

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อทดสอบความแข็งแรงการยึดติดของ Loop กับ Part กรณีศึกษา บริษัท เอช – วัน พาร์ทส์ (ประเทศไทย) จำกัด A Tensile Test Hanger Fixture Design

Simulation : Case Study of a H-One Parts (Thailand) Co., Ltd

<mark>นางสาว นั้นทิยาพร – สิริวัฑฒะโก</mark>

โครงงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี ไทยญี่ปุ่น พ.ศ. 2553 การออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อทดสอบความแข็งแรงการยึดติดของ Loop กับ Part กรณีศึกษา บริษัท เอช – วัน พาร์ทส์ (ประเทศไทย) จำกัด A Tensile Test Hanger Fixture Design Simulation : Case Study of a H–One Parts (Thailand) Co., Ltd

นางสาว นันทิยาพร สิริวัฑฒะ โก 50111040-7 AE

โครงงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี ไทยญี่ปุ่น พ.ศ. 2553

คณะกรรมการสอบ.....

.....ประธานกรรมการสอบ.....

(ผศ.คร.เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล)

กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา.....

(อาจารย์สมพร ตันติวงศ์ไพศาล)

.....กรรมการ

(อาจารย์คอน แก้้วคก)

ลิงสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยี ไทยญี่ปุ่น

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อทดสอบความแข็งแรงการยึดติดของ Loop กับ Part กรณีศึกษา บริษัท เอช – วัน พาร์ทส์ (ประเทศไทย) จำกัด A Tensile Test Hanger Fixture Design Simulation : Case Study of a H-One Parts (Thailand) Co., Ltd

หน่วยกิต ผู้เขียน อาจารย์ที่ปรึกษา หลักสูตร สาขาวิชา คณะ พ.ศ.

หัวข้อ

6 นางสาว นันทิยาพร สิริวัฑฒะโก อาจารย์ วิโรชน์ ทัศนะ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมยานยนต์ วิศวกรรมศาสตร์ 2553

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งในการแสดงเนื้อหาการปฏิบัติงานตามที่ได้รับ มอบหมายในการสหกิจศึกษา ซึ่งงานที่ข้าพเจ้าได้รับมอบหมาย คือ ให้ออกแบบ Hanger Fixture เพื่อนำมาใช้ทดสอบความแข็งแรงในการยึดติดระหว่าง Loop กับ Part โดยได้เลือกใช้โปรแกรม CATIA ในโหมดของ Part Design และโหมด Generative Shape Design ในการออกแบบ และ มีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมทาง Internet เมื่อรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มออกแบบ ได้มีแบ่ง การออกแบบเป็น 3 ส่วน คือ Gauge Body, Gauge Shape Control, และ Gauge Loop Control โดยให้ส่วนของ Gauge Body และ Gauge Shape Control มีรูปร่างเดียวกับชิ้นงาน เพื่อให้รองรับกับผิวของชิ้นงานได้พอดี รวมทั้งมีการกำหนดระยะควบคุมตาม Concept ที่กำหนด ไว้ สำหรับการออกแบบระยะควบคุมตาม Concept นั้นจำเป็นจะต้องกำนึงความสามารถในการ นำไปใช้งานกับเครื่องทดสอบแรงดึงได้ด้วย

ทำสำคัญ: Hanger Fixture / Gauge Body / Gauge Shape Control / Gauge Loop Control

Title	A Tensile Test Hanger Fixture Design				
	Simulation : Case Study of a H-One Parts (Thailand) Co., Ltd				
Credits	6				
Candidate	MS. Nantiyaporn Siriwatthago				
Advisor	Wiroj Tasana				
Program	B.Eng of Engineering				
Field of Study	Automotive Engineering				
Faculty	Engineering				
B.E.	2553				

Abstract

This document is part of the content of the work assigned to Cooperative Education Project. The work I was assigned to design Hanger Fixture in order to test the strength of adhesion between the Loop and Part by using CATIA in the mode of Part Design and mode of Generative Shape Design in the design. For more information on the Internet began to crawl successfully design. Design has been divided into 3 parts : Gauge Body, Gauge Shape Control, and Gauge Loop Control by the Gauge Body and Gauge Shape Control, there shape are the same specimen. To support the specimen surface fit. Including the control period is defined for the Concept Design Phase Concept controlled by the need to take into account the ability to implement with a tensile testing machine of this company.

Keywords : Hanger Fixture / Gauge Body / Gauge Shape Control / Gauge Loop Control

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานชิ้นนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นมาได้เลยหากขาดโอกาสในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่ บริษัท เอช – วัน พาร์ทส์ (ประเทศไทย) จำกัด จึงต้องขอแสดงความขอบคุณทางบริษัทอย่างยิ่งที่ให้ โอกาสในการสหกิจศึกษาตลอดระยะเวลา 4 เดือน และขอขอบพระคุณพนักงานพี่เลี้ยงในแผนก QA Engineering ทุกท่านที่ให้ความเมตตาและให้ความรู้ตลอดการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ และทำ ให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี





	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
รายการตาราง	(5)
รายการรูปประกอบ	(7)
n lui a <i>ă</i> j	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 รายละเอียดของสถานประกอบการ	1
1.2 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย	2

	é	a a	0	1	e -	i na
1.3	พนกงาเ	มทำไร้กษาแ	ละตำแห	นงของพ	นกงานข	าปรักษา
110		···· = • ··· = ···				

- 1.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานสหกิงศึกษา
- 1.5 ที่มาและหลักการ
- 1.6 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน และผลที่กาดว่าจะได้รับจาก การปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายในการสหกิจศึกษา

บทที่ 2 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่<mark>ใช้ใ</mark>นการปฏ<mark>ิ</mark>บัติงา<mark>น</mark>

 2.1 จิ๊กและฟิกเจอร์ (Jig and Fixture)
 4

 2.2 เทคโนโลยีการออกแบบ CATIA Function ที่นำมาใช้
 9

 2.3 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ
 21

2

2

2

3

4

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 แผนการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน	23
3.1 แผนการปฏิบัติงาน	23
3.2 รายละเอียดงานที่ได้รับมอบหมาย	24
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	25
บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์ และสรุปผลต่างๆ	64
4.1 สรุปการคำเนินงานและผลการวิเคราะห์ข้อมูล	64
4.2 วิเคราะห์และวิจารณ์ข้อมูลจากผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์ในการปฏิบัติงาน	65
4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	68
	00
ภาคผนวก ก. ความรู้เกี่ยวกับ CATIA Function	70
1. สัญลักษณ์ของการขึ้นรูป 3D Model	71
2. ประมวลศัพท์และค <mark>ำย่อ</mark>	71
3. CATIA Function ที <mark>่เกี่ย</mark> วข้องกับการขึ้นรูป 3D Model	73
ภาคผนวก ข. เอกสาร Drawing	74
1. Gauge Body Drawing	75
2. Gauge Loop Control Drawing	76
3. Gauge Shape Control Drawing	77
4. Gauge Body – Modify Drawing	78
5. Gauge Loop Control - Modify Drawing	79

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 แผนการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	23
ตารางที่ 3.2 ข้อมูล Tensile Test Machine	26
ตารางที่ 4.1 ข้อมลที่ได้หลังจากนำ Hanger Fixture ไปทคสอบการใช้งาน	66



สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
รูปที่ 2-1 กฎความสัมพันธ์ของฮุค	21
รูปที่ 2-2 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระยะยืด	21
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการคำเนินงาน	25
รูปที่ 3.2 Open file	27
รูปที่ 3.3 CAD Part ลบส่วนที่ไม่จาเป็นออก	27
รูปที่ 3.4 เปลี่ยนโหมดการใช้งานเป็น GSD	28
รูปที่ 3.5 Plane Definition 1 (Tangent to Surface)	28
รูปที่ 3.6 Plane Definition 2 (Offset from Plane)	29
รูปที่ 3.7 Sketch 1	29
รูปที่ 3.8 Sketch 2 and Split Definition 1	30
รูปที่ 3.9 Extruded Volume Definition 1	31
รูปที่ 3.10 Intersection Definition 1	31
รูปที่ 3.11 Plane Definition 3 (Offset from Plane)	32
รูปที่ 3.12 Extruded Surface Definition 1	33
รูปที่ 3.13 Join Definition 1	33
รูปที่ 3.14 Line Definition 1 and Swept Surface Definition 1	34
รูปที่ 3.15 Sketch 3 and Sketch 4	35
รูปที่ 3.16 Swept Surface Definition 2	35
รูปที่ 3.17 Trim Definition 1	36
รูปที่ 3.18 Split Definition 2	36
รูปที่ 3.19 Plane Definition 4 (Normal to Curve)	37
รูปที่ 3.20 Plane Definition 4 (Offset from Plane)	37
รูปที่ 3.21 Trim Definition 2	38
รูปที่ 3.22 เปลี่ยนโหมดการใช้งานเป็น PD	38

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	รูป		หน้า
	รูปที่ 3.23	Sketch 5 and Pad Definition 1	39
	รูปที่ 3.24	Sketch 6 and Pad Definition 2	40
	รูปที่ 3.25	Sketch 7 and Pad Definition 3	41
	รูปที่ 3.26	Sketch 8 and Pocket Definition 1	42
	รูปที่ 3.27	Sketch 9 and Pocket Definition 2	42
	รูปที่ 3.28	Completed Gauge Body	43
	รูปที่ 3.29	เปิดโปรแกรมเข้าสู่โหมด PD	43
	รูปที่ 3.30	Sketch 1 and Pad Definition 1	44
	รูปที่ 3.31	Sketch 2 and Pad Definition 2	45
	รูปที่ 3.32	Sketch 3 and Shaft Definnition 1	45
	รูปที่ 3.33	Sketch 4 and Pad Definition 3	46
	รูปที่ 3.34	Sketch 5 and Pocket Definition 1	47
	รูปที่ 3.35	Sketch 6 and Pocket Definition 2	47
	รูปที่ 3.36	Edge Fillet Definition 1 and Edge Fillet Definition 2	48
	รูปที่ 3.37	Thread / Tap Definition 1	49
	รูปที่ 3.38	Complete Gauge Loop Control	49
1	รูปที่ 3.39	Open file	50
	รูปที่ 3.40	เปลี่ยนโหมดการใช้ <mark>งาน</mark> เป็น GSD	50
١	รูปที่ 3.41	Plane Definition 1 (Tangent to Surface)	51
	รูปที่ 3.42	Offset Surface Definition 1	51
	รูปที่ 3.43	Plane Definition 2 (Offset from Plane)	52
	รูปที่ 3.44	Plane Definition 3 (Offset from Plane)	52
	รูปที่ 3.45	Plane Definition 4 (Normal to curve)	53
	รูปที่ 3.46	Plane Definition 5 (Offset from Plane)	53
	รูปที่ 3.47	Sketch 1 and Sketch 2	54
	รูปที่ 3.48	Swept Surface Definition 1	54

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.49 Split Definition 1	55
รูปที่ 3.50 Sketch 3 and Extruded Volume Definition 1	55
รูปที่ 3.51 Intersection Definition 1	56
รูปที่ 3.52 Join Definition 1	56
รูปที่ 3.53 Swept Surface Definition 2	57
รูปที่ 3.54 Sketch 4 และ Sketch 5	58
รูปที่ 3.55 Swept Surface Definition 3	58
รูปที่ 3.56 Trim Definition 1	59
รูปที่ 3.57 Extruded Surface definition 1	60
รูปที่ 3.58 Split Definition 2	60
รูปที่ 3.59 Complete Gauge Shape Control	61
รูปที่ 3.60 Assembly Design Mode	61
รูปที่ 3.61 Assembly Design Mode	61
รูปที่ 3.62 Coincidance	62
รูปที่ 3.63 Constraint Properties	62
รูปที่ 3.64 Measure Between	63
รูปที่ 4.1 ภาพแสดง Gauge Ch <mark>eck</mark> หลังจาก <mark>การขึ้นรูปเ</mark> สร็จ	64
รูปที่ 4.2 Gauge Loop Control 3D Modify	66
CHI INSTITUTE OF TECHNO	

บทที่ 1 บทนำ

1.1 รายละเอียดของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ :	บริษัท เอช – วัน พาร์ทส์ (ประเทศไทย) จำกัด
ที่ตั้งสถานประกอบการ :	นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ เลขที่ 48 หมู่ที่ 9 ถนน โรจนะ
	ตำบล ธนู อำเภอ อุทัย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา
	รหัสไปรษณีย์ 13210
ลักษณะธุรกิจขององค์กร :	อุตสาหกรรมยานยนต์

G

แษกวังน้อย WANG NOI มอเตอร์ เวย์ Motor WAY HPT ฟิวเจอร์พาร์ค รังสิต FUTURE PARK RANGSIT ROJANA OFFICE แยกอุทัย U-THAI สระบุรี ARABURI BANGKOK ทางเข้า อุตสาหกรรมโรงนะ ENTRANCE INA INDUSTRIAL PARI RC AYUTHAYA NMB ไปอ่างทอง ANGTHONO น<mark>ิคมอุต</mark>สทกรรม ไฮเทค HITECH INDUSTRIAL PARK ໂລຕັສ LOTUS อยุธยา AYUTHAYA 200 9

รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงที่ตั้งของสถานประกอบการ

1.2 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน :	เจ้าหน้าที่ฝึกงาน
หน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย :	การออกแบบการทำ Inspection Jig / Checking Fixture
	งาน New Model และการ Modify and Maintanance

A

1.3 พนักงานที่ปรึกษาและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

พนักงานที่ปรึกษา	:	คุณ เพชรรุ่ง คีเรื่องศรี
ตำแหน่งที่ปรึกษา	-	หัวหน้าแผนก Quality Assurance (QA)

1.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เวลาในการปฏิบัติงาน	:	4 เดือน	(ตั้งแต่วันที่ 1	มิถุนายน	ถึงวันที่ 3() กันยายน	2553)
ระยะเวลาการทำ Project	:	1 เดือน					

1.5 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากได้เข้ามาปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในส่วนของงาน New Model ในด้านการออกแบบ การทำ Inspection Jig / Checking Fixture เป็นหลัก พบว่าจะมี New Part บางส่วนที่มีความ จำเป็นจะต้องทำการทดสอบก่อนการนำไปประกอบจริงกับชิ้นงานอื่นๆ เนื่องจากอาจจะส่งผล กระทบต่อการประกอบกับชิ้นงานอื่น รวมไปถึงอาจจะทำให้ส่งผลกระทบต่อการใช้งานในอนาคต

สำหรับชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายให้ทำการออกแบบ Hanger Fixture นั้น เป็นชิ้นงานที่ถูก นำมาประกอบกับ Loop แล้ว ซึ่งจำเป็นจะต้องมีความแข็งแรงในการยึดติดระหว่าง Loop กับชิ้นงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการนำไปใช้งาน จึงมีความจำเป็นต้องมีการออกแบบ Hanger Fixture ขึ้นมา เพื่อใช้สำหรับการจับยึดชิ้นงาน ขณะที่นำไปทดสอบแรงดึง 1.6 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน และผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงานที่ได้รับ มอบหมายในการสหกิจศึกษา

เพื่อทคสอบความรู้ความสามารถพื้นฐานในด้านการออกแบบ วัตถุประสงค์ : และการใช้งานโปรแกรม CATIA ที่ได้ศึกษามา นอกจากนี้ยัง ต้องการที่จะออกแบบ Hanger Fixture ขึ้นมาสำหรับใช้ในการจับ ยึดชิ้นงานขณะที่นำไปทดสอบแรงคึง (Tensile Test) เพื่อจะ นำไปทุดสอบความแข็งแรงในการยึดติดระหว่าง Loop กับ Part ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความจำเป็นต่อการใช้งาน เพื่อความปลอดภัย ในการนำไปใช้งานจริง

จากการออกแบบ Hanger Fixture ในครั้งนี้ มีความคาดหวังว่า ผลงานที่ออกแบบมาจะสามารถนำไปใช้งานในการจับยึดชิ้นงาน สำหรับทำการทดสอบแรงดึงได้จริง และกาดว่าจะได้รับความรู้ ในการใช้งานโปรแกรม CATIA มากยิ่งขึ้น และสามารถที่จะนำ ความรู้ที่ได้เพิ่มเติมไปประยุกต์ใช้งานกับการออกแบบอื่นๆ ได้

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2.1 จิ๊กและฟิกเจอร์ (Jig and Fixture)

จิ๊กและฟิกเจอร์ (Jig and Fixture) เป็นอุปกรณ์ช่วยพื้นฐานที่สำคัญในการทำงานที่นำเอามา ใช้ในงานอุตสาหกรรมหลายๆ อย่าง เช่น ในงานแม่พิมพ์ประเภทต่างๆ งานเจาะ (Drilling) งาน ตัด (Cutting) งานปั๊มขึ้นรูป (Forming) งานเชื่อม (Welding) และงานประกอบ (Assembly) ซึ่งถูก นำเอามาใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนเพื่อให้ได้ขนาดเท่าๆ กัน และเหมือนกันทุกๆ ชิ้น จิ๊กและฟิกเจอร์ เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวก ความรวดเร็ว ทำให้งานที่ผลิตออกมาได้ ประสิทธิภาพ และยังได้ความเที่ยงตรงเมื่อผลิตชิ้นงานออกมา จิ๊กและฟิกเจอร์จะนำเอามาใช้ใน การจับยึดชิ้นงาน รองรับชิ้นงาน ช่วยกำหนดตำแหน่งชิ้นงานที่ทำการผลิต เพื่อให้ชิ้นงานทุกๆ ชิ้นได้ดำแหน่งเดิมหรือให้ได้ขนาดตามรายละเอียดที่ได้กำหนดเอาไว้ การออกแบบอุปกรณ์จับยึด และติดตั้งในปัจจุบันยังไม่มีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับความต้องการของความซับซ้อน และความ หลากหลายในการผลิต ทั้งด้านการปรับปรุงการผลิตมากขึ้นและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ถ้าได้ทำงานในสภาพแวคล้อมการใช้เครื่องจักร จะเคยได้ยินคำว่า จิ๊กและฟิกเจอร์ (Jig and Fixture) อาจจะทราบดีว่าทั้งสองเป็นอุปกรณ์ติดตั้งและอุปกรณ์จับยึด แต่ในวงกว้างที่สุดของ กำศัพท์มีความแตกต่างกันดังนี้

2.1.1 ຈື້ຳ (Jig)

จิ๊ก (Jig) คือ อุปกรณ์ช่วยที่ใช้สำหรับจับยึดชิ้นงานซึ่งวางอยู่ในฟิกเจอร์ (Fixture) ให้ ยึดแน่นอยู่กับที่ไม่ให้เคลื่อนย้ายในทุกแกน เพื่อที่จะทำการเจาะรูชิ้นงาน ปาดหน้าชิ้นงาน หรือจะ นำเอามาใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยในการเชื่อมชิ้นส่วนตัวถัง (Body) ของรถยนต์ มีทั้งจิ๊กประกอบและจิ๊ก เช็ก อุปกรณ์จับยึดจต้องได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและรูปร่างของ ชิ้นงาน ประเภทของจิ๊ก (Jig) มีดังนี้

 จิ๊กเปิดหรือจิ๊กแผ่น (An open Jig) - ใช้ยึดติดกับชิ้นงานโดยไม่จำเป็นต้องปิด ล้อม จิ๊กแผ่นอาจจะมีการ square หรือ doughnut-shaped และยึดติดอยู่กับปากกาจับชิ้นงาน

 จิ๊กเส้นผ่านศูนย์กลาง (A diameter jig) - ใช้สำหรับชิ้นงานที่มีรูปทรงกระบอก ล้อมรอบชิ้นงานในร่องรูปดัววี จิ๊กเส้นผ่าศูนย์กลางอาจมีส่วนสำหรับการดำเนินงานหลุมเจาะ อุปกรณ์จับยึดควรมีแรงในการยึดที่เพียงพอสำหรับการดำเนินงาน ไม่มีแรงในการยึดที่มาก หรือน้อยจนเกินไป เนื่องจากหากมีกำลังไม่เพียงพอในการจับยึด ชิ้นงานอาจเกิดการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่กำลังจะใช้งาน ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่นอกเหนือจากความต้องการ ในทาง กลับกัน ถ้ามีแรงจับยึดที่มากจนเกินไป ชิ้นงานจะเกิดการบิด ผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจะมี ข้อบกพร่องได้

2.1.2 ฟิกเจอร์ (Fixture)

ฟิกเจอร์ (Fixture) คือ อุปกรณ์ช่วยที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งในการผลิตชิ้นงาน อาจจะ มีตัวรองรับชิ้นงาน หรืออาจจะมีเดือยสวมใส่ในรูของชิ้นงานนั้นๆ และยังเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง ของชิ้นงานที่จะผลิตให้ได้ขนาดเท่าๆ กัน และเหมือนกันทุกๆ ชิ้น ใช้งานร่วมกับจิ๊ก

ในการผลิตรถยนต์นั้นบริษัทผลิตระยนต์จำเป็นจะต้องผลิตตัวถัง และชิ้นส่วนตัวถัง (Body) ของรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเชื่อมตัวถังและชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์จะต้องใช้จิ๊ก และฟิกเจอร์ในการจับยึดชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์ให้ยึดแน่นอยู่กับที่เสียก่อน หลังจากนั้นจึงจะทำ การเชื่อมชิ้นส่วนตัวถัง

แต่ในบริษัทที่ผลิตรถยนต์จะผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถัง (Body) ของรถยนต์นั่งและ รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก (ปิคอัพ) และในบริษัทที่ผลิตโครงรถ (Frame Assembly) ของรถยนต์ บรรทุกขนาดเล็กนั้นจะเรียกจิ๊กและฟิกเจอร์ (Jig and Fixture) นี้ว่า จิ๊ก (Jig)

2.1.3 การออกแบบในการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์

ความต้องการของอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์สมัยใหม่นั้นจะต้องทำให้ได้ผลผลิตที่มาก ที่สุด แต่จะต้องเสียค่าใช้ง่ายน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการออกแบบจิ๊กนั้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตรถยนต์ลงได้ เพราะในการผลิตรถยนต์นั่งในแต่ละรุ่นนั้นจะใช้จิ๊กรวม ทั้งหมดประมาณ 34 ชุด ซึ่งจะแยกเป็นจิ๊กที่ใช้ในการเชื่อตัวถัง (Jig Body Main) จำนวน 20 ชุด และจิ๊กชิ้นส่วนตัวถัง จำนวน 14 ชุด ในการออกแบบจิ๊กนักออกแบบจะต้องยึดถือหลักใน การออกแบบเพื่อให้เกิดการประหยัดได้ดังนี้

 ควรมีการออกแบบให้ง่าย ซึ่งการออกแบบให้ง่ายนั้นเป็นสิ่งที่ควรกระทำเป็น อย่างยิ่ง ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ได้รับการออกแบบมาควรจะมีลักษณะที่เป็นพื้นฐานอย่างง่ายๆ ไม่มีความ ยุ่งยากซับซ้อนมาก การออกแบบที่ง่ายจะเป็นการประหยัดเวลาและประหยัดวัสดุในการผลิตลงได้ เป็นอย่างมาก จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้ง่ายลงได้เป็นจำนวนมาก

 ควรใช้วัสดุที่ได้จัดเตรียมทำเอาไว้แล้ว วัสดุที่เตรียมเอาไว้ เช่น เหล็กโคราง สร้างต่างๆ แผ่นส่วนบนของจิ๊ก และชิ้นงานที่มีขนาดเที่ยงตรงแน่นอน การใช้วัสดุที่ได้จัดเตรียม เอาไว้จะเป็นการช่วยลดก่าใช้จ่ายลงไปได้เป็นอย่างมาก 3) ควรใช้ชิ้นส่วนประกอบที่ได้มาตรฐานและมีขายในท้องตลาด ชิ้นส่วน มาตรฐาน เช่น ตัวจับยึด (Clamp) กระบอกลม (Air Cylinder) สวิทซ์ (Push Botton) แผ่น ทองแดงรองจุด Spot (Back Bar) และล้อ (Free Roller) ซึ่งชิ้นส่วนประกอบที่ได้มาตรฐานเหล่านี้ จะช่วยทำให้ประหยัดในด้านเวลา และในด้านแรงงานลงได้เป็นอย่างมาก

 4) ควรเลือกแมชชีน (Machine) งานให้เหมาะสมกับการนำเอาไปใช้งาน เช่น การเจียรนัยงาน และการชุบแข็ง ซึ่งการเจียรนัยควรจะใช้เจียรนัยสำหรับพื้นที่ที่จะต้องสัมผัสกับ งานโดยตรง ส่วนการชุบแข็งนั้นจะใช้ชุบแข็งสำหรับพื้นที่ของจิ๊กในส่วนที่ซึ่งต้องการให้มีความ คงทนต่อการสึกหรอเท่านั้น หากพื้นที่ใดที่ไม่มีความจำเป็นที่ต้องเจียรนัยหรือชุบแข็งก็ไม่ต้อง กระทำ การพิจารณาในสิ่งเหล่านี้จะเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตลงได้เป็นอย่างมาก

5) ควรพิจารณาถึงค่าความเผื่อและค่าความผิดพลาด ในการผลิตจิ๊กจะยอมให้มีค่า ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ซึ่งควรจะอยู่ระหว่าง 20 -50% ของค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมให้ได้ ของชิ้นงานนั้นๆ

 ควรเขียนแบบที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย การเขียนแบบที่สามารถเข้าใจ ได้ง่ายจะช่วยทำให้ผู้ปฏิบัติงานอ่านแบบได้ง่าย และทำงานได้อย่างรวดเร็ว จึงถือได้ว่าเป็นส่วน หนึ่งที่จะทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตจิ๊กลงได้

2.1.4 วัสดุที่ใช้ในการผลิตจิ๊กที่ใช้ในการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์

ในการผลิตจิ๊กนอกจากปัจจัยด้ายการออกแบบแล้วนักออกแบบจิ๊กยังจะต้องมีความรู้ใน ด้านอื่นๆ อีก เช่น มีความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติและคุณลักษณะต่างๆ ของวัสดุที่นำเอามาใช้ในการ ผลิตจิ๊ก และนักออกแบบยังจะต้องมีความสามารถในการเลือกวัสดุได้เหมาะสมกับงาน เพื่อที่จะ ช่วยทำให้จิ๊กที่ผลิตออกมาใช้งานนั้นได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการนำเอาไปใช้งาน คุณสมบัติ ต่างๆ ของวัสดุที่ใช้ในการผลิต<mark>จิ๊กใ</mark>นการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์ ได้แก่

 ความแข็งของวัสดุ ซึ่งความแข็งคือความสามารถของวัสดุที่จะด้านทานการทำ ให้เกิดรอยและสามารถทนต่อการแทงทะลุผ่านได้เป็นอย่างดี

 ความเหนียวของวัสดุ เป็นความสามารถของวัสดุที่จะสามารถรับน้ำหนักและ ทนต่อแรงกระแทกที่เกิดขึ้นซ้ำกันหลายๆ ครั้งได้และจะไม่ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงไป หาก วัสดุมีความแข็งเกินกว่า 44 – 48 Rc (Rockwell Scale C) วัสดุนั้นก็จะเปฝันวัสดุที่มีความเปราะ ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาในการนำเอาไปใช้งาน

 ความต้านทานต่อความสึกหรอของวัสดุ คือความสามารถของวัสดุที่สามารถ ต่อต้านการขัดถูของวัสดุหรือโลหะอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี 4) ความสามารถในการตกแต่งวัสดุ ได้แก่ ความเรียบของผิวหน้าของวัสดุ อัตรา ความเร็วในการตัด และอายุในการนำเอาวัสดุไปใช้งาน

5) ความแข็งแรงต่อแรงคึงของวัสดุ คือการทดสอบอันแรกที่จะบอกถึงความ แข็งแรงของวัสดุที่นำเอามาทดสอบ ความแข็งแรงต่อแรงดึงของวัสดุนี้จะเพิ่มขึ้นโดยเป็นสัดส่วน กับความแข็ง จนไปถึงความแข็งประมาณ 54 Rc หากความแขึ้งเกินไปจากค่า 54 Rc แล้ว ความ เปราะก็จะทำให้ความแข็งต่อแรงดึงจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างแน่นอน

 ความแข็งแรงต่อแรงเฉือนของวัสดุ ซึ่งโดยปกติจะมีค่าประมาณ 60% ของ ความแข็งต่อแรงดึง

ในการควบคุมคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นโลหะให้เป็นไปตามที่ต้องการได้นั้น ปัจจยที่นับ ได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งก็คือ ส่วนผสมของธาตุต่างๆ รวมทั้งวิธีการอบชุบด้วย

2.1.5 วัสดุที่นำเอามาใช้ในการผลิตจิ๊กที่ใช้ในการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์ วัสดุที่นำเอามาใช้ในการผลิตจิ๊กสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 จำพวก คือ

