ขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมที่สุดต่อการประหยัดวัสดุในการออกแบบอาคาร

น.ส.ดุษฎี อังคณาวิศัลย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMUM SIZE OF ALUMINIUM GLASS DOOR FOR SAVING MATERIALS IN BUILDING DESIGN

Miss Dussadee Angkanawisal

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Architecture
Department of Architecture
FACULTY OF ARCHITECTURE
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมที่สุดต่อการประหยัดวัสดุ ในการออกแบบอาคาร
โดย	น.ส.ดุษฎี อังคณาวิศัลย์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ นาวาโทไตรวัฒน์ วิรยศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จาตุรนต์ วัฒนผาสุก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดุษฎี อังคณาวิศัลย์ : ขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมที่สุดต่อการประหยัดวัสดุ ในการออกแบบอาคาร. (OPTIMUM SIZE OF ALUMINIUM GLASS DOOR FOR SAVING MATERIALS IN BUILDING DESIGN) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.บัณฑิต จุลาสัย

ประตูหน้าต่างเป็นส่วนประกอบสำคัญของอาคาร และมีมูลค่ามากถึง 15% ของค่าก่อสร้างทั้งหมด โดยราคาของประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจกที่กำลังเป็นที่นิยมนั้น จะมาจากค่าวัสดุมากถึง 3 ใน 4 ส่วน ของต้นทุนทั้งหมด การศึกษาครั้งนี้จะหาขนาดประตูที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่ผลิตในประเทศและให้เหลือเศษน้อย โดยเลือกอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบเป็นกรณีศึกษา

จากการศึกษาแบบอาคาร จำนวน 18 อาคาร พบว่ามีการออกแบบประตูหลายรูปแบบ ได้แก่ แบบบานเปิดเดี่ยว บานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ และบานเลื่อนสลับ แต่ละรูปแบบยังมีขนาดแตกต่างกัน เฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวและบานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง จะมีความกว้างตั้งแต่ 0.800 – 1.000 ม. และความสูงตั้งแต่ 2.050 – 3.000 ม. และมีขนาดต่างๆ ได้แก่ 0.800x2.050, 0.800x2.500, 0.900x2.600, 1.000x2.200, 1.000x2.250, 1.000x2.500, 1.000x2.600, 1.000x2.900 และ 1.000x3.000 ม.

เนื่องจากอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงานมีความยาว 6.400 ม. แต่จะใช้งานจริงได้เพียง 6.300 ม. ดังนั้นเพื่อให้ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวสัมพันธ์กับความยาวอลูมิเนียม และไม่เหลือเศษ จะต้องกว้าง 0.900 ม. และ 1.050 ม. และสูง 2.100 ม. และ 3.150 ม.

สำหรับกระจกนั้น ส่วนใหญ่จะกำหนดให้ใช้ คือ กระจกใส หนา 6 มม. ซึ่งในปัจจุบันโรงงานผลิตมากถึง 11 ขนาด มีความกว้างตั้งแต่ 1.524 - 3.048 ม. และยาวตั้งแต่ 1.829 - 5.080 ม.

เมื่อพิจารณาขนาดประตูที่เหมาะกับอลูมิเนียมที่ผลิต และสัมพันธ์กับขนาดกระจก จะพบว่า ถ้าใช้กระจกขนาด 1.829x2.134 ม. หรือ 2.134x3.658 ม. สำหรับประตูขนาด 0.900x2.100 ม. จะเหลือเศษ 3.15% ถ้าใช้กระจกขนาด 2.134x2.134 ม. สำหรับประตูขนาด 1.050x2.100 ม. จะเหลือเศษ 3.16% ถ้าใช้กระจกขนาด 2.134x3.658 ม. สำหรับประตูขนาด 0.900x3.150 ม. จะเหลือเศษ 27.36% ถ้าใช้กระจกขนาด 2.134x3.658 ม. สำหรับประตูขนาด 1.050x3.150 ม. จะเหลือเศษ 15.26%

การเลือกขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมกับวัสดุ นอกจากเพื่อไม่ให้เหลือเศษวัสดุแล้ว ยังทำงานง่ายและประหยัดแรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกิน จึงควรมีการศึกษาประตูหน้าต่างแบบอื่น เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6370014925 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORD: Aluminium door, Glass, Optimum door size, Material size, Material scrap, Material saving
Dussadee Angkanawisal : OPTIMUM SIZE OF ALUMINIUM GLASS DOOR FOR SAVING MATERIALS IN BUILDING DESIGN. Advisor: Prof. BUNDIT CHULASAI, Ph.D.

Doors and windows are essential components of a building and can be worth up to 15% of total construction costs. The prices of aluminium and glass for popular types of doors and windows derive from the cost of materials, which will account for up to three-fourths of the total cost. This study will determine the door size that is optimum for raw materials produced in Thailand and to reduce waste by choosing a building designed by the Department of Public Works and Town & Country Planning as a case study.

From the study of architectural drawings of 18 buildings, it was found that there were many types of door designs, including single-opening doors, single-opening doors with clerestory, double-opening doors, single-sliding doors, double-sliding doors and multi-sliding doors. Each type also has different sizes. Only single-opening doors and single-opening doors with clerestory have a width from 0.800 m – 1.000 m and a height from 2.050 m – 3.000 m and can be built in various sizes, including 0.800x2.050, 0.800x2.500, 0.900x2.600, 1.000x2.200, 1.000x2.250, 1.000x2.500, 1.000x2.600, 1.000x2.900 and 1.000x3.000 m.

Factory-made aluminium is 6.400 m long, but only 6.300 m is possible for practical use. Therefore, the size of a single-opening door is related to the length of the aluminium and there is no aluminium scrap must be a width 0.900 m and 1.050 m and a height 2.100 m and 3.150 m.

Most of the glass is 6 mm thick clear glass, which is currently produced in up to 11 sizes, with widths ranging from 1.524 m - 3.048 m and lengths from 1.829 m - 5.080 m.

When considering the size of the door that is optimum for manufacturing aluminium and in relation to glass size, it was found that if a glass size of 1.829x2.134 m or 2.134x3.658 m is used for a door size of 0.900x2.100 m , there will be 3.15% glass fraction left. If a glass size of 2.134x2.134 m is used for a door size of 1.050x2.100 m , there will be 3.16% glass fraction left. If a glass size of 2.134x3.658 m is used for a door size of 0.900x3.150 m , there will be 27.36% glass fraction left. Finally, if a glass size of 2.134x3.658 m is used for a door size of 1.050x3.150 m , there will be 15.26% glass fraction left.

The selection of aluminium glass door size that is optimum for materials in addition to not leaving any scraps of materials behind. It is also easy to work and labor-saving to cut off excess materials. Therefore, there should be studies of other types of doors and windows to get the optimum size.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Architecture	Student's Signature .....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออันดียิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งช่วยชี้แนะแนวทาง ให้คำปรึกษา ให้ความรู้ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาระหว่างการทำวิจัยเสมอมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน อันได้แก่ ศาสตราจารย์ นาวาโท ไตรวัฒน์ วิรยศิริ รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จาตุรนต์ วัฒนผาสุก ที่กรุณาให้คำแนะนำ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความครบถ้วนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณอย่างสูงต่ออาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ความเข้าใจ และคำแนะนำในเรื่องต่างๆตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ ดร.พิพัฒน์ โกวิทคณิต คุณไวภพ โกวิทคณิต และคุณพิชัย โกวิทคณิต บริษัท ซิมเมอร์ เมตัล สแตนดาร์ด จำกัด ผู้ที่ให้คำแนะนำ ให้ความรู้ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี รวมถึงคุณนฎา พิชยนันท์ ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่องตลอดมา

ในการสำรวจและเก็บข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณปรศุ สุระมานะ คุณแม้นมณี จารุดุล และพี่ๆ สถาปนิก หน่วยงานกรมโยธาธิการและผังเมือง ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องข้อมูลเป็นอย่างดี รวมทั้งคุณแหลมศร ธาราจันทร์ และคุณเฉลิมเกียรติ ศรีณรงค์ ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆ ทุกคนที่บริษัท ซิมเมอร์ เมตัล สแตนดาร์ด จำกัด และบริษัทในเครือ ที่ให้ข้อมูลและความช่วยเหลือต่างๆเป็นอย่างดี

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนในทุกๆด้านเสมอมา รวมถึงครูอาจารย์ผู้ให้ความรู้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ขอบคุณเพื่อนๆ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี อันช่วยให้ผู้วิจัยสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกๆท่านจากใจจริง

ดุษฎี อังคณาวิศัลย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.3 ขอบเขตการศึกษา 5

1.4 ข้อจำกัดการศึกษา 5

1.5 ข้อตกลงของการศึกษา 6

1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา 6

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ค่าวัตถุดิบและค่าแรงงานในงานก่อสร้าง 10

2.2 แนวทางในการบริหารจัดการวัสดุก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด 10

2.3 ต้นทุนการผลิตประตูหน้าต่าง 11

2.4 การบริหารเศษวัสดุในการก่อสร้าง 11

2.5 แนวทางการลดปริมาณขยะในงานก่อสร้าง 12

2.6 ประเภทของประตู 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 คุณสมบัติของวัสดุทำประตูหน้าต่าง 14
2.8 อุปกรณ์ประตูและหน้าต่างบานเปิด 15
2.9 อุปกรณ์บานเปิดหรือบานผลักสองทางสำหรับงานอลูมิเนียม (สวิง) 16
2.10 การประกอบและติดตั้งประตูอลูมิเนียมกระจกบานเปิด-ปิด (สวิง) 18
2.11 เทคนิคการใช้เลื่อยตัดอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด 29
2.12 การเพิ่มประสิทธิภาพการตัดแท่งอลูมิเนียมสำหรับการผลิตประตูและหน้าต่าง 30
2.13 การคำนวณหาประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบของประตูหน้าต่าง 31
2.14 การคาดการณ์ราคาอลูมิเนียมของโลก 32
2.15 คุณสมบัติของอลูมิเนียมที่ใช้ทำประตูหน้าต่าง 33
2.15.1 ชนิดและประเภทของอลูมิเนียม 33
2.15.2 ประเภทของสีอลูมิเนียม 35
2.15.3 ความหนาของอลูมิเนียม 36
2.15.4 ลักษณะหน้าตัดอลูมิเนียม (Profile) 36
2.16 เศษอลูมิเนียม 37
2.17 กระจกอาคาร 38
2.18 เศษกระจก 38
2.19 ราคาอลูมิเนียมและกระจก 39
บทที่ 3 ผลการศึกษา 44
3.1 ประตู 46
3.1.1 ความกว้างประตู 49
3.1.2 ความสูงประตู 50
3.1.3 ขนาดประตู 50
3.1.4 ขนาดประตูแบ่งตามประเภทบาน 52
3.2 ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจก 57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.1 โรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Profile) 57
3.2.2 โรงงานผลิตกระจก 71
3.2.3 การตัด ประกอบ และติดตั้งประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก 76
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการศึกษา 90
4.1 ขนาดและรูปแบบประตูบานเปิดเดี่ยว 90
4.2 ขนาดอลูมิเนียม 92
4.3 วิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด 93
4.4 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร 97
4.5 วิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด 98
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและเสนอแนะ 111
5.1 สรุปผลการศึกษา 112
5.1.1 สรุปขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวในอาคารกรณีศึกษา 112
5.1.2 สรุปขนาดอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงาน 112
5.1.3 สรุปขนาดกระจกที่ผลิตจากโรงงาน 113
5.1.4 สรุปขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม 113
5.1.5 สรุปขนาดกระจกที่เหลือเศษน้อยที่สุด 114
5.1.6 สรุปขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่ประหยัดวัสดุ 114
5.2 อภิปรายผล 117
5.3 ข้อเสนอแนะ 117
บรรณานุกรม 120
ภาคผนวก 123
ประวัติผู้เขียน 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ปี 2563 ซึ่งได้ประกาศให้มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 4
ตารางที่ 2 ลักษณะหน้าตัดและความหนาอลูมิเนียม 19
ตารางที่ 3 คาดการณ์ทิศทางราคาอะลูมิเนียมในช่วงปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563 32
ตารางที่ 4 ราคาอลูมิเนียมและกระจก 39
ตารางที่ 5 ราคาอลูมิเนียมและกระจกของประตูขนาด 1.000 x 2.000 เมตร 40
ตารางที่ 6 สรุปการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
ตารางที่ 7 รายชื่ออาคารกรณีศึกษา 18 หลัง 45
ตารางที่ 8 ความกว้างประตู 49
ตารางที่ 9 ความสูงประตู 50
ตารางที่ 10 ขนาดประตู 51
ตารางที่ 11 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 52
ตารางที่ 12 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง 52
ตารางที่ 13 ขนาดประตูบานเปิดคู่ 53
ตารางที่ 14 ขนาดประตูบานเลื่อนเดี่ยว 54
ตารางที่ 15 ขนาดประตูบานเลื่อนคู่ 54
ตารางที่ 16 ขนาดประตูบานเลื่อนสลับ 55
ตารางที่ 17 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด 55
ตารางที่ 18 ขนาดกระจกใส 75
ตารางที่ 19 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร รวม 11 ขนาด 76
ตารางที่ 20 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 91
ตารางที่ 21 ความกว้างประตูบานเปิดเดี่ยว 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 22 ความสูงประตูบานเปิดเดี่ยว 91
ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความกว้าง 3 ระยะ ในอาคารกรณีศึกษา 94
ตารางที่ 24 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความกว้างในอาคารกรณีศึกษา และความกว้างที่แนะนำ 95
ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความสูง 7 ระยะ ในอาคารกรณีศึกษา 96
ตารางที่ 26 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความสูงในอาคารกรณีศึกษา และความสูงที่แนะนำ 96
ตารางที่ 27 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม 97
ตารางที่ 28 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร รวม 11 ขนาด 98
ตารางที่ 29 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร 101
ตารางที่ 30 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร 103
ตารางที่ 31 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร 105
ตารางที่ 32 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร 107
ตารางที่ 33 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตู 4 ขนาดที่ประหยัดวัสดุ 109
ตารางที่ 34 ตัวอย่างการคำนวณราคาประตูบานเปิด-ปิด (สวิง) 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ราคาวัสดุก่อสร้าง กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า 3
ภาพที่ 2 ผังวิธีการดำเนินงานวิจัย 9
ภาพที่ 3 โช้คอัพประตู 16
ภาพที่ 4 บานพับประตู 16
ภาพที่ 5 ลักษณะกุญแจสวิง 17
ภาพที่ 6 มือจับกระบองสำหรับบานเปิด 17
ภาพที่ 7 มือจับประตูบานเปิด 17
ภาพที่ 8 กลอนสวิง 18
ภาพที่ 9 สักหลาด 18
ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของประตูอลูมิเนียมกระจก บานเปิด-ปิด (สวิง) 20
ภาพที่ 11 ขยายโครงสร้างส่วนบน 21
ภาพที่ 12 ขยายโครงสร้างด้านล่าง 21
ภาพที่ 13 หน้าตัดประตูบานปิด-เปิด (สวิง) ด้านสูง Section A-A 22
ภาพที่ 14 หน้าตัดประตูบานปิด-เปิด (สวิง) ด้านกว้าง Section B-B 23
ภาพที่ 15 ขนาดของกระจก 23
ภาพที่ 16 การประกอบบานประตู 24
ภาพที่ 17 รอยต่อที่เกิดจากเสาประตูข้างกับเสาประตูบน 24
ภาพที่ 18 การตัดส่วนที่ติดคิ้วประตูของเสาประตูข้างออก 25
ภาพที่ 19 การเจาะรูด้วยดอกสว่าน 25
ภาพที่ 20 การกำหนดจุดติดตั้งฉากข้อต่อ 25
ภาพที่ 21 การติดตั้งฉากข้อต่อเข้ากับเสาประตูข้างด้วยหมุดย้ำ 26
ภาพที่ 22 การเจาะรูด้วยดอกสว่าน 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 23 การขันยึดติดประกอบระหว่างเสาประตู 27
ภาพที่ 24 การประกอบคิ้วประตูเข้ากับกรอบประตูทีละด้าน 27
ภาพที่ 25 การประกอบประตูเปิด - ปิด (สวิง) 28
ภาพที่ 26 ลักษณะการประกอบวงกบบนเข้ากับวงกบข้าง ประกบกัน 90 องศา 28
ภาพที่ 27 ลักษณะการประกอบวงกบล่างเข้ากับวงกบข้าง ประกบกัน 90 องศา 29
ภาพที่ 28 การประกอบบานกรอบเข้ากับกระจก 29
ภาพที่ 29 ใบเลื่อยสำหรับตัดอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Profile) 30
ภาพที่ 30 กราฟคาดการณ์ราคาโลหะอะลูมิเนียมในตลาด (LME)
ช่วงระหว่างปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563 33
ภาพที่ 31 แผนผังแหล่งที่มาและการหมุนเวียนเศษอลูมิเนียม 37
ภาพที่ 32 ประตูบานเปิดเดี่ยว 47
ภาพที่ 33 ประตูบานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง 47
ภาพที่ 34 ประตูบานเปิดคู่ 47
ภาพที่ 35 ประตูบานเลื่อนเดี่ยว 48
ภาพที่ 36 ประตูบานเลื่อนคู่ 48
ภาพที่ 37 ประตูบานเลื่อนสลับ 49
ภาพที่ 38 ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด เมื่อทำการซ้อนภาพโดยมีตำแหน่งจุด A เดียวกัน 56
ภาพที่ 39 การกัดเซาะโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า (EDM) 57
ภาพที่ 40 แม่พิมพ์เหล็ก 58
ภาพที่ 41 อลูมิเนียมบิลเลท (Billet) 58
ภาพที่ 42 การเผาส่วนท้ายของอลูมิเนียมบิลเลท 59
ภาพที่ 43 อลูมิเนียมบิลเลทถูกดันเข้าเครื่องรีด 60
ภาพที่ 44 เส้นอลูมิเนียมที่ถูกรีดออกจากเครื่อง 60
ภาพที่ 45 การตัดเส้นอลูมิเนียม 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 46 การตอกอุปกรณ์ยึดเส้นอลูมิเนียม 62
ภาพที่ 47 การพันลวดยึดเส้นอลูมิเนียม 62
ภาพที่ 48 เส้นอลูมิเนียมที่ถูกยึดกับขาโหลด 63
ภาพที่ 49 บ่อล้างไขมัน 64
ภาพที่ 50 บ่อลงทราย 64
ภาพที่ 51 บ่อกัดผิว 64
ภาพที่ 52 บ่อล้างคราบดำ 65
ภาพที่ 53 การชุบเส้นอลูมิเนียม 65
ภาพที่ 54 เส้นอลูมิเนียมที่ผ่านการชุบผิว 65
ภาพที่ 55 การแขวนเส้นอลูมิเนียมกับขาโหลด 66
ภาพที่ 56 การล้างเส้นอลูมิเนียม 67
ภาพที่ 57 เส้นอลูมิเนียมถูกเคลื่อนย้ายเข้าไปในบูธพ่นสี 68
ภาพที่ 58 การแขวนโซ่ที่เส้นอลูมิเนียม 68
ภาพที่ 59 การปลดเส้นอลูมิเนียม 69
ภาพที่ 60 รอยจากการยึดอุปกรณ์ (1) 70
ภาพที่ 61 รอยจากการยึดอุปกรณ์ (2) 70
ภาพที่ 62 รอยจากการเจาะรู (1) 71
ภาพที่ 63 รอยจากการเจาะรู (2) 71
ภาพที่ 64 ทรายวัตถุดิบที่พร้อมใช้งานถูกลำเลียงเก็บเพื่อรอการใช้งาน 72
ภาพที่ 65 เศษกระจกที่ทิ้งจากกระบวนการผลิต ผ่านการนำมาหลอมใหม่ 72
ภาพที่ 66 Assist Roller อุปกรณ์ที่ทำให้กระจกผลิตได้ตามความหนาที่ระบุไว้ 73
ภาพที่ 67 การตัดกระจก 74
ภาพที่ 68 การตัดเส้นอลูมิเนียมในโรงงาน 77
ภาพที่ 69 เครื่องตัดเส้นอลูมิเนียมแบบ 2 หัว 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 70 ใบสั่งผลิต แสดงระยะการตัดเส้นอลูมิเนียม 78
ภาพที่ 71 เส้นอลูมิเนียมที่ผ่านการตัด 78
ภาพที่ 72 เศษอลูมิเนียม 78
ภาพที่ 73 แท่นตัดอลูมิเนียม 79
ภาพที่ 74 การปั๊มรูเพื่อใส่อุปกรณ์ 79
ภาพที่ 75 การบากวงกบอลูมิเนียม 80
ภาพที่ 76 การเจาะรูระบายน้ำ 80
ภาพที่ 77 การใส่ยางที่ร่องวงกบ 81
ภาพที่ 78 การประกอบวงกบ 81
ภาพที่ 79 การยึดวงกบด้วยสกรู 82
ภาพที่ 80 วงกบอลูมิเนียมที่ประกอบจากโรงงาน 82
ภาพที่ 81 บานกรอบที่ประกอบแล้ว 83
ภาพที่ 82 การยึดบานพับที่ติดกับวงกบเข้ากับบานกรอบ 83
ภาพที่ 83 การติดมือจับ 84
ภาพที่ 84 การตัดกระจกด้วยตัว T 84
ภาพที่ 85 ด้ามตัดกระจก 85
ภาพที่ 86 การใส่ยางที่รอบแผ่นกระจก 85
ภาพที่ 87 การใส่กระจกในบานกรอบ 86
ภาพที่ 88 ประตูบานเปิดเดี่ยวที่ประกอบเสร็จจากโรงงาน พร้อมขนส่งไปที่โครงการ 86
ภาพที่ 89 บานกรอบพร้อมกระจกและวงกบอลูมิเนียมที่ขนส่งมาที่โครงการ 87
ภาพที่ 90 การประกอบวงกบที่โครงการ 87
ภาพที่ 91 วัดระดับแนวดิ่งในการติดตั้ง 88
ภาพที่ 92 การยึดวงกบกับผนังช่องเปิด 88
ภาพที่ 93 การใส่บานกรอบกระจกในช่องเปิด 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 94 การปิดระยะห่างระหว่างบานและช่องเปิดด้วยวัสดุอุดรอยต่อ..... 89
ภาพที่ 95 รูปแบบประตูบานเปิดเดี่ยว..... 90
ภาพที่ 96 อลูมิเนียมที่มีรอยจากการทำผิว..... 93
ภาพที่ 97 การตัดเส้นอลูมิเนียมโดยผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง..... 93
ภาพที่ 98 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร..... 99
ภาพที่ 99 การวัดความกว้างและความสูงของกระจก..... 100
ภาพที่ 100 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร..... 102
ภาพที่ 101 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร..... 104
ภาพที่ 102 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร..... 106
ภาพที่ 103 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร..... 108
ภาพที่ 104 เศษอลูมิเนียม..... 110
ภาพที่ 105 เศษกระจก..... 110
ภาพที่ 106 ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด จากอาคารกรณีศึกษา (ซ้าย) และประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาดที่ประหยัดวัสดุ (ขวา)..... 115
ภาพที่ 107 ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด จากอาคารกรณีศึกษา (ซ้าย) และประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด ที่ประหยัดวัสดุ (ขวา) แบบทำการซ้อนภาพโดยมีตำแหน่งจุด A เดียวกัน..... 115
ภาพที่ 108 รูปแบบประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ในอาคารกรณีศึกษา..... 118
ภาพที่ 109 ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 3.150 เมตร แบบไม่มีช่องแสง (ซ้าย) แบบมีช่องแสง (ขวา)..... 118
ภาพที่ 110 ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 3.150 เมตร แบบไม่มีช่องแสง (ซ้าย) แบบมีช่องแสง (ขวา)..... 119

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการพัฒนาการก่อสร้างที่อยู่อาศัยให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจมากขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและเน้นคุณภาพ ทั้งในด้านการลดต้นทุนและลดความสูญเสีย ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง[1] ค่าก่อสร้างอาคารจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นค่าก่อสร้างโดยตรง เช่น งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานระบบประกอบอาคาร โดยมูลค่างานทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 75 - 80% ส่วนที่เป็นค่าก่อสร้างทางอ้อม ที่เกิดจากการบริหารจัดการ ค่าดำเนินการ กำไร และภาษี ซึ่งจะมีมูลค่างานประมาณ 20 - 30% ของค่าก่อสร้างอาคาร[2] ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้แก่ งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานระบบไฟฟ้า งานระบบประปาและสุขาภิบาล ในหมวดงานสถาปัตยกรรมประกอบไปด้วย งานผนังและวัสดุปิดผิว งานพื้นและวัสดุปิดผิว งานฝ้าเพดาน งานประตูหน้าต่าง งานห้องน้ำและงานสี โดยงานประตูหน้าต่างคิดเป็น 13% - 15% ของค่าก่อสร้างอาคาร[3]

ประตูหน้าต่างกระจกเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของอาคาร ไม่ว่าจะเป็นอาคารขนาดใหญ่จนถึงอาคารที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก ประตูหน้าต่างกระจกเป็นส่วนที่มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความสวยงามให้กับอาคาร[4] ประตูหน้าต่างชนิดต่างๆแบ่งตามวิธีการเปิด ได้แก่ บานเปิด บานผลักสองทาง บานเลื่อน บานเฟี้ยม บานหมุน บานม้วน บานยืด ม่าน ประตูหน้าต่างประกอบไปด้วย วงกบ บานกรอบและลูกฟัก ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำประตูหน้าต่างมีทั้ง ไม้ ไม้อัด กระจก

---

[1] คเชนท์ สุริยาวงศ์. ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักโดยผู้ประกอบการธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

[2] อภิสิทธิ์ กุสลานันท์. การวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างอาคารเพื่อหาสัดส่วนงานของโครงการชุดพักอาศัยที่เป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548-2550. เอกสารงานวิจัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

[3] ศิริชัย ศิลปรัศมี. โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

[4] โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

อลูมิเนียม เหล็กหรือพลาสติก[5] ในประเทศไทยมีการนำอลูมิเนียมมาใช้ทำประตูหน้าต่างเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดี คงทน แข็งแรง น้ำหนักเบา[6] การศึกษาเบื้องต้นพบว่า ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมประกอบด้วย อลูมิเนียมและกระจกที่ผลิตจากโรงงาน โดยโรงงานอลูมิเนียมและกระจกจะมีการผลิตขนาดวัสดุตามมาตรฐานผู้ผลิต จากนั้นผู้ติดตั้งประตูหน้าต่างอลูมิเนียมจะนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาตัด ประกอบ และติดตั้งที่หน้างาน ตามรูปแบบและขนาดที่สถาปนิกออกแบบไว้ ราคาต้นทุนประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจกจะมาจากค่าวัตถุดิบจากโรงงานและค่าแรงงาน โดยมีสัดส่วนต้นทุนการผลิตประตูหน้าต่าง แบ่งเป็นส่วนของวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ซึ่งเป็นต้นทุนหลักเฉลี่ยประมาณ 75% ของต้นทุนทั้งหมด[7] ต้นทุนวัตถุดิบจะขึ้นอยู่กับขนาดประตูหน้าต่าง ดังนั้นขนาดประตูหน้าต่างที่เหมาะสมจะต้องสัมพันธ์กับขนาดของอลูมิเนียมและกระจกที่ผลิต เพื่อให้เหลือเศษวัตถุดิบทิ้งน้อยที่สุด เนื่องจากค่าวัสดุก่อสร้างเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างมากที่สุด[8]

ปัจจุบันราคาวัสดุก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุหลักสำคัญมาจากราคาต้นทุนวัตถุดิบที่สูงขึ้น เช่น น้ำมัน ถ่านหิน เหล็กและอลูมิเนียม เป็นต้น ซึ่งได้รับผลกระทบมาจากสถานการณ์ความรุนแรงในต่างประเทศ ประกอบกับการลดกำลังการผลิตของกลุ่มประเทศผู้ผลิต ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบ และราคาวัตถุดิบนำเข้าปรับตัวสูงขึ้น[9] ตามภาพที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

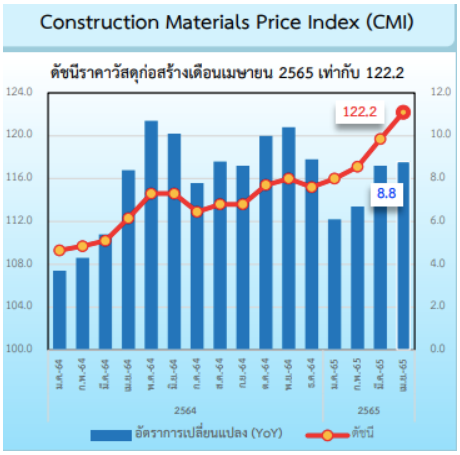
[5] บัณฑิต จุลาสัย และ สุริยน ศิริธรรมปิติ. วัสดุและการก่อสร้าง : ประตูและหน้าต่าง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[6] โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

[7] เรื่องเดียวกัน, หน้า 5.

