตั้งปณิธานว่า "ถ้าไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ จะต้องหาหน้าที่การทำงาน (Function) ของมันให้ได้ จะทำอย่างไรที่จะให้ได้หน้าที่การทำงานที่เหมือนกัน โดยใช้เครื่องจักร หรือคน หรือวัสดุ ซึ่งเราสามารถหาได้" เมื่อได้ใช้ความพยายามอย่างหนักหลาย ๆ ครั้ง ก็มีหนทางที่จะทำได้ ผลการทดสอบทางวิศวกรรมผ่านการพิสูจน์และทันเวลาตามกำหนดการ ดังนั้นคำว่า หน้าที่การทำงาน (Function) จึงเป็นคำที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

ในระหว่างสงครามนี้ Miles พบว่ามีหลายสิ่งหลายอย่างที่นำมาแทนที่ให้สมรรถนะที่เท่าเดิมหรือดีกว่าเดิม ในราคาที่ต่ำกว่า การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน จึงพิสูจน์ได้ว่าให้ผลดีมีประสิทธิภาพอย่างที่มิได้คาดคิดมาก่อน

ในปี พ.ศ. 2490 Miles ได้จัดตั้งหน่วยงานวิจัยกิจกรรมฝ่ายจัดซื้อขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจากรองประธานบริษัท GE เพื่อที่จะพัฒนา ศึกษารายละเอียด และใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในครั้งแรกนั้น เรียกว่า การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis, VA)

เมื่อบริษัท GE ได้รับความสำเร็จอย่างมาก แนวความคิดนี้ก็แพร่หลายเข้าสู่วงการอุตสาหกรรมอื่น ๆ อย่างรวดเร็ว สำหรับในภาครัฐบาลนั้น กระทรวงกลาโหม ได้นำไปใช้ในโปรแกรมการต่อเรือในปี พ.ศ. 2597 ซึ่งต่อมาได้ใช้คำว่า วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)

ชื่อนี้ได้เป็นที่ยอมรับ และใช้ในสมาคมวิศวกรรมคุณค่า ของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2502

อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2504 กระทรวงกลาโหมได้นำหลักการเทคนิควิศวกรรมคุณค่าไปใช้ในทุกหน่วยงานก่อนปี พ.ศ. 2504 เทคนิควิศวกรรมคุณค่าถูกนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมการผลิตเท่านั้น ต่อมาระหว่าง พ.ศ. 2506-2508 ทั้งสามเหล่าทัพของกลาโหม ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ไปใช้ในการก่อสร้างรวมทั้งฝึกอบรมให้ผู้รับเหมาได้รับทราบเทคนิคนี้ด้วย

ในประเทศญี่ปุ่นเริ่มเป็นที่รู้จักเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ประมาณปี พ.ศ. 2498 และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2503 นอกจากนั้น S.F. Heinritz จากสมาคมผู้บริหารด้านการจัดซื้อแห่งสหรัฐอเมริกา ได้เปิดให้มีการสัมมนาจัดซื้อทางวิศวกรรม (Purchasing Engineering Seminar) ขึ้นทั่วประเทศ เพื่อแนะนำการทำเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ไปประยุกต์ในการบริหารการจัดซื้อ ในขณะนั้นเป็นช่วงที่ญี่ปุ่นมีการลงทุนด้านเครื่องจักรจนเกินพอดี เนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้นทางรัฐบาลจึงมีนโยบายที่จะเปิดตลาดภายในประเทศมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขโครงสร้างอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องจักรไฟฟ้ากำลัง ด้วยการหาทางลดต้นทุนการผลิตอุตสาหกรรมเหล่านี้ให้ความสนใจต่อเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอื่นที่เคยใช้กันมา จึงได้ลองนำไปใช้ในแผนกจัดซื้อเป็นหลัก ทำให้วิศวกรรมคุณค่าค่อย ๆ พัฒนาจนถึงปัจจุบันนี้

จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่า (VA/ VE)

จุดมุ่งหมายหลักคือ การลดต้นทุนการผลิต หรือขจัดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นหรือไม่จำเป็นออกไป โดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังมีคุณภาพ และความน่าเชื่อถือได้อยู่ ดังนั้นการที่ลดต้นทุนด้วยการทำให้คุณภาพนั้นลดลง ไม่ถูกยอมรับว่าเป็นวิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่า ดังที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้นิยามวิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่าไว้

วิศวกรรมคุณค่าคือ การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบโดยเน้นการทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการเป็นหลักใหญ่ ด้วยต้นทุนที่ต่ำ และคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้

กล่าวโดยสรุปเมื่อองค์การใดตั้งโปรแกรมวิศวกรรมคุณค่า วัตถุประสงค์หลักจะประกอบด้วย

1. การลดต้นทุน โดยมุ่งมั่นต่อการปรับปรุงราคาต้นทุน
2. มุ่งขจัดกิจกรรมที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า โดยมุ่งไปที่หน้าที่การใช้งานที่แท้จริงในตัวผลิตภัณฑ์และขจัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น
3. การปรับปรุงในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในตัวสินค้าว่าคุ้มค่าหรือไม่
4. นโยบายแหล่งวัตถุดิบ เพื่อหาวัสดุทดแทน ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าแต่ราคาต่ำ

คุณค่าของการใช้งาน

โดยทั่วไปแล้วสามารถที่จะทำการแบ่งลักษณะของคุณค่าออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. คุณค่าในการใช้งาน (Use Value) เห็นคุณค่าที่มีผลประโยชน์ต่อการใช้งานหรือการบริการ หรือหมายถึงความจำเป็น (Need)

2. คุณค่าในจุดเด่น (Esteem Value) เป็นคุณค่าที่มีลักษณะเด่นที่ทำให้เกิดความต้องการเป็นเจ้าของ หรือหมายถึง ความต้องการ (Want)

3. คุณค่าในการแลกเปลี่ยน (Exchange Value) ลักษณะของการหาคุณค่าของการนำไปใช้ทดแทนหรือการแลกเปลี่ยนกัน หรือหมายถึงความคุ้มค่า (Worth)

โดยความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value) หน้าที่ (Function) และต้นทุน (Cost) สามารถแทนความสัมพันธ์ดังนี้

$$V\ (\text{Value}) = \frac{F\ (\text{Function})}{C\ (\text{Cost})}$$

จากความสัมพันธ์ข้างต้นนั้นมิใช่สูตรการคำนวณ แต่เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C เท่านั้น

ถ้าทั้งหน้าที่การทำงาน และต้นทุนเพิ่มขึ้น จะไม่สามารถกล่าวได้ว่าคุณค่า (Value) เพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลของหน้าที่การทำงานเท่ากัน และสามารถลด Cost ที่ไม่จำเป็นออกได้ถือว่าเป็นคุณค่า และจากความคุ้มค่า (Worth) นั้นเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์หรือระบบ ไม่เกี่ยวกับการออกแบบของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งสามารถแสดงเป็นดัชนีความคุ้มค่าได้ดังนี้

$$VI = \frac{\text{ต้นทุนปัจจุบัน (Cost)}}{\text{ต้นทุนใหม่ (Worth)}}$$

การจำแนกหน้าที่การใช้งาน (Function) (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2519)

โดยทั่วไปหน้าที่ของการทำงานจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. หน้าที่การใช้งานพื้นฐาน (Basic Function) เป็นหน้าที่การใช้งานเพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์หรือสินค้านั้นๆ บรรลุผลตามเป้าหมาย

- หน้าที่การใช้งานขั้นต้น (Primary Function) เป็นการทำงานที่จำเป็นสำหรับการบรรลุผลตามเป้าหมายของหน้าที่การใช้งานพื้นฐาน

- หน้าที่การใช้งานขั้นรอง (Secondary Function) เป็นหน้าที่การใช้งานซึ่งช่วยเหลือให้หน้าที่การใช้งานพื้นฐานบรรลุผลตามเป้าหมาย เช่น การทำงานที่จะทำให้เกิดความดึงดูดใจต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ทำให้เกิดการซื้อขายได้ง่าย

2. หน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็น เป็นหน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็นต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

- หน้าที่การใช้งานที่มากเกินควร
- หน้าที่การใช้งานที่เหลือเฟือ
- หน้าที่ที่ซ้ำกัน

แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของอาเธอร์ อี มูดจ์ (Arthur E.Mudge)

Arthur E.Mudge เป็นผู้อำนวยการบริหารการวิศวกรรมคุณค่าของ บริษัท จอย อุตสาหกรรมผลิตและเป็นผู้แต่งหนังสือวิศวกรรมคุณค่าการเข้าถึงอย่ามีระบบ (Value Engineering A System Approved) ได้เสนอแผนงานวิศวกรรมคุณค่าตามขั้นตอนทั้ง 7 ดังนี้

1. ขั้นตอนเลือกโครงการ หรือขั้นตอนทั่วไป (Selection or General Phase)
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information Phase)
3. ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function Phase)
4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase)
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)
6. ขั้นทดสอบพิสูจน์ (Investigation Phase)
7. ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase)

ขั้นตอนเลือกโครงการ

ในขั้นตอนนี้ต้องอาศัยมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีในการทำความเข้าใจผู้อื่น, ให้เกียรติและคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล, มีความรอบคอบและเห็นอกเห็นใจ และมีความยืดหยุ่น รวมถึงต้องคำนึงถึงอุปสรรคในการทำงานนี้ด้วยว่า การเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่ทุกคนต่อต้าน

สำหรับการเลือกโครงการนั้นจะต้องทำความเข้าใจว่า "ใคร" เป็นผู้แนะนำโครงการ และ "ทำไม" ทำไมผู้แนะนำจึงต้องทำการแนะนำ

1. "ใคร" ผู้แนะนำโครงการอาจเป็นประธานคณะกรรมการ, วิศวกร, ฝ่ายขาย หรือบุคคลอื่น ๆ บ่อยครั้งพบว่า ผู้แนะนำมักเป็นกลุ่มบุคคล และการแนะนำนั้นมักไม่ใช่การแนะนำเลย แต่บอกให้ว่าคุณควรทำอะไร ดังนั้นการสำรวจอย่างคร่าว ๆ ก่อน ถึงผลที่ประหยัดได้ และผลประโยชน์อื่น ๆ เวลา ความพยายาม และเงินที่ต้องใช้ในการนี้ว่าคุ้มหรือไม่ที่จะทำ

2. "ทำไม" ของผู้แนะนำโครงการนั้นมาจากผลของความต้องการ ซึ่งอาจจะบอกเหตุผลออกมาตรง ๆ หรือทางอ้อม บางครั้งอาจจะมาจากปัญหาต่าง ๆ ซึ่งผู้แนะนำอยากให้กำจัดมันเสีย หรืออาจจะเป็นนโยบายของบริษัทที่กระตุ้นพนักงานให้แก้ปัญหาเกี่ยวกับกำไร

3. โครงการวิศวกรรมคุณค่านั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ด้วยกันคือ

3.1 โครงการที่เกี่ยวกับวัตถุ (Hardware Project) เป็นโครงการ ที่เกี่ยวกับทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด, น้ำหนัก, รูปทรง, วัตถุดิบ และพลังงานที่ใช้ในการผลิต รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการผลิตจนถึงลูกค้า

3.2 โครงการที่ไม่เกี่ยวกับวัตถุ (Software Project) เป็นโครงการที่เกี่ยวกับระบบการทำงานมากกว่าลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การวางแผน การขนส่ง การจัดจำหน่ายเป็นต้น

4. การเลือกโครงการที่จะทำวิศวกรรมคุณค่านั้น (Value Engineering, VE) โครงการนั้นจะประกอบด้วยส่วนทั้งหมด และส่วนโครงการเฉพาะส่วน

4.1 ส่วนทั้งหมด

4.1.1 โครงการจะต้องมีความแตกต่างของส่วนประกอบอย่างน้อย 3 แบบ ที่จะใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า

4.1.2 จะต้องมีองค์ประกอบ 8-16 อย่างด้วยกัน

4.1.3 โครงการนั้นจะต้องดำเนินต่อไปได้ (มิใช่เป็นโครงการซึ่งใช้ในการศึกษาเท่านั้น) หรือจะเป็นโครงการวิจัยและพัฒนาก็ได้

4.1.4 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลักใหญ่ ในขณะที่กำลังทำวิศวกรรมคุณค่า

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงควรเกิดภายหลังจากที่ได้แนะนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

4.1.6 จุดประสงค์จะต้องแน่นอนและเข้าใจง่าย

4.2 โครงการวิศวกรรมคุณค่าเฉพาะส่วน ควรเลือกโครงการที่ประกอบด้วย สิ่งต่อไปนี้

4.2.1 สิ่งซึ่งมีข้อยุ่งยากในการใช้งาน หรือในการผลิต

4.2.2 ส่วนประกอบมีขนาดใหญ่ หรือหนักเกินความจำเป็น

4.2.3 ส่วนประกอบซึ่งไม่ได้มาตรฐานทั้งขนาด และรูปร่าง

4.2.4 สิ่งซึ่งลูกค้าร้องเรียนและต่อว่ามา

4.2.5 ส่วนประกอบซึ่งเหมือนกับมาตรฐานของบริษัทอื่น ๆ และมิได้ปรับปรุงมานาน

4.2.6 ขั้นตอนการทำงานมาก และซับซ้อน

4.2.7 ส่วนประกอบที่มีจุดอ่อน หรือต้องการบำรุงรักษามาก

4.2.8 สิ่งซึ่งต้องใช้วัตถุดิบราคาแพง

4.2.9 สิ่งซึ่งต้องใช้เครื่องมือมากเกินความจำเป็น

4.2.10 สิ่งที่ให้กำไรน้อย

4.2.11 สิ่งของที่ขายได้น้อยในตลาด

4.2.12 สินค้าของคู่แข่งขัน มีความน่าเชื่อถือมากกว่า และราคาถูกกว่าอีกด้วย

4.2.13 สิ่งซึ่งใช้แรงงานคนมากเกินไป

4.2.14 สิ่งซึ่งมีของเสียในอัตราสูง

ส่วนที่สำคัญในการทำโครงการคือ การเลือกเวลาให้เหมาะสม ถ้าการเสนอแนะไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมผลงานก็เปล่าประโยชน์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะนำมาพิจารณาในโครงการ คือ

1. ความปลอดภัยส่วนบุคคล
2. ผลกระทบต่อบุคคลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการ
3. หลีกเลี่ยงการสูญเสีย
4. ผลที่ประหยัดได้ หรือการปรับปรุงกำไร
5. ลิขสิทธิ์
6. คำแนะนำของลูกค้า หรือบริษัท
7. วัสดุที่มีอยู่
8. คู่แข่งขัน
9. ความร่วมมือในการเปลี่ยนแปลง
10. ปริมาณผลผลิตต่อปี
11. วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในตลาด

ขั้นรวบรวมข้อมูล

ในขั้นการรวบรวมข้อมูลนี้ใช้เทคนิค 3 ประการด้วยกัน คือ ข้อเท็จจริง (Fact), หาต้นทุน (Costs) และกำหนดต้นทุนสำหรับข้อกำหนด และความต้องการ (Fixed Cost On Specification)

1. ข้อเท็จจริง

การได้รับข้อมูลของความจริงนั้น เปรียบเสมือนกุญแจของความรู้ ซึ่งจะไขประตูไปสู่ความสำเร็จในแผนงาน กุญแจของขั้นตอนนี้ได้แก่คำถาม 6 คำ คือ ทำไม อะไร เมื่อไร ที่ไหน อย่างไร และใคร ซึ่งตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริงแสดงไว้ดังภาพที่ 2-1

บริษัท..... เลขที่โครงการ..... แบบฟอร์มข้อมูล
ผลิตภัณฑ์..... โครงการ..... เลขที่แบบแปลน..... ปริมาณที่ต้องการ.....
ภูมิหลังด้านการตลาด..... ภูมิหลังด้านการผลิตและจัดซื้อ..... ภูมิหลังด้านวิศวกรรม..... ทีมงาน..... วันที่.....

ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริง

ภูมิหลังด้านการตลาด หลังจากที่ปรึกษากับบุคคลในสาขานี้แล้ว ควรจะหาข้อมูลเหล่านี้ให้ได้

1. รายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนด และความต้องการของผู้ใช้ และผู้ผลิต ซึ่งจะประกอบด้วย

1.1 สภาพโดยทั่วไปก่อนใช้, ระหว่างใช้ และภายหลังที่ใช้ผลิตภัณฑ์

1.2 ขอบเขตทางด้านกายภาพ มีข้อกำหนดอย่างไร

1.3 ความต้องการทางด้านความน่าเชื่อถือได้ การบริการ การบำรุงรักษา และการทำงานของมัน

1.4 ความต้องการด้านอายุการทำงาน

1.5 ความต้องการด้านคุณลักษณะพิเศษ

2. รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลการปฏิบัติของหน่วยซ่อม

2.1 ประวัติการทดแทนชิ้นส่วนที่แท้จริงและสำรอง

2.2 เหตุผลของการเปลี่ยนชิ้นส่วนทดแทน

2.3 อายุการทำงานจริงของส่วนประกอบต่าง ๆ

3. รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนความต้องการของสินค้า และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะผลิตได้ทั้งหมด

3.1 อายุของสินค้าในตลาดเป็นเท่าใด จะสามารถเพิ่มอายุของสินค้าในตลาดได้อย่างไร

3.2 คู่แข่งขันมีจำนวนเท่าใด ตั้งอยู่ที่ใด และราคาผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งขันเป็นอย่างไร

3.3 ในโครงการนี้ ถ้ามีการทดสอบ เปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุงจะสามารถใช้งานได้ดีหรือขายเพิ่มขึ้นไหม

ภูมิหลังด้านวิศวกรรม ปรึกษาและค้นหาข้อมูลจากพวกวิศวกร ผู้ซึ่งออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขบวนการผลิตและวิธีการทำงาน ข้อมูลที่จำเป็นได้แก่

1. ประวัติทางเทคนิคโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์หรือโครงการ ระยะเวลาที่ออกแบบ ปัญหาการพัฒนาและอุปสรรค การเปลี่ยนแปลงข้อกำหนด และความต้องการอื่น ๆ

2. ลิขสิทธิ์อะไรที่ควรนำมาวิเคราะห์ในโครงการนี้ และลิขสิทธิ์เหล่านั้นเป็นของผู้ใด

3. ความต้องการทางด้านกายภาพ สมรรถนะ และฝีมือ สำหรับโครงการนี้

4. โครงการนี้สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นได้ไหม ถ้าทำได้ต้องทำอย่างไร และเป็นปริมาณเท่าไร

5. การพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงได้พิจารณาหรือไม่ เมื่อไรความคาดหมายจึงจะสำเร็จ

6. โครงการนี้ควรปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพื่อให้การทำงานดีขึ้น หรือขายได้ดีขึ้น นอกจากนี้หาคำตอบทำอย่างไรโครงการนี้จึงจะลดต้นทุนได้

ภูมิหลังด้านการผลิตและจัดซื้อ บุคคลในแผนกนี้สามารถที่จะให้ข้อมูลที่ต้องการในด้านเหล่านี้

1. ข้อกำหนดกระบวนการผลิต, ขั้นตอนการปฏิบัติงาน, ปริมาณการผลิตต่อการเดินเครื่อง (ต่อเดือน, ต่อปี) เครื่องมือที่ใช้เป็นพิเศษ หรือมาตรฐานวิธีการทำงาน เฉพาะอายุการใช้งานของเครื่องมือต่าง ๆ ต้นทุนอยู่ในความดูแลของใคร

2. ถ้าใช้เครื่องมือพิเศษ เป็นชนิดใด และราคาเท่าใด

3. รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้วัตถุ ตั้งแต่วัตถุดิบ จนถึงวัสดุสำเร็จรูป รวมทั้งจำนวนเศษวัสดุด้วย

4. จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องทำใหม่ ชิ้นส่วนที่ไม่ยอมรับจากการประกอบ (เกิดจากปัญหาการผลิตหรือวัตถุดิบไม่ดี)

5. ในส่วนที่ต้องการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ควรเขียนเป็นหัวข้อ ในการพิจารณาปัญหาทางด้านลดการผลิต หรือการสั่งซื้อจากภายนอก

เมื่อได้รวบรวมข้อมูลจากบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้องแล้ว จะทำให้เกิดความสามารถในการปรับปรุงขึ้น ต่อจากนั้นควรบันทึกข้อมูล และขั้นต่อไปคือ พิจารณาต้นทุนซึ่งสัมพันธ์กับข้อเท็จจริงที่รวบรวมมา

2. การหาต้นทุน

สิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ก็คือ การหาต้นทุนที่ถูกต้อง ซึ่งจะช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายของโครงการ และเป็นการวัดผลข้อเท็จจริงที่เราได้รับอีกด้วย

ในขั้นแรกต้องหาต้นทุนของวัสดุ และแรงงาน (Prime Costs) ที่เกี่ยวข้องกับโครงการย่อยรวมทั้งส่วนอื่น ๆ ของโครงการด้วย

ขั้นที่สองหาค่าโสหุ้ยของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุทางอ้อม หรือค่าแรงทางอ้อม เครื่องจับชิ้นงานที่ทำพิเศษขึ้น ค่าใช้จ่ายในการบรรจุและขนส่ง และค่าใช้จ่ายพิเศษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นการประเมินก็ดี หรือค่าใช้จ่ายแท้จริงจะต้องบันทึกไว้ รวมทั้งบันทึกแหล่งที่มาด้วย

กฎเกณฑ์ที่ใช้เกี่ยวกับต้นทุนทางวิศวกรรมคุณค่าได้แก่ กฎ 20-80 กฎเกณฑ์นี้มีอยู่ 3 แบบ ด้วยกันในโครงสร้างต้นทุนดังนี้

1) กฎที่ 1 ต้นทุนสินค้าสำเร็จรูป (Cost of Goods Manufactured) โครงสร้างต้นทุนโดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) = 20% ของต้นทุนรวม

ต้นทุนผันแปร (Variable Costs) = 80% ของต้นทุนรวม

ดังนั้นควรมุ่งการใช้ VE ไปที่ต้นทุนผันแปร

2) กฎที่ 2 ต้นทุนโรงงาน (Factory Costs) โครงสร้างที่ปรับปรุงแล้ว โดยที่

20% ของแต่ละส่วน ประกอบด้วย 80% ของต้นทุนรวม

80% ของแต่ละส่วน ประกอบด้วย 20% ของต้นทุนรวม

เมื่อได้ค่าใช้จ่ายโรงงานที่สมบูรณ์แบบแล้ว นำมาวิเคราะห์แต่ละส่วนโดยลำดับค่าใช้จ่ายที่ลดลงตามลำดับ (เริ่มต้นด้วยค่าใช้จ่ายสูงสุด ลงท้ายด้วยค่าใช้จ่ายต่ำสุด)

เมื่อทำดังนี้แล้วจะพบว่า 20% ของส่วนแรกที่มีต้นทุนสูงจะประกอบด้วย 80% ของต้นทุนรวมที่วิเคราะห์ ดังนั้นควรพยายามมุ่งความสนใจไปที่ 20%

3) กฎที่ 3 หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง โดยที่

หน้าที่พื้นฐาน = 20% ของต้นทุน

หน้าที่รอง = 80% ของต้นทุน

ดังนั้นควรที่จะทำการมุ่งแก้ไขที่หน้าที่รอง เพราะมีค่าใช้จ่ายมากถึง 80% ของต้นทุนรวม

3. กำหนดต้นทุนของข้อกำหนดและความต้องการ

เมื่อใดศึกษาข้อกำหนดและความต้องการอย่างละเอียดแล้ว พบว่าต้นทุนของสินค้าสำเร็จรูป กระบวนการผลิตหรือวิธีการ เป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนราคาขาย หรือต้นทุนรวม ดังนั้นจึงควรศึกษาค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ซึ่งรวมอยู่ในราคาของผลิตภัณฑ์

เมื่อจัดแยกรายละเอียดของความต้องการแล้วจึงแบ่งต้นทุนไปตามส่วนต่าง ๆ กำหนดให้ต้นทุนขั้นต้น (วัสดุ + แรงงานทางตรง) และต้นทุนโรงงาน แบ่งแยกไปตามข้อกำหนด หรือความต้องการที่ทำไว้ โดยให้มีการเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงานเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในแผนงานวิศวกรรมคุณค่าซึ่งต่างจากการลดต้นทุนแบบอื่น ๆ การวิเคราะห์หน้าที่นี้ทำได้โดยการอธิบายหน้าที่ ประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่ และพัฒนาทางเลือก ซึ่งเทคนิคเหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไรทางธุรกิจ และการปรับปรุงต้นทุนได้เป็นอย่างดียิ่ง

เนื่องจากกำไรของธุรกิจ หรืออุตสาหกรรม เป็นผลเนื่องจากผลิตภัณฑ์ กระบวนการและวิธีปฏิบัติ มีผลกระทบต่อกำไร ดังนั้นการใช้เทคนิควิเคราะห์หน้าที่จึงเป็นการอธิบายปัญหา และสร้างความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิต ด้วยการแยกแยะเพื่อหาข้อสรุปของปัญหารวม

คำจำกัดความของหน้าที่ตามที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าได้เขียนไว้คือ สิ่งซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นใช้งานได้หรือขายได้

กฎเกณฑ์ของหน้าที่

กฎข้อที่ 1 หน้าที่การทำงานต้องประกอบคำ 2 คำ คือ คำกิริยา และคำนาม

กฎข้อที่ 2 สำหรับหน้าที่การใช้งาน และการขาย ต้องแยกให้คำกิริยา และคำนามแตกต่างกันคือ หน้าที่การทำงานมักจะเป็นกิริยาที่แสดงการกระทำ (Action Verbs) และคำนามนั้นวัดได้ และส่วนหน้าที่การขายนั้น กริยาอยู่ในรูปไม่มีการกระทำ (Passive Verbs) และคำนามนั้นวัดไม่ได้

กฎข้อที่ 3 หน้าที่ทั้งหมดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ หน้าที่พื้นฐาน (Basic Function) และหน้าที่รอง (Secondary Function) โดยหน้าที่พื้นฐาน เป็นหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์หรือบริการ และหน้าที่รอง เป็นหน้าที่ช่วยเสริมให้หน้าที่พื้นฐานสมบูรณ์ขึ้น

การบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ (Function Definition) จะทำการบันทึกลงในแบบฟอร์มดังภาพที่ 2-2

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยใช้คำกริยา – นาม					
โครงงานการ					
ปริมาณ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน	
		กริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง

ภาพที่ 2-2 แบบฟอร์มการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยใช้กริยา-นาม

การประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ ก่อนอื่นต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ทั้งหมด ซึ่งถูกจัดให้อยู่ในรูปของคำกริยา และคำนาม ระดับหน้าที่พื้นฐาน และหน้าที่รอง จากนั้นเปรียบเทียบและประเมินหน้าที่การทำงานด้วยการหาลำดับความสำคัญทั้งหมด ซึ่งจะได้ข้อสรุปของปัญหาของหน้าที่ที่ไม่จำเป็น หน้าที่ที่มีความสำคัญน้อยแต่ต้องการต้นทุนสูง เทคนิคนี้เราเรียกว่า "การประเมินเชิงเลข" ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ของหน้าที่ ที่จำเป็น หรือหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์ กำหนดลำดับความสำคัญของหน้าที่รอง ทำให้ทราบว่าหน้าที่เหล่านั้น เกิดจากข้อกำหนดหรือความต้องการ หรือเกิดเพราะการออกแบบในตอนต้น ๆ

โดยที่การประเมินเชิงเลขอยู่ในแบบฟอร์มดังภาพที่ 2-3 ซึ่งประกอบด้วยเลขที่อ้างอิง ชื่อโครงการ เลขที่แบบแปลน

บริษัท..... เลขที่อ้างอิง.....

การประเมินผลหน้าที่

โครงการ..... เลขที่แบบแปลน.....

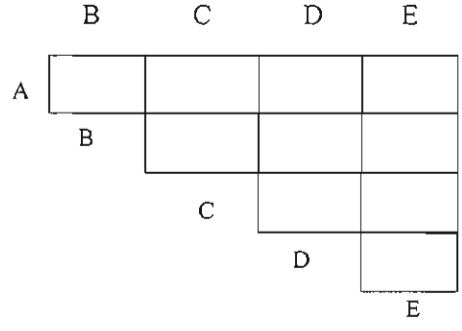
สรุปการประเมินผล

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก
A		
B		
C		
D		
E		

การประเมินเชิงตัวเลข

หมายเหตุ ประเมินด้วยน้ำหนัก

1. ระดับความแตกต่างความสำคัญน้อย เท่ากับ 1 คะแนน
2. ระดับความแตกต่างความสำคัญปานกลาง เท่ากับ 2 คะแนน
3. ระดับความแตกต่างความสำคัญมาก เท่ากับ 3 คะแนน



ชื่อสมาชิกทีม..... วันที่.....