 โถหะจำพวกเหล็ก (Ferrous) เช่น เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ เหล็กทำเครื่องมือ และเหล็กเหนียวผสมธาตุพิเศษ ในการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถังของรถยนต์จะนำเอาวัสดุที่ใช้ ทำจิ๊กที่เป็นโลหะจำพวกเหล็ก (Ferrous) เท่านั้น

1.1) เหล็กหล่อ (Cast Iron) คือ เหล็กที่มีปริมาณการ์บอนผสมอยู่ไม่เกิน
 1.5% ขึ้นไป ซึ่งเหล็กหล่อจะถูกนำไปใช้ในการผลิตลำตัวของจิ๊กและส่วนประกอบบางชิ้น
 เหล็กหล่อจะเป็นวัสดุที่ไม่ได้รับความนิยมในการนำเอามาผลิตจิ๊ก เพราะเหล็กหล่อจะต้องเสียเวลา
 ในการทำโพรงแบบ (Mold) ซึ่งจะเสียเวลาในการหล่อมาก และยังต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้นอีกด้วย
 จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เหล็กหล่อไม่ได้รับความนิยมในการที่จะนำเอามาใช้ในการผลิตจิ๊ก ซึ่ง

 1.2) เหล็กเหนียวผสมคาร์บอน (Carbon Steel) เป็นวัสดุอย่างแรกที่ถูก นำเอามาใช้ในการผลิตจิ๊ก เพราะเหล็กเหนียวผสมการ์บอนสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ราคาค่อนข้างต่ำ หาซื้อได้ง่าย และยังสามารถที่จะนำเอาไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงทำให้ เหล็กเหนียวผสมการ์บอนเป็นวัสดุที่นิยมนำเอามาใช้ในการผลิตจิ๊กมากที่สุด เหล็กเหนียวผสม การ์บอนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ ถูกนำมาใช้ในการทำโครงสร้างของจิ๊ก จะนำเออาไป
 ใช้ในพื้นที่ที่ไม่ค่อยมีการสึกหรอ เช่น แผ่นฐานหรือตัวรองรับฐาน จะมีปริมาณการ์บอน 0.05 –
 0.30% และสามารถที่จะนำเอามาเชื่อมโดยวิธีการเชื่อมชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

เหล็กเหนียวคาร์บอนปานกลาง ใช้ในพื้นที่ที่รับความแข็งแรงได้มากกว่าเหล็ก
 เหนียวการ์บอนต่ำ ใช้ทำตัวจับยึดชิ้นงาน สลักเดือย แป้นเกลียว และพื้นที่ของจิ๊กในจุดที่ต้องการ
 ความเหนียว มีปริมาณการ์บอน 0.30 – 0.50% สามารถนำมาชุบด้วยวิธีธรรมดาเพื่อเพิ่มความแข็ง
 ผิวได้ และจะเชื่อมได้ยากกว่าเหล็กเหนียวการ์บอนต่ำ ควรจะเลือกมาใช้ในส่วนที่จำเป็นจริงๆ
 เท่านั้น หากใช้ไม่เหมาะสมกับพื้นที่จะทำให้มีก่าใช้จ่ายสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น

เหล็กเหนียวการ์บอนสูง ใช้ในพื้นที่ส่วนที่ต้องการด้านทานการสึกหรอสูงๆ
 เท่านั้น เช่น ใช้ทำตัวรองรับชิ้นงาน และตัวกำหนดตำแหน่ง มีปริมาณการ์บอน 0.5 – 2.0% เหล็ก
 ชนิดนี้สามารถชุบแข็งได้ดี แต่มีข้อเสียตรงที่จะเชื่อมได้ยาก

เหล็กเหนียวผสมธาตุพิเศษ ไม่นิยมใช้ในการผลิตจิ๊ก เนื่องจากมีราคาข้างสูง
 เหล็กทำเครื่องมือ มีกุณสมบัติเป็นเหล็กเหนียวพิเศษ ได้ถูกนำมาใช้สำหรับทำ
 จิ๊กในส่วนที่ต้องการต้านทานการสึกหรอสูงๆ หรือชิ้นส่วนที่ต้องการรองรับแรงเครียด

 โลหะจำพวกที่ไม่ใช่เหล็ก (Nonferrous) เช่น แมกนี้เซียม อลูมิเนียม และ โลหะผสมของบิสมัท

 วัสดุจำพวกที่ไม่ใช่โลหะ (Nonmetallic Materials) เช่น ไม้ อีพอกซี ยูเรเทน และพลาสติกเรซิน

2.1.6 การผลิตจิ๊กที่ใช้ในการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถัง (Body) ของรถยนต์ในปัจจุบัน

ปัจจุบันประเทศไทยสามารถทำการผลิตจิ๊กตัวถัง (Jig Body Main) และชิ้นส่วนตจัวถังใช้ เองได้ในประเทศ และสามารถผลิตจิ๊กที่มีคุณภาพทัดเทียมกับจิ๊กที่ผลิตจากต่างประเทศ จึงทำให้ ช่วยลดต้นทุนในการขาดดุลทางการก้ากับต่างประเทศได้เป็นอย่างมาก และช่วยลดต้นทุนในการ ผลิตรถยนต์ให้ต่ำลงได้อีกทางหนึ่งด้วย

ในการผลิตจิ๊กนั้นผู้ที่ท<mark>ำกา</mark>รผลิตจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนอย่าง ละเอียด เช่น ทราบลักษณะของชิ้นส่วน ขนาดที่แน่นอนของชิ้นส่วน ความถี่ในการนำจิ๊กไปใช้ งาน จากนั้นจึงทำการออกแบบและเลือกวัสดุที่ใช้ แล้วจึงทำการผลิต

จิ๊กที่ใช้ในการผลิตตัวถังและชิ้นส่วนตัวถัง (Body) ของรถยนต์ แบ่งตามลักษณะการ นำไปใช้งานได้ 3 ชนิด คือ จิ๊กที่จับยึดชิ้นงานโดยการใช้มือ (Manual) จิ๊กที่จับยึดชิ้นงานโดยการ ใช้ลม (Pneumatic) และจิ๊กที่จับยึดชิ้นงานโดยการใช้มือร่วมกับลม (Pneumatic and Manual)

 ชนิดของจิ๊กที่ใช้ในงานเชื่อมโกรงรถ (Frame Assembly) ของรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก (ปิกอัพ) แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

 1.1) จิ๊กสำหรับการเชื่อมตรึงเป็นจุด (Tracking Welding Jig) ใช้จับยึด ส่วนประกอบทุกชิ้นที่จะนำมาประกอบเป็นโครงรถ (Frame) โดยจับยึดชิ้นส่วนทุกชิ้นให้ยึดติดกับ ส่วนประกอบหลักของโครงรถ (Member) จากนั้นจึงเชื่อมตรึงเป็นจุดๆ ให้ครบทุกจุดที่ต้องการ ก่อนจะนำไปเชื่อมให้สมบูรณ์ เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนประกอบทุกชิ้นเกิดการงอหรือบิดระหว่างทำ การเชื่อมสมบูรณ์ จิ๊กสำหรับการเชื่อมตรึงเป็นจุดมีลักษณะตายตัว ไม่สามารถหมุนโครงรถได้

 1.2)
 จิ๊กสำหรับงานเชื่อมสมบูรณ์ (Main Welding Jig)
 ใช้จับยึดชิ้นส่วนหลังจาก

 ผ่านการเชื่อมตรึงเป็นจุดมาแล้ว
 โดยจะเน้นความแข็งแรงมากกว่าจิ๊กสำหรับการเชื่อมตรึงเป็นจุด

 เนื่องจากขณะทำการเชื่อมสมบูรณ์จะเกิดความร้อนที่ชิ้นส่วนมาก
 จิ๊กสำหรับงานเชื่อมสมบูรณ์

 สามารถปรับมุมได้ 360องศา

1.3) จิ๊กสำหรับการตรวจเช็คและปรับปรุงแก้ไข (Check and Rapair) ใช้ปรับยึด โครงรถหลังการเชื่อเสร็จสมบูรณ์ เพื่อตรวจเช็คและปรับปรุงแก้ไข สามารถปรับมุมได้ 360องศา

2.2 เทคโนโลยีการออกแบบ CATIA Function ที่นำมาใช้

สำหรับเทคโนโลยีที่จะใช้ในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายครั้งนี้ จะเลือกใช้โปรแกรม CATIA V5 R18 เนื่องมาจากงานที่ได้รับมอบหมายนี้เป็นงานเกี่ยวกับการออกแบบ โดยที่งานชิ้น นี้ค่อนข้างจะเร่งค่วน มีระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลและการออกแบบน้อย จึงต้องเลือกใช้ โปรแกรมนี้ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เคยได้ศึกษาในขั้นพื้นฐานมาก่อนบ้างแล้ว เพื่อลดระยะเวลาในการ ทำงานลง สำหรับพื้นฐานของโปรแกรมที่ได้ศึกษามาจะอยู่ในโหมดของ Part Design (PD) แต่ หัวใจหลักของการออกแบบครั้งนี้จะอยู่เป็นการออกแบบในโหมดของ Generative Shape Design (GSD) ซึ่งไม่เคยมีพื้นฐานในการใช้งาน และไม่เคยได้ศึกษามาก่อน จึงได้มีการรวบรวมข้อมูล ต่างๆ จากเว็บไซต์ วีดิโอคลิป <mark>เกี่ย</mark>วกับการออกแบบโดยใช้โปรแกรม CATIA ดังนี้

2.2.1 Part Design



This new application, which combines the power of feature-based design with the flexibility of a Boolean approach, such as post-design and local 3D parameterization.

As a scalable product, can be used in cooperation with other current or future companion products in the next CATIA generation. The widest application portfolio in the industry is also accessible through interoperability with CATIA Solutions Version 4 to enable support of the full product development process from initial concept to product in operation.

Part Design User's Guide show how to create a part. There are several ways of creating, this book aims at illustrating several stages of creation you may encounter.

The basic tasks perform in the Part Design workbench are mainly the creation of features and surfaces use to create part. To create features will sometimes sketch profiles first. This section explain and illustrate how to create various kinds of features and surfaces.

1) Opening a New CATPart Document

1.1) Select the File -> New commands (or click the New icon).
The New dialog box is displayed, allowing you to choose the type of document you need.
1.2) Select Part. Workbench is loaded and a document opens.



The Part Design workbench document is divided into:

- two windows: the specification tree and the geometry area
- specific toolbars : refer to Part Design Workbench
- a number of contextual commands available in the specification tree and in the geometry.

CATIA provides three planes to start design. Actually, designing will first require a sketch. Sketching profiles is performed in the Sketcher workbench which is fully integrated into Part Design. To open it, just click the Sketcher icon and select the work plane.

2) Creating Sketch-Based Features

Features are entities you combine to make up your part. The features presented here are obtained by applying commands on initial profiles created in the Sketcher workbench.

Some operations consist in adding material, others in removing material. In this section, you will learn how to create the following features:

3) Pad

Creating a pad means extruding a profile in one or two directions.

Profile

3.1) Basic Pads Shows you how to create a basic

pad using a closed profile, the Dimension and Mirrored extent options.

1. Select the profile to be extruded.

2. Click the Pad icon **U**. The Pad Definition dialog box appears and previews the pad to be created.



1D

Result

- 3. Select LIM1 and drag upwards to 69 to increase the length value.
- 4. Click Mirrored extent to extrude profile in opposite direction.
- 5. Click OK. The pad is created.

3.2) A Few Notes About Pads

Pad below has been created from an open profile.



Pads can also be created from sketches including several profiles. Must not intersect.



- 3.3) 'Up to Plane' Pads
- 1. Select the profile to be extruded.
- 2. Click the Pad icon . Previews a pad with 10 mm.
- 3. Click the arrow in the geometry area to reverse the extrusion direction .
- 4. In the Type field, set the Type option to `Up to plane'.
- 5. Select Plane.4. The plane is going to limit the extrusion.
- 6. Click OK. The pad is created. Specification tree indicates this creation.

3.4) `*Up to Surface' Pads*



More>>

Apply Gancel

Rev

1. Select the profile to be extruded.

2. Click the Pad icon . The Pad Definition dialog box appears and Previews a pad with a default dimension value.

3. In the Type field, set the Type option to Up to surface.

4. Select the face. Previews the plane is going to limit the extrusion.

5. Click OK. The pad is created, Specification tree indicates this creation.



4) Pocket

Creating pocket consists in extruding profile and removing material resulting from extrusion.

4.1) Basic Pockets

Shows you how to create a pocket, that is a cavity, in an already existing part.

1. Select the profile.

up to plane

2. Click Pocket icon **1**. dialog box is displayed. Set one of these options:

up to next

up to last

up to surface

3. Set Type parameter to Dimension, and enter 30 mm. Alternatively, select

LIM1 and drag it downwards to 30.

4. Click OK. Specification tree indicates this creation.

4.2) A Few Notes About Pockets

Allows to create pockets from open profiles provided existing geometry can

trim the pockets.











Pockets can be created from sketches including several profiles. Must not intersect.



• The "Up to next" creation mode behaves differently depending on release of product. The "up to next" limit is very first face detects while extruding profile. This is an example:



The "up to next" limit is the first face application detects while extruding profile. This face must stops whole extrusion, not only a portion of it as shown in the figure below:



5.1) Creating a Hole

This task illustrates how to create a counterbored hole while constraining its location.

1. Click the Hole icon

Select the circular edge and upper face as shown. previews the hole to be created. By default, previews a simple hole whose diameter is 10 mm and depth 10 mm. Contextual creation commands are available on the BOTTOM text.

3. Now, define hole wish to create. Enter 24 mm as diameter value and 25 mm as depth value.



4. Set the Bottom option to V-Bottom to create a pointed hole and enter 110 in Angle field.

5. Now, click Type tab to access type of hole you wish to create. Going to create a counterbored hole. Notice that the glyph assists you in defining the desired hole.



6. Enter 30 mm in Diameter field and 8 mm as depth value. Preview see new diameter.

7. Click OK. The hole is created. Specification tree indicates this creation.

6) Shaft

Sketch include a profile and an axis about which feature will revolve.

1. Select the closed profile.

2. Click the Shaft icon . The Shaft Definition dialog box is displayed and previews a round feature. The First Angle value is by default 360 degrees.







3. Previews the LIM1 and LIM2 of the shaft to be created. Select LIM1 and drag it onto 250.

4. Now enter 40 degrees in the Second angle field.

5. Click OK. Can use open profiles for creating shafts. In example below, the red face trims the extremity to the left. The axis about which feature is created trims opposite extremity.



Open profile

6.1) Creating Dress-Up Features

Dressing up features is done by applying commands to one or more supports. Provides a large number of possibilities to achieve the features meeting your needs.