[8] สุพจน์ อุปริมาตร. การศึกษาเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างและการวิเคราะห์ปัจจัยการเสนอราคางานก่อสร้างอาคาร ของภาครัฐและเอกชน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

[9] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศ. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.price.moc.go.th/price/fileuploader/file_csi/Csi.pdf. [10 พฤษภาคม 2565].



ภาพที่ 1 ราคาวัสดุก่อสร้าง กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า

ที่มา : สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. 5 พฤษภาคม 2565

นอกจากนี้ยังมีค่าแรงงานที่ทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างราคาสูงขึ้น เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลได้เพิ่มค่าแรงขั้นต่ำเป็น 300 บาท ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2555[10] ทั้งนี้ในปัจจุบันค่าแรงขั้นต่ำได้เพิ่มสูงขึ้นตามประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง กระทรวงแรงงาน เมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2562 ได้ประกาศให้มีการเพิ่มอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็น 331 บาท ในท้องที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และอัตราอื่นๆในจังหวัดต่างๆโดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 เป็นต้นไป[11] ตามตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[10] รณกร ชมธัญกาญจน์. กระบวนการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารประเภทบ้านเดี่ยว กรณีศึกษา : บริษัท พฤกษา เรียล เอสเตท จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555.

[11] กระทรวงแรงงาน. 2562. ประกาศคณะกรรมการค่าจ้างเรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 10). [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.mol.go.th/news/ประกาศคณะกรรมการค่าจ้างเรื่อง-อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ-ฉบับที่-10-และคำชี้แจง-พร้อมตารางแสดงอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ. [15 พฤษภาคม 2565]

ตารางที่ 1 ตารางอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ปี 2563 ซึ่งได้ประกาศให้มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563

ลำดับที่	อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (บาท/วัน)	จำนวน (จังหวัด)	เขตท้องที่บังคับใช้
1	336	2	จังหวัดชลบุรีและภูเก็ต
2	335	1	จังหวัดระยอง
3	331	6	กรุงเทพมหานคร จังหวัดนครปฐมนนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร
4	330	1	จังหวัดฉะเชิงเทรา
5	325	14	จังหวัดกระบี่ ขอนแก่นเชียงใหม่ ตราด นครราชสีมา พระนครศรีอยุธยา พังงา ลพบุรีสงขลา สระบุรี สุพรรณบุรีสุราษฎร์ธานี หนองคาย และอุบลราชธานี
6	324	1	จังหวัดปราจีนบุรี
7	323	6	จังหวัดกาฬสินธุ์ จันทบุรีนครนายก มุกดาหาร สกลนคร และสมุทรสงคราม
8	320	21	จังหวัดกาญจนบุรี ชัยนาท นครพนม นครสวรรค์น่าน บึงกาฬ บุรีรัมย์ ประจวบคีรีขันธ์พัทลุง พิษณุโลก เพชรบุรี เพชรบูรณ์พะเยา ยโสธร ร้อยเอ็ด เลย สระแก้วสุรินทร์ อ่างทอง อุตรธานีและอุตรดิตถ์
9	315	22	จังหวัดกำแพงเพชร ชัยภูมิชุมพร เชียงราย ตรัง ตาก นครศรีธรรมราช พิจิตร แพร่มหาสารคาม แม่ฮ่องสอน ระนอง ราชบุรีลำปาง ลำพูน ศรีสะเกษ สตูล สิงห์บุรีสุโขทัย หนองบัวลำภู อุทัยธานีและอำนาจเจริญ
10	313	3	จังหวัดนราธิวาส ปัตตานีและยะลา

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 10)

การควบคุมต้นทุนทั้งค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานจึงเป็นส่วนสำคัญในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง และช่วยให้สามารถควบคุมค่าก่อสร้างตั้งแต่เริ่มต้นได้ งานวิจัยนี้จึงคำนึงถึงการใช้วัสดุให้พอดีกับขนาดวัสดุที่ผลิตจากโรงงาน ให้เกิดการประหยัดวัสดุและเหลือเศษน้อย อีกทั้งยังลดการใช้แรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกิน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ในการออกแบบประตูหน้าต่างต่อไป

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การศึกษาครั้งนี้เลือกแบบประตูของอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีแบบสถาปัตยกรรมที่สามารถเปิดเผยได้ และเป็นหน่วยงานที่ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ จำนวน 18 อาคาร ประกอบไปด้วยอาคารที่เป็นแบบมาตรฐาน ซึ่งเป็นแบบอาคารที่เจ้าของโครงการ มีความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคารทั่วประเทศ เพื่อรองรับการใช้งานที่มีพื้นที่ใช้สอยลักษณะเดียวกัน และมีจำนวนบุคลากรไม่ต่างกัน อีกทั้งยังต้องการให้อาคารมีเอกลักษณ์ที่ชัดเจนเพื่อให้ประชาชนหรือผู้มาติดต่อสามารถจดจำและง่ายต่อการเข้าใจในตำแหน่งพื้นที่ในอาคาร และอาคารที่เป็นแบบเฉพาะ ซึ่งเป็นแบบที่เจ้าของโครงการมีความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคารเฉพาะที่ใด

ที่หนึ่ง เพื่อรองรับการใช้งานที่มีพื้นที่ใช้สอยเฉพาะที่นั้นๆและต้องการให้อาคารมีเอกลักษณ์เฉพาะโครงการ[12]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาขนาดประตูในปัจจุบัน

1.2.2 เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะขนาดประตูที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

จากแบบประตูของอาคารที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ มีการใช้วัสดุหลายชนิด ได้แก่ ไม้ เหล็ก ยูพีวีซี และอลูมิเนียม แต่ที่มีใช้เป็นจำนวนมากคือ อลูมิเนียม ประเภทของประตูมีหลายรูปแบบ เช่น แบบบานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ และบานเลื่อนสลับ ในส่วนของกระจกที่ใช้ ยังมีหลายประเภทและหลายความหนา เช่น กระจกนิรภัยเทมเปอร์ กระจกฝ้า กระจกตัดแสงสีเขียว และกระจกใส ความหนาที่ใช้มีตั้งแต่ 6 - 10 มิลลิเมตร แต่ที่มีใช้เป็นจำนวนมาก คือ กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

1.3.1 ศึกษาเฉพาะประตูอลูมิเนียมของอาคารที่ออกแบบโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองเท่านั้น

1.3.2 ศึกษาเฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวเท่านั้น

1.3.3 ศึกษาเฉพาะกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร เท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ข้อจำกัดการศึกษา

เนื่องจากการศึกษานี้ เป็นกระบวนการหาขนาดประตูที่ประหยัดวัสดุ จะศึกษาถึงขนาดประตูจากแบบสถาปัตยกรรมของอาคารกรณีศึกษา การผลิตอลูมิเนียม การผลิตกระจก ขนาดของวัสดุที่ผลิตจากโรงงาน และกระบวนการผลิตประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจก เพื่อให้ทราบขนาดประตูที่มีความเหมาะสมต่อการประหยัดวัสดุในการออกแบบอาคาร โดยมีข้อจำกัดในงานวิจัย ดังนี้

[12] จากการสัมภาษณ์ คุณแม้นมณี จารุดุล ตำแหน่ง สถาปนิกชำนาญการพิเศษ สำนักสถาปัตยกรรม กรมโยธาธิการและผังเมือง เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2565.

1.4.1 ผู้วิจัยไม่ได้เป็นสถาปนิก แต่มีความสนใจในเรื่องประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก และขนาดประตูที่เหมาะสมกับวัสดุ ดังนั้นจึงจะพิจารณาเฉพาะเรื่องขนาดประตูที่ออกแบบในอาคารกรณีศึกษา ขนาดวัสดุที่ผลิตจากโรงงาน และเศษวัสดุที่เหลือในการผลิตประตู ทั้งนี้ในงานประตูหน้าต่าง ยังมีปัจจัยเรื่องอื่นๆอีก เช่น ความหนาอลูมิเนียม หน้าตัดอลูมิเนียม กระจกประเภทอื่น ชนิดของอุปกรณ์ประกอบ และลักษณะการใช้สอยประตูหน้าต่าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำมาพิจารณาด้วย

1.4.2 ข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้ในการศึกษาและการเก็บข้อมูล

1.5 ข้อตกลงของการศึกษา

1.5.1 การวัดขนาดกระจก โดยทั่วไปขนาดกระจกที่ใช้งานจะเล็กกว่าบานกรอบ แต่เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณและเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย ผู้วิจัยจะคำนวณขนาดกระจกให้เท่ากับขนาดของชุดประตูหน้าต่าง ซึ่งประกอบไปด้วย วงกบ บานกรอบอลูมิเนียม และกระจก

1.5.2 การวัดขนาดประตู จะใช้วิธีบอกระยะแบบริมขอบนอกเท่านั้น

1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาและทำความเข้าใจในการผลิตประตูหน้าต่าง กระบวนการผลิตอลูมิเนียม ขนาดอลูมิเนียม กระบวนการผลิตกระจก และขนาดกระจก ซึ่งเป็นวัสดุในการผลิตประตูหน้าต่าง ผู้วิจัยทำการศึกษาจากข้อมูลดังนี้

<u>ข้อมูลปฐมภูมิ</u>

1. ศึกษาขนาดประตูจากแบบสถาปัตยกรรมของอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ 18 อาคาร และสัมภาษณ์สถาปนิก เพื่อให้ทราบถึงขนาดประตูที่สถาปนิกออกแบบในปัจจุบัน

2. สังเกตการณ์โรงงานผลิตอลูมิเนียม เพื่อให้ทราบถึงรายละเอียด กระบวนการในการผลิตและขนาดอลูมิเนียมที่ผลิต โดยใช้วิธีการถ่ายภาพ จดบันทึก และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์ในการผลิตมากกว่า 10 ปี ได้แก่ ผู้จัดการฝ่ายผลิตอลูมิเนียม และผู้จัดการแผนกชุบผิวอลูมิเนียม

3. สังเกตการณ์โรงงานผลิตกระจก เพื่อให้ทราบถึงรายละเอียด ประเภท และขนาดของกระจกที่ผลิต โดยใช้วิธีการถ่ายภาพ จดบันทึก และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์ในเรื่องกระจกมากกว่า 10 ปี ได้แก่ ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการการตลาด

4. สังเกตการณ์กระบวนการตัด ประกอบประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจกที่โรงงานและการติดตั้งที่โครงการ โดยวิธีการถ่ายภาพและจดบันทึก

5. นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และเสนอแนะ

<u>ข้อมูลทุติยภูมิ</u>

1. ศึกษาข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับงานประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก และการประกอบติดตั้งประตูหน้าต่าง

2. ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอลูมิเนียม กระจก และเศษวัสดุในงานก่อสร้าง

1.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นกระบวนการหาขนาดประตูที่เหมาะสม ซึ่งประตู ประกอบไปด้วยวงกบอลูมิเนียม บานกรอบอลูมิเนียม และกระจก โดยประตูขนาดที่เหมาะสมจะใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจาก 3 เรื่อง ดังนี้

1. ขนาดอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงาน
2. ขนาดกระจกที่ผลิตจากโรงงาน
3. แรงงานที่ใช้ในการตัดเศษวัสดุ

จากเกณฑ์การพิจารณาดังกล่าว จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อให้สามารถทราบถึงขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมต่อการประหยัดวัสดุ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก แนวคิดเรื่องเศษวัสดุในงานก่อสร้าง ผู้วิจัยได้นำแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษา โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแบบประตูอลูมิเนียมในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งมีประตูหน้าต่างหลายประเภทและหลายขนาด แต่มีการออกแบบประตูประเภทบานเปิดเป็นจำนวนมาก และเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา รวมถึงเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย จึงเลือกวิเคราะห์เฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวเป็นพื้นฐานในการหาขนาดประตูที่มีความประหยัดวัสดุ หากมีการนำแนวทางนี้ไปศึกษาต่อสามารถศึกษาประตูหน้าต่างแบบบานเปิดคู่ หรือบานประเภทอื่นๆต่อไปได้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตวัสดุจากโรงงาน โดยแบ่งเป็น อลูมิเนียมและกระจก

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์การผลิตอลูมิเนียม ขนาดอลูมิเนียมนำมาวิเคราะห์ถึงขนาดมาตรฐานที่ผลิตจากโรงงานและขนาดของอลูมิเนียมที่นำไปใช้งานได้จริง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์การผลิตกระจก ประเภท และขนาดกระจก นำมาวิเคราะห์ถึงขนาดมาตรฐานที่ผลิตจากโรงงาน

3. การวิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวในอาคารกรณีศึกษา ร่วมกับขนาดอลูมิเนียมที่ผลิต โดยแบ่งขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวเป็นความกว้างและความสูง จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เศษเหลือของอลูมิเนียมแต่ละความกว้างและความสูง โดยการหาปริมาณเส้นอลูมิเนียมที่สามารถตัดได้จะได้ความยาวที่เหลือจากการตัด มีหน่วยเป็นเมตร จากนั้นนำความยาวที่เหลือ หารด้วยความยาวเส้นอลูมิเนียมทั้งหมด คูณด้วย 100 จะได้เปอร์เซ็นต์เศษเหลือ และทำให้ทราบขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การวิเคราะห์ขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมร่วมกับขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตรที่ผลิตจากโรงงาน โดยคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูแต่ละขนาด ด้วยการหาปริมาณแผ่นกระจกที่สามารถตัดได้ของกระจกวัตถุดิบแต่ละขนาด เพื่อหาปริมาณพื้นที่กระจกที่ใช้และพื้นที่กระจกที่เหลือ มีหน่วยเป็นตารางเมตร จากนั้นนำปริมาณพื้นที่กระจกที่เหลือ หารด้วยพื้นที่กระจกวัตถุดิบ คูณด้วย 100 จะได้เปอร์เซ็นต์เศษเหลือ และทำให้ทราบขนาดกระจกที่ใช้แล้วจะเหลือเศษน้อยที่สุด สำหรับขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมที่นำมาคำนวณ

1.6.3 การสรุปผลการศึกษา

1. สรุปขนาดประตูจากแบบอาคารที่ออกแบบโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

2. สรุปข้อค้นพบจากการศึกษาโรงงานผลิตอลูมิเนียมและโรงงานผลิตกระจก

3. สรุปผลจากการวิเคราะห์และคำนวณหาขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม

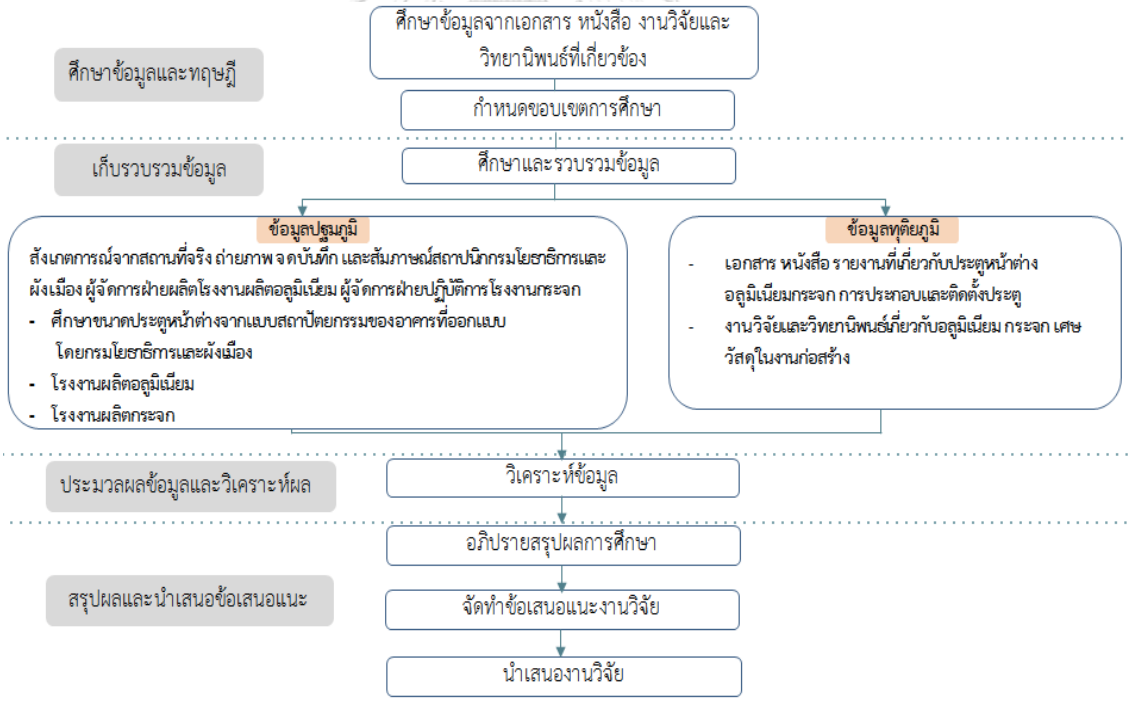
4. สรุปผลจากการวิเคราะห์และคำนวณหาขนาดกระจกที่ใช้แล้วจะเหลือเศษกระจกน้อยที่สุด สำหรับประตูแต่ละขนาดที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม

1.6.4 การอภิปรายผลการศึกษา

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เพื่อให้ทราบขนาดประตูที่เหลือเศษวัสดุน้อยและประหยัด

1.7.2 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจกต่อไป



ภาพที่ 2 ผังวิธีการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำวิจัยในครั้งนี้ มีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประตูหน้าต่าง โดยศึกษาเรื่องประเภทของประตูหน้าต่าง ส่วนประกอบของประตูหน้าต่าง วัสดุที่ใช้ทำประตูหน้าต่าง อุปกรณ์ประกอบต่างๆ การประกอบติดตั้งประตูอลูมิเนียมกระจก แนวทางการลดเศษวัสดุในงานก่อสร้าง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้นในการทำวิจัยต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ค่าวัตถุดิบและค่าแรงงานในงานก่อสร้าง[13]

การวิเคราะห์ความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้าง โดยพิจารณาจากองค์ประกอบราคาค่าก่อสร้างในส่วนของค่าวัสดุ และค่าแรงงานแต่ละหมวดงาน ได้จากการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างจากบัญชีปริมาณงานและการจำลองเสนอราคา ซึ่งองค์ประกอบของค่าก่อสร้างแบ่งตามสัดส่วนของค่าวัสดุและค่าแรงงาน ประกอบด้วย ค่าวัสดุก่อสร้าง 77.16% และค่าแรงงาน 22.84% จากสัดส่วนขององค์ประกอบของค่าก่อสร้างดังกล่าว จึงแสดงให้เห็นว่า ค่าวัสดุก่อสร้างเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างมากที่สุด

2.2 แนวทางในการบริหารจัดการวัสดุก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด[14]

วัสดุก่อสร้างเป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างหนึ่งของโครงการก่อสร้าง ซึ่งมีการใช้งานเป็นจำนวนมาก การจัดหาวัสดุเป็นเรื่องที่สำคัญที่จะมีผลกระทบต่อการก่อสร้าง โดยมีสิ่งสำคัญในการพิจารณาดังต่อไปนี้

1.ด้านการวางแผนการใช้วัสดุหรือการจัดช่วงเวลาการใช้วัสดุ ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนงานก่อสร้าง ขั้นตอนการวางแผน โดยจะต้องทำการสำรวจปริมาณอย่างละเอียด การจัดหาวัสดุ ควรจัดหาเป็นช่วงระยะเวลาตามแผนงาน ช่วงระยะเวลาของการจัดหาวัสดุและปริมาณวัสดุที่จะต้องใช้เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาให้สัมพันธ์กันอย่างรอบคอบ

---

[13] สุพจน์ อุปริมาตร. การศึกษาเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างและการวิเคราะห์ปัจจัยการเสนอราคางานก่อสร้างอาคารของภาครัฐและเอกชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[14] สมชาย โพพาทอง. การศึกษากระบวนการจัดการวัสดุก่อสร้างของบริษัทรับสร้างบ้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554.

2.ด้านราคาของวัสดุ ราคาวัสดุเป็นต้นทุนการผลิตของงานก่อสร้างทั้งโครงการ ราคาของค่าก่อสร้างจะถูกหรือแพงขึ้นอยู่กับราคาวัสดุ ในการจัดการวัสดุควรมีการตรวจสอบราคาของวัสดุจากแหล่งผลิตหรือแหล่งจำหน่ายต่างๆที่อยู่ในความสนใจของผู้รับผิดชอบในการจัดหา ราคาของวัสดุอาจสูงหรือต่ำกว่าที่ประมาณการเอาไว้ได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาวการณ์ของราคาวัสดุในช่วงเวลานั้น หากราคาวัสดุต่อหน่วยลดลง แม้จะเป็นเพียงมูลค่าเล็กน้อย แต่ถ้าใช้วัสดุเป็นจำนวนมากก็สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้อีกมาก

2.3 ต้นทุนการผลิตประตูหน้าต่าง[15]

ตัวแปรหลักที่ทำให้ประตู-หน้าต่างมีต้นทุนที่สูงคือ วัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ซึ่งเป็นต้นทุนหลักเฉลี่ยประมาณ 75% ของต้นทุนทั้งหมด ไม่ได้ถูกใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นลักษณะการสั่งผลิต ทำให้เสียเศษวัสดุในการผลิตสูง ใช้แรงงานเป็นจำนวนมากและใช้ระยะเวลาในการผลิตที่ยาวนาน ผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารไม่ทราบถึงปัจจัยหลักที่ทำให้ประตูหน้าต่างมีราคาสูง อีกทั้งไม่มีขนาดประตู-หน้าต่างให้เลือกใช้ในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องออกแบบขนาดประตู-หน้าต่างตามความต้องการของตนเอง ทำให้เกิดเศษวัสดุหลักจากการผลิต คือกระจกและกรอบบานเหลือทิ้งเฉลี่ยสูงถึง 30% ของวัตถุดิบหลักทั้งหมดที่นำมาประกอบเป็นประตูหน้าต่าง เศษวัตถุดิบเหล่านั้นจะกลายเป็นขยะสร้างปัญหาให้กับสังคมในการกำจัดและทำลายต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 การบริหารเศษวัสดุในการก่อสร้าง[16]

เศษวัสดุก่อสร้างนับเป็นความสูญเสียที่สำคัญในงานก่อสร้างที่จะต้องเป็นค่าใช้จ่ายของเจ้าของโครงการ และทำให้บริษัทผู้รับเหมาเสียความสามารถในการแข่งขันราคา ทั้งยังลดประสิทธิภาพและผลผลิตของบริษัท นอกจากนี้ยังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม การบริหารเศษวัสดุก่อสร้าง (Kulatunga et al. 2006). โดยเฉพาะวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นที่มีแนวโน้มการเกิดเศษจำนวนมาก

---

[15] โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

[16] วชรภูมิ เบญจโอฬาร. การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2556.

จากการใช้งาน จึงเป็นประเด็นที่สำคัญในงานวิจัย De Silva และ Vithana (2008). ได้แบ่งแนวทางการบริหารเศษวัสดุก่อสร้างออกเป็น 4 ประเภทคือ 1.Avoid and Reduction 2.Reuse 3.Recycle และ 4.Disposal ซึ่งแนวทางที่เหมาะสมที่สุดคือ การหลีกเลี่ยงและการลดการเกิดเศษโดยเริ่มที่การออกแบบและการผลิต (Avoid and Reduction) เพราะเป็นแนวทางที่จัดการที่ต้นเหตุและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด โดยใช้ต้นทุนเป็นเพียงการคิด วางแผนและการออกแบบการใช้วัสดุอย่างรอบคอบ ซึ่งจะต้องมีบันทึกการวัดเศษวัสดุ (waste quantification) เป็นกระบวนเริ่มต้นที่จำเป็นในการลดเศษวัสดุ (waste minimization) จากนั้นจึงสร้างโมเดลปัญหาและใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมต่อไป

2.5 แนวทางการลดปริมาณขยะในงานก่อสร้าง[17]

แนวทางการลดปริมาณขยะประกอบด้วย 2 แนวทาง ดังต่อไปนี้

1. Source Reduction หมายถึง การลดปริมาณ หรือการกำจัดของเสีย โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบและกระบวนการผลิต

2. Recycle หมายถึง การนำเศษวัสดุมาใช้ใหม่ โดยกลับมาใช้ในกระบวนการเดิมหรือไปใช้ในกระบวนการอื่นอีกครั้ง หรือการนำขยะที่มีค่าไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์อื่น (Reclamation) ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดเศษวัสดุที่เกิดขึ้น กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ใช้ในการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยให้ความสำคัญกับแนวทางของกระบวนการ Source Reduction มากกว่าการ Recycle เนื่องจากการลดปริมาณของเสีย โดยเริ่มตั้งแต่แหล่งกำเนิดทำให้สามารถลดปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้นได้มีประสิทธิภาพและมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อม (Relative Environmental Desirability) มากกว่าการแก้ไข บำบัด ของเสียให้อยู่ในสภาพที่กลับมาใช้ได้ในภายหลัง ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุ

ในส่วนของการออกแบบ พบว่าหมวดงานผนังมักจะมีความสูญเสียวัสดุ เกิดจากความไม่ลงตัวของขนาดวัสดุจากแบบก่อสร้าง กระบวนการลดปริมาณ หรือกำจัดของเสียที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) ในส่วนของการควบคุมแหล่งกำเนิด (Source Control) เป็นแนวทางที่

[17] สุชา กิตติวรารัตน์ และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก. รายงานการวิจัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2555.

ปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต โดยในที่นี้จะหมายถึงการเปลี่ยนขนาดของวัสดุที่ใช้ หรือลดความหลากหลายของรูปแบบวัสดุลง เนื่องจากงานผนังมักจะมีการใช้วัสดุหลากหลายรูปแบบเพื่อความสวยงาม นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต (Process Change) และการเปลี่ยนแปลงการวางแผน (Layout Change) ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงแบบ (Product Substitution) ซึ่งจากการจำลองแบบก่อสร้าง พบว่าสัดส่วนของความสูญเสียวัสดุ เนื่องจากความไม่ลงตัวของแบบก่อสร้างในหมวดงานผนัง สามารถปรับปรุงได้ด้วยการออกแบบ โดยคำนึงถึงช่องเปิดซึ่งมีใช้มากทั้งประตู หน้าต่างระบายอากาศ การควบคุมที่การออกแบบและการเปลี่ยนแปลงการผลิตจะช่วยให้ความสูญเสียของวัสดุมีปริมาณลดลงได้

2.6 ประเภทของประตู[18]

ประตูสามารถแบ่งออกเป็นลักษณะหลักๆได้ 2 ลักษณะ คือ ประตูภายนอกและประตูภายในเป็นสิ่งที่แบ่งเนื้อที่ใช้สอยที่แตกต่างออกจากกัน เพื่อความเป็นส่วนตัว เช่น ประตูห้องนอก ประตูห้องน้ำ ส่วนประตูภายนอกนั้นเป็นการแบ่งเนื้อที่ใช้สอยระหว่างภายนอกอาคารกับภายในอาคาร นอกจากนั้นประตูยังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กั้นน้ำ กันฝนหรือรับลม ระบายอากาศ บังแดดหรือรับแสงธรรมชาติ วัสดุที่ใช้ทำประตูจึงแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะของการใช้สอย มีทั้ง ไม้ ไม้อัด กระจก อลูมิเนียม เหล็ก หรือ พลาสติก เป็นต้น

ประตูชนิดต่าง ๆ แบ่งตามวิธีการเปิด ได้แก่ ประตูบานเปิด (swinging door) ประตูบานเลื่อน (sliding door) ประตูบานเฟี้ยม (accordion or folding door) ประตูบานหมุน (revolving door) ประตูบานม้วน (rolling shutter door) ประตูบานยืด (collapsible gate) ประตูม่าน (flexible door)

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวเท่านั้น โดยที่ประตูบานเปิดเป็นประตูที่เปิดโดยการดึง หรือผลักบานประตูออกไปด้านใดด้านหนึ่ง บานประตูด้านหนึ่งจะยึดกับวงกบด้วยบานพับ เพื่อเป็นจุดหมุน และอีกด้านหนึ่งของบานประตูติดตั้งกลอน หรืออุปกรณ์สำหรับปิด-เปิด เช่น ลูกบิด หรือ มือจับ บางครั้งอาจจะติดตั้งอุปกรณ์สำหรับช่วยปิดประตูอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมี

[18] บัณฑิต จุลาสัย และ สุริยน ศิริธรรมปิติ. วัสดุและการก่อสร้าง : ประตูและหน้าต่าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ประตูบานผลักสองทางซึ่งคล้ายกับประตูบานเปิด แต่ต่างออกไปตรงที่สามารถ เปิดโดยการดึงเข้าและผลักออกได้ ด้วยประตูบานเดียวกัน ประตูบานเปิดสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป และทำได้หลายลักษณะ เช่น บานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ หรือบานเปิดคู่ที่มีขนาดบานประตู 2 ข้างไม่เท่ากัน ประตูบานเปิดอาจมีส่วนประกอบอื่นๆ ได้ เช่น

- ช่องแสง หรือ บานกระจกติดตาย ที่อยู่ด้านข้างหรือด้านบนประตู เพื่อใช้ประโยชน์ในการมองเห็นหรือรับแสงสว่างจากภายนอกห้อง
- บานทึบติดตาย เพื่อตกแต่งช่องประตูให้มีขนาดใหญ่กว่าบานประตู อาจอยู่ด้านข้างหรือด้านบนประตู

2.7 คุณสมบัติของวัสดุทำประตูหน้าต่าง[19]

วัสดุที่ใช้ทำประตูหน้าต่างมีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ไม้ อลูมิเนียม ยูพีวีซี ซึ่งมีข้อแตกต่างกันไปดังนี้

- ไม้ (Wood) มีการนำไม้มาใช้ทำวงกบประตูหน้าต่าง เนื่องจากในอดีตสามารถหาไม้ได้ง่ายในประเทศไทย และมีเป็นจำนวนมาก และยังมีคุณสมบัติในการตัดเลื่อยรูปแบบที่ซับซ้อนได้ง่าย วงกบไม้ยังมีความสวยงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงเป็นที่นิยมนำมาตกแต่งอาคารบ้านเรือน รวมถึงนำมาทำวงกบประตูหน้าต่างจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ไม้ไม่คงทนถาวรเหมือนอลูมิเนียม ไม้สามารถเน่าเปื่อยและขึ้นราได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องการการดูแลรักษาเป็นอย่างดี เพื่อปกป้องเนื้อไม้ให้สมบูรณ์และให้ความคงทนสวยงามตลอดเวลาและดูแลรักษาง่าย
- ยูพีวีซี (UPVC) เป็นวัสดุประเภทพลาสติก ผลิตขึ้นสำหรับวงกบประตูหน้าต่างครั้งแรกที่ประเทศอเมริกา มีส่วนผสมของสาร UV Stabilizer เพื่อให้วงกบประตูหน้าต่างมีความคงทนต่อรังสียูวี ไม่ทำให้สีซีดจางได้ง่ายและทนต่อการกัดกร่อน มีความคงทนในทุกสภาพอากาศ ทนทานต่อการรั่วซึมของน้ำและอากาศ ทำความสะอาดได้ง่ายและไม่ติดไฟ แต่มีข้อเสีย คือ ให้ควันพิษในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ ซึ่งจะส่งผลต่อชีวิตของผู้ใช้งานได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

---

[16] โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

- อลูมิเนียม (Aluminium) ในประเทศไทยมีการนำอลูมิเนียมมาใช้ทำประตูหน้าต่างเป็นจำนวนมาก อลูมิเนียมที่ใช้ทำวงกบประตูหน้าต่าง มีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความคงทน แข็งแรง มีน้ำหนักเบา สามารถนำมาขึ้นรูปที่มีความสลับซับซ้อนได้ง่าย นำมาเคลือบสีเพื่อเพิ่มความคงทนและความสวยงาม ดูแลรักษาง่าย การนำอลูมิเนียมมาเคลือบสีสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกันคือ

1.การเคลือบด้วยระบบ Anodized สีที่นำมาเคลือบค่อนข้างจะจำกัด เช่น สีขาวอลูมิเนียม สีชาอ่อน และสีชาดำ

2.การเคลือบด้วยระบบ Powder Coat จะทำได้หลากหลายสีมากกว่า สีที่มีความนิยมเคลือบกันมาก เช่น สีขาวและสีดำ

2.8 อุปกรณ์ประตูและหน้าต่างบานเปิด[20] ประกอบไปด้วย

1. บานพับ เป็นอุปกรณ์ใช้ติดบานประตูหรือหน้าต่าง เพื่อให้พับเข้ามาหรือเปิดออกได้ บานพับที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ บานพับชนิดสองปีก และบานพับปรับมุมชนิดฝืด เป็นบานพับที่ใช้สำหรับ หน้าต่างบานกระทุ้งและหน้าต่างบานเปิดในบางครั้ง บานพับยังแบ่งเป็นประเภท และชนิดต่างๆดังนี้

1.1 ประเภทของบานพับ แบ่งเป็น 5 ประเภท ตามวัสดุที่ใช้ทำ คือ บานพับเหล็กกล้า บานพับเหล็กกล้าไร้สนิม บานพับอลูมิเนียม บานพับทองเหลือง บานพับบรอนซ์

1.2 ชนิดบานพับ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดหนาและชนิดบาง

1.3 แบบ บานพับแบ่งเป็นออกเป็น 2 แบบคือ แบบแกนถอดได้ และแบบแกนถอดไม่ได้

2. กลอน บานที่ใช้ปิด-เปิดจะติดตั้ง ชุดอุปกรณ์ล็อค เช่น กุญแจลูกบิด หรือ กุญแจชนิดฝังในบาน กลอนแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

2.1 กลอนชนิดติดตั้งบนตัวบานประตูหรือหน้าต่างบานเปิด

2.2 กลอนชนิดฝังในตัวบาน ประตูหรือหน้าต่างบานเปิด

2.3 กลอนสำหรับหน้าต่างบานกระทุ้ง

วัสดุที่ใช้ทำกลอนมีหลายชนิด ได้แก่ เหล็ก เหล็กกล้าไร้สนิม บรอนซ์ ทองเหลืองและอลูมิเนียม ซึ่งกลอนแต่ละชนิดจะมีหลายขนาด กลอนที่มีขนาดยาวใช้ติดตั้งด้านบนประตูและหน้าต่างเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ส่วนกลอนที่มีขนาดสั้นใช้ติดตั้งด้านล่างของประตูและหน้าต่าง

---

[20] บัณฑิต จุลาสัย และ สุริยน ศิริธรรมปิติ. วัสดุและการก่อสร้าง : ประตูและหน้าต่าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

3. มือจับ มือจับของอุปกรณ์ประตูและหน้าต่างบานเปิดจะมีอยู่ 4 ลักษณะ

3.1 door knobs และ lever

3.2 lever handles

3.3 pull handles

Door knobs และ lever handles เป็นมือจับที่ใช้สำหรับชุดกุญแจลูกบิด และกุญแจชนิดฝังในตัวบาน มือจับชนิดนี้มักมาพร้อมกับกุญแจ

Pull handles เป็นมือจับที่มักใช้กับประตูของอาคารสาธารณะที่มีคนเข้า-ออกเป็นประจำ หรือประตูภายในอาคารที่มีคนเข้า-ออกบ่อยๆ การใช้สอยมือจับและกุญแจจึงแยกออกจากกัน มักใช้กับประตูที่มีอุปกรณ์ช่วยสำหรับปิดประตูบานเปิดและอุปกรณ์สำหรับประตูบานผลักสองทาง

2.9 อุปกรณ์บานเปิดหรือบานผลักสองทางสำหรับงานอลูมิเนียม (สวิง)[21]

อุปกรณ์บานเปิด (สวิง) ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. โช้คอัพ ทำหน้าที่เหมือนบานพับ แต่สามารถดึงประตูปิดเองได้ทั้งสองทางด้วยระบบไฮดรอลิกส์ที่อยู่ภายใน ตามภาพที่ 3 ในกรณีที่ใช้ประตูบานเปิดเดี่ยวจะใช้เป็นบานพับแทนโช้คอัพ ตามภาพที่ 4

ภาพที่ 3 โช้คอัพประตู

ที่มา : https://www.pma-storage.com/product.

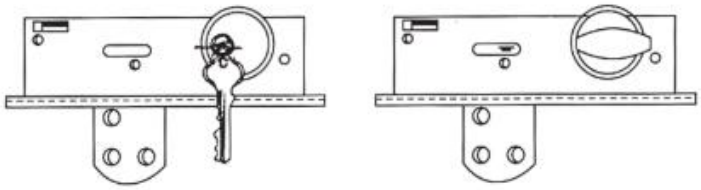
ภาพที่ 4 บานพับประตู

ที่มา : https://www.hafelehome.co.th.

[21] ธนิต อาภรณ์รัตน์. เทคนิคงานอะลูมิเนียม. (พิมพ์ครั้งที่ 5) ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์, 2554.

2. กุญแจ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับบานประตูปิด-เปิด แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักคือ

- ประเภทกุญแจสองด้าน ซึ่งต้องใช้กุญแจไขเข้าทั้งภายนอกและภายในห้อง
- ประเภทกุญแจลูกบิดสวิง ซึ่งจะใช้ลูกกุญแจไขเข้าเฉพาะภายนอกห้อง เมื่อเข้าอยู่ภายในห้องสามารถใช้มือบิดกุญแจได้ โดยไม่ต้องใช้ลูกกุญแจ ตามภาพที่ 5



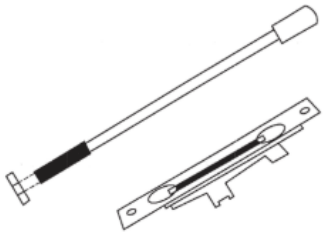
ภาพที่ 5 ลักษณะกุญแจสวิง
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์, (2554).

3. มือจับ เป็นอุปกรณ์ที่มีหลากหลายชนิดให้เลือก ลักษณะแตกต่างกันไปตามบริษัทที่ผลิต จะติดตั้งมือจับเมื่อประกอบบานเรียบร้อยแล้ว เป็นที่นิยมใช้กันและเรียกชื่อตามท้องตลาด เช่น มือจับกระบอง ตามภาพที่ 6 มือจับหูช้าง มือจับคลาสสิก และมือจับประตูบานเปิด ตามภาพที่ 7

ภาพที่ 6 มือจับกระบองสำหรับบานเปิด
ที่มา : https://www.aluminum-accessories.com/product.

ภาพที่ 7 มือจับประตูบานเปิด
ที่มา : https://www.app.builk.com/vilann/products.

4. กลอน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับประตูบานสวิง ชนิดเปิด - ปิด 2 บาน โดยจะนำไปใส่ในบานที่ไม่ได้ติดตั้งกุญแจสวิง จะใส่ทั้งด้านบนและด้านล่าง ตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กลอนสวิง
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์, (2554).

5. สักหลาด มีลักษณะเช่นเดียวกันกับสักหลาดบานเลื่อน แต่มีขนาดใหญ่กว่า ทำหน้าที่ในการลดการเสียดสีหรือการกระแทกระหว่างอลูมิเนียมด้วยกัน ตามภาพที่ 9

ภาพที่ 9 สักหลาด
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์, (2554)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

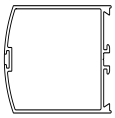
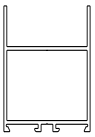
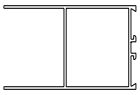
2.10 การประกอบและติดตั้งประตูอลูมิเนียมกระจกบานเปิด-ปิด (สวิง)[22]

ประตูบานเปิด-ปิด (สวิง) เป็นประตูที่สามารถเปิดได้ทั้ง 2 ทาง จะผลักเข้าหรือผลักออกก็ทำได้และจะดีดตัวกลับเองโดยอัตโนมัติ สามารถเปิดได้ด้วยการดันหรือดึง

2.10.1 เส้นอลูมิเนียมรูปหน้าตัดที่ใช้สำหรับประตูบานเปิด-ปิด (สวิง) ประกอบไปด้วย วงกบบน ตบวงกบบน วงกบล่าง วงกบข้าง เสาประตู ขวางบน ขวางล่าง คิ้วประตู และความหนาของแต่ละหน้าตัด ตามตารางที่ 2 และภาพส่วนประกอบประตู ตามภาพที่ 10

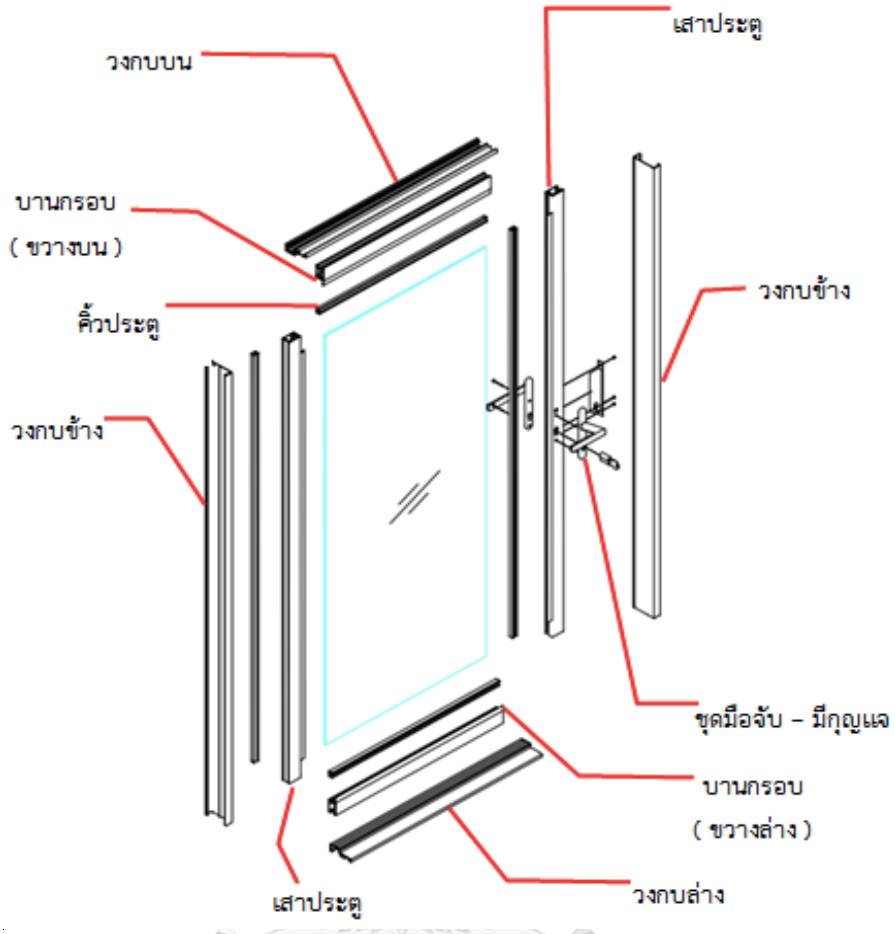
[22] ธนิต อาภรณ์รัตน์. เรียนรู้งานอลูมิเนียมด้วยตนเอง. ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์, 2557.

ตารางที่ 2 ลักษณะหน้าตัดและความหนาอลูมิเนียม

รูปภาพหน้าตัด	รายละเอียด	ความหนา (mm.)
	วงกบบน (กล่องแจ๊คสัน)	0.90, 1.20, 1.30, 1.40, 1.50, 1.75, 2.00
	ตบวงกบบน (ฝาแจ๊คสัน)	1.30, 1.40, 1.80, 2.00
	วงกบล่าง (ธรณี)	1.75, 2.00, 2.30
	วงกบข้าง (กล่องเรียบ)	0.70, 0.85, 1.00, 1.10, 1.20, 1.30, 1.50, 1.75, 2.00, 2.30
	เสาประตู (เสากุญแจ)	1.00, 1.10, 1.20, 1.40, 1.50, 1.75, 2.00, 2.30
	บานกรอบบน (ขวางบน)	1.00, 1.10, 1.20, 1.40, 1.50, 1.75, 2.00, 2.30
	บานกรอบล่าง (ขวางล่าง)	1.00, 1.10, 1.20, 1.40, 1.50, 1.75, 2.00, 2.30
	คิ้วประตู	0.60, 0.80

ที่มา : Schimmer Metal Standard Co.,Ltd., (2022).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



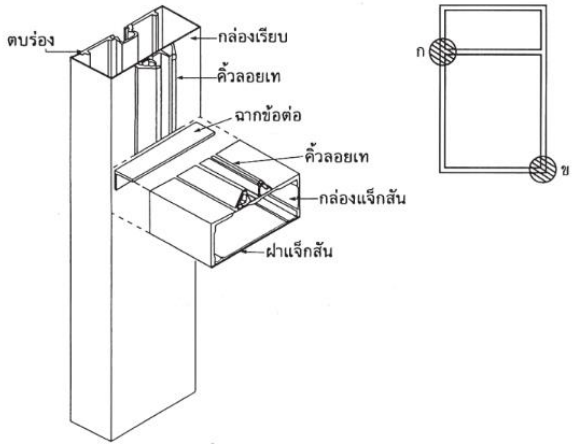
ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของประตูอลูมิเนียมกระจก บานเปิด-ปิด (สวิง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.10.2 การประกอบและการติดตั้งประตูเปิด - ปิด (สวิง) อลูมิเนียม

แบ่งเป็นขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การประกอบโครงวงกบ การประกอบบานกรอบกระจก และการติดตั้ง

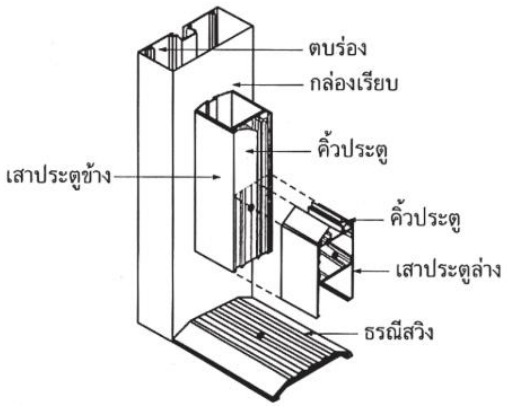
1.ขั้นตอนการประกอบโครงวงกบ โดยในส่วนของวงกบแนวตั้ง จะใช้กล่องเรียบทำ ส่วนวงกบแนวนอนจะใช้กล่องแจ๊คสันพร้อมฝาทำ และช่องแสงทางแนวนอนจะใช้กล่องร่องทำ ทางแนวตั้งด้านกล่องเรียบจะประกอบคิ้วลอยเทเข้ากับกล่องเรียบ เพื่อให้ด้านนี้มีร่องไว้ใส่กระจก ขนาดความกว้างของบานประตูเปิด-ปิด (สวิง) ขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของโครงการ ปกติจะกว้างบานละประมาณ 0.80 – 1.00 เมตร วงกบประตูต้องยึดที่คานและพื้นโดยใช้ฉากข้อต่อขันด้วยตะปูเกลียวปล่อยและยิงยึดด้วยหมุดย้ำ ส่วนด้านล่างเมื่อดิ่งได้ตำแหน่งแล้วใช้ฉากข้อต่อเป็นตัวยึดติดกับพื้นด้วยตะปูเกลียวปล่อย และยิงยึดด้วยหมุดย้ำเช่นเดียวกัน ตามภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ขยายโครงสร้างส่วนบน

ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

ใส่กั้นช่องแสงด้วยกล่องแจ๊คสันและฝาแจ๊คสันเข้ากับตำแหน่งที่กำหนดไว้ ซึ่งต้องใช้สายยางวัดระดับให้ได้ระดับตามรูปด้านบน ส่วนด้านล่างของโครงสร้างบานประตู ให้ติดตั้งธรณีสวิงยึดติดกับพื้นด้วยตะปูเกลียวปล่อยหัวเอียง ตามภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ขยายโครงสร้างด้านล่าง

ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

2. ขั้นตอนประกอบกรอบบานประตูเปิด-ปิด (สวิง)

เมื่อประกอบโครงวงกบที่เป็นกรอบประตูและช่องแสงต่างๆเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการประกอบส่วนของบานประตูจากขนาดความสูงและความกว้างทั้งหมดของช่องบานประตู

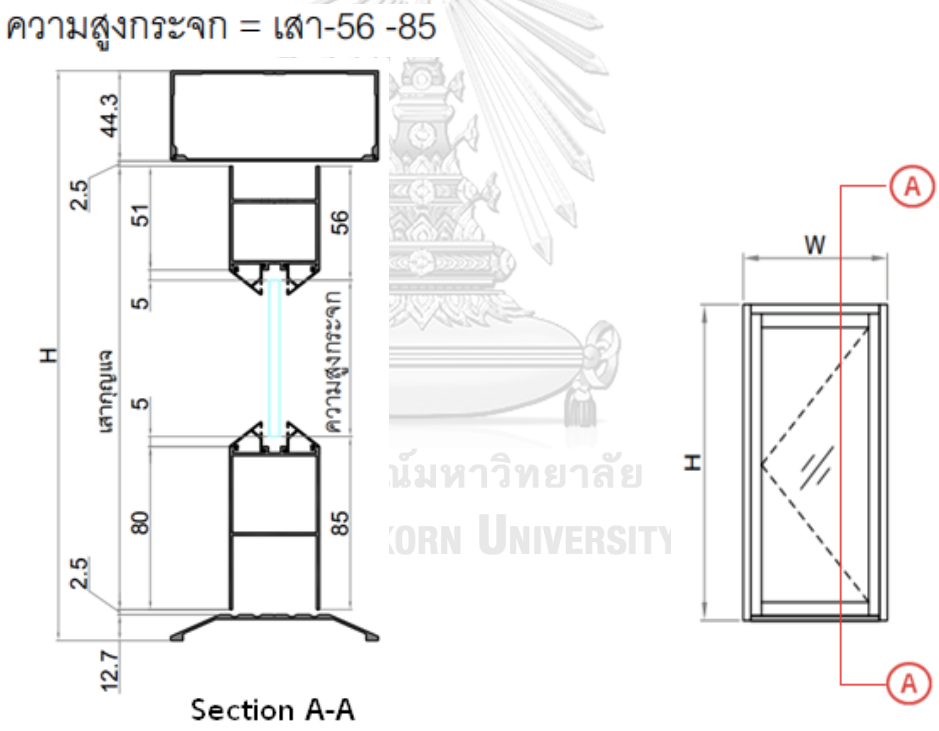
2.1 การหาขนาดความกว้างและความสูงของประตูบานเปิดเดี่ยว

เริ่มจากการวัดความสูงของกรอบประตูภายใน (วัดที่หลังธรณีถึงด้านใต้ของกล่องแจ๊คสัน) ได้เท่าไหร่ให้นำ 5 มิลลิเมตร ลบออก เช่น หากวัดความสูงของกรอบประตูได้เท่ากับ 2,000 มิลลิเมตร ความยาวของเสาบานประตูจะเท่ากับ 2,000 - 5 = 1,995 มิลลิเมตร ส่วนความยาวของเสาประตูล่างและเสาประตูบน ทำได้โดยวัดความกว้างของกรอบประตู ได้เท่าไรให้นำ 115 มิลลิเมตร ลบออก ทั้งนี้ขนาดที่วัดจะขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัดอลูมิเนียมที่ผู้ผลิตออกแบบด้วย

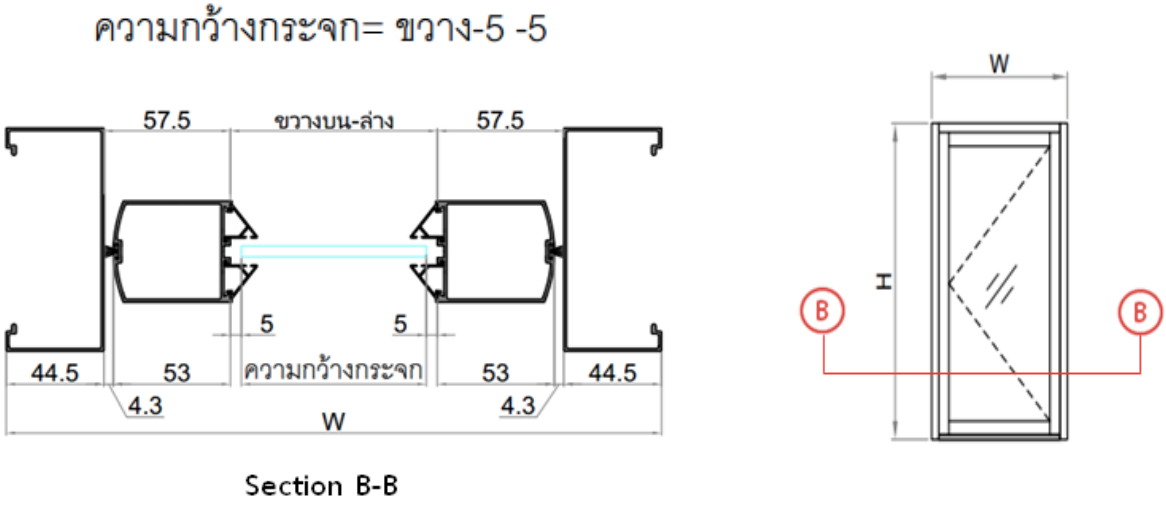
สามารถสรุปการหาขนาดความกว้างและความสูงของบานประตู ได้ดังนี้

ความสูงของเสาประตูข้าง = ความสูงของกรอบวงกบประตู - 5 มิลลิเมตร ตามภาพที่ 13

ความกว้างของเสาประตูล่าง (ขวางบนและขวางล่าง) = ความกว้างของกรอบประตู - 115 มิลลิเมตร ตามภาพที่ 14

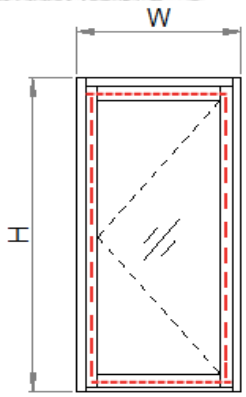


ภาพที่ 13 หน้าตัดประตูบานปิด-เปิด (สวิง) ด้านสูง Section A-A



ภาพที่ 14 หน้าตัดประตูบานปิด-เปิด (สวิง) ด้านกว้าง Section B-B

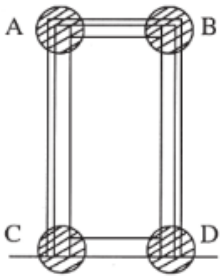
2.2 การหาขนาดของกระจก จะตัดกระจกตามขนาดของบานทางด้านกว้างและด้านสูง ซึ่งสามารถวัดจากด้านในของเสาประตูทั้ง 4 ด้าน แล้วลบออก 4 - 5 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ด้าน สามารถหาความสูงกระจกได้ ตามภาพที่ 13 และความกว้างกระจก ตามภาพที่ 14 โดยกระจกบางส่วนจะเข้าไปอยู่ในส่วนของบานกรอบ ตามภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ขนาดของกระจก

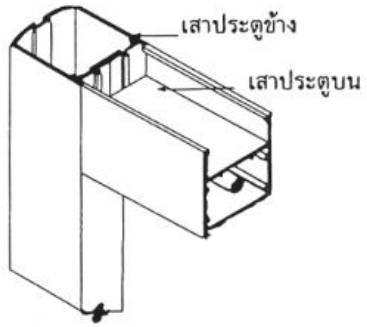
2.3 การประกอบส่วนบานประตู

เมื่อทำการตัดเส้นอลูมิเนียม ตามความสูงของเสาประตูข้าง ความกว้างของเสาประตูบน และเสาประตูล่างให้ได้ขนาดแล้ว จะทำการประกอบบาน ซึ่งมีจุดที่ต้องประกอบ 4 จุด ดังนี้ ตามภาพที่ 16



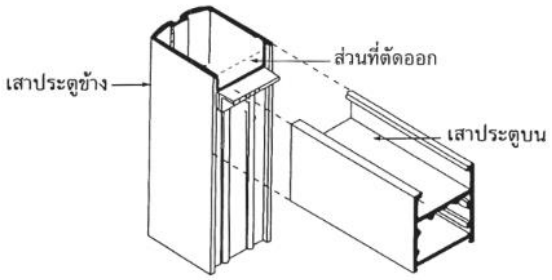
ภาพที่ 16 การประกอบบานประตู
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

รอยต่อ A เป็นรอยต่อที่เกิดจากเสาประตูข้างกับเสาประตูบน (บริเวณนี้กำหนดให้เป็นจุดติดตั้งอุปกรณ์ของโช้คอัพบานสวิง) การทำรอยต่อของบานสวิงต้องใช้ฉากข้อต่อและหมุดย้ำเป็นที่ยึด วิธีการทำคือ การนำเสาประตูข้างมาวางด้านที่ติดตั้งคิ้วหงายขึ้น และนำเสาประตูมาตัดยาว 1 เซนติเมตร มาทำเป็นแบบวัดเพื่อกำหนดจุดติดตั้งฉากข้อต่อเข้ากับเสาประตูข้าง ตามภาพที่ 17



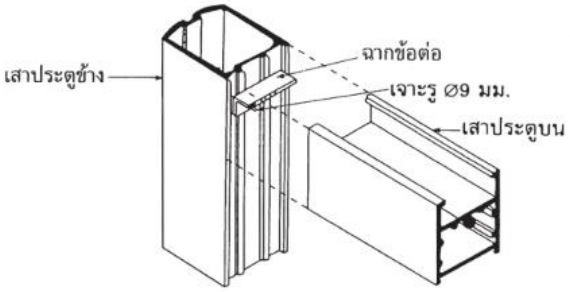
ภาพที่ 17 รอยต่อที่เกิดจากเสาประตูข้างกับเสาประตูบน
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

