บทที่ 2
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตรถยนต์บรรทุก

2.1 กระบวนการผลิตรถยนต์บรรทุก

การผลิตแบบต่อเนื่อง เป็นกระบวนการผลิตในโรงงานที่มีการเคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่องด้วยระบบสายพานลำเลียงหรืออาจจะเคลื่อนที่ด้วยอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ แรงงานจะทำหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ การผลิตอาจจะไม่ต้องการแรงงานที่มีทักษะและความสามารถสูงมากนักเนื่องจากระบบงานถูกออกแบบมาอย่างดี เริ่มตั้งแต่งานเชื่อมและประกอบชิ้นส่วน Cabin งานประกอบแชสซีส งานพ่นสีพื้นกันสนิมและสีเคลือบ(Top coat) งานประกอบอุปกรณ์และชิ้นส่วนตกแต่งภายใน งานประกอบชิ้นส่วนแชสซีและอุปกรณ์ขับเคลื่อน (Chassis Parts and Driving Units) งานตรวจเช็คคุณภาพ (Final Inspection) จนเป็นรถบรรทุกหัวลากสำเร็จรูป

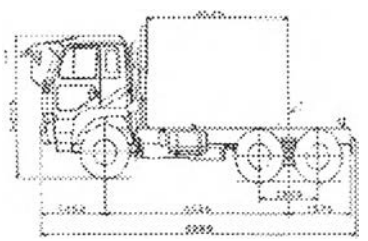
การผลิตในส่วนนี้เป็นความรับผิดชอบของโรงงานผู้ผลิตแชสซี ซึ่งมีมาตรฐานและเทคโนโลยีการผลิตโดยตรงของบริษัทแม่จากต่างประเทศ ทั้งด้านการควบคุมคุณภาพและการควบคุมการผลิต ปัจจุบันมีกำลังการผลิตประมาณ 8 - 12 คันต่อวัน การจำหน่ายจะขายให้แก่ลูกค้าในลักษณะ รถสำเร็จรูปพร้อมหัวเก๋ง(Chassis with Cab)ที่ไม่มีตัวถังบรรทุก(Rear Body) ทั้งนี้เนื่องจากรถบรรทุกสามารถดัดแปลงการใช้งานได้หลายลักษณะและมีข้อจำกัดเฉพาะอย่างเกี่ยวกับการขนส่ง เช่น Dump Truck , Tank Lorry , Truck Tractor , Fire Fighting , Concrete Pump, Universal Cargo และอื่นๆ

การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง หมายถึงกระบวนการผลิตที่ไม่เคลื่อนที่ มีการรอคอยและหยุดชะงักในระหว่างการผลิตเป็นระยะๆ โดยผลิตตามลูกค้าสั่ง รูปแบบสินค้าขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตใช้เงินลงทุนไม่มากนัก แต่ต้องการช่างฝีมือที่มีความสามารถเฉพาะทาง กระบวนการผลิตจะเป็นแบบอยู่กับที่ (Fixed Location) การผลิตทำได้โดยการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร วัสดุ และแรงงานเข้ามาทำการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่ มีรุ่นการผลิต 2 - 3 ประเภท และมีกำลังการผลิตประมาณ 4 - 5 คันต่อวัน

การผลิตส่วนนี้เป็นความรับผิดชอบโดยตรงของโรงงานต่อตัวถัง ซึ่งปัจจุบันยังขาดความรู้ความเข้าใจทางด้านวิชาการ ขาดทักษะและเทคนิคการผลิต ไม่มีระบบโครงสร้างการควบคุมคุณภาพ ขาดการวางแผนและจัดองค์การที่ดี ปริมาณการผลิตไม่ได้ตามความคาดหมาย มีความแปรปรวนในระบบการผลิตเป็นผลทำให้เกิดความสูญเปล่าและต้นทุนการผลิตสูง มีปัญหาทางด้านคุณภาพ การส่งสินค้าไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนด สูญเสียโอกาสในการขายผลิตภัณฑ์เมื่อลูกค้าเร่งรัดการผลิตทั้งนี้เนื่องจากกำลังการผลิตไม่สามารถสนองตอบลูกค้าได้ทันเวลา

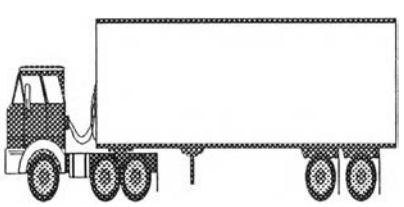
2.2 ลักษณะของรถบรรทุก

รถบรรทุกแบ่งออกเป็น 4 หมวด ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็กเพลาเดี่ยวที่มีพิกัดบรรทุกตั้งแต่ 3.5-11.5 ตัน รถบรรทุกขนาดกลางขับเคลื่อนเพลาเดี่ยวมีพิกัดบรรทุก 12 ตัน รถบรรทุกขนาดใหญ่ขับเคลื่อนเพลาเดี่ยวและเพลาคู่มีพิกัดบรรทุก 21 ตัน และรถบรรทุกประเภทลากจูงกึ่งพ่วง(Semi Trailer)พิกัดบรรทุก 37.4 ตัน และรถบรรทุกเต็มพ่วง(Full Trailer)พิกัดบรรทุก 39.2 ตัน โดยงานวิจัยเล่มนี้จะศึกษาเฉพาะกรณีการผลิตรถยนต์บรรทุกหัวลากและการประกอบชิ้นส่วนของโรงงานตัวอย่างซึ่งผลิตรถบรรทุกหัวลากขนาดพิกัดบรรทุก 37.4 ตัน เท่านั้น



รูปที่ 2.1 Chassis with cab

รถบรรทุกหัวลาก (Truck Tractor) เป็นรถบรรทุกสินค้าประเภทหนึ่งที่ใช้เป็นหัวลากจูงรถพ่วง (Trailer) วิวัฒนาการใช้รถ Tractor เริ่มจากการสั่งรถยนต์สำเร็จรูปจากต่างประเทศ(CBU)เข้ามาจำหน่าย และมีการพัฒนาใช้ชิ้นส่วนประกอบในประเทศโดยสั่งซื้อชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป(CKD) จากต่างประเทศบางส่วนเข้ามาประกอบจนสามารถผลิตรถบรรทุกหัวลากได้เอง การประกอบส่วนใหญ่จะดำเนินการโดยผู้ผลิตขนาดเล็ก เป็นกิจการดัดแปลงจากการรับจ้างต่อตัวถังรถบรรทุก โดยส่วนที่เป็นแชสซีและหัวเก๋งจะประกอบโดยโรงงานผู้ผลิตที่เป็นเจ้าของผลิตภัณฑ์(Brand name) เช่น Nissan Diesel



รูปที่ 2.2 รถบรรทุกลากจูงกึ่งพ่วง

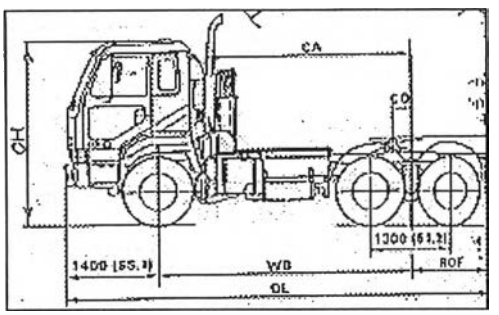
โรงงานดังกล่าวจะทำการผลิตและประกอบเป็นแชสซีสำเร็จรูป (Chassis with cab) แล้วทำการขายให้ลูกค้าที่ต้องการนำแชสซีดังกล่าวไปติดตั้งตัวถังและอุปกรณ์ส่วนควบต่างๆ ตามลักษณะของรถที่ต้องการจนกระทั่งเป็นรถบรรทุกหัวลากสำเร็จรูปตามแบบของผู้ผลิตและรายละเอียดที่กรมขนส่งทางบกกำหนด จากนั้นนำไปยื่นขอความเห็นชอบกับกรมขนส่งทางบกเพื่อขอจดทะเบียนก่อนนำไปใช้งาน

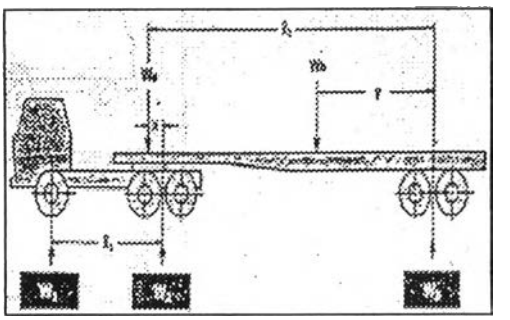
ตารางที่ 2.1 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกรถลากพ่วง