7) Edge Fillet

A fillet is curved face of variable radius tangent and joins two surfaces. Edge fillets are smooth transitional surfaces between two adjacent faces.

1. Click Edge Fillet icon . Edge Fillet Definition dialog box appears.

2. Select the upper face as well as the four vertical edges.

3. The face and edges selected then appear in the Objects to fillet field.

Previews fillets to be created. The radius value is displayed too.

4. Click OK. The edges are filleted.

2.2.2 Generative Shape Design

Generative Shape Design allows to quickly model both simple and complex shapes using wireframe and surface features. Provides a large set of tools for creating and editing shape designs and, when combined with other products, it meets requirements of solid-based hybrid modeling.

This new application is intended for both expert and casual user. Its intuitive interface offers possibility to produce precision shape designs with very few interactions. The dialog boxes are self explanatory and require practically no methodology, all defining steps being commutative.

The Generative Shape Design User's Guide show how to create and edit a surface design. There are numerous techniques to reach final result. Aims at illustrating these various possibilities.

Cancel

1) Creating Planes

This task shows the various methods for creating planes:



1.10) Angle or normal to plane

Select a reference Plane and a Rotation axis.

Enter an Angle value. Displayed passing through line. Oriented angle to reference plane.

1.11) Mean through points

Select three or more points to display mean plane through these points. It's possible to edit the plane by first selecting a point in the dialog box list then choosing an option to either:

two surfaces

Remove the selected point

Replace the selected point by another point.

3. Click OK to create. The plane (identified as Plane.xxx) is added to specification tree.

2) Creating Intersections

two wireframe elements

a wireframe element and a surface.

1. Click Intersection icon 4. Intersection Definition dialog box appears.

2. Select two elements to be intersected. The intersection is displayed.

This example shows the line resulting from

resulting the intersection of a plane and a surface.

Intersection Definition

_ 🗆 🗙

<u>۽</u>

\$

Gancel

This example shows the curve from the intersection of two surfaces.

> mit 1: 10mm mit 2: 0mm

> > erse Direction

🔷 Ap

3. Click OK to create intersection (identified as Intersect.xxx) is added to specification tree.

3) Creating Extruded Surfaces

To create surface by extruding profile along given direction.

1. Click Extrude icon Š. Extruded Surface Definition dialog box appears.

2. Select Profile and specify extrusion Direction.

- 3. Enter values or use the graphic manipulators to define the start and end limits of the extrusion.
- 4. Click Reverse Direction button to display extrusion on the other side of selected profile.
- 5. Click OK to create surface (identified as Extrude.xxx) is added to specification tree.

4) Creating Offset Surfaces

1. Click Offset icon 🏝. Offset Surface Definition dialog box appears.

2. Select the Surface to be offset.

3. Specify Offset by entering a value or using graphic manipulator. The offset surface is displayed normal to the reference surface.

4. An arrow indicates the proposed direction for the offset.

5. Click OK to create surface. Display offset surface on the other side of by clicking either arrow or Reverse Direction button. The surface (identified as Offset.xxx) is added to specification tree.



The figure above shows the offset after clicking the Reverse Direction button

5) Creating Swept Surfaces

Create a swept surface by sweeping out a profile in planes normal to a spine curve while taking other user-defined parameters (such as guide curves and reference elements) into account.

You can sweep an **explicit profile**:

along one or two guide curves (in this case the first guide curve is used as the spine)

• along one or two guide curves while respecting a spine. In addition, can control the positioning of the profile while it is being swept by means of a reference surface. The profile position may be fixed with respect to the guide curve or user-defined in the first sweep plane.

You can sweep an <u>implicit linear profile</u> along a spine. This profile is defined by:

two guide curves and two length values for extrapolating the profile

- a guide curve and a middle curve
- a guide curve, reference curve, an angle and two length values for extrapolating the profile
- a guide curve, reference surface, an angle and two length values for extrapolating profile.

You can sweep an **<u>implicit circular profile</u>** along a spine. This profile is defined by:

three guide curves

two guide curves and a radius value

a center curve and two angle values defined from reference curve (also defines the radius)

a center curve and a radius.

5.1) Swept Surfaces using an Explicit Profile

Shows how to create swept surfaces use an explicit profile. Can use wireframe elements.

```
1. Click Sweep icon \checkmark. Swept Surface Definition dialog box appears.
```

- 2. Use the combo to choose the Explicit profile type.
- 3. Select a Guide curve.
- 4. Select the planar Profile to be swept out.
- 5. If no spine is selected, the guide curve is implicitly used as the spine.
- 6. If needed, select a Second guide curve.

The figure below shows the result obtained after selecting the first guide curve and the profile.

The figure below shows result obtained when include a linear spine element in definition.

The figure below shows result obtained when include a linear spine element in definition.

7. If you want to control position of profile during sweep, select a reference Surface. By default, the sweep follows the mean plane of the spine, otherwise it follows the reference.

8. Click Position profile button to access following positioning parameters. These parameters and graphic manipulators will allow position profile in first sweep plane.

Specify a positioning point in first sweep by either entering coordinates or selecting a point.

Specify the x-axis of axis system by either selecting line or specifying rotation angle.

Select X-axis inverted check box to invert orientation (while keeping y-axis unchanged).

Select Y-axis inverted check box to invert orientation (while keeping y-axis unchanged).

Specify an anchor point on profile by selecting a point. This anchor point is origin of t axis system that associated to profile.

9. Click OK. Surface (identified as Sweep.xxx) is added to specification tree.



6) Splitting Geometry

Split a surface or wireframe element by means of a cutting element. You can spilt:

- a wireframe element by a point, another wireframe element or a surface.
- a surface by a wireframe element or another surface.
- 1. Click Split icon $\stackrel{}{\sim}$. The Split Definition dialog box appears.
- 2. Select element to be split. Make selection by clicking .
- 3. Select cutting element. Select kept by clicking the Other side button.
- 4. Click OK. Element (identified as Split.xxx) is added to specification tree.

7) Trimming Geometry

- 1. Click the Trim icon ². Trim Definition dialog box appears.
- 2. Select two surfaces to be trimmed. Select kept by clicking the Other side of element 1 and 2 buttons.
- 3. Click OK to trim (identified as Trim.xxx) is added to specification tree.

8) Joining Surfaces or Curves

The surfaces or curves to be joined must be adjacent.

- 1. Click the Join icon. The Join Definition dialog box appears.
- 2. Select the surfaces or curves to be joined.
- 3. Edit the list by means of the Remove and Replace buttons.
- 4. Click OK. Surface or Curve (identified as Join.xxx) is added to specification tree.





ement 1: No selection
Other side of element 1
Other side of element 2
🕘 OK 📔 🍋 Apply 📕 🥥 Cance
OK Apply OCance

2.3 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

กล่าวถึงทฤษฎีนำมาใช้ศึกษางานวิจัย ความเก้นและความเกรียดที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับภาระ รวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบวิธีไฟในต์เอลิเมนต์ซึ่งช่วยในการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุ การ คำนวณแรง การจำลองแบบการใช้งานในสภาวะจริง และการวิจัยในทางวิศวกรรมต่าง ๆ โดยทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะยืดจะเป็นไปตามกฎของฮุค (Hooke's Law)

รูปที่ 2-1 กฎความสัมพันธ์ของฮุค

เมื่อ F เป็นแรงกระทำ, K เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุ และ u เป็นระยะยืด วัสดุจำพวก โลหะ การยืดตัวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับภาระที่ได้รับ หรือ พฤติกรรมแบบเป็นเชิงเส้น (Linear Behavior)

2.3.1 อัตราส่วนระยะยืด

กรณีการทคสอบดึงแกนเดียวของชิ้นงาน การวัดระยะที่ยืดออกตามแนวการดึงจะเขียน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะทั้งหมดกับความยาวเดิม

$$\lambda = \frac{L}{L_0} = \frac{(L_0 + u)}{L_0} = 1 + \frac{u}{L_0}$$
(2-1)
พื้นที่หน้าตัดเดิม A_0 พื้นที่หน้าตัดใหม่ A

รูปที่ 2-2 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระยะยืด

โดยทั่วไปในกรณีที่ต้องการศึกษาการยื<mark>ด</mark>ตัวของวัสดุที่มีรูปทรงต่าง ๆ กัน สามารถทำได้ โดยทดสอบแบบดึงสองแกนเท่ากัน จะอธิบายความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระยะยืดได้ทั้งสาม ทิศทางตามแนวแกนหลัก *x, y, z* ในการวิเคราะห์การเสียรูปมาก (Large Strain Deformation) รวมถึง การคำนวณหาค่าอินวาเรียนท์ของความเกรียด (Strain Invariants, I_j) ซึ่งนำไปใช้คำนวณในฟังก์ชัน พลังงานความเกรียด (Strain Energy Function) ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

2.3.2 ความเค้นและความเครียด

การวิเคราะห์การเสียรูปของวัสดุซึ่งมีคุณสมบัติไฮเปอร์อิลาสติก โปรแกรมที่ใช้คำนวณ ด้วยระเบียบวิธีไฟในติเอลิเมนต์ส่วนใหญ่ จะใช้พื้นฐานการวิเคราะห์จากสมการที่เรียกว่า Green Lagrange Strain, E ในกรณีที่เป็นพฤติกรรมการดึง แกนเดียวจะเขียนได้เป็น

$$E = \frac{1}{2} \left(\lambda^2 - 1 \right) \tag{2-2}$$

สอคกล้องกับกวามเก้นอันดับที่ 2 ของ Piola Kirchhoff, S₂

$$S_2 = \frac{F}{A} \left(\frac{L_0}{L}\right)^2 \tag{2-3}$$

แม้ว่าความเค้นอันดับที่ 2 ของ Piola Kirchhoff เหมาะจะใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของพฤติกรรมทางกลของวัสดุ แต่การคำนวณพฤติกรรมโครงสร้างทำได้ยากจึงใช้ความสัมพันธ์ ของความเค้นเคาชี (Cauchy Stress, *o*) และความเครียดลอการิทึม (Logarithmic Strain, *E*) แทน

$$\sigma = \frac{F}{A}$$
(2-4)
$$\varepsilon = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right)$$

หรือเขียนเป็นความเก้นทางวิศวกรรม (Engineering Stress, S₁) และความเกรียดทาง วิศวกรรม (Engineering Strain, e)

$$S_{1} = \frac{F}{A_{0}}$$

$$e = \frac{\Delta L}{L_{0}}$$
(2-5)

บทที่ 3 แผนการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนการปฏิบัติงาน

ตารางแสดงแผนการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

หัวข้อการทำงาน	เดือนที่ 1			เดือนที่ 2				เดือนที่ 3				เดือนที่ 4			4	
พื้นฐานการทำงาน																
- ความรู้ทั่วไปภายในแผนก QA (Procedure, Wi)	0															
- การอ่าน Drawing	Ê	0	7													
- การใช้เครื่องมือวัดละเอียด		0				3										
พื้นฐานการออกแบบ, การนำไปใช้, การตรวจสอบ								3		**						
- การออกแบบ Concept Inspection Jig,				~					\$	2						
Checking Fixture			0							C						
- การใช้งานโปรแกรมออกแบบ 3D เบื้องต้น (UG					C		-0									
NX5.0)											1					
- การ Simulate หลังจากก <mark>ารออกแบบ (</mark> Assembly								o		-0				_		
Part & Function)										Č						
 การใช้งานโปรแกรมออกแบ<mark>บ 2</mark>D เบื้องต้น (UG 										P	0		0			
NX5.0)		-				/		C	$\sum_{i=1}^{n}$							
- การตรวจสอบ Inspection Jig, Checking Fixture						~								<u> </u>		0
(Calibration)		-	1	1												

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงแผนการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

3.2 รายละเอียดงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่ได้รับมอบหมายเป็นการกำหนดให้ออกแบบ Gauge Check สำหรับใช้เพื่อการ ทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดของ LOOP ที่ต้องนำมายึดติดกับ Part โดยการนำไปทดสอบ แรงดึง (Tensile Test) หลังจากการ Assembly กันระหว่างตัวชิ้นงานกับ LOOP โดยที่ตัว Gauge Body ที่จะต้องออกแบบมีข้อกำหนดว่าจะต้องเป็นแบบ Specific Part เท่านั้น เพื่อที่จะ รองรับกับ Shape ของ Part ที่ขึ้นรูปมาได้อย่างพอดี นอกจากตัว Gauge Body แล้วยังมี Gauge Shape Control สำหรับใช้ในการ Control รูปร่างของชิ้นงานและช่วยในการรองรับ Load จาก การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) ด้วย อีกทั้งตาม Concept ที่ได้รับมาจะต้องมีการควบคุม ระยะความห่างระหว่างระนาบเรียบของตัวชิ้นงานตามผิว CAD กับระยะที่ส่วนปลายของ LOOP ซึ่งในการออกแบบจะต้องกำนึงถึงความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานจริงกับ Tensile Test Machine ของทางบริษัทด้วย



3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมเอกสาร

1) เตรียม Drawing ของ Part ที่ต้องการจะใช้ในการทำ Shape ของ Hanger Fixture

- 2) ตรวจสอบ REV. NO. ที่ถูกต้อง
- 3) Concept ที่ต้องการใช้ในการ Test Tensile
- 4) เตรียม CAD 3D ของ Part ที่ต้องการจะใช้ในการทำ Shape ของ Hanger Fixture
- 5) ศึกษา Drawing ของ Part ร่วมกับการดู Concept ที่ต้องการอย่างละเอียด
- 6) รวบรวมข้อมูลของเครื่อง Tensile Test Machine

	ข้อมูล	ขนาด
	1. แกนต่อเครื่อง Tensile ตัวถ่าง	Diameter 38 mm ไม่มีเกลียว
	2. Hole ใส่สลัก	Diameter 18 mm
1	3. แกนต่อเครื่อง Tensile ตัวบน	M32 ความยาว 35 mm

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงข้อมูลจากการสอบถามข้อมูล Tensile Test Machine

- 7) รวบรวมข้อมูล วีดิโอคลิป และเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับการสร้าง Surface ในโหมดของ
 Generative Shape Design (GSD) ของโปรแกรม CATIA
- 8) ศึกษาข้อมูลที่ได้มาจาก<mark>การรวบรวมเพื่อนำม</mark>าปร<mark>ะยุก</mark>ต์ใช้กับการออกแบบ Hanger Fixture
- 9) ทุดลองร่างแบบตามแนวกิด<mark>ที่ไ</mark>ด้มาจากการวิเคราะ<mark>ห์</mark>ด้วย<mark>การ</mark> Sketch ด้วยมือ