ภาพที่ 2-3 แบบฟอร์มการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่

ขั้นสร้างสรรค์ความคิด

ในทางวิศวกรรมคุณค่านั้น การสร้างสรรค์ความคิดเป็นวิธีการที่จะนำมาเพื่อแจกแจงหน้าที่ต่าง ๆ และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยคำนึงถึงผลงาน ชื่อเสียง และความง่ายในการบำรุงรักษา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ามนุษย์ทุกคนจะมีความสามารถในการสร้างสรรค์ความคิดแต่ก็

ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความสามารถในการสร้างสรรค์ความคิดเหล่านั้น โดยกลั่นกรองมาจากความรู้ทั้งหมดที่มีอยู่ ให้เหมาะสมและรวบรวมให้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่น่าเชื่อถือได้อีกด้วย วิธีที่ใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มีดังนี้

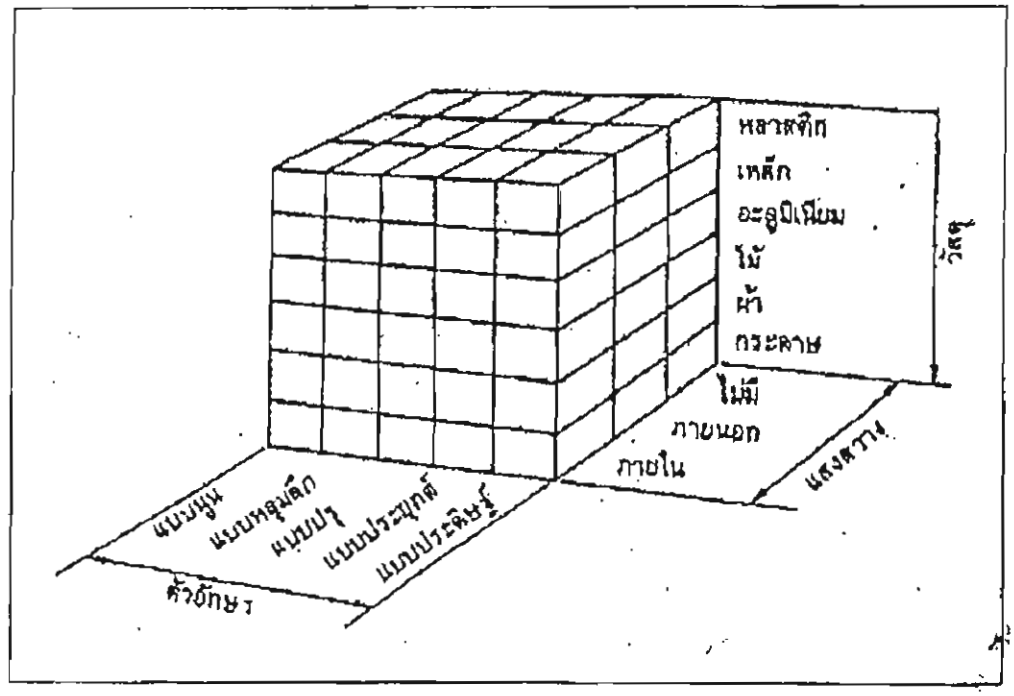
1. การเปรียบเทียบ (Forced Comparison) วิธีนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างงานที่ต้องการศึกษากับหัวข้ออื่น ๆ มาพิจารณา หัวข้ออื่นที่เลือกมานั้น สามารถเลือกจากอะไรก็ได้ เช่น อาจเลือกแบบสุ่มจาก Catalog หรือหน้าเหลืองทางสมุดโทรศัพท์ วิธีการเปรียบเทียบก็ง่าย ๆ ดังเช่น เราจะนำโทรศัพท์มาบรรจุในกล่องโลหะที่กำลังศึกษาอยู่ หรือจะใช้กล่องพลาสติก หรือจะเลือกใช้กล่องไม้อัด สำหรับขนส่งโทรศัพท์อย่างเช่นปัจจุบัน เป็นต้น

2. การจัดคุณสมบัติ (Attribute Listing) วิธีนี้จะทำให้เรามองเห็นถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของหัวข้องานที่จะทำโดยละเอียดยิ่งขึ้น โดยการนำเอาคุณสมบัติต่าง ๆ มาเขียนเป็นรูปของเมตริกซ์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหาคุณสมบัติอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้นทั้งตามแนวตั้งและแนวนอนของเมตริกซ์ และให้จุดตัดของเมตริกซ์เป็นจุดที่แสดงคุณสมบัติรวมทั้ง 2 แกน ซึ่งแจงกระตุ้นให้เกิดความคิดอื่น ๆ ขึ้นได้อีก เช่น เครื่องหมายในป้าย

ตารางที่ 2-1 การจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายป้าย

ชนิดอักษร / วัสดุ	แบบนูน	แบบหลุมลึก	แบบปรุ	แบบประยุกต์	แบบประดิษฐ์
พลาสติก					
แก้ว					
กระดาษ					
เหล็ก					

3. การวิเคราะห์แบบตามรูปลักษณะ (Morphological Analysis) วิธีนี้คล้ายกับวิธีการจัดตามคุณสมบัติ เพียงแต่เพิ่มแกนเป็นรูป 3 มิติของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแต่ละแกน โดยเราให้แต่ละแนวนั้นแสดงคุณสมบัติอย่างอิสระและแยกเป็นหมวดหมู่ที่ต้องการศึกษา ดังนั้นแผนภูมิที่ได้จะเป็นรูปลูกบาศก์ที่ประกอบด้วยลูกบาศก์เล็ก ๆ ซึ่งจะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เป็นตัวแปรบรรจุอยู่ในรูปลูกบาศก์เล็ก ๆ แต่ละรูปนั้น



ภาพที่ 2-4 การวิเคราะห์ตามรูปลักษณะ

เราให้แกนทั้ง 3 แทนด้วย วัสดุ ตัวอักษร และแสงสว่างเราจะสร้างแผนภูมิวิเคราะห์เป็นรูปลูกบาศก์ขึ้นมาจากคุณสมบัติ เช่น วัสดุ อาจเป็น พลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ ส่วนแสงสว่างจะมีทั้งภายนอก ภายใน และไม่มี ด้วยแปรที่เป็นตัวอักษรก็มีระบบต่าง ๆ กัน เช่น ตัวตั้ง ตัวหลุม ตัวนูน ฯลฯ เป็นต้น

จากตัวอย่างนี้จะพบว่าเราได้รูปลูกบาศก์เล็ก ๆ ถึง 75 อัน ซึ่งก็คือ 75 แนวคิด เมื่อจะตัดสินใจในการทำป้ายเราค่อย ๆ ตัดคุณสมบัติที่ไม่ต้องการ หรือไม่เหมาะสมออกไปเรื่อย ๆ จนได้แนวคิดที่เหมาะสม

วิธีนี้เป็นวิธีที่จะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้มีโอกาสพิจารณาแนวคิดที่เหมาะสมและกล้าแสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์ที่กว้างไกลออกไป และมีโอกาสจะได้รับการยอมรับเมื่อนำมาประกอบกับสิ่งอื่น ๆ เข้าก็กลายเป็นแนวคิดที่เหมาะสมได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์โดยบุคคลคนเดียว

4. การระดมความคิด (Brainstorming) สำหรับวิธีนี้ ควรมีกลุ่มของผู้ร่วมงานประมาณ 6-10 คน ซึ่งเลือกจากผู้ที่มีภูมิหลังต่าง ๆ กันจากตำแหน่งต่าง ๆ กัน ในหน่วยงานเริ่มด้วยผู้นำกลุ่มจะแจ้งให้กลุ่มทราบถึงปัญหา แล้วจึงให้สมาชิกแต่ละคนช่วยกันเสนอวิธีแก้ไขซึ่งทุก ๆ วิธีจะถูกบันทึกเอาไว้จนครบ โดยยังไม่ต้องมีการวินิจฉัย หรือตัดสินว่าความคิดใดถูกหรือผิดแต่อย่างไร

เพราะจะเป็นการหยุดยั้งความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่ม หลังจากนั้นจึงจะเริ่มพิจารณาแต่ละวิธีเพื่อจะหาความคิดที่กลุ่มเห็นว่าดีที่สุดมาปรับปรุงให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา

5. การพิจารณาส่วนที่เข้าและออก (Input-Output Method) เทคนิคนี้ถูกใช้เมื่อทราบถึงสภาพความเป็นจริงของส่วนที่เข้าและส่วนที่ออกที่มีอยู่ วิธีการนี้เรามุ่งที่จะพิจารณาการใช้ส่วนที่เข้าที่จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อส่วนที่ออก การแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา และยังต้องอาศัยการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยดังตัวอย่างต่อไปนี้

หมู่บ้านหนึ่งตั้งอยู่ใต้เขื่อนกั้นน้ำ และมีทะเลสาบอยู่หลังเขื่อนในบางครั้งบางคราวหิมะจะละลายลงมาเพิ่มระดับน้ำในทะเลสาบ จนกระทั่งน้ำไหลล้นเขื่อนหมู่บ้านจึงต้องมีมาตรการเตือนภัย และการควบคุมขึ้นโดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

ในที่นี้ส่วนที่เข้าคือ ระดับน้ำที่สูง และส่วนที่ออกคือ น้ำที่ล้นออกมา จึงควรจะใช้เทคนิคในการแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับความสูงของระดับน้ำ จึงจะทำให้ส่วนที่ออกนั้นขึ้นโดยตรงต่อส่วนที่เข้า ส่วนที่ออกอาจจะเป็น

- ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง
- เฮดของน้ำเปลี่ยนแปลงที่ฐานของเขื่อน
- บริเวณรอบทะเลสาบจะถูกน้ำท่วม

โดยการพิจารณาที่จะใช้ส่วนที่ออกให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา จึงเสนอวิธีแก้ปัญหาขึ้นมาโดย

- ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระดับของน้ำในทะเลสาบที่เขื่อนพอจะรับได้เมื่อน้ำขึ้นมาสูงเกินระดับนี้ อุปกรณ์ที่ติดไว้จะส่งสัญญาณเตือน หรือมิฉะนั้นก็จะเปิดทางระบายน้ำอื่นเพื่อจะระบายน้ำล้นที่ออกไปจากทะเลสาบ
- ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระดับของน้ำที่มองเห็นง่าย ในตำแหน่งที่เหมาะสม
- ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะ "เปิด" วงจรเสมอไว้บนฝั่งทะเลสาบเมื่อระดับน้ำล้นมาท่วมอุปกรณ์นั้น จะทำให้วงจร "ปิด" และส่งกระแสไปกระตุ้นสัญญาณเตือน หรืออุปกรณ์อื่นแล้วแต่ดิดตั้งวิธีการนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ทั้งแบบกลุ่มและเฉพาะบุคคล

ขั้นประเมินผล

สำหรับขั้นตอนนี้ได้หาทางพัฒนาทางเลือกหลาย ๆ ทาง ต่อจากขั้นสร้างสรรค์ความคิดด้วยการประเมินความคิดต่าง ๆ และหาทางป้องกันค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นที่เกิดขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่าการจำกัดค่าใช้จ่ายนั้น ต้องไม่ลดคุณภาพและความน่าเชื่อถือได้ สำหรับเทคนิคที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ การย่อยและรวมแนวความคิดต่าง ๆ หาต้นทุนของทุกแนวความคิด พัฒนาทางเลือกและการประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ

1. การย่อยและรวมแนวความคิด หลังจากที่ได้ปริมาณความคิดจากขั้นตอนสร้างสรรค์แล้ว ต้องขยายแนวคิดออกไป และประเมินผลด้วยการพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนที่จะนำความคิดเหล่านี้ไปใช้งาน

การประเมินผลแต่ละความคิด หรือรวมความคิดเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้หน้าที่การทำงานที่ต้องการนั้น ก่อนอื่นต้องพิจารณาดูว่า แต่ละความคิดนั้นใช้งานได้หรือไม่ ถ้าใช้งานอื่นได้จึงหาทางรวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

การย่อยและรวมความคิดเหล่านี้ เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและค่อนข้างรวดเร็ว จึงต้องหาว่าทำอย่างไร แนวคิดจากหน้าที่การทำงานหลาย ๆ อัน จะสามารถหลอมเข้าด้วยกันและสามารถแก้ปัญหารวมได้ทั้งหมด

2. การพัฒนาหน้าที่และทางเลือก โดยที่จุดประสงค์ของทางเลือกนั้น เราต้องมุ่งที่หน้าที่การทำงานของมัน มิใช่มุ่งที่วัสดุชิ้นส่วน หรืออื่น ๆ เทคนิคของการพัฒนาหน้าที่การทำงาน ก็คือ สร้างแนวคิดใหม่ โดยเริ่มจากฐานศูนย์ (Base Zero) นั่นคือ การไม่ยึดของเก่า ใช้คำนามและกริยากับหน้าที่พื้นฐาน (Basic Function) ซึ่งจะสามารถนำเอาไปสู่การแก้ปัญหาได้

การพัฒนาหน้าที่ของทางเลือกจะสำเร็จสมประสงค์ได้ ต้องใช้ข้อมูลข่าวสาร และการพัฒนาความคิดที่ได้บันทึกไว้ในแผนการดำเนินงาน ในที่นี้จะเรียกหัวข้อว่า "การพัฒนาหน้าที่" (Functional Development) ดังภาพที่ 2-6 แสดงแบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่ ในขั้นแรกต้องจำกัดขอบเขตของปัญหาก่อน ต่อจากนั้นเขียนสิ่งที่ต้องการและข้อมูลจำเพาะ การทำเช่นนี้ เพื่อจะทำให้การพัฒนาของเราละเอียดขึ้น และป้องกันมิให้การพัฒนาออกนอกขอบเขตที่กำหนด

บริษัท..... เลขที่อ้างอิง .....

การพัฒนาหน้าที่

หน้าที่หลัก.....

หน้าที่	ความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนา	ต้นทุนโดยประมาณ (สะสม)
	รวม	

ต้นทุนปัจจุบัน

วัสดุ+วัสดุทางอ้อม.....

ค่าแรงทางตรง.....

ค่าแรงทางอ้อม.....

สมาชิก..... วันที่.....

ภาพที่ 2-5 แบบฟอร์มตัวอย่างการพัฒนาหน้าที่

ในแผนพัฒนาที่จะประกอบด้วย ข้อมูลที่ต้องการ เลขที่อ้างอิง การประเมินผลหน้าที่นั้น ยึดหน้าที่หลักเป็นสำคัญ โดยดูจากน้ำหนักที่สูงสุด เขียนลงในช่องหน้าที่ ต่อจากนั้นดูช่วงความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการเลือกความคิดเดี่ยว หรือความคิดที่รวมกันแล้ว ในรูปของคำนาม และกริยาที่ต้นทุนต่ำสุด ใส่ลงในช่อง "ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา" ซึ่งความคิดเหล่านี้ได้มาจากกลุ่ม รวมทั้งต้นทุนใส่ลงของต้นทุนโดยประมาณ

เมื่อได้บันทึกความคิดสร้างสรรค์ลงไปในแบบฟอร์ม ซึ่งอยู่ในขอบเขตของการแก้ปัญหาบันทึกข้อมูลจำเพาะและความต้องการเสร็จแล้ว นำไปพิจารณาต่อไป ว่าสมควรจะปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จากนั้นใส่ลงในช่อง "ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา" รวมถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องเพิ่มขึ้นซึ่งจะกลายเป็นค่าใช้จ่ายสะสม

แบบฟอร์มพัฒนาหน้าที่จะสำเร็จสมบูรณ์ โดยรวมต้นทุนปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุทางตรงและทางอ้อม ค่าแรงทางตรงและค่าแรงทางอ้อม นอกจากนี้ควรมีชื่อของทีมงานและวันที่รวมอยู่ด้วย

การพัฒนาหน้าที่นั้น ในขั้นแรกควรคำนึงเฉพาะหน้าที่ที่จะทำให้ทำงานได้เท่านั้น ยังไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการขายได้ ต่อจากนั้นควรหาทางเลือกอื่น ๆ ด้วย ในการพัฒนาความคิดและประเมินผล ถ้าไม่คิดพัฒนาหาทางเลือกอื่น ๆ จะทำให้ความคิดติดแน่นอยู่กับของเดิม ซึ่งจะเป็นอุปสรรคทำให้ความคิดอุดตัน และไม่เกิดการพัฒนา

3. ประเมินผลด้วยการ เมื่อหาทางเลือกของหน้าที่การทำงานแล้ว รวมทั้งได้พัฒนาทางเลือกนั้นต้องแน่ใจว่ามันทำงานได้ ต่อจากนั้นจึงจะนำมาประเมินผล ด้วยการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ โดยที่ทางเลือกนั้น ๆ จะต้องเปรียบเทียบกันด้วย ข้อดีและข้อเสีย ซึ่งจะใช้แบบฟอร์มดังภาพที่ 2-7 โดยเขียนความคิดในการพัฒนาหน้าที่อย่างสั้น ๆ ลงในช่องความคิดจากการพัฒนาหน้าที่ ส่วนช่องที่ 2 หาข้อดีทุกอย่างตั้งแต่มากจนถึงน้อยที่สุด ช่องที่ 3 หาข้อเสีย จากมากไปหาน้อยที่สุด เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย ประเมินผลด้วยผลต่างของมัน แล้วบันทึกข้อสรุปที่จะนำไปปฏิบัติลงในแบบฟอร์มด้านล่าง

บริษัท..... เลขที่อ้างอิง.....

การประเมินความคิด

หน้าที่หลัก.....

ความคิดจากการพัฒนาหน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย

แผนที่จะนำไปปฏิบัติ

สมาชิก..... วันที่.....

ภาพที่ 2-6 แบบฟอร์มตัวอย่างการประเมินความคิด

และเมื่อขั้นตอนการนำไปทดสอบนั้น เราจะทำการนำหน้าที่ไปสู่ทางเลือกที่จะทำ "ขายได้" ซึ่งในตอนนั้น จะสมบูรณ์ในแง่ของทางเลือกที่จะได้ทั้งหน้าที่การทำงาน และยังสามารถทำให้ขายได้อีกด้วย

ขั้นทดสอบพิสูจน์

ผลสำเร็จขั้นตอนนี้อยู่กับการใช้ข้อมูลบวกกับความรู้ในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ วัสดุ เทคนิคการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ข้อมูลและความรู้มากมายเหล่านี้ มิใช่แสวงหาเพื่อเก็บไว้กับตัวเอง แต่จะเสาะแสวงหาเพื่อนำมาใช้

ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการทำงานของทีมงานและผลที่ได้รับเป็นชัยชนะ งานนี้ต้องไม่เหมือนงานอื่นที่เขียนเป็นสูตร หรือคำจำกัดความของปัญหา แล้วก็หาคำตอบ แต่เป็นงานซึ่งต้องใช้ความพยายาม ผลที่ได้รับขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไปในทางสังคม เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคนิคต่าง ๆ ผลงานนี้มิใช่การกระทำและการตอบสนอง (Action and Reaction) แต่ต้องอาศัยความรู้และเทคนิคอย่างกว้าง ๆ ในการประยุกต์ มนุษย์วิทยา เศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์

เทคนิคขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์นี้สิ่งที่จำเป็นต้องใช้คือ มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม ปรึกษากับผู้ชำนาญเฉพาะด้าน และการใช้ผลิตภัณฑ์ขบวนการและวัสดุแบบพิเศษ

1. มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม ตลอดระยะเวลาแห่งการปฏิวัติทางอุตสาหกรรม ได้ค้นพบว่า การใช้มาตรฐานอุตสาหกรรมนั้นได้รับผลประโยชน์มาก ไม่ว่าจะใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือจะใช้ระบบมาตรฐานก็ตาม ส่วนประกอบที่เป็นมาตรฐานนั้นมีคุณค่ามากทางด้านสงวนค่าใช้จ่าย ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านการพัฒนาและค่าใช้จ่ายของเครื่องมือ ได้คุณภาพดีและเชื่อถือได้ รวมทั้งไม่ต้องเสียเวลาคอยนาน เพราะมีผู้ส่งของซึ่งแข่งขันกันบริการ

การใช้มาตรฐานชิ้นส่วนนั้น จำเป็นต้องเรียนรู้ทั้งวัสดุและกระบวนการ ซึ่งจะนำไปใช้ได้อย่างดีที่สุด และใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุหรือกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้เราต้องใช้มาตรฐานของเราหรือของโรงงานอื่น เราจะต้องตั้งคำถามและหาคำตอบให้ได้ "ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือผลิตภัณฑ์จะหาได้และใช้งานได้ไหม"

2. การปรึกษาผู้ขายและผู้ชำนาญเฉพาะด้าน ทำให้ได้เรียนรู้ว่าในการผลิตนั้น ต้องการผลผลิตในเวลาอันจำกัด ถ้าทำงานร่วมกับผู้ขายหรือผู้ชำนาญเฉพาะด้าน จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่าและประหยัดเวลา เราจึงเน้นที่จะใช้บริการของพวกนอกวงการ ซึ่งอาจจะเป็นผู้ชำนาญอยู่ในบริษัทของเราเอง หรือผู้ชำนาญเฉพาะด้านจากบริษัทอื่น จากความรู้ของพวกนี้ และความคิดเห็นที่แตกต่างกัน จะทำให้เราได้ชิ้นส่วน หรือชิ้นส่วนที่เรากำลังมีปัญหา บ่อยครั้งที่พบว่าความชำนาญในแต่ละสาขาวิชาทำให้ได้รับคำแนะนำที่มีคุณค่าในด้านต้นทุนต่ำและลดเวลาในการวิเคราะห์อีกด้วย

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

3. การใช้ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และวัสดุพิเศษ คำว่า พิเศษในวันนี้ อาจเป็นมาตรฐานในวันพรุ่งนี้ เนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของผลิตภัณฑ์ กระบวนการและวัสดุใหม่ ๆ วัสดุสมัยก่อนอาจจะเหมาะสมกับหน้าที่บางส่วนซึ่งในปัจจุบันอาจมีคุณค่าน้อยลง เช่น การปรับปรุงเทคโนโลยีจะทำให้ต้นทุนต่ำลง และทำให้ผลผลิตดีขึ้น เราจะต้องเตรียมพร้อมที่จะเรียกผู้เชี่ยวชาญให้ทันเวลา ในระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือเพื่อวิเคราะห์คุณค่าของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด นอกจากนี้ควรพิจารณาต้นทุนต่ำสุดของผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้วัสดุมาตรฐานเปรียบเทียบกับต้นทุนต่ำสุด เพื่อใช้วัสดุพิเศษ

ข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ การกระตุ้นให้เกิดการกระทำในทางบวกและป้องกันการกระทำในทางลบ รวมทั้งการเสนอการเปลี่ยนแปลง วัตถุประสงค์ของข้อเสนอนั้นคล้ายกับการขอแต่งงาน ซึ่งต้องการคำตอบในทางบวก ดังนั้นต้องวางแผนอย่างดี เพื่อให้บรรลุเป้าหมายให้ได้ เราต้องรู้จักที่จะขายความคิด เสนอการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ประโยชน์นี้จะพิสูจน์ได้ด้วยการใช้ความเป็นจริงของข้อมูล ต้นทุน โดยละเอียด และการชี้แจงอย่างมีเหตุผล ตลอดเวลาในการวางแผนจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า การยอมรับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกันออกไป บางกลุ่มจะต่อต้านทุกอย่างแบบหัวชนฝา ในขณะที่บางกลุ่มยอมรับโดยง่าย บางกลุ่มต้องการรายละเอียดมากมาย ในขณะที่บางกลุ่มต้องการแต่แนวคิดและทำให้เป็นฟอร์มที่ใช้งานได้ แต่ละบุคคลนั้นมีแนวโน้มและความสามารถในการยอมรับไม่เหมือนกันจึงต้องพิจารณาวางแผนเรื่องนี้ไว้ให้ดี โดยที่หน้าที่หลักก็คือ ต้องรู้จักจะทำให้แต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องด้วยยอมรับแนวคิดและการเปลี่ยนแปลง ต้องจัดหาข้อเท็จจริงเพื่อจะขจัดปัญหาที่มีอยู่ให้หมดไป แบบฟอร์มสำหรับเสนอควรมีทั้งข้อเท็จจริงและต้นทุนทั้ง 2 อย่างนี้จะต้องทำอย่างระมัดระวังและให้เหมาะสม

1. ข้อเท็จจริงปัจจุบัน ความเป็นจริงนั้น คล้าย ๆ กับความงาม คนที่แนะนำมีความเห็นต่างจิตต่างใจกันไป ดังนั้น ก่อนที่ท่านจะแนะนำโปรดคิดให้ถี่ถ้วนในการเสนอข้อเท็จจริงท่านต้องใช้ข้อเท็จจริงที่มีอยู่ และเสนอเพียงครั้งเดียว แต่ให้หนักแน่นและแข็งแรงเหมือนกำแพง เกี่ยวกับการเสนอข้อเท็จจริงของท่านในขั้นตอนนี้ จะต้องระมัดระวังและแน่ใจว่าเป็นข้อเท็จจริงจากขั้นตอนรวบรวมข้อมูลด้วย เมื่อท่านรวบรวมข้อเท็จจริงในตอนต้น ต้องแน่ใจว่า ข้อเท็จจริงนั้นไม่หลอกลวงหรือเป็นข้อเท็จจริงเพียงครึ่งเดียว หรือเป็นเพียงความคิดว่าจะเป็น ในการเสนอเรื่องข้อเท็จจริง จึงต้องพยายามให้ฝ่ายบริหารยอมรับทั้งหมด มิใช่ผู้บริหารเห็นเป็นเพียงภาพเงา หรือเพียงบางส่วนเท่านั้น และข้อเท็จจริงนั้นจะปรากฏออกมาและเป็นที่ยอมรับช้า ๆ ท่านต้องตาม

365491

แกะรอยอย่างระมัดระวัง สำรวจและเลือกอย่างถูกต้อง ผลที่ได้รับจะออกมาอย่างดีต่อเมื่อท่านได้ทบทวนปัญหาทั้งหมด ความคิดและข้อเท็จจริง ผ่านสายตาผู้อื่นด้วย ซึ่งในการเสนอข้อเท็จจริงจะต้องเสนอในรูปแบบของก่อนการแก้ปัญหา และภายหลังการแก้ปัญหา โดยชี้ให้ตรงเป้าหมาย พร้อมอธิบายด้วยรูปภาพ ส่วนรายละเอียดค่อยแจกแจงภายหลัง

2. ต้นทุนปัจจุบัน ต้นทุนคือ โฉมหน้าของข้อเท็จจริง ในการเสนอเกี่ยวกับต้นทุนต้องแน่ใจว่าเป็นสิ่งที่เป็นจริงได้ นำไปปฏิบัติได้ มิใช่เป็นเพียงการมองโลกในแง่ดีเท่านั้น โดยที่ต้นทุนที่เป็นไปได้ เป็นข้อเท็จจริง ที่ต้องการการเสนอแนะ จะต้องวางแผนอย่างระมัดระวัง ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนที่เสนอแนะ ต้นทุนที่นำไปปฏิบัติ และต้นทุนที่ประหยัดได้และจะต้องเสนอแนะเหมือนกับว่าเป็นเงินทองของท่านเอง

3. การเสนอแนะจากทีมงาน แบบฟอร์มเสนอแนะจากทีมดังภาพที่ 2-8 เป็นแบบฟอร์มที่สำคัญที่สุดในแผนงานทั้งหมด ควรจะเป็นแผ่นเดียว และประกอบด้วยข้อเท็จจริงทั้งหมด และปัญหาที่เกี่ยวข้องข้อเท็จจริงนี้จะต้องเข้าใจง่ายและชัดเจนกะทัดรัด ถ้าเป็นไปได้ควรมีรูปสเกตซ์ง่าย ๆ ทั้งแบบปัจจุบัน และแบบที่เสนอแนะเปลี่ยนแปลง และข้อเสนอแนะของทีมงานจะต้องสั้น เพื่อผู้ที่ตัดสินใจจะได้อ่านได้อย่างรวดเร็ว รูปสเกตซ์นั้นก็แทนคำอธิบายได้อย่างดี ถ้าการเสนอแนะยาวเกินไป โอกาสที่จะอ่านก็น้อยลง เมื่อเขียนเสนอแนะต้องพยายามขจัดสิ่งกีดขวางที่คิดว่าจะทำให้ผู้ตัดสินใจไม่เห็นด้วย จึงต้องใช้วิธีการยกตัวอย่าง และเปรียบเทียบ เพื่อจะดึงเข้าสู่จุดหมายของท่าน และโดยจุดประสงค์หลักของการเสนอนั้นเป็น 2 ประการคือ ส่งข้อมูลให้ผู้บริหารตัดสินใจ และการตัดสินใจของผู้บริหารก่อให้เกิดการปฏิบัติขึ้นและการปฏิบัติควรเป็นชนิดบวก

การที่ให้ทีมงานทำฟอร์มเสนอนั้น เป็นการให้ความสำคัญทุก ๆ คน ทำให้เกิดมีความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน และการยอมรับจากผู้บริหารร่วมกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทางด้านจิตใจในงานต่อ ๆ ไปด้วย

ในแบบฟอร์มนี้ ควรประกอบด้วยความต้องการพื้นฐานและความต้องการรองลงมา ผลประโยชน์ที่วัดไม่ได้จะอยู่ในรูปของคุณภาพ ความน่าเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา ความปลอดภัย และลดเวลาการทำงาน ต่อจากนั้นควรจะทำแผนงานที่จะนำไปปฏิบัติ ซึ่งควรจะทำไว้ก่อนการเสนอโครงการถ้าทำอย่างนี้แล้ว เมื่อข้อเสนอแนะได้รับการยอมรับ ก็เริ่มดำเนินการได้เลย แผนปฏิบัติงานควรจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลในองค์การ ซึ่งต้องปฏิบัติอย่างถูกต้องในเรื่องของวิธีปฏิบัติ วัสดุที่จะต้องซื้อ สิ่งที่จะต้องผลิต เครื่องมือที่จะต้องทำหรือซื้อ รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะต้องรับผิดชอบสำหรับแผนงานนี้ นอกจากนี้ควรมีกำหนดเวลาว่างานใดเริ่มก่อน และเสร็จเมื่อใดอีกด้วย

บริษัท..... เสนอแนะปรับปรุงต้นทุน

วันที่..... เลขที่อ้างอิง.....

ผลิตภัณฑ์..... การประกอบหรือชิ้นส่วน.....

ชิ้นส่วนเลขที่..... ปริมาณ/ผลิตภัณฑ์.....

ปริมาณ/ปี.....

ความสามารถที่ประหยัดได้ปีแรก (บาท)		คาดคะเนการขาย (ปีต่อปี)		
ปัจจุบัน		เสนอแนะ		
คำนวณการประหยัดได้	วัสดุ (บาท)	แรงงาน (บาท)	ผลประโยชน์ (บาท)	รวม (บาท)
ปัจจุบัน				
เสนอแนะ				
ผลต่าง				

ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง.....ฝ่ายผลิต.....บาท.....ฝ่ายวิศวกรรม .....บาท

เสนอแนะ

อนุมัติ.....ไม่อนุมัติ..... วันที่.....

การเปลี่ยนแปลงคำสั่งทางวิศวกรรมเลขที่.....

สมาชิกทีม.....