Tractor Model:_CWM430HT_____ Date :_25/7/97____

Trailer Model:_TRC-971_____ Inspector : Suphan

DIMENSIONS





WEIGHT DISTRIBUTION

TRACTOR

	Front	Rear	Total
Chassis with cab	4200	3485	7685
Fifth wheel	22	278	300
Equipment	207	213	420
Curb weight	4429	3976	8405
Crew	195	-130	65
Trailer kingpin weight	964	12061	13025
G.V.W.	5588	15907	21406

TRAILER

	K/pin	Axle	Total
Trailer empty weight	1589	2411	4000
Payload	11436	13564	25000
Trailer loaded weight	13025	15975	29000

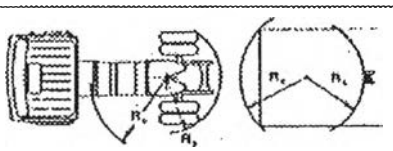
COMBINATION

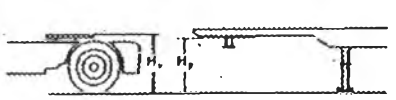
FA =5588	RA =15907	Trailer axle = 15975	GCW =37381

FITTING RADIUS

FIFTHWHEEL

	Front fitting	Rear fitting	Ground Height	Pin diameter
Tractor	R1= 2140 mm	R2= 2020 mm	H1= 1395 mm	D1= 2.0 inch.
Trailer	R3= 2010 mm	R4= 1890 mm	H2= 1390	D2= 2.0 inch
Difference	R1-R2= 120 >100	R3-R4= 120 >75	H1-H2= 5 < 50	D1-D2 = 0



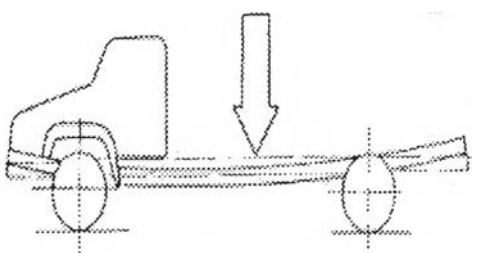
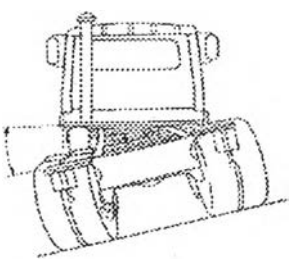
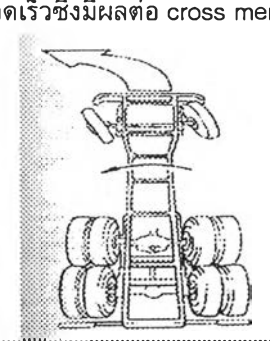
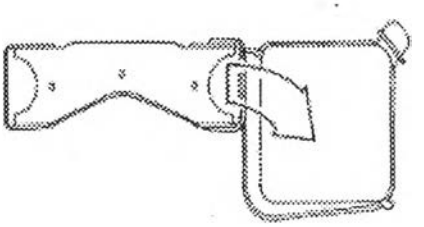


Overall height of Coupler =1,390 mm.

2.3 โครงสร้างของรถยนต์บรรทุก

เฟรมเป็นชิ้นส่วนสำคัญของรถยนต์บรรทุกโดยมีหน้าที่ในการรับน้ำหนัก เป็นส่วนรองรับการติดตั้งเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง และชิ้นส่วนอื่น ๆ รวมถึงช่วยกระจายน้ำหนักไปยังระบบกันสะเทือนของรถ การออกแบบเฟรมจะมีขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของแรงกระทำต่อเฟรม

1. แรงเค้นดัดที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งกระทำต่อ chassis fame 	2. แรงเค้นดัดในแนวเอียงด้านข้างเมื่อระดับถนนลาดเอียงไม่เท่ากัน 
3. การบิดตัวของ chassis frame ขณะเลี้ยวไปทางซ้ายอย่างรวดเร็วซึ่งมีผลต่อ cross member 	4. แรงบิดที่ทำให้เกิดการแยกตัวของเฟรมบางส่วนเมื่อมีน้ำหนักบรรทุก เช่น battery, fuel tank 

ลักษณะของเฟรมชนิด Ladder type เป็นเฟรมที่ใช้กันมากที่สุดในการออกแบบรถยนต์บรรทุก โดยเฟรมจะประกอบไปด้วยเฟรมด้านข้างซ้าย-ขวา(side rail) ติดตั้งตามแนวยาว และแนวขวาง (Cross members) ของรถ เป็นเฟรมที่ออกแบบใช้กันมากที่สุดสำหรับรถบรรทุก

2.3.1. เฟรมด้านข้าง (Side rail)

เฟรมด้านข้างเป็นโครงสร้างพื้นฐานของเฟรมรถยนต์บรรทุก เพราะเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ติดตั้งตามแนวยาวของรถโดยน้ำหนักที่แบกภาระแรงเค้นดัด (Bending Stress) แนวตั้งฉากและภาระที่กระทำในแนวขวาง (Transverse Load) ขณะที่รถกำลังวิ่งบนถนนโดยทั่วไปลักษณะของ Side rail จะมีรูปร่างหน้าตัดรูปตัวซี (C-Channel)เหตุผลสำคัญในการออกแบบเฟรมรูปร่างรูปตัวซีคือ

1. ผลิตได้ง่ายไม่ซับซ้อน
2. สามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น ถังน้ำมัน แบตเตอรี่ และเครื่องยนต์
3. ติดตั้งท่อลม ท่อน้ำมันและสายไฟได้ง่าย
4. มีความยืดหยุ่นสูงต่อการกระทำของแรง (Flexural Rigidity)

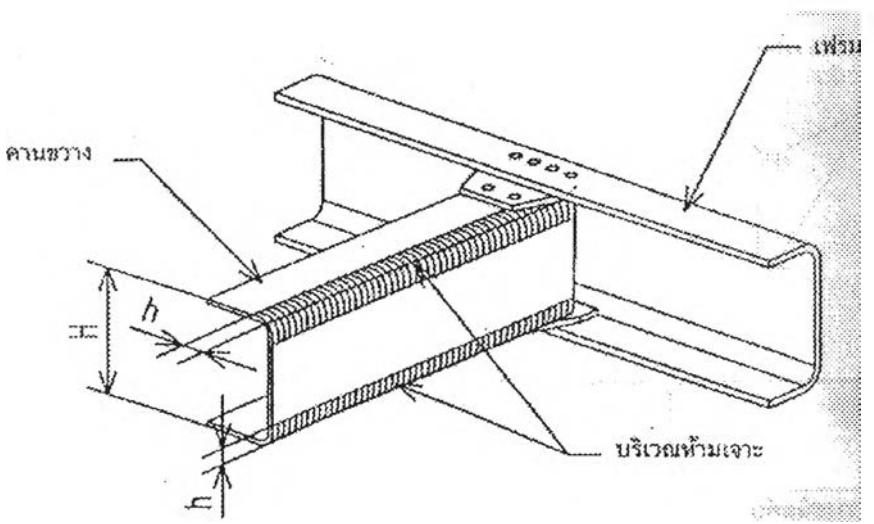
2.3.2 คานขวาง (Cross member)

คานขวางเป็นตัวเชื่อมเฟรม (side rail) สองข้างเข้าด้วยกันโดยทำหน้าที่หลักดังนี้

1. เพื่อป้องกันสภาพความเค้นบิดของเฟรมขณะรถวิ่งบนถนนขรุขระและรองรับความเค้นบิดบางส่วนของ Side rail เนื่องจากน้ำหนักของเครื่องยนต์ ถังน้ำมัน และระบบการสั่นสะเทือน
2. เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของเฟรมตามแนวยาวเนื่องจาก rolling force ซึ่งเกิดจากแรงกระทำกับล้อขณะขับขี่
3. เป็นตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ของรถ เช่น Center bearing, propeller shaft
4. เป็นตัวรองรับน้ำหนักจากระบบสั่นสะเทือนของเพลาหลังของรถ

2.3.3 **การเชื่อมชิ้นส่วนเข้ากับเฟรม** (Joining of the frame parts)

การยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของ Cross member และ Side rail จะใช้ หมุดย้ำ ขันยึดด้วยสกรู Bolt & Nut การเชื่อมด้วยไฟฟ้า ห้ามเจาะรูโดยใช้แก๊สเป่าโดยเด็ดขาด รวมถึงห้ามเชื่อม ห้ามตัดบริเวณพื้นที่18%(h=H/7) ของสันเฟรม ดังรูปที่ 2.3