การวัดและวิธีประกอบสามารถทำได้ทั้งจุด A และ B แต่ด้านที่จะติดตั้งชุดอุปกรณ์จับยึดโช้คอัพกับตัวบาน ต้องตัดเอาส่วนที่ติดคิ้วประตูข้างออก เพราะชุดอุปกรณ์จับยึดโช้คอัพมีความยาวล้ำเข้าไปที่เสาประตูข้าง ซึ่งจะชนกับอลูมิเนียมส่วนดังกล่าว เป็นเหตุให้ต้องตัดส่วนนี้ออก ตามภาพที่ 18



ภาพที่ 18 การตัดส่วนที่ติดคิ้วประตูของเสาประตูข้างออก
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

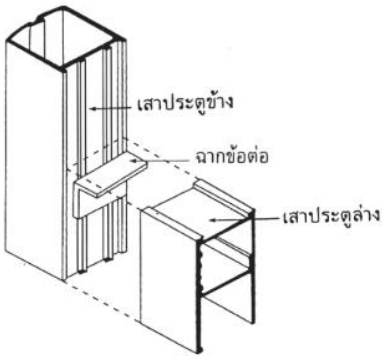
เจาะรูด้วยดอกสว่านเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ที่ฉากข้อต่อผ่านทะลุไปยังเสาประตูข้าง ทางจุด A และ B (คว้านเล็กน้อยเพื่อให้รูเจาะใหญ่ขึ้น) ตามภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การเจาะรูด้วยดอกสว่าน
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

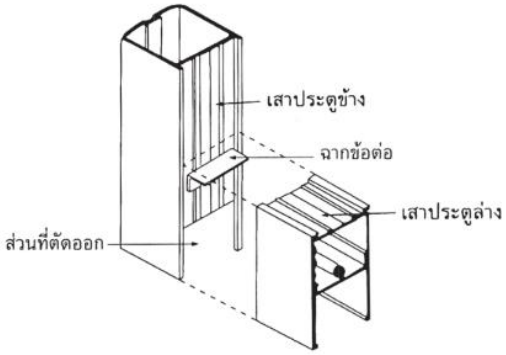
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่จุด C และ จุด D สามารถทำได้แบบเดียวกับจุด A และ B โดยนำเสาประตูล่างที่ตัดยาว ประมาณ 1 เซนติเมตร มาทำแบบวัดเพื่อกำหนดจุดติดตั้งฉากข้อต่อ ตามภาพที่ 20



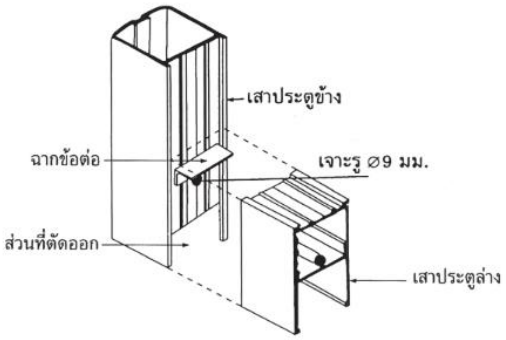
ภาพที่ 20 การกำหนดจุดติดตั้งฉากข้อต่อ
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

ติดตั้งฉากข้อต่อเข้ากับเสาประตูข้างด้วยหมุดย้ำ ประกอบเสาประตูล่างเข้ากับเสาประตูข้าง แต่ด้านที่จะติดชุดอุปกรณ์หมุนประตูตรงที่ติดคิ้วประตูของเสาประตูข้างต้องตัดออก เพราะชุดอุปกรณ์หมุนประตูมีความยาวล้ำเข้าไปที่เสาประตู ซึ่งจะชนกับอลูมิเนียมส่วนดังกล่าว จึงต้องตัดส่วนนี้ออก ตามภาพที่ 21



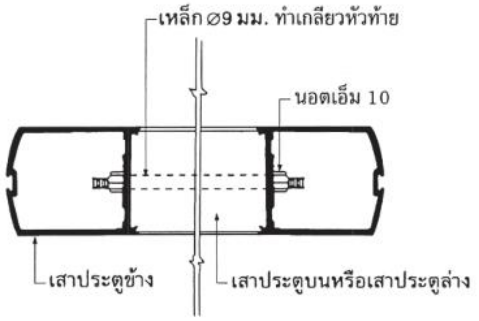
ภาพที่ 21 การติดตั้งฉากข้อต่อเข้ากับเสาประตูข้างด้วยหมุดย้ำ
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

เจาะรูดอกสว่านเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ที่ฉากข้อต่อที่จุด C และจุด D ตามภาพที่ 22



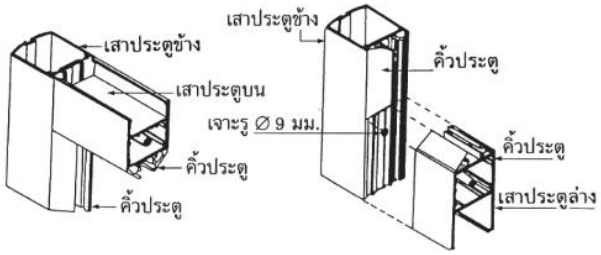
ภาพที่ 22 การเจาะรูด้วยดอกสว่าน
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

จุดที่ถูกเจาะรูทั้ง 4 รูนี้มีไว้สำหรับร้อยเหล็กที่ดายเกลียวแล้ว ผ่านที่จุด A-B และจุด C-D นำน้อตมาขันยึดติดระหว่างเสาประตูข้างกับเสาประตูบนและเสาประตูล่าง จะเป็นจุดที่ทำให้โครงสร้างแข็งแรงขึ้นมาก จากนั้นยึดด้วยหมุดย้ำทั้ง 4 หัวอีกครั้งหนึ่ง ตามภาพที่ 23



ภาพที่ 23 การขันยึดติดประกอบระหว่างเสาประตู
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

ประกอบคิ้วประตูบานสวิงเข้ากับกรอบประตูทีละด้าน ซึ่งจะมีวิธีการใส่แบบเดียวกับคิ้วลอยเท การประกอบบานสวิงจะเป็นแบบต่อชนยึดด้วยฉากหนาและยิงยึดด้วยหมุดย้ำ และจะขันด้วยเกลียวดึงตรงแนวของเสาประตูบนและเสาประตูล่างเพื่อให้เกิดความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักของกระจกได้ ตามภาพที่ 24



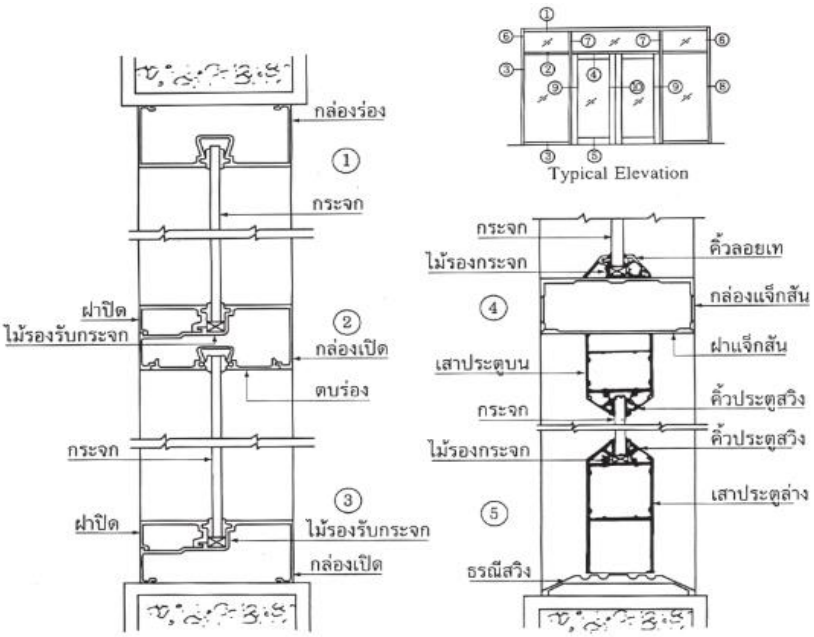
ภาพที่ 24 การประกอบคิ้วประตูเข้ากับกรอบประตูทีละด้าน
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

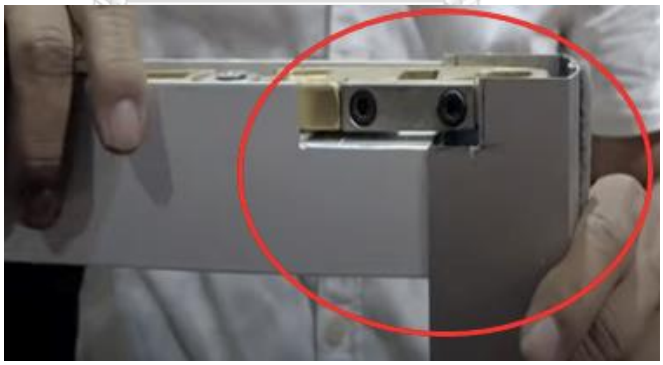
3.ขั้นตอนการประกอบติดตั้งบานประตูเปิด - ปิด

วิธีการติดตั้งชุดประตูบานเปิด-ปิด (สวิง) 2 บาน การใส่ตัวบานจะต้องใส่โดยให้ชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่ด้านล่างของเสาประตูล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นรูใส่เข้ากับเดือยที่ติดไว้กับพื้น แล้วผลักบานประตูให้ชุดอุปกรณ์ที่ติดไว้ด้านบนของเสาประตูบน ให้เหลี่ยมที่ชุดอุปกรณ์ใส่เข้าไปที่เดือยของโช้คอัพสวิง ขันยึดติดด้วยประแจ เมื่อติดตั้งโครงสร้างและบานประตูแล้ว ต้องนำยางวางก่อน มาใส่ที่อลูมิเนียมเส้นหน้าตัดต่างๆ เช่น กล่องร่อง กล่องเปิด คิ้วลอยเท คิ้วประตู โดยใส่ยางวางก่อนที่อลูมิเนียมเส้นหน้าตัดด้านฝั่งนอกของอาคารก่อนการใส่ยางวางก่อน ตัดกระจกตามขนาดของบานทางด้านกว้างและด้านสูง การใส่กระจกด้านล่างต้องหมุนด้วยไม้สี่เหลี่ยมเล็กๆ 2 อัน เพื่อรองรับและดันกระจกให้ชิดบน

ทำให้บานประตูได้ฉากและไม่ตกขณะใช้งาน ขนาดของกระจกนิยมใช้ความหนา 6 มิลลิเมตร ตาม ภาพที่ 25



ภาพที่ 25 การประกอบประตูเปิด - ปิด (สวิง)
ที่มา : ธนิต อาภรณ์รัตน์. (2557).



ภาพที่ 26 ลักษณะการประกอบวงกบบนเข้ากับวงกบข้าง ประกบกัน 90 องศา
ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=GfKo86JzanM.

ภาพที่ 27 ลักษณะการประกอบวงกบล่างเข้ากับวงกบข้าง ประกบกัน 90 องศา

ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=GfKo86JzanM.

ภาพที่ 28 การประกอบบานกรอบเข้ากับกระจก

ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=GfKo86JzanM.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.11 เทคนิคการใช้เลื่อยตัดอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด[23]

เลื่อยตัดอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Profile) โดยปกติจะใช้เลื่อยองศา (Mitre Saw) หรือเลื่อยวงเดือนในการตัด ซึ่งเลื่อยตัดจะประกอบด้วย ใบเลื่อยสำหรับตัดอลูมิเนียม จะใช้ใบตัดขนาด 10” โดยมีจำนวนฟันอยู่ที่ 100-120 ฟัน ซึ่งถี่กว่าใบตัดทั่วไป ทำให้รอยตัดที่ได้คมสวยสามารถนำไปประกอบงานได้ทันที โดยมีเทคนิคการตัด เพื่อให้ได้รอยตัดที่คมสวยไม่มีเศษอลูมิเนียมติดตามรอยตัด ก่อนเริ่มตัดความฉีดพ่นใบตัดด้วยน้ำมันหล่อลื่น เพื่อลดความร้อนจากการเสียดสีของใบตัดกับอลูมิเนียมโปรไฟล์ และไม่กดใบตัดลงบนเนื้อโปรไฟล์เร็วเกินไป เพราะนอกจากจะทำให้รอยตัดที่ได้ไม่สวยแล้วยังอาจทำให้ใบตัดเสียหายอีกด้วย

[23] AIC. ข้อควรรู้ก่อนตัดอลูมิเนียมโปรไฟล์. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.dojogarden.com/index.php?id_product=11&controller=product. [30 พฤษภาคม 2565]

ทั้งนี้ในการตัดแต่ละครั้งจะเสียเนื้ออลูมิเนียมประมาณ 3 - 5 มิลลิเมตร ส่วนที่หายไปนี้เกิดจากความหนาของใบตัดที่กินเนื้ออลูมิเนียม เพราะฉะนั้นควรมีการวางแผนก่อนตัด เช่น เส้นอลูมิเนียมยาว 1 เมตร นำมาตัด 50 เซนติเมตร จะได้อลูมิเนียมยาว 50 เซนติเมตร 1 ท่อน และ 49.5 เซนติเมตร 1 ท่อน

ภาพที่ 29 ใบเลื่อยสำหรับตัดอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Profile)

ที่มา : http://www.dojogarden.com/index.php?id_product=11&controller=product.

ในการศึกษาครั้งนี้ จะไม่ได้นำส่วนที่สูญเสียนี้มาคำนวณ เนื่องจากเป็นค่าที่อยู่ในระดับเพียง 0.50 % ของความยาวอลูมิเนียมเท่านั้น (คำนวณจากการตัดเส้นอลูมิเนียมขนาด 1.000 เมตร หรือ 1,000 มิลลิเมตร โดยนำค่าคลาดเคลื่อน 5 มิลลิเมตร หารด้วย 1,000 มิลลิเมตร คูณด้วย 100)

2.12 การเพิ่มประสิทธิภาพการตัดแท่งอลูมิเนียมสำหรับการผลิตประตูและหน้าต่าง[24]

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตัดเส้นอลูมิเนียม โดยลดปริมาณวัสดุที่เป็นเศษ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญและเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต โดยใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการตัดให้เหลือเศษน้อยที่สุด และสามารถทราบปริมาณที่ได้จากการตัด ซึ่งจะมีทั้งขนาดของเศษที่เหลือที่สามารถนำไปใช้งานได้ต่อ และขนาดของเศษที่ไม่สามารถใช้งานได้ต่อ จะเป็นเศษที่ต้องทิ้ง แบบจำลองในการคำนวณการตัดมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันและได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน โดยแบบของกรณีศึกษาจะใช้อลูมิเนียมให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยใช้เวลาในการคำนวณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ในตลาดอลูมิเนียมมีความต้องการที่หลากหลายมากขึ้น จึงทำให้บริษัทที่ผลิตต้องมีความยืดหยุ่นสูง ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตต้องเผชิญกับความหลากหลายของรูปแบบและปริมาณการ

[24] Ageu Machado และคณะ., Aluminum Bar Cutting Optimization for Door and Window Manufacturing, DYNA, 87, 212 (2020). January - March, 2020.

ผลิตต่อแบบจะน้อยลง เข้าสู่การผลิตตามแบบที่กำหนดเองมากขึ้น ดังนั้นอุตสาหกรรมเหล่านี้จะมีการสต็อควัสดุน้อยลง จึงมีการบริหารจัดการ 2 วิธีคือ
1.การลดการสต็อคสินค้า 2.การตัดขนาดที่เหมาะสมกับวัสดุ ซึ่งจะนำไปสู่การลดต้นทุนในการผลิต การสต็อควัตถุดิบ การลดของเสียซึ่งส่งผลให้สามารถลดขยะที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมลงไปได้อีกด้วย

การควบคุมบริหารจัดการของเสียจากกระบวนการตัดเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเนื่องจากเศษที่ทิ้งเป็นต้นทุนในการผลิต จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนที่ดี โดยการคำนวณการตัดอลูมิเนียมให้เหลือเศษน้อยที่สุด ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการใช้อลูมิเนียมสูงสุดและลดการสูญเสียเศษ

โดยปกติการตัดอลูมิเนียมจะทำการตัดอลูมิเนียมตามลำดับจากขนาดเล็กก่อน จึงตัดขนาดใหญ่ แต่มีวิธีในการลดต้นทุนการผลิต จึงแนะนำให้มีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการตัดก่อนที่จะทำการตัด เพื่อลดการสูญเสียเศษและให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด การสร้างแบบจำลองเป็นการคำนวณก่อนการตัด เพื่อที่จะได้สต็อควัสดุให้เพียงพอต่อการใช้งาน โดยจัดกลุ่มขนาดที่ต้องการใช้และตัดอลูมิเนียมตามแบบจำลอง เพื่อลดเศษเหลือทิ้ง ช่วยให้ไม่เหลือเศษส่งผลให้การใช้งานมีประสิทธิภาพสูง และไม่ต้องสต็อควัสดุ โดยจะตัดตามคำสั่งซื้อในปัจจุบันตามขนาดที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

2.13 การคำนวณหาประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบของประตูหน้าต่าง[25]

การคำนวณหาประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบของประตูหน้าต่าง เริ่มจากการเก็บข้อมูลพื้นที่ช่องเปิดประตู-หน้าต่าง ตามรูปแบบมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยบันทึกจำนวนตารางเมตรและจำนวนบานช่องเปิดที่ใช้ จากนั้นเปรียบเทียบพื้นที่ช่องเปิดที่บันทึกได้กับพื้นที่ใช้สอยอาคาร โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ และนำพื้นที่ช่องเปิดที่บันทึกได้มาคำนวณด้วย Program Xopt Optimization เพื่อหาปริมาณหน่วยเป็นตารางเมตรของวัสดุที่ต้องนำมาใช้ในการผลิต จากนั้นเทียบประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบด้วยการ นำปริมาณพื้นที่กระจกที่ใช้จริงหารด้วยปริมาณพื้นที่ของวัตถุดิบที่นำมาผลิต คูณด้วย 100

[25] โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

2.14 การคาดการณ์ราคาอลูมิเนียมของโลก[26]

Macquarie Group สถาบันการเงินและหน่วยงานการลงทุนที่อยู่ในออสเตรเลีย ได้ออกบทวิเคราะห์ คาดการณ์ทิศทางราคาอลูมิเนียมในช่วงปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563 โดยประเมินว่าแนวโน้มราคาโลหะ อลูมิเนียมจะปรับเพิ่มขึ้น โดยมีอิทธิพลจากความต้องการใช้อลูมิเนียมในโลกที่ยังคงปรับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และความต้องการบริโภคของทั่วโลกจะขยายตัวเฉลี่ย 5.05% ต่อปี ตลอดช่วงปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563 ขณะที่ระดับการผลิตอลูมิเนียมของทั้งโลกจะขยายตัวในอัตราที่ต่ำกว่า 4.15% ต่อปี ตลอดช่วงเวลาเดียวกัน ตามตารางที่ 3 และคาดการณ์ว่าทิศทางราคาอลูมิเนียมจะต่ำสุดในปี 2557 และปรับเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2558 ตามภาพที่ 30

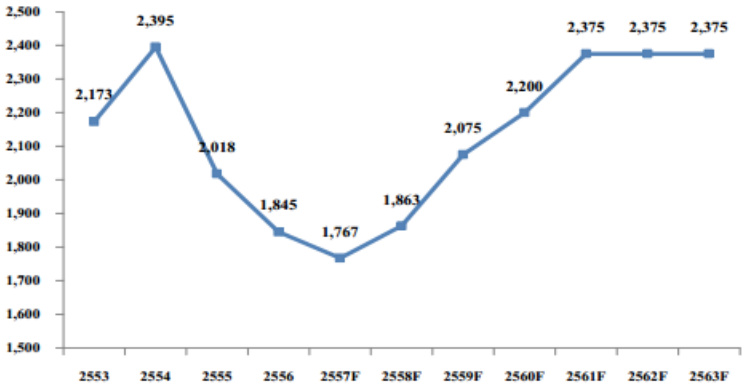
ตารางที่ 3 คาดการณ์ทิศทางราคาอะลูมิเนียมในช่วงปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563

	2553	2554	2555	2556	2557F	2558F	2559F	2560F	2561F	2562F	2563F
ความต้องการใช้อะลูมิเนียมของโลก (ล้านตัน)	41.5	45.72	47.59	50.5	53.52	56.64	59.62	62.92	65.86	68.88	71.31
การผลิตอะลูมิเนียมของโลก (ล้านตัน)	42.43	46.39	47.98	50.69	53.44	56.16	59.75	63.06	65.69	66.83	67.34
Global balance (ล้านตัน) = ความต้องการ - การผลิต	0.93	0.67	0.39	0.19	-0.08	-0.48	0.13	0.14	-0.17	-2.05	-3.97
LME Cash price (เหรียญสหรัฐฯ ต่อตัน)	2,173	2,395	2,018	1,845	1,767	1,863	2,075	2,200	2,375	2,375	2,375

ที่มา : Macquarie Research

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[26] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. 2557. การสำรวจสถานภาพอุตสาหกรรมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-Ferrous Metals): อะลูมิเนียม ภายใต้โครงการพัฒนาศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กและโลหการประจำปีงบประมาณ 2557. แหล่งที่มา: https://iiu.isit.or.th/th/reports/In-Depth%20Research%20Report/download.aspx?Content=1142.



ภาพที่ 30 กราฟคาดการณ์ราคาโลหะอะลูมิเนียมในตลาด (LME) ช่วงระหว่างปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563

ที่มา : Macquarie Research

2.15 คุณสมบัติของอลูมิเนียมที่ใช้ทำประตูหน้าต่าง[27]

อลูมิเนียม (Aluminium) เป็นโลหะชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากอลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ได้แก่ ความสามารถในการทนต่อความร้อน การกัดกร่อน และทนต่อการแตกหัก เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ส่วนมากนำไปใช้ในงานก่อสร้าง เช่น การทำฝ้า ประตู ราวกั้น หน้าต่าง และโครงสร้างต่างๆ อลูมิเนียมได้ถูกนำมาใช้งานทดแทนการใช้ไม้ สำหรับงานตกแต่งบ้านและงานก่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.15.1 ชนิดและประเภทของอลูมิเนียม

จะแบ่งตามเกรดอลูมิเนียมจากสมาคมอลูมิเนียมแห่งสหรัฐอเมริกา โดยใช้หลักเกณฑ์ของส่วนผสมเป็นเกณฑ์ด้วยเลข 4 หลัก สำหรับใช้แทนเป็นสัญลักษณ์เกรดอลูมิเนียมขึ้นรูป สัญลักษณ์แสดงกลุ่มอลูมิเนียมขึ้นรูป

- 1xxx เช่น 1050, 1060, 1100, 1145, 1200, 1230, 1350 อื่นๆ หมายถึง อลูมิเนียมที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.00% เหมาะสำหรับนำมาใช้งานในด้านตัวนำไฟฟ้า และแผ่นสะท้อนแสง เป็นต้น

[27] สุมิตร คชวงษ์. 2560. งานผลิตภัณฑ์อลูมิเนียม. แหล่งที่มา: https://www.cstc.ac.th/wp-content/uploads/2018/07/4หน่วยที่-1.pdf.

- 2xxx เช่น 2011, 2014, 2017, 2018, 2124, 2219, 2319 อื่นๆ เป็นอลูมิเนียมผสมทองแดง (Copper, Cu) เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านความร้อน

- 3xxx เช่น 3003, 3004, 3105 ฯลฯ เป็นอลูมิเนียมที่ผสมแมงกานีส (Manganese, Mn) ใช้งานในด้านโครงสร้างต่างๆ

- 4xxx เช่น 4032, 4043, 4145, 4643ฯลฯ เป็นอลูมิเนียมที่ผสมด้วยซิลิกอนพร้อมกับแร่อื่นๆ ซิลิกอน (Silicon, Si) เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้งานประเภทที่ทนความร้อน เช่น กระบอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ ห้องเครื่อง เป็นต้น

- 5xxx เช่น 5005, 5052, 5083, 5086ฯลฯ เป็นอลูมิเนียมที่ผสมแร่แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) ส่วนมากมักใช้ผสมร่วมกับแร่อื่นๆ

- 6xxx เช่น 6061, 6063 เป็นอลูมิเนียมผสมที่มีสัดส่วนของแมกนีเซียม (Magnesium, Mg) และซิลิกอนในอัตราส่วนน้อย แมกนีเซียม และซิลิกอน (Silicon, Si) สามารถทำการขึ้นรูปได้ดี, เชื่อมง่าย, แปรรูปง่าย และต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ด้วยความแข็งแกร่งปานกลาง เกรดอลูมิเนียมในประเภทที่สามารถทำการ heat-treatable ได้นี้อาจจะขึ้นรูปในแบบ T5 Temper หรือเพิ่มความแข็งหลังจากการขึ้นรูปแบบคุณสมบัติ T6 โดยการเร่งการอบร้อน

- 7xxx เช่น 7075, 7050 ฯลฯ เป็นอลูมิเนียมผสมที่มีสัดส่วนของสังกะสีหรืออาจผสมแร่อื่นๆ (Zinc, Zn) ใช้ในด้านความทนทาน แข็งแรงสูง เช่น ยานอวกาศ โครงสร้างขนาดใหญ่ เป็นต้น

- 8xxx เช่น 8006, 8111,8079 ฯลฯ เป็นอลูมิเนียมผสมที่ใช้แร่ผสมชนิดอื่นนอกเหนือจากข้างต้น เช่น นิเกิล, ไททาเนียม, โครเมียม, บิสมัท และตะกั่ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้อลูมิเนียมเกรด 6063 เป็นอลูมิเนียมที่เหมาะแก่การนำมาใช้ทำวงกบ บานกรอบ ประตู หน้าต่าง ผลิตเป็นชิ้นส่วนงานโครงสร้าง (Structural Applications) เช่น อลูมิเนียมโปรไฟล์ งานอลูมิเนียมรูปพรรณ ชิ้นส่วนงานตกแต่งอาคาร สถาปัตยกรรม (Architectural Material)[28]

[28] TRUSCO RESOLUTION. อลูมิเนียมที่นิยมนำมาผลิตอลูมิเนียมโพรไฟล์. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.trusco-resolution.com/อลูมิเนียมเกรดไหน-นิยมนำมาผลิต-aluminum-profile-72458.page. [8 ธันวาคม 2564]

2.15.2 ประเภทของสีอลูมิเนียม

- อลูมิเนียมชุบสีอโนไดซ์ (Anodized) คือ อลูมิเนียมชุบผิวด้วยไฟฟ้าตามสีและระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยมีความเข้มและความหนาของผิวชุบ หน่วยเป็นไมคอน (Microns) ยกตัวอย่างเช่น สีขาวอลูมิเนียม สีชา และสีชาดำ โดยในความหนาผิวชุบ 10 Microns (0.01 มม.) เหมาะสำหรับงานภายใน 10 Microns เหมาะสำหรับงานภายในและภายนอกอาคาร และความหนา 25 Microns จะเหมาะสำหรับงานภายในและภายนอกอาคารที่ทน กรด ด่างเช่น ริมทะเล อลูมิเนียมชุบผิวนี้เป็นอลูมิเนียมที่มีผิวส่วนใหญ่เป็นอลูมิเนียมออกไซด์ ผิวนี้เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical Process) สามารถแบ่งตามความหนาของผิวออกเป็น 9 ประเภท คือ อช.1 อช.3 อช.5 อช.8 อช.10 อช.15 อช.18 อช.20 อช.25 (อช. หมายถึง อลูมิเนียมชุบผิว) แต่อลูมิเนียมชุบผิวที่ใช้สำหรับงานสถาปัตยกรรมจะมีความหนาของผิวชุบ คือ อช.10 อช.15 อช.18 อช.20 อช.25 โดยมีวิธีทดสอบความหนาของผิวที่ชุบด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์วัดความหนาของผิวที่ชุบตามตำแหน่งต่างๆ โดยยอมให้มีเกณฑ์คาดเคลื่อนได้ ± 1.2 ไมครอน[29]

- อลูมิเนียมพ่นเคลือบสีฝุ่น (Powder Coat) คือการพ่นผงสีให้ไปจับกับอลูมิเนียมด้วยประจุไฟฟ้า Electrostatic และผ่านกระบวนการอบสีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความหนาสีอยู่ระหว่าง 60-80 Microns มีสีสันให้เลือกใช้งานมากมายคุณภาพและความทนทานในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับตัววัตถุดิบอลูมิเนียมเอง หากต้องการความทนทานในการใช้งานที่นานขึ้น ต้องเลือกใช้ชนิดของสีที่มีความทนทานพิเศษ เช่น สีประเภท Corro-Coat PE เหมาะกับการใช้งานภายนอกและในอาคาร เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- อลูมิเนียมเคลือบลายไม้ คืออลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการพ่นสีเช่นเดียวกันกับการทำอลูมิเนียมสีฝุ่น และนำฟิล์มลาย ไม้คุณภาพสูงมาเคลือบและอบด้วยความร้อน ก็จะได้อลูมิเนียมลายไม้ที่สวยงามให้อารมณ์ความรู้สึกเหมือน ไม้จริง ส่วนสีสันที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับสีรองพื้นและลวดลายของฟิล์มเคลือบ