ภาพที่ 2-7 แบบฟอร์มตัวอย่างการเสนอแนะ

ทฤษฎีการแก้ปัญหาในการประดิษฐ์ (TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving)

ประวัติความเป็นมา

เกนริก อัลท์ชูลเลอร์ ผู้ให้กำเนิด TRIZ เกิดในรัสเซียเมื่อ พ.ศ. 2469 เขาสร้างสิ่งประดิษฐ์ชิ้นแรกเมื่ออายุ 14 ปี และต่อมาได้รับการศึกษาทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล เขาเริ่มศึกษาค้นคว้าเรื่อง TRIZ เมื่อปี พ.ศ. 2489 ตอนนั้นเขาทำงานอยู่ในแผนกสิทธิบัตรของกองทัพเรือสหภาพโซเวียต ทำหน้าที่คอยช่วยเหลือนักประดิษฐ์ในการยื่นคำขอสิทธิบัตร ช่วงเวลานั้นเองที่เขาเกิดฉงนว่าการประดิษฐ์เกิดขึ้นได้อย่างไร? เป็นเรื่องโชคหรือเปล่า? หรือว่าเป็นผลดังเช่นหลอดไฟฟ้าที่สว่างแวบขึ้นมาในความคิดเหมือนหนังสือการ์ตูน? หรือเราจะสามารถมองว่าการประดิษฐ์คิดค้นเป็นผลของรูปแบบที่เป็นระบบของความคิดในการประดิษฐ์ได้ไหม? อัลซูลเลอร์ ใช้วิธีการสังเกต

เพื่อหาคำตอบในเรื่องนี้ เขาได้ศึกษาค้นคว้าสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์หลายพันชิ้นเพื่อค้นหารูปแบบที่ซ้ำกัน และหลักของความคิดในการประดิษฐ์ เมื่อหาพบเขาก็จัดลำดับหมวดหมู่และลงบันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษร ในที่สุดผลการค้นคว้าของเขาก็พิมพ์ออกเผยแพร่และได้รับความสนใจอย่างมากจากวงการต่าง ๆ และผู้สนใจกลุ่มนี้ก็ได้ช่วยกันดำเนินการและขยายผลงานออกไปเป็นเวลาหลายปีต่อเนื่องกัน โดยการตรวจสอบสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ทั่วโลกกว่าหนึ่งล้านชิ้น

แนวคิดพื้นฐานของ TRIZ (ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์, 2550)

อัลซูลเลอร์ ได้พัฒนา TRIZ อย่างต่อเนื่องตลอดชั่วระยะเวลา 40 ปีที่เขาได้ทำการค้นคว้าวิจัย อาจารย์คุ โรซาวา ผู้เชี่ยวชาญ TRIZ จากมหาวิทยาลัยซันโน ได้สรุปแนวคิดพื้นฐาน 6 ประการของ TRIZ ดังต่อไปนี้

1. การมองปัญหาอย่างเป็นระบบ (Systems Approach)
2. วิวัฒนาการของระบบสู่ความเป็นอุดมคติ (Evolution To The Ideality)
3. รูปแบบของวิวัฒนาการของระบบ (Patterns of Systems Evolution)
4. การดำเนินการเพื่อวิวัฒนาการองระบบเป็นจริง (Operations For Realization of The Evolution)
5. ทรัพยากรที่ใช้สำหรับวิวัฒนาการของระบบ (Evolutional Resources)
6. ความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในวิวัฒนาการของระบบ (Conflicts In System Evolution)

เครื่องมือต่าง ๆ ของ TRIZ และวิธีการใช้งาน

ในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม ระบบมักจะมีความขัดแย้งเชิงเทคนิค กล่าวคือ เมื่อต้องการให้คุณสมบัติอย่างหนึ่งดีขึ้น คุณสมบัติอย่างหนึ่งมักจะเลวลง แนวคิดของ TRIZ จะไม่ใช่การแก้ไขความขัดแย้งเชิงเทคนิคแบบได้อย่างเสียอย่าง (Trade-off) แต่จะพยายามแก้ปัญหาโดยการไขความขัดแย้งเชิงเทคนิคที่เป็นแก่นของปัญหาอย่างถ่องแท้

การแก้ไขความขัดแย้งเชิงเทคนิค จะใช้เครื่องมือเฉพาะทางสองอย่าง ดังนี้

หลักการ 40 ข้อในเชิงประดิษฐ์คิดค้น (Inventive Principles)

เป็นการรวบรวมแนวคิดที่เป็นหลักการของ TRIZ อันเป็นผลจากที่อัลต์ซุลเลอร์และลูกศิษย์ได้ศึกษาสิทธิบัตรเป็นจำนวนกว่า 2 ล้านชิ้น และรวบรวมแนวความคิดในการแก้ปัญหาที่เป็นแก่นกลางของสิทธิบัตรเหล่านั้น จนสามารถสรุปแบ่งแนวความคิดออกมาได้เป็นหลักการ 40 ข้อ ดังตารางที่ที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 หลักการ 40 ข้อในเชิงประดิษฐ์คิดค้น

หลักการประดิษฐ์คิดค้น	
1. การแบ่งส่วน	21. การรีบทำให้เสร็จ
2. การแยกออก	22. การเปลี่ยนอันตรายให้เกิดประโยชน์
3. คุณภาพเฉพาะส่วน	23. การป้อนกลับ
4. ความไม่สมมาตร	24. การใช้ตัวกลาง
5. ความรวมเข้าด้วยกัน	25. การลอกเลียนแบบ
6. ความเป็นสากล	26. การเลือกอายุใช้งานน้อยแทน
7. การซ้อนทับกัน	27. การช่วยตัวเอง
8. การใส่น้ำหนักถ่วง	28. การกำจัดระบบทางกล
9. การทำงานตรงข้างก่อน	29. การใช้ระบบนิวเมติกหรือไฮโดรลิก
10. การทำงานก่อน	30. การใช้ยืดหยุ่น
11. การป้องกันล่วงหน้า	31. การใช้วัสดุพรุน
12. สภาพความต่างศักย์เท่ากัน	32. การใช้สี
13. ทางแก้ปัญหาตรงข้าม	33. ความเป็นเนื้อเดียว
14. การใช้ความโค้ง	34. การละทิ้งและสร้างใหม่
15. การใช้หลักไดนามิกส์	35. การเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมี
16. การทำงานบางส่วนหรือมากขึ้น	36. การเปลี่ยนเฟส
17. การเคลื่อนที่ไปสู่มิติใหม่	37. การขยายตัวด้วยความร้อน
18. การสั่นสะเทือนทางกล	38. การใช้สารออกซิไดเซอร์เข้มข้น
19. การทำงานเป็นช่วง	39. การใช้สภาพบรรยากาศเฉื่อย
20. การทำงานแบบต่อเนื่อง	40. การใช้วัสดุผสม

สรุปหลักการ 40 ข้อ และรายละเอียดการแก้ปัญหา

1. การแบ่งออกเป็นส่วน ๆ
   1.1 แบ่งวัตถุออกเป็นส่วนอิสระส่วนต่าง ๆ
   1.2 ทำให้วัตถุแบ่งย่อยออกไปเพื่อให้ง่ายต่อการประกอบหรือถอดประกอบ
   1.3 เพิ่มระดับขั้นของการแบ่งส่วนวัตถุ

2. การแยกออก สกัดออก ค้นคืน เคลื่อนย้ายออก

2.1 แยกส่วนหรือลักษณะสมบัติที่ "รบกวน" ของวัตถุออกมา

2.2 แยก หรือ สกัดออกเฉพาะส่วนหรือลักษณะสมบัติจำเป็นเท่านั้น

3. ลักษณะสมบัติประจำตัว

3.1 เปลี่ยนวัตถุหรือสภาพแวดล้อมภายนอก (การกระทำ) จากโครงสร้างเอกพันธ์เป็นโครงสร้างวิวิธพันธ์

3.2 ส่วนต่าง ๆ ของวัตถุควรจะกระทำหน้าที่การงานต่างกัน

3.3 แต่ละส่วนของวัตถุควรอยู่ภายใต้เงื่อนไขซึ่งเหมาะที่สุดสำหรับการใช้งาน

4. ความไม่สมมาตร

4.1 แทนที่รูปแบบสมมาตรด้วยรูปแบบไม่สมมาตร

4.2 ถ้าวัตถุไม่สมมาตรอยู่แล้ว ให้เพิ่มระดับขั้นของความไม่สมมาตร

5. การรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน

5.1 เชื่อมต่อวัตถุที่เหมือนกันหรือที่ทำงานต่อเนื่องกัน หรือวัตถุที่จะถูกนำไปใช้งานใกล้เคียงกันเข้าเป็นหน่วยเดียวกันในสถานที่เดียวกัน

5.2 รวมการใช้งานชนิดที่อยู่ใกล้เคียงกันเข้าเป็นหน่วยเดียวกันในทางเวลา

6. การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์ หรือใช้ความเป็นอเนกประสงค์

6.1 เสริมสร้างสมรรถนะหลากหลายเข้าไปในวัตถุเดียวกัน จนสามารถตัดส่วนอื่นที่ไม่จำเป็นออกไปได้

7. การซ้อนกัน

7.1 ใส่วัตถุอันหนึ่งเข้าไปในวัตถุอีกอันหนึ่ง ใส่วัตถุนั้นเข้าไปอยู่ในวัตถุอันที่สามและต่อไปเรื่อย ๆ

7.2 ทำให้วัตถุอันหนึ่งผ่านลอดโพรงในวัตถุอีกอันหนึ่ง

8. การคานน้ำหนักกัน

8.1 ชดเชยน้ำหนักของวัตถุโดยรวมวัตถุนั้นเข้ากับวัตถุอีกชิ้นหนึ่งซึ่งทำให้เกิดแรงยกขึ้น

8.2 ชดเชยน้ำหนักของวัตถุด้วยแรงอากาศพลศาสตร์ หรือแรงชลพลศาสตร์ซึ่งได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอก

9. การกระทำต้านทานก่อน

9.1 วางน้ำหนักแรงดึงต้านทานใส่วัตถุไว้ก่อน เพื่อชดเชยความแค้นที่มากเกินไปและไม่พึงปรารถนา

10. การกระทำก่อน

10.1 ทำการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการกับวัตถุล่วงหน้าทั้งหมด หรือบางส่วน

10.2 จัดวาง/ ติดตั้งวัตถุไว้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทันทีจากตำแหน่งที่สะดวกที่สุด

11. การป้องกันไว้ล่วงหน้า (กันเหนียว)

11.1 เตรียมมาตรการฉุกเฉินไว้ล่วงหน้า เพื่อชดเชยความน่าเชื่อถือที่ตัววัตถุ

12. ถ่วงดุล หรือศักยภาพเท่ากัน (ใช้ความสมดุลแห่งพลังงานศักย์)

12.1 เปลี่ยนเงื่อนไขการทำงาน เพื่อให้ไม่ต้องยกวัตถุขึ้น ๆ ลง ๆ

13. กลับหัวกลับหาง-กลับทิศทาง

13.1 แทนที่การกระทำโดยตรงตามที่ปัญหากำหนด โดยการกระทำในทางตรงกันข้าม (เช่น ทำให้เย็นลงแทนที่จะทำให้ร้อนขึ้น ทำให้เป็นส่วนโค้งแทนที่เส้นตรง)

13.2 ทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวของวัตถุหรือของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นิ่งกับที่ และทำให้ส่วนที่อยู่นิ่งกับที่เกิดการเคลื่อนไหว

13.3 จับวัตถุพลิกกลับหัวกลับหาง

14. ความเป็นทรงกลม

14.1 เปลี่ยนส่วนที่เป็นเส้นตรงให้เป็นส่วนที่เป็นเส้นโค้ง เปลี่ยนผิวแบนให้เป็นผิวทรงกลม เปลี่ยนรูปลูกบาศก์ให้เป็นรูปลูกบอล

14.2 ใช้ลูกกลิ้ง ลูกปืน เกลียว

14.3 เปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน ใช้ประโยชน์จากแรงหนีศูนย์กลาง

15. ความเป็นพลวัต

15.1 ถ้าวัตถุไม่เคลื่อนที่ ให้ทำให้เคลื่อนที่ ทำให้เปลี่ยนกลับไปกลับมาได้

15.2 แบ่งวัตถุออกเป็นส่วนย่อย ซึ่งสามารถเปลี่ยนตำแหน่งให้สัมพันธ์กันได้

15.3 ต้องเปลี่ยนลักษณะสมบัติของวัตถุหรือสภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อทำให้เกิดการทำงานที่เหมาะที่สุดในแต่ละขั้นตอนของการทำงาน

16. การกระทำบางส่วนหรือมากเกินไป

16.1 กรณีที่ทำไม่ได้ 100% พยายามทำให้ได้ผลใกล้เคียง

17. เปลี่ยนไปสู่มิติใหม่

17.1 เปลี่ยนการเคลื่อนไหวหรือการขจัดหนึ่งมิติของวัตถุไปเป็นสองมิติ จากสองมิติเป็นสามมิติ ฯลฯ

17.2 ใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบหลายระดับของวัตถุ

17.3 วางเอียงวัตถุ หรือวางตะแคง

17.4 ใช้ประโยชน์จากด้านตรงกันข้ามของพื้นผิวที่กำหนดให้มา

17.5 เล็งแนวสายตาไปยังพื้นที่ใกล้เคียง หรือลงบนด้านกลับข้างของวัตถุ

18. การสั่นสะเทือนเชิงกล

18.1 ใช้ประโยชน์จากการแกว่ง

18.2 ถ้ามีการแกว่งอยู่ ให้เพิ่มความถี่ให้สูงขึ้นจนถึงขั้นความถี่เหนือเสียง (Ultrasonic)

18.3 ใช้ความถี่สั่นพ้อง (Resonance)

18.4 เปลี่ยนความสั่นสะเทือนเชิงกลเป็นความสั่นสะเทือนจากความดัน

18.5 ใช้การสั่นสะเทือนความถี่เหนือเสียงร่วมกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

19. การกระทำเป็นจังหวะ หรือเป็นช่วง ๆ

19.1 เปลี่ยนการกระทำต่อเนื่องเป็นการกระทำเป็นจังหวะ หรือแทนที่ด้วยการกระทำเป็นช่วงเป็นตอน

19.2 ถ้าการกระทำเป็นจังหวะอยู่แล้ว ให้เปลี่ยนความถี่

19.3 ใช้ช่วงหยุดพักระหว่างจังหวะให้เป็นประโยชน์

20. ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์

20.1 ชิ้นส่วนของวัตถุทุกชิ้นจะต้องทำงานอย่างต่อเนื่องเต็มกำลัง

20.2 ย้ายการเคลื่อนที่ซึ่งไม่เกิดการทำงานและอยู่ระหว่างกลางออกไป

20.3 เปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแบบกลับไปกลับมา เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน

21. เร่งรัดงาน/เสร็จอย่างฉับพลัน

21.1 ทำงานที่อันตรายให้แล้วเสร็จอย่างรวดเร็ว

22. เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์-เปลี่ยนวิกฤตให้เป็นโอกาส

22.1 ใช้ประโยชน์จากปัจจัยอันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือปัจจัยสภาพแวดล้อม เพื่อให้เกิดผลในเชิงบวก

22.2 ใช้ปัจจัยอันตรายรวม/ ควบเข้ากับปัจจัยอันตรายอีกอย่างเพื่อหักล้างกัน

22.3 เพิ่มระดับขั้นของการกระทำที่มีอันตราย

23. การป้อนกลับ

23.1 นำการป้อนกลับเข้ามาใช้

23.2 ถ้ามีการป้อนกลับอยู่แล้ว ให้ลองปรับเปลี่ยนดู

24. ตัวประสาน/ ตัวกลาง

24.1 ใช้วัตถุตัวกลางเพื่อส่งผ่านหรือก่อให้เกิดการกระทำ

24.2 เชื่อมโยงวัตถุเดิมกับวัตถุซึ่งเคลื่อนย้ายออกได้ง่ายเป็นการชั่วคราว

25. บริการตัวเอง/ ช่วยตัวเอง

25.1 วัตถุต้องให้บริการ/ ทำงานเสริม/ ซ่อมแซมตัวของมันเองได้

25.2 ใช้ประโยชน์จากวัสดุและพลังงานที่เป็นของเสีย

26. การลอกแบบ/เลียนแบบ

26.1 ควรใช้วัตถุที่ง่ายและราคาไม่แพง แทนที่จะใช้ของเดิมที่เปราะบาง หรือวัตถุที่ใช้งานยาก

26.2 ถ้าใช้ภาพถ่ายที่มองเห็นได้ด้วยสายตาให้เปลี่ยนเป็นภาพจากรับสีอินฟาเรด หรืออัลตราไวโอเลต

26.3 แทนที่วัตถุด้วยภาพถ่าย จะทำให้สามารถย่อหรือขยายภาพลักษณ์ของวัตถุนั้นได้

27. เปลี่ยนออกไป/ ใช้แล้วทิ้ง

27.1 ใช้วัตถุราคาถูกแทนวัตถุราคาแพง โดยยอมเสียลักษณะสมบัติบางประการไป (เช่น ความทนทาน)

28. การทดแทนระบบเชิงกลด้วยระบบอื่น

28.1 แทนระบบเชิงกลด้วยระบบแสง ระบบเสียง ระบบความร้อน หรือระบบสัมผัสโดยกลิ่น ใช้สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ

28.2 เปลี่ยนสภาพแวดล้อม

28.2.1 จากสภาพนิ่งเป็นสภาพเคลื่อนไหว

28.2.2 จากสภาพคงที่เป็นสภาพเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

28.2.3 จากสภาพไร้กฎเกณฑ์ไปสู่สภาพที่มีกฎเกณฑ์ หรือโครงสร้างแน่นอน

28.3 ใช้สนามร่วมกับอนุภาคแม่เหล็กเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic)

29. โครงสร้างควบคุมด้วยลมหรือของไหล (Pneumatic or Hydraulic)

29.1 เปลี่ยนส่วนของแข็งของวัตถุเป็นแก๊สหรือของเหลว แล้วส่วนเหล่านี้ก็จะสามารถใช้อากาศ หรือน้ำสำหรับการขยายตัว หรือสามารถใช้เบาะลมหรือของไหลเป็นตัวกันกระแทก

30. เยื่อยืดหยุ่นได้หรือฟิล์มบาง

30.1 เปลี่ยนโครงสร้างปกติทั่วไปเป็นเยื่อยืดหยุ่นได้หรือฟิล์มบาง

30.2 แยกวัตถุออกจากสภาพแวดล้อมภายนอกด้วยเยื่อยืดหยุ่นหรือฟิล์มบาง

31. วัสดุเป็นรูพรุน

31.1 ทำให้วัตถุเป็นรูพรุน หรือใช้ส่วนประกอบย่อยเป็นรูพรุนเสริมเข้าไป (สิ่งสอดใส่ ฝาครอบ ฯลฯ)

31.2 ถ้าวัตถุเป็นรูพรุนอยู่แล้ว ให้ใส่สารบางอย่างลงในรูพรุนล่วงหน้า

32. เปลี่ยนสี

32.2 เปลี่ยนสีหรือสภาพแวดล้อมของวัตถุ

32.3 เปลี่ยนระดับความโปร่งแสงของวัตถุ หรือสภาพแวดล้อมของวัตถุให้มองเห็นได้ง่ายขึ้น

32.4 ใช้สารเติมแต่งที่มีสี เพื่อใช้สังเกตดูวัตถุหรือกระบวนการซึ่งมองเห็นได้ยาก

32.5 ถ้าใช้สารเติมแต่งเช่นว่านี้อยู่แล้ว ให้ใช้สารเรืองแสงหรือสารที่ทึบร่องรอยช่วย

33. ความเป็นเอกพันธ์

33.6 วัตถุซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุหลักควรจะทำจากวัสดุอย่างเดียวกัน (หรือวัสดุที่มีลักษณะสมบัติคล้ายกัน)

34. ชิ้นส่วนที่ถูกคัดออกหรือเสื่อมสภาพลง

34.1 หลังจากชิ้นส่วนทำหน้าที่เสร็จแล้วหรือกลายเป็นสิ่งไร้ประโยชน์ ชิ้นส่วนของวัตถุจะถูกคัดออก (ทิ้ง ละลาย ระเหย ฯลฯ) หรือถูกดัดแปลงในระหว่างกระบวนการทำงาน

34.2 ชิ้นส่วนของวัตถุที่ถูกใช้หมดไปในระหว่างการทำงานควรถูกนำกลับมาใช้ใหม่อีก

35. การแปลงลักษณะคุณสมบัติ

35.1 เปลี่ยนสถานะทางกายภาพของระบบ

35.2 เปลี่ยนความเข้มข้นหรือความหนาแน่น

35.3 เปลี่ยนระดับขั้นของความยืดหยุ่น

35.4 เปลี่ยนอุณหภูมิหรือปริมาตร

36. การเปลี่ยนสถานะ

36.1 ใช้ปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การปลดปล่อยหรือการดูดซับความร้อน ฯลฯ)

37. การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

37.1 ใช้การขยายตัว หรือการหดตัวของวัสดุ โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

37.2 ใช้วัสดุต่างชนิดซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่างกัน

38. การเติมออกซิเจน (Oxidation) อย่างเร่งรัด

38.1 เปลี่ยนการเติมออกซิเจนจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงขึ้นอีกหนึ่งขั้น

38.1.1 เปลี่ยนอากาศโดยรอบเป็นอากาศเติมออกซิเจน (Oxygenated)

38.1.2 เปลี่ยนอากาศเติมออกซิเจนเป็นออกซิเจน

38.1.3 เปลี่ยนออกซิเจนเป็นออกซิเจนซึ่งถูกเติมไอออน (Ionized Oxygen)

38.1.4 เปลี่ยนออกซิเจนซึ่งถูกเติมโอโซนเป็นโอโซน

38.1.5 เปลี่ยนโอโซนเป็นออกซิเจนอะตอมเดียว (Singlet Oxygen)

39. สภาพแวดล้อมเฉื่อย

39.1 เปลี่ยนสภาพแวดล้อมปกติเป็นสภาพแวดล้อมเฉื่อย

39.2 เติมสารเป็นกลางหรือสารปรุงแต่งใส่ลงไปในวัตถุ

39.3 ดำเนินการในสูญญากาศ

40. วัสดุผสม

40.1 เปลี่ยนวัสดุเอกพันธ์ (เนื้อเดียวกัน) เป็นวัสดุผสม

ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง

แมทริกซ์ความขัดแย้งจะแสดงสภาพปัญหาตามลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค กล่าวคือ แสดงคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่ด้อยลง และเสนอหลักการในเชิงการประดิษฐ์คิดค้นที่เหมาะสมสำหรับคู่ความขัดแย้งไว้แต่ละคู่ คุณสมบัติที่จะต้องปรับปรุงจะแสดงอยู่ในคอลัมน์ทางขวามือ คุณสมบัติด้อยลงจะแสดงอยู่ในแถวด้านบนสุด เป็นรูปแบบตารางเรียกว่าแมทริกซ์ จุดตัดของคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่จะด้อยลงจะมีหมายเลขของหลักการในเชิงการประดิษฐ์คิดค้นแนะนำไว้ ดังแสดงในภาพที่ 2-10

ลักษณะสมบัติ			ลักษณะสมบัติที่เสียลง (Characteristic that is getting worse)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
(Characteristics to be improved)	1	น้ำหนักของวัตถุที่เคลื่อนที่		-	15, 8 28, 34	-	28, 17 38, 34	-	29, 2 40, 28	-
	2	น้ำหนักของวัตถุที่อยู่นิ่ง	-		-	10, 1 29, 35	-	35, 30 13, 7	-	6, 35 14, 2
	3	ความยาวของวัตถุที่เคลื่อนที่	8, 15 29, 34	-		-	15, 17 4	-	7, 17 4, 35	-
	4	ความยาวของวัตถุที่อยู่นิ่ง	-	35, 28 40, 29	-		-	17, 7 10, 40	-	28, 8 2, 14
	5	พื้นที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่	2, 17 29, 4	-	14, 15 18, 4	-		-	7, 14 17, 4	-
	6	พื้นที่ของวัตถุที่อยู่นิ่ง	-	30, 2 14, 18	-	26, 7 9, 39	-		-	-
	7	ปริมาตรของวัตถุที่เคลื่อนที่	2, 26 29, 40	-	1, 7 4, 35	-	1, 7 4, 17	-		-
	8	ปริมาตรของวัตถุที่อยู่นิ่ง	-	35, 10 10, 14	19, 14	35, 8 2, 14	-	-	-	
	9	ความเร็ว	2, 28 13, 38	-	13, 14 8	-	28, 30 34	-	7, 29 34	-
	10	แรง	8, 1 37, 18	18, 13 1, 28	17, 19 9, 36	28, 10	18, 10 18	1, 18 35, 37	15, 9 12, 37	2, 36 18, 37

ภาพที่ 2-8 ตัวอย่างตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง

อัลซูลเลอร์และลูกศิษย์ได้รวบรวมคุณสมบัติเด่น ๆ ที่มักจะเกิดความขัดแย้งออกมาเป็น 39 คุณสมบัติ โดยมีชื่อเรียกดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ตารางลักษณะสมบัติความขัดแย้ง

พารามิเตอร์ทางวิศวกรรมของอัลท์ชูลเลอร์			
1.	น้ำหนักของวัตถุเคลื่อนที่	21.	กำลัง (power)
2.	น้ำหนักของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	22.	การสิ้นเปลืองพลังงาน
3.	ความยาวของวัตถุที่เคลื่อนที่	23.	การสิ้นเปลืองสสาร
4.	ความยาวของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	24.	การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร
5.	พื้นที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่	25.	การสิ้นเปลืองเวลา
6.	พื้นที่ของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	26.	ปริมาณของสสาร
7.	ปริมาตรของวัตถุที่เคลื่อนที่	27.	ความน่าเชื่อถือ
8.	ปริมาตรของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	28.	ความแม่นยำของการวัด
9.	ความเร็ว	29.	ความแม่นยำของการผลิต
10.	แรง	30.	ปัจจัยเป็นโทษที่มีต่อวัตถุ
11.	ความตึง แรงดัน	31.	ผลกระทบที่เป็นโทษ
12.	รูปร่าง	32.	ความสามารถในการผลิตได้
13.	ความเสถียรของวัตถุ	33.	ความสะดวกในการใช้งาน
14.	ความแข็งแรง	34.	ความสามารถในการซ่อมแซม
15.	ความทนทานของวัตถุที่เคลื่อนที่	35.	ความสามารถในการปรับเปลี่ยน
16.	ความทนทานของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	36.	ความซับซ้อนของอุปกรณ์
17.	อุณหภูมิ	37.	ความซับซ้อนของการควบคุม
18.	ความสว่าง	38.	ระดับความเป็นระบบอัตโนมัติ
19.	พลังงานที่ใช้กับวัตถุที่เคลื่อนที่	39.	ผลผลิต
20.	พลังงานที่ใช้กับวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่		

ความขัดแย้งทางกายภาพ (Physical Contradiction) (อรรคเจตต์ อภิชจรศิลป์, ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

ในหัวข้อความขัดแย้งทางเทคนิคที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าเป็นแนวทางการแก้ปัญหาในการปรับพารามิเตอร์ สองตัวที่มีความขัดแย้งกัน หรือเป็นเหตุการณ์ของการปรับพารามิเตอร์หนึ่งแล้วทำให้อีกพารามิเตอร์หนึ่งแย่ลง ซึ่งจะใช้วิธีการแก้ปัญหาความขัดแย้งทางเทคนิคเข้าแก้ไข แต่ถ้าเป็นกรณีมีพารามิเตอร์เพียงตัวเดียว แต่กลับมีความขัดแย้งในตัวเอง เช่น ต้องการออกแบบชิ้นงานให้สามารถสร้างแรงเหวี่ยงมาก ดังนั้นชิ้นงานควรมีน้ำหนักมาก แต่ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องออกแบบทำให้มีขนาดเล็ก เพื่อสะดวกในการใช้งาน เราจะเรียกความขัดแย้งที่เกิดในตัวเองนี้ว่าเป็นความขัดแย้งทางกายภาพ ซึ่งลักษณะของความขัดแย้งในตัวเองนี้เองที่เป็นปัญหามากในงานวิศวกรรม ที่โดยมากวิศวกรมักจะใช้วิธีประนีประนอมเพื่อออกแบบ แต่การประนีประนอมนี้ในการออกแบบตามหลักการของ TRIZ แล้วถือว่าไม่ใช่การออกแบบที่ดี เพราะการออกแบบที่ดีควรจะทำการแก้ปัญหาการออกแบบที่มีความขัดแย้งในทุกรูปแบบได้

โดยปกติแล้วความขัดแย้งทางเทคนิคทุกชนิดจะมีความขัดแย้งทางกายภาพร่วมด้วยเสมอ ซึ่งจะเรียกว่าพารามิเตอร์ควบคุม เช่น ต้องการให้ชิ้นส่วนหนึ่งมีค่าความแข็งแรงมากขึ้น (+) ก็จะจำเป็นที่จะต้องปรับวัสดุให้มีความหนามากขึ้น (+) ดังนั้นการปรับพารามิเตอร์ความหนาก็จะมีผลกับน้ำหนักของวัตถุด้วย (-) ดังนั้น ความหนาจึงเป็นพารามิเตอร์ควบคุม หรือเป็นพารามิเตอร์ที่มีความขัดแย้งทางกายภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2-9

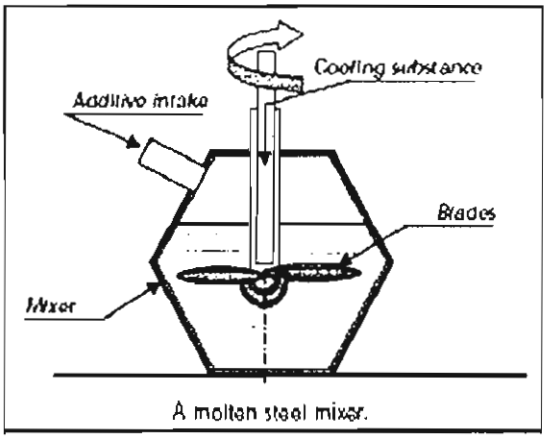
ภาพที่ 2-9 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่มีความขัดแย้งทางกายภาพ

การแก้ปัญหาทางกายภาพ

<u>หลักการแบ่งแยก (Separation Principle)</u>

1. การแบ่งแยกด้วยเวลาคือ การออกแบบที่ทำการแยกวัตถุด้วยเวลาการใช้งาน
2. การแบ่งแยกด้วยช่องว่างคือ การออกแบบโดยการอาศัยช่องว่างหรือเนื้อที่ที่มี
3. การแบ่งแยกด้วยขนาดคือ การใช้ขนาดวัตถุที่แตกต่างในการออกแบบ

ทฤษฎีสสารสนามแม่เหล็ก (Substance and Field Theory)



ภาพที่ 2-10 เครื่องผสมเหล็กกล้าหลอมเหลว

ทฤษฎีสสารสนามแม่เหล็ก (Substance and Field Theory) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า S-Field เป็นแนวคิดในการจำลองแผนภูมิรูปแบบของปัญหาระบบทางเทคนิคด้วยการอาศัยหลักการ ระบบทางเทคนิคจะกระทำในเขตปฏิบัติการ (Operating Zone) ซึ่งบริเวณนี้เองจะเป็นบริเวณที่มีประเด็นสำคัญของปัญห เกิดขึ้น หรือเรียกว่าเป็นจุดความขัดแย้งที่ต้องการแก้ไข ซึ่งในบริเวณดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยสนามพลังงานหนึ่งสนาม และส่วนประกอบย่อยสองส่วน ซึ่งการวิเคราะห์ปัญหาด้วย S-Field จะทำให้เราสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น

วิธีการของ S-Field เมื่อเรานำมาเขียนเป็นแบบจำลองของปัญหา โดยให้ตัวแปรในแบบจำลองมีค่าดังนี้

S_1 = ใบพัด F^2 = พลังงานความร้อนของเหล็กกล้าที่จะเข้ามาหลอมละลายใบพัด

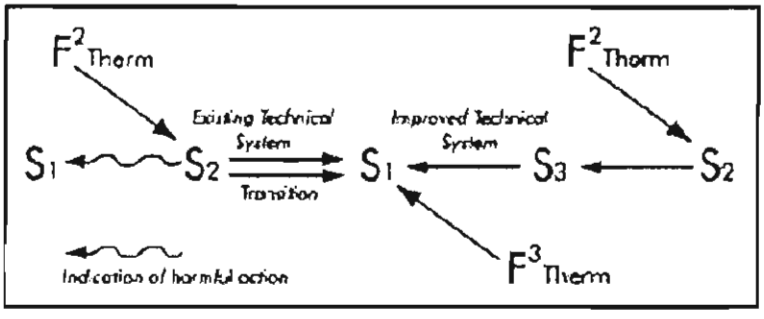
S_2 = เหล็กกล้าหลอมเหลว F^3 = พลังงานความเย็น

S_3 = การปรับปรุง S_2 ด้วยการให้ความเย็น

→ ทิศทางปฏิสัมพันธ์ ⇝ แสดงการกระทำอันตราย

ยกตัวอย่างในเรื่องของเครื่องผสมเหล็กกล้าหลอมเหลวในโรงงานผลิตเหล็กกล้าที่ในกระบวนการจะมีการเพิ่มเติมสารบางชนิดลงไปเพื่อให้ได้เหล็กกล้าชนิดใหม่ โดยการใช้ใบพัดในการกวน ดังนั้นวิศวกรจึงต้องใช้วิธีการเคลือบใบพัดเพื่อป้องกันไม่ให้ใบพัดถูกหลอมละลายไป

ในกระบวนการผสมเหล็กกล้าชนิดใหม่ และต้องระวังไม่ให้ส่วนที่เคลือบใบพัดติดไปในกระบวนการผสมสาร ดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 ทฤษฎีสสารสนามแม่เหล็ก

จากแผนภาพของเครื่องผสมเหล็กกล้าหลอมเหลว ใบพัดจะปฏิสัมพันธ์กับเหล็กกล้าหลอมเหลว ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันใบพัดจึงต้องนำสารตัวที่สามเข้ามาสู่กระบวนการ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลง (Transition) ซึ่งในกรณีนี้ สารตัวที่สามคือการให้ความเย็นแก่ใบพัด (Cooling Substance) จนเกิดเป็นเปลือกวัสดุหลอมเหลวเคลือบใบพัดป้องกันไม่ให้ใบพัดถูกหลอมละลาย

รากฐานของ TRIZ

ระบบทางเทคนิค (Technical system)

แนวคิดของ TRIZ กล่าวว่า ทุกสิ่งที่ปฏิบัติงานตามหน้าที่ถือว่าเป็นระบบทางเทคนิค โดยระบบนั้นจะประกอบด้วยระบบย่อยทางเทคนิคหนึ่งระบบ หรือหลายระบบก็ได้ เช่น รถยนต์ก็จะมีระบบย่อย ได้แก่ เครื่องยนต์ ระบบควบคุมการเลี้ยว ระบบเบรค ระบบไฟ เป็นต้น ซึ่งภายในระบบย่อยเหล่านี้ก็จะมีระบบทางเทคนิคด้วยเช่นกันตามลำดับชั้น ดังเช่น ตัวอย่างระบบย่อยทางเทคนิคดังแสดงในภาพที่ 2-12 ที่แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของส่วนประกอบ และลำดับชั้นของระบบในเรื่องระบบการขนส่ง (Transportation System) เช่น ระบบเบรคจะเป็นระบบย่อยของรถยนต์ แต่ในขณะเดียวกันก็จะเป็นระบบแม่ของชุดผ้าเบรกด้วย เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบย่อยทั้งหมดถูกเชื่อมต่อกันจากหลายระดับ และจากระดับล่างสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงในระบบย่อยใด ๆ จึงย่อมก่อเกิดผลกระทบไปยังระบบที่อยู่สูงและต่ำกว่าด้วย

Technical Systems	Subsystems for Technical Systems				
Transportation	Cars	Roads	Maps	Drivers	Service Stations
Car	Power train	Brakes	Heating	Steering	Electrical
Brakes	Brake pedal	Hydraulic cylinders	Fluid	Brake pad assembly	
Brake pad Assembly	Pad	Mounting plate	Rivets		
Pad	Particles A	Particles B	Chemical bond		
Chemical Bond	Molecules A	Molecules B			

ภาพที่ 2-12 ระบบย่อยทางเทคนิค

ระดับขั้นการแก้ปัญหาประดิษฐ์ (Problem Solutions From The Patent)