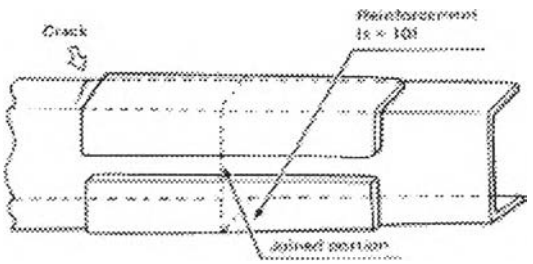


รูปที่ 2.3 ข้อห้ามในการตัดแปลงเฟรม

2.3.4 ความเค้นรวม (Stress Concentration)

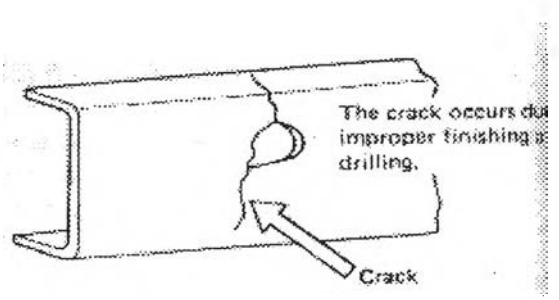
Stress หมายถึงแรงต้านภายในต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งได้รับจากน้ำหนักบรรทุกเพื่อรักษาความสมดุลกับแรงกระทำภายนอกเมื่อมีน้ำหนักบรรทุก รูปร่างหน้าตัดของโครงสร้างเฟรมจะต้องได้รับการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรอย่างดีและมีขนาดที่เท่ากัน ถ้ารูปร่างหน้าตัดของเฟรมไม่เท่ากัน จะทำให้เกิดการกระจายความเค้นภาคตัด (Sectional Stress Concentration) ขึ้นจะเป็นผลทำให้ External force ไม่สม่ำด้วย ถ้ารูปร่างหน้าตัดของเฟรมเปลี่ยนแปลงไปมากเกินกำหนดเช่นมีรูปทรงขั้นบันได มีรูเจาะ มีร่องลิ่ม และอื่น ๆ (ดังรูป) จะทำให้เกิดความเค้นรวมใกล้กับจุดเหล่านั้นมากขึ้นและเป็นเหตุให้เฟรมแตกหักได้ง่าย ในกรณีที่จะต้องตัดหรือต่อเฟรมการเสริมความแข็งแรงให้หลีกเลี่ยงการ

เปลี่ยนแปลงหน้าตัดบริเวณรอยเชื่อมในรูปจะแสดงให้เห็นการใช้เหล็กเสริมที่หนาเกินไปเชื่อมประกบกับเฟรมข้าง (Side rail) โดยไม่คำนึงขนาดพื้นที่ภาคตัดของเฟรม เพราะพื้นที่ภาคตัดที่ไม่เท่ากันจะก่อให้เกิดการแตกร้าว เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้เลื่อนตำแหน่งเหล็กเสริมความแข็งแรงด้านบนและด้านล่างให้เหลื่อมกันเล็กน้อยเพื่อลดความเค้นรวมที่จะเกิดขึ้น



รูปที่ 2.4 การเสริมเฟรมที่ผิดวิธี

การเจาะรูบนเฟรมโดยขาดความรู้ในการออกแบบโดยเฉพาะในกรณีที่จะต้องดัดแปลงและต่อเติมชิ้นส่วนต่าง ๆ การเลื่อนช่วงล้อให้สั้นหรือยาวขึ้นกว่ามาตรฐาน การเจาะรูติด ๆ กันหลาย ๆ รู การเชื่อมปิดรูแล้วให้ดูสวยงามจะเป็นเหตุให้ความแข็งวัสดุเสียไป การแก้ปัญหาอาจใช้เหล็กเสริมความแข็งโดยเชื่อมปิดรูเจาะเหล่านั้นแต่ก็เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม



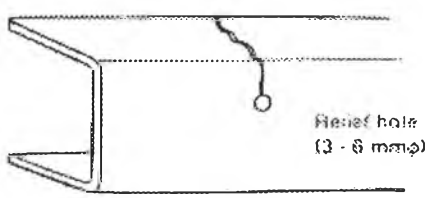
รูปที่ 2.5 การแตกหักของเฟรมเนื่องจากการเจาะ

2.3.5 <u>การเสริมความแข็งเฟรม</u> (Frame Reinforcement work)

เราทราบมาแล้วว่าการเชื่อมและการเจาะที่ผิดวิธีจะเป็นสาเหตุทำให้เฟรมแตกร้าวและบิดงอได้ ถ้าหากมีความจำเป็นต้องเจาะเฟรมะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัดเพื่อให้ได้ขนาดรูเจาะที่เล็กที่สุดหลังจากนั้นก็ทำการตกแต่งผิวรูให้เรียบร้อย รวมถึงตำแหน่งที่จะเจาะรูต้องคำนึงถึงบริเวณที่ห้าม เจาะรูเช่นหน้าแปลนของ Side rail ทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยเฉพาะในช่วงฐานล้อเพราะว่าเป็นช่วงที่รับน้ำหนักมากอาจทำให้เฟรมแตกหักได้ง่าย

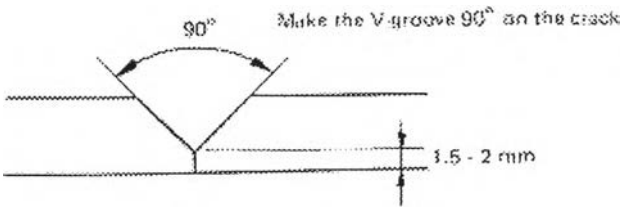
2.3.6 <u>การซ่อมเฟรมเพื่อลดความเค้น</u>

(1) เจาะรูขนาด 3-6 ม.ม. บริเวณปลายสุดของรอยร้าวเพื่อลดความเค้น



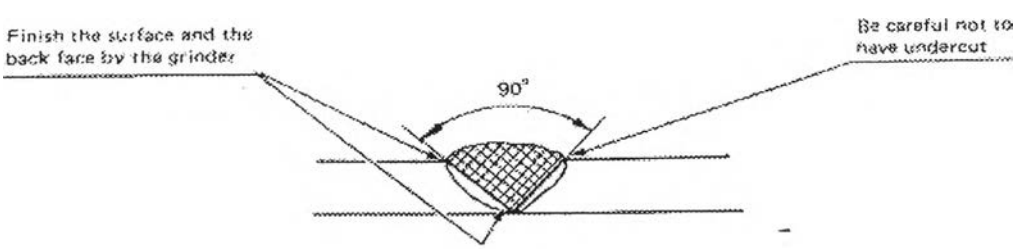
รูปที่ 2.6 การเจาะรูลดความเค้น

(2) ทำรูปร่างร่องตัววี (V-Groove) บนผิวที่เกิดรอยร้าวโดยวิธีเจียระไน



รูปที่ 2.7 การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม

(3) เชื่อมปิดร่องตัววี แล้วเจียระไนผิวรอยเชื่อมให้เรียบ ข้อควรระวังจะต้องเลือกขนาดลวดเชื่อม (Welding electrode) ให้เหมาะสม กระแสไฟเชื่อม และขนาดความหนาบางของเฟรม และป้องกันไม่ให้เกิด Defect ขณะเชื่อม(crack, undercut, blow hole) และการซึมลึกจะต้องสมบูรณ์ 100%



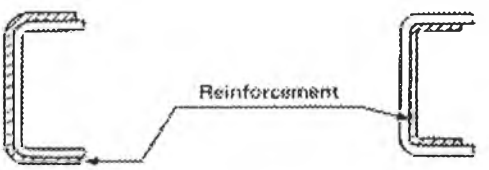
รูปที่ 2.8 ลักษณะของรอยเชื่อมเฟรม

2.3.7 <u>รูปแบบการเสริมความแข็งเฟรม</u> (Shape of the reinforcement of the frame)

เมื่อใดที่รอยแตกร้าวเกิดขึ้นกับเฟรม จากนั้นมันจะขยายตัวออกไปเรื่อย ๆ จนทำให้เฟรมแตกหักในที่สุด ดังนั้นการเสริมเฟรมให้มีความแข็งแรงจึงเป็นแนวทางป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น

1) การใช้เหล็กรูปตัวซี C-Channel เสริมความแข็งแรง

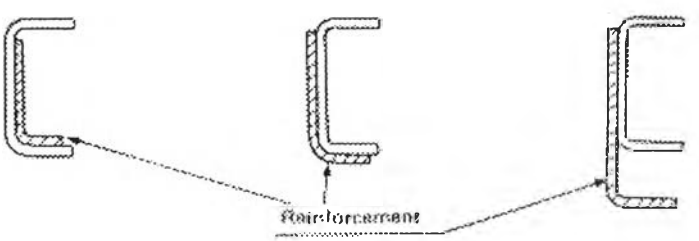
การเสริมความแข็งจะ ทำได้โดยการปิดเหล็กรูปตัวซีไว้ด้านในหรือด้านนอกของ Side rail และต้องระวังไม่ให้เกิดความเค้นรวมสูงสุดที่ส่วนใดส่วนหนึ่งเนื่องจากการเสริมความแข็ง