---

[29] กระทรวงอุตสาหกรรม. 2520. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อลูมิเนียมชุบผิว มอก.218-2520. แหล่งที่มา: https://service.tisi.go.th/standard-shop/web/index.php?r=site/view&tis=1452. [10 ตุลาคม 2564]

2.15.3 ความหนาของอลูมิเนียม[30]

ความหนาของหน้าตัดอลูมิเนียม หากยิ่งหนาก็จะยิ่งทนทาน ซึ่งในท้องตลาดจะมีความหนาให้เลือกคือ 1.0, 1.2, 1.5, 1.7, 1.8, 2.0, 2.3 mm. ซึ่งจะใช้ความหนาของหน้าตัดอะลูมิเนียมเท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนี้

- ขนาดของประตูมีส่วนสำคัญที่สุดในการกำหนดความหนาของอะลูมิเนียม หากประตูบานใหญ่หรือสูงมากก็ย่อมต้องใช้อลูมิเนียมที่มีความหนามากขึ้น เพื่อความแข็งแรง

- รูปแบบการใช้งานของประตูเป็นส่วนที่สำคัญ เช่น ประตูอลูมิเนียมบานติดตาย หรือบานเลื่อนสามารถใช้อลูมิเนียมที่มีความหนาน้อยกว่าประตูอลูมิเนียมบานเปิดได้ เนื่องจากลักษณะการใช้งานที่มีการกระแทกน้อยกว่า

- หากใช้งานภายใน อาจจะเลือกประตูอลูมิเนียม ที่มีความหนาน้อยกว่าบานประตูที่ใช้ภายนอกได้

- ถ้าเป็นประตูอลูมิเนียมที่ใช้ในพื้นที่สูง ก็ควรมีความหนา และแข็งแรงทนทานกว่า เพราะต้องรับแรงลมที่มากระทำมากกว่าชั้นล่าง

2.15.4 ลักษณะหน้าตัดอลูมิเนียม (Profile)[31]

ลักษณะหน้าตัดของวงกบอลูมิเนียมของประตูบานผลักสองทาง (สวิง) จะคล้ายกับประตูบานเปิด แต่แตกต่างกันตรงที่สามารถผลักเข้าผลักออกได้ทั้งสองฝั่ง ซึ่งจะไม่มีบังใบ เพื่อให้ประตูสามารถเปิดเข้าออกได้สองทิศทาง แต่หากต้องการให้ประตูเปิดเข้าหรือออกได้ทางเดียวก็สามารถใช้บังใบสำหรับเป็นส่วนที่ใช้หยุดประตูได้ หน้าตัดอลูมิเนียมจะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบของผู้ผลิต

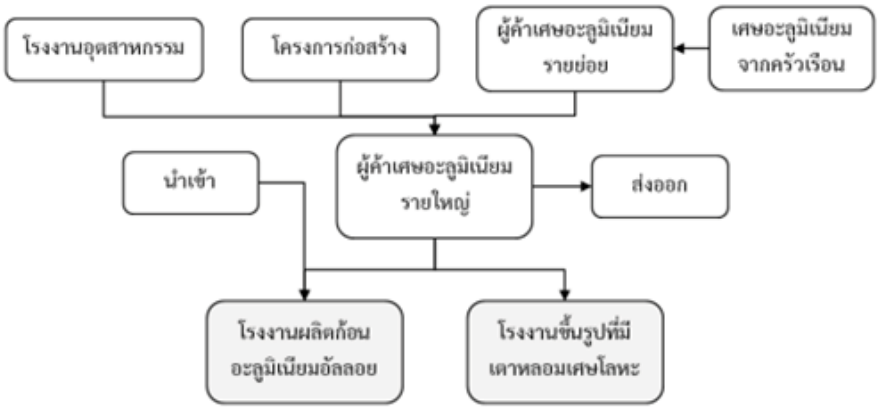
Chulalongkorn University

[30] WAZZADU TRANSMEDIA. รวมข้อมูลวัสดุศาสตร์ หลักการพิจารณาเลือกใช้ ประตูอลูมิเนียม (Aluminium Doors). [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.wazzadu.com/article/3379. [20 เมษายน 2564]

[31] บัณฑิต จุลาสัย และ สุริยน ศิริธรรมปิติ. วัสดุและการก่อสร้าง : ประตูและหน้าต่าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

2.16 เศษอลูมิเนียม[32]

แหล่งที่มาและประเภทของเศษอลูมิเนียม เศษอลูมิเนียมที่หมุนเวียนอยู่ในตลาดมีที่มาทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โครงการก่อสร้าง รวมถึงจากครัวเรือนที่มีการใช้อลูมิเนียมกันอย่างแพร่หลายผ่านบรรจุภัณฑ์หรือภาชนะต่างๆ โดยเศษอลูมิเนียมเหล่านี้จะถูกรวบรวมโดยผู้ค้าเศษอลูมิเนียมทั้งรายย่อยและรายใหญ่และส่งต่อไปยังผู้ประกอบการอุตสาหกรรมหลอมเศษอลูมิเนียมเพื่อหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง ตามภาพที่ 31



ภาพที่ 31 แผนผังแหล่งที่มาและการหมุนเวียนเศษอลูมิเนียม

ปัจจุบันผู้ประกอบการแบ่งเศษอลูมิเนียม ออกเป็น 4 ประเภท ได้ดังนี้ 1.เศษอลูมิเนียมจากการอัดขึ้นรูป (Extrude) หรือเศษอลูมิเนียมเก่า ส่วนใหญ่จะถูกนำไปหลอมเป็นบิลเลต (แท่งอลูมิเนียม) เพื่อนำกลับไปอัดขึ้นรูปใหม่ โดยเศษประเภทนี้ ประกอบด้วยเศษกรอบประตูหน้าต่าง เศษท่อ เป็นต้น 2.เศษอลูมิเนียมแผ่น จากงานขึ้นรูปและอลูมิเนียมอัลลอยต่างๆ (Wrought, Low Alloy) ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปหลอมมาเป็นแผ่นเพื่อรีด อีกส่วนถูกนำไปเป็นส่วนผสมในการหลอมอินกอตสำหรับงานหล่อ เพื่อเจือธาตุผสมโดยเศษประเภทนี้ ประกอบด้วยเศษแผ่น เครื่องครัว สายไฟปั๊มแอร์ ฝาบรรจุภัณฑ์ 3.เศษอลูมิเนียมจากการหล่อ(Casting) จะถูกนำไปหลอมใหม่เป็นอินกอตสำหรับงานหล่อเกรด หล่อด้วยแรงโน้มถ่วง (AC) หรือหล่อแบบฉีด (ADC) ต่างๆ โดยเศษประเภทนี้ประกอบด้วยลูกสูบ กะทะ รังผึ้งหม้อน้ำ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ล้อแม็กซ์ รวมถึงเศษขี้กลึง กระป๋องใช้แล้ว (Used beverage bans: UBCs) 4.เศษที่เกิดระหว่างการผลิตกระป๋อง การรีดแผ่นสำหรับนำมาขึ้นรูป

[32] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. การสำรวจสถานภาพอุตสาหกรรมโลหะนอกกลุ่มเหล็กอะลูมิเนียม. รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร : ประเทศไทย, 2557.

กระป๋องได้จะต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้เศษกระป๋องใช้แล้วเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกส่งออกนอกประเทศเพื่อนำกลับไปหลอมใหม่

2.17 กระจกอาคาร[33]

การใช้กระจกเป็นส่วนประกอบของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสูงยิ่งเป็นการฝืนกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ เพราะบนอาคารสูงมีปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งที่เข้ามามีผลกระทบต่ออาคารมากกว่าอาคารเตี้ย สิ่งนั้นคือ แรงปะทะของลม (win load) ซึ่งจะมีกำลังแรงขึ้นไปตามความสูงของอาคาร การเลือกใช้กระจกด้านนอกที่มีความหนาเหมือนกันหมด กระจกชั้นล่างๆที่ไม่มีแรงลมเข้ามากระทำจะทนอยู่ได้ แต่กระจกชั้นสูงๆที่มีแรงลมเข้ามากระทบอาจจะทนไม่ไหว อันตรายสูงสุดจะเกิดขึ้นตอนที่มีพายุ และเมื่อมีการเปิดประตูเข้าห้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีช่องโล่งบริเวณกลางอาคาร แรงอัดอากาศภายในและภายนอกจะมีความแตกต่างกันสูงมาก กระจกด้านนอกอาคารนั้นจะยิ่งมีโอกาสแตกและหล่นลงมาเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินหรือสิ่งของเบื้องล่างได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสบายใจและความปลอดภัย จึงอาจประมาณการเหมาะสมของการใช้กระจกธรรมดาหนา 6 มิลลิเมตร กับขนาดของช่องเปิดและความสูงของอาคารได้ คือ ถ้าใช้กับช่องเปิดขนาด 1-2 ตารางเมตร สามารถใช้ได้ตั้งแต่ชั้นที่ 1-30 ส่วนช่องเปิดขนาด 3 ตารางเมตร สามารถใช้ได้ตั้งแต่ชั้นที่ 1-10 และเมื่อเป็นช่องเปิดขนาด 4-5 เมตร ไม่ควรใช้เกินชั้นที่ 4 ถ้าเกินกว่านี้จะต้องเพิ่มความหนากระจกเป็น 8 มิลลิเมตร เป็นต้น

2.18 เศษกระจก[34]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เศษกระจกแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ กระจกแผ่น, กระจกเส้น และกระจกเม็ดข้าวโพด การศึกษาพบว่ากระจกแผ่นมีจำนวนการทิ้งมากที่สุด เพราะจากการทำงานของร้านกระจกนั้น ส่วนใหญ่มักจะตัด เป็นประตู หน้าต่าง จึงเหลือเศษที่เหลือจากการทำงานมากที่สุด เศษกระจกเหลือทิ้งนั้น ไม่เป็นที่ต้องการและไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้มากไปกว่าการขายทิ้ง เศษกระจกเหลือทิ้ง จะถูกขายเป็นเศษเพื่อหลอมใหม่ ในราคาที่ต่ำ จึงไม่คุ้มค่าที่จะนำไปขาย เนื่องจากไม่คุ้มค่าในการขนส่ง จึงนิยมที่จะทิ้งมากกว่า อีกทั้งกระจกจัดอยู่ในหมวดของวัสดุ อันตราย จากการทิ้งจำนวนมาก

---

[33] พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้าง : กระจก. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[34] พบพร เอี่ยมใส และคณะ. แนวทางการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมจากเศษกระจกเหลือทิ้ง. เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 1), 2559.

อาจก่อให้เกิดขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ และยังสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่เก็บขยะที่มีเศษกระจกเหลือทิ้งปะปนไป

2.19 ราคาอลูมิเนียมและกระจก[35]

ราคาอลูมิเนียมและกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร สำหรับราคาอลูมิเนียม จะแบ่งเป็นส่วนของวงกบและบานกรอบ โดยวงกบอลูมิเนียม ขนาด 2 x 4 นิ้ว ความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ทำผิวชุบ สีธรรมชาติ (Natural Anodized) ราคา 270 บาท/เมตร และบานกรอบอลูมิเนียมราคา 310 บาท/เมตร ในส่วนของกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ราคา 19 บาท/ตารางฟุต ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ราคาอลูมิเนียมและกระจก

รายการ	**ค่าวัสดุ**
วงกบอลูมิเนียม (ขนาด 2 x 4 นิ้ว ความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร) ทำผิวชุบ สีธรรมชาติ (NA)	270 (บาท/เมตร)
บานกรอบอลูมิเนียม	310 (บาท/เมตร)
กระจกใส หนา 6 มม.	19 (บาท/ตารางฟุต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่มา : บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน สพฐ. (2565)

จากข้อมูลข้างต้น เมื่อนำมาพิจารณาตัวอย่างประตูขนาด 1.000x2.000 เมตร ซึ่งจะใช้วงกบอลูมิเนียมความยาวรวมทั้งหมด 6 เมตร และบานกรอบความยาวทั้งหมด 6 เมตร พบว่าวงกบและบานกรอบอลูมิเนียมราคารวม 3,480 บาท ในขณะที่กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร พื้นที่รวม 21.52 ตารางฟุต ราคารวม 410 บาท ดังนั้นราคาอลูมิเนียมจึงสูงกว่าราคากระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ตามตารางที่ 5

[35] กลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. 2564. บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน ประจำปี พ.ศ.2565. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.yotathai.com/yotanews/cost-build-65. [25 ธันวาคม 2564].

ตารางที่ 5 ราคาอลูมิเนียมและกระจกของประตูขนาด 1.000 x 2.000 เมตร

รายการ	**ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.000 x 2.000 เมตร**		
	ราคา/หน่วย	**อลูมิเนียม (6 เมตร) (บาท)**	**กระจก (21.52 ตารางฟุต) (บาท)**
วงกบอลูมิเนียม	270 (บาท/เมตร)	1,620	-
บานกรอบอลูมิเนียม	310 (บาท/เมตร)	1,860	-
กระจกใส 6 mm.	19 (บาท/ตร.ฟุต)	-	410
ราคารวม		**3,480**	**410**

จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าราคาอลูมิเนียมสูงกว่าราคากระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ประมาณ 8 เท่า ในการศึกษาครั้งนี้ จึงวิเคราะห์โดยการใช้ขนาดของอลูมิเนียมมาพิจารณาก่อน แล้วจึงนำขนาดประตูที่ประหยัดอลูมิเนียมมาพิจารณากับขนาดของกระจกตามลำดับ เพื่อให้ได้ขนาดกระจกที่ใช้แล้วจะทำให้เหลือเศษน้อยที่สุด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ทำให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับต้นทุนในงานก่อสร้าง รวมถึงงานประตูหน้าต่าง ซึ่งค่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตประตูหน้าต่างเป็นต้นทุนที่สำคัญที่จะทำให้ราคาประตูหน้าต่างสูง การบริหารจัดการให้เกิดการใช้วัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการเกิดเศษขยะในงานก่อสร้างเป็นสิ่งที่สามารถทำได้ตั้งแต่การออกแบบและการผลิต เพราะเป็นแนวทางที่จัดการที่สิ้นเปลืองน้อยที่สุด อีกทั้งยังทำให้เข้าใจงานประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก ลักษณะหน้าตัดอลูมิเนียมที่ใช้ทำประตูบานเปิดเดี่ยว ส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการประกอบติดตั้งประตูบานเปิด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาครั้งนี้ โดยสามารถสรุปการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามตารางที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6 สรุปการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่ศึกษา	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อมูลที่ได้จากการทบทวน
ต้นทุนค่าก่อสร้าง		
สุพจน์ อุปริมาตร, 2550	ค่าแรงงานและวัตถุดิบในงานก่อสร้าง	ค่าวัสดุก่อสร้างเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างมากที่สุด
สมชาย โพพาทอง, 2554	แนวทางการบริหารจัดการวัสดุก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด	ราคาค่าก่อสร้างจะถูกหรือแพงขึ้นอยู่กับค่าวัสดุ จึงต้องวางแผนการใช้วัสดุอย่างรอบคอบ
โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง, 2551	ต้นทุนการผลิตประตูหน้าต่าง	ราคาต้นทุนประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจกมาจากค่าวัตถุดิบและค่าแรงงาน โดยค่าวัตถุดิบคิดเป็น 3 ใน 4 ส่วน ของต้นทุนทั้งหมด
เศษวัสดุในงานก่อสร้าง		
วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 2556	การบริหารเศษวัสดุในงานก่อสร้าง	แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบริหารเศษวัสดุ คือ การหลีกเลี่ยงและการลดการเกิดเศษ เพราะเป็นแนวทางที่จัดการที่ต้นเหตุและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด โดยวางแผนและออกแบบการใช้วัสดุอย่างรอบคอบ
สุชา กิตติวรารัตน์ และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์, 2555	แนวทางการลดปริมาณขยะในงานก่อสร้าง	สาเหตุการเกิดเศษวัสดุคือ การออกแบบไม่ลงตัวกับขนาดของวัสดุ ทำให้เกิดการตัดเศษวัสดุ การลดปริมาณของเสียตั้งแต่การออกแบบและการผลิตจะช่วยลดการเกิดเศษวัสดุได้
ประตูหน้าต่าง		
บัณฑิต จุลาสัย, และ สุริยน ศิริธรรมปิติ, 2547	ประเภทของประตู	ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในงานประตูหน้าต่างทั้งในเรื่อง ประเภทของประตู วัสดุที่ใช้ทำ อุปกรณ์ประกอบ ส่วนประกอบต่างๆ หน้าตัด (section) อลูมิเนียม ประเภทของสีอลูมิเนียม รวมไปถึงลักษณะการตัด ประกอบและติดตั้งของประตูบานเปิดอลูมิเนียมกระจก
โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง, 2551	คุณสมบัติของวัสดุทำประตูหน้าต่าง	
บัณฑิต จุลาสัย, และ สุริยน ศิริธรรมปิติ, 2547	อุปกรณ์ของประตูหน้าต่างบานเปิด	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่ศึกษา	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อมูลที่ได้จากการทบทวน
ธนิต อาภรณ์รัตน์, 2554	อุปกรณ์ของประตูบานเปิดหรือบานผลักสองทางสำหรับงานอลูมิเนียม	เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้
ธนิต อาภรณ์รัตน์, 2557	การประกอบและติดตั้งประตูอลูมิเนียมกระจกบานเปิด-ปิด(สวิง)	
www.dojogarden.com, 2565	เทคนิคการใช้เลื่อยตัดอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด	
Machado et al., 2020	การเพิ่มประสิทธิภาพการตัดแท่งอลูมิเนียมสำหรับการผลิตประตูและหน้าต่าง	การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการตัดเส้นอลูมิเนียมเพื่อช่วยลดการสูญเสียเศษและให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง, 2551	การคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบของประตูหน้าต่าง	ช่องว่างในงานวิจัย นำไปใช้ในการคำนวณหาเศษที่เหลือจากการใช้อลูมิเนียมและกระจก
วัสดุที่ใช้ทำประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก		
อลูมิเนียม		
สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย, 2557	การคาดการณ์ราคาอลูมิเนียมโลก	ทิศทางราคาอลูมิเนียมช่วงปี 2557-2563 แนวโน้มจะปรับตัวสูงขึ้นและมีความต้องการใช้อลูมิเนียมมากขึ้น
สุมิตร คชวงษ์, 2560	คุณสมบัติของอลูมิเนียมที่ใช้ทำประตูหน้าต่าง	อลูมิเนียมขึ้นรูปแบ่งเป็นเกรดตามส่วนผสม แต่ละเกรดจะมีการนำไปใช้งานแตกต่างกัน แต่เกรดอลูมิเนียมที่ใช้ทำวงกบ บานกรอบประตูหน้าต่าง คือ เกรด 6063 T5
สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย, 2557	เศษอลูมิเนียม	เศษอลูมิเนียมจากการอัดขึ้นรูป (Extrude) เช่น เศษกรอบประตูหน้าต่าง ส่วนใหญ่จะถูกนำไปหลอมเป็นบิลเลตเพื่อนำกลับไปอัดขึ้นรูปใหม่
กระจก		
พรรณชลัท สุริโยธิน, 2543	กระจกอาคาร	ประมาณการความเหมาะสมสำหรับกระจกด้านนอกอาคาร การใช้กระจกธรรมดา หนา 6 มม. หากใช้กับช่องเปิดขนาด 1-2 ตร.ม. ใช้ได้ตั้งแต่ชั้นที่ 1-30 ช่องเปิดขนาด 3 ตร.ม. ใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่ศึกษา	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อมูลที่ได้จากการทบทวน
		ตั้งแต่ชั้น 1-10 ช่องเปิดขนาด 4-5 ตร.ม. ไม่ควรใช้เกินชั้นที่ 4 ถ้าเกินกว่านี้ต้องเพิ่มความหนากระจกเป็น 8 มม.
พบพร เอี่ยมใส, รินรดา ศิริ, ณัฐพล อุตะมะโชค และ ปรารถนา ศิริสานต์, 2559	เศษกระจก	เศษกระจกมี 3 ประเภท กระจกแผ่น กระจกเส้น กระจกเม็ดข้าวโพด กระจกที่เหลือเศษทิ้งมากที่สุดคือ กระจกแผ่น ซึ่งนำไปตัดเป็นประตูหน้าต่าง โดยเศษจะถูกนำไปขายเพื่อหลอมใหม่ แต่มีราคาต่ำ ไม่คุ้มค่าขนส่ง จึงนิยมนำไปทิ้ง
ราคาอลูมิเนียมและกระจก		
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2565	ราคาอลูมิเนียมและกระจก	ราคาอลูมิเนียม 2x4 นิ้ว สูงกว่าราคากระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร การศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์จากขนาดอลูมิเนียม แล้วจึงนำขนาดที่ประหยัดอลูมิเนียมมาวิเคราะห์กับขนาดกระจกตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
ผลการศึกษา

กรมโยธาธิการและผังเมือง เป็นหน่วยงานราชการที่ออกแบบการก่อสร้างและการควบคุมการก่อสร้างอาคาร ดำเนินการและสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในด้านการพัฒนาเมือง พื้นที่และชนบท รวมทั้งการกำหนดคุณภาพและมาตรฐานการก่อสร้างด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการผังเมือง โดยให้บริการและคำปรึกษาเกี่ยวกับงานออกแบบ งานก่อสร้าง และงานที่อยู่ในอำนาจหน้าที่ของกรมแก่หน่วยงานต่างๆ ดำเนินงานเกี่ยวกับการออกแบบ การก่อสร้างและควบคุมอาคาร ก่อสร้างอาคารและโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งการบูรณะและบำรุงรักษา การศึกษานี้เลือกแบบประตูของอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบเป็นกรณีศึกษา จำนวน 18 อาคาร เนื่องจากเป็นแบบอาคารที่ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ จากการทำงานในสายงานที่เกี่ยวข้องกับสถาปนิก

โดยลักษณะอาคารแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบมาตรฐาน ซึ่งเป็นแบบอาคารที่เจ้าของโครงการ มีความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคารแบบเดียวกันทั่วประเทศ เพื่อรองรับการใช้งานที่มีพื้นที่ใช้สอยในลักษณะเดียวกัน และอาคารที่เป็นแบบเฉพาะ ซึ่งเป็นแบบที่เจ้าของโครงการมีความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคารเฉพาะที่ใดที่หนึ่ง เพื่อรองรับการใช้งานที่มีพื้นที่ใช้สอยเฉพาะที่นั้นๆ โดยมีรายชื่ออาคาร ตามตารางที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7 รายชื่ออาคารกรณีศึกษา 18 หลัง

ประเภท	รายชื่ออาคาร
แบบมาตรฐาน	แบบมาตรฐานหอประชุมขนาด 300 คน ศูนย์ราชการ
แบบมาตรฐาน	แบบมาตรฐานหอประชุมขนาด 500 คน ศูนย์ราชการ
แบบมาตรฐาน	แบบมาตรฐานที่ว่าการอำเภอ กรมการปกครอง
แบบมาตรฐาน	แบบมาตรฐานอาคารสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด
แบบมาตรฐาน	แบบมาตรฐานสำนักงาน ป.ป.ช. ประจำจังหวัด
แบบมาตรฐาน	แบบมาตรฐานอาคารชุดพักอาศัย ของสำนักงาน ป.ป.ช. ประจำจังหวัด
แบบเฉพาะ	อาคารหอประชุมจังหวัดกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์
แบบเฉพาะ	สำนักงานสงเคราะห์ทหารผ่านศึกเขตลพบุรี อาคารสำนักงาน
แบบเฉพาะ	อาคารศูนย์บริการประชาชนและที่จอดรถบริเวณด้านหน้าอาคาร 1 สำงานงาน ป.ป.ช. ถ.นนทบุรี จ.นนทบุรี
แบบเฉพาะ	ปรับปรุงขยายอาคาร สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่
แบบเฉพาะ	สำนักงานอัยการจังหวัดชัยนาท อ.เมือง จ.ชัยนาท
แบบเฉพาะ	สำนักงานประกันสังคม สาขาคลองหลวง (อาคารเอนกประสงค์) อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
แบบเฉพาะ	ศาลากลางจังหวัดสุรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
แบบเฉพาะ	ต่อเติมศาลากลางจังหวัดนครนายก อำเภอเมือง จ.นครนายก
แบบเฉพาะ	อาคารจอดรถและส่วนบริการ ศูนย์ราชการจังหวัดนนทบุรี อ.เมือง จ.นนทบุรี
แบบเฉพาะ	ปรับปรุงอาคารหอพักนักศึกษาพยาบาล โรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี ศาลายา
แบบเฉพาะ	อาคารศูนย์ราชการ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
แบบเฉพาะ	อาคารศูนย์นวัตกรรมเฉลิมพระเกียรติ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ จำนวน 18 อาคาร พบรูปแบบประตูและหน้าต่างหลายรูปแบบ และหลายขนาด โดยทำจากวัสดุหลายประเภท ได้แก่ ไม้ เหล็ก พลาสติก และอลูมิเนียม ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการศึกษาเฉพาะขนาดของประตูอลูมิเนียม ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิด คือ อลูมิเนียมและกระจก เฉพาะประตูอลูมิเนียมกระจก พบรูปแบบประตู 6 รูปแบบ จำนวน 46 ขนาด หน้าต่าง 6 รูปแบบ จำนวน 108 ขนาด โดยมีเงื่อนไขในการวัดขนาด เพื่อให้สามารถเข้าใจได้โดยง่าย ดังนี้

1.การวัดขนาดของประตูบานเปิดเดี่ยว บานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง และบานเปิดคู่

- การวัดความกว้าง (W) จะวัดจากขอบวงกบด้ายซ้ายไปจนถึงขอบวงกบด้านขวาของบานเปิด
- การวัดความสูง (H) จะวัดจากขอบวงกบด้านบนไปจนถึงขอบวงกบด้านล่าง ในกรณีที่มีช่องแสงด้านบน จะวัดความสูงจากขอบวงกบด้านบนส่วนของช่องแสงถึงด้านล่างส่วนของวงกบประตู

2.การวัดขนาดของประตูบานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ และบานเลื่อนสลับ ซึ่งจะมีบานติดตายอยู่ด้านซ้ายหรือด้านขวา

- การวัดความกว้าง (W) จะวัดจากขอบวงกบด้ายซ้ายไปจนถึงขอบวงกบด้านขวาของบานเลื่อน
- การวัดความสูง (H) จะวัดจากขอบวงกบด้านบนไปจนถึงขอบวงกบด้านล่าง

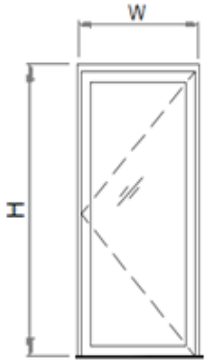
ทั้งนี้ในการวัดขนาดประตูทุกประเภท จะใช้วิธีการวัดแบบริมขอบนอกเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1 ประตู

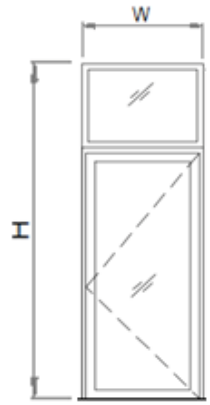
จากการศึกษาแบบประตูที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ จำนวน 18 อาคาร พบรูปแบบประตู 6 รูปแบบ คือ บานเปิดเดี่ยว บานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสงบน บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ บานเลื่อนสลับ ตามภาพที่ 32 ,33, 34, 35, 36 และ 37

1. ประตูบานเปิดเดี่ยว ตามภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ประตูบานเปิดเดี่ยว

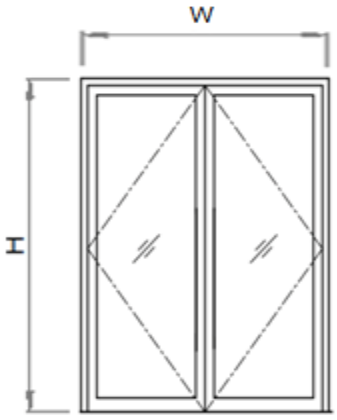
2. ประตูบานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง ตามภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ประตูบานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง

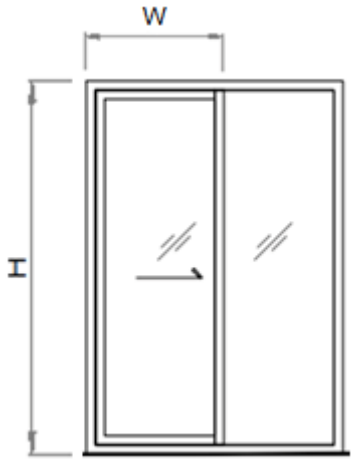
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3 ประตูบานเปิดคู่ ตามภาพที่ 34