จากการรวบรวมศึกษาสิทธิบัตรจำนวนมหาศาล เกนริท อัลท์ชูลเลอร์ ได้ค้นพบว่าสิทธิบัตรการประดิษฐ์จากนับล้านสิทธิบัตรสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ระดับด้วยกันตามระดับความเข้มข้นขององค์ความรู้ที่เกิดขึ้น ได้แก่ ระดับขั้นมาตรฐาน, ระดับขั้นการปรับปรุง, ระดับขั้นการประดิษฐ์ภายในหลักการ, ระดับขั้นการประดิษฐ์ภายนอกหลักการ และระดับขั้นการค้นพบใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ระดับขั้นการประดิษฐ์

ระดับขั้นการประดิษฐ์	ความเปลี่ยนแปลงและเปอร์เซ็นต์	วิธีการแก้ปัญหา
1. ระดับมาตรฐาน	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระบบเดิม (ประมาณ 30% ของสิทธิบัตรทั้งหมด)	แก้ปัญหาโดยวิธีที่รู้จักกันดีภายในสาขานั้น ๆ
2. ระดับการปรับปรุง	การปรับปรุงระบบเดิมเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 45% ของสิทธิบัตรทั้งหมด)	ใช้วิธีการที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกัน
3. ระดับการประดิษฐ์ภายในหลักการ	การปรับปรุงที่มีอยู่แล้วอย่างชัดเจน (ประมาณ 20% ของสิทธิบัตรทั้งหมด)	ใช้วิธีการจากอุตสาหกรรมอื่นมองหาความขัดแย้งและแก้ปัญหาด้วยหลักการทางกายภาพซึ่งเป็นที่รู้จักกันอยู่แล้ว
4. ระดับการประดิษฐ์ภายนอกหลักการ	การสร้างระบบใหม่ (ประมาณ 4% ของสิทธิบัตรทั้งหมด)	ใช้ทางแก้ที่ไม่ได้พบในเทคโนโลยีแต่ใช้วิทยาศาสตร์
5. ระดับการค้นพบใหม่	การประดิษฐ์ขั้นคิดค้นและบุกเบิกระบบใหม่ (ประมาณ 1% หรือน้อยกว่าของสิทธิบัตรทั้งหมด)	การค้นพบที่ยิ่งใหญ่เกิดเป็นศาสตร์ใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่

ระดับขั้นการประดิษฐ์ที่ 1 คือ ขั้นมาตรฐานหรือการแก้ปัญหาการออกแบบที่เกิดเป็นปัญหาประจำทั่ว ๆ ไป โดยใช้วิธีการที่รู้จักกันดีภายในสาขาวิชาชีพทางด้านหนึ่ง ๆ ซึ่งการแก้ปัญหาที่พบในระดับนี้จะไม่ทำให้ระบบเดิมเปลี่ยนแปลง แม้ว่าอาจมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดีขึ้นก็ตาม

ระดับขั้นการประดิษฐ์ที่ 2 คือ ขั้นการปรับปรุงหรือการแก้ปัญหาที่ไม่ได้ทำให้ระบบเดิมเปลี่ยน แต่ทำให้เกิดลักษณะใหม่ ๆ ขึ้น โดยการแก้ปัญหาในระดับขั้นการประดิษฐ์นี้จะใช้วิธีที่รู้จักกันดีภายในอุตสาหกรรมเดียวกัน

ระดับขั้นการประดิษฐ์ที่ 3 คือ ขั้นการประดิษฐ์ภายในหลักการเดียวกัน เพื่อแก้ปัญหาที่ทำให้เกิดการปรับปรุงระบบเดิม ขั้นการประดิษฐ์ระดับนี้ มักใช้เทคโนโลยีซึ่งเป็นที่รู้จักในอุตสาหกรรมอื่นเข้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยที่หลักการที่นำมาพิจารณาอาจยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางภายในอุตสาหกรรมที่กำลังพิจารณา

ระดับขั้นการประดิษฐ์ที่ 4 คือ ขั้นการประดิษฐ์ภายนอกหลักการ ซึ่งการแก้ปัญหาระดับนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ไม่ได้เกิดจากเทคโนโลยี แต่เกิดจากการใช้วิทยาศาสตร์ โดยการแก้ปัญหาแบบนี้จะให้ปรากฏการณ์ทางกายภาพมาใช้เพื่อการสร้างระบบใหม่

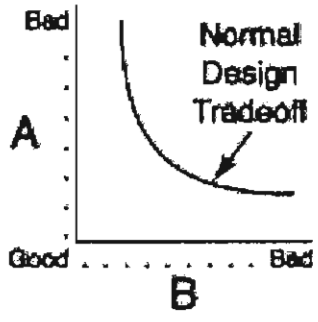
ระดับขั้นการประดิษฐ์ที่ 5 คือ ขั้นของการค้นพบใหม่ที่อยู่นอกเหนือความรู้ของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ทางแก้ปัญหาในระดับนี้จะอาศัยการค้นพบปรากฏการณ์ใหม่ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีอยู่จนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ให้กับอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่ากว่า 75% ของการประดิษฐ์ที่มีการจดสิทธิบัตร สามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ได้เพียงแค่ในระดับที่ 1-2 เท่านั้น สาเหตุเนื่องจากในทางปฏิบัติเราจะพยายามแก้ปัญหาโดยใช้ระดับขั้นการประดิษฐ์ที่ 1 ตามด้วย 2, 3 และสูงขึ้นเป็นลำดับ แต่เมื่อพิจารณาขั้นการประดิษฐ์ระดับสูงถึงขั้นที่ 4 และ 5 จะเห็นว่าปัญหามีจำนวนองค์ประกอบมากและองค์ประกอบเหล่านั้นมีค่าที่ไม่ทราบค่า ดังนั้นเมื่อถึงระดับขั้น 4 และ 5 ปัญหาระดับนี้จะวิเคราะห์ยาก เนื่องมาจากไม่สามารถแยกองค์ประกอบที่ทราบและไม่ทราบออกจากกันได้ ดังนั้นปัญหาระดับนี้จึงต้องใช้เวลาแก้ไขนานเป็นพิเศษ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากจำนวนการลองผิดลองถูกของวิศวกรที่ใช้ในการคิดค้นแนวทางในการแก้ปัญหาการออกแบบดังที่ อัลท์ชูลเลอร์ สรุปไว้ในตารางที่ 2-5 แต่อย่างไรก็ตามหากใช้แนวทางของ TRIZ ก็จะสามารถทำการปรับปรุงได้ง่ายขึ้นมาก ถึงแม้ว่าสุดท้ายยังคงต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการปรับปรุงของผู้ออกแบบในการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามก็จะสามารถลดเวลาและลดจำนวนในการลองผิดลองถูกลงอย่างมาก ดังภาพประกอบที่ 2-13, 2-14 ซึ่งแนวคิดนี้เองที่จะสามารถทำให้การวิวัฒนาการของเทคโนโลยีสามารถกระโดดข้ามขั้นได้ง่ายมากขึ้น แทนที่จะค่อยเป็นค่อยไปกว่าจะพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ซักหนึ่งแบบ ดังตัวอย่าง

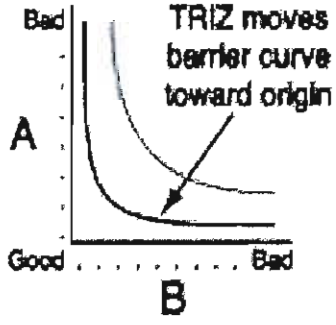
วิวัฒนาการของการวัดในภาพที่ 2-15 ที่แสดงให้เห็นว่ากว่าจะพัฒนาการวัดไม้บรรทัดไปเป็นเลเซอร์ต้องใช้เวลาในการวิวัฒนาการนับร้อยปี จากส่วนภาพที่ 2-16 จะแสดงให้เห็นถึงแนวทางการแก้ปัญหาของ TRIZ โดยรวมจากปัญหาที่กำหนดไปสู่รูปแบบการแก้ปัญหา

ตารางที่ 2-5 จำนวนการลองผิดลองถูกซึ่งวิศวกรทั่วไปใช้ขณะค้นหาวิธีแก้ปัญหาของการออกแบบ

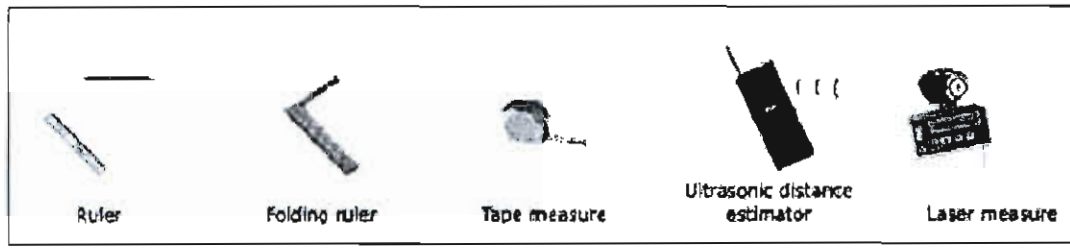
ระดับขั้นการประดิษฐ์	จำนวนครั้งของการลองผิดลองถูกในการประดิษฐ์
1	1-10
2	10-100
3	100-1,000
4	1,000-10,000
5	10,000-100,000 หรือ มากกว่า



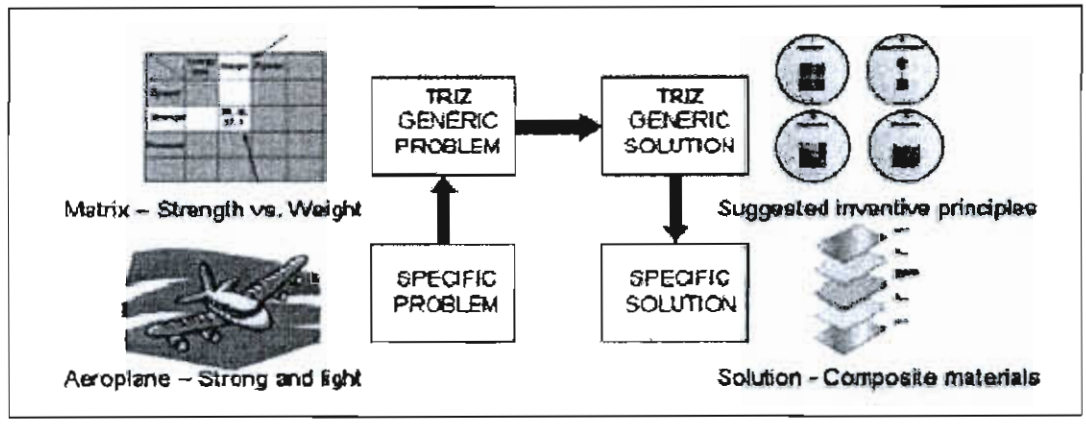
ภาพที่ 2-13 การออกแบบโดยทั่วไป



ภาพที่ 2-14 การใช้ TRIZ ทำให้การออกแบบดีขึ้น



ภาพที่ 2-15 แสดงให้เห็นวิวัฒนาการของการวัด



ภาพที่ 2-16 กระบวนการแก้ปัญหาของ TRIZ

กฎแห่งพัฒนาการทางเทคโนโลยี (Laws of Development of Technological Systems)

อัลท์ชูลเลอร์ได้ทำการค้นคว้าวิจัยจนค้นพบข้อเท็จจริงว่า เทคโนโลยีต่าง ๆ ล้วนมีวิวัฒนาการคล้ายคลึงกันตามเวลา โดยไม่ขึ้นกับชนิดผลิตภัณฑ์หรือสาขาทางวิศวกรรมใด ๆ ซึ่งอัลท์ชูลเลอร์ได้รวบรวมกฎแห่งพัฒนาการทางเทคโนโลยีไว้ทั้งหมด 10 ข้อ ดังนี้

กฎข้อที่ 1 กฎความสมบูรณ์ของชิ้นส่วนของระบบ (Law of Completeness of Parts of a System)

กฎความสมบูรณ์ของชิ้นส่วนของระบบ กล่าวว่า ระบบทางเทคนิคหนึ่ง ๆ เกิดจากการรวมตัวของชิ้นส่วนย่อยหลายชิ้นเข้าด้วยกัน ระบบที่สมบูรณ์จะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐาน 4 อย่าง ได้แก่ เครื่องยนต์ (Engine) ซึ่งถือเป็นแหล่งพลังงาน หน่วยทำงาน (Working Unit) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ของระบบ หน่วยส่งกำลัง (Transmission) ที่เป็นส่วนประกอบในการส่งพลังงานจากเครื่องยนต์ไปสู่หน่วยทำงาน และหน่วยควบคุม (Control Unit) ที่เป็นส่วนประกอบ

ที่ควบคุมระบบ โดยกฎข้อนี้กล่าวว่าถ้าส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบหายไปหรือไม่มีประสิทธิภาพ ระบบนั้น ๆ จะไม่สามารถอยู่รอดได้

กฎข้อที่ 2 กฎการนำพลังงานในระบบ (Law of Energy Conductivity in a System)

กฎการนำพลังงานในระบบ กล่าวว่า ระบบเทคนิคหนึ่ง ๆ จะมีวิวัฒนาการในแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพของการถ่ายเทพลังงานจากเครื่องยนต์ไปสู่หน่วยทำงาน การถ่ายเทพลังงานจะเกิดขึ้นจะผ่านตัวกลางซึ่งมีหลายชนิด ดังนั้นการเลือกรูปแบบการถ่ายเทพลังงานที่เหมาะสมจะเป็นจุดสำคัญของการแก้ปัญหาทางด้านการประดิษฐ์หลายอย่าง

กฎข้อที่ 3 กฎการประสานจังหวะ (Law of Harmonization of Rhythms)

กฎข้อที่ 3 กล่าวว่า ระบบเทคนิคหนึ่ง ๆ อาจมีวิวัฒนาการโดยการเพิ่มความสอดคล้องของจังหวะและความถี่ตามธรรมชาติของชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการทำเหมืองถ่านหินโดยวิธีเจาะรูเข้าไปในรอยต่อเติมน้ำ และส่งผ่านแรงดันเข้าไปเพื่อให้ถ่านหินแตก การปรับปรุงกระบวนการนี้สามารถทำได้โดยการส่งแรงดันที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ของมวลถ่านหินเข้าไปแทน ก็จะทำให้กระบวนการทำเหมืองถ่านหินที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กฎข้อที่ 4 กฎการเพิ่มอุดมคติ (Law of Increasing Ideality)

ระบบเทคนิคหนึ่ง ๆ อาจมีวิวัฒนาการไปในแนวทางที่เพิ่มปริมาณความเป็นอุดมคติของระบบได้ โดยคำว่า อุดมคติ (Ideality) อุดมคติ = $I = \sum U_i / \sum H_j$

U_i (Useful effects) คือ ผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ หรือ ประโยชน์ทั้งหมดที่ได้จากการทำงานของระบบ

H_j (Harmful effects) คือ ผลลัพธ์ที่เป็นโทษ ซึ่งหมายถึง ต้นทุนของระบบ เนื้อที่ ๆ ใช้ เชื้อเพลิงที่จำเป็น สารที่ปล่อยออก ฯลฯ

ดังนั้น กฎนี้กล่าวว่า เมื่อระบบมีการพัฒนาขึ้น ผลรวมของ U_i จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และผลรวมของ H_j จะมีแนวโน้มลดลง และถ้าพิจารณากฎนี้จนถึงที่สุดคือ กรณีที่ U_i มีค่ามากและ H_j มีค่าเป็นศูนย์ จะเกิดหลักการที่อัลท์ชูลเลอร์เรียกว่า ผลลัพธ์ขั้นท้ายสุดที่เป็นอุดมคติ (Ideal Final Result) ซึ่งหมายถึง เครื่องจักรในอุดมคติจะให้ประโยชน์ที่ต้องการทุกอย่าง แต่ไม่มีผลลัพธ์ที่เป็นโทษเลย รวมทั้งไม่มีต้นทุนและไม่ใช้เนื้อที่ด้วย หรืออาจกล่าวได้ว่าหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรยังคงอยู่ แต่เครื่องจักรกลับไม่มีตัวตน

กฎข้อที่ 5 กฎการพัฒนาชิ้นส่วนที่ไม่เท่าเทียมกัน (Law of Uneven Development of Parts)

กฎข้อนี้กล่าวว่า แม้ทั้งระบบจะมีการพัฒนาขึ้นโดยรวม แต่ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นไม่ได้ถูกปรับปรุงไปพร้อม ๆ กัน เช่น การปรับปรุงระบบเบรกของเรือบรรทุกสินค้าที่มีการพัฒนาการน้อยมาก เมื่อเทียบกับความจุของการบรรทุกและกำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

กฎข้อที่ 6 กฎการเปลี่ยนเป็นระบบยิ่งยวด (Law of Transition to a Super System)

เมื่อระบบหนึ่ง ๆ ได้พัฒนามาจนถึงขีดจำกัดของการพัฒนาตนเองแล้ว มันจะสามารถวิวัฒนาการต่อได้โดยการกลายเป็นระบบย่อยของระบบที่ใหญ่ขึ้น เช่น การประดิษฐ์เสื้อกันความร้อนสำหรับทีมช่วยชีวิตในเหมือง ที่ต้องการสร้างเสื้อกันความร้อนได้ต้องสามารถใช้ได้นานสองชั่วโมงในสภาวะอุณหภูมิภายนอก 100°C และตัวเสื้อต้องมีน้ำหนักน้อยกว่า 10 กิโลกรัม เพื่อลดภาระที่พนักงานจะต้องถือเครื่องช่วยหายใจและอุปกรณ์อื่น ๆ อีก 19 กิโลกรัม ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาคือ การประดิษฐ์ระบบที่สูงขึ้นไปกว่าการประดิษฐ์เสื้อปรับความเย็นที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 10 กิโลกรัม โดยอัลท์ชูลเลอร์ได้ออกแบบเสื้อที่ใช้ออกซิเจนเหลวเป็นสารให้ความเย็นแทน เมื่อออกซิเจนเหลวได้รับความร้อนมันจะระเหยและให้อากาศสำหรับหายใจได้ ซึ่งการออกแบบระบบยิ่งยวดนี้ สามารถใช้เป็นทั้งเสื้อกันความร้อนและเครื่องช่วยหายใจให้พนักงาน นอกจากนี้ยังสามารถทำงานได้นานถึงหนึ่งชั่วโมงในอุณหภูมิสูงถึง 500°C อีกด้วย

กฎข้อที่ 7 กฎการเปลี่ยนจากระดับมหภาคให้เป็นระดับจุลภาค (Law of Transition From Macro to Micro Level)

กฎข้อนี้กล่าวว่า หน่วยทำงานของระบบจะพัฒนาจากระดับมหภาคไปสู่ระดับจุลภาค ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ ระบบอิเล็กทรอนิคส์จากทรานซิสเตอร์ ไปจนถึงวงจรรวม (Integrated Circuit)

กฎข้อที่ 8 กฎการเพิ่มสสาร-สนาม (Law of Increasing Substance-Field Involvement)

ระบบเทคนิคจะประกอบด้วยสสาร 2 ชนิด มีปฏิสัมพันธ์กันผ่านสนามพลัง (Field) ชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งเราสามารถสร้างเป็นแบบจำลองได้โดยแบบจำลองนี้จะเรียกว่า สามเหลี่ยมสสาร-สนาม (Su-Field Triangle) โดยกฎข้อนี้กล่าวว่า ระบบที่ไม่ใช่สามเหลี่ยมสสาร-สนามที่สมบูรณ์ จะวิวัฒนาการไปสู่การเป็นสามเหลี่ยมสสาร-สนามที่สมบูรณ์ นอกจากนี้อัลท์ชูลเลอร์ยังแนะนำว่าแนวโน้มการพัฒนาจะเปลี่ยนจากระบบทางกลหรือความร้อน ไปสู่สนามไฟฟ้าหรือแม่เหล็กมากขึ้น

กฎข้อที่ 9 กฎการเพิ่มการเคลื่อนที่ (Law of Increasing Dynamism)

อัลท์ชูลเลอร์ กล่าวว่า วิวัฒนาการของระบบทางเทคนิคชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งอยู่กับที่จะมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นเคลื่อนไหว หรือปรับเปลี่ยนได้ เช่น วิวัฒนาการของปีกเครื่องบินสามารถปรับเปลี่ยนมุมกวาดได้ เป็นต้น

กฎข้อที่ 10 หลักของการเฉื่อยทางจิต (Principle of Psychological Inertia)

หลักการนี้ข้อสุดท้ายของอัลท์ชูลเลอร์ ได้กล่าวถึงแนวโน้มของมนุษย์ที่มักชอบคิดภายในกรอบเดิม ๆ หรือไม่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ซึ่งการยอมรับมักเกิดขึ้นทีละน้อยและอย่างไม่เต็มใจนัก

ARIZ (Algorithm to Solve an Inventive Problem)

ขั้นตอนของ ARIZ หรือ ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาในเชิงการประดิษฐ์ เป็นเครื่องมือวิเคราะห์โดยรวมของวิธีการ TRIZ ซึ่ง ARIZ จะแสดงขั้นตอนตามลำดับเฉพาะสำหรับการพัฒนาการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน วิธีการแก้ปัญหา ARIZ ในรุ่นแรกได้พัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1968 และได้รับการปรับปรุงอีกหลายครั้งตลอดช่วงระยะเวลา 25 ปีต่อมา รุ่นล่าสุดของ ARIZ คือ ARIZ-85C ที่เป็นที่ยอมรับให้ได้รับการตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1985 โดยประกอบด้วยขั้นตอน 9 ขั้น คร่าว ๆ ได้แก่

กระบวนการของ ARIZ

<u>กระบวนการวิเคราะห์ปัญหา</u>

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา

โดยการเปลี่ยนปัญหาจากที่ถูกกล่าวถึงอย่างคลุมเครือไปเป็นปัญหาที่ถูกกล่าวถึงอย่างง่าย ๆ ควรเลือกใช้คำศัพท์ง่าย ๆ

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์แบบจำลองของปัญหา

เขียนแผนภูมิแบบจำลองอย่างง่าย ๆ ของการขัดกันในเขตปฏิบัติการขึ้น (เขตปฏิบัติการ คือ พื้นที่ในวงจำกัดของการขัดกันซึ่งถูกกำหนดไว้) หลังจากนั้นจะทำการประเมินทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย (Ideal Final Result, IFR)

ผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายในอุดมคติ (IFR) เป็นการแสดงให้ทราบถึงข้อกำหนดความขัดแย้งของส่วนประกอบวิกฤติของระบบในเขตปฏิบัติการแล้ว สิ่งนี้คือความขัดแย้งทางกายภาพ และทำการแก้ไขโดยการใช้ตารางความขัดแย้ง

จากขั้นตอนที่ 1-3 จะเห็นได้ว่า ปัญหาที่คลุมเครือไม่ชัดเจนจะถูกแปลงเป็นปัญหาทางกายภาพ หรือความขัดแย้งทางกายภาพ ซึ่งถ้าปัญหาได้รับการแก้ไขในขั้นตอนที่ 3 แล้วผู้ออกแบบสามารถข้ามไปยังขั้นตอนที่ 7 ต่อได้เลย แต่หากยังไม่สามารถกระทำได้ก็ไปยังขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การใช้สสารภายนอกและทรัพยากรสนาม

ถ้าปัญหายังคงมีความไม่ชัดเจน ให้ใช้แบบจำลอง S-Field เข้ามาใช้แก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 การใช้คลังข้อมูลข่าวสาร

ทำการพิจารณาแก้ปัญหาโดยการใช้มาตรฐานร่วมกับฐานข้อมูลของผลที่เกิดขึ้นทางกายภาพ

ขั้นตอนที่ 6 เปลี่ยนแปลงหรือสร้างรูปแบบปัญหาขึ้นมาใหม่

กรณีที่ปัญหายังคงไม่ได้รับการแก้ไขจนกระทั่งถึงขั้นตอนที่ 6 วิธีการของ ARIZ แนะนำให้ย้อนกลับไปพิจารณาใหม่ยังจุดตั้งต้น และปรับรูปแบบการสร้างรูปแบบปัญหาขึ้นมาใหม่ในระบบที่อยู่เหนือขึ้นไป และทำการวนซ้ำไปเรื่อย ๆ

ในกรณีที่พบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์วิธีการซึ่งขจัดความขัดแย้งทางกายภาพออกไป

จุดหมายหลักของขั้นตอนนี้ก็เพื่อตรวจสอบคุณภาพของการแก้ปัญหา และทดสอบว่าความขัดแย้งทางกายภาพได้รับการขจัดออกไปอย่างดีที่สุดแล้วหรือยัง

ขั้นตอนที่ 8 การใช้ประโยชน์จากวิธีการแก้ปัญหาที่ค้นพบ

ในขั้นตอนนี้จะแสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลกระทบที่ระบบใหม่อาจจะมีต่อระบบข้างเคียงนอกจากนี้ยังเป็นการบังคับให้ต้องค้นหาการประยุกต์ใช้สำหรับปัญหาทางเทคนิคอื่น ๆ อีกด้วย

ขั้นตอนที่ 9 การวิเคราะห์ขั้นตอนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นจุดตรวจสอบ ซึ่งกระบวนการจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะถูกเปรียบเทียบกับกระบวนการที่ได้รับการเสนอแนะจาก ARIZ และการเบี่ยงเบนออกไปจะได้รับการวิเคราะห์เพื่อการนำไปใช้ในอนาคต

สรุป

ทฤษฎีแก้ปัญหาการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ หรือ TRIZ เป็นวิธีการคิดที่เป็นระบบในการแก้ปัญหาการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาแนวทางของปัญหาจากสิทธิบัตรต่าง ๆ นับล้านฉบับ จนค้นพบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับวิวัฒนาการของเทคโนโลยีและวิธีการแก้ไขปัญหา ซึ่งวิธีการนี้สามารถทำให้ผู้ออกแบบสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการออกแบบได้

ทั้งความขัดแย้งทางด้านเทคนิคและทางกายภาพ จนการออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ดีขึ้นถึงระดับการประดิษฐ์ขั้นที่ 3 หรือ 4 ได้ โดยวิธีการปฏิบัติผู้ออกแบบสามารถนำกระบวนการ ARIZ หรือ ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาในเชิงการประดิษฐ์ทั้ง 9 ขั้นตอนมาดำเนินการ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าทฤษฎี TRIZ ที่ได้นำเสนอนี้เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ในการนำมาช่วยทีมงานออกแบบ ในการแก้ไขปัญหาการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติ วิบูลย์ศิริเสวีกูล, (2546). ได้นำเอาเทคนิคดังกล่าวมาลดต้นทุนในโรงงานผลิตชุดสายไฟรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้แผนวิศวกรรมคุณค่าทั้ง 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge มาใช้ในการลดต้นทุนของชุดสายไฟรถยนต์ โดยหลักการและขั้นตอนมีดังนี้

1. เลือกชุดสายไฟ จากชุดสายไฟที่มีต้นทุนและจำนวนที่ขายให้ลูกค้าต่อเดือนสูงที่สุด
2. รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของชุดสายไฟ
3. วิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนเพื่อหาหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง
4. ระดมความคิดจากกลุ่มผู้ร่วมงาน
5. ทำให้ความคิดแคบเข้ามา
6. สรุปหาข้อดีและข้อเสีย
7. จัดทำใบเสนอแนะการลดต้นทุน

ซึ่งผลที่ได้ในการนำหลักการครั้งนี้มาลดต้นทุนสามารถลดต้นทุนลงได้ 8,469,510 บาทต่อปี และยังได้รับความพึงพอใจจากลูกค้าในด้านราคาและการจัดการให้กับลูกค้า ซึ่งวัดผลจากดัชนีวัดความสำเร็จจากลูกค้า (KPI: Key Performance Indicator)

ประทีป ช่วยเกิด, (2546). ที่ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้คู่กับเทคนิค DSM by HAT (Demand Side Management by Human aware Approach Technique) มาใช้ในการประหยัดพลังงานและลดต้นทุน โดยในเชิงวิศวกรรมคุณค่าได้เน้นการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งาน เพื่อค้นหาปัญหาหรือ ความสูญเปล่าอันเกิดจาก 5M's ส่วนเทคนิค DSM by HAT ใช้ในการพัฒนาคน โดยการสร้างจิตสำนึกและพัฒนาคน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญของความสูญเสียพลังงาน ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินการวิจัยนี้สามารถทำให้เกิดการประหยัดได้ถึง 48,309,004 บาท โดยที่ลงทุน 2,788,901 บาท และมีระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่ 21 วัน

อดิศักดิ์ นาวเหนียว, (2550). ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่าและวิเคราะห์คุณค่ามาใช้วิเคราะห์ชิ้นส่วนของเบาะรถยนต์เพื่อทำการลดต้นทุน ซึ่งทำให้พบว่าส่วนประกอบของผ้าคลุมเบาะมีหน้าที่คือการทำให้สวยงามมีน้ำหนักความสำคัญสูงสุดเท่ากับ 8 มีต้นทุน 1,132.97 บาทต่อชิ้น จากนั้นกำหนดแนวทางการปรับปรุงโดยใช้เทคนิควิธีการหาอย่างละเอียด (Exhaustive Search) และเลือกแนวทางการปรับปรุงด้วยการประเมินค่าปัจจัย (Factor Rating) จากการดำเนินการปรับปรุงพบว่าสามารถลดต้นทุนลงประมาณ 17,673,304.11 บาทต่อปี จากการปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำเบาะรถยนต์

ณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา, (2551). ได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในงานออกแบบสำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น โดยนำเทคนิคของ TRIZ, QFD, VE มาเชื่อมโยงกัน ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน คือ

1. การแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค QFD
2. การแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคของ QFD มาเป็นคุณสมบัติทางเทคนิคของ TRIZ
3. การเลือกคุณสมบัติที่เกิดความขัดแย้งกันตามเทคนิคของ TRIZ
4. การหาแนวทางการแก้ปัญหาตามเทคนิคของ TRIZ
5. การออกแบบผลิตภัณฑ์
6. การประเมินคุณลักษณะและคุณสมบัติตามเทคนิคของ VE
7. การให้ค่าคะแนน
8. การแสดงผลแนวทางที่เหมาะสมต่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

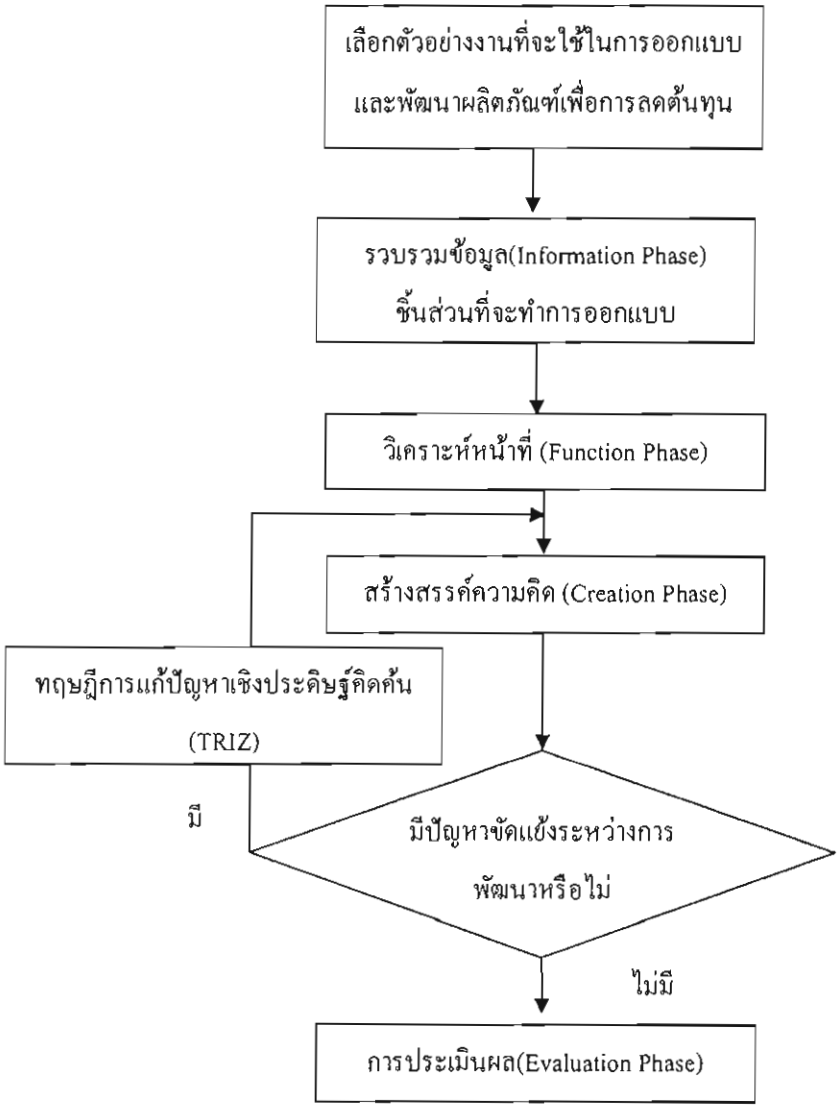
ประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรมคือช่วยลดเวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางการออกแบบอย่างเป็นระบบ