รูปที่ 2.9 ลักษณะการเสริมเฟรมตัวซี

2) การเสริมด้วยเหล็กฉาก (L- shape)

จะช่วยเสริมความแข็งแรงโดยการติดไว้ด้านข้างของ Side rail จะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความเค้นรวมที่ส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นอันขาด



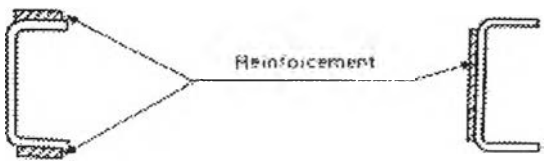
รูปที่ 2.10 ลักษณะการเสริมเฟรมตัวแอล

3) การเสริมด้วยเหล็กรูปกล่องสี่เหลี่ยม

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายมักจะเสริมไว้ด้านในของSide rail และเชื่อมติดกับหน้าแปลนของเฟรมแต่ข้อเสียคือมีผลทำให้เกิดความเค้นรวมได้ง่ายเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภาคตัดของเฟรมอย่างกระทันหัน และทำให้ความยืดหยุ่นต่อการบิดตัวของเฟรมลดลง

4) การใช้เหล็กแผ่นปิดไว้ด้านบนและล่างของหน้าแปลนและด้านข้างของ Side rail

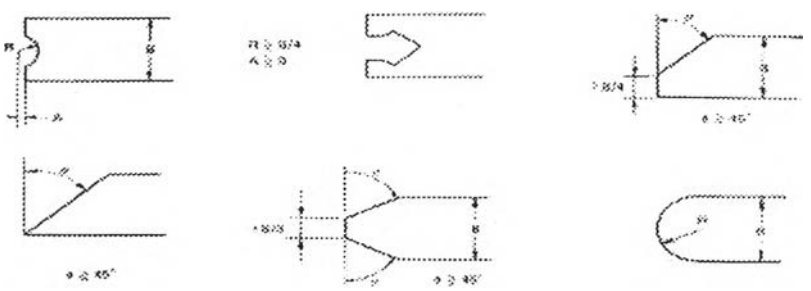
เป็นวิธีเสริมความแข็งแรงของเฟรมที่ง่ายอีกวิธีหนึ่งแต่ข้อควรระวังคือจะต้องออกแบบให้ความกว้างเหล็กแผ่นมีขนาด 70-100% ของความกว้าง Side rail หรือเท่ากับ (0.7-1.0)W



รูปที่ 2.11 ลักษณะการเสริมเฟรมด้วย steel liner

2.3.8 ข้อควรระวังในการเสริมความแข็งเฟรม (Important caution to the frame reinforcing work)

1. รูปทรงด้านหน้าของเหล็กเสริม มีความสำคัญต่อการออกแบบและการป้องกันความเค้นรวมเกิดขึ้นกับเฟรม ดูรูปที่ 2.12 การออกแบบที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.12 การตัดปลายเฟรมเพื่อลดความเค้น

2. ความหนาของเหล็กเสริม ความหนาของเหล็กเสริมจะต้องน้อยกว่าขนาดความหนาของเฟรม ดังนี้

ความหนาสูงสุด < 0.8 (ความหนาของเฟรม)

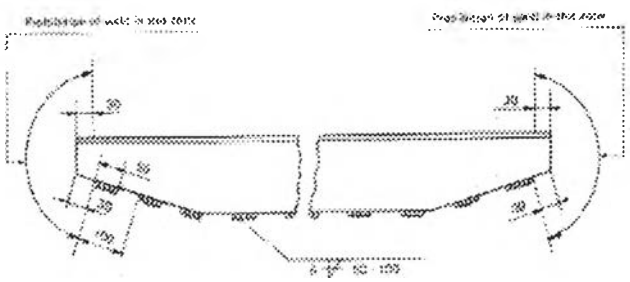
ความหนาต่ำสุด > 0.4 (ความหนาของเฟรม)

และวัสดุจะต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าเหล็กเกรด SAPH 45 (945A-SAE) ที่มีค่าความเค้นแรงดึง(tensile strength) เท่ากับ 45 kg / mm^2

3 การจัดความสมดุลระหว่างเหล็กเสริมกับ Side rail ทั้งสองข้างการแตกร้าวอาจเกิดขึ้นจาก Side rail ด้านใดด้านหนึ่งก่อนแล้วขยายตัวต่อไป ดังนั้นการติดตั้งเหล็กเสริมจะต้องติดทั้งสองข้างเพื่อป้องกันความไม่สมดุลความแข็งของเฟรมทั้งสองข้าง

4. การเชื่อมเพิ่มความแข็งแรง

การเชื่อมจะต้องกระทำบนหน้าแปลนของSide rail และบริเวณปลายสุดของเหล็กเสริมดังรูปซึ่งจะต้องเว้นระยะไว้ 30 ม.ม. เพื่อหลีกเลี่ยง Stress concentration ถ้าหากบริเวณติดตั้งเหล็กเสริมมีความกว้างมากพอก็ให้ใช้หมุดย้ำ หรือเจาะรูแล้วทำการเชื่อมอุดรอบ ๆ ด้านในรูเจาะจนได้ความแข็งแรงที่ต้องการ ดังตัวอย่างในรูป



รูปที่ 2.13 บริเวณแนวลูกศรห้ามเชื่อมด้วยไฟฟ้า

5. ข้อควรระวังในการเชื่อมเฟรมด้วยไฟฟ้า

บริเวณที่ทำการเชื่อมไฟฟ้าจะเกิด Stress concentration และเป็นเหตุให้ความแข็งแรงลดลงเนื่องจากมีข้อบกพร่องในรอยเชื่อม เช่นเกิด Undercut , overlap , blow hole , การซึมลึกไม่ดีดังนั้นเราจะมีวิธีป้องกันดังนี้

(1) การลด Stress concentration บริเวณรอยเชื่อม ค่า Stress concentration จะเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำโดยทั่วไปประมาณให้มีค่าดังนี้

การต่อชน	1.6-1.8
การต่อเกยด้านหน้า	2.0-3.0
การต่อเกยด้างข้าง	1.5-1.8

รูปที่ 2.14 ลักษณะการต่อชนแนวเชื่อม

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อบกพร่องการเชื่อมกับความแข็งแรง ปัญหาข้อบกพร่องจากการเชื่อมเป็นผลทำให้เกิด Fatigue strength ดังนี้

2.1 Undercut การเกิด undercut จะทำให้เกิด fatigue strength ของรอยต่อลดลงโดยปกติความแข็งแรงจะเป็นสัดส่วนที่แปรตามความลึกของ Undercut ถ้า Undercut ไม่มีหรือมีแต่ถูกทำให้เรียบแล้วด้วยการเจียระไนค่า Fatigue strength ก็จะดีขึ้นเหมือนปกติ

2.2 Crack (Weld) การแตกร้าวจะทำให้ Fatigue strength ลดลงแม้ว่าจะเป็นรอยร้าวขนาดเล็ก ๆ ก็ตามจะมีผลทำให้เกิดการชำรุดเนื่องจากการกระทำของความเค้นที่กระทำซ้ำ ๆ กัน

2.3 การซึมลึกไม่ดี Poor penetration การซึมลึกไม่ดีจะเป็นผลให้ Fatigue strength ลดลง จากภาพแสดงให้เห็นถึงการซึมลึกไม่ดีและความเค้นแรงดึง

2.4 รูตามด (Blow hole) ปัญหารูตามดมีผลต่อความแข็งแรงน้อยกว่าปัญหาข้อบกพร่องอื่น ๆ เช่น มีรูปทรงเป็นวงกลมและมีขนาดเล็ก แต่ถ้าหากมีจำนวนมาก ๆ ก็ไม่ดีเพราะจะเป็นผลทำให้เกิด Fatigue strength ลดลง

(3) ระยะห่างของรอยต่อชน ถ้าช่วงห่างของระยะต่อชน มากเกินไป จะเป็นผลให้เกิด Defects เช่นเกิดการเผาไหม้ เกิดรูตามด แต่ถ้าระยะห่างรอยต่อชนมีระยะแคบจะให้การซึมลึกไม่ดี