3.3.2 ขั้นตอนการออกแบบ

- ขั้นตอนการออกแบบส่วนของ Gauge Body

1) เปิดโปรแกรม CATIA V5 R18
 2) เลือก File > Open > เลือกชิ้นงานที่ต้องการ



 หลังจากเปิด CAD Part ที่ต้องการแล้ว ทำการลบส่วนอื่นๆ ที่ไม่จำเป็นต่อการออกแบบ และไม่ ต้องการใช้ในการออกแบบทิ้ง จะได้ดังภาพ



ร**ูปที่ 3.3 CAD** Part ลบส่วนที่ไม่จำเป็นออก



4) เปลี่ยนโหมดที่ใช้ในการออกแบบ โดยไปที่ Start > Shape > Generative Shape Design

รูปที่ 3.4 เปลี่ยนโหมดการใช้งานเป็น GSD

5) สร้างระนาบอ้างอิ่งที่ 1 (Plane 1) ตรงบริเวณ Part ที่มีลักษณะเป็นระนาบตรง โดยใช้เครื่องมือ

(Plane Definition)



รูปที่ 3.5 Plane Definition 1 (Tangent to Surface)

6) สร้างระนาบอ้างอิงที่ 2 (Plane 2) โดยเลือกคำสั่ง Offset from Plane (จาก Plane 1) ที่ระยะ
50 mm โดยใช้เครื่องมือ (Plane Definition)



รูปที่ 3.6 Plane Definition 2 (Offset from Plane)

7) กดเลือก Plane 2 ที่สร้างขึ้นมาแล้วเลือกคำสั่ง (Sketch) จากแถบเครื่องมือ
 จากนั้นทำการ Sketch ตาม Shape ของ Part เมื่อ Sketch เสร็จคลิกเลือกที่ไอคอน
 (Exit Workbench) เพื่อออกจากการ Sketch ภาพ ในที่นี้จะได้ Sketch 1



รูปที่ 3.7 Sketch 1

8) เลือก Plane 1 เลือกไอคอน (Sketch) จากแถบเครื่องมือเพื่อสร้าง และขยายขนาดของ Hole เมื่อ Sketch เสร็จแล้ว คลิกเลือกที่ (Exit Workbench) ออกจากการ Sketch จะ ได้ Sketch 2 บน Specifications Tree สามารถตรวจสอบขนาด Standard ของ Hole และ ตำแหน่ง Car Line ได้จาก Drawing จากนั้นเลือกฟังก์ชั่น (Split Definition)
Element to Cut : ใส่ Surface ของ Part
Cutting Element : ใส่บริเวณที่ Sketch 2 ซึ่งเป็น Hole ของ Part ในข้อที่ 7
เมื่อเสร็จแล้วกด OK จะได้เป็น Spilt 1



ฐปที่ 3.8 Sketch 2 and Split Definition 1

(การขยายขนาดของ Hole ดูตาม Concept และความเหมาะสมในการใช้งาน ส่วนของ Hole ที่ เป็นบริเวณรองรับ LOOP กำหนดให้มี Diameter 18 mm เนื่องจากบริเวณที่ติดตั้ง LOOP ต้องมี การย้ำที่ส่วนหัว ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องของขนาด Diameter ของส่วนหัวที่ถูกย้ำของ LOOP และความหนาของส่วนที่ถูกย้ำอาจจะเกิดการคลาดเคลื่อนได้)



ค่าของ Dimension ที่กำหนดให้เป็น 73 mm เนื่องจากต้องการให้ Extruded ไปปิดส่วนที่ สูงที่สุดของ Part พอดี เมื่อเลือก OK แล้วจะได้ Volume Extrude 1



รูปที่ 3.9 Extruded Volume Definition 1

 10) เริ่มการ Intersect ระหว่าง Shape ที่ได้ทำการเจาะและขยาย Hole มาเรียบร้อยแล้วในข้อ 8 (Spilt 1) กับส่วนที่ Extruded Volume ขึ้นมาในข้อ 9 (Volume Extrude 1) โดยใช้กำสั่ง
 (Intersection Definition) แล้วใส่ข้อมูลดังนี้



จะสังเกตว่าเมื่อทำการ Intersect ออกมาแล้วเส้นที่ได้จะไม่ต่อกัน จะมีส่วนที่ขาดไปบ้าง ให้ทำการต่อเติมส่วนที่ขาดทั้งหมดด้วยเครื่องมือ 🖊 (Line Definition) 11) สร้างระนาบอ้างอิงที่ 3 (Plane 3) โดยเลือกคำสั่ง Offset from Plane (จาก Plane 2) ที่ระยะ
 20 mm โดยใช้เครื่องมือ (Plane Definition) เลือก Reverse Direction เข้าหา Plane 1



รูปที่ 3.11 Plane Definition 3 (Offset from Plane)

ใช้ฟังก์ชั่น
 (Extruded Surface definition) เพื่อสร้าง Surface ของ Hole
 ให้มีความยาวออกมาตามความหนาของ Gauge Check ที่ต้องการ โดยใส่ตามข้อกำหนด ดังนี้

Profile	:	Sketch 2			
Direction	:	Defa <mark>ult (</mark> Sketcl	h normal	.) <mark>o</mark> r S <mark>ketc</mark> h 1	
Limit 1					
		Туре	:	Dimension	
		Dimension	:	30 mm	
			หรือ		
		Туре	:	Up to Plane	
		Reference	ŲΠ	Plane 3	
จากนั้นเลือก	OK จะได้	Extrude 1			



รูปที่ 3.12 Extruded Surface Definition 1

13) เนื่องจากเส้นที่ได้จากการทำ Intersection Definition และเส้นที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมต่อส่วนที่ งาดไปของการ Intersect ไม่มีต่อความเนื่องกันจึงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ในการนำไปใช้ งานจึงต้องทำให้เส้นมีความต่อเนื่องกันเสียก่อน โดยใช้ฟังก์ชั่น 2 (Join Definition) เชื่อมต่อเส้นที่เกิดจากการสร้างขึ้นหลายๆ เส้น และเส้นที่ได้จากการ Intersect เข้าด้วยกัน กดที่ฟังก์ชั่น > เลือกเส้นเชื่อมต่อทั้งหมด และเส้น Intersect > กลิก OK จะได้ Join 1



รูปที่ 3.13 Join Definition 1

14) สร้าง Line ระหว่างจุดสูงที่สุดของ Shape กับ Shape Sketch บน Plane 2 เพื่อใช้เป็น Guide
 Line ในการสร้าง Surface โดยใช้เครื่องมือ // (Line Definition) จากนั้นใช้ฟังก์ชั่น

 (Swept Surface Definition) เพื่อ Sweep Surface ให้ Shape ของ Gauge Body

 Profile Type : Explicit (รูปแรก)

 Subtype : With reference surface

 Profile : Join 1

 Guide Curve : Line (เส้น Guide Line ที่สร้างในข้อ 16)

 Spine : Default (เส้น Guide Line ที่สร้างในข้อ 16)

 เลือก OK จะมี Sweep 1 ขึ้นมาบน Tree



รูปที่ 3.14 Line Definition 1 and Swept Surface Definition 1

15) เลือก Plane 3 กลิกที่ (Sketch) สร้างส่วนของเส้นตรง 1 เส้นผ่านกลาง Gauge Shape แกนใคกีได้ เมื่อ Sketch เสร็จกด ம (Exit Workbench) จะได้ Sketch 3 จากนั้น เลือก Plane 3 แล้วเข้าไปที่ Sketch Mode อีกครั้ง สร้างส่วนของเส้นตรง 1 เส้นผ่านตรงกลาง ของ Gauge Shapeให้ตัดกับเส้น Sketch 3 เมื่อเสร็จแล้วออกจาก Sketch Mode จะได้ Sketch 4



16) สร้าง Surface จากเส้นที่สร้างใน Sketch 3 และ Sketch 4 ใช้เครื่องมือ 🤣 (Swept Surface Definition) ซึ่งมีข้อมูล ดังนี้

Surface Definition	() ภาท แก่ที่ย Mir Mir
Profile Type :	Explicit (รูปแรก)
Subtype :	With reference surface
Profile :	Sketch 3
Guide Curve :	Plane 3
Spine :	Sketch 4
เลือก OK จะได้เป็น S	
→ B Paraboly → Gray Boly → G	Mercal Soc. 1

รูปที่ 3.16 Swept Surface Definition 2

% # + @ Q Q **2 = 0** 0 = 2

3 34

. 17 fo 💬 🗖 🝕 🖗 👫

12 27

17) ทำให้ Gauge Body	เป็น	Surface ปิด เถือก	ไอคอน 🗸 ((Trim Definition) ดังนี้
Mode	:	Standard			
Trimmed Elements	:	Sweep 1			
		Sweep 2	เลือกที่	ช่อง Automatic	extrapolation

ใช้กำสั่ง Other side / next element และ Other side / previous element จนเงาสีคำคลุมด้านที่ ต้องการจะตัดออกทั้งหมด เลือก Preview เพื่อตรวจสอบว่าถูกต้อง แล้วกด OK จะได้ Trim 1



รูปที่ 3.18 Split Definition 2

19) สร้าง Plar	ne 4 ໂເ	ดยใช้ 📿	(Plane Definition)
Plane type	:	Normal to	o Curve
Curve	:	Split 1\Edg	lge 1 (เส้นที่ตั้งฉากกับแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของ Hole)
Point	:	Spilt 1\Ver	ertex 3 (จุดที่อยู่บนเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลาง Hole)
คลิกเลือก OK			



รูปที่ 3.19 Plane Definition 4 (Normal to Curve)

20) ใช้คำสั่ง (Plane Definition) สร้าง Plane 5 แบบ Offset from Plane จาก Plane 4
 ไปตามแนวแกน X เป็นระยะ 57 mm (ระยะมากที่สุด แต่ยังไม่พ้นขอบ Gauge Body)



รูปที่ 3.20 Plane Definition 4 (Offset from Plane)

21) ตัดขอบ Surface	ของ	Gauge Body ให้เสมอ	กัน โดยเครื่องมือ	R.	(Trim Definition)
Mode	:	Standard			
Trimmed Elements	:	Spilt 1			
		Spilt 2			

Preview เพื่อดูว่าเป็นพื้นที่ที่ต้องการตัดออกหรือไม่ ถ้าไม่ใช่กด Other side / next element หรือ Other side / previous element เมื่อได้ส่วนที่ต้องการตัดออกแล้วกด OK จะได้เป็น Trim 2



ร**ูปที่ 3.22** เปลี่ยนโหมคการใช้งานเป็น PD

23) เลือก Plane 4 เข้าโหมด 🛛 🖾 (Sketch) สร้างส่วนฐานของ Gauge Body โดยความกว้าง							
ถูกควบคุมโดย Gauge Shape ความยาวควบคุมโดยขนาดของแกนที่นำไปใส่ Tensile Test							
Machine ซึ่งมีขนาด Diameter 38 mm จะได้ฐาน เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 27 x 38 mm							
Sketch เสร็จแล้วเลือก ሳ (Exit Workbench) ออกจากโหมด Sketch จะได้ Sketch 5							
จากนั้นใส่ความหนาของ Sketch 5 โดยใช้ฟังก์ชัน 🕖 (Pad Definition) ดังนี้							
First Limit							
Type : Dimension							
Length : 20 mm (ให้สูงพ้นจาก Gauge Body ไม่มาก เนื่องจากมี							
ผลต่อการบิดตัว และการเสียรูป)							
Profile / Surface							
Selection : Sketch 5							
เมื่อใส่ข้อกำหนดครบแล้วเลือก Preview เพื่อดู หรือเลือก OK จะได้ Pad 1 บน Tree							
E CONTRACTOR CONT							

รูปที่ 3.23 Sketch 5 and Pad Definition 1

24) เลือกโหมด (Sketch) สร้างรูปทรงลักษณะหกเหลี่ยม ดังภาพที่ 3.3.23 ใช้เป็นส่วน เชื่อมต่อระหว่างฐานกับแกนสวม Tensile Test Machine ความกว้างถูกควบคุมโดย Concept ในการควบคุมระยะห่างของการเช็ค LOOP (ทำเป็นระนาบเอียงความสูงเล็กน้อย เนื่องจากมี ผลต่อการทรงตัวและมีผลต่อการเสียรูป โดยให้ระนาบเอียงมีลักษณะขนานกัน)
 เมื่อ Sketch เสร็จเลือก (Exit Workbench) ออกจากโหมด Sketch จะได้ Sketch 6 ใส่ความหนาของ Sketch 6 ด้วยฟังก์ชัน (Pad Definition) ดังต่อไปนี้

First Limit		
Туре	:	Up to Plane
Limit	:	Pad 1 \ Face 1
Offset	:	0 mm
Profile / Surface	;	
Selectio	on :	Sketch 6

เลือก Preview เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและกด OK จะได้เป็น Pad 2

<u> </u>
รูปที่ 3.24 Sketch 6 and Pad Definition 2
25) เลือก Plane เรียบด้านข้าง <mark>บริ</mark> เวณส่วน <mark>คอขอ</mark> ง Gauge Body เข้าโหมด 🔍 (Sketch)
สร้างวงกลม Diameter 38 mm (ขนาดแกนสวม Tensile Test Machine จากข้อมูลที่
ได้มา) ตามภาพที่ 3 3 24 <mark>เมื่</mark> อ Sketch ภาพเสร็ก ใช้เอรื่องมือ 🗅 (Exit Workbench)
เพื่อออกจากโหนด Skatch จะได้เป็น Skatch 7
First Limit
Type : Dimension
Length : 70 mm
Profile / Surface
Selection : Sketch 7

Second	l Limit		
	Туре	:	Dimension
	Length	:	5 mm
Directi	on		
	เลือก Norma	l to profi	le
	Reference	:	No selection Preview ดูความเหมาะสมและกด OK
		sun	3.25 Sketch 7 and Pad Definition 3
		Q	
26) คลี	ลิกที่ Plane เรียบ	เที่ส่วนฐาเ	น เลือกโหมด 🗹 (Sketch) สร้างส่วนของวงกลม Radius
19	9 mm และทำเป็	ในร <mark>ู</mark> ปปิด '	ในตำแหน่ง ตามภาพที่ 3.3.25 เพื่อตัดส่วนที่เกินจากแกนต่อ
Т	ensile Test Ma	ichine ให้เ	ป็น Shape เคียวกัน เสร็จแล้วเลือก 🗅 (Exit Workbench)
จะ	ะได้เป็น Sketcl	า 8 ใช้เครื่	<mark>อง</mark> มือ 📴 (Pocket Definition) ตัดส่วนที่เกินทิ้ง
First I	Limit		
	Туре	:	Dimension
	Length		30 mm (ระยะที่ใช้ในการตัดออกจนหมด)
Profile	Selection		Sketch 8
กคท I	review เพอดูต	าอถาง แข	TIGETI OK VE IN Pocket I