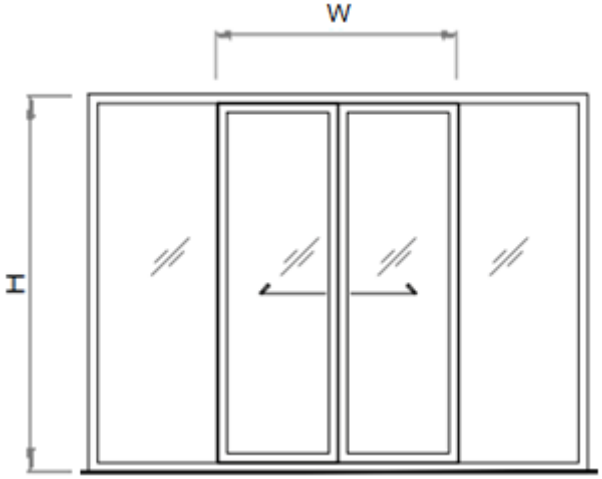
ภาพที่ 34 ประตูบานเปิดคู่

4 ประตูบานเลื่อนเดี่ยว ตามภาพที่ 35



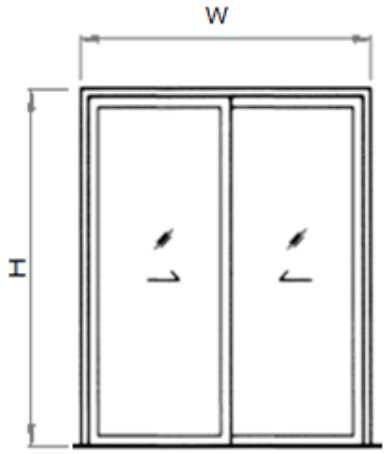
ภาพที่ 35 ประตูบานเลื่อนเดี่ยว

5 ประตูบานเลื่อนคู่ ตามภาพที่ 36



ภาพที่ 36 ประตูบานเลื่อนคู่

6 ประตูบานเลื่อนสลับ ตามภาพที่ 37



ภาพที่ 37 ประตูบานเลื่อนสลับ

3.1.1 ความกว้างประตู

จากการศึกษาแบบประตูทั้งหมด พบว่าความกว้างประตูมี 21 ระยะ โดยมีความกว้างตั้งแต่ 0.800 เมตร ถึง 2.850 เมตร ดังนี้ 0.800, 0.900, 0.940, 1.000, 1.100, 1.175, 1.200, 1.250, 1.325, 1.500, 1.600, 1.700, 1.800, 1.850, 1.900, 1.925, 2.000, 2.100, 2.120, 2.150 และ 2.850 เมตร ตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความกว้างประตู

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7
กว้าง	0.800	0.900	0.940	1.000	1.100	1.175	1.200

ลำดับ	8	9	10	11	12	13	14
กว้าง	1.250	1.325	1.500	1.600	1.700	1.800	1.850

ลำดับ	15	16	17	18	19	20	21
กว้าง	1.900	1.925	2.000	2.100	2.120	2.150	2.850

3.1.2 ความสูงประตู

จากการศึกษาแบบประตูทั้งหมด พบว่าความสูงประตูมี 10 ระยะ โดยมีความสูงตั้งแต่ 2.050 เมตร ถึง 3.000 เมตร ดังนี้ 2.050, 2.200, 2.250, 2.300, 2.350, 2.500, 2.550, 2.600, 2.800 และ 3.000 เมตร ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความสูงประตู

ลำดับ	1	2	3	4	5
สูง	2.050	2.200	2.250	2.300	2.350

ลำดับ	6	7	8	9	10
สูง	2.500	2.550	2.600	2.800	3.000

3.1.3 ขนาดประตู

จากการศึกษาแบบประตูทั้งหมด พบว่าขนาดประตูทั้งหมดมี 46 ขนาด มีรูปร่างที่มีระยะด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้ 0.800 x 2.050, 0.800 x 2.500, 0.900 x 2.050, 0.900 x 2.600, 0.940 x 2.200, 1.000 x 2.200, 1.000 x 2.250, 1.000 x 2.500, 1.000 x 2.600, 1.000 x 2.900, 1.000 x 3.000, 1.100 x 2.050, 1.100 x 3.000, 1.175 x 2.250, 1.200 x 2.050, 1.250 x 2.250, 1.325 x 2.200, 1.500 x 2.050, 1.600 x 2.050, 1.600 x 2.250, 1.700 x 2.050, 1.700 x 2.250, 1.700 x 2.300, 1.700 x 2.600, 1.800 x 2.050, 1.850 x 2.050, 1.900 x 2.050, 1.900 x 2.200, 1.900 x 2.250, 1.900 x 2.350, 1.900 x 2.500, 1.900 x 2.550, 1.925 x 2.250, 2.000 x 2.250, 2.000 x 2.500, 2.000 x 2.600, 2.050 x 2.500, 2.100 x 2.050, 2.100 x 2.200, 2.100 x 2.250, 2.100 x 2.300, 2.100 x 2.800, 2.120 x 2.050, 2.150 x 2.250, 2.150 x 3.000 และ 2.850 x 2.050 เมตร ตามตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 ขนาดประตู

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
กว้าง	0.800	0.800	0.900	0.900	0.940	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.100
สูง	2.050	2.500	2.050	2.600	2.200	2.200	2.250	2.500	2.600	2.900	3.000	2.050

ลำดับ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
กว้าง	1.100	1.175	1.200	1.250	1.325	1.500	1.600	1.600	1.700	1.700	1.700	1.700
สูง	3.000	2.250	2.050	2.250	2.200	2.050	2.050	2.250	2.050	2.250	2.300	2.600

ลำดับ	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
กว้าง	1.800	1.850	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.925	2.000	2.000	2.000
สูง	2.050	2.050	2.050	2.200	2.250	2.350	2.500	2.550	2.250	2.250	2.500	2.600

ลำดับ	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
กว้าง	2.050	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.120	2.150	2.150	2.850
สูง	2.500	2.050	2.200	2.250	2.300	2.800	2.050	2.250	3.000	2.050

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 ขนาดประตูแบ่งตามประเภทบาน

1. ประตูบานเปิดเดี่ยว มี 6 ขนาด มีรูปร่างที่มีด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้ 0.800 x 2.050, 0.800 x 2.500, 1.000 x 2.200, 1.000 x 2.250, 1.000 x 2.500 และ 1.000 x 2.600 เมตร ตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว

ลำดับ	1	2	3	4	5	6
กว้าง	0.800	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000
สูง	2.050	2.500	2.200	2.250	2.500	2.600

2. ประตูบานเปิดเดี่ยว แบบมีช่องแสง มี 3 ขนาด มีรูปร่างที่มีด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้ 0.900 x 2.600, 1.000 x 2.900 และ 1.000 x 3.000 เมตร ตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวแบบมีช่องแสง

ลำดับ	1	2	3
กว้าง	0.900	1.000	1.000
สูง	2.600	2.900	3.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ประตูบานเปิดคู่ มี 24 ขนาด มีรูปร่างที่มีด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้

1.500 x 2.050, 1.600 x 2.050, 1.600 x 2.250, 1.700 x 2.050, 1.700 x 2.250, 1.700 x 2.300, 1.700 x 2.600, 1.800 x 2.050, 1.850 x 2.050, 1.900 x 2.050, 1.900 x 2.200, 1.900 x 2.250, 1.900 x 2.350, 1.900 x 2.500, 1.900 x 2.550, 1.925 x 2.250, 2.000 x 2.500, 2.000 x 2.600, 2.100 x 2.050, 2.100 x 2.200, 2.100 x 2.250, 2.100 x 2.300, 2.100 x 2.800 และ 2.120 x 2.050 เมตร ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ขนาดประตูบานเปิดคู่

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
กว้าง	1.500	1.600	1.600	1.700	1.700	1.700	1.700	1.800	1.850	1.900	1.900	1.900
สูง	2.050	2.050	2.250	2.050	2.250	2.300	2.600	2.050	2.050	2.050	2.200	2.250

ลำดับ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
กว้าง	1.900	1.900	1.900	1.925	2.000	2.000	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.120
สูง	2.350	2.500	2.550	2.250	2.500	2.600	2.050	2.200	2.250	2.300	2.800	2.050

4. ประตูบานเลื่อนเดี่ยว มี 8 ขนาด มีรูปร่างที่มีด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้ 0.900 x 2.050, 0.940 x 2.200, 1.000 x 2.500, 1.100 x 2.050, 1.100 x 3.000, 1.175 x 2.250, 1.200 x 2.050 และ 1.325 x 2.200 เมตร ตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ขนาดประตูบานเลื่อนเดี่ยว

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8
กว้าง	0.900	0.940	1.000	1.100	1.100	1.175	1.200	1.325
สูง	2.050	2.200	2.500	2.050	3.000	2.250	2.050	2.200

5. ประตูบานเลื่อนคู่ มี 5 ขนาด มีรูปร่างที่มีด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้ 1.250 x 2.250, 2.050 x 2.500, 2.150 x 2.250, 2.150 x 3.000 และ 2.850 x 2.050 เมตร ตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ขนาดประตูบานเลื่อนคู่

ลำดับ	1	2	3	4	5
กว้าง	1.250	2.050	2.150	2.150	2.850
สูง	2.250	2.500	2.250	3.000	2.050

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ประตูบานเลื่อนสลับ มี 1 ขนาด มีรูปร่างที่มีด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ดังนี้ 2.000 x 2.250 เมตร ตามตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ขนาดประตูบานเลื่อนสลับ

ลำดับ	1
กว้าง	2.000
สูง	2.250

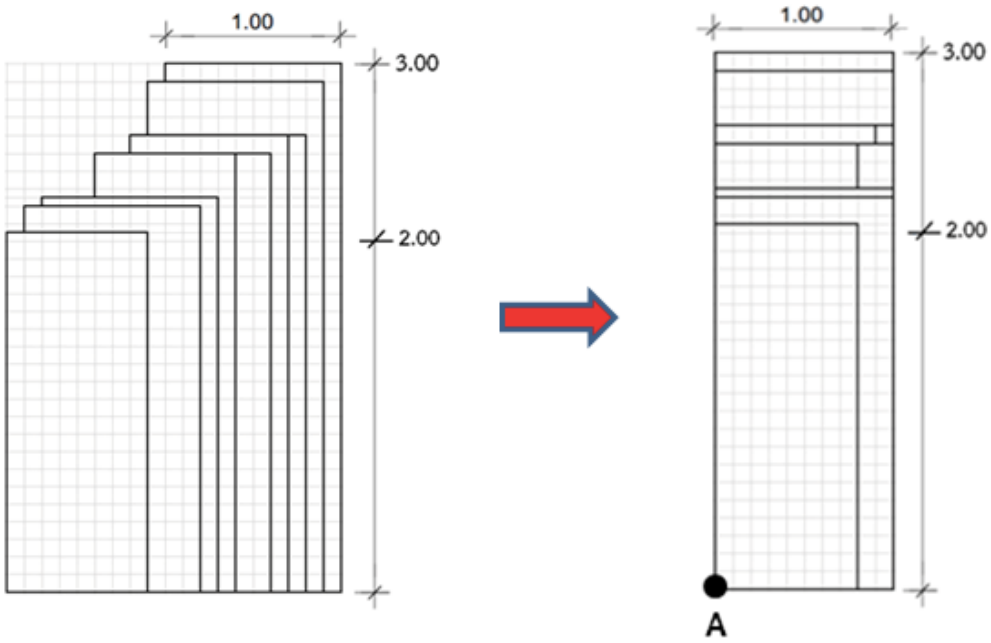
จากการศึกษาอาคารที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ จำนวน 18 อาคาร พบรูปแบบและขนาดของประตูตามที่กล่าวมาข้างต้น ในการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นไปที่ประตูบานเปิดเดี่ยวทั้งแบบที่ไม่มีช่องแสงและแบบมีช่องแสง ซึ่งมี 9 ขนาด ดังนี้ 0.800 x 2.050, 0.800 x 2.500, 0.900 x 2.600, 1.000 x 2.200, 1.000 x 2.250, 1.000 x 2.500, 1.000 x 2.600, 1.000 x 2.900, 1.000 x 3.000 เมตร ตามตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
กว้าง	0.800	0.800	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
สูง	2.050	2.500	2.600	2.200	2.250	2.500	2.600	2.900	3.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อทำการซ้อนภาพ ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด โดยมีตำแหน่งเริ่มต้นที่จุด A เดียวกัน เพื่อแสดงให้เห็นความต่างของขนาดแต่ละขนาด จะได้ตามภาพที่ 38



ภาพที่ 38 ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด เมื่อทำการซ้อนภาพโดยมีตำแหน่งจุด A เดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจก

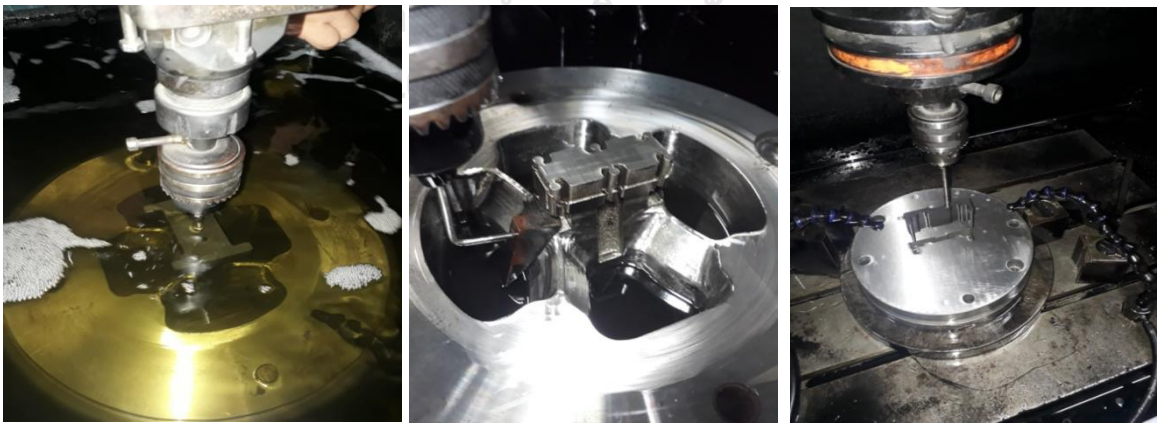
ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก ประกอบไปด้วย 3 เรื่อง คือ การผลิตอลูมิเนียม การผลิตกระจก และการตัด ประกอบ และติดตั้ง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 โรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Profile)

การศึกษานี้ทำการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานผลิตอลูมิเนียม อลูมิเนียมที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำประตูหน้าต่าง คือ อลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Aluminium Extrusion) ที่มาจากกระบวนการการรีดขึ้นรูปเป็นเส้น จากการที่ผู้วิจัยได้สังเกตการณ์ ถ่ายภาพ จดบันทึก และสัมภาษณ์วิศวกรในโรงงานผลิต พบขั้นตอนการผลิตดังต่อไปนี้

1.การออกแบบและผลิตแม่พิมพ์

ขั้นตอนแรกในการผลิตอลูมิเนียม จะมีการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นสิ่งกำหนดรูปร่างหน้าตัดของเส้นอลูมิเนียม เส้นอลูมิเนียมจะมีหน้าตัดอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัดของแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็ก โดยเริ่มจากการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อให้เส้นอลูมิเนียมมีหน้าตัดตามที่ต้องการ จากนั้นทำการกลึงแม่พิมพ์เหล็ก กัดผิว ชุบแข็งและเจียผิวแม่พิมพ์ ไปจนถึงการผ่านกระบวนการตัดโลหะด้วยไฟฟ้า (Wire Cut) การกัดเซาะโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า (EDM) ตามภาพที่ 39 และทำการขัดประกอบแม่พิมพ์เหล็กเพื่อใช้ในการขึ้นรูปอลูมิเนียมต่อไป



ภาพที่ 39 การกัดเซาะโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า (EDM)

ภาพที่ 40 แม่พิมพ์เหล็ก

2.การเตรียมวัตถุดิบ (Billet)

ขั้นตอนนี้จะมีการนำวัตถุดิบ คือ อลูมิเนียมบิลเลท (Billet) วางบนเครื่องจักร ตามภาพที่ 41 เพื่อเตรียมการอบร้อน ก่อนที่จะนำอลูมิเนียมบิลเลทเข้าเตาอบจะต้องผ่านเครื่องขัดผิว ซึ่งทำหน้าที่ในการทำความสะอาดผิวรอบนอกของอลูมิเนียมบิลเลท

ภาพที่ 41 อลูมิเนียมบิลเลท (Billet)

หลังจากที่เครื่องทำความสะอาดอลูมิเนียมบิลเลทแล้ว บิลเลทจะถูกลำเลียงเข้าเตาอบเพื่ออบร้อน โดยฝ่ายผลิตจะมีการคำนวณความยาวของบิลเลทที่ต้องใช้ในการรีด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความยาวของเส้นอลูมิเนียมที่ต้องการ จากนั้นจึงตั้งค่าเครื่องอัตโนมัติเพื่อทำการตัดอลูมิเนียมบิลเลท

เมื่อตั้งค่าเครื่องตัดและอุณหภูมิความร้อนของบิลเลทที่อยู่ในเตาอบจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ระบบอัตโนมัติจะทำการตัดอลูมิเนียมบิลเลทเป็นท่อนสั้นๆ ตามความยาวที่คำนวณไว้ก่อนหน้า

3.การรีดอลูมิเนียม

ในขั้นตอนการรีดอลูมิเนียม จะเริ่มจากวัตถุดิบคือ อลูมิเนียมบิลเลทจะถูกส่งไปในขั้นตอนการเผาส่วนท้ายของแท่งอลูมิเนียมบิลเลทให้เกิดสีดำ เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนท้ายติดกับเหล็กภายในเครื่องรีด ตามภาพที่ 42

ภาพที่ 42 การเผาส่วนท้ายของอลูมิเนียมบิลเลท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการรีดอลูมิเนียม ภายในเครื่องรีดจะมีแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ 1 ชุด ต่อการรีด 1 ครั้ง เพื่อให้อลูมิเนียมรีดออกมาตามแบบหน้าตัดของแม่พิมพ์ อลูมิเนียมบิลเลทจะถูกดันเข้าเครื่องรีด ตามภาพที่ 43 โดยผ่านแม่พิมพ์ที่อยู่ภายในให้ออกมาเป็นอลูมิเนียมเส้นหน้าตัดต่างๆ หลังจากที่เส้นอลูมิเนียมออกมาจากเครื่องรีดแล้ว จะมีเครื่องพูลเลอร์ (Puller) รับเส้นอลูมิเนียมที่ผลิตออกมา เส้นอลูมิเนียมจะถูกยืดออกไปตามความยาวที่กำหนดไว้ และจะอยู่บน Run out เพื่อพักคลายความร้อนตามธรรมชาติ ตามภาพที่ 44 เมื่อความร้อนลดลง จะมีการสุ่มตรวจสอบ โดยการตัดตัวอย่างเส้นอลูมิเนียมบางส่วนเพื่อวัดขนาด ความกว้าง ความหนา และผิวชิ้นงาน หลังจากที่เส้นอลูมิเนียมถูกรีดผ่านเครื่องจักรออกมาได้ตามความยาวที่ใช้งาน จะมีเครื่องดึงเส้นอลูมิเนียมให้ตรง แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการในการตัดต่อไป

ภาพที่ 43 อลูมิเนียมบิลเลทถูกดันเข้าเครื่องรีด

ภาพที่ 44 เส้นอลูมิเนียมที่ถูกรีดออกจากเครื่อง

4. การตัดเส้นอลูมิเนียม

ขั้นตอนการตัดเส้นอลูมิเนียม โดยการใช้ใบเลื่อยตัด section (Finish saw) เครื่องตัดจะถูกตั้งค่าในการตัดความยาวไว้และทำการตัดแบบอัตโนมัติ โดยเครื่องจักรจะถูกตั้งค่าอัตโนมัติที่ความยาว 6.400 เมตร หากต้องการความยาวที่มากขึ้นหรือน้อยลง จะต้องตั้งค่าระยะการตัดเครื่องใหม่ ดังนั้นความยาวมาตรฐานที่ตัดเป็นจำนวนมาก คือ 6.400 เมตร เมื่อเส้นอลูมิเนียมถูกตัดเรียบร้อยแล้วจะถูกยกไปใส่ตะกร้าเหล็กเพื่อเข้าสู่กระบวนการอบ และกระบวนการทำผิวต่อไป ตามภาพที่ 45

ภาพที่ 45 การตัดเส้นอลูมิเนียม

5. การทำผิวอลูมิเนียม

การทำผิวอลูมิเนียมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การชุบสีอโนไดซ์ (Anodizing) และการพ่นสี (Powder Coating)

5.1 การชุบสีอโนไดซ์ (Anodizing)

การชุบสีอโนไดซ์ เป็นกระบวนการเคลือบผิวอลูมิเนียม เพื่อป้องกันการผุกร่อนของโลหะอลูมิเนียม ด้วยการชุบไฟฟ้ากระแสตรง DC (Direct Current) การชุบอโนไดซ์จะทำให้มีรูพรุนเล็กๆจำนวนมากที่ผิว เมื่อนำสีเข้าไปยังรูพรุนเล็กๆนี้ จะทำให้เกิดสีที่ผิวอลูมิเนียม จากนั้นจึงสร้างชั้นฟิล์มเคลือบเพื่อปกป้องผิว โดยสามารถชุบได้หลายสี เช่น สีชุบขาว (สีธรรมชาติ) สีชาอ่อน สีชาแก่ สีชาดำ และสีดำ ความหนาของผิวที่ชุบที่สามารถกำหนดได้มี 5 ความหนา คือ 10, 15, 18, 20 และ 25 ไมครอน ก่อนที่อลูมิเนียมจะถูกลำเลียงลงในบ่อชุบ จะมีขั้นตอน ดังนี้

1.ขั้นตอนการติดเส้นอลูมิเนียม

ในขั้นตอนนี้จะมีการติดเส้นอลูมิเนียมเพื่อให้กระแสไฟฟ้าทำปฏิกิริยากับเคมี เพื่อสร้างความหนาฟิล์มให้กับผิวอลูมิเนียม และเพื่อยึดเส้นอลูมิเนียมไม่ให้หลุดลงไปในบ่อ เนื่องจากบ่อชุบมีขนาดความกว้าง 1.25 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 2.50 เมตร ดังนั้นในการนำเส้นอลูมิเนียมลงไปในบ่อชุบจะต้องมีความระมัดระวังไม่ให้เส้นอลูมิเนียมตกลงไปในบ่อชุบ จึงต้องมีขั้นตอนการติดหรือยึดเส้นอลูมิเนียมให้มีความแน่นหนา โดยการตอกอุปกรณ์ยึดเส้นอลูมิเนียมกับขาโหลดและยังมีการใช้ลวด

พันชิ้นงานอลูมิเนียมให้ยึดติดกับขาโหลดทีละเส้นในแนวนอน โดยการติดจะให้ด้านหัวหรือท้ายเส้นอลูมิเนียมด้านหนึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าอีกด้านหนึ่ง ประมาณ 25 เซนติเมตร และมีระยะยึดชิ้นงานทั้งด้านหัวและท้ายชิ้นงาน ด้านละประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร ตามภาพที่ 46, 47 และ 48

ภาพที่ 46 การตอกอุปกรณ์ยึดเส้นอลูมิเนียม

ภาพที่ 47 การพันลวดยึดเส้นอลูมิเนียม

ภาพที่ 48 เส้นอลูมิเนียมที่ถูกยึดกับขาโหลด

2. ขั้นตอนการเตรียมผิว

เมื่อยึดเส้นอลูมิเนียมกับขาโหลดเรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนของการเตรียมผิว เป็นการทำความสะอาดผิวก่อนการสร้างความหนาฟิล์มให้กับผิวอลูมิเนียมคือ การนำเส้นอลูมิเนียมลงไปในบ่อล้างไขมัน บ่อลงทราย บ่อกัดผิว และบ่อล้างคราบดำ ตามลำดับ ตามภาพที่ 49, 50, 51, 52

3. ขั้นตอนการชุบสีอโนไดซ์

เมื่อเตรียมผิวอลูมิเนียมให้พร้อมสำหรับการชุบสีแล้ว อลูมิเนียมจะถูกลำเลียงลงสู่บ่อชุบเพื่อให้เกิดการสร้างชั้นฟิล์มที่ผิวอลูมิเนียม ซึ่งสามารถกำหนดความหนาฟิล์มได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อะลูมิเนียมชุบผิว มอก.218-2520 โดยจะมี 5 ความหนา คือ 10, 15, 18, 20 และ 25 ไมครอน ด้วยกระบวนการชุบไฟฟ้ากระแส DC เส้นอลูมิเนียมจะถูกลำเลียงลงสู่บ่อชุบสร้างฟิล์ม และบ่อชุบเติมสี ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้เส้นอลูมิเนียมเปลี่ยนสีตามที่กำหนดไว้ ตามภาพที่ 53

4. ขั้นตอนการเคลือบผิวอลูมิเนียม

การเคลือบผิวอลูมิเนียม โดยการนำเส้นอลูมิเนียมลงในบ่อเป็นการปิดรูพรุนของผิว เพื่อให้ชั้นฟิล์มเคลือบผิวอลูมิเนียมให้เกิดความแข็งและทนทานต่อการกัดกร่อน

5. ขั้นตอนการปลดเส้นอลูมิเนียม เพื่อนำใส่กระเช้าเหล็กและเตรียมการบรรจุต่อไป

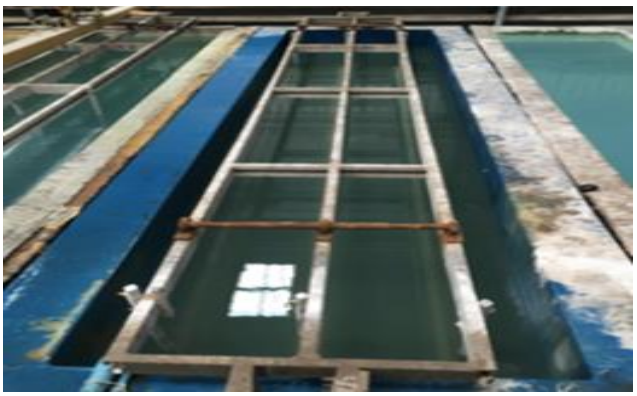
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 49 บ่อล้างไขมัน

ภาพที่ 50 บ่อลงทราย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

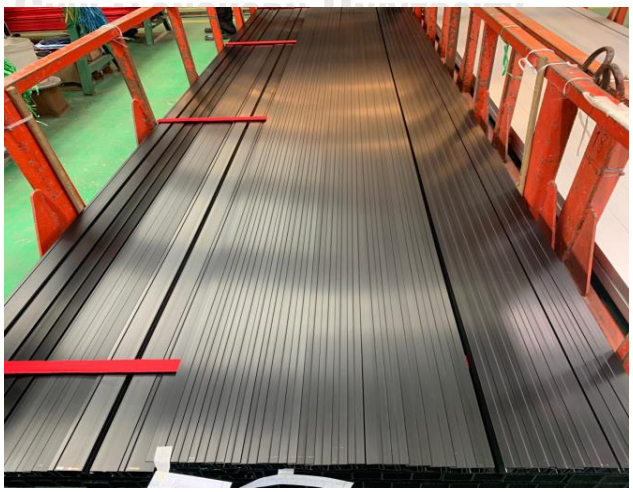
ภาพที่ 51 บ่อกัดผิว



ภาพที่ 52 บ่อล้างคราบดำ

ภาพที่ 53 การชุบเส้นอลูมิเนียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 54 เส้นอลูมิเนียมที่ผ่านการชุบผิว

6. ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของเฉดสี ซึ่งต้องตรวจสอบทั้งความหนาฟิล์ม และตรวจสอบคุณภาพซีลหรือการปิดผิวให้ได้ตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนด

5.2 การพ่นสี (Powder Coating)

การพ่นสี เป็นกระบวนการทำผิว โดยการพ่นเคลือบสีฝุ่น (Powder) ลงบนผิวอลูมิเนียมและนำไปผ่านกระบวนการอบสีด้วยความร้อน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการติดเส้นอลูมิเนียม

ในขั้นตอนนี้จะมีการเจาะรูด้านหัวและท้ายของเส้นอลูมิเนียม โดยการใช้สว่าน หรือ punching machine ด้านละประมาณ 2 - 5 เซนติเมตร เพื่อยึดเส้นอลูมิเนียมด้านบนให้ติดกับขาโหลดที่ติดกับรางเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Conveyer) จากนั้นนำเส้นอลูมิเนียมที่เจาะรูแล้ว แขวนกับตะขอโหลดเส้นอลูมิเนียม โดยจะมีรอยเจาะรูทั้งด้านหัวและท้ายรวมประมาณ 4 - 10 เซนติเมตร จากนั้นเครื่องจักรจะลำเลียงเส้นอลูมิเนียมเข้าสู่กระบวนการเตรียมผิว กระบวนการพ่นสี และกระบวนการอบสีต่อไป ตามภาพที่ 55

ภาพที่ 55 การแขวนเส้นอลูมิเนียมกับขาโหลด

2. ขั้นตอนการเตรียมผิวอลูมิเนียม

เป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญของการพ่นสี เป็นการล้างคราบไขมัน คราบสิ่งสกปรก และช่วยสร้างเนื้อสารเคมีพิเศษเคลือบบนผิวของเส้นอลูมิเนียม ทำให้สีสามารถยึดเกาะผิวอลูมิเนียมได้ดี