(4) เกิดการเปลี่ยนรูปหลังการเชื่อม สาเหตุของการบิดงอและเปลี่ยนรูปของวัสดุหลังการเชื่อม เนื่องจากการขยายตัวของความร้อนจากการเชื่อม ปัญหาดังกล่าวจะทำให้คุณภาพชิ้นส่วนลดลงเป็นผลให้เกิดการแตกร้าวและมีความเค้นบางส่วนเกิดขึ้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะทำได้ดังนี้

4.1 ออกแบบ Jig & Fixture ช่วยจับยึดชิ้นงานเพื่อป้องกันการเปลี่ยนรูป

4.2 ปรับกระแสไฟเชื่อมให้เหมาะสมกับวัสดุที่จะเชื่อม

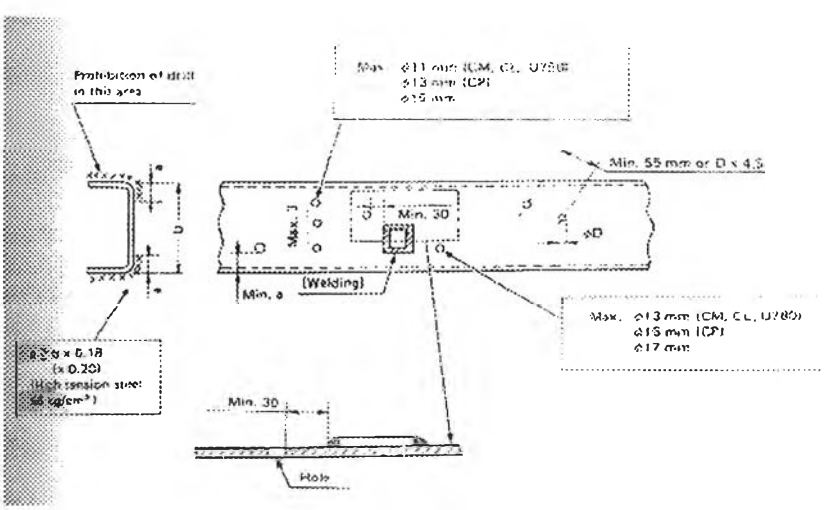
4.3 ออกแบบวิธีการเชื่อมและการลำดับขั้นตอนการเชื่อมอย่างถูกวิธี เพื่อป้องกันการบิดงอ

4.4 แบ่งพื้นการเชื่อมออกเป็นส่วนๆ เพื่อป้องกันการแผ่ความร้อนจากการเชื่อม

4.5 ห้ามใช้น้ำราดแนวเชื่อมเพื่อให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วโดยเด็ดขาด

2.3.9 พื้นที่ห้ามตัดและห้ามเจาะรูเฟรม

การตัดเฟรมด้วยแก๊สอาจเป็นเหตุทำให้ค่า fatigue strength ลดลง เนื่องจากมีข้อบกพร่อง ได้แก่ ลดความแข็งแรงของวัสดุ เกิดความเค้นรวมในระหว่างการตัด



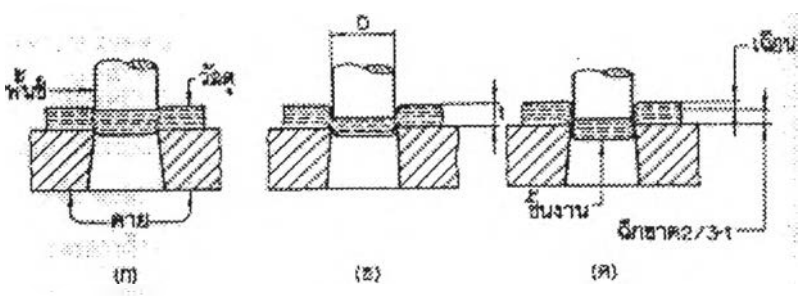
รูปที่ 2.15 บริเวณห้ามเจาะรูและห้ามเชื่อมเฟรม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การผลิตชิ้นส่วนโดยใช้แม่พิมพ์

การปั๊มขึ้นรูป หมายถึงวิธีการขึ้นรูปโลหะแผ่นให้มีขนาดและรูปทรงต่างๆ ตามที่ต้องการ โดยแม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน ส่วนเครื่องปั๊มจะทำให้เกิดแรงกดขึ้นรูป โดยปกติแม่พิมพ์ส่วนบนจะประกอบด้วย punch ติดอยู่กับ upper shoe และแม่พิมพ์ตัวล่างจะประกอบด้วย die ติดอยู่กับ lower plate ยึดเข้ากับ bolster ของแท่นเครื่อง โดยโลหะแผ่นที่นำมาขึ้นรูปจะสอดอยู่ระหว่างแม่พิมพ์สองตัวนี้

Punch จะมีลักษณะสอดคล้องกับ die แต่มีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย ขนาดที่เล็กกว่านี้เรียกว่า clearance ซึ่งสามารถกำหนดได้จากชนิดและความหนาของวัสดุ รวมถึงลักษณะของงานที่ผลิตโดยใช้แม่พิมพ์ การปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นจะประกอบด้วยการตัด(cutting) หรือการตัดเฉือน(shearing) การดัด(bending) การขึ้นรูป(forming) งานขึ้นรูป(drawing) การตัดโดยรอบชิ้นงาน(blanking) การเจาะรูในชิ้นงาน(piercing) รูปที่ 2.16 เป็นการแสดงลำดับขั้นตอนการขึ้นรูปโลหะแผ่นโดยวิธี blanking และ piercing



รูปที่ 2.16

ลักษณะการ blanking และ piercing จะประกบด้วย 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน คือ

ก. การเปลี่ยนรูปอย่างถาวร(plastic deformation) เมื่อ punch สัมผัสกับวัสดุและเริ่มเกิดแรงกดจนกระทั่งเกินขีดจำกัดความยืดหยุ่นของวัสดุ(elastic limit) จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรเกิดขึ้น

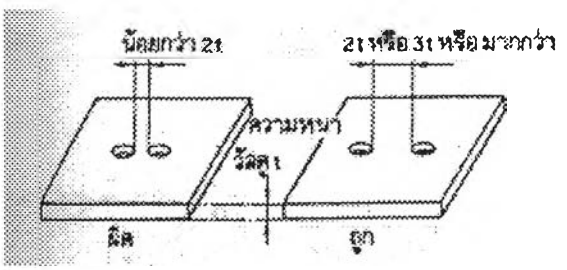
ข. การกดเข้าไปในเนื้อวัสดุ(penetration) ของ punch และดันวัสดุเข้าไปในช่องเปิดของ die

ค. การแตก(fracture) จะเกิดขึ้นที่จุดนี้และส่วนของ blank จะแยกตัวออกจากแผ่นวัตถุดิบ โดยปกติแล้วแถบของรอยตัดที่เกิดการเฉือนจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1/3 ของความหนาวัสดุ และช่วงฉีกขาดจะมีค่าเท่ากับ 2/3 ของความหนาวัสดุ

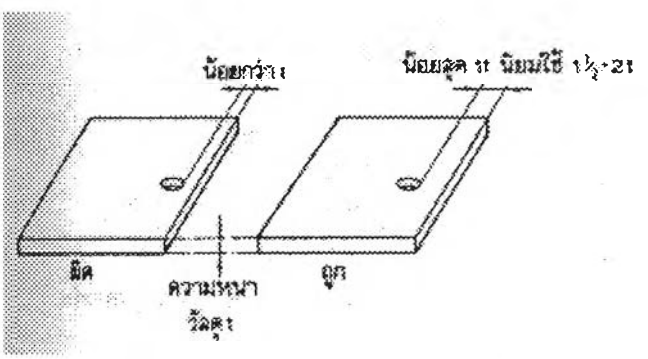
การเลือกเครื่องปั๊มโลหะเพื่อขึ้นรูปอย่างประหยัดต่อขนาดการผลิต(economy of scale) ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นปกติจะกำหนดเส้นขอบเขตไว้ประมาณ 10,000 ชิ้นต่อล็อตการผลิตหนึ่งครั้ง ถ้าผลิตน้อยกว่า 10,000 ชิ้นต่อหนึ่งครั้งจะถือว่าเป็นการผลิตในปริมาณต่ำ และถ้าราคาของแม่พิมพ์แพงกว่าราคาชิ้นงานที่ผลิตก็จะถือว่าเป็นการผลิตในปริมาณต่ำ

คำแนะนำในการออกแบบ การใช้วัสดุในงานปั๊มขึ้นรูปจะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัดที่สุด รูปทรงที่สามารถนำมาเรียงซ้อนกันได้จะดีกว่าการวางห่างกัน และผู้ออกแบบจะต้องมีความสามารถในการมองภาพของการวาง strip layout ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับงานที่ต้องการ และถ้าสามารถออกแบบชิ้นส่วนเล็กๆ จำพวก bracket ให้ใช้เศษวัสดุที่เหลือจากการ blanking ได้ก็จะทำให้เกิดการประหยัดวัสดุได้มาก