รูปที่ 3.26 Sketch 8 and Pocket Definition 1



รูปที่ 3.27 Sketch 9 and Pocket Definition 2

- .CATPart และ .igs และเข้าสู่โหมด Drafting เพื่อทำ Detail Drawing ของ Gauge Body ** • 10 25 VO .10 000 @ 1 11 0 % 1.0P . 8: fes 🗩 🗉 🔳 🖂 🛞 🎲 94 🗄 🖶 🗐 🍳 🍳 11 A 2 2 R 23. 17 27 รูปที่ 3.28 Completed Gauge Body - ขั้นตอนการออกแบบส่วนของ Gauge Loop Control 1) เปิดโปรแกรม CATIA V5 R18 2) คลิกไปที่ Start > Machanical Design > Part Design เพื่อสร้างชิ้นงานใหม่
- 28) เมื่อทำการ Pocket เสร็จแล้วจะได้ Gauge Body ที่เสร็จสมบูรณ์ ทำการ Save เป็นไฟล์



 สอก Plane XY บน Specification Tree เลือก (Sketch) สร้างวงกลม Diameter 48.2 mm เมื่อ Sketch ภาพเสร็จ ใช้เครื่องมือ (Exit Workbench) ออกจากโหมด Sketch จะได้เป็น Sketch 1 บน Specification Tree ใช้ฟังก์ชั่น
หนาของ Sketch 1 โดยกำหนดเป็น
First Limit
Type : Dimension
Length : 20 mm
Profile / Surface
Selection : Sketch 1 Preview และกด OK จะได้ Pad 1
ال) (ه) [ک ال) (b) [ک ال) (b) [D D D D D D D D D D
รูปที่ 3.30 Sketch 1 and Pad Definition 1
4) เลือก Plane เรียบด้านบนขอ <mark>ง P</mark> ad 1 แ <mark>ล้</mark> วเลือกเ <mark>ข้าสู่</mark> โหมด 🗹 (Sketch) สร้างรูปวงกลม
Radius 16 mm แล้วกด 싑 (Exit Workbench) จะได้เป็น Sketch 2 ใช้ฟังก์ชั่น 🕣
(Pad Definition) ในการเพิ่มความสูงของ Sketch 2 โดยกำหนดให้เป็น
First Limit
Type : Dimension
Length : 60 mm
Profile / Surface
Selection : Sketch 2
เลือก Preview เพื่อดูตัวอย่าง และกด OK จะมี Pad 2 เพิ่มขึ้นบน Specification Tree



รูปที่ 3.31 Sketch 2 and Pad Definition 2

5) เลือก Plane YZ บน Specification Tree แล้วเลือก (Sketch) สร้างรูปวงกลมขนาด Diameter 48.2 mm เมื่อทำการ Sketch ภาพเสร็จใช้เครื่องมือ (Exit Workbench) ออกจากโหมด Sketch ภาพจะได้เป็น Sketch 3 เพิ่มเนื้อเป็นระนาบเอียงเพื่อลดเรื่องของความ เค้นสะสมบริเวณรอยต่อขณะทำการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) โดยใช้เครื่องมือ ((Shaft Definnition) โดยให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้



รูปที่ 3.32 Sketch 3 and Shaft Definnition 1

6)	เลือก Plane YZ แล้วเลือ	อก 🔼 (S	ketcł	า) เขียนรูปทรงตามแบ	บที่ต้องการ	ดังภาพที่ 3.3.32
	เมื่อ Sketch เสร็จแล้ว	ใช้เครื่องมือ	ᠿ	(Exit Workbench)	ออกจากโห	มด Sketch จะได้
	Sketch 4 ใช้เครื่องมือ	🕗 (Pad	Defi	nition) เพิ่มความสูงข	เอง Sketch	4

First Limit -----

Type	•	Dimension
Length	:	24.1 mm

Profile / Surface -----

Selection : Sket	ch 4
------------------	------

กคเลือกที่ช่อง Mirror Extent แล้วเลือก Preview เพื่อดูตัวอย่าง และกด OK จะได้เป็นมี Pad 3





รูปที่ 3.34 Sketch 5 and Pocket Definition 1

 8) เถือก Plane ZX บน Specification Tree เถือก 🗹 (Sketch) เขียนรูปทรง เพื่อทำเป็น ตะขอรองรับ LOOP ตามภาพที่ 3.3.34 เมื่อ Sketch ภาพเสร็จ เถือกเครื่องมือ 🗅 (Exit Workbench) ออกจากโหมด Sketch จะได้ Sketch 6 บน Specification ใช้เครื่องมือ 🗈 (Pocket Definition) ตัดส่วนที่ไม่ต้องการ Sketch 6 ออก โดยใส่ข้อกำหนดเป็นดังนี้



รูปที่ 3.35 Sketch 6 and Pocket Definition 2

9) ใช้ฟังก์ชั่น 🕥 (Edge Fillet Definition) ในการถบมุม เพื่อลดความคมของชิ้นงาน โดยให้มี Radius 5 mm จะได้ EdgeFillet 1 และ EdgeFillet 2



รูปที่ 3.36 Edge Fillet Definition 1 and Edge Fillet Definition 2

Geometrical Definition			
Leteral Face	:	EdgeFillet 2 \ Face 1	
Limit Face	:	EdgeFillet 2 \ Face 2	กดเลือกที่ช่อง Thread
Bottom Type	·		
Туре	:	Dimention	
Numerical Definition			
Туре	:	No Standard	
Thread Diameter	;	32 mm	
Thread Depth	$: \mathbb{N}$	35 mm	
Pitch	:	3.5 mm	กคเถือกที่ช่อง Right – Threaded
จากนั้นเลือก Preview ห	เรือ OK		



รูปที่ 3.37 Thread / Tap Definition 1

 ตรวจสอบรายละเอียดของ CAD หลังจากนั้นทำการ Save เป็นไฟล์ .CATPart และ .igs และเข้าสู่โหมด Drafting เพื่อทำ Detail Drawing ของ Gauge Loop Control อย่างละเอียด



รูปที่ 3.38 Complete Gauge Loop Control

- ขั้นตอนการออกแบบส่วนของ Gauge Shape Control

1) เปิดโปรแกรม CATIA V5 R18



2) เลือก File > Open > เลือกชิ้นงานที่ต้องการ



 หลังจากเปิด CAD Part ที่ต้องการแล้ว ทำการลบส่วนที่ไม่จำเป็นต่อการออกแบบทิ้ง และ เปลี่ยนโหมดที่ใช้ในการออกแบบ โดยไปที่ Start > Shape > Generative Shape Design



รูปที่ 3.40 เปลี่ยนโหมดการใช้งานเป็น GSD

สร้างระนาบอ้างอิงที่ 1 (Plane 1) ตรงบริเวณ Part ที่มีลักษณะเป็นระนาบตรง โดยใช้เครื่องมือ

(Plane Definition)



รูปที่ 3.41 Plane Definition 1 (Tangent to Surface)

5) ใช้เครื่องมือ 🙊 (Offset Surface Definition) สร้าง Surface ออกไปที่ระยะผิวล่าง 2 mm (ตามความหนาของ Part สามารถดูได้จาก Drawing) จะได้ Offset 1 บน Specification Tree



รูปที่ 3.42 Offset Surface Definition 1

6) สร้างระนาบอ้างอิงที่ 2 (Plane 2) โดยเลือกคำสั่ง Offset from Plane (จาก Plane 1) ที่ระยะ
27 mm โดยใช้เครื่องมือ (Plane Definition)



รูปที่ 3.43 Plane Definition 2 (Offset from Plane)



รูปที่ 3.44 Plane Definition 3 (Offset from Plane)



รูปที่ 3.46 Plane Definition 5 (Offset from Plane)

10) เลือกระนาบ XY แล้วเลือก (Sketch) สร้างส่วนของเส้นตรงดังรูปที่ 3.3.46 เมื่อ
 Sketch เสร็จกด (Exit Workbench) จะได้ Sketch 1 จากนั้นเลือกระนาบ XY อีก
 ครั้ง สร้างส่วนของเส้นตรงตัดกับ Sketch 1 แล้วออกจากโหมด Sketch จะได้ Sketch 2



รูปที่ 3.47 Sketch 1 and Sketch 2

11) สร้าง Surface จาก Sketch 1 และ Sketch 2 ใช้เครื่องมือ (Swept Surface Definition) Explicit (รูปแรก) Profile Type : Subtype With reference surface Profile Sketch 2 Guide Curve Sketch 1 : Surface Plane 5 : เลือก Preview หรือ OK จะได้เป็น Sweep 1 Spine Sketch 1 : ■.4.0.1 × 3 + 3 < 2 **3 8 6**.0.3

ฐปที่ 3.48 Swept Surface Definition 1



ฐปที่ 3.50 Sketch 3 and Extruded Volume Definition 1

14) ใช้คำสั่ง ᅒ	(Intersec	ction Definiti	on) ระหว่าง	Shape กับส่วนที่	Extruded	Volume
First Element	:	Volume 1	Extrude 1			
Second Element	:	Spilt 1		เลือก	OK จะได้	Intersect 1





รูปที่ 3.52 Join Definition 1

15) สร้างเส้น G	uide Lin	e แล้วใช้ฟังก์ชัน 💙 (Swept Surface Definition) Sweep Surface
ให้เป็น Shape '	vov Gau	ige Shape Control โดยใส่ 立 ข้อมูล
Profile Type	:	Explicit (รูปแรก)
Subtype	:	With reference surface
Profile	:	Join 1
Guide Curve	:	Line (เส้น Guide Line)
Surface	:	Plane 3
Spine	:	Default (เส้น Guide Line)
เลือก OK จะมี	Sween	2 ขึ้นมาบน Specification Tree



รูป**ที่ 3.53** Swept Surface Definition 2

16) เลือกระนาบ ZX บน Specification Tree แล้วเลือก (Sketch) จากนั้นสร้างส่วนของ เส้นตรงผ่านตัว Shape 1 เส้นแล้วกด ம (Exit Workbench) แล้วกดที่ระนาบ ZX อีกครั้ง สร้างส่วนของเส้นตรงผ่าน Shape อีก 1 เส้น แต่ให้ตัดกับเส้นก่อนหน้านี้ จากนั้นออกจาก โหมด Sketch จะได้ Sketch 4 และ Sketch 5 บน Specification Tree



รูปที่ 3.54 Sketch 4 และ Sketch 5

17) ใช้เครื่องมีเ	9 💓	(Swept Surface Definition	on) เพื่อสร้าง Si	urface		
Profile Type	:	Explicit (รูปแรก)				
Subtype	: /	With reference surface				
Profile	:	Sketch 5				
Guide Curve	3	Sketch 4				
Surface	:	Plane 2				
Spine	:	Sketch 4	เลือก Preview	หรือ OK	จะได้เป็น	Sweep 2
THAT	Control of the second sec	TCO-1	Departure Support Support			

รูปที่ 3.55 Swept Surface Definition 3

18) ตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออก และทำให้ Gauge Shape Control เป็น Surface ปิด เลือกไอคอน
 (Trim Definition) ดังนี้

and the second se		
Mode	:	Standard
Trimmed Elements	:	Sweep 2
		Sweep 3

เลือก Other side / next element หรือ Other side / previous element จนเงาสีดำคลุมด้านที่ต้องการ จะตัดออกทั้งหมด Preview เพื่อตรวจสอบว่าถูกต้อง แล้วกด OK จะได้ Trim 1



เลือกที่ช่อง Automatic extrapolation



รูปที่ 3.57 Extruded Surface definition 1

20) ใช้คำสั่ง 😽 (Split Definition) เจาะ Hole บริเวณ Surface ค้านหลังที่ถูกปัดอยู	ן ש
Element to Cut : Trim 1	
Cutting Element : Extrude 1 \ Edge 6	
Extrude 1 \ Edge 7	
Extrude 1 \ Edge 8	
Preview ให้ด้านที่ถูกแรเงาเป็นบริเวณ Hole หรือเลือก Other side แล้วกด OK จะได้ Spi	ilt 2



เมื่อเจาะ Hole เสร็จจะ ได้ Gauge Shape Control ที่สมบูรณ์ ทำการ Save เป็นไฟล์ .CATPart
 และ .igs และเข้าสู่โหมด Drafting เพื่อทำ Detail Drawing ของ Gauge Shape Control



รูปที่ 3.59 Complete Gauge Shape Control

- ขั้นตอนการ Assembly Hanger Fixture
- เปิดโปรแกรม CATIA V5 R18
 เลือกที่ Start > Machanical Design > Assembly Design

รูปที่ 3.60 Assembly Design Mode

 เปิดไฟล์ Gauge Body, Gauge Loop Control, และ Gauge Shape Control แล้ว Copy มาวาง ใน Assembly Design Mode



รูปที่ 3.61 Assembly Design Mode
3) ใช้กำสั่ง กับบริเวณต่อไปนี้ เพื่อให้มีแนวร่วมศูนย์กลางเดียวกัน

- ระหว่างแกนของ Gauge Body กับ แกนของ Gauge Loop Control
- ระหว่าง Hole Diameter 7 mm ของ Gauge Body กับ Hole Diameter 7 mm ของ Gauge
 Shape Control ทั้ง 3 Hole
- ระหว่าง Hole Diameter 18 mm ด้านบนของ Gauge Body กับ ส่วนตะขอสำหรับรองรับ
 Loop Diameter 8.2 mm ของ Gauge Loop Control



4) ใช้คำสั่ง Constraint Properties ระหว่าง Plane เรียบของ Gauge Body กับ Gauge Shape Control โดยให้มีระยะห่าง 2 mm ตามความหนาของ Part ซึ่งดูได้จาก Drawing และวัดมุมระหว่างผิว ด้านหลังของ Gauge Shape Control กับ Gauge Loop Control ให้ขนานกัน คือ เป็น 180 องศา



รูปที่ 3.63 Constraint Properties

5) ใช้เครื่องมือ Measure Between วัดจาก Plane เรียบของ Gauge Body ถึงผิวด้านในของ Gauge Loop Control จะได้ 32.5 mm ซึ่งบริเวณที่ต้องการ Control อยู่ที่ 42.5 mm คือ ตรงกลางของ Loop Control พอดี



6) Save ไฟล์ .CATPart และ .igs และ Drafting เพื่อทำ Detail ของ Gauge Check

เมื่อออกแบบ 3D เรียบร้อยแล้ว นำ 3D ของแต่ละส่วนมาทำ Detail Drawing ให้อยู่ใน รูปของ 2D อย่างละเอียด จากนั้นส่งแบบ 2D เพื่อทำการตรวจสอบอีกครั้ง และส่งรายละเอียดให้ Maker นำไปขึ้นรูปเพื่อนำมาใช้<mark>งา</mark>นต่อไป

บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์ และสรุปผลต่างๆ

4.1 สรุปการดำเนินงาน และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการออกแบบ Gauge Check สำหรับใช้ในการทดสอบ Tensile Test ครั้งนี้ พบว่า หากทำการออกแบบตาม Spec ที่กำหนดโดยไม่มีการ Modify หรือการตรวจสอบก่อน เมื่อนำไปใช้ งานจริง Gauge Check อาจจะทนต่อแรงดึง 8000 N ไม่ได้ เนื่องจากเมื่อ Control ระยะห่างตามที่ Concept ได้กำหนดมา โดยให้ขอบของ Gauge Loop Control สำหรับ Test แรงดึงอยู่ในก่าที่ Concept ต้องการพอดี คือ ห่างจากผิวล่างของชิ้นงาน 42.5 mm ความหนาของ Gauge Loop Control จะมีขนาดเพียง 10 mm ซึ่งไม่สามารถทนต่อแรงดึง 8000 N ได้ จึงได้มีการ Modify ขนาดความหนา ของ Gauge Loop Control เพิ่มขึ้นเป็น 20 mm โดยให้ระยะที่ Control อยู่กึ่งกลางของความหนา พอดี ส่วนของ Gauge Body และ Gauge Shape Control ได้มีการออกแบบตามรูปร่างของชิ้นงาน เพื่อให้มีการรองรับกับรูปร่างของชิ้นงานได้พอดี

จากผลงานที่ทำการขึ้นรูปมาและนำมาทคลองประกอบเข้ากับ Part พบว่า สามารถใช้งาน รองรับกับรูปร่างของ Part ได้พอดี



รูปที่ 4.1 ภาพแสดง Gauge Check หลังจากการขึ้นรูปเสร็จ

4.2 วิเคราะห์และวิจารย์ข้อมูลจากผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์ในการปฏิบัติงาน

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาครั้งนี้ข้าพเจ้าคิดว่า ผลงานการออกแบบ Hanger Fixture สำหรับการนำไปจับยึดชิ้นงานเพื่อการทดสอบแรงดึงในครั้งนี้ สามารถที่จะช่วยฟื้นฟูความรู้และ เพิ่มเติมความรู้ความสามารถพื้นฐานในด้านการออกแบบ และการใช้งานโปรแกรม CATIA ที่เคย ศึกษามาได้เป็นอย่างดี อีกทั้งผลงานที่ได้ออกแบบมาสามารถนำไปใช้งานในการจับยึดชิ้นงานสำหรับ ทำการทดสอบแรงดึงได้จริงตามความคาดหวัง ซึ่งความรู้ที่ได้รับมาเพิ่มเติมจากการออกแบบในครั้งนี้ สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานกับการออกแบบอื่นๆ ได้

4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ

4.3.1 ปัญหาที่เกิดขึ้น

 1) ส่วนของ Gauge Loop Control ไม่สามารถสวมต่อเข้ากับ Tensile Test Machine ได้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้ในตอนแรกมีไม่เพียงพอ จากข้อมูลในตอนแรกบอกเพียง ขนาด M32 และความยาว 35 mm ไม่ได้บอกถึงระยะ Pitch ทำให้ Maker เข้าใจผิดทำเป็น M32 และเกลียว แบบ Standard คือ 3.5 mm ซึ่งไม่สามารถใช้กับ Tensile Test Machine ของทางบริษัทได้

ส่วนของแกนที่ใช้ต่อเข้ากับ Tensile Test Machine ตัวถ่าง จากฐานข้อมูลเก่าที่
 ใช้ในการออกแบบ (Diameter 38 mm) มีขนาดเล็กกว่าขนาดจริง (Diameter 50 mm)

3) จากฐานข้อมู<mark>ลเก่าไม่ได้บอกถึงระยะ</mark>ระหว่าง Base ถึง Center ของ Hole ระยะได้ที่ ออกแบบและทำชิ้นงานมามากเก<mark>ินไ</mark>ปทำให้ไม่สามารถใส่สลักได้

ข้อมูล	ขนาด
1. แกนต่อเครื่อง Tensile ตัวล่าง	Diameter 50 mm ไม่มีเกลียว
2. Hole ใส่สลัก	Diameter 18 mm
3. ความสูงจาก Base ถึง Center Hole	Distance 27 mm
4. แกนต่อเกรื่อง Tensile ตัวบน	M32 ระยะ Pitch 2 mm ความยาว 35 mm

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลที่ได้หลังจากนำ Gauge Check ไปทดสอบการใช้งาน

4.3.2 การแก้ไข

 นาส่วนของ Gauge Loop Control กลับไปให้ Maker แก้ไขระยะ Pitch จาก ระยะเดิม 3.5 mm เป็น 2 mm โดยให้ตัดแก้ไขเฉพาะบริเวณที่เป็นเกลียว

2) ส่วนของแกนที่ใช้ต่อเข้ากับ Tensile Test Machine ตัวถ่างที่ทำมามี Diameter ขนาดเล็กกว่าขนาดจริงนั้นสามารถยอมรับให้ใช้งานได้ ไม่ต้องทำการแก้ไข

3) สำหรับระยะห่างระหว่าง Base ถึง Center ของ Hole ระยะที่ออกแบบมามากเกินไป ทำให้ไม่สามารถใส่สลักได้ส่งกลับไปให้ Maker ปาดหน้าออกให้ได้ขนาดตามที่กำหนด



รูปที่ 4.2 Gauge Loop Control 3D Modify

4.3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ข้อมูลที่ได้รับไม่มีความละเอียดมากเพียงพอสำหรับใช้ในการออกแบบครั้งนี้

 ระยะเวลาในการทำงานมีอย่างจำกัด ทำให้ความละเอียครอบคอบลดลง ไม่มีเวลา ในการตรวจสอบข้อมูลโดยละเอียด

3) ข้อมูลที่ได้ไม่มีการ Update กับผู้ทำงานอยู่หน้างานเป็นประจำ

4) ความละเอียดในการ Detail DWG ไม่มากพอ

5) เนื่องจากได้มีการใช้งานในส่วนของพึงก์ชั่นที่ไม่เคยศึกษามาก่อน จึงต้องใช้เวลา พอสมควรในการรวบรวมหาข้อมูลต่างๆ จากเว็บไซต์ วีดิโอคลิป เกี่ยวกับการออกแบบ Surface ทำ ให้มีระยะเวลาในการออกแบบจริงลดลงไปอีก



เอกสารอ้างอิง

ผศ.เสนีย์ พันโยธา. การผลิตยานยนต์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีวะ, 2545.

CATIA Tutor, CATIA Tutor, http://catiatutor.com : 20/06/2010.

Debidutta Brahma, CATIA V5 TUTORIALS, http://www.cadenv.com : 20/06/2010.

Aurora Engineering, LLC., CATIA BOOK, http://www.catiabooks.com : 20/06/2010.

Dassault Systèmes, Dassault Systemes, http://www.catiastudent.com : 20/06/2010.

CATIA Education Centre, ENGINEERING.com CATIA Education Centre, http://www.3ds.com/products/catia : 20/06/2010.

CATIA design, CATIA design, www.catiadesign.org : 22/06/2010.

Pann377, CATIA PART DESIGN VIDEO tutorial 3D, www.youtube.com/watch?v=1NcJys33X04 : 22/06/2010.

Part_design.pdf, www.catia.com.pl/tutorial/z2/part_design.pdf : 22/06/2010. www.tutorialhero.com/tag-613-Part+Design.php : 22/06/2010.

Pann377, CATIA V5 Helix PART DESIGN, http://www.youtube.com/watch?v=Yf40kcSkX7M : 22/06/2010.

Visualcff, Part Design Bulb of Street Light (6), http://www.youtube.com/watch?v=FlMVST_uDdI : 22/06/2010. Bemperor, CATIA V5 Tutorial 3/7 - Engine Crank Shaft - Wał Korbowy Silnika - (Part Design), http://www.youtube.com/watch?v=QFCGaR92tTc : 22/06/2010.

Bemperor, CATIA V5 Tutorial 1/7 - Engine Piston - Tłok silnika - (Part Design), http://www.youtube.com/watch?v=Eon0G5Tys4c : 22/06/2010.

Eworque, Part Design Modelling in CATIA V5, http://www.youtube.com/watch?v=9jeXmoc3f-w: 22/06/2010.

Solaris Design, Spaceshipone Turial Modeled, http://vimeo.com/13356212:26/06/2010.

TATA Technologies, CATIA V5 R15 Generative Shape Design, www.myigetit.com/vault/course.aspx?cid=4722 : 26/06/2010.

ederbarven, Tutorial Catia V5 - Generative Shape Design - Close Surface, http://www.youtube.com/watch?v=idIi5qlSCpM : 26/06/2010.

CADSOL1989, Curves and Surfaces Analysis CADSOL CATIA V5, http://www.youtube.com/watch?v=F8wKRDb_poE : 26/06/2010.

generative_shape_design.pdf, www.catia.com.pl/tutorial/z2/generative_shape_design.pdf: 26/06/2010.

visualcff, Part Design Bulb of Street Light (5), http://www.youtube.com/watch?v=_8t_ZrhXX-A&feature=related : 26/06/2010.

tatami0131, CATIA surface direct build 3D(HI-A_04), http://www.youtube.com/watch?v=xiVxuZ184AU&feature=related : 26/06/2010.

ClassASurfacing, freestyle_match_surface.avi, http://www.youtube.com/watch?v=WRrzNk9sDNY&feature=related : 26/06/2010.

ภาคผนวก

1. สัญลักษณ์ของการขึ้นรูป 3D Model

=	Pad	=	Pocket
=	Shaft	=	Hole
=	Edge Fillet	=	Creating Lines
1	Creating Intersections		Creating Extruded Surfaces
R = (5	Creating Offset Surfaces	=	Creating Swept Surfaces
	Joining Curves and Surface	s 🏹 =	Splitting Geometry
=	Trimming Geometry	- 9	Updating Constraints
2. ประมวลศั	พท์และคำย่อ		
PD	= Part Desig	'n	
GSD	= Generative	Shape Design	
Constraint	= A geometr	ic or dimension relat	ion between two elements.
Extruded Surfa	ice = A surface t	hat is obtained by ex	truding a profile along a
	specified d	irection.	
Feature	= A compon	ent of a part. For ir	stance, shafts, fillets and drafts
	are feature	s.	

	Fillet	=	A curved surface of a constant or variable radius that is tangent
			to, and that joins two surfaces. Together, these three surfaces
			form either an inside corner or an outside corner.
	Groove	=	A feature corresponding to a cut in the shape of a revolved
			feature.
	Hole	=	A feature corresponding to an opening through a feature. Holes
			can be simple, tapered, counterbored, countersunk, or
			counterdrilled.
	Join	=	An operation in which adjacent curves or adjacent curves can
			be joined.
	Offset Surface	-	A surface that is obtained by offsetting an existing surface a
		= =	specified distance.
	Pad		A feature created by extruding a profile.
	Part Pocket		A 3D entity obtained by combining different features. It is the
			content of a CATPart document.
			A feature corresponding to an opening through a feature. The
			shape of the opening corresponds to the extrusion of a profile.
	Profile	=	An open or closed shape including arcs and lines created by the
			profile command in the Sketcher workbench.
	Shaft	÷	A revolved feature.
	7		
	Sketch	=	A set of geometric elements created in the Sketcher workbench.
			For instance, a sketch may include a profile, construction lines
			and points.
	Split	=///	A feature created by cutting a part or feature into another part
			or feature using a plane or face.
	Swept Surface	=	A surface obtained by sweeping a profile in planes normal to a
			spine curve while taking other user-defined parameters (such as
			guide curves and reference elements) into account.
	Trim	=	An operation in which two element cut each other mutually.

3. CATIA Function ที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูป 3D Model



'Up to Next' Pads

Lets application detect the existing material to be used for limiting the pad length.

1. Select the profile to be extruded, that is the circle.

2. Click the Pad icon . The Pad Definition dialog box appears and CATIA previews a pad with a default dimension value.

3. Click the arrow in the geometry area to reverse the extrusion direction (or click the Reverse Direction button).

4. Set Type option to `Up to next'. Assumes an existing face can be used to limit the pad. The already existing body is going to limit the extrusion.

5. Click OK. Pad is created. Specification tree indicates this creation.

'Up to Last' Pads

Open the Pad3.CATPart from the \online\samples\part_design directory.

1. Select the profile to be extruded, that is the circle.

2. Click Pad icon . Previews a pad with 10 mm.

3. Click the arrow in the geometry area to reverse the extrusion direction.





- 4. In the Type field, set the Type option to `Up to last'.
- 5. Click OK. The pad is created. Specification tree indicates this creation.





75

Pad not Normal to Sketch Plane

Shows how to create a pad using a direction not normal to plane used to create profile.

- 1. Select the profile wish to extrude.
- 2. Click Pad icon **2.** Pad Definition dialog box appears.

3. Set the Up to plane option and select plane yz.

- 4. Click More button to display the whole dialog box.
- 5. Uncheck Normal to sketch option and select line as a reference.

6. Click OK to confirm. The specification tree indicates this creation.

Pocket not Normal to Sketch Plane

To create a pocket using direction not normal to plane to create profile.

1. Select the profile.

2. Click Pocket icon 🛄 . Previews a

. Previews a pocket normal to the sketch plane:

3. Set the First Limit type to Up to next.





- 4. Click More button to display whole dialog box.
- 5. Uncheck Normal to sketch option.

Limit: No selection
Limit: No selection
Mirrored extent
Reverse Direction
Reference: Edge.1
OK @ Apply @ Cancel

Sketche

Dept

6. Select bottom edge as indicated to define a new direction.

7. Click OK to create pocket. Specification tree indicates has been created.



Location constra

Concentricity

Concentricity constraints

-ace

Double-click

Face

values to edit them

? ×

•

Locating a Hole

Shows how to constrain the location of hole to be created without using Sketcher. 1. Multiselect two edges and the face on which to position the hole.

2. Click Hole icon and specify the required data in dialog box to create the desired hole. Previews the constraints you are creating.

3. Click OK. Positions the hole using default constraints.

4. To edit the hole and double-click the constraint of interest or double-click the sketch in specification tree.

Remember That...

The area click determines location of hole, but you can drag the hole onto desired location during creation using left mouse button. If grid display option is activated, can use its properties.

Selecting a circular face makes the hole concentric with this face. However, Creates no concentricity constraint.