ในขั้นตอนนี้จะมีการเคลื่อนย้ายเส้นอลูมิเนียมด้วยเครนอัตโนมัติไปยังบ่อที่ 1 คือ การล้างคราบไขมันที่ติดอยู่บนผิวอลูมิเนียม จากนั้นเคลื่อนย้ายไปยังบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อน้ำล้าง เคลื่อนย้ายไปยังบ่อที่ 3 เป็นบ่อล้างผิวด้วยกรดไนตริค เคลื่อนย้ายไปยังบ่อที่ 4 และ 5 เป็นบ่อน้ำล้าง จากนั้นเคลื่อนย้ายไปยังบ่อที่ 6 คือ บ่อโครเมต ซึ่งเป็นบ่อที่ทำให้สีที่พ่นสามารถยึดเกาะกับเส้นอลูมิเนียมได้ดี และเครนจะเคลื่อนย้ายเส้นอลูมิเนียมไปยังบ่อที่ 7 และ 8 ซึ่งเป็นบ่อน้ำล้างอีกครั้ง ตามภาพที่ 56

ภาพที่ 56 การล้างเส้นอลูมิเนียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ขั้นตอนการพ่นสี

เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผิวแล้ว เส้นอลูมิเนียมจะถูกเคลื่อนย้ายด้วยระบบรางเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Conveyer) เพื่อเข้าสู่บูธพ่นสี ซึ่งเป็นระบบการพ่นสีฝุ่นอัตโนมัติในแนวตั้ง ควบคุมการพ่นสีด้วยระบบหุ่นยนต์ ตามภาพที่ 57

ภาพที่ 57 เส้นอลูมิเนียมถูกเคลื่อนย้ายเข้าไปในบูธพ่นสี

หลังจากผ่านกระบวนการในการพ่นสีแล้ว จะมีการแขวนโซ่ที่ด้านล่างของเส้นอลูมิเนียม เพื่อป้องกันการแกว่งของชิ้นงาน ไม่ให้งานชนกัน ตามภาพที่ 58 แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการอบสีต่อไป

ภาพที่ 58 การแขวนโซ่ที่เส้นอลูมิเนียม

4.ขั้นตอนการอบสี

เมื่อเส้นอลูมิเนียมผ่านกระบวนการพ่นสีแล้ว อลูมิเนียมจะถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่เตาอบสี ซึ่งจะมีการอบสีด้วยความร้อนที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้สีเซตตัว จากนั้นจึงตรวจสอบความหนาของสี ซึ่งโดยทั่วไปจะมีความหนาที่ 60 – 80 ไมครอน

5.ขั้นตอนการปลดเส้นอลูมิเนียม

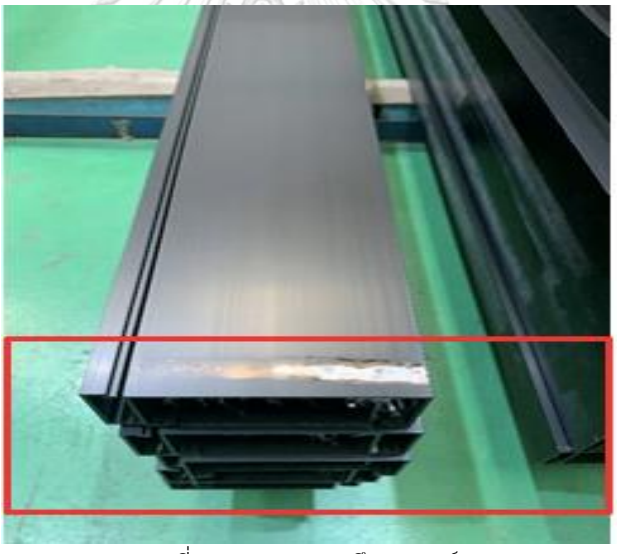
เมื่อเส้นอลูมิเนียมผ่านกระบวนการพ่นสีและกระบวนการอบผิวแล้ว จะมีการปลดเส้นอลูมิเนียมจากรางเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Conveyer) ลงมาใส่ในกระเช้าเหล็ก เพื่อเตรียมการห่อ (packing) ต่อไป ตามภาพที่ 59

ภาพที่ 59 การปลดเส้นอลูมิเนียม

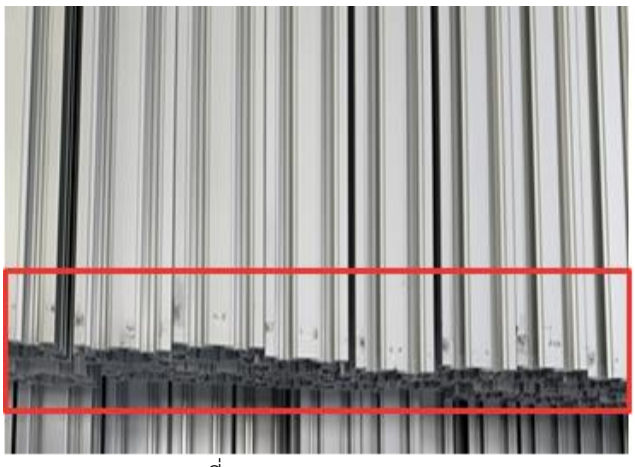
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้นหลังจากปลดเส้นอลูมิเนียมจากการทำผิวเรียบร้อยแล้ว เส้นอลูมิเนียมที่มีความยาว 6.400 เมตร ซึ่งมีการผลิตเป็นจำนวนมาก จะมีรอยที่ด้านหัวและท้ายจากอุปกรณ์ที่ใช้ติดหรือยึดเส้นอลูมิเนียมเพื่อชุบ (anodizing) หรือพ่นสี (powder coating) ลึกเข้าไปในเส้นอลูมิเนียมด้านละ 3 – 5 เซนติเมตร ตามภาพที่ 60, 61, 62 และ 63 โดยในขั้นตอนต่อไป เป็นขั้นตอนการตัด ประกอบและติดตั้งของผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง ซึ่งจะทำการตัดด้านหัวและท้ายเส้นอลูมิเนียมที่มีรอยดังกล่าวออก ก่อนที่จะตัดอลูมิเนียมตามความยาวที่กำหนดในแบบ ดังนั้นความยาวเส้นอลูมิเนียมที่ผู้ติดตั้งสามารถนำไปใช้ตัด ประกอบประตูหน้าต่างได้ คือ ความยาว 6.300 เมตร

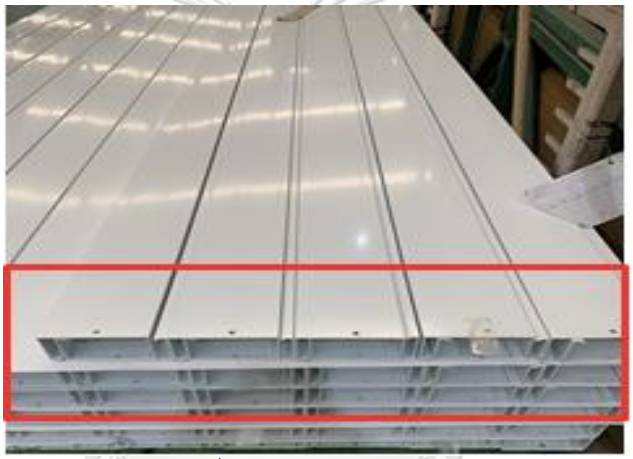
ภาพที่ 60 รอยจากการยึดอุปกรณ์ (1)



ภาพที่ 61 รอยจากการยึดอุปกรณ์ (2)



ภาพที่ 62 รอยจากการเจาะรู (1)



ภาพที่ 63 รอยจากการเจาะรู (2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2 โรงงานผลิตกระจก

จากการสังเกตการณ์ จดบันทึก และสัมภาษณ์บุคลากรในโรงงานผลิตกระจก พบว่ากระจกที่ผลิตมีหลายประเภท หลายความหนา และหลายขนาด ประเภทกระจกแบ่งเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1.กระจกแผ่น (Sheet Glass) เป็นกลุ่มกระจกพื้นฐาน มีการหลอมกระจกผ่านรางรีด ผิวกระจกจะมีลักษณะเป็นคลื่น ไม่เรียบ ความแข็งแรงต่ำ

2.กระจกโฟลต (Float Glass) เป็นกลุ่มกระจกพื้นฐาน สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างหรือนำไปดัดแปลงเป็นกระจกประเภทอื่นๆ แบ่งเป็นกระจก 2 ชนิด คือ กระจกโฟลตใส และกระจกโฟลตสีตัดแสง

3.กระจกอบความร้อน (Heat Treated Glass) แบ่งเป็นกระจก 2 ชนิด คือ กระจกนิรภัยเทมเปอร์ และกระจกกึ่งนิรภัย (Heat Strengthened Glass)

4.กระจกเคลือบผิว หรือกระจกสะท้อนแสง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ กระจกแผ่รังสีต่ำ (Low-E) และกระจกสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Reflective Glass)

5.กระจกดัดแปลง (Processed Glass) แบ่งเป็น กระจกฉนวน กระจกประหยัดพลังงาน จะมีลักษณะประกบกัน 2 แผ่นขึ้นไป โดยมีช่องว่างระหว่างกระจกทั้ง 2 แผ่น มีคุณสมบัติเป็นฉนวน และกระจกนิรภัยหลายชั้น (Laminated Safety Glass)

6.กระจกเฉพาะ (Application Glass) ได้แก่ กระจกลวดลาย กระจกทนไฟ และกระจกเสริมลวด

สำหรับกระจกที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดและเป็นที่นิยมในงานก่อสร้างคือ กระจกโฟลตใส หรือ เรียกว่ากระจกใส ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการศึกษาประเภทกระจกใส (Float Glass) โดยกระบวนการผลิตกระจกที่โรงงาน จะมีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระจกโฟลต ได้แก่ ทรายแก้ว โซดาแอซ โซเดียมซัลเฟต หินโดโลไมต์ และเศษกระจกรีไซเคิล โดยเครื่องจักรจะผสมวัตถุดิบทุกส่วนเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

ภาพที่ 64 ทรายวัตถุดิบที่พร้อมใช้งานถูกลำเลียงเก็บเพื่อรอการใช้งาน

ภาพที่ 65 เศษกระจกที่ทิ้งจากกระบวนการผลิต ผ่านการนำมาหลอมใหม่

2. ขั้นตอนการหลอมกระจก

เป็นขั้นตอนที่นำส่วนผสมไปหลอมในเตาที่มีอุณหภูมิสูง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อให้วัตถุดิบละลายและเปลี่ยนเป็นของเหลว ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตกระจกจะเรียกของเหลวนี้ว่า น้ำแก้ว

3. ขั้นตอนการขึ้นรูปกระจก

หลังจากนั้น น้ำแก้วจะถูกปล่อยให้ไหลลงไปในอ่างดีบุกเหลว ซึ่งอ่างหลอมเหลวนี้จะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำแก้ว ทำให้น้ำแก้วลอยอยู่บนผิวด้านบนที่เป็นหน้าโลหะ เป็นแผ่นน้ำที่เรียบสนิท ทำให้กระจกที่ผลิตออกมามีผิวที่เรียบ และมีเครื่อง Assist Roller ตามภาพที่ 66 ที่อยู่ด้านบนแผ่นกระจกจะดึงกระจกให้กว้างออก กระจกจะมีความบางลงทีละน้อย จนได้ความหนาที่ต้องการ ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้หลายความหนา

ภาพที่ 66 Assist Roller อุปกรณ์ที่ทำให้กระจกผลิตได้ตามความหนาที่ระบุไว้

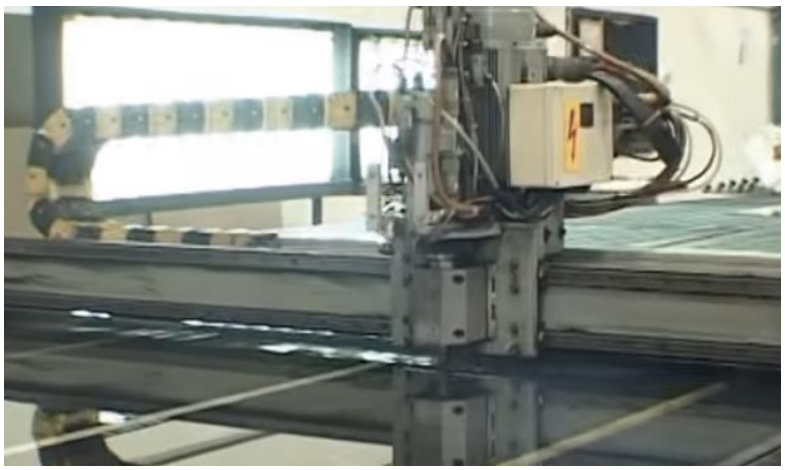
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ขั้นตอนการอบคลายความเครียด

น้ำแก้วจะถูกลดอุณหภูมิลงด้วยเครื่องจักร และแข็งตัวจนกลายเป็นแผ่น ในขั้นตอนนี้จะได้แผ่นกระจกที่มีความยาวต่อเนื่องกัน

5. ขั้นตอนการตัดกระจก

เครื่องตัดกระจกจะกรีดกระจกให้เป็นรอยก่อนที่จะทำการหักกระจกออก เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการผลิต ส่วนที่เกินจะนำกลับไปรีไซเคิล เพื่อนำกระจกกลับมาเป็นวัตถุดิบในการใช้ครั้งต่อไป จากนั้นเครื่องจักรจะทำการลบขอบ และความคมบนผิวกระจก ตามภาพที่ 67



ภาพที่ 67 การตัดกระจก

ความหนาและขนาดกระจกใส (Float Glass)

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาประเภทกระจกโฟลต (Float Glass) แบบใส หรือเรียกว่ากระจกใส ซึ่งจะถูกผลิตจากโรงงาน 10 ความหนาด้วยกัน คือ 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 8 , 10 , 12 , 15 และ 19 มิลลิเมตร แต่ละความหนาจะมีขนาดแตกต่างกัน ตามตารางที่ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 ขนาดกระจกใส

หนา 2 มม. (ม.)
0.610 x 1.016
0.711 x 1.016
0.813 x 1.016
0.356 x 1.067
0.813 x 1.067
0.914 x 1.219
0.610 x 1.270
0.672 x 1.270
1.016 x 1.422

หนา 3 มม. (ม.)
0.762 x 1.524
0.914 x 1.524
1.219 x 1.524
0.914 x 1.829
1.067 x 1.829
1.219 x 1.829
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658

หนา 4 มม. (ม.)
1.219 x 1.829
1.829 x 2.438
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
2.667 x 3.658

หนา 5 มม. (ม.)
1.524 x 2.134
1.829 x 2.134
2.134 x 2.134
1.219 x 2.438
1.524 x 2.438
1.829 x 2.438
2.134 x 2.438
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
2.667 x 3.658

หนา 6 มม. (ม.)
1.524 x 1.829
1.829 x 2.134
2.134 x 2.134
1.829 x 2.438
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
3.048 x 4.267
3.048 x 5.080

หนา 8 มม. (ม.)
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
1.829 x 3.658
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
2.743 x 3.658
3.048 x 5.080
3.048 x 6.096

หนา 10 มม. (ม.)
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
1.829 x 3.658
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
2.743 x 3.658
3.048 x 5.080
3.048 x 6.096

หนา 12 มม. (ม.)
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.743 x 3.048
1.829 x 3.658
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
2.743 x 3.658
3.048 x 4.267
3.048 x 5.080
3.048 x 6.096

หนา 15 มม. (ม.)
2.540 x 5.080
2.134 x 6.096
2.134 x 7.620

หนา 19 มม. (ม.)
2.540 x 5.080
2.134 x 6.096
2.134 x 7.620

กระจกใส (Float Glass) เป็นกระจกโปร่งแสงที่สามารถมองผ่านได้อย่างชัดเจนและให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ ไม่บิดเบี้ยว สามารถมองเห็นจากภายนอก เข้ามาภายในได้อย่างชัดเจน กระจกที่ใช้ทำประตูหน้าต่าง ในกรณีที่มีกรอบวงกบจะนิยมใช้ความหนา 5 - 6 มิลลิเมตร ซึ่งความหนาที่มีการผลิตเป็นจำนวนมากและมีการกำหนดให้ใช้มากในอาคารกรณีศึกษา คือ กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร โดยโรงงานจะผลิตกระจกใส รวมทั้งหมด 11 ขนาด ตามตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร รวม 11 ขนาด

กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร (เมตร)
1.524 x 1.829
1.829 x 2.134
2.134 x 2.134
1.829 x 2.438
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
3.048 x 4.267
3.048 x 5.080

3.2.3 การตัด ประกอบ และติดตั้งประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจก

การศึกษานี้ ศึกษารวมไปถึงวิธีการตัด การประกอบวงกบ การประกอบบานกรอบ การใส่กระจก และการติดตั้งประตูหน้าต่าง จะทำโดยผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง ซึ่งมีวิธีการขั้นตอนต่างๆ โดยหลังจากการผลิตอลูมิเนียมและกระจกจากโรงงาน ผู้ติดตั้งงานประตูหน้าต่างจะนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดไปตัด ประกอบ และติดตั้ง จากการสังเกตการณ์ ปัจจุบันการตัดเส้นอลูมิเนียมมักจะดำเนินการในโรงงาน เนื่องจากมีเครื่องจักรในการตัดเส้นอลูมิเนียมที่ทันสมัยมากขึ้น ไม่ต้องเคลื่อนย้ายเครื่องจักรไปหน้างาน อีกทั้งในบางโครงการไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการตัดอลูมิเนียมหน้างาน อย่างไรก็ตาม การตัดเส้นอลูมิเนียมที่โครงการก็ยังคงมีอยู่ เนื่องจากในบางโครงการต้องมีการปรับขนาดอลูมิเนียมให้สามารถติดตั้งได้ ตามขนาดของช่องเปิด

ในส่วนของการประกอบ ซึ่งแบ่งเป็นส่วนของวงกบและบานกรอบ จะมีการดำเนินงาน ดังนี้

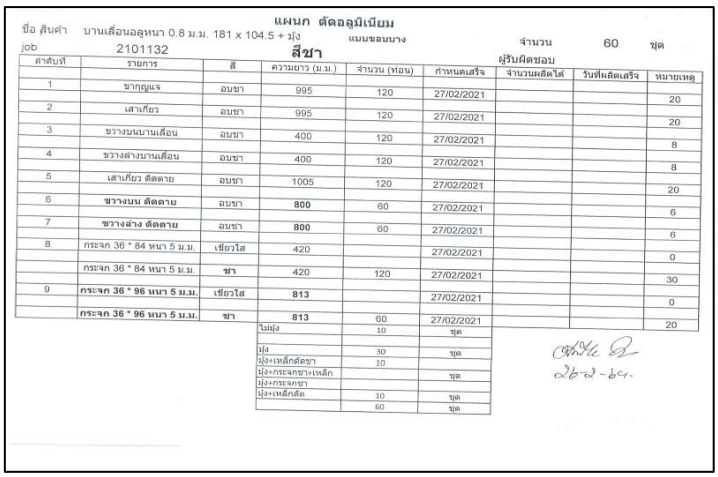
- การประกอบวงกบอลูมิเนียม จะมี 2 วิธี คือ 1.ประกอบในโรงงาน 2.การประกอบที่โครงการ
- การประกอบบานกรอบอลูมิเนียมและการใส่กระจกในบานกรอบ มักจะดำเนินการในโรงงาน

การประกอบวงกบและบานกรอบในโรงงาน จะมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการตัดเส้นอลูมิเนียมในโรงงาน จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการตัดเพื่อให้ได้ระยะตามที่กำหนด โดยจะใช้เครื่องตัด ซึ่งมีทั้งเครื่องตัดแบบหัวเดียว หรือมีใบตัดเพียงใบเดียว ใช้สำหรับงานตัดตรง 90 องศา และเครื่องตัดแบบสองหัว หรือใบตัด 2 ใบในเครื่องเดียวกัน สามารถตัดตรง 90 องศา และ 45 องศาได้ ตามภาพที่ 69 ระยะการตัดเส้นอลูมิเนียม หรือขนาดที่ต้องตัดจะอ้างอิงจากใบสั่งผลิต โดยผู้ปฏิบัติงานจะเช็คระยะการตัดจากใบสั่งผลิต ตามภาพที่ 70 แล้วจึงตั้งระยะการตัดที่เครื่องตัดและตรวจสอบตำแหน่งของการตัดบนเครื่องเพื่อป้องกันความผิดพลาด จากนั้นจึงบันทึกผลลงในใบรายงานการตัดเส้นอลูมิเนียม

ภาพที่ 68 การตัดเส้นอลูมิเนียมในโรงงาน

ภาพที่ 69 เครื่องตัดเส้นอลูมิเนียมแบบ 2 หัว



แผนก ตัดอลูมิเนียม

ชื่อ สินค้า บานเลื่อนอลูหนา 0.8 ม.ม. 181 x 104.5 + มุ่ง แบบขอบบาง จำนวน 60 ชุด

job 2101132 **สีชา** ผู้รับผิดชอบ

ลำดับที่	รายการ	สี	ความยาว (ม.ม.)	จำนวน (ท่อน)	กำหนดเสร็จ	จำนวนผลิตได้	วันที่ผลิตเสร็จ	หมายเหตุ
1	ขวากุญแจ	อบขา	995	120	27/02/2021			20
2	เสาเกี่ยว	อบขา	995	120	27/02/2021			20
3	ขวางบนบานเลื่อน	อบขา	400	120	27/02/2021			8
4	ขวางล่างบานเลื่อน	อบขา	400	120	27/02/2021			8
5	เสาเกี่ยว ตัดตาย	อบขา	1005	120	27/02/2021			20
6	ขวางบน ตัดตาย	อบขา	800	60	27/02/2021			6
7	ขวางล่าง ตัดตาย	อบขา	800	60	27/02/2021			6
8	กระจก 36 * 84 หนา 5 ม.ม.	เขียวใส	420		27/02/2021			0
	กระจก 36 * 84 หนา 5 ม.ม.	ชา	420	120	27/02/2021			30
9	กระจก 36 * 96 หนา 5 ม.ม.	เขียวใส	813		27/02/2021			0
	กระจก 36 * 96 หนา 5 ม.ม.	ชา	813	60	27/02/2021			20

ไม่มุ่ง	10	ชุด
มุ่ง	30	ชุด
มุ่ง+เหล็กสีดขา	10	
มุ่ง+กระจกขา+เหล็ก		ชุด
มุ่ง+กระจกขา		
มุ่ง+เหล็กสีด	10	ชุด
	60	ชุด

26-2-64

ภาพที่ 70 ใบสั่งผลิต แสดงระยะการตัดเส้นอลูมิเนียม

ภาพที่ 71 เส้นอลูมิเนียมที่ผ่านการตัด

ภาพที่ 72 เศษอลูมิเนียม

ปัจจุบันการตัดเส้นอลูมิเนียมมีการดำเนินการในโรงงานเนื่องจากมีเครื่องมือและอุปกรณ์อัตโนมัติที่ทันสมัย ทำให้รอยตัด เจาะ มีความเรียบร้อย และได้ระยะการตัดที่แม่นยำ ในขณะที่การตัดที่โครงการ จะใช้อุปกรณ์ตัดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เช่น แท่นตัดอลูมิเนียม ตามภาพที่ 73

ภาพที่ 73 แท่นตัดอลูมิเนียม

2. ขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบการประกอบ ก่อนที่จะมีการประกอบ จะต้องตรวจสอบรูปแบบในการประกอบที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง จากนั้นนำเส้นวงกบอลูมิเนียมที่ตัดเรียบร้อยแล้วจากแผนกตัดไปเข้าเครื่องปั๊มวงกบ โดยสอดชิ้นงานเข้ากับพิมพ์ปั๊มทั้งวงกบด้านบนและด้านล่าง เพื่อให้เกิดรูในการใส่อุปกรณ์ ตามภาพที่ 74

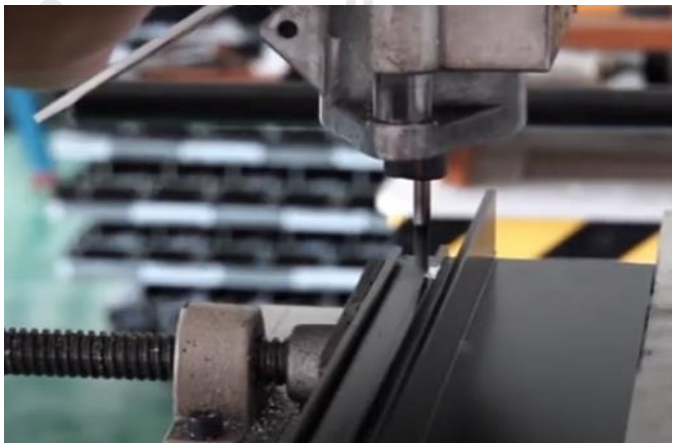
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 74 การปั๊มรูเพื่อใส่อุปกรณ์

3. ขั้นตอนการบากและการเจาะรูวงกบ เนื่องจากในการประกอบวงกบหรือบานกรอบจะมีการนำวงกบด้านบนหรือด้านล่างในแนวนอน มาประกบกับวงกบข้างทีละด้าน จึงต้องทำการบากวงกบข้างออกให้เกิดร่อง เพื่อให้วงกบบนหรือวงกบล่างเข้ามาชิดกับวงกบข้างได้สนิท โดยใช้แท่นตัดหรือเครื่องบากในการบากวงกบ จากนั้นเจาะรูเพื่อให้เป็นร่องสำหรับระบายน้ำ และเจาะรูสำหรับยึดสกรูเพื่อยึดวงกบด้านบนกับวงกบด้านล่าง โดยใช้หน้าตัดของวงกบด้านบนกับวงกบด้านล่าง วางทาบกับวงกบด้านข้าง และใช้สว่านเจาะรูยึดสกรูที่วงกบด้านข้าง ตามภาพที่ 75 และ 76

ภาพที่ 75 การบากวงกบอลูมิเนียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 76 การเจาะรูระบายน้ำ

4. ขั้นตอนการติดประเก็นกันซึมที่วงกบบริเวณที่จะนำมายึดกับอีกด้าน และใส่ยางที่ร่องวงกบข้าง วงกบบน และวงกบล่าง ตามภาพที่ 77

ภาพที่ 77 การใส่ยางที่ร่องวงกบ

5. ขั้นตอนการประกอบวงกบอลูมิเนียมแต่ละเส้นเข้าด้วยกันเป็นโครงวงกบ ในส่วนของประตูบานเปิดชุดมาตรฐานทั่วไป วงกบข้างจะประกบกับวงกบบนหรือล่างในลักษณะ 90 องศา ตามภาพที่ 78 และการยึดวงกบแต่ละด้านจะยึดด้วยสกรู แล้วยิงซิลิโคนรอยต่อด้านในและหัวสกรูให้เรียบร้อย ตามภาพที่ 79

ภาพที่ 78 การประกอบวงกบ

ภาพที่ 79 การยึดวงกบด้วยสกรู

ภาพที่ 80 วงกบอลูมิเนียมที่ประกอบจากโรงงาน

6. ขั้นตอนการประกอบบานกรอบ นำบานกรอบทั้ง 4 ด้านมาสวมประกอบกัน โดยใส่ฉากที่ด้านในตัวกรอบบานทั้ง 4 มุม จากนั้นจึงนำมาเจาะสกรูยึดบานกรอบเข้าที่มุมทุกมุม

ภาพที่ 81 บานกรอบที่ประกอบแล้ว

7. ขั้นตอนการใส่บานพับ นำวงกบที่ประกอบเสร็จ มาเจาะใส่บานพับที่วงกบ โดยบานพับต้องเจาะฝั่งเดียวกันทั้ง 2 ข้าง จากนั้นนำบานกรอบมายึดเข้ากับบานพับซึ่งติดกับวงกบ โดยเจาะยึดบานกรอบในตำแหน่งของบานพับที่รูสล็อตขยับได้ หากได้ตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วให้ยึดสกรูให้แน่น ตามภาพที่ 82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 82 การยึดบานพับที่ติดกับวงกบเข้ากับบานกรอบ

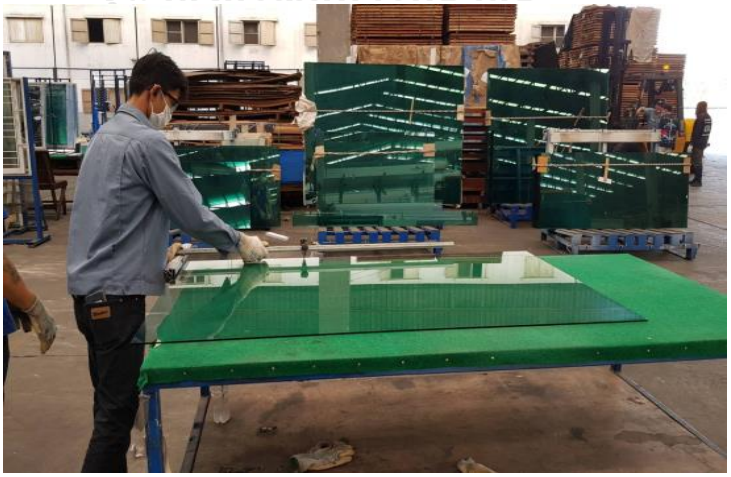
8. ขั้นตอนการติดมือจับ นำมือจับมายึดเข้ากับบานกรอบ และตัวรับล็อคยึดเข้ากับวงกบ โดยระดับการติดมือจับจะติดตามแบบที่กำหนด ตามภาพที่ 83