การเจาะรู ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะไม่ควรเล็กกว่าความหนาของวัสดุ ระยะห่างของระหว่างรูเจาะไม่ควรน้อยกว่า 2-3 เท่าของความหนาวัสดุ ดูรูปที่ 2.17 ถ้าความหนาของผนังน้อยเกินไปความสามารถของแม่พิมพ์ในการรับแรงจะลดลง และระยะห่างต่ำสุดของขอบรูเจาะถึงขอบของงาน blanking ไม่ควรน้อยกว่าความหนาของวัสดุ โดยปกติจะกำหนดไว้ 1.5-2 เท่าของความหนาวัสดุ ดูรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 กฎการออกแบบขนาดและระยะห่างของรูเจาะ



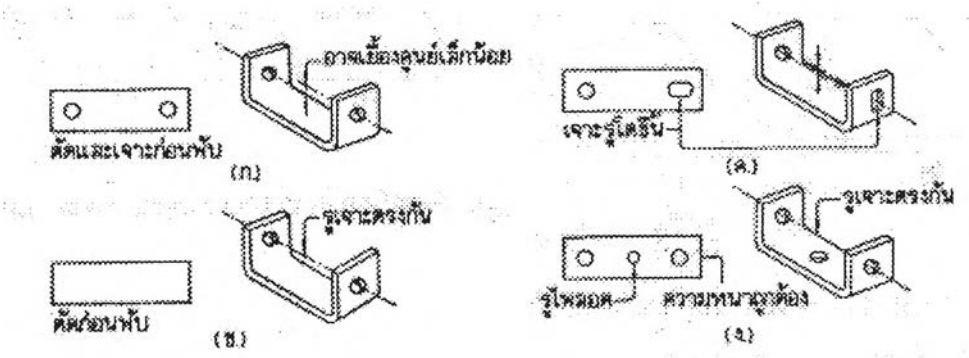
รูปที่ 2.18 การออกแบบระยะรูเจาะกับขอบชิ้นงาน

ในกรณีที่ต้องการเจาะรูบนขาของตัวยูเพื่อนำไปยึดกับชิ้นส่วนอื่น ผู้ออกแบบควรระลึกไว้เสมอว่า ถ้าเจาะรูก่อน แล้วจึงนำมาพับจะทำให้รูเจาะไม่ตรงกัน วิธีการที่จะทำให้รูเจาะตรงกันทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. ทำการ piercing หรือเจาะรูด้วยดอกสว่านภายหลังการพับ เสียค่าใช้จ่ายมากแต่ก็ได้รูที่ตรงกันมากที่สุด ดูรูปที่ 2.19 ก และ 2.19 ข

2. ใช้ความคลาดเคลื่อนของรูเจาะให้กว้างขึ้น หรือทำด้านหนึ่งให้เป็นร่อง slot นั่นคือยอมให้เยื้องศูนย์กันได้ถ้าชิ้นส่วนยังสามารถใช้งานได้ ดูรูปที่ 2.19 ค

3. เจาะรู pilot hole ที่ด้านล่างของตัวยู รูนี้จะทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งของ pin ที่ pad ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปซึ่งจะทำให้ตำแหน่งของ blank อยู่ที่เดิมตลอดเวลา ดูรูปที่ 2.19 ง



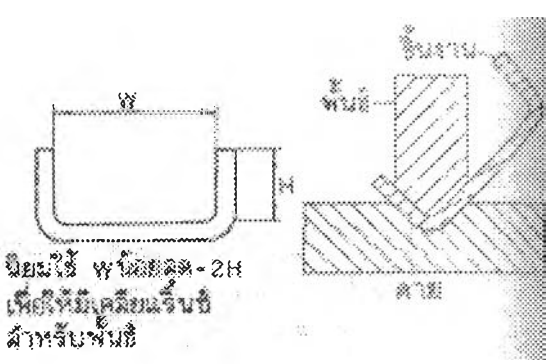
รูปที่ 2.19 เทคนิคการเจาะรูบนขาตัวยู

เพื่อให้เกิดความประหยัดในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การผลิตขึ้นรูปชิ้นงาน ผู้ออกแบบควรกำหนดรูปทรงของชิ้นงานให้สามารถผลิตได้ด้วยเครื่องพับแบบมาตรฐานที่มีอยู่ ดังนี้

1. ใช้มุมพับดัด 88-90 องศา(ป้องกันการเกิด spring back ภายหลังการพับ) และขนาดของ punch จะต้องไม่กว้างหรือแคบกว่าขนาดของ die มากเกินไป

2. ในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีลักษณะตัวยู สัดส่วนของความสูงกับความกว้าง(สัดส่วนของ W : H จะเป็น 2 : 1)ดังรูปที่ 2.20 ควรพับโดยใช้เครื่องพับมาตรฐาน 88-90 องศา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตที่มีปริมาณจำกัด

3. เพื่อหลีกเลี่ยงการบิดงอและเสียรูป ความกว้างของส่วนที่ขึ้นรูปอย่างน้อยที่สุดจะต้องเท่ากับ 3 เท่าของความหนาวัสดุ



รูปที่ 2.20 สัดส่วนการพับขึ้นรูปตัวยู

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนทางด้านขนาดในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นจะมีค่าเผื่อต่าง ๆ กำหนดไว้ให้ในการออกแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบด้านต่าง ๆ ดังนี้

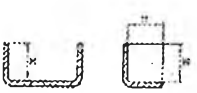
1. ลักษณะการออกแบบ
2. หน้าที่ของชิ้นงาน
3. ขนาดของชิ้นงาน
4. ขั้นตอนการขึ้นรูป
5. ชนิดและความหนาของวัสดุ

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่แนะนำในตารางที่ 2.3 เป็นเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่แนะนำสำหรับการ blanking โดยแม่พิมพ์ราคาถูก และตารางที่ 2.4 เป็นเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมิติของงานขึ้นรูป

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับการ blanking โลหะแผ่น

รายละเอียด	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	
	ต่ำที่สุด(ม.ม.)	ค่าปกติ(ม.ม.)
1. ความกว้างของแผ่นโลหะรีดเย็นถึง 230 ม.ม. และหนา 1.5 ม.ม.	±0.05	±0.13
2. ความยาว ความกว้าง ที่ผลิตโดยการตัดเฉือน การตัดแบ่ง การตัดบาก	±0.13	±0.25
3. เกณฑ์คลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะเล็กกว่า 25 ม.ม.		
• วัตถุดิบบางกว่า 1.5 ม.ม.	+0, -0.05	+0, -0.10
• วัตถุดิบหนากว่า 1.5 ม.ม.	+0, -0.10	+0, -0.30

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมิติของงานขึ้นรูป

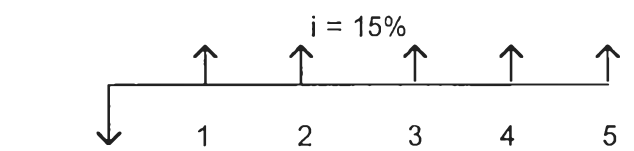
รายละเอียด	ภาพแสดงชิ้นงาน	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	
		ต่ำที่สุด(ม.ม.)	ค่าปกติ(ม.ม.)
1. มุมของการดัด	ชิ้นงานรูปตัวยู		
• เพรสเบรก		±1°	±2°
• เครื่องพับ		±2°	±3°
2. ความสูง หรือความยาวของ H		±0.2 ม.ม.	±0.4 ม.ม.
3. ความสูงการพับขอบรู		±0.2 ม.ม.	±0.3 ม.ม.
4. ความเรียบ(flatness)		±0.3%	±0.5%

2.5 การตัดสินใจเลือกกระบวนการผลิตในเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเลือกเพื่อการผลิตชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์โดยวิศวกรอุตสาหการนั้น จำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรในเชิงของต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ แรงงานทางตรง แรงงานทางอ้อม เครื่องมือการผลิต ค่าเสื่อมสภาพของจักรและอุปกรณ์ ค่าโสหุ้ยการผลิต และเงินลงทุนต่างๆ ยกตัวอย่างในกรณีที่เงินลงทุนเป็นสิ่งที่สำคัญในการเลือกกระบวนการผลิต เราจะต้องคำนวณต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงอายุการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์นั้นๆ เช่น การผลิตชิ้นส่วน plate coupler จะต้องใช้เครื่องจักรและอปกรณ์การผลิตที่มีราคา 1,500,000 บาท มีอายุตลอดการใช้งาน 5 ปี โดยทำงานเป็นเวลา 300 วันๆ ละ 8 ชั่วโมง สามารถผลิตชิ้นงานได้ 100 ชิ้น/ชั่วโมง โดยแม่พิมพ์พับ 1 ชุด คิดต้นทุนต่อหน่วยโดยการประมาณการเสียเวลา(machine downtime)ไว้ 20 % สำหรับเครื่องจักร การเตรียมอุปกรณ์ และการตั้งแม่พิมพ์ สามารถคำนวณต้นทุนต่อหน่วย ได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วย} = 1{,}500{,}000 / \{(5x300x8x100x1(100\% - 20\%)\}$$
$$= 1.562 \text{ บาท/ชิ้น (ต้นทุนของเครื่องมือและอุปกรณ์การผลิต)}$$