Multiselecting a circular edge and a face makes hole concentric to circular edge. In this case, Creates concentricity constraint.

CATIA always limits top of the hole using the Up to next option.In other words, the next face encountered by the hole limits the hole.

In the following example, the application redefines the hole's top onto the fillet.



- Remember that Sketcher provides commands to constraint the point used for locating hole.
- Selecting an edge and a face allows to create one distance constraint.

Hole not Normal to Sketch Plane

Shows you how to create a hole whose direction is not normal to the sketch plane.

- 1. Select the face on which you wish to position the hole.
- 2. Click the Hole icon
- 3. Create a blind hole entering values as: 18 to diameter and 15 for depth.
- 4. Examine the preview. By default, Creates the hole normal to the sketch face.
- 5. Uncheck Normal to surface option and select the edge to specify the new direction.

Extensio	n Typ	•					
Blind			V		17211	77	
Jiameter	18mm		-				
Jeptn :	15mm		-		4 Coly		
_imit :	No sele	ction		Three	vina.	2.0	
				The The	eaded		
				Depth	10mm		
Axis				Botto	m		
	Reve	rse		Flat			-
Norm	al to surfa	ce		Angle :	120deg		
Edge.1							
				ок 1	Apple	1 9	Cancel



6. Now, select Bottom and right-click to display a contextual menu.

- 7. Select V-Bottom from the menu. Note that this option is available in the dialog box too.
- 8. Enter 90deg in the Angle field to define the angle of the V shape.
- 9. Click OK confirm creation. The hole is created. Specification tree indicates has been created.

Groove

1. Click the Groove icon

Grooves are revolved features that retrieves material from existing features. That is how to revolve a profile about an axis (or construction line).

2. Select the sketch. The profile and axis must belong to same sketch. Previews a groove entirely revolving about the axis.

3. Previews the LIM1 and LIM2. Can select these limits and drag them onto desired value or enter angle values in appropriate fields.

4. Just a portion of material is going to be removed now.

5. Click OK. Removes material around cylinder. Specification tree indicates has been created.

	Groove Definition	×
360	First angle: <u>360deg</u>	
	Second angle: Odeg	
	OK Apply OCance	

Pad from which

Edge to be fillet

Object(s) to fillet: 1 Edg Tangency

5mn

A

•

OK Grancel

Edge Fillet D

Propagation:

Round Corner Fillet

These are fillets whose ends have been rounded off. Shows how to create.

1. Select the edge to be filleted.

2. Click Edge Fillet icon . Edge Fillet Definition dialog box appears.

3. Enter a radius value. For example, 9mm. Previews the fillet.

4. Click OK. Sspecification tree indicates this creation.

Face-Face Fillet

You generally use Face-face fillet command when there is no intersection between faces or when there are more than two sharp edges between faces. This task shows how to create a face-face fillet.

1. Click the Face-Face Fillet icon . The Face-Face Fillet. Definition dialog box appears.

2. Select faces to be filleted. Previews fillet to be created:

3. Enter a radius value in the Radius field if not satisfied with the default one.

4. Click OK. This fillet is indicated in the specification tree.

Variable Radius Fillet

Variable radius fillets are curved surfaces defined according to a variable radius. A variable radius corner means at least two different constant radii are applied to two entire edges.

1. Click Variable Radius Fillet icon . Variable Radius Fillet Definition dialog box appears.

2. Select the edge to be filleted. Detects the two vertices and displays two radius values.

3. Enter new radius value. The new radius value is displayed.

4. To add an additional point on edge to make variable radius fillet more complex, click the Points field. Can also add points by selecting planes.

5. Click a point on the edge to be filleted. CATIA displays a radius value on this point. Note that to remove a point from the selection, you just need to click this point.





6. Enter a new radius value for this point: enter 4.

7. The propagation mode is set to Cubic: keep this mode. To see the Linear propagation mode, refer to the end of the task.

8. Now, click OK to confirm the operation. The edge is filleted. The specification tree indicates this creation.



More About Variable Radius Fillets

This is the fillet using Linear propagation mode. Examine the difference!

To add additional points on edge to be filleted, can select planes. Computes intersections between these planes and edge to determine the useful points.

In example, three planes were selected. Now, if move these planes

later, CATIA will compute intersections again and modify fillet accordingly.

Points can be added too by selecting 3D points.

You can use the radius value R=0 to create a variable radius fillet.

Tritangent Fillet

The creation of tritangent fillets involves the removal of one of the three faces selected. Need three faces two of which are supporting faces.

nt Fillet Definition 🛛 🔋 🗙

e: No selection

- 1. Click Tritangent Fillet icon **W**. Tritangent Fillet Definition dialog box appears.
- 2. Select the faces to be filleted.

3. Select face to be removed. The fillet will be tangent to this face. This face appears in dark red.

4. Click OK. The creation of this fillet is indicated in specification tree.

Multiselecting three faces then clicking Tritangent Fillet icon **U** tells application to remove the third face.

Thick Surface

Can add material to surface in two opposite directions by using Thick Surface capability. 1. Select the object you wish to thicken, that is the extrude element.

. The Thick Surface Definition 2. Click Thick Surface icon 😂 dialog box is displayed.

In geometry area, arrow that appears on extrude element indicates the first offset direction.

3. Enter 25 mm as first offset and 12 mm as second offset value .

4. Click OK. The specification tree indicates performed operation. Note that resulting feature does not keep color of original surface.



Generative Shape Design

Creating Lines

This task shows the various methods for creating lines:

point to point

1. Click the Line icon

appears.

- angle or normal to curve
- point and direction
- tangent to curve
- normal to surface.

The Line Definition dialog box



2. Use combo to choose line type. A line type will be proposed automatically in some cases depending on first element selection.

? X

÷

\$

Cancel

ThickSurface Definition

Second Offset: Omm

Reverse Direction

Object to offset: Extrude.1

OK Apply

First Offset:

20mm

Point - Point

Select two points. The corresponding line is displayed.



Point - Direction

Select a reference Point and a Direction line. A vector parallel to the direction line is displayed at the reference point. Proposed Start and End points of the new line are shown.

Specify the Start and End points of the new line. The corresponding line is displayed.

Angle or normal to curve

Select a reference Curve and a Support surface containing that curve.

Select a Point on the curve.

• Enter an Angle value. A line is displayed at given angle with respect to the tangent to reference curve. Click on Normal to Curve button to specify an angle of 90 degrees. Proposed Start and End points of the line are shown.

Specify Start and End points of new line. Corresponding line is displayed.

Tangent to curve

Select a reference Point and a Curve. A vector tangent to the curve is displayed at the reference point. Proposed Start and End points of the new line are shown.

Specify Start and End points to define the new line. The corresponding line is displayed.

Normal to surface

Select a reference Surface and a Point. A vector normal to the surface is displayed at the reference point. Proposed Start and End points of the new line are shown.

Specify Start and End points to define the new line. The corresponding line is displayed.

3. For most line types you can select the Geometry on Support check box if you want the line to be projected onto a support surface.

4. Click OK to create line. The line (identified as Line.xxx) is added to specification tree.

Creating Splines

1. Click Spline icon *Spline* Definition dialog box appears.

2. Select two or more points where the spline is to be created. An updated spline is visualized each time a point is selected.

3. Select Geometry on support check box if want the spline to be projected onto support surface.

4. If you want to set tangency conditions at the spline's extremities, you can right-click on the Tangent Dir. field to display a contextual menu. Using this menu, you can:

Edit components (specify the tangent direction at the start and end points of the spline)

Specify line direction by choosing the X, Y or Z axis. Only have to select a plane or a line to create a tangent.

5. It is possible to edit the spline by first selecting a point in the dialog box list then choosing a button to either:

- Add a point after the selected point
- Add a point before the selected point
- Remove the selected point
- Replace the selected point by another point.
- Tangent Dir. (tangent direction)

Tangent Tension

Curvature Dir. (curvature direction)

Curvature Radius (to select it, just click in field) The fields become active as select values.

6. Click OK to create spline. The spline (identified as Spline.xxx) is added to specification tree.

To add parameter to a point, select a line. This list is highlighted. Have two possibilities:

extended parameters

select any line or plane for the direction.

and the second se				
Points	Tangents Dir.	Tensions	Curvature Dir.	Curvature F
Point 5				
Point.4				
🥥 Add F	Point After 🔘 /	Add Point Be	fore O Replac	e Point
Geor	netry on support	No select	ion	
	Soline			
- Points	Specifications -	1		1111111
	Dir Die Liter	-	Tania	
Langent		ange	nr Lension Io	and the second se
Tangent	Dill. [No select	tion Tange	nt Tension 0	
Tangent Curvatur	e Dir. No select	tion Tange ion Curvat	ure Radius <mark>Omm</mark>	
Tangent Curvatur	e Dir. No select	tion Tange	ure Radius Omm	
Tangent Curvature Remov	e Dir. No select	tion Tange tion Curvat ove Tgt. F	ure Radius Omm leverse Tgt.	Remove Cur,

Point 5 Tangents Dir.
Point 5
Point 5
Point 1
Point 4
Point After
Add Point Before
Replace Point
Geometry on support
No selection
Close Spline
Remove Point Remove Tgt: Reverse Tgt: Remove Cur.
Add Parameters >>>

OK
Apply
Cancel

Creating Projections

The projection may be normal or along a direction. You can project:

a point onto a surface or wireframe support



wireframe geometry onto a surface support.

- 1. Click Projection icon 🔁 . Projection Definition dialog box appears.
- 2. Select the element to be Projected.
- 3. Select the Support element.
- 4. Use the combo to specify the direction type for the projection:
- 5. Whenever several projections, Select Nearest Solution check to keep nearest projection.
- 6. Click OK to create. The projection (identified as Project.xxx) is added to the specification tree.

If you select Along a direction as projection type: 1. Click Projection icon Along Along Projection Definition dialog box appears.

- 2. Select the element to be Projected.
- 3. Use the combo to specify the direction type for the projection:

4. Select Direction, a line to take its orientation as the translation direction or a plane to take its normal as the translation direction. Can also specify the direction by means of X, Y, Z vector components by using the contextual menu on the Direction field.

- 5. Whenever several projections are possible, Select Nearest Solution to keep nearest projection.
- 6. Click OK to create. The projection (identified as Project.xxx) is added to the specification tree.

Projection Definition 🛛 📪 🔀
Projection type : Normal
Projected: Sketch.2
Support: Extrude.1
Nearest solution
OK Apply Ocancel



84



Updating Your Design

The point of updating design is to make the application take last operation into account. Indeed some changes to geometry or a constraint may require rebuilding part. To warn an update is needed, CATIA displays update symbol and displays corresponding geometry in bright red.

1. To update the part, click Update icon O. However, keep in mind some operations such as confirming the creation of features (clicking OK) do not require to use update command. By default, application automatically updates operation. just select the Tools -> Options command and uncheck automatic update option to make sure update part only when wish to do so.

2. To update the feature, just select that feature and use the Update contextual command.

Creating Constraints

Shows how to set geometric constraints on geometric elements. Such a constraint forces a limitation. For example, a geometric constraint might require that two lines be parallel.

To set a constraint between elements:

1. Multi-select two or three elements to be constrained.

2. Click Constraint with dialog box icon . The dialog box appears indicating types of constraint between selected elements.



3. Select one of available options to specify corresponding constraint is to be made.

4. Click OK. The corresponding constraint symbol appears on the geometry.

To set a constraint on a single element:

1. Select the element to be constrained.

2. Click Constraint icon

symbol appears on the geometry.



ภาคผนวก ก

ความรู้เกี่ยวกับ CATIA Function

T



เอกสาร Drawing

T

TITUTE O

	Ω	Ö		۵	<	۲	_
4		J					4
υ	125.17 125.17 0000 22 22 22 22 22 22	NC SHAPE 3xM6 exR9	62.8 52.27				3
2		91.45 35 70 35 70	R9 38				2
			Pl <mark>y</mark> Name	Gauge Body		I	
		7/19/2010 CHECKED BY:	Material	S45C			
		DATE:	HRC	45-50		F	
		SIZE		-		E	
						D	
-		SCALE WEIGHT (kg)	Quantity			 	- '
		This drawing is our property; it can't	be reproduced or communica	ated without our written agreeme	nt.		1
ľ	D					4	

	Ω	<u>ن</u>	۵		۲	
4						4
3						3
2		R4.1 7xR5 20 62.8 DESIGNED BY:				2
		DATE: 7/19/2010	Material S45C		н	
		CHECKED BY:	HRC 45-50		G	
		DATE:	Thickness -		F E	
			equenceID -		 D	
-		SCALE WEIGHT (kg)	Quantity 1			1
l	D	Inis drawing is our property; it can'	le reproduced or communicated without our w	written agreement.	A	

	Ω	о О		Ш			_
4							4
				/			
З	NC SHAPE		32.8				3
			65.12	121. 			
2			NIT				2
			Ply Name	Gauge Shape	Control	I _	_
		7/14/2010	Material	S45C		<u>н_</u>	-
		DATE:	HRC	45-50		<u> </u>	
		SIZE	Thickness	-		E _	
		A4 🖯 🔶	SequenceID	-		D _]
		SCALE WEIGHT (kg)	Quantity	1		c _	1
		1:1				B	4
		This drawing is our property; it c	an't be reproduced or commu	nicated without our written agreem	ent.	A _	
	D			I	A		



	Ω	C	۵	<	
4					4
3					3
2		R4.1 7xR5 20 DESIGNED BY: 0 NANTIYAPORN DATE: 7/19/2010	Ply Name Gauge Loop (Material S45C	Control - Modify I	2
		DATE:	HRC 45-50 Thickness -	F	
		A4	SequenceID -	E D	
-		SCALE WEIGHT (kg)	QUANTITY 1	B	1
	D	This drawing is our property; it can'	t be reproduced or communicated without our written agre	ement. AA	

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล : นันทิยาพร สิริวัฑฒะโก
เกิดวันที่ : 11 มกราคม พ.ศ. 2532
ประวัติการศึกษา:
ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 ปีการศึกษา 2538 - 2543
ศึกษาที่โรงเรียนเทศบาลวัคน้อย (ท.๑) จ. พิษณุโลก
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นปีที่ 1 - 3 ปีการศึกษา 2544 – 2546
ศึกษาที่โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จ. พิษณุโลก

- ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายปีที่ 1 3 ปีการศึกษา 2547 2549 ศึกษาที่โรงเรียนเฉลิมงวัญสตรี จ. พิษณุโลก
 - ระดับอุดมศึกษาปีที่ 1 ถึง ปัจจุบัน ปีการศึกษา 2550 2553
 - ศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จ. กรุงเทพมหานคร