กิตติ วิโรจรัตนาภาพิศาล, (2550). ได้เสนอแนวความคิดการออกแบบเชิงนวัตกรรมสำหรับเบาะนั่งรถยนต์แบบสะดวกสบาย โดยนำทฤษฎีของ TRIZ มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาในความขัดแย้งในการออกแบบ จากตารางความสำพันธ์ของ TRIZ ได้การออกแบบหลักคือ โครงสร้าง ความแข็งแรง การใช้งาน ความนุ่ม และรูปร่าง จากนั้นใช้วิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์ทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างของเบาะ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเบาะรถยนต์ก่อนนำไปผลิตจริง จากการทดสอบความแข็งแรงตามมาตรฐานอุดสาหกรรมเบาะรถยนต์ โดยใช้แรงในการทดสอบ 50 กิโลกรัม สำหรับโครงเบาะนั่ง

และ 30 กิโลกรัม สำหรับโครงเบาะพิง ซึ่งผลจาการทดสอบความแข็งแรงที่โครงเบาะนั่งได้ค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 5.30×10^3 เมกกะปาสคาล และโครงเบาะนั่งได้ค่าความเค้นสูงสุดกับ 2.636×10^4 เมกกะปาสคาล

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยบทนี้จะเป็นการนำเสนอขั้นตอนและวิธีการนำทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เข้าไปประยุกต์ใช้กับขั้นตอนการดำเนินงานของเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า (VA/VE) เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังแผนภูมิการไหลของวิธีดำเนินงานวิจัยตามภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนภูมิการไหลของวิธีดำเนินการวิจัยของโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ขั้นการเลือกโครงการ (Selection Phase)

เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการทำโครงการ โดยที่โครงการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 โครงการที่เกี่ยวกับวัตถุ (Hardware Project) เป็นโครงการที่เกี่ยวกับทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ขนาด, น้ำหนัก, รูปร่าง, ดลอดจนวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิตรวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวก

1.2 โครงการที่ไม่เกี่ยวกับวัตถุ (Software Project) และในขั้นตอนนี้จะเป็นตัวกำหนดบุคคลที่เข้ามารับผิดชอบในการทำโครงการโดยที่บุคคลที่เข้ามารับผิดชอบโครงการมี 2 ลักษณะคือ แบบทีมงานและแบบทำคนเดียว

2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information Phase)

ในส่วนของขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยจะทำการอธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกเลือกมาใช้เป็นกรณีศึกษาจากขั้นตอนแรก และอธิบายถึงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาอย่างคร่าว ๆ

3. ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function Phase)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานเป็นขั้นตอนหนึ่งของแผนงานของวิศวกรรมคุณค่า โดยขั้นตอนดังกล่าวอธิบายถึง การประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่ และพัฒนาทางเลือกหน้าที่ ที่กล่าวถึงคือ หน้าที่ของชิ้นส่วนที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

3.1 แบบฟอร์มวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยใช้คำกริยา-คำนาม ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2-2

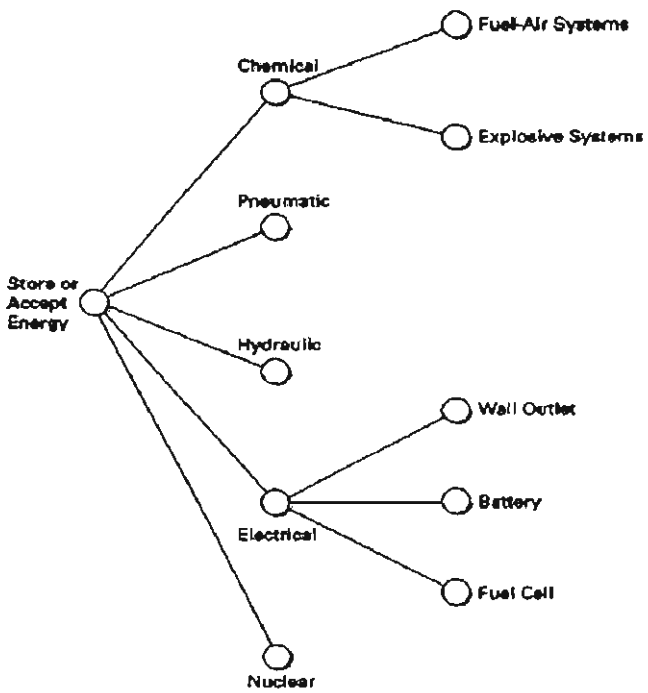
3.2 แบบฟอร์มการประเมินผลหน้าที่โดยใช้การประเมินเชิงตัวเลข ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2-3

4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase)

เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงนำเสนอเทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางในการดำเนินการเพื่อให้เกิดแนวความคิดสร้างสรรค์ที่ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุน

4.1 แผนผังต้นไม้ในการจำแนกแนวคิด (Concept Classification Tree) เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ จำเป็นจะต้องทำการจำแนกแนวคิดออกมาโดยอาศัยการพิจารณาความเป็น

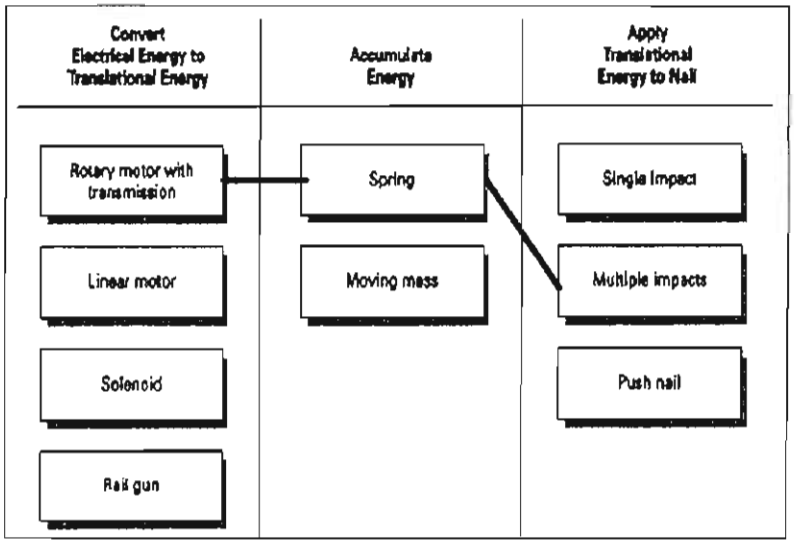
ไปได้ในแต่ละแนวทาง ซึ่งจะทำโดยการแตกออกเป็นกิ่งก้านและเสนอแนวคิดออกเป็นแต่ละกิ่งก้านของแผนผังต้นไม้ ดังแสดงในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การนำเสนอแนวคิดผ่านแผนผังต้นไม้

4.2 การพิจารณารวมกันของแต่ละแนวคิด (Concept Combination Table)

Concept Combination Table คือ ตารางที่ใช้ในการพิจารณาการรวมกันของ Solution ของแต่ละแนวคิดที่มีความเป็นไปได้ ดังตัวอย่างภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ตัวอย่างการพิจารณาการรวมแนวความคิด

4.3 ตารางการเลือกแนวคิด (Selection Matrix)

วิธีการเลือกแนวคิด จะใช้ตารางการเลือกแนวคิดในการพิจารณาว่าแนวคิดไหนที่มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปพัฒนาในการออกแบบต่อไปได้ ซึ่งก็จะมีการกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณา ดังแสดงในสดมภ์ทางซ้ายมือ และใส่แนวคิดในสดมภ์ถัดไปเรื่อย ๆ จนครบตามที่ได้ถูกเลือกมาจากขั้นตอนของ Concept Combination Table จากนั้นจะทำการเลือกแนวคิดที่มีความเป็นกลางไม่โดดเด่นเป็นแนวคิดอ้างอิง จากนั้นทำการประเมินแต่ละแนวคิดเทียบกับแนวคิดอ้างอิง โดยประเมินจนครบตามที่ได้กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาไว้ ทั้งนี้การให้คะแนนจะให้เป็นสัญลักษณ์ดังนี้

เครื่องหมาย + คือ ดีกว่าแนวคิดอ้างอิง

เครื่องหมาย - คือ ด้อยกว่าแนวคิดอ้างอิง

เครื่องหมาย 0 คือ ดีเท่ากับแนวคิดอ้างอิง

เมื่อประเมินครบแล้วจะต้องทำการรวมคะแนนที่ได้ไว้ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในตารางที่ 3-1 ของแต่ละแนวคิด ขั้นตอนถัดไปจะทำการเลือกคะแนนรวมของเครื่องหมาย + มากสุดอันดับต้น ๆ 2-3 แนวคิดเพื่อไปเข้าสู่ขั้นตอนการประเมินโดยการให้คะแนน

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างตารางการเลือกแนวคิด

Selection Criteria	Concepts			
	1	2	3	4
	Double Chuck Slide (Reference)	Single Chuck Cam	Sponge Grip	Rotating Wheel
Ease of Operation	0	0	0	0
Versatile	0	+	+	-
Safety	0	0	+	+
Ergonomics	0	0	+	+
Durable	0	0	-	-
Low Cost	0	+	0	0
Easy to Develop	0	+	0	-
Sum +'s	*0*	*3*	*3*	*2*
Sum 0's	*7*	*4*	*3*	*2*
Sum -'s	*0*	*0*	*1*	*3*
Net Score	0	3	2	-1
Rank	3	1	2	4
Continue	***Yes***	***Combine***	***Combine***	***No***

4.4 การประเมินให้คะแนนแนวคิด (Concept Scoring)

จะเป็นการประเมินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับตารางการเลือกแนวคิด (Selection Matrix) แต่จะประเมินโดยใช้มาตราส่วนที่เล็กลงเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างแนวคิด ในขั้นตอน Concept Scoring นี้จะเป็นการให้คะแนนโดยอ้างอิงจากระดับคะแนน ที่แสดงไว้ในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ระดับการให้คะแนน

สมรรถภาพสัมพันธ์ (Relative performance)	**Rating**
แย่กว่าแนวคิดอ้างอิงมาก	1
แย่กว่าแนวคิดอ้างอิง	2
เหมือนกับแนวคิดอ้างอิง	3
ดีกว่าแนวคิดอ้างอิง	4
ดีกว่าแนวคิดอ้างอิงมาก	5

ทั้งนี้ในการประเมินในขั้นตอนนี้จะยังให้ความสำคัญของความสำคัญในการให้น้ำหนัก (Weight) สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกด้วย ดังตัวอย่างตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างตารางการประเมินการให้น้ำหนัก

		Concept Scoring			
		1		23	
		Double Chuck Slide		Single Chuck Spnge Grip	
Selection Criteria	Weight	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of Operation	20%	2	0.4	5	1
Versatile	20%	5	1	5	1
Safety	15%	2	0.3	4	0.6
Ergonomics	10%	4	0.4	4	0.4
Durable	10%	5	0.5	3	0.3
Low Cost	15%	1	0.15	3	0.45
Easy to Develop	10%	4	0.4	2	0.2
	Total Score		3.15		3.95
	Rank	2		1	
	Continue	No		Yes	

5. การวิเคราะห์ความขัดแย้ง

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำหลักการของ TRIZ เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยจะนำสองหลักการของ TRIZ คือ การแก้ไขความขัดแย้งเชิงเทคนิค และ ความขัดแย้งเชิงกายภาพ

การแก้ไขความขัดแย้งเชิงเทคนิค จะใช้เครื่องมือเฉพาะทางสองอย่างดังนี้

1. หลักการ 40 ข้อ ในเชิงประดิษฐ์คิดค้น

ขั้นตอนนี้ได้มาจากการรวบรวมแนวคิดในการแก้ปัญหาที่เป็นแก่นกลางจากสิทธิบัตรเป็นจำนวนกว่า 2 ล้านชิ้น จนสามารถสรุปแบ่งแนวความคิดทั้งหมดออกมาได้ 40 ข้อ ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 2-2

จากการแก้ปัญหาตามหลักการ 40 ข้อของ TRIZ การใช้ตารางTRIZ จะเริ่มจากการนำปัญหาที่ต้องการแก้ไขมาเปลี่ยนเป็นแบบที่เป็นนามธรรม และหาคำตอบในตารางที่ตรงกับรูปแบบดังกล่าว จากนั้นก็นำปัญหาเหล่านั้นไปเข้าสู่ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้งต่อไป

2. ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง

ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้งถูกสร้างขึ้นมาเพื่อช่วยในการพิจารณาว่าสภาพปัญหาแบบไหนควรใช้หลักการใด ในการแก้ปัญหา แมทริกซ์ความขัดแย้งจะแสดงสภาพปัญหาตามลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค กล่าวคือ แสดงคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่ด้อยลง และเสนอหลักการในเชิงการประดิษฐ์คิดค้นที่เหมาะสมสำหรับคู่ความขัดแย้งไว้แต่ละคู่ คุณสมบัติ

ที่จะต้องปรับปรุงจะแสดงอยู่ในคอลัมน์ทางขวามือ คุณสมบัติด้อยลงจะแสดงอยู่ในแถวด้านบนสุด เป็นรูปแบบตารางเรียกว่าแมทริกซ์ จุดตัดของคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่จะด้อยลงจะมีหมายเลขของหลักการในเชิงการประดิษฐ์คิดค้นแนะนำไว้ ดังตัวอย่างตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง

Feature to Improve \ Undesired Result (Conflict)		1 Weight of moving object	2 Weight of non-moving object	3 Length of moving object	4 Length of non-moving object	5 Area of moving object	6 Area of non-moving object	7 Volume of moving object	8 Volume of non-moving object	9 Speed	10 Force	11 Tension, pressure	12 Shape	13 Stability of object
1	Weight of moving object			15,8, 29,34		29,17 38,34		29,2, 40,28		2,8, 15,38	8,10, 18,37	10,36, 37,40	10,14, 35,40	1,35, 19,39
2	Weight of non-moving object				10,1, 29,35		35,30, 13,2		5,35, 14,2		8,10, 19,35	13,29, 10,18	13,10, 29,14	26,39, 1,40
3	Length of moving object	8,15, 29,34				15,17, 4		7,17, 4,35		13,4, 8	17,10, 4	1,8, 35	1,8, 10,29	1,8, 15,34
4	Length of non-moving object		35,28, 40,29				17,7, 10,40		35,8, 2,14		28,10	1,14, 35	13,14, 15,7	39,37, 35
5	Area of moving object	2,17, 29,4		14,15, 18,4				7,14, 17,4		29,30, 4,34	19,30, 35,2	10,15, 36,28	5,34, 29,4	11,2, 13,39
6	Area of non-moving object		30,2, 14,18		26,7, 9,39						1,18, 35,36	10,15, 36,37		2,38
7	Volume of moving object	2,26, 29,40		1,7, 4,35		1,7, 4,17				29,4, 38,34	15,35, 36,37	8,35, 36,37	1,15, 29,4	28,10, 1,39
8	Volume of non-moving object		35,10, 19,14	19,14	35,8, 2,14						2,18, 37	24,35	7,2, 35	34,28, 35,40
9	Speed	2,28, 13,38		13,14, 8		29,30, 34		7,29, 34			13,28, 15,19	8,18, 38,40	35,15, 18,34	28,33, 1,18
10	Force	8,1, 37,18	18,13, 1,28	17,19, 9,36	28,10	19,10, 15	1,18, 36,37	15,9, 12,37	2,36, 18, 37	13,28, 15,12		18,21, 11	10,35, 40,34	35,10, 21
11	Tension, pressure	10,36, 37,40	13,29, 10,18	35,10, 36	35,1, 14,16	10,15, 36,25	10,15, 35,37	6,35, 10	35,24	6,35, 36	36,35, 21		35,4, 15,10	35,33, 2,40
12	Shape	8,10, 29,40	15,10, 26,3	29,34, 5,4	13,14, 10,7	5,34, 4,10		14,4, 15,22	7,2, 35	35,15, 34,18	35,10, 37,40	34,15, 10,14		33,1, 18,4
13	Stability of object	21,35, 2,39	26,39, 1,40	13,15, 1,28	37	2,11, 13	39	28,10, 19,39	34,28, 35,40	33,15, 28,18	10,35, 21,16	2,35, 40	22,1, 18,4	
14	Strength	1,8, 40,15	40,26, 27,1	1,15, 8,35	15,14, 28,26	3,34, 40,29	9,40, 28	10,15, 14,7	9,14, 17,15	8,13, 26,14	10,18, 3,14	10,3, 18,40	10,30, 35,40	13,17, 35
15	Durability of moving object	19,5, 34,31		2, 19, 9		3,17, 19		10,2, 19,30		3, 35, 5	19,2, 18	19,3, 27	14,26, 28,25	13,3, 35
16	Durability of non-moving object		6,27, 19,16		1,10, 35				35,34, 38					39,3, 35,23
17	Temperature	36,22, 6,38	22,35, 32	15,19, 9	15,19, 9	3,35, 39,18	35,38	34,39, 40,18	35,6, 4	2,28, 36,30	35,10, 3,21	35,39, 19,2	14,22, 19,32	1,35, 32
18	Brightness	19,1 32	2,35, 32	19,32, 16		19,32, 26		2,13, 10		10,13, 19	26,19, 6		32,30	32,3, 27
19	Energy spent by moving object	12,18, 28,31		12,28		15,19, 25		35,13, 18		8,15, 35	16,26, 21,2	23,14, 25	12,2, 29	19,13, 17,24
20	Energy spent by non-moving object		19,9, 6,27								36,37			27,4, 29,18

การใช้แมทริกซ์ความขัดแย้งในทางปฏิบัติจะต้องพิจารณาว่าคุณสมบัติที่ต้องปรับปรุงและคุณสมบัติที่จะด้อยลงนั้น ตรงกับคุณสมบัติมาตรฐานในแมทริกซ์อันไหน ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มักจะเกิดความขัดแย้งถูกรวบรวมมาได้ทั้งหมด 39 คุณสมบัติโดยแสดงไว้ในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 3-5 แสดงตัวอย่างการเปิดตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง

ความขัดแย้งเชิงเทคนิค	**ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง**
เมื่อเพิ่มความแข็งแรง น้ำหนักจะเพิ่ม	แถวและคอลัมน์ 14 และ 2 หลักการในเชิงประดิษฐ์คิดค้น **40,26,27,1**
เพิ่มความเร็ว การสั่นสะเทือนจะมากขึ้น	แถวและคอลัมน์ 9 และ 13 หลักการในเชิงประดิษฐ์คิดค้น **28,33,1,18**

จากตัวอย่างในตารางด้านบน เราจะได้แนวทางในการแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคแต่ละอย่างโดยดูจากจุดตัดของแถวและคอลัมน์ ซึ่งจะได้ตัวเลขเป็นหัวข้อของหลักการในเชิงประดิษฐ์คิดค้นที่เคยประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกันในอดีต โดยเรียงตามลำดับความเป็นไปได้ และจะต้องไปดูรายละเอียดและตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของหลักการข้อนั้นเพื่อนำไประดมสมองและหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมอีกครั้งหนึ่ง

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

ในขั้นการประเมินผลนี้จะใช้เทคนิคการประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ โดยเปรียบเทียบแนวคิดที่ทำการนำเสนอกับผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน โดยการกำหนดหัวข้อในการประเมินที่มีความสำคัญกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

บทที่4
ผลการวิจัย

งานวิจัยบทนี้จะแสดงขั้นตอนและวิธีการในการประยุกต์ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่าและเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์

เลือกตัวอย่างงานที่จะใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของเครื่องปรับอากาศมีชิ้นส่วนเป็นจำนวนมาก ผู้ศึกษาจึงขอหยิบยกชิ้นส่วนหลักที่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ โดยในการพิจารณาเลือกชิ้นส่วนมาเพื่อเป็นตัวอย่างกรณีศึกษานั้น จะพิจารณาเลือกชิ้นส่วนที่กระทบกับโครงสร้างหลักที่เป็นรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศน้อยให้ที่สุด เพื่อจะยังคงสามารถรักษามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่เคยได้ผ่านการรับรองในเรื่องของฉลากต่าง ๆ เช่น มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) หรือฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 เป็นต้น โดยจะนำเรื่องต้นทุนของชิ้นส่วนเข้ามาในการพิจารณาร่วมด้วย และจะทำการเลือกจากราคาต้นทุนในการผลิตชิ้นส่วนนั้นจากข้อมูลตารางที่ 4-1

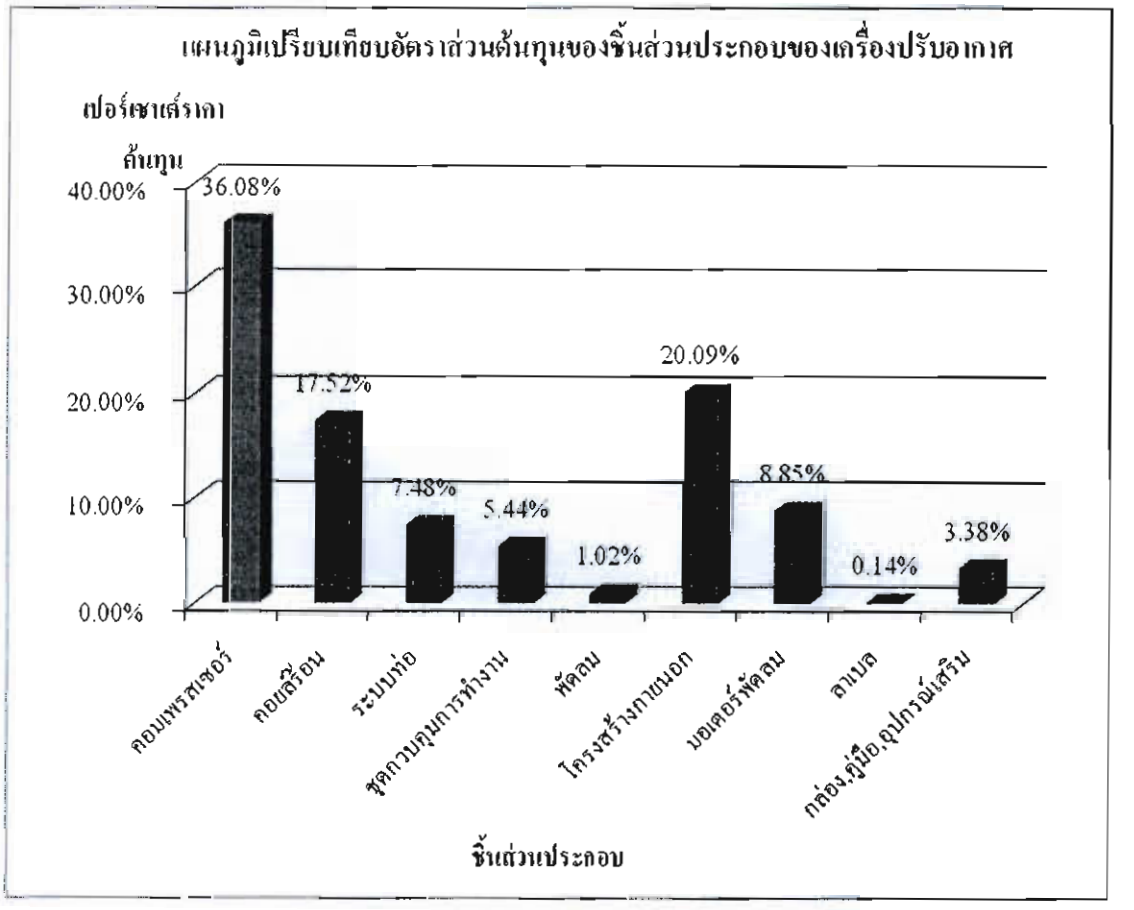
ตารางที่ 4-1 ต้นทุนและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนการออกแบบ

เครื่องปรับอากาศภายนอกบ้าน รุ่น9,000 BTU		**ผลกระทบ**	
ชิ้นส่วนหลัก	**%ราคาต้นทุนจากทั้งหมด**	**รูปลักษณ์**	**ประสิทธิภาพ**
คอมเพรสเซอร์	36.08%	×	○
คอยล์ร้อน	17.52%	×	○
ระบบท่อ	7.48%	×	○
ชุดควบคุมการทำงาน(Electronic box assembly)	5.44%	×	△
พัดลม	1.02%	×	△
โครงสร้างภายนอก	20.09%	○	×
มอเตอร์พัดลม	8.85%	×	○
ลาเบล (ฉลาก)	0.14%	×	×
กล่อง,คู่มือ,อุปกรณ์เสริม	3.38%	×	×
รวม	100%		

ความหมายของสัญลักษณ์ : ○ มีผลกระทบ , ×ไม่มีผลกระทบ , △ มีผลกระทบในบางส่วน

จากตารางที่ 4-1 ในด้านของผลกระทบด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น จะทำการประเมินจากการเปลี่ยนแปลงนั้นทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเปลี่ยนแปลงไป หากมีการเปลี่ยนแปลงสเปค เช่น มอเตอร์พัดลม คอมเพรสเซอร์ คอยร้อน ระบบท่อ เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะส่งผลต่อมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่เคยได้ผ่านการรับรองในเรื่องของฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 โดยกรณีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะส่งผลให้จำเป็นต้องเปลี่ยนชื่อรุ่น และอาจจะต้องยื่นเรื่องขอการอนุมติใหม่ ส่วนผลกระทบในด้านรูปลักษณ์นั้นคือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแล้วจะส่งผลกระทบกับรูปลักษณ์ของเครื่องปรับอากาศ ในทางบริษัทจะถือให้เป็นการออกแบบรุ่นใหม่โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะกระทบกับแม่พิมพ์ต่าง ๆ เช่น โครงสร้างภายนอกของเครื่องปรับอากาศ ส่วนผลกระทบที่มีผลกระทบในบางส่วนนั้น หมายถึง ในบางส่วนถ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีกระทบ และในบางส่วนก็อาจจะไม่กระทบ เช่น ชุดควบคุมการทำงาน

(Electronic Box Assembly) ถ้ามีการเปลี่ยนสเปคของ Capacitor ก็จะส่งผลกระทบกับประสิทธิภาพ แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะวัสดุของชิ้นส่วนเหล็กที่ใช้รองรับ Capacitor ก็จะไม่ส่งผลกระทบกับประสิทธิภาพ และในส่วนของพัดลม ในกรณีที่เปลี่ยนรูปแบบของใบพัดลมก็จะส่งผลให้ปริมาณลมที่ออกมาเปลี่ยนไปส่งผลให้ประสิทธิภาพของการทำงานเครื่องปรับอากาศเปลี่ยน แต่ถ้ามีการเปลี่ยนเฉพาะวัสดุแกนของพัดลมก็อาจจะไม่ส่งผลกระทบกับประสิทธิภาพ เป็นต้น



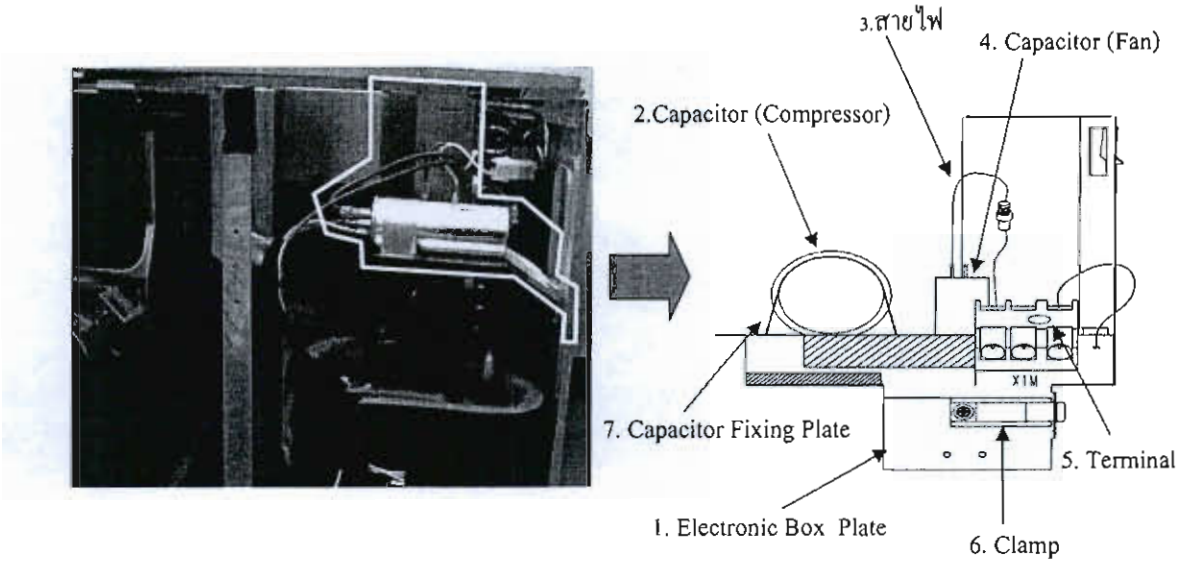
ภาพที่ 4-1 แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราส่วนต้นทุนของชิ้นส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

จากตารางที่ 4-1 จะเห็นได้ว่ามีชิ้นส่วนหลักอยู่ 2 ส่วน ที่ไม่ส่งผลทั้งด้านรูปลักษณ์และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ คือ ลาเบล (ฉลาก) และกล่อง, คู่มือ, อุปกรณ์เสริม นอกจากนี้ยังมีชิ้นส่วนที่ยังสามารถนำมาพิจารณาในการออกแบบเพื่อลดต้นทุนได้อีก คือ ชุดควบคุมการทำงาน (Electronic Box) และพัดลม ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาในการออกแบบเพื่อการลดต้นทุนโดยให้ไม่ส่งผลกระทบในด้านประสิทธิภาพ

จากภาพที่ 4-1 เพื่อให้คุ้มค่ากับการออกแบบเพื่อลดต้นทุน จึงทำการเลือกชิ้นส่วนที่มีราคาต้นทุนสูงสุดของชิ้นส่วนที่จะสามารถนำมาพิจารณาในการออกแบบเพื่อลดต้นทุน สำหรับเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะเห็นว่าส่วนที่เป็นชุดควบคุมการทำงาน จะมีราคาสูงที่สุดโดยมีราคาอยู่ที่ 5.44% ของราคาต้นทุนผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงทำการเลือกชิ้นส่วนที่เป็น **ชุดควบคุมการทำงาน (Electronic Box Assembly)** นี้มาทำการศึกษาต่อไป

เพื่อให้ทราบรายละเอียดของชุดควบคุมการทำงาน จึงได้อธิบายรายละเอียดไว้ด้านล่างนี้

1. อธิบายส่วนประกอบของชุดควบคุมการทำงานแบบเดิม



ภาพที่ 4-2 ส่วนประกอบของ Electronic Box Assembly

คำอธิบายส่วนประกอบของชุดควบคุมการทำงานจากภาพที่ 4-2

1) Electronic Box Plate คือ แผ่นเหล็กรองรับชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิค

2) Capacitor (Compressor) คือ ตัวเก็บประจุควบคุมการหมุนของคอมเพรสเซอร์

3) สายไฟ คือ สายไฟสำหรับเชื่อมต่อวงจรของชุดควบคุมการทำงาน Electronic Box

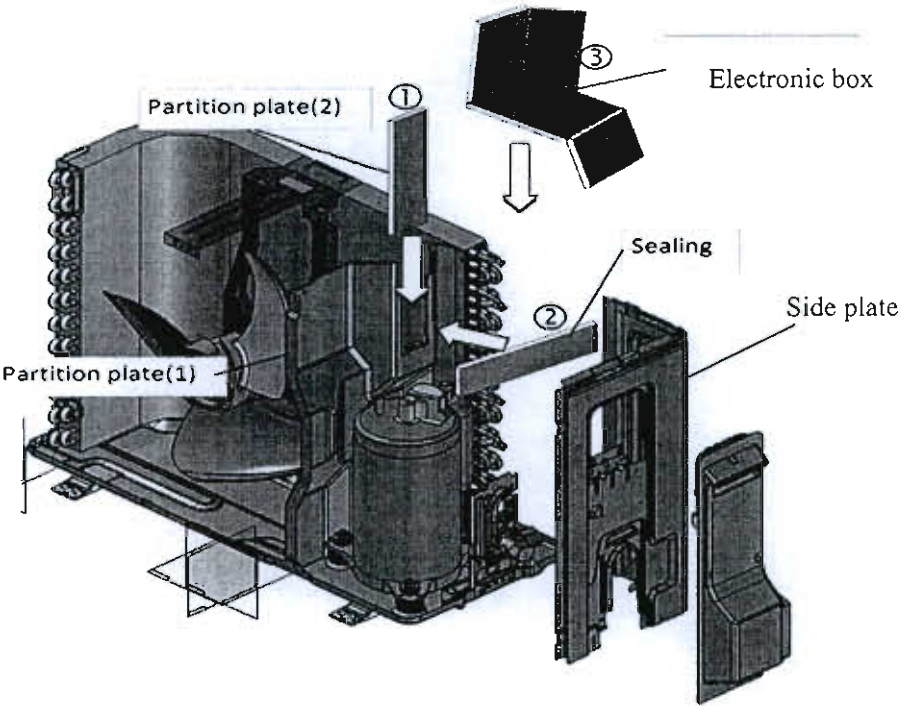
4) Capacitor (Fan Motor) คือ ตัวเก็บประจุควบคุมการหมุนของมอเตอร์พัดลม

5) Terminal คือ ตัวกลางสำหรับเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า

6) Clamp คือ ตัวยึดสายไฟที่ใช้สำหรับงานติดตั้ง

7) Capacitor Fixing Plate คือเหล็กแผ่นสำหรับยึดระหว่าง Capacitor (Compressor) และ Electronic Box Plate.