ถ้าหากเงินลงทุน 1,500,000 บาท เป็นการกู้ยืมที่จะต้องชำระคืนเงินกู้ในอัตราร้อยละ 15 ต่อปี โดยมีสัญญาจ่ายคืนทุกปีเท่าๆ กันทั้งต้นและดอกเบี้ยเป็นเวลา 5 ปี ดังนั้นจะต้องนำดอกเบี้ยเข้ามารวมเป็นต้นทุนต่อหน่วยด้วย โดยคำนวณหาดอกเบี้ย ดังนี้



$$A = P(CRF, i, n)$$
$$= P(A/P,15\%,5)$$
$$= 1{,}500{,}000(0.2983)$$
$$= 447{,}450 \text{ บาท}$$

จำนวนเงิน 447,450 บาท คือเงินที่ต้องจ่ายคืนเท่ากันทุกปี เป็นเวลา 5 ปี รวมทั้งสิ้น 2,237,250 บาท (หรือต้องจ่ายค่าดอกเบี้ยเป็นเงินจำนวน 737,250 บาท) ซึ่งจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยเพิ่มขึ้นเป็น 2.33 บาท/ชิ้น ดังนั้นการพิจารณาต้นทุนต่อหน่วยจะทำให้เราสามารถตัดสินใจได้ว่าจะผลิตชิ้นส่วนนี้เอง หรือจะว่าจ้างผู้ผลิตภายนอกที่มีความพร้อมทางด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ได้มาตรฐานอยู่แล้ว

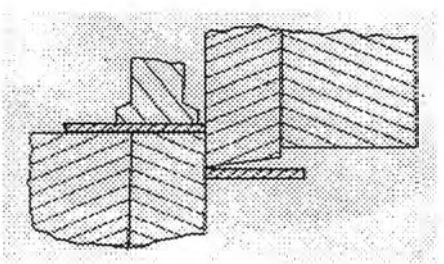
ดังนั้นการเลือกกระบวนการผลิตที่เหมาะสมจะช่วยให้เราสามารถควบคุมต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้แม่นยำมากขึ้น การตัดสินใจทางเลือกที่ผิดอาจจะทำให้เราเสียโอกาสในการทำกำไรและไม่สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่น และในที่สุดการดำเนินธุรกิจก็อาจจะประสบความล้มเหลวได้

2.6 <u>กระบวนการผลิตชิ้นส่วน</u> ปัจจุบันการผลิตชิ้นส่วนในโรงงานจำแนกได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. งานตัด (Shearing)
2. งานพับและงานปั๊มเข้ารูป (Bending and forming)
3. งานขึ้นรูป (Drawing)
4. อื่น ๆ (งานเชื่อม งานเจาะ และงานประกอบชิ้นส่วน)

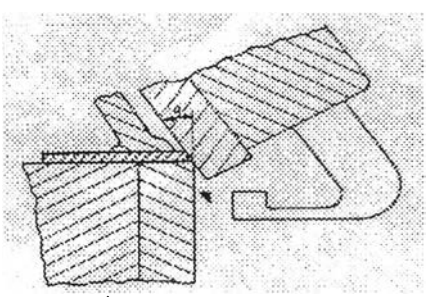
2.6.1 <u>งานตัด</u> (Shearing) เป็นงานขั้นพื้นฐานของงานปั๊มขั้นรูปแบ่งออกเป็น

1. งานตัดโดยใช้คมตัดเฉือนโลหะให้ขาดออกจากกัน



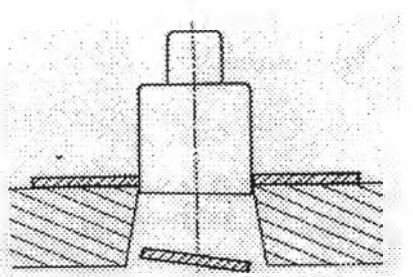
รูปที่ 2.21 การตัดเฉือนโลหะ

2. Bevel Shearing เป็นงานตัดริมขอบของชิ้นงานโดยมีงบตัดด้านบนเพียงทำมุมในแนวดิ่ง



รูปที่ 2.22 bevel shearing

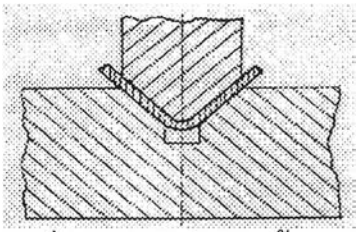
3. Blanking เป็นงานตัดที่ต้องการเอาส่วนที่ถูกตัดออกไปแปรสภาพเป็นชิ้นงานต่อไปโดยส่วนที่ถูกตัดจะมีรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 2.23 การขึ้นรูปแบบ blanking

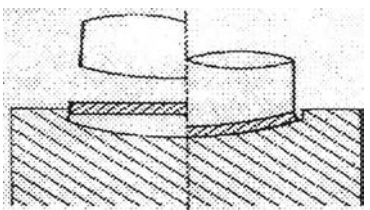
2.6.2 <u>งานพับและงานปั๊มเข้ารูป</u> (Bending and Forming) ได้แก่

1. งานพับฉากรูปตัว V



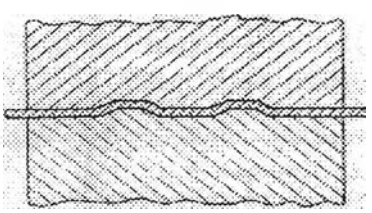
รูปที่ 2.24 การพับฉากชิ้นงาน

2. Forming งานปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่นเรียบให้มีรูปร่างตามต้องการโดยที่ชิ้นงานจะมีรูปร่างและขนาดตามขนาดของ Punch และ Die



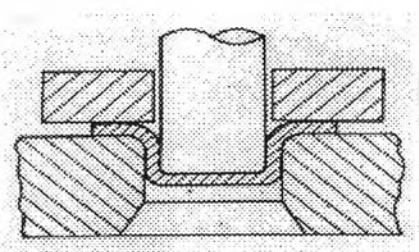
รูปที่ 2.25 การขึ้นรูปแบบ forming

3. Embossing เป็นการปั๊มโลหะให้เกิดรอยกดตื้น ๆ ซึ่งไม่ทำให้ความหนาของโลหะแผ่นเปลี่ยนไป



รูปที่ 2.26 การขึ้นรูปแบบ embossing

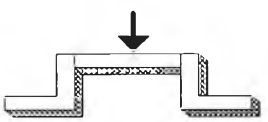
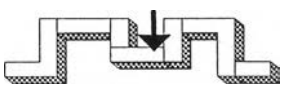
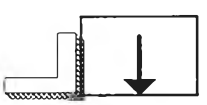
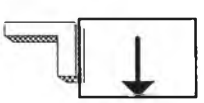
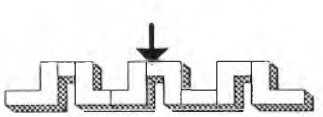
<u>งานขึ้นรูป</u> (Drawing) เป็นการขึ้นรูปโดยที่ Punch จะกดโลหะแผ่นเรียบเข้าไปในช่องว่างของ Die เพื่อทำให้เกิดภาชนะรูปกลวงไม่มีตะเข็บ



รูปที่ 2.27 การขึ้นรูปแบบ drawing

การคำนวณแรงกดขึ้นรูปจะต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุ อัตราส่วนความยากง่ายในการขึ้นรูป และการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมจะไม่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ตารางที่ 2.5 และตารางที่ 2.6 เป็นการคำนวณหาแรงกดขึ้นรูปที่ถูกต้อง