2. อธิบายขั้นตอนการประกอบของชุดควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 4-3 ขั้นตอนการประกอบชุดควบคุมการทำงาน

คำอธิบายขั้นตอนการประกอบของชุดควบคุมการทำงานจากรูปที่ 4-3

1) ① เสียบ Partition Plate (2) เข้ากับช่องว่างของ Partition Plate (1)

2) ② นำ Sealing ปิดทับระหว่าง Partition Plate (1) และ Partition Plate (2)

3) ③ นำชุด Electronic Box Plate ประกอบลงไประหว่าง Partition Plate และ Side Plate

4) ทำการยึด Electronic Box Plate เข้ากับ Side Plate ด้วย Screw 2 ตัว

การประยุกต์ขั้นวิเคราะห์หน้าที่

ตารางที่ 4-2 แบบฟอร์มวิเคราะห์หน้าที่การทำงานโดยใช้คำกริยา-นาม

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยใช้คำกริยา-นาม โครงงานการวิเคราะห์การลดต้นทุนของชุดควบคุมการทำงานในเครื่องปรับอากาศ รุ่น9,000 BTU					
ปริมาณ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน	
		กริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง
1 ชิ้น	Electronic box plate	รองรับ	ชิ้นส่วน	/	
		ยึด	ชิ้นส่วน		/
1 ชิ้น	Capacitor (Compressor)	คาย /เก็บ	ประจุ	/	
		ควบคุม	การหมุน	/	
1 ชุด	สายไฟ	เชื่อมต่อ	วงจรไฟฟ้า	/	
1 ชิ้น	Capacitor (Fan motor)	คาย /เก็บ	ประจุ	/	
		ควบคุม	การหมุน	/	
1 ชิ้น	Terminal	เชื่อมต่อ	ระบบไฟฟ้า	/	
		ยึด	สายไฟ		/
1 ชิ้น	Clamp	ยึด	สายไฟ	/	
		ป้องกัน	การเลื่อน		/
1 ชิ้น	Capacitor fixing plate	ยึด	ชิ้นส่วน	/	

<u>คำจำกัดความตามหน้าที่</u>

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้ทราบถึงหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วน โดยในแต่ละชิ้นส่วนมีหน้าที่อย่างไร และส่วนใดเป็นหน้าที่พื้นฐาน หรือหน้าที่หลัก โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

Electronic Box Plate ทำหน้าที่

รองรับชิ้นส่วน คือ เป็นฐานสำหรับรองรับชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิค

ยึดชิ้นส่วน คือ ใช้สำหรับยึดติดชิ้นส่วน Capacitor (Compressor), Capacitor (Fan Motor) Terminal และ Clamp.

Capacitor (Compressor) ทำหน้าที่

คาย/ เก็บประจุ คือ เป็นตัวคายและเก็บประจุเพื่อควบคุมการทำงานของชุดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

ควบคุมการหมุน คือ ควบคุมการหมุนมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

สายไฟ ทำหน้าที่

เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า คือ เป็นตัวเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้ครบวงจรการทำงาน

Capacitor (Fan) ทำหน้าที่

คาย/ เก็บประจุ คือ เป็นตัวคายและเก็บประจุเพื่อควบคุมการทำงานของชุดมอเตอร์พัดลม

ควบคุมการหมุน คือ ควบคุมการหมุนมอเตอร์พัดลม

Terminal ทำหน้าที่

เชื่อมต่อระบบไฟฟ้า คือ ใช้สำหรับเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก และชุดควบคุมการทำงานของผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ

ยึดสายไฟ คือ ตัว Terminal จะมี Screw ที่ใช้ในการยึดสายไฟสำหรับการติดตั้ง

Clamp ทำหน้าที่

ยึดสายไฟ คือ ใช้สำหรับในการยึดสายไฟที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก

ป้องกันการเลื่อน คือ เป็นการยึดสายไฟที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักไม่ให้เลื่อนหลุด

Capacitor Fixing Plate ทำหน้าที่

ยึดชิ้นส่วน คือ เป็นแผ่นเหล็กที่ใช้ในการยึด Capacitor (Compressor) กับ Electronic Box Plate เพื่อไม่ให้ Capacitor (Compressor) หลุด

<u>การหาระดับหน้าที่ของชิ้นส่วน</u>

หน้าที่ของการทำงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ ระดับหน้าที่พื้นฐานหรือระดับหน้าที่หลัก และหน้าที่รอง

ระดับหน้าที่พื้นฐาน เป็นหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

ระดับหน้าที่รอง เป็นระดับที่ช่วยส่งเสริมให้หน้าที่พื้นฐานสมบูรณ์ขึ้น

โดยผลจากการพิจารณาหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รองของชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดควบคุมการทำงาน และชิ้นส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการประกอบชุดควบคุมการทำงาน สามารถแยกออกได้ดังนี้

1. Electronic Box Plate	หน้าที่พื้นฐานคือ รองรับชิ้นส่วน
	หน้าที่รองคือ ยึดชิ้นส่วน
2. Capacitor (Compressor)	หน้าที่พื้นฐานคือ คาย/ เก็บประจุ
	หน้าที่พื้นฐานคือ ควบคุมการหมุน
3. สายไฟ	หน้าที่พื้นฐานคือ เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า
	หน้าที่รองคือ ไม่มี
4. Capacitor (Fan)	หน้าที่พื้นฐานคือ คาย/ เก็บประจุ
	หน้าที่พื้นฐานคือ ควบคุมการหมุน
5. Terminal	หน้าที่พื้นฐานคือ เชื่อมต่อระบบไฟฟ้า
	หน้าที่รองคือ ยึดสายไฟ
6. Clamp	หน้าที่พื้นฐานคือ ยึดสายไฟ
	หน้าที่รองคือ ป้องกันสายไฟ
7. Capacitor Fixing Plate	หน้าที่พื้นฐานคือ ยึดชิ้นส่วน
	หน้าที่รองคือ ไม่มี

<u>การประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่</u>

เมื่อเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ทั้งหมดแล้ว ต่อจากนั้นจะนำหน้าที่พื้นฐานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบมาพิจารณา ว่าหน้าที่ใดเป็นหน้าที่หลักของชุดควบคุมการทำงานโดย สามารถสรุปได้ดังนี้

1. Electronic Box Plate	หน้าที่พื้นฐานคือ รองรับชิ้นส่วน
2. Capacitor (Compresor)	หน้าที่พื้นฐานคือ คาย/ เก็บประจุ
	หน้าที่พื้นฐานคือ ควบคุมการหมุน
3. สายไฟ	หน้าที่พื้นฐานคือ เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า
4. Capacitor (Fan)	หน้าที่พื้นฐานคือ คาย/ เก็บประจุ
	หน้าที่พื้นฐานคือ ควบคุมการหมุน
5. Terminal	หน้าที่พื้นฐานคือ เชื่อมต่อระบบไฟฟ้า
6. Clamp	หน้าที่พื้นฐานคือ ยึดสายไฟ
7. Capacitor Fixing Plate	หน้าที่พื้นฐาน คือ ยึดชิ้นส่วน

จากการสรุปหน้าที่พื้นฐานในแต่ละชิ้นส่วนประกอบพบว่าในบางชิ้นส่วนประกอบมีหน้าที่พื้นฐานที่เหมือนกัน จึงทำการรวมหน้าที่พื้นฐานที่เหมือนกันไว้ด้วยกัน และทำการใช้ตัวอักษรแทนหน้าที่พื้นฐานของในแต่ละชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งสามารถทราบได้จากข้อมูลที่แสดงไว้ดังนี้

1. รองรับชิ้นส่วน ใช้ตัวอักษร A
2. ควบคุมการหมุน ใช้ตัวอักษร B
3. เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า ใช้ตัวอักษร C
4. ยึดสายไฟ ใช้ตัวอักษร D
5. คาย/ เก็บประจุ ใช้ตัวอักษร E
6. ยึดชิ้นส่วน ใช้ตัวอักษร F

<u>การเปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่</u>

ในส่วนของงานวิจัยนี้ใช้การเปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่จากเทคนิค "การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่" จากหนังสือการวิเคราะห์คุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนในธุรกิจยุคสหัสวรรษ (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2548) หลังจากที่หาหน้าที่หลักและรองได้แล้วจึงนำมาประเมินรายการด้วยการหาลำดับความสำคัญทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ได้ข้อสรุปของปัญหาของหน้าที่ที่ไม่จำเป็น และหน้าที่ที่มีความสำคัญน้อยแต่ต้นทุนสูง โดยใช้การเปรียบเทียบด้านคุณค่าของชิ้นส่วนประกอบหนึ่ง กับคุณค่าของชิ้นส่วนประกอบ ชิ้นส่วนประกอบที่มีคุณค่าน้อยกว่าจะถูกระบุในช่องตารางแมทริกซ์ของแต่ละคู่เปรียบเทียบ จากนั้นทำการให้คะแนนว่าหน้าที่ที่สำคัญมากกว่ากันในแต่ละขั้นจนกว่าจะทำจนครบ และทำการรวบรวมออกเป็นคะแนน โดยที่ระดับความแตกต่างของน้ำหนักการประเมินสามารถแบ่งออกได้ดังนี้คือ

1. ระดับความแตกต่างความสำคัญน้อย เท่ากับ 1 คะแนน
2. ระดับความแตกต่างความสำคัญปานกลาง เท่ากับ 2 คะแนน
3. ระดับความแตกต่างความสำคัญมาก เท่ากับ 3 คะแนน

สำหรับคู่เปรียบเทียบที่มีคุณค่าของชิ้นส่วนประกอบเท่ากันจะถูกระบุโดยสัญลักษณ์ = อยู่ระหว่างชื่อคู่เปรียบเทียบ

	B	C	D	E	F
A	B-2	C-1	A-2	E-1	A=F
	B	B-1	B-2	B=E	B-2
		C	C=D	C-1	F-1
			D	E-1	F-1
				E	E-2

ภาพที่ 4-4 การประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่

จากภาพที่ 4-4 แสดงการประเมินเชิงน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ โดยมีเทคนิคการดำเนินงานเริ่มจากการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของหน้าที่ของ A กับ B โดยดูว่าในหน้าที่ใดที่มีความสำคัญมากกว่ากัน ซึ่งระดับความสำคัญนั้นจะมีน้ำหนักความสำคัญที่แตกต่างกันคือ 1, 2 และ 3 โดยที่น้ำหนักความสำคัญของเลข 1 นั้น ให้ระดับความสำคัญน้อยที่สุด เลข 2 ให้ความสำคัญระดับปานกลาง และ 3 นั้นให้ระดับความสำคัญในระดับที่มากที่สุด ในการให้ระดับความสำคัญนั้นจะทำจากการประเมินคุณค่าของชิ้นส่วนประกอบเพื่อที่จะหาชิ้นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดซึ่งจะหมายถึงชิ้นส่วนประกอบที่คุณค่าน้อยที่สุดที่จะนำไปออกแบบเพื่อการลดต้นทุนต่อไป

จากการเปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่าง A กับ B เสร็จแล้วนั้น จะต้องทำการเปรียบเทียบระดับความสำคัญกับหน้าที่อื่นต่อไป โดยที่อยู่ในแถวเดียวกัน เช่น A กับ C หรือ A กับ เป็นต้น และเมื่อเปรียบเทียบความสำคัญในแถวเดียวกันเสร็จสิ้นลง จึงทำการเปรียบเทียบในแถวต่อ ๆ ไป เช่น B กับ C, B กับ D และ B กับ E เป็นต้น ทำเช่นนี้จนครบ โดยที่มาของข้อมูลในส่วนนี้ได้จากการที่ทางทีมงานช่วยกันออกเสียง ให้คะแนนความสำคัญของหน้าที่ต่าง ๆ

เมื่อทำการเปรียบเทียบหน้าที่ระดับความสำคัญจนครบแล้วนั้น จะทำการสรุปออกมาเป็นคะแนนตามระดับความสำคัญ โดยทำการรวมน้ำหนักของระดับความสำคัญของหน้าที่ในแนวนอน ซึ่งสามารถทราบผลการรวมคะแนนระดับความสำคัญดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การรวมคะแนนระดับความสำคัญ

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก
B	ควบคุมการหมุน	7
E	คาย / เก็บประจุ	4
C	เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า	2
F	ยึดชิ้นส่วน	2
A	รองรับชิ้นส่วน	2
D	ยึดสายไฟ	-

จากตารางที่ 4-3 แสดงการรวมคะแนนระดับความสำคัญ จะเห็นว่าหน้าที่สำคัญที่สุดของชุดควบคุมการทำงานนี้ คือ ควบคุมการหมุน โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญอยู่ที่ 7 รองลงมาเป็นหน้าที่คาย/ เก็บประจุ โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญอยู่ที่ 4 และหน้าที่เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า, ยึดชิ้นส่วน, รองรับชิ้นส่วน, ยึด มีระดับคะแนนความสำคัญเท่ากันคือ 2

จากการวิเคราะห์และการรวมคะแนนระดับความสำคัญจะเห็นว่าชิ้นส่วนที่ควรจะนำมาพิจารณาเพื่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุนนั้นควรที่จะเป็นชิ้นส่วนที่มีหน้าที่ควบคุมการหมุน นั่นคือ ชิ้นส่วนของ Capacitor (Compressor) และ Capacitor (Fan) แต่จากขั้นตอนการเลือกนั้นจะไม่พิจารณาชิ้นส่วนที่เมื่อมีการเปลี่ยนสเปคและส่งผลกระทบกับประสิทธิภาพและรูปลักษณ์ของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นจากตารางที่ 4-3 จะเห็นว่าหน้าที่ควบคุมการหมุน, คาย/ เก็บประจุ, เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า นั้นล้วนแต่ส่งผลกระทบกับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศทั้งนั้น ดังนั้นจึงไม่นำชิ้นส่วนที่มีหน้าที่ดังกล่าวมาพิจารณาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

และหน้าที่ที่จะนำมาพิจารณาต่อไปก็คือ หน้าที่ยึดชิ้นส่วน และหน้าที่รองรับชิ้นส่วน ในสองหน้าที่นี้มีคะแนนความสำคัญเท่ากัน จึงนำเกณฑ์ในเรื่องราคามาตัดสิน โดยหน้าที่ยึดชิ้นส่วน หมายถึง Clamp และรองรับชิ้นส่วน หมายถึง Electronic Box Plate จากสองชิ้นส่วนสามารถประเมินราคาได้จากปริมาณวัสดุที่ใช้ซึ่งก็จะเห็นว่าชิ้นส่วน Electronic Box Plate นั้นมีการใช้ปริมาณวัสดุมากกว่า Clamp ดังนั้นราคาของชิ้นส่วน Electronic Box Plate จึงแพงกว่า ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกทำการลดต้นทุนจากชิ้นส่วนประกอบ Electronic Box Plate เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนของชิ้นส่วนประกอบอื่น ๆ ต่อไป

การประยุกต์ขั้นสร้างสรรค์ความคิด

จากชิ้นส่วนที่ถูกเลือกในการทำการออกแบบเพื่อลดต้นทุนจากชิ้นส่วนประกอบ Electronic Box Plate นั้น ก่อนอื่นขออธิบายรายละเอียดสเปคของ Electronic Box Plate ที่ใช้อยู่ปัจจุบันตามรายละเอียดด้านล่าง

วัสดุที่ใช้ : เหล็กเคลือบสังกะสี โดยสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจัดซื้อวัสดุคือ SGCC-ZN22 (ความหมาย ของสัญลักษณ์วัสดุจะแสดงไว้ดังตารางที่ 4-4 ถึงตารางที่ 4-5)

ความหนาของวัสดุ : 1.2 มม. (คุณสมบัติของวัสดุถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4-6)

ขนาดของการตัดชิ้นงาน : กว้าง 300 mm. ยาว 300 mm. (ลักษณะของงานตัดชิ้นงานปัจจุบันแสดงไว้ดังภาพที่ 4-5)

ตารางที่ 4-4 สัญลักษณ์และความหมายของวัสดุตามมาตรฐาน JIS

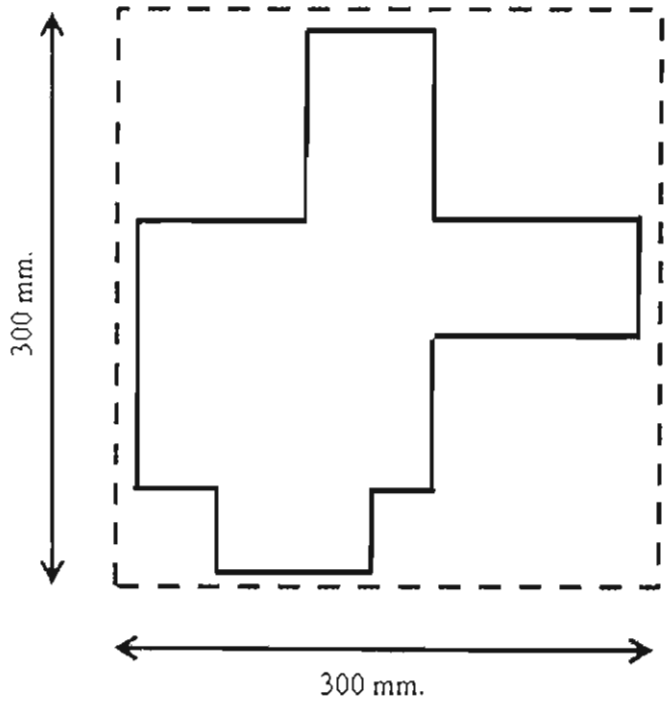
Quality Classification	Symbol	Meaning
Cold-reduced carbon	SPCC SPCD SPCE	S G C C C : Commercial D : Deep Draw E : Extra Deep Draw C : Cold rolled H : Hot rolled P : Plate G : Galvanized E : Electrolytic GL : Galvalium S : Steel
Hot-rolled mild steel	SPHC SPHD SPHE	
Hot-dip zinc-coated	SGCC SGCD SGHC	
Electric zinc coated	SEHC SEHD SEHE SECC SECD SECE	
Galvalium steel sheet	SGLCC SGLCD SGLCE	

ตารางที่ 4-5 สัญลักษณ์และการเคลือบวัสดุ

Type of coating	Symbol for coating mass on both surface	Average coating mass <unit : g/m2>	Cost
Non-Alloyed	Z12	120	ถูก
	Z18	180	
	Z22	220	
	Z27	270	แพง
Alloyed	F06	60	ถูก
	F08	80	แพง

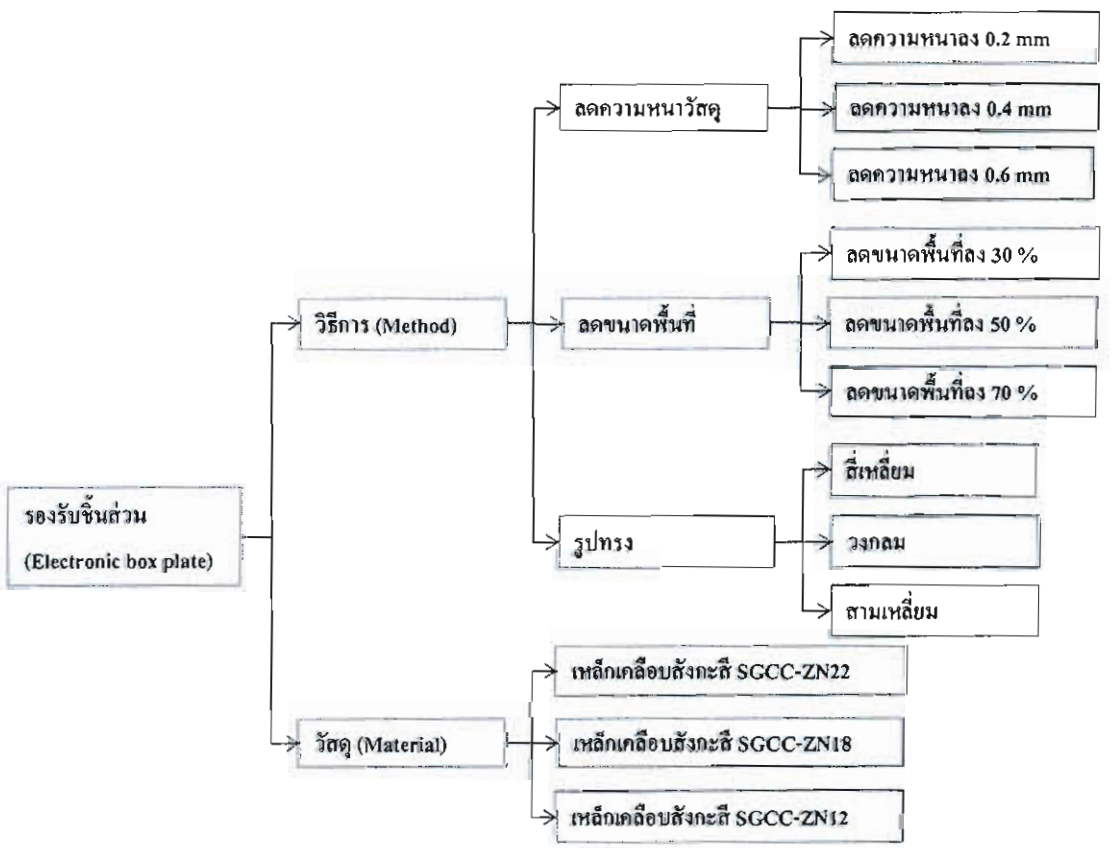
ตารางที่ 4-6 คุณสมบัติของวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงของความหนาวัสดุ

Standard	Yield point <N/mm2>	Tensile strength <N/mm2>	Elongation %				
			0.4t	0.6t	0.8t	1.0t	1.2t
SGCC	290	370	30	30	38	39	40
SGCD	250	340	36	36	40	41	42
SGHC	250	340			1.6t	2.3t	3.2t
					40	40	45



ภาพที่ 4-5 ลักษณะของงานตัดและขนาดของงานตัดชิ้นงานปัจจุบัน

ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิดเพื่อลดต้นทุนของ Electronic Box Plate จะเริ่มจากใช้วิธีการจำแนกแนวคิดที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมดออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ที่อิสระต่อกันในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุน โดยการใช้แผนผังต้นไม้ในการจำแนกแนวคิด (Concept Classification Ttree) ดังแสดงในภาพที่ 4-6 จากนั้นจึงใช้ตารางที่ใช้ในการพิจารณารวมกันของแต่ละแนวคิด (Concept Combination Table) ดังแสดงในตารางที่ 4-8 ที่มีความเป็นไปได้ในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์และทำการเลือกแนวคิดโดยอาศัยตาราง Selection Matrix ดังแสดงในภาพที่ 4-9 ที่พิจารณาแนวคิดโดยการเพิ่มเกณฑ์ในการเลือกเข้าไปในตาราง เพื่อจะใช้ทำการคัดเลือกแนวคิดที่มีลักษณะตรงตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สุดท้ายจึงนำแนวคิดที่ถูกเลือกทั้งหมดมาคัดเลือกแนวคิดที่กำหนดน้ำหนักให้กับเกณฑ์ในการเลือก



ภาพที่ 4-6 Concept Classification Tree

จากการจำแนกแนวคิดตามผังต้นไม้ดังภาพที่ 4-6 นั้น ได้ทำการพิจารณาในเรื่องของวิธีการและวัสดุที่จะทำการออกแบบเพื่อลดต้นทุน โดยเป็นการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำเสนอแนวทางที่หลากหลายเพื่อการตัดสินใจ

ตารางที่ 4-7 แนวทางที่หลากหลายเพื่อการคัดสินใจ

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

จากตารางด้านบนจะสามารถหาแนวคิดที่แตกต่างกันได้ทั้งหมดเท่ากับ 3x3x3x3 เท่ากับ 81 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีจำนวนวิธีที่มาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคัดกรองและเสนอเฉพาะวิธีที่มีความเป็นไปได้ โดยถัวเฉลี่ยการกระจายวิธีการต่าง ๆ ให้ได้ใกล้เคียงกัน บนพื้นฐานความเป็นไปได้ หรืออาจจะมาจากการระดมความคิดและโหวตกันของทีมงาน ซึ่งผลที่ได้ก็จะมาจากประสบการณ์ของแต่ละคน

ตารางที่ 4-8 Concept Combination Table

แนวคิด A

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

แนวคิด B

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

ตารางที่ 4-8 Concept Combination Table (ต่อ)

แนวคิด C

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

แนวคิด D

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

แนวคิด E

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

แนวคิด F

วิธีการ			วัสดุ
ลดความหนาวัสดุ	ลดขนาดพื้นที่	รูปทรง	
ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	สี่เหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ลดความหนาลง 0.4 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %	วงกลม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18
ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สามเหลี่ยม	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

ตารางที่ 4-8 Concept Combination Table นี้ คือการพิจารณารวมกันของแต่ละแนวคิดที่มีความเป็นไปได้โดยจะถูกพิจารณาโดยทีมงาน ซึ่งในครั้งนี้สามารถรวมแนวคิดได้ทั้งหมด 6 แนวคิด คือ แนวคิด A, B, C, D, E และ F แต่ละรายละเอียดจะเป็นการรวมกันของแนวคิดโดยพิจารณาในเรื่องของ การลดความหนาของวัสดุ, ลดขนาดพื้นที่, รูปทรง และวัสดุ ซึ่งสามารถสรุปแต่ละแนวคิดได้ดังรายละเอียดข้างล่างนี้

แนวคิด A คือ ลดความหนาลง 0.2 mm/ ลดขนาดพื้นที่ลง 70%/ สี่เหลี่ยม/ เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22

แนวคิด B คือ ลดความหนาลง 0.2 mm/ ลดขนาดพื้นที่ลง 50%/ สี่เหลี่ยม/ เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18

แนวคิด C คือ ลดความหนาลง 0.4 mm/ ลดขนาดพื้นที่ลง 50%/ สามเหลี่ยม/ เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18

แนวคิด D คือ ลดความหนาลง 0.4 mm/ ลดขนาดพื้นที่ลง 70%/ สามเหลี่ยม/ เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18

แนวคิด E คือ ลดความหนาลง 0.6 mm/ ลดขนาดพื้นที่ลง 30%/ สี่เหลี่ยม/ เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22

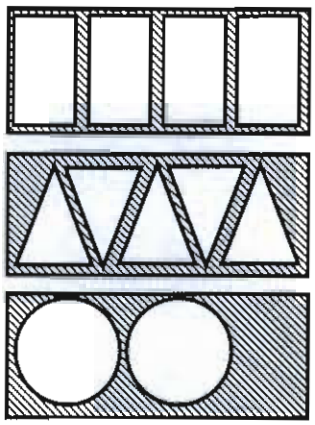
แนวคิด F คือ ลดความหนาลง 0.6 mm/ ลดขนาดพื้นที่ลง 50%/ วงกลม/ เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

Concept Selection

1. Concept Screening

เพื่อทำการคัดกรองแนวคิดที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุนนั้นจะต้องทำการกรองแนวคิดโดยเริ่มจากกำหนดเกณฑ์ในการเลือก ซึ่งจะได้จากเป้าหมายของการออกแบบของนักออกแบบ โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์ในการเลือก ดังนี้

1.1 การประหยัดวัสดุ จะส่งผลต่อการลดขนาดพื้นที่ คือยิ่งลดพื้นที่ของวัสดุลงได้มากก็จะประหยัดมาก และยังรวมไปถึงรูปทรงของชิ้นงานด้วย คือ ต้องเป็นรูปทรงที่จะเหลือเศษทิ้งของวัสดุได้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดการใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า ดูตัวอย่างจากภาพที่ 4-7 เนื้อที่ที่มีการระบายเป็นเนื้อที่ของเศษที่จะเหลือจากชิ้นงานรูปแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างการเหลือเศษทิ้งของวัสดุในรูปแบบชิ้นงานต่าง ๆ

1.2 ความแข็งแรง ส่งผลต่อความหนาของชิ้นงาน คือ ยิ่งชิ้นงานมีความหนาที่น้อย ก็ยิ่งจะทำให้ความแข็งแรงในการรองรับชิ้นส่วนมีน้อยตามไปด้วย

1.3 การประกอบง่าย ส่งผลต่อการลดพื้นที่ คือ ยิ่งพื้นที่เหลือในการประกอบเยอะ ก็จะทำให้มีพื้นที่สำหรับการประกอบได้ง่ายขึ้น

1.4 ราคา ส่งผลต่อชนิดของวัสดุ คือ ราคาของวัสดุแต่ละชนิดโดยคิดจากพื้นที่ที่ใช้เท่ากัน และยังต้องคำนึงถึง ความหนา และวัสดุที่ใช้ด้วย

1.5 ความปลอดภัย ส่งผลต่อการลดพื้นที่ คือยิ่งพื้นที่มาก ชิ้นส่วน Electronic จะสามารถวางห่างกันได้มากทำให้มีความปลอดภัยสูงขึ้น ดรงกันข้ามถ้าพื้นที่น้อยชิ้นส่วน Electronic ก็จะต้องอยู่ใกล้ชิดกันมากส่งผลอันตรายต่อผลิตภัณฑ์

1.6 การขึ้นรูป ส่งผลต่อรูปทรง คือ ถ้ารูปทรงที่ง่ายไม่ซับซ้อนก็จะสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากในการขึ้นรูปชิ้นงาน

1.7 ความน่าเชื่อถือ ส่งผลต่อวัสดุ คือ ถ้าเป็นวัสดุที่ทนการกัดกร่อน หรือทนการเกิดสนิมก็จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าวัสดุที่ไม่สามารถทนการกัดกร่อนได้ ทำให้อายุการใช้งานสั้น ลูกค้าไม่เกิดความพึงพอใจในสินค้า

จากเกณฑ์ในการเลือกสามารถสรุปออกมาได้ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ระดับเกณฑ์การเลือกแนวคิดที่มีระดับปานกลาง

ระดับ	ประหยัดวัสดุ		ความแข็งแรง	การประกอบ
	การลดพื้นที่	รูปทรง	ความหนาวัสดุ	การลดพื้นที่
ดี	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	สี่เหลี่ยม	ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %
ปานกลาง	**ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %**	**สามเหลี่ยม**	**ลดความหนาลง 0.4 mm**	**ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %**
แย่	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	วงกลม	ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %

ระดับ	ราคา			ความปลอดภัย
	การลดพื้นที่	วัสดุ (ความหนาของการเคลือบ)	ความหนาวัสดุ	การลดพื้นที่
ดี	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12	ลดความหนาลง 0.6 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %
ปานกลาง	**ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %**	**เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18**	**ลดความหนาลง 0.4 mm**	**ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %**
แย่	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22	ลดความหนาลง 0.2 mm	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %

ระดับ	การขึ้นรูป	ความน่าเชื่อถือ	
	รูปทรง	การลดพื้นที่	วัสดุ (ความหนาของการเคลือบ)
ดี	สี่เหลี่ยม	ลดขนาดพื้นที่ลง 30 %	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN22
ปานกลาง	**สามเหลี่ยม**	**ลดขนาดพื้นที่ลง 50 %**	**เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18**
แย่	วงกลม	ลดขนาดพื้นที่ลง 70 %	เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN12

จากตารางที่ 4-9 จะเห็นว่าลักษณะที่มีระดับปานกลางคือ รูปทรงสามเหลี่ยม, ลดขนาดพื้นที่ลง 50%, วัสดุเหล็กเคลือบสังกะสี SGCC-ZN18 และลดความหนาวัสดุลง 0.4 mm. ดังนั้นจึงทำการกำหนดแนวคิดที่มีลักษณะกลาง ๆ ไม่โดดเด่นหรือไม่ด้อยกว่าแนวคิดอื่น ๆ ใช้เป็นตัวอ้างอิงในการพิจารณา ซึ่งจากลักษณะแนวคิด C จะมีลักษณะกลาง ๆ เมื่อเทียบกับแนวคิดอื่น

ดังนั้นจึงได้กำหนดให้แนวคิด C เป็นแนวคิดที่ใช้ในการอ้างอิง จากนั้นทำการประเมินโดยอาศัยตาราง Selection Matrix เพื่อทำการประเมินแต่ละแนวคิด โดยจะใช้สัญลักษณ์ + ในกรณีที่แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบดีกว่าแนวคิดอ้างอิง

ใช้สัญลักษณ์ – ในกรณีที่แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบแย่กว่าแนวคิดอ้างอิง

ใช้สัญลักษณ์ 0 ในกรณีที่แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบเทียบเท่าแนวคิดอ้างอิง

ทำการประเมินโดยอ้างอิงจากเกณฑ์ในการเลือก 7 ข้อด้านบน ประเมินจนครบทุกเกณฑ์ในการเลือกจากนั้นทำการรวมรวมสัญลักษณ์แต่ละสัญลักษณ์ในแต่ละแนวความคิด จากนั้นทำการรวมเครื่องหมายทั้งหมดด้วยวิธีตามหลักคณิตศาสตร์ และสุดท้ายคือการจัดลำดับคะแนน และเลือกแนวคิดที่ได้ลำดับต้น ๆ ไปพัฒนาต่อไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตกลงของทีมงานด้วย

ตารางที่ 4-10 ตาราง Selection Matrix

เกณฑ์ในการเลือก	แนวคิด					
	A	B	C *	D	E	F
1. ประหยัดวัสดุ	+	+	0	+	+	-
2. ความแข็งแรง	+	+	0	0	-	-
3. ประกอบง่าย	-	0	0	-	+	0
4. ราคา	0	-	0	0	+	0
5. ความปลอดภัย	-	0	0	-	+	0
6. การขึ้นรูป	+	+	0	0	+	-
7. ความน่าเชื่อถือ	+	0	0	0	+	-
Pluses	4	3	0	1	6	0
Sames	1	3	7	4	0	3
Minuses	2	1	0	2	1	4
Net	2	2	0	-1	5	-4
Rank	2	2	3	4	1	5
Continue	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No

ตารางที่ 4-10 แนวคิดที่ได้คะแนนมากที่สุดคือ แนวคิด E และตามมาด้วย A, B, C, D และ F ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการตัด 2 แนวคิดสุดท้ายคือ D และ F และนำแนวคิดที่เหลือไปพิจารณาในขั้นตอนถัดไป

2. Concept Scoring

ในขั้นตอน Concept Scoring นี้จะเป็นการให้คะแนนโดยอ้างอิงจากระดับคะแนนข้างล่างนี้

สมรรถภาพสัมพันธ์	Rating
แย่กว่าแนวคิดอ้างอิงมาก	1
แย่กว่าแนวคิดอ้างอิง	2
เหมือนกับแนวคิดอ้างอิง	3
ดีกว่าแนวคิดอ้างอิง	4
ดีกว่าแนวคิดอ้างอิงมาก	5

จากนั้นทำการกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) โดยลำดับความสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบ ซึ่งแสดงจากตารางที่ 4-11 ได้กำหนดให้ความปลอดภัยมีการกำหนดน้ำหนักให้มากสุด ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบชิ้นส่วนบริเวณนี้มีความเกี่ยวข้องกับวงจรและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ถ้าออกแบบไม่ดีก็จะเกิดความไม่ปลอดภัยในการใช้ผลิตภัณฑ์สูงสุด และทำการกำหนดน้ำหนักอื่น ๆ ตามความสำคัญในการออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์และนโยบายของบริษัท ส่วนขั้นตอนการให้คะแนน (Rating) นั้นทำการประเมินจากเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอน Concept Screening

ตารางที่ 4-11 Concept Scoring

		แนวคิด							
		A		B		C		E	
เกณฑ์ในการเลือก	Weight	Rating	Weighted score	Rating	Weighted score	Rating	Weighted score	Rating	Weighted score
1.ประหยัด Material	10%	4	0.4	4	0.4	3	0.3	4	0.4
2.ความแข็งแรง	13%	4	0.52	4	0.52	3	0.39	2	0.26
3.ประกอบง่าย	7%	2	0.14	3	0.21	3	0.21	4	0.28
4.ราคา	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
5.ความปลอดภัย	25%	2	0.5	3	0.75	3	0.75	3	0.75
6.การขึ้นรูป	15%	3	0.45	3	0.45	4	0.6	5	0.75
7.ความน่าเชื่อถือ	20%	4	0.8	3	0.6	3	0.6	4	0.8
Total seore		3.11		3.23		3.15		3.54	
Rank		4		2		3		1	
Continue		No		No		No		Yes	

จากการประเมินโดย Concept Scoring ตารางที่ 4-11 จะได้แนวคิดที่มีคะแนนมากที่สุด **คือ แนวคิด E คือ ลดความหนาวัสดุลง 0.4 mm. ลดขนาดพื้นที่ลง 30%, รูปร่างสี่เหลี่ยม และใช้วัสดุเป็นเหล็กเคลือบสังกะสี** SGCC-ZN22 ส่วนที่เปลี่ยนแปลงจากแบบปัจจุบัน คือ ความหนา

ของวัสดุ ที่จะต้องมีความหนาลดลง และขนาดวัสดุต้องลดลง ดังนั้นจะนำจุดเปลี่ยนแปลงทั้งสองมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการของ TRIZ ต่อไป

การวิเคราะห์ความขัดแย้ง

ความขัดแย้งทางเทคนิคและความขัดแย้งทางกายภาพ

1. ความขัดแย้งทางเทคนิคจะเกิดขึ้นเมื่อเราพยายามปรับปรุงพารามิเตอร์หนึ่งให้ดีขึ้น แต่กลับส่งผลให้อีกพารามิเตอร์หนึ่งแย่ลง ซึ่งจากแนวคิดในการออกแบบที่ได้จากขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิดนั้นวัสดุที่มีการลดความหนาของวัสดุลงมา 0.4 mm. และความหนาที่ลดลงก็ทำให้เกิดปัญหาเรื่องความแข็งแรงของชิ้นงานตามมา ลักษณะเช่นนี้จะสอดคล้องกับปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคของ TRIZ

2. ความขัดแย้งทางกายภาพ เกิดขึ้นในการลดขนาดของพื้นที่ลง 30% จากความต้องการในการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเมื่อเราทำการลดขนาดของวัสดุเท่ากับว่าพื้นที่ในการประกอบก็จะน้อยส่งผลให้ชิ้นส่วน Electronic ต่าง ๆ เข้ามาชิดกันมากขึ้น ทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนและ ตัวผลิตภัณฑ์จะเห็นได้ว่ามีความขัดแย้งทางกายภาพเกิดขึ้น คือ เราต้องการความปลอดภัยในการออกแบบชุด Electronic Box Assembly ดังนั้นแผ่น Electronic Box Plate จะต้องมีพื้นที่มากพอสำหรับให้ชิ้นส่วน Electronic อยู่โดยไม่วางเบียดกัน แต่ในขณะเดียวกันการลดต้นทุนจำเป็นต้องลดแผ่น Electronic Box Plate ลง 30% ดังนั้นพื้นที่การประกอบก็จะน้อยลงทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอันตราย

การแก้ปัญหาตามหลักการ 40 ข้อของ TRIZ

ทฤษฎี TRIZ เป็นการนำปัญหาการประดิษฐ์ต่าง ๆ มาจัดเป็นระบบ และกำหนดแนวทางแก้ปัญหาสำหรับระบบเหล่านั้นการใช้ตาราง TRIZ จะเริ่มจากการนำปัญหาที่ต้องการแก้ไขมาเปลี่ยนเป็นแบบที่เป็นนามธรรม จากนั้นหาคำตอบในตารางที่ตรงกับรูปแบบดังกล่าว

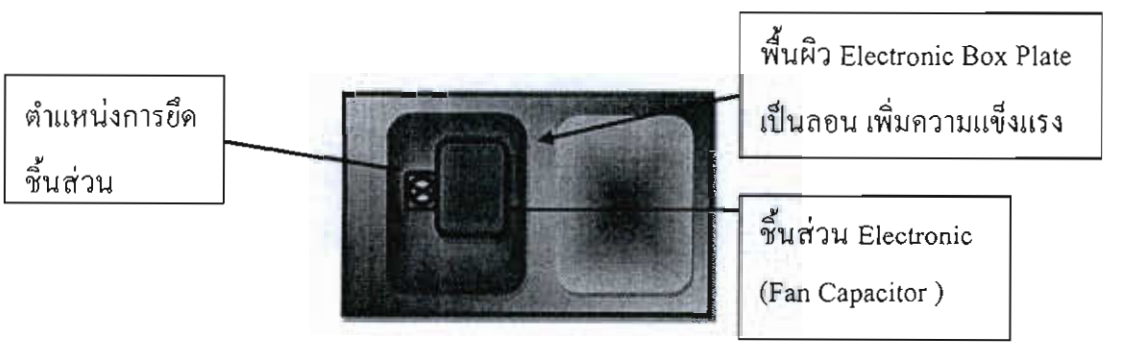
ปัญหาแรก คือ ความหนาของชิ้นงาน กับความแข็งแรงนั้น ในตารางแมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ จะไม่มีคุณสมบัติเรื่องความหนาโดยตรง เราจะเลือกจับคู่ความขัดแย้งที่ใกล้เคียงกับความหนา คือ ความยาว ปริมาตร น้ำหนัก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เราต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้น กล่าวคือ ลดต้นทุนให้น้อยลงแต่จะเกิดปัญหากับคุณสมบัติที่ว่าด้วยความแข็งแรง คือ ความแข็งแรงจะด้อยลงเมื่อเราจับคู่ความขัดแย้งเป็นคู่ ๆ แล้วจุดตัดในตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง (ภาพภาคผนวก ก-2) จะได้แนวทางการแก้ปัญหาตามหลักการ 40 ข้อของ TRIZ (ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์) โดยสรุปได้ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ตารางแนวทางการแก้ปัญหาตามหลักการ 40 ข้อของ TRIZ

ลดความหนา	จะเกิดความขัดแย้ง (ความขัดแย้งเชิงเทคนิค)	ความแข็งแรง		หลักการต่าง ๆ จากเครื่องมือของ TRIZ ที่น่าจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา			
ความยาว (4)	→	14	→	15	14	28	26
ปริมาตร (8)		14	→	9	14	17	15
รูปแบบ (12)		14	→	30	14	10	40

จากการจับคู่ความขัดแย้งนั้นจะเห็นว่าหลักการข้อที่ 14 จะปรากฏอยู่ในอันดับต้น ๆ ของคู่ความขัดแย้งทุกคู่และเมื่อไปดูรายละเอียดของหลักการข้อที่ 14 จะพบว่าเป็นหลักเกี่ยวกับเรื่องการใช้ความโค้ง ซึ่งถ้าวัตถุเป็นเส้นตรงให้พยายามทำให้เป็นเส้นโค้ง หรือถ้าวัตถุเป็นผิวเรียบก็ให้พยายามทำให้เป็นผิวโค้ง

จากหลักการที่ได้ทางทีมงานผู้ออกแบบจึงได้นำมาสร้างสรรค์ความคิดกันเพื่อปรับปรุงความหนาของแผ่น Electronic Box Plate ซึ่งจะยังคงรักษาความแข็งแรงได้โดยการใส่ลอนตามผิวของชิ้นงานในบางจุดที่ต้องรับแรงจากวัสดุภายนอก (ชิ้นส่วน Electronic) โดยแสดงตัวอย่างการออกแบบไว้ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 แสดงตัวอย่างการเพิ่มลอนบนผิวงานที่จะต้องรับแรงจากชิ้นส่วนภายนอก

และเมื่อการออกแบบให้มีการเพิ่มลอนก็จะมีปัญหาความขัดแย้งตามมา คือ การขึ้นรูปของวัสดุที่ใช้อยู่ปัจจุบัน (SGCC-ZN22) ไม่เหมาะกับการขึ้นรูปลักษณะเป็นลอน และจากตารางที่ 4-4 เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการเปลี่ยนวัสดุเป็น SGCD-ZN22 แทนได้ ซึ่งสามารถรองรับการขึ้นรูปงานเหล็กลักษณะการขึ้นรูปแบบลอนได้ และการแก้ปัญหาเช่นนี้เป็นเพียงตัวอย่างการ

แก้ปัญหาหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้อาจจะต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อยืนยันงานออกแบบในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

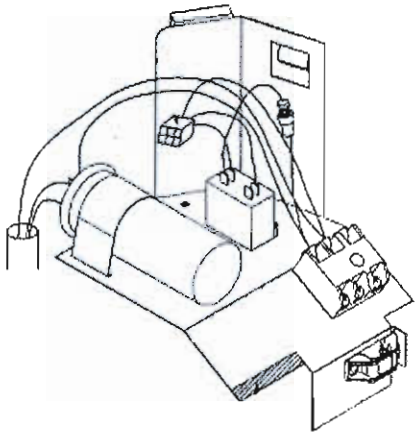
ปัญหาที่สอง คือ การลดพื้นที่ EL.Box Plate ลง 30% ซึ่งเป็นปัญหาทางกายภาพนั้น อัลชูลเลอร์ ได้พัฒนาแนวคิดหรือเครื่องมือสำหรับแก้ปัญหานี้ขึ้น เรียกว่า หลักการในการแบ่งแยก โดยมีหัวข้อในการพิจารณา 4 อย่าง คือ

1. แบ่งแยกเชิงพื้นที่
2. แบ่งแยกในเชิงเวลา
3. แบ่งแยกในเชิงภาพรวม
4. แบ่งแยกในเชิงเงื่อนไข

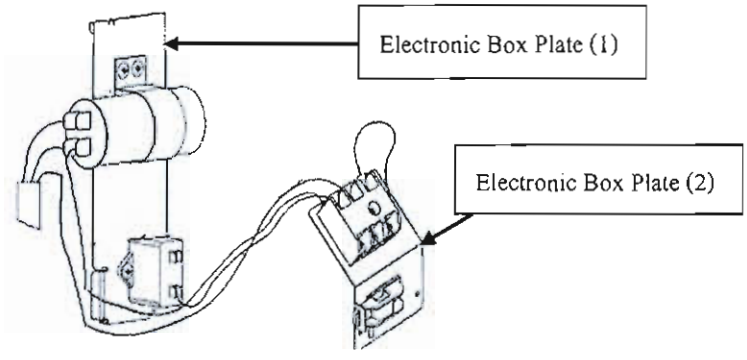
จากหลักการทั้ง 4 ข้อด้านบน งานวิจัยนี้จะแสดงตัวอย่างในการนำมาใช้พิจารณาในหัวข้อการแบ่งแยกพื้นที่ ซึ่งเป็นแนวทางที่มีความสอดคล้องกับปัญหามากที่สุด และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแนวคิดโดยใช้หลักการอื่น ๆ ที่เหลืออีกต่อไป

การแบ่งแยกพื้นที่คือจะทำการแบ่งแยกพื้นที่ของ Electronic Box Plate ในส่วนที่ชิ้นส่วน Electronic จำเป็นต้องอยู่ห่างกัน โดยอ้างอิงจากมาตรฐานการออกแบบของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ (ในที่นี้จะไม่กล่าวถึง แต่จะแสดงเป็นตัวอย่างในการออกแบบไว้เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณา) งานวิจัยนี้ขอแสดงตัวอย่างในการออกแบบในหัวข้อการแบ่งแยกพื้นที่ไว้สองแบบ ดังนี้

1. แบ่งแยกโดยการแบ่งชิ้นส่วนของ Electronic Box Plate ออกเป็น 2 ส่วน เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่ที่ได้ทำการลดลงไป 30% ได้โดยยังรักษาระยะห่างของชิ้นส่วน Electronic ไว้ได้ตามมาตรฐาน โดยได้แสดงแนวคิดไว้ในภาพที่ 4-9

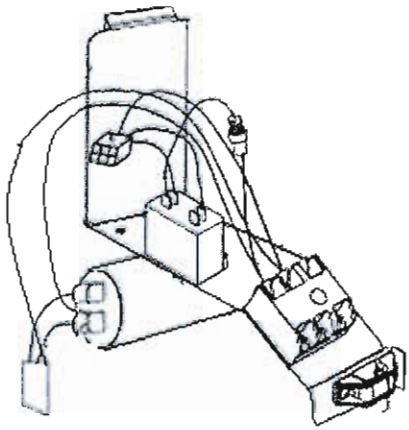


แบบปัจจุบัน



ภาพที่ 4-9 แนวคิดแบบที่ 1 การแบ่งแยกชิ้นส่วน Electronic Box Plate

2. แบ่งแยกโดยการแบ่งแยกชิ้นส่วน Electronic ที่อยู่ใกล้ชิดกันออกจากกัน แต่ถูกจำกัดในเรื่องพื้นที่ที่ได้ทำการพิจารณาลดลงไป 30% ดังนั้นทางทีมผู้ออกแบบจึงได้นำวิธีการการซ้อนกันมาประยุกต์ใช้ดังแสดงในภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 แนวคิดแบบที่ 2 การแบ่งแยกชิ้นส่วน Electronic

จากปัญหาสองข้อที่เกิดขึ้นก็ได้ทำการเสนอแนวทางการแก้ไขโดยอาศัยหลักการความขัดแย้งของ TRIZ ไว้แล้วเพื่อให้การออกแบบนั้นสมบูรณ์โดยปราศจากความขัดแย้งและยังคงรักษาในด้านคุณภาพไว้ได้จึงจำเป็นต้องนำแนวทางการแก้ไขทั้งสองมารวมเข้าด้วยกัน

ตัวอย่างของงานที่นำเสนอแนวคิดแบบที่ 1 ก็คือ การแบ่งวัสดุออกเป็น 2 ส่วน เพื่อความปลอดภัยและเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุด้วยการเพิ่มลอนให้กับวัสดุ (Electronic Box Plate)

แนวคิดแบบที่ 2 คือการแบ่งแยกชิ้นส่วน Electronic ออกจากกันเพื่อความปลอดภัย และเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุด้วยการเพิ่มลอนให้กับวัสดุ (Electronic Box Plate)

การประเมินผล (Evaluation Phase)

การประเมินผลในขั้นตอนนี้จะแสดงการประเมินผลในหัวข้อที่มีความสำคัญบางส่วนเท่านั้นเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการในการประเมินผลในด้านอื่น ๆ ที่ทางผู้พัฒนาหรือทางบริษัทต้องการ เพื่อเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการตัดสินใจต่อไป

การประเมินผลจะเป็นการให้คะแนนของทีมงานโดยทำการเปรียบเทียบกับแบบของผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน เทียบกับแนวคิดที่ได้เสนอไว้ในขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิด ซึ่งค่าคะแนนได้ทำการกำหนดตั้งแต่ 1 ถึง 5 ดังนี้

1 - แย่กว่าแบบปัจจุบัน

2 - ค่อนข้างแย่กว่าแบบปัจจุบัน

3 - เหมือนหรือคล้ายกับแบบปัจจุบัน

4 - ค่อนข้างดีกว่าแบบปัจจุบัน

5 - ดีกว่าแบบปัจจุบัน

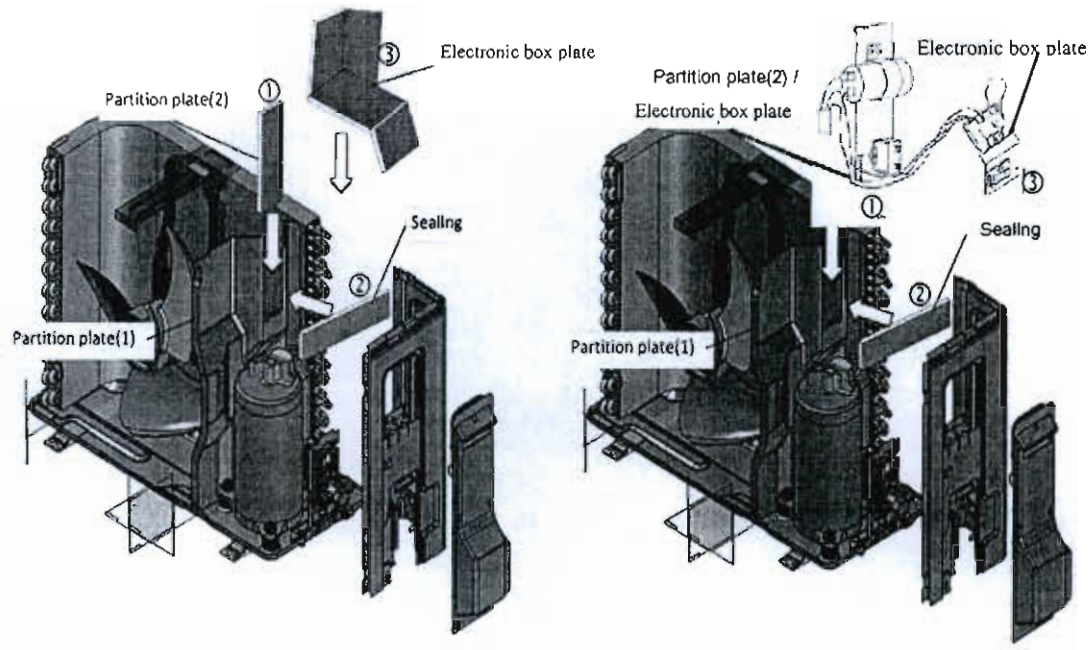
จากนั้นจึงรวบรวมหัวข้อที่จะใช้ในการประเมินโดยคำนึงถึงจุดประสงค์ของการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ เช่น ต้นทุนวัสดุที่ลดลงได้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความแข็งแรงของวัสดุ การทนการกัดกร่อนของวัสดุ ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ และส่วนที่ได้รับผลกระทบ เช่น ระยะเวลาในการประกอบ

ตารางที่ 4-13 แสดงการประเมินแนวคิด

หัวข้อการประเมิน	**แนวคิดแบบที่ 1**	**แนวคิดแบบที่ 2**
ต้นทุนวัสดุที่ลดลงได้	5	4
ความแข็งแรงของวัสดุ	3	3
การทนการกัดกร่อน	3	3
ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์	4	3
ระยะเวลาในการประกอบ	4	3
คะแนนรวม	**19**	**13**

จากตารางที่ 4-13 การให้คะแนนในหัวข้อการประเมินด้านต้นทุนวัสดุที่ลดลงได้นั้น แนวคิดแบบที่ 1 จะได้คะแนนมากกว่า แนวคิดแบบที่ 2 เนื่องจากแนวคิดแบบที่ 1 สามารถลดวัสดุที่ใช้ทำแผ่นเหล็กรองรับชิ้นส่วน Electronic ลงได้ 50% แล้ว และยังสามารถใช้แทนแผ่นเหล็กปิด (Partition Plate 2) คือเป็นการรวมหน้าที่ของการออกแบบโดยใช้แผ่นเหล็กปิด (Partition Plate 2) ให้เป็นแผ่นเหล็กรองรับชิ้นส่วน Electronic ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 4-9

ถ้าทำการประเมินในด้านคุณค่าตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า V=F/C แล้วนั้น จะทำให้เห็นว่ามีคุณค่าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก F (Function) มีมากขึ้นสามารถทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วน Electronic และยังทำหน้าที่แทน Partition Plate (2) ได้ด้วย และ C (Cost) มีค่าลดลง เนื่องจากใช้ปริมาณวัสดุที่น้อยลงจึงทำให้ต้นทุนต่ำลงด้วย



แบบปัจจุบัน แนวคิดที่จะทำการพัฒนา

ภาพที่ 4-11 เปรียบเทียบการใช้ชิ้นส่วนวัสดุของแบบปัจจุบัน และแนวคิดที่จะทำการพัฒนา

- หัวข้อการประเมินความแข็งแรงของวัสดุนั้น ให้คะแนนเท่ากันเนื่องจากมีการใช้วัสดุชนิดเดียวกัน ความหนาเท่ากัน และมีการออกแบบให้มีการเพิ่มลอนเพิ่มเสริมความแข็งแรงเหมือนกัน

- การทนการกัดกร่อนของวัสดุ มีคะแนนเท่ากันเนื่องจากใช้วัสดุชนิดเดียวกัน

- ด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ จากแนวคิดแบบที่ 1 จะเห็นได้ว่าชิ้นส่วน Electronic จะมีระยะห่างระหว่างแต่ละชิ้นส่วนได้มากกว่า แนวคิดแบบที่ 2 และแบบปัจจุบัน ดังนั้นจึงสามารถประเมินได้ว่าจะมีความปลอดภัยที่ดีขึ้น

- ในด้านระยะเวลาในการประกอบนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อแบบที่ 1 สามารถรวมแผ่นเหล็กปิด (Partition Plate 2) ให้เป็นแผ่นเหล็กรองรับชิ้นส่วน Electronic (Electronic Box Plate) นั้น ทำให้สามารถลดชิ้นส่วนที่จะต้องทำการประกอบลงส่งผลให้ระยะเวลาในการประกอบลดลงด้วย

ผลจากการประเมินโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นมานั้นทำให้เห็นว่าแนวคิดแบบที่ 1 มีคะแนนรวมที่สูงกว่าแนวคิดแบบที่ 2 ดังนั้นจึงเลือกแนวคิดแบบที่ 1 เพื่อใช้ในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุนต่อไป

บทที่5

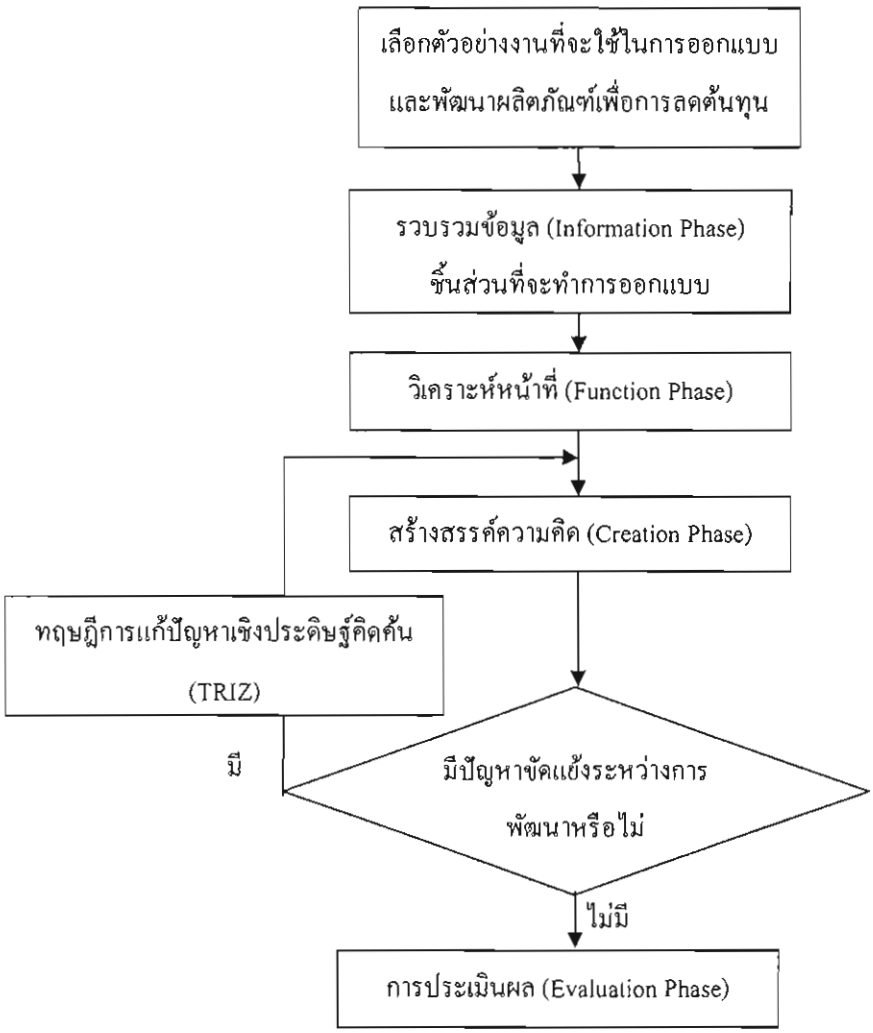
สรุปผลและเสนอแนะ

การนำเสนอการออกแบบเพื่อลดต้นทุนโดยใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่าและทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ร่วมกันเพื่อตอบสนองการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นนั้น จากการนำเสนอวิธีการและยกตัวอย่างการดำเนินการจะสามารถสรุปผลได้ดังนี้

สรุปผลการดำเนินงาน

ปัญหา วิธีการ และผลที่ได้ในการลดต้นทุนโดยใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่าและทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นร่วมกันในการออกแบบผลิตภัณฑ์

1. ในช่วงเริ่มต้นของการที่จะนำเอาทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นมาใช้ร่วมกับเทคนิคของวิศวกรรมคุณค่านั้น เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยความเข้าในในหลักการและวิธีการในการดำเนินงานของแต่ละเทคนิคก่อนที่จะสามารถนำทั้งสองวิธีเข้ามาเชื่อมโยงจนเกิดเป็นวิธีการใหม่ จากการศึกษาผู้ทำวิจัยสังเกตเห็นว่าวิธีการของ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น นั้นเป็นวิธีการที่ใช้แก้ไขปัญหาในการออกแบบดังนั้นจึงเห็นเป็นแนวทางที่จะนำ ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นมาใช้ในระหว่างขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase) ดังแสดงในภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 แสดงการไหลของวิธีการดำเนินการวิจัยของโครงงาน

2. จากตัวอย่างของการทำวิจัยการออกแบบเพื่อลดต้นทุนนี้ จะเห็นได้ว่าสามารถลดวัสดุในการผลิตชิ้นส่วนลงไปได้มากกว่า 30% นั่นอาจหมายถึง การลดต้นทุนที่เกิดจากใช้วัสดุที่ลดลงไปมากกว่า 30% ด้วย แต่ทั้งนี้ผู้ศึกษาควรจะทำการประเมินในเรื่องของการลงทุนในด้านเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบ ระยะเวลาในการประกอบชิ้นงาน และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่จะเกิดขึ้นด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การออกแบบเพื่อลดต้นทุนสามารถเกิดขึ้นได้จริง มีประสิทธิภาพ และเกิดความคุ้มค่าสูงสุด ทั้งนี้คุณค่าของชิ้นส่วนก็เพิ่มขึ้น เนื่องจาก F (Function) มีมากขึ้นสามารถทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วน Electronic และยัง

ทำหน้าที่แทน Partition Plate (2) ได้ด้วย และ C (Cost) มีค่าลดลงเนื่องจากใช้ปริมาณวัสดุที่น้อยลง จึงทำให้ต้นทุนต่ำลงด้วย

3. การนำอาทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นมาประยุกต์ใช้ในระหว่างขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิด ทำให้การออกแบบเพื่อลดต้นทุนสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ เนื่องจากมีการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิด โดยทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น ซึ่งเป็นวิธีการที่มีการกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นไว้ได้อย่างชัดเจน โดยผู้ทำการออกแบบไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหา

4. การนำหลักการวิเคราะห์ความขัดแย้งของทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นมาใช้ในขั้นตอนสร้างสรรค์ความคิดนั้น สามารถลดเวลาในการลองผิดลองถูกในการออกแบบได้ ถ้าผู้ทำการออกแบบสามารถวิเคราะห์ความขัดแย้งนั้นได้ถูกต้อง

อภิปรายผล

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นเพียงการยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์หนึ่งขึ้นมาเพื่อใช้ในการนำเสนอแนวความคิด และขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเท่านั้น ไม่ได้ลงมือปฏิบัติเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จริง ในขั้นตอนการรวบรวมเก็บข้อมูล ขั้นตอนการประเมินผลจึงไม่สามารถสรุปข้อมูลในเชิงตัวเลขได้ แต่จากการนำเสนอวิธีการนี้ทำให้เห็นว่าวิธีการการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นจะช่วยขจัดปัญหาความขัดแย้งที่จะเกิดขึ้นจากขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิดสำหรับการออกแบบเพื่อลดต้นทุนได้ ทั้งยังลดเวลาในการลองผิดลองถูกลงสำหรับการออกแบบเมื่อเกิดปัญหาความขัดแย้งขึ้นในขั้นตอนการออกแบบ แต่ทั้งนี้การที่จะสามารถแก้ไขปัญหาในงานออกแบบโดยใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ทางผู้ออกแบบจำเป็นต้องเข้าใจถึงปัญหาของงานออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น ๆ และต้องทำความเข้าใจกับวิธีการแก้ปัญหาตามหลักการ 40 ข้อของ TRIZ ด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการลดต้นทุนชิ้นส่วนต่าง ๆ นั้น อาจจะส่งผลในเรื่องคุณภาพ ดังนั้น ทุกครั้งที่มีการพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่จะต้องทำการทดสอบคุณภาพของวัสดุให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

2. ควรศึกษารายละเอียดถึงผลกระทบของพนักงานในด้านการประกอบผลิตภัณฑ์ด้วย ว่าจะสามารถปฏิบัติงานได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด หรือได้รับอันตรายในขั้นตอนการประกอบผลิตภัณฑ์

3. ด้านการลงทุนในเรื่องเครื่องจักรเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตชิ้นงานใหม่จำเป็นต้องประเมินร่วมด้วย

4. ก่อนเริ่มดำเนินการลดต้นทุนชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ใด ๆ ควรทำการประเมินระยะเวลาในการดำเนินการ ผลกระทบต่าง ๆ การลงทุน และผลตอบแทนความคุ้มค่า

5. การออกแบบหรือการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม จากการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นนั้น สิ่งที่ต้องดำเนินควบคู่กันไปคือการศึกษาในด้านการออกแบบเพื่อการผลิต การประกอบ (DFM/ DFA) วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) และเพื่อสิ่งแวดล้อม (ECO) ด้วย

6. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นนั้นยังมีอยู่หลายวิธีแต่ในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปในวิธีการแก้ปัญหาโดยมองที่ความขัดแย้ง ดังนั้นผู้วิจัยควรทำการศึกษาวิธีอื่น ๆ ของทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นไว้ด้วยเพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหาเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

กิตติ วิโรจรัตนาภาพิศาล. (2550). แนวคิดการออกแบบเชิงวัตกรรมสำหรับเบาะนั่งรถยนต์แบบสะดวกสบาย. วิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กิตติ วิบูลย์ศิริเสรีกูล. (2546). การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า/ การวิเคราะห์คุณค่า : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชุดสายไฟรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐ์นิรินธฯ พันธุจินดา. (2551). การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2551 พัฒนาโปรแกรมสำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประทีป ช่วยเกิด. (2546). วิศวกรรมคุณค่าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. วารสารพลังงาน, 4(2546), 40-50.

มนฑลี ศาสนนันทน์. (2550). การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมย้อนรอย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ฤภูวัลย์ จันทรสา. (2553). เอกสารประกอบการสอน การออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการเชิงวิศวกรรม.

อติศักดิ์ นาวเหนียว. (2550). การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการวิเคราะห์คุณค่าในการลดต้นทุน กรณีศึกษาอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์. งานนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

อรรคเจตต์ อภิชจรศิลป์ และปริญญ์ บุญกนิษฐ. Eco Design Consultant Co.,Ltd. วันที่ค้นข้อมูล 15 พฤษภาคม 2553. www.scgexperience.co.th.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2548). วิศวกรรมคุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2548). วิศวกรรมคุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนในธุรกิจยุคสหัสวรรษ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์. (2550). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดย TRIZ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย –ญี่ปุ่น).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Feature to Improve \ Undesired Result (Conflict)		1 Weight of moving object	2 Weight of non-moving object	3 Length of moving object	4 Length of non-moving object	5 Area of moving object	6 Area of non-moving object	7 Volume of moving object	8 Volume of non-moving object	9 Speed	10 Force	11 Tension, pressure	12 Shape	13 Stability of object
1	Weight of moving object			15,8, 29,34		29,17, 38,34		29,2, 40,28		2,8, 15,38	8,10, 18,37	10,36, 37,40	10,14, 35,40	1,35, 19,39
2	Weight of non-moving object				10,1, 29,35		35,30, 13,2		5,35, 14,2		8,10, 19,35	13,29, 10,18	13,10, 29,14	26,39, 1,40
3	Length of moving object	8,15, 29,34				15,17, 4		7,17, 4,35		13,4, 8	17,10, 4	1,8, 35	1,8, 10,29	1,8, 15,34
4	Length of non-moving object		35,28, 40,29				17,7, 10,40		35,8, 2,14		28,10	1,14, 35	13,14, 15,7	39,37, 35
5	Area of moving object	2,17, 29,4		14,15, 18,4				7,14, 17,4		29,30, 4,34	19,30, 35,2	10,15, 36,28	5,34, 29,4	11,2, 13,39
6	Area of non-moving object		30,2, 14,18		26,7, 9,39						1,18, 35,36	10,15, 36,37		2,38
7	Volume of moving object	2,26, 29,40		1,7, 4,35		1,7, 4,17				29,4, 38,34	15,35, 36,37	6,35, 36,37	1,15, 29,4	28,10, 1,39
8	Volume of non-moving object		35,10, 19,14	19,14	35,8, 2,14						2,18, 37	24,35	7,2, 35	34,28, 35,40
9	Speed	2,28, 13,38		13,14, 8		29,30, 34		7,29, 34			13,28, 15,19	6,18, 38,40	35,15, 18,34	28,33, 1,18
10	Force	8,1, 37,18	18,13, 1,28	17,19, 9,36	28,10	19,10, 15	1,18, 36,37	15,9, 12,37	2,36, 18, 37	13,28, 15,12		18,21, 11	10,35, 40,34	35,10, 21
11	Tension, pressure	10,36, 37,40	13,29, 10,18	35,10, 36	35,1, 14,16	10,15, 36,25	10,15, 35,37	6,35, 10	35,24	6,35, 38	36,35, 21		35,4, 15,10	35,33, 2,40
12	Shape	8,10, 29,40	15,10, 26,3	29,34, 5,4	13,14, 10,7	5,34, 4,10		14,4, 15,22	7,2, 35	35,15, 34,18	35,10, 37,40	34,15, 10,14		33,1, 18,4
13	Stability of object	21,35, 2,39	26,39, 1,40	13,15, 1,28	37	2,11, 13	39	28,10, 19,39	34,28, 35,40	33,15, 28,18	10,35, 21,16	2,35, 40	22,1, 18,4	
14	Strength	1,8, 40,15	40,26, 27,1	1,15, 8,35	15,14, 28,26	3,34, 40,29	9,40, 28	10,15, 14,7	9,14, 17,15	8,13, 26,14	10,18, 3,14	10,3, 18,40	10,30, 35,40	13,17, 35
15	Durability of moving object	19,5, 34,31		2, 19, 9		3,17, 19		10,2, 19,30		3, 35, 5	19,2, 18	19,3, 27	14,26, 28,25	13,3, 35
16	Durability of non-moving object		6,27, 19,16		1,10, 35				35,34, 38					39,3, 35,23
17	Temperature	36,22, 6,38	22,35, 32	15,19, 9	15,19, 9	3,35, 39,18	35,38	34,39, 40,18	35,6, 4	2,28, 36,30	35,10, 3,21	35,39, 19,2	14,22, 19,32	1,35, 32
18	Brightness	19,1 32	2,35, 32	19,32 16		19,32 26		2,13, 10		10,13, 19	26,19, 6		32,30	32,3, 27
19	Energy spent by moving object	12,18, 28,31		12,28		15,19, 25		35,13 18		8,15, 35	16,26, 21,2	23,14, 25	12,2, 29	19,13, 17,24
20	Energy spent by non-moving object		19,9, 6,27								36,37			27,4, 29,18

ภาพภาค ก-1 แมทริกซ์ความขัดแย้ง สำหรับแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค

Feature to Improve \ Undesired Result (Conflict)		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance
1	Weight of moving object	28,27, 18,40	5,34, 31,35		6,20, 4,38	19,1, 32	35,12, 34,31		12,36, 18,31	6, 2, 34,19	5,35, 3,31	10,24, 35	10,35, 20,28	3,26, 18,31
2	Weight of non-moving object	28,2, 10,27		2,27, 19,6	28,19, 32,22	19,32, 35		18,19, 28,1	15,19, 18,22	18,19, 28,15	5, 8, 13,30	10,15, 35	10,20, 35,26	19,6, 18,26
3	Length of moving object	8,35, 29,34	19		10,15, 19	32	8,35, 24		1,35	7, 2, 35,39	4,29, 23,10	1, 24	15, 2, 29	29, 35
4	Length of non-moving object	15,14, 28,26		1,40, 35	3,35, 38,18	3,25			12,8	6,28	10,28, 24,35	24,26	30,29, 14	
5	Area of moving object	3,15, 40,14	6,3		2,15, 16	15,32, 19,13	19,32		19,10, 32,18	15,17, 30,26	10,35, 2,39	30,26	26, 4	29,30, 6,13
6	Area of non-moving object	40		2,10, 19,30	35,39, 38				17,32	17,7, 30	10,14, 18,39	30,16	10,35, 4,18	2, 18, 40,4
7	Volume of moving object	9,14, 15,7	6,35, 4		34,39, 10,18	2,13, 10	35		35,6, 13,18	7,15, 13,16	36,39, 34,10	2, 22	2, 6, 34,10	29,30, 7
8	Volume of non-moving object	9,14, 17,15		35,34, 38	35, 6, 4				30,6		10,39, 35,34		35,16, 32,18	35, 3
9	Speed	8,3, 26,14	3,19, 35,5		28,30, 36,2	10,13, 19	8,15, 35,38		19,35, 38,2	14,20, 19,35	10,13, 28,38	13, 26		18,19, 29,38
10	Force	35,10, 14,27	19,2		35,10, 21		19,17, 10	1,18, 36,37	19,35, 18,37	14,15	8,35, 40,5		10,37, 36	14,29, 18,36
11	Tension, pressure	9,18, 3,40	19,3, 27		35,39, 19,2		14,24, 10,37		10,35, 14	2,36, 25	10,36, 3,37		37,36, 4	10,14, 36
12	Shape	30,14, 10,40	14,26, 9,25		22,14, 19,32	13,15, 32	2,6, 34,14		4, 6, 2	14	35,29, 3, 5		14,10, 34,17	36, 22
13	Stability of object	17,9, 15	13,27, 10,35	39,3, 35,23	35,1, 32	32,3, 27,15	13,19	27,4, 29,18	32,35, 27,31	14,2, 39,6	2, 14, 30,40		35,27	15,32, 35
14	Strength		27,3, 26		30,10, 40	35,19	19,35, 10	35	10,26, 35,28	35	35,28, 31,40		29,3, 28,10	29,10, 27
15	Durability of moving object	27,3, 10			19,35, 39	2,19, 4,35	28,6, 35,18		19,10, 35,38		28,27, 3,18	10	20,10, 28,18	3, 35, 10,40
16	Durability of non-moving object				19,18, 36,40				16		27,16, 18,38	10	28,20, 10,16	3, 35, 31
17	Temperature	10,30, 22,40	19,13, 39	19,18, 36,40		32,30, 21,16	19,15, 3,17		2,14, 17,25	21,17, 35,38	21,36, 29,31		35,28, 21,18	3, 17, 30,39
18	Brightness	35,19	2, 19, 6		32,35, 19		32,1, 19	32,35, 1,15	32	19,16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26,17	1, 19
19	Energy spent by moving object	5,19, 9,35	28,35, 6,18		19,24, 3,14	2,15, 19			6,18, 37,18	12,22, 15,24	35,24, 18,5		35,38, 19,18	34,23, 16,18
20	Energy spent by non-moving object	35				19,2, 35,32					28,27, 18,31			3, 35, 31

ภาพภาค ก-1 แมทริกซ์ความขัดแย้ง สำหรับแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค (ต่อ)

	Undesired Result (Conflict) / Feature to Improve	27 Reliability	28 Accuracy of measurement	29 Accuracy of manufacturing	30 Harmful factors acting on object	31 Harmful side effects	32 Manufacturability	33 Convenience of use	34 Repairability	35 Adaptability	36 Complexity of device	37 Complexity of control	38 Level of automation	39 Productivity
1	Weight of moving object	3, 11, 1,27	28,27, 35,26	28,35, 26,18	22,21, 18,27	22,35, 31,39	27,28, 1,36	35,3, 2,24	2,27, 28,11	29,5, 15,8	26,30, 36,34	28,29, 26,32	26,35, 18,19	35,3, 24,37
2	Weight of non-moving object	10,28, 8, 3	18,26, 28	10,1, 35,17	2, 19, 22,37	35,22, 1,39	28, 1, 9	6,13, 1, 32	2,27, 28,11	19,15, 29	1,10, 26,39	25,28, 17,15	2, 26, 35	1, 28, 15,35
3	Length of moving object	10,14, 29,40	28,32, 4	10,28, 29,37	1,15, 17,24	17,15	1, 29, 17	15,29, 35,4	1, 28, 10	14,15, 1,16	1, 19, 26,24	35,1, 28,24	17,24, 26,16	14,4, 28,29
4	Length of non-moving object	15,29, 28	32,28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	28		30,14, 7,26
5	Area of moving object	29, 9	26,28, 32,3	2,32	22,33, 28,1	17,2, 18,39	13,1, 26,24	15,17, 13,16	15,13, 10,1	15, 30	14, 1, 13	2,36, 26,18	14,30, 28,23	10,26, 34,2
6	Area of non-moving object	32,35, 40,4	26,28, 32,3	2,29, 18,36	27,2, 39,35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	18	15, 16	1, 18, 36	2,35, 30,18	23	10,15, 17,7
7	Volume of moving object	14, 1, 40,11	25,26, 28	25,28, 2,16	22,21, 27,35	17,2, 40,1	29, 1, 40	15,13, 30,12	10	15, 29	26, 1	29,26, 4	35,34, 16,24	10, 6, 2,34
8	Volume of non-moving object	2,35, 16		35,10, 25	34,39, 19,27	30,18, 35,4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35,37, 10,2
9	Speed	11,35, 27,28	28,32, 1,24	10,28, 32,25	1,28, 35,23	2,24, 35,21	35,13, 8,1	32,28, 13,12	34,2, 28,27	15,10, 26	10,28, 4,34	3,34, 27,16	10, 18	
10	Force	3,35, 13,21	35,10, 23,24	28,29, 37,36	1,35, 40,18	13,3, 36,24	15,37, 16,1	1,28, 3,25	15, 1, 11	15,17, 18,20	26,35, 10,18	36,37, 10,19	2, 35	3,28, 35,37
11	Tension, pressure	10,13, 19,35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10,14, 35,37
12	Shape	10,40, 16	28,32, 1	32,30, 40	22,1, 2, 35	35, 1	1,32, 17,28	32,15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16,29, 1,28	15,13, 39	15, 1, 32	17,26, 34,10
13	Stability of object		13	18	35,24, 30,18	35,40, 27,39	35, 19	32,35, 30	2,35, 10,16	35,30, 34,2	2,35, 22,26	35,22, 39,23	1, 8, 35	23,35, 40,3
14	Strength	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18,35, 37,1	15,35, 22,2	11,3, 10,32	32,40, 28,2	27,11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29,35, 10,14
15	Durability of moving object	11, 2, 13	3	3,27, 16,40	22,15, 33,28	21,39, 16,22	27, 1, 4	12, 27	29,10, 27	1, 35, 13	10,4, 29,15	19,29, 39,35	6, 10	35,17, 14,19
16	Durability of non-moving object	34,27, 6,40	10, 26 24		17,1, 40,33	22	35, 10	1	1	2		25,34, 6,35	1	10,20, 16,38
17	Temperature	19,35, 3,10	32,19, 24	24	22,33, 35,2	22,35, 2,24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2,18, 27	2,17, 16	3,27, 35,31	26,2, 19,16	15,28, 35
18	Brightness		11,15, 32	3, 32	15, 19	35,19, 32,39	19,35, 28,26	28,26, 19	15,17, 13,16	15, 1, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 28, 10	2, 25, 16
19	Energy spent by moving object	19,21, 11,27	3, 1, 32		1,35, 6,27	2, 35, 6	28,26, 30	19, 35	1,15, 17,28	15,17, 13,16	2, 29, 27,28	35, 38	32, 2	12,28, 35
20	Energy spent by non-moving object	10,35, 23			10, 2, 22,37	19,22, 18	1, 4					19,35, 16,25		1, 6

ภาพภาค ก-1 แมทริกซ์ความขัดแย้ง สำหรับแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค (ต่อ)

Feature to Improve \ Undesired Result (Conflict)		1 Weight of moving object	2 Weight of non-moving object	3 Length of moving object	4 Length of non-moving object	5 Area of moving object	6 Area of non-moving object	7 Volume of moving object	8 Volume of non-moving object	9 Speed	10 Force	11 Tension, pressure	12 Shape	13 Stability of object
21	Power	8,36, 38,31	19,26, 17,27	1,10, 35,37		19,38	17,32, 13,38	35,6, 38	30,6, 25	15,35, 2	26,2, 36,35	22,10, 35	29,14, 2,40	35,32, 15,31
22	Waste of energy	15,6, 19,28	19,6, 18,9	7,2, 6,13	6,38, 7	15,26, 17,30	17,7, 30,18	7,18, 23	7	16,35, 38	36,38			14,2, 39,6
23	Waste of substance	35,6, 23,40	35,6, 22,32	14,29, 10,39	10,28, 24	35,2, 10,31	10,18, 39,31	1,29, 30,36	3,39, 18,31	10,13, 28,38	14,15, 18,40	3,36, 37,10	29,35, 3,5	2,14, 30,40
24	Loss of information	10,24, 35	10,35, 5	1,26	26	30,26	30,16		2,22	26,32				
25	Waste of time	10,20, 37,35	10,20, 26,5	15,2, 29	30,24, 14,5	26,4, 5,16	10,35, 17,4	2,5, 34,10	35,16, 32,18		10,37, 36,5	37,36, 4	4,10, 34,17	35,3, 22,5
26	Amount of substance	35,6, 18,31	27,26, 18,35	29,14, 35,18		15,14, 29	2,18, 40,4	15,20, 29		35,29, 34,28	35,14, 3	10,36, 14,3	35,14	15,2, 17,40
27	Reliability	3,8, 10,40	3,10, 8,28	15,9, 14,4	15,29, 28,11	17,10, 14,16	32,35, 40,4	3,10, 14,24	2,35, 24	21,35, 11,28	8,28, 10,3	10,24, 35,19	35,1, 16,11	
28	Accuracy of measurement	32,35, 26,28	28,35, 25,26	28,26, 5,16	32,28, 3,16	26,28, 32,3	26,28, 32,3	32,13, 6		28,13, 32,24	32,2	6,28, 32	6,28, 32	32,35, 13
29	Accuracy of manufacturing	28,32, 13,18	28,35, 27,9	10,28, 29,37	2,32, 10	28,33, 29,32	2,29, 18,36	32,28, 2	25,10, 35	10,28, 32	28,19, 34,36	3,35	32,30, 40	30,18
30	Harmful factors acting on object	22,21, 27,39	2,22, 13,24	17,1, 39,4	1,18	22,1, 33,28	27,2, 39,35	22,23, 37,35	34,39, 19,27	21,22, 35,28	13,35, 39,18	22,2, 37	22,1, 3,35	35,24, 30,18
31	Harmful side effects	19,22, 15,39	35,22, 1,39	17,15, 16,22		17,2, 18,39	22,1, 40	17,2, 40	30,18, 35,4	35,28, 3,23	35,28, 1,40	2,33, 27,18	35,1	35,40, 27,39
32	Manufacturability	28,29, 15,16	1,27, 36,13	1,29, 13,17	15,17, 27	13,1, 26,12	16,40	13,29, 1,40	35	35,13, 8,1	35,12	35,19, 1,37	1,26, 13,27	11,13, 1
33	Convenience of use	25,2, 13,15	6,13, 1,25	1,17, 13,12		1,17, 13,16	18,16, 15,39	1,16, 35,15	4,18, 39,31	18,13, 34	28,13, 35	2,32, 12	15,34, 29,28	32,35, 30
34	Repairability	2,27, 35,11	2,27, 35,11	1,28, 10,25	3,18, 31	15,13, 32	16, 25	25,2, 35,11	1	34,9	1,11, 10	13	1,13, 2,4	2,35
35	Adaptability	1,6, 15,8	19,15, 29,16	35,1, 29,2	1,35, 16	35,30, 29,7	15,16	15,35, 29		35,10, 14	15,17, 20	35,16	15,37, 1,8	35,30, 14
36	Complexity of device	26,30, 34,36	2,36, 35,39	1,19, 26, 24	26	14,1, 13,16	6,36	34,25, 6	1,16	34,10, 28	26,16	19,1, 35	29,13, 28,15	2,22, 17,19
37	Complexity of control	27,26, 28,13	6,13, 28,1	16,17, 26,24	26	2,13, 15,17	2,39, 30,16	29,1, 4,16	2,18, 26,31	3,4, 16,35	36,28, 40,19	35,36, 37,32	27,13, 1,39	11,22, 39,30
38	Level of automation	28,26, 18,35	28,26, 35,10	14,13, 17,28	23	17,14, 13		35,13, 16		28,10	2,35	13,35	15,32, 1,13	18,1
39	Productivity	35,26, 24,37	28,27, 15,3	18,4, 28,38	30,7, 14,26	10,26, 34,31	10,35, 17,7	2,6, 34,10	35,37, 10,2		28,15, 10,36	10,37, 14	14,10, 34,40	35,3, 22,39

ภาพภาค ก-1 แมทริกซ์ความขัดแย้ง สำหรับแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค (ต่อ)

Feature to Improve \ Undesired Result (Conflict)		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance
21	Power	26,10, 28	19,35, 10,38	18	2,14, 17,25	16,6, 19	16,6, 19,37			10,35, 38	28,27, 18,38	10, 19	35,20, 10,6	4, 34, 19
22	Waste of energy	25			19,38, 7	1,13, 32,15			3,38		35,27, 2,37	19, 10	10,18, 32,7	7, 18, 25
23	Waste of substance	35,28, 31,40	28,27, 3,18	27,16, 18,38	21,36, 39,31	1, 6, 13	35,18, 24,5	28,27, 12,31	28,27, 18,38	35,27, 2,31			15,18, 35,10	6, 3, 10,24
24	Loss of information		10	10		19			10,19	19,10			24,26, 28,32	24,28, 35
25	Waste of time	29,3, 28,18	20,10, 28,18	28,20, 10,16	35,29, 21,18	1,19, 26,17	35,38 19,18	1	35,20, 10,6	10,5, 18,32	35,18, 10,39	24,28, 28,32		35,38, 18,16
26	Amount of substance	14,35, 34,10	3,35, 10,40	3,35, 31	3,17, 39		34,29, 16,18	3,35, 31	35	7,18, 25	6,3, 10,24	24,28, 35	35,38, 18,16	
27	Reliability	11,28	2,35, 3,25	34,27, 6,40	3,35, 10	11,32, 13	21,11, 27,19	36,23	21,11, 26,31	10,11, 35	10,35, 29, 39	10,28	10,30, 4	21,28, 40,3
28	Accuracy of measurement	28,6, 32	28,6, 32	10,26, 24	6,19, 28,24	6, 1, 32	3, 6, 32		3, 6, 32	28,32, 27	10,16, 31,28		24,34, 28,32	2, 6, 32
29	Accuracy of manufacturing	3, 27	3,27, 40		19,26	3,32	32,2		32,2	13,32, 2	35,31, 10,24		32,26, 28,18	32,30
30	Harmful factors acting on object	18,35, 37,1	22,15, 33,28	17,1, 40,33	22,33, 35,2	1,19, 32,13	1,24, 6,27	10,2, 22,37	19,22, 31,2	21,22, 35,2	33,22, 19,40	22,10, 2	35,18, 34	35,33, 29,31
31	Harmful side effects	15,35, 22,2	15,22, 33,31	21,39, 16,22	22,35, 2,24	19,24, 39,32	2,35, 6	19,22, 18	2,35, 18	21,35, 2,22	10,1, 34	10,21, 29	1,22	3,24, 39,1
32	Manufacturability	1,3, 10,32	27, 1, 4	35,16	27,26, 18	28,24, 27,1	28,26, 27,1	1,4	27,1, 12,24	19,35	15,34, 33	32,24, 18,16	35,28, 34,4	35,23, 1,24
33	Convenience of use	32,40, 3,28	29,3, 8,25	1,16, 25	26,27, 13	13,17, 1,24	1,13, 24		35,34, 2,10	2,19, 13	28,32, 2,24	4,10, 27,22	4,28, 10,34	12,35
34	Repairability	11,1, 2,9	11,29, 28,27	1	4,10	15,1, 13	15,1, 28,16		15,10, 32,2	15,1, 32,19	2,35, 34,27		32,1, 10,25	2,28, 10,25
35	Adaptability	35,3, 32,6	13,1, 35	2,18	27,2, 3,35	6,22, 26,1	19,35, 29,13		19,1, 29	18,15, 1	15,10, 2,13		35,28	3,35, 15
36	Complexity of device	2,13, 28	10,4, 28,15		2,17, 13	24,17, 13	27,2, 29,28		20,19, 30,34	10,35, 13,2	35,10, 26,29		6,29	13,3, 27,10
37	Complexity of control	27,3, 15,28	19,29, 39,25	25,24, 6,35	3,27, 35,16	2,24, 26	35,38	19,35, 16	19,1, 16,10	35,3, 15,19	1,13, 10,24	35,33, 27,22	18,28, 32,9	3,27, 29,18
38	Level of automation	25,13	6,9		26,2, 19	8,32, 19	2,32, 13		28,2, 27	23,28	35,10 18,5	35,33	24,28, 35,30	35,13
39	Productivity	29,28, 10,18	35,10, 2,18	20,10, 16,38	35,21, 28,10	26,17, 19,1	35,10, 38,19	1	35,20, 10	28,10, 29,35	28,10, 35,23	13,15, 23		35,38

ภาพภาค ก-1 แมทริกซ์ความขัดแย้ง สำหรับแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค (ต่อ)

Feature to Improve \ Undesired Result (Conflict)		27 Reliability	28 Accuracy of measurement	29 Accuracy of manufacturing	30 Harmful factors acting on object	31 Harmful side effects	32 Manufacturability	33 Convenience of use	34 Repairability	35 Adaptability	36 Complexity of device	37 Complexity of control	38 Level of automation	39 Productivity
21	Power	19,24, 26,31	32, 15 2	32, 2	19,22, 31,2	2, 35, 18	26,10, 34	26,35 10	35, 2, 10,34	19,17, 34	20,19, 30,34	19,35, 16	28,2, 17	28,35, 34
22	Waste of energy	11,10, 35	32		21,22, 35,2	21,35, 2,22		35,22, 1	2,19		7, 23	35, 3, 15,23	2	28,10, 29,35
23	Waste of substance	10,29, 39,35	16,34, 31,28	35,10, 24,31	33,22, 30,40	10,1, 34,29	15,34, 33	32,28, 2,24	2,35, 34,27	15,10, 2	35,10, 28,24	35,18, 10,13	35,10, 18	28,35, 10,23
24	Loss of information	10,28, 23			22,10, 1	10,21, 22	32	27,22				35,33	35	13, 23 15
25	Waste of time	10,30, 4	24,34, 28,32	24,26, 28,18	35,18, 34	35,22, 18,39	35,28, 34,4	4,28, 10,34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18,28, 32,10	24,28, 35,30	
26	Amount of substance	18, 3, 28,40	13, 2, 28	33, 30	35,33, 29,31	3,35, 40,39	29, 1, 35,27	35,29, 25,10	2,32, 10,25	15, 3, 29	3,13, 27,10	3,27, 29,18	8, 35	13,29, 3,27
27	Reliability		32,3, 11,23	11,32, 1	27,35, 2,40	35, 2, 40,26		27,17, 40	1, 11	13,35, 8,24	13,35, 1	27,40, 28	11,13, 27	1,35, 29,38
28	Accuracy of measurement	5,11, 1,23			28,24, 22,26	3,33, 39,10	6,35, 25,18	1,13, 17,34	1,32, 13,11	13,35, 2	27,35, 10,34	26,24, 32,28	28, 2, 10,34	10,34, 28,32
29	Accuracy of manufacturing	11,32, 1			26,28, 10,36	4,17, 34,26		1,32, 35,23	25, 10		26, 2, 18		26,28, 18,23	10,18, 32,39
30	Harmful factors acting on object	27,24 2,40	28,33, 23,26	26,28, 10,18			24,35, 2	2, 25, 28,39	35,10, 2	35,11, 22,31	22,19, 29,40	22,19, 29,40	33, 3, 34	22,35, 13,24
31	Harmful side effects	24,2, 40,39	3,33, 26	4,17, 34,26							19, 1, 31	2, 21, 27,1	2	22,35, 18,39
32	Manufacturability		1,35, 12,18		24,2			2, 5, 13,16	35, 1, 11,9	2, 13, 15	27,26, 1	6,28, 11,1	8, 28, 1	35, 1, 10,28
33	Convenience of use	17,27, 8,40	25,13, 2,34	1,32, 35,23	2,25, 28,39		2, 5, 12		12,26, 1,32	15,34, 1,16	32,26, 12,17		1,34, 12,3	15, 1, 28
34	Repairability	11,10, 1,15	10,2, 13	25,10	35,10, 2,16		1,35, 11,10	1,12, 26,15		7, 1, 4 16	35,1, 13,11		34,35, 7,13	1, 32, 10
35	Adaptability	35,13, 8,24	35,5, 1,10		35,11, 32,31		1,13, 31	15,34, 1,18	1,16, 7,4		15,29, 37,28	1	27,34, 35	35,28, 6,37
36	Complexity of device	13,35, 1	2,26, 10,34	26,24, 32	22,19, 29,40	19,1	27,26, 1,13	27,9, 26,24	1,13	29,15, 28,37		15,10, 37,28	15, 1, 24	12,17, 28
37	Complexity of control	27,40, 28,8	26,24, 32,28		22,19, 29,28	2,21	5,28, 11,29	2,5	12,26	1,15	15,10, 37,26		34, 21	35, 18
38	Level of automation	11,27, 32	28,26, 10,34	28,26, 18,23	2,33	2	1,26, 13	1,12, 34,3	1,35, 13	27,4, 1,35	15,24, 10	34,27, 25		5,12, 35,26
39	Productivity	1,35, 10,38	1,10, 34,28	18,10, 32,1	22,35, 13,24	35,22, 18,39	35,28, 2,24	1,28, 7,19	1,32, 10,25	1,35, 28,37	12,17, 28,24	35,18, 27,2	5,12, 35,26	

ภาพภาค ก-1 แมทริกซ์ความขัดแย้ง สำหรับแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค (ต่อ)