ตารางที่ 2.5 วิธีการคำนวณหาแรงกดขึ้นรูปโลหะแผ่น

รูปแสดงการขึ้นรูปโลหะแผ่น	แรงกดขึ้นรูป(Pressing pressure)	ความหมายของตัวแปร
SIMPLE DRAW 	1. แรงกดขึ้นรูปอย่างง่าย $P = (1.5)(l)(t)\sigma b$	P= Punch pressure l= Punch all around length(mm) t = thickness(mm) σb = Tensile strength(Kg/mm^2)
COMPLICATED FORM 	2. แรงกดขึ้นรูปแบบซับซ้อน $P = (0.04)(S)(t - 0.2)\sigma b$	P= Punch pressure S= Punch area(mm^2) t = thickness(mm) σb = Tensile strength(Kg/mm^2)
CUT&TRIM 	3. แรงกดพิมพ์ตัด $P = (1.7)(l)(t)\tau s$	P= Punch pressure l= Shearing length(mm) t = thickness(mm) τs= Shearing stress(Kg/mm^2)
FORMING 	4. แรงกดพิมพ์พับ $P = (0.5)(l)(t)\sigma b$	P= Punch pressure l= Punch all around length(mm) t = thickness(mm) σb = Tensile strength(Kg/mm^2)
FLATING&EMBOSSING 	5. แรงกดพิมพ์ตาย $P = (0.5)(S)\sigma e$	P= Punch pressure S= Flating area(mm^2) t = thickness(mm) σe = Yield strength(Kg/mm^2)

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของโลหะแผ่นในงานวิศวกรรมยานยนต์

คุณสมบัติโลหะแผ่น		Tensile strength:σb		Yield strength:σe		Shear strength:τs	
ประเภทโลหะแผ่น	เกรดวัสดุ	Kg/mm^2	Ratio	Kg/mm^2	Ratio	Kg/mm^2	Ratio
เหล็กแผ่นรีดเย็น	SPCC	33	1.00	25	1.00	25	1.00
	SPCEN	31	0.94	18	0.72	25	0.96
	SPHC	38	1.15	27	1.08	30	1.15
เหล็กแผ่นรีดร้อน	SAPH45	47	1.42	31	1.24	38	1.45
Stainless steel	SUS304	57	2.03	31	1.24	54	2.08
	SUS410L	45-48	1.40	26-30	1.12	36-39	1.40
เหล็กทนแรงดึงสูง	SAH55	57	1.73	44	1.76	46	1.77

2.7 ข้อกำหนดการพ่นสีรถยนต์ (Painting)

การพ่นสีหัวเก๋งและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถได้ออกแบบเป็นมาตรฐานมาแล้วจากโรงงานผู้ผลิตรถยนต์ หัวข้อที่ 2.7.2 เป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานการพ่นสีรถยนต์บรรทุกของนิสสันดีเซล การดัดแปลงแก้ไขใดๆ เกี่ยวกับการพ่นสีจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด ดังนี้

2.7.1 ข้อควรระวังการพ่นสี (Precautions on painting) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

(1) การพ่นสีดำบนหัวเก๋งจะทำได้เฉพาะบริเวณที่กำหนดให้เท่านั้น

1. บริเวณส่วนบนของกระจกบังลมด้านหน้าที่ติดกับหลังคา
2. บริเวณใต้กระจกบังลมด้านหน้าที่ติดตั้งก้านปัดน้ำฝน
3. แผงด้านหลังของประตู
4. บริเวณเสาล็อคประตูและด้านในของประตู
5. บริเวณใต้กระจังหน้า

(2) รายการชิ้นส่วนซึ่งจะต้องถอดออกก่อนพ่นสีดังนี้

ชิ้นส่วนต่อไปนี้จะต้องถอดก่อนเพื่อปรับสภาพผิวชิ้นงานก่อนพ่นสีจริงดังนี้

1. ป้ายนิสสันดีเซล (Nissan Diesel Emblems)
2. หน้ากากปิดหัวเก๋งด้านหน้า
3. กระจกด้านข้างหลังประตูซ้าย-ขวา
4. Front cab corner panel
5. Side deflector
6. Side splash rubber

(3) การปิด Masking บริเวณที่ไม่ต้องการพ่นสี จุดต่อไปนี้ห้ามทำการพ่นสีและจะต้องปิด Masking ด้วยกระดาษเพื่อป้องกันละอองสีเกาะติด ดังนี้

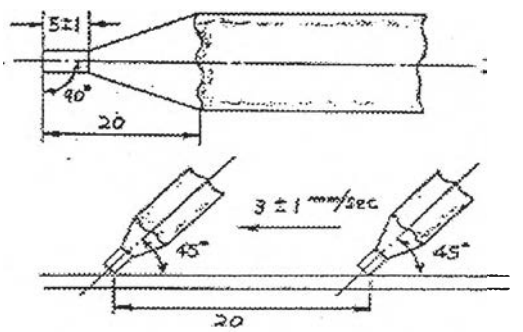
1. รายการ 1-5 ในกลุ่ม (1)
2. แผ่นป้ายคำเตือนต่าง ๆ (Various caution plates)
3. ตะขอและยางกันรั่ว (Rubber seal) รอบ ๆ หัวเก๋งด้านหน้า
4. กระจก ประตู, หน้าต่าง และยางขอบประตูหน้าต่าง
5. ดวงไฟและหลอดไฟ
6. บริเวณพื้นที่ใต้กระจังหน้า
7. Rear fender (แผ่นกันโคลน)
8. Door handles and finishers
9. แบตเตอรี่และท่อยางต่าง ๆ
10. สายแบตเตอรี่และสายไฟควบคุมต่าง ๆ

2.7.2 การกำหนดมาตรฐานการพ่นสีและการตรวจสอบ

1.ความหนาของสี(painted film thickness) ในการพ่นสีพื้น(primer coating) และสีจริง(finished coating) จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 30 ไมครอน

2.การตรวจสอบความหนาของสี โดยใช้ micro-tester วัดค่าความหนาทั้งสีพื้นและสีจริง

3.ความแข็งของสี(painted film hardness) ทดสอบโดยใช้ดินสอ MITSUBISHI UNI เกรด HB หรือเทียบเท่า เหลาปลายให้ได้ความยาวประมาณ 5±1 ม.ม. และขัดให้มนด้วยกระดาษทรายเบอร์ 400 ตามรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ดินสอทดสอบความแข็งของสี

4.การตรวจสอบความแข็งของสี 1 คันต่อกะ โดยการลากดินสอทำมุมเอียง 45 องศากับแนวระนาบของผิวสีไปให้ได้ความยาว 10 ม.ม. ด้วยความเร็ว 3±1 ม.ม./วินาที โดยที่ดินสอไม่แตกหรือชำรุดแล้วทำคล้ายกันอีก 5 รอบ บนจุดต่างๆ ของชิ้นงานหลังจากนั้นให้ลบเอาผงกราไฟต์ออกด้วยยางลบหรือผ้านุ่มบางๆ เพื่อตรวจสอบรอยตำหนิว่าสีลอกออกจากเนื้อโลหะที่พ่นสีลงไปหรือไม่

5.การตรวจสอบการเกาะตัวของสี(painted film adhesion) 1 คันต่อกะ โดยใช้ cutter กรีดบนผิวสีเป็น cross cut รูปสี่เหลี่ยม หรือใช้เทปกาว (adhesive tape) ปิดลงบนผิวสีแล้วดึงออกมาสังเกตดูว่าสีติดออกมากับเทปกาวหรือไม่

6.การเตรียมผิวก่อนพ่นสีพื้นจะต้องปราศจากข้อบกพร่องต่างๆ เหล่านี้ เช่น สนิม ล้างคราบไขมันออกไม่หมด มีละอองน้ำเกาะผิวชิ้นงานก่อนพ่นสีการเกาะติดของสีเมจิก(magic ink) ผิวงานเป็นสนิม มีอ๊อกไซด์จากการเชื่อมเกาะติดผิวชิ้นงาน มีผงโลหะ ฝุ่น คราบน้ำมัน และสิ่งสกปรก

7.ในกรณีการพ่นสีอบ(สีแห้งช้า) จะต้องควบคุมอุณหภูมิการอบให้พอเหมาะประมาณ 120-130 องศา ทั้งวิธีการอบด้วยเตาอบอินฟ่าเรด และเตาอบด้วยแก๊ส

8.การตรวจสอบชิ้นงานในข้อ 6 และข้อ 7 จะต้องตรวจ 100% ด้วยสายตา(visual check) และใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ

9.การตรวจสอบที่ถูกต้องจะต้องกระทำในบริเวณที่มีความเข้มการส่องสว่างของแสงประมาณ 500 lux ข้อบกพร่องต่อไปนี้จะต้องไม่ปรากฏบนบริเวณผิวชิ้นงานที่พ่นสีเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ มีฝุ่นเกาะบนสี(dust) สีเป็นฝ้า(fogging) สีเป็นรอยขีดข่วน(scratch) สีมีรอยขัดกระดาษทรายและรอยตะไบ(sander and file marks) และสีเป็นผิวเปลือกส้ม(orange peel)