ภาพที่ 83 การติดมือจับ

9. ขั้นตอนการตัดกระจก ตามขนาดที่กำหนดในแบบ วิธีการตัดกระจกโดยทั่วไป แบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

9.1 การตัดกระจกด้วยตัว T ใช้กับกระจกที่มีด้านกว้างไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นระยะที่สะดวกต่อการตัด แบบตัว T นี้จะมีระยะวัดอยู่บนอุปกรณ์ สามารถกำหนดขนาดที่ต้องการตัดได้ ตามภาพที่ 84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 84 การตัดกระจกด้วยตัว T

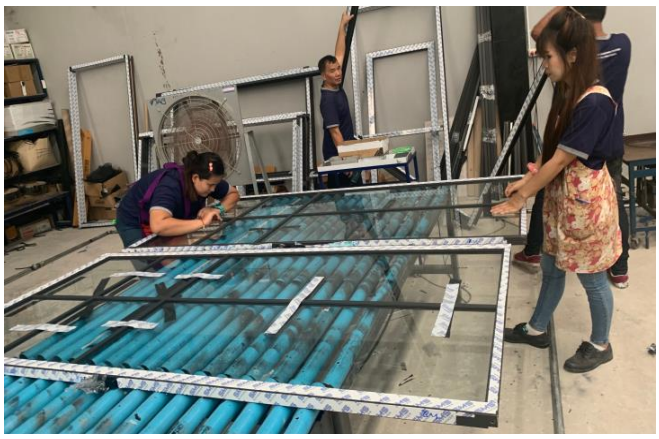
9.2 การตัดกระจกแบบด้ามตัด จะใช้ตัดกระจกแผ่นเล็กที่มีด้านกว้างต่ำกว่า 30 เซนติเมตร ตามภาพที่ 85

ภาพที่ 85 ด้ามตัดกระจก

9.3 การตัดกระจกด้วยเครื่องตัดแบบ CNC เป็นเครื่องตัดแบบอัตโนมัติ มีโปรแกรมที่สามารถกำหนดขนาดในเครื่องได้

10. ขั้นตอนการใส่กระจก นำยางมาใส่กระจกโดยรอบ โดยให้รอยต่อมุมยางอยู่ด้านบนของตัวบาน จากนั้นนำกระจกมาใส่ในบานกรอบ ใช้ไม้รองที่ขอบกระจก เพื่อกันกระจกกระแทกกับบานกรอบ และนำคิ้วมาใส่ล็อคกระจก จากนั้นนำยางมาอัดกระจกโดยรอบ โดยให้รอยต่อมุมยางอยู่ด้านบนของตัวบาน ตามภาพที่ 86 และ 87

ภาพที่ 86 การใส่ยางที่รอบแผ่นกระจก



ภาพที่ 87 การใส่กระจกในบานกรอบ

11. ขั้นตอนการตรวจสอบความเรียบร้อยของงาน และตรวจอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและการเปิด - ปิดบานต้องใช้งานได้อย่างสะดวก

ภาพที่ 88 ประตูบานเปิดเดี่ยวที่ประกอบเสร็จจากโรงงาน พร้อมขนส่งไปที่โครงการ

การประกอบวงกบอลูมิเนียมที่โครงการ

จากการสังเกตการณ์การประกอบ และติดตั้งที่โครงการบ้านจัดสรร ผู้ติดตั้งประตูหน้าต่างจะขนส่งเส้นวงกบอลูมิเนียมที่ตัดจากโรงงาน และบานกรอบที่ตัด ประกอบ ใส่กระจกจากโรงงานแล้วไปที่โครงการเพื่อประกอบและติดตั้ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ภาพที่ 89 บานกรอบพร้อมกระจกและวงกบอลูมิเนียมที่ขนส่งมาที่โครงการ

1.ขั้นตอนการประกอบวงกบแต่ละเส้นเข้าด้วยกันเป็นโครงวงกบ โดยยึดแต่ละด้านด้วยสกรู จากนั้นใช้พียูซึ่งเป็นวัสดุกันน้ำ ทาตรงมุมวงกบอลูมิเนียมทั้ง 4 มุม ตามภาพที่ 90

ภาพที่ 90 การประกอบวงกบที่โครงการ

2.ขั้นตอนการกำหนดแนวติดตั้งวงกบอลูมิเนียม ให้ได้ฉากทั้ง 4 ด้าน โดยการวัดระดับน้ำและลูกดิ่ง เพื่อตรวจสอบช่องเปิดให้ได้ระดับในแนวดิ่งและแนวนอน ซึ่งวิธีที่ค่อนข้างแม่นยำในการวัด คือ การใช้เครื่องยิงเลเซอร์วัดระดับ ตามภาพที่ 91

ภาพที่ 91 วัดระดับแนวดิ่งในการติดตั้ง

3.ขั้นตอนการติดตั้งวงกบ โดยนำวงกบที่ประกอบแล้ว ใส่เข้าไปในส่วนของผนังช่องเปิด และเจาะรูตามตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้กับผนังโดยรอบทั้ง 4 ด้าน แล้วยึดวงกบเข้ากับช่องเปิดด้วยสกรู ตามภาพที่ 92

ภาพที่ 92 การยึดวงกบกับผนังช่องเปิด

4.ขั้นตอนการใส่บานกรอบกระจก และเช็คระดับบานประตูหน้าต่างให้ได้ฉาก เพื่อตรวจสอบให้บานตั้งอยู่ในระดับที่ถูกต้อง ตามภาพที่ 93

ภาพที่ 93 การใส่บานกรอบกระจกในช่องเปิด

5.ขั้นตอนการตรวจสอบการเปิด - ปิดประตู เพื่อให้แน่ใจว่าบานที่ติดตั้งสามารถเปิด - ปิดได้สะดวก และไม่ติดขัด

6.ขั้นตอนการปิดรอยต่อระหว่างบานประตูกับผนังช่องเปิด ด้วยการทาวัสดุโฟมโพลียูริเทน รอบบานทั้งภายนอกและภายในและทายาแนวเพื่อเก็บความเรียบร้อยของงาน ตามภาพที่ 94

7.ขั้นตอนการทำความสะอาด ลอกวัสดุหุ้มผิววงกบ บานกรอบ และเก็บสีโดยรอบบาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 94 การปิดระยะห่างระหว่างบานและช่องเปิดด้วยวัสดุอุดรอยต่อ

บทที่ 4

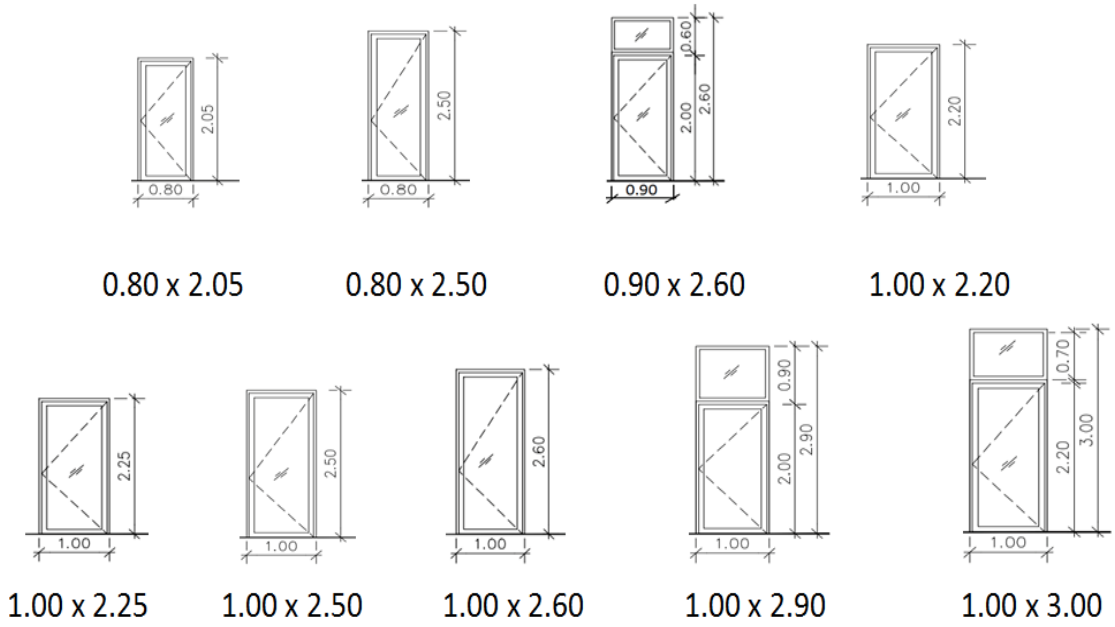
วิเคราะห์ผลการศึกษา

จากการศึกษาประตูบานเปิดเดี่ยวของอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบจากแบบประตูทั้ง 18 อาคาร พบว่ามีประตูบานเปิดเดี่ยว 2 รูปแบบคือ แบบไม่มีช่องแสง และแบบมีช่องแสง รวม 9 ขนาด ดังนี้

แบบไม่มีช่องแสง มี 6 ขนาด คือ 0.800 x 2.050, 0.800 x 2.500, 1.000 x 2.200, 1.000 x 2.250, 1.000 x 2.500 และ 1.000 x 2.600 เมตร

แบบมีช่องแสง มี 3 ขนาด คือ 0.900 x 2.600, 1.000 x 2.900 และ 1.000 x 3.000 เมตร ตามภาพที่ 95

4.1 ขนาดและรูปแบบประตูบานเปิดเดี่ยว



ภาพที่ 95 รูปแบบประตูบานเปิดเดี่ยว

4.1.1 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว รวม 9 ขนาด คือ 0.800 x 2.050, 0.800 x 2.500, 0.900 x 2.600, 1.000 x 2.200, 1.000 x 2.250, 1.000 x 2.500, 1.000 x 2.600, 1.000 x 2.900 และ 1.000 x 3.000 เมตร ตามตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
กว้าง	0.800	0.800	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
สูง	2.050	2.500	2.600	2.200	2.250	2.500	2.600	2.900	3.000

4.1.2 ความกว้างประตูบานเปิดเดี่ยว แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ 0.800, 0.900 และ 1.000 เมตร ตามตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ความกว้างประตูบานเปิดเดี่ยว

ลำดับ	1	2	3
กว้าง	0.800	0.900	1.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.3 ความสูงประตูบานเปิดเดี่ยว แบ่งเป็น 7 ระยะ คือ 2.050, 2.200, 2.250, 2.500, 2.600, 2.900 และ 3.000 เมตร ตามตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ความสูงประตูบานเปิดเดี่ยว

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7
สูง	2.050	2.200	2.250	2.500	2.600	2.900	3.000

4.2 ขนาดอลูมิเนียม

จากการศึกษาโรงงานผลิตอลูมิเนียม พบว่าในกระบวนการผลิต หลังจากที่เส้นอลูมิเนียมถูกรีดผ่านเครื่องจักรออกมา จะเข้าสู่ขั้นตอนการตัดเส้นอลูมิเนียม โดยการใช้ใบเลื่อยตัด section (Finish saw) เครื่องตัดจะถูกตั้งค่าในการตัดความยาวไว้และทำการตัดแบบอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจักรจะถูกตั้งค่าอัตโนมัติที่ความยาว 6.400 เมตร หากต้องการความยาวที่มากขึ้นหรือน้อยลง จะต้องตั้งค่าระยะการตัดเครื่องใหม่ ดังนั้นความยาวมาตรฐานที่ตัดเป็นจำนวนมาก คือ 6.400 เมตร เมื่ออลูมิเนียมถูกตัดเรียบร้อยแล้วจะถูกยกไปใส่ตะกร้าเหล็กเพื่อเข้าสู่กระบวนการอบ และกระบวนการทำผิวต่อไป โดยการทำผิวอลูมิเนียมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การชุบสี และการพ่นสี

การชุบสี เป็นกระบวนการเคลือบผิวอลูมิเนียม โดยใช้วิธีการชุบไฟฟ้ากระแสตรง DC จะมีขั้นตอนการติดเส้นอลูมิเนียมก่อนนำลงบ่อชุบ โดยการตอกอุปกรณ์ยึดและใช้ลวดพันเส้นอลูมิเนียมให้ยึดติดกับขาโหลดเพื่อยกลงบ่อชุบในลักษณะแนวนอน โดยมีระยะยึดเส้นทั้งด้านหัวและท้ายชิ้นงานด้านละ 3 - 5 เซนติเมตร ทำให้เส้นอลูมิเนียมมีรอยที่ผิวจากขั้นตอนการติดเส้นอลูมิเนียมทั้งด้านหัวและท้ายรวม 6 - 10 เซนติเมตร

การพ่นสี เป็นกระบวนการทำผิวอลูมิเนียม โดยใช้วิธีการนำผงสีมาทำการพ่นลงบนผิวอลูมิเนียมในลักษณะแนวตั้ง จะมีขั้นตอนการติดเส้นอลูมิเนียมโดยการเจาะรูที่ด้านหัวและท้ายชิ้นงานด้านละ 2 - 5 เซนติเมตร เพื่อยึดเส้นอลูมิเนียมด้านบนให้ติดกับขาโหลดที่ติดกับรางเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Conveyer) และด้านล่างมีการเจาะรูแขวนโซ่ เพื่อป้องกันการแกว่งของชิ้นงาน ทำให้เส้นอลูมิเนียมมีรอยเจาะรูทั้งด้านหัวและท้ายรวม 4 - 10 เซนติเมตร

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงาน แม้จะมีความยาว 6.400 เมตร แต่เมื่อผ่านกระบวนการทำผิวแล้ว จะมีรอยที่ด้านหัวและท้ายของเส้นอลูมิเนียมจากโรงงานผลิต ทำให้ในขั้นตอนการตัด ประกอบของผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง จะตัดด้านหัวและท้ายเส้นอลูมิเนียมทิ้งประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้นจึงเหลือความยาวอลูมิเนียมที่นำไปประกอบเป็นประตูหน้าต่างได้เพียง 6.300 เมตร ตามภาพที่ 96 และ 97

ภาพที่ 96 อลูมิเนียมที่มีรอยจากการทำผิว

ภาพที่ 97 การตัดเส้นอลูมิเนียมโดยผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง

4.3 วิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด

การวิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ในอาคารกรณีศึกษา ร่วมกับความยาวอลูมิเนียม 6.300 เมตร โดยขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ของอาคารกรณีศึกษา ตามตารางที่ 20 แบ่งเป็นความกว้าง 3 ระยะ ตามตารางที่ 21 และความสูง 7 ระยะ ตามตารางที่ 22 เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับความยาวอลูมิเนียมที่ใช้งานได้ คือ ความยาว 6.300 เมตร โดยคำนวณหาเปอร์เซ็นต์

เศษอลูมิเนียมที่เหลือ ด้วยการหาจำนวนเส้นที่ตัดได้ จะทราบความยาวที่เหลือ นำความยาวที่เหลือหารด้วย 6.300 เมตร แล้วคูณด้วย 100 จะได้เปอร์เซ็นต์เศษเหลือ ดังนี้

4.3.1 ความกว้างแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ความกว้าง 0.800 ม. สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 7 เส้น โดยมีเศษเหลือ 0.700 ม. คิดเป็น 11.11%

ความกว้าง 0.900 ม. สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 7 เส้น ไม่เหลือเศษ

ความกว้าง 1.000 ม. สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 6 เส้น โดยมีเศษเหลือ 0.300 ม. คิดเป็น 4.76%

ตามตารางที่ 23

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความกว้าง 3 ระยะ ในอาคารกรณีศึกษา

ความกว้าง (เมตร)	**จำนวนเส้นที่ตัดได้**	**ความยาวที่เหลือ (เมตร)**	**% เศษเหลือ**
0.800	7	0.70	11.11
0.900	7	ไม่เหลือเศษ	
1.000	6	0.30	4.76

จากตารางที่ 23 พบว่าระยะความกว้างที่ 0.800 และ 1.000 เมตร เป็นระยะที่เหลือเศษอลูมิเนียมทั้ง 2 ระยะ ในขณะที่ระยะความกว้าง 0.900 เมตร เป็นระยะที่พอดีและไม่เหลือเศษอลูมิเนียม ส่งผลให้เกิดการประหยัดอลูมิเนียม และยังประหยัดแรงงาน เนื่องจากไม่ต้องตัดอลูมิเนียมส่วนที่เกินออก และหากมีความต้องการใช้ประตูที่มีความกว้างมากขึ้น เสนอให้ใช้ความกว้างเพิ่มเติม คือ 1.050 เมตร ซึ่งเป็นระยะความกว้างที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมเช่นเดียวกัน ตามตารางที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความกว้างในอาคารกรณีศึกษา และความกว้างที่แนะนำ

ความกว้าง (เมตร)	จำนวนเส้นที่ตัดได้	ความยาวที่เหลือ (เมตร)	% เศษเหลือ
0.800	7	0.70	11.11
0.900	7	ไม่เหลือเศษ	
1.000	6	0.30	4.76
1.050	6	ไม่เหลือเศษ	

4.3.2 ความสูงแบ่งเป็น 7 ระยะ ดังนี้

ความสูง 2.050 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 3 เส้น โดยมีเศษเหลือ 0.150 เมตร คิดเป็น 2.38%
ความสูง 2.200 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 2 เส้น โดยมีเศษเหลือ 1.900 เมตร คิดเป็น 30.16%
ความสูง 2.250 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 2 เส้น โดยมีเศษเหลือ 1.800 เมตร คิดเป็น 28.57%
ความสูง 2.500 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 2 เส้น โดยมีเศษเหลือ 1.300 เมตร คิดเป็น 20.63%
ความสูง 2.600 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 2 เส้น โดยมีเศษเหลือ 1.100 เมตร คิดเป็น 17.46%
ความสูง 2.900 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 2 เส้น โดยมีเศษเหลือ 0.500 เมตร คิดเป็น 7.94%
ความสูง 3.000 เมตร สามารถตัดอลูมิเนียมได้ 2 เส้น โดยมีเศษเหลือ 0.300 เมตร คิดเป็น 4.76%
ตามตารางที่ 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความสูง 7 ระยะ ในอาคารกรณีศึกษา

ความสูง (เมตร)	จำนวนเส้นที่ตัดได้	เศษเหลือ (เมตร)	% เศษเหลือ
2.050	3	0.150	2.38
2.200	2	1.900	30.16
2.250	2	1.800	28.57
2.500	2	1.300	20.63
2.600	2	1.100	17.46
2.900	2	0.500	7.94
3.000	2	0.300	4.76

จากตารางที่ 25 พบว่าระยะความความสูงของประตูบานเปิดเดี่ยว จะมีเศษอลูมิเนียมเหลือทุกระยะ ดังนั้นจึงเสนอให้เลือกใช้ระยะความสูงที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม คือ ความสูง 2.100 เมตร และ 3.150 เมตร ตามตารางที่ 26

ตารางที่ 26 เปอร์เซ็นต์เศษอลูมิเนียมที่เหลือของความสูงในอาคารกรณีศึกษา และความสูงที่แนะนำ

ความสูง (เมตร)	จำนวนเส้นที่ตัดได้	เศษเหลือ (เมตร)	% เศษเหลือ
2.050	3	0.150	2.38
2.200	2	1.900	30.16
2.250	2	1.800	28.57
2.500	2	1.300	20.63
2.600	2	1.100	17.46
2.900	2	0.500	7.94
3.000	2	0.300	4.76
2.100	3	ไม่เหลือเศษ	
3.150	2	ไม่เหลือเศษ	

จากตารางที่ 26 พบว่าระยะความสูง 2.100 เมตร เป็นระยะที่สามารถใช้อลูมิเนียมได้พอดีกับความยาวเส้นอลูมิเนียม 6.300 เมตร โดยไม่เหลือเศษ ส่งผลให้เกิดการประหยัดวัสดุ นอกจากนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หากต้องการใช้ความสูงที่มากกว่า 3.000 เมตร ยังมีระยะความสูง 3.150 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมเช่นเดียวกัน

4.3.3 สรุปการวิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวร่วมกับขนาดอลูมิเนียม

จากการวิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวร่วมกับความยาวอลูมิเนียม 6.300 เมตร พบว่าความกว้างที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมคือ 0.900 เมตร และ 1.050 เมตร ความสูงคือ 2.100 เมตร และ 3.150 เมตร เมื่อนำมาจัดเป็นขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว ด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) เพื่อนำไปวิเคราะห์กับขนาดกระจก จะได้ประตู 4 ขนาด ดังนี้ 0.900 x 2.100, 1.050 x 2.100, 0.900 x 3.150 และ 1.050 x 3.150 เมตร ตามตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม

ความกว้าง (เมตร)	ความสูง (เมตร)
0.900	2.100
1.050	2.100
0.900	3.150
1.050	3.150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร

จากการศึกษาการผลิตกระจก พบว่ากระจกแบ่งเป็นหลายประเภท ซึ่งกระจกที่ใช้กันทั่วไปในงานก่อสร้างคือ กระจกโฟลต (Float Glass) แบ่งเป็น กระจกโฟลตใส และกระจกโฟลตสี กระจกที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดและเป็นที่นิยมในงานก่อสร้างคือ กระจกโฟลตใสหรือ เรียกว่า กระจกใส

กระจกใส (Float Glass) ที่ใช้ในงานก่อสร้าง มี 10 ความหนา ตั้งแต่ 2 - 19 มิลลิเมตร ได้แก่ 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19 มิลลิเมตร ความหนาที่มีการผลิตเป็นจำนวนมาก นิยมใช้ในงานก่อสร้างและมีการกำหนดให้ใช้มาก จากแบบประตูหน้าต่าง 18 อาคาร ที่ใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา คือ กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงนำมาเป็นกระจกวัตถุดิบในการคำนวณขนาดกระจกที่เหมาะสมกับขนาดของประตูบานเปิดเดี่ยวที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม ซึ่งโรงงานกระจกจะผลิตกระจกใส

หนา 6 มิลลิเมตร รวมทั้งหมด 11 ขนาด ดังนี้ 1.524 x 1.829, 1.829 x 2.134, 2.134 x 2.134, 1.829 x 2.438, 1.829 x 3.048, 2.134 x 3.048, 2.438 x 3.048, 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร ตามตารางที่ 28

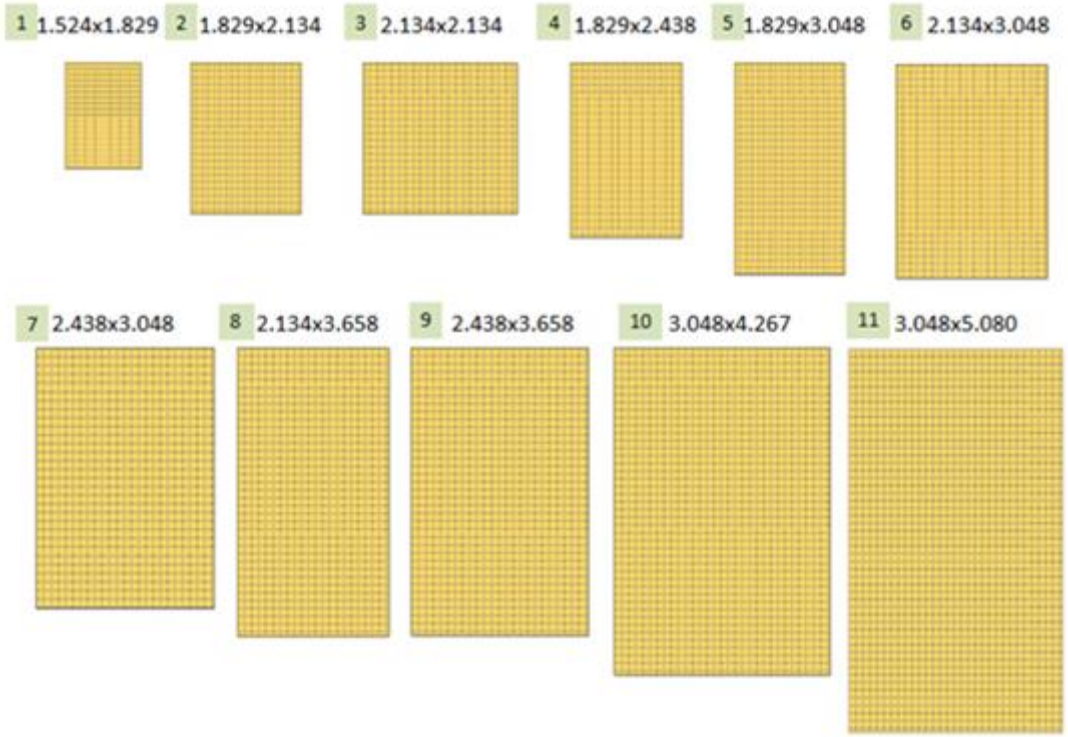
ตารางที่ 28 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร รวม 11 ขนาด

กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร (เมตร)
1.524 x 1.829
1.829 x 2.134
2.134 x 2.134
1.829 x 2.438
1.829 x 3.048
2.134 x 3.048
2.438 x 3.048
2.134 x 3.658
2.438 x 3.658
3.048 x 4.267
3.048 x 5.080

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5 วิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด

เมื่อนำประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด ที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม คือ 0.900 x 2.100, 1.050 x 2.100, 0.900 x 3.150 และ 1.050 x 3.150 เมตร มาสัมพันธ์กับขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ที่มีทั้งหมด 11 ขนาด ตามภาพที่ 98 จึงสามารถวิเคราะห์ได้ ดังนี้



ภาพที่ 98 ขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร

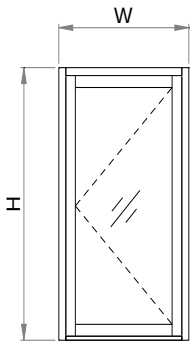
ในการวิเคราะห์ จะใช้วิธีการคำนวณเศษเหลือกระจกของประตูแต่ละขนาด เพื่อหาขนาดกระจกที่เหลือเศษน้อยที่สุดสำหรับประตูแต่ละขนาด ด้วยวิธีการ ดังนี้

1.คำนวณหาปริมาณพื้นที่กระจกทั้งหมดของกระจก 11 ขนาด โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร

2.คำนวณหาจำนวนแผ่นกระจกที่สามารถตัดได้จากกระจกวัตถุดิบสำหรับประตูแต่ละขนาด เพื่อหาปริมาณพื้นที่กระจกที่ใช้และพื้นที่กระจกที่เหลือ โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.นำปริมาณพื้นที่กระจกที่เหลือหารด้วยพื้นที่กระจกทั้งหมด คูณด้วย 100 จึงจะได้เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูแต่ละขนาด

การวัดขนาดกระจก โดยทั่วไปขนาดกระจกที่ใช้จะมีขนาดเล็กกว่าบานกรอบประตู แต่เพื่อให้สามารถคำนวณได้สะดวกและเข้าใจได้โดยง่าย ผู้วิจัยจึงกำหนดให้กระจกมีขนาดเท่ากันกับขนาดของชุดประตู ซึ่งประกอบด้วย วงกบ บานกรอบ และกระจก ตามภาพที่ 99



ภาพที่ 99 การวัดความกว้างและความสูงของกระจก

4.5.1 ประตูบานเปิดเดี่ยว ขนาด 0.900 x 2.100 เมตร ตามตารางที่ 29

กระจกขนาด 1.524 x 1.829 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 2.134 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 0.123 ตร.ม. คิดเป็น 3.15%

กระจกขนาด 2.134 x 2.134 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 0.774 ตร.ม. คิดเป็น 17.00%

กระจกขนาด 1.829 x 2.438 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 0.679 ตร.ม. คิดเป็น 15.23%

กระจกขนาด 1.829 x 3.048 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.795 ตร.ม. คิดเป็น 32.20%

กระจกขนาด 2.134 x 3.048 ม. ตัดได้ 3 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 0.834 ตร.ม. คิดเป็น 12.82%

กระจกขนาด 2.438 x 3.048 ม. ตัดได้ 3 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.761 ตร.ม. คิดเป็น 23.70%

กระจกขนาด 2.134 x 3.658 ม. ตัดได้ 4 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 0.246 ตร.ม. คิดเป็น 3.15%

กระจกขนาด 2.438 x 3.658 ม. ตัดได้ 4 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.358 ตร.ม. คิดเป็น 15.23%

กระจกขนาด 3.048 x 4.267 ม. ตัดได้ 6 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.665 ตร.ม. คิดเป็น 12.80%

กระจกขนาด 3.048 x 5.080 ม. ตัดได้ 7 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 4.144 ตร.ม. คิดเป็น 14.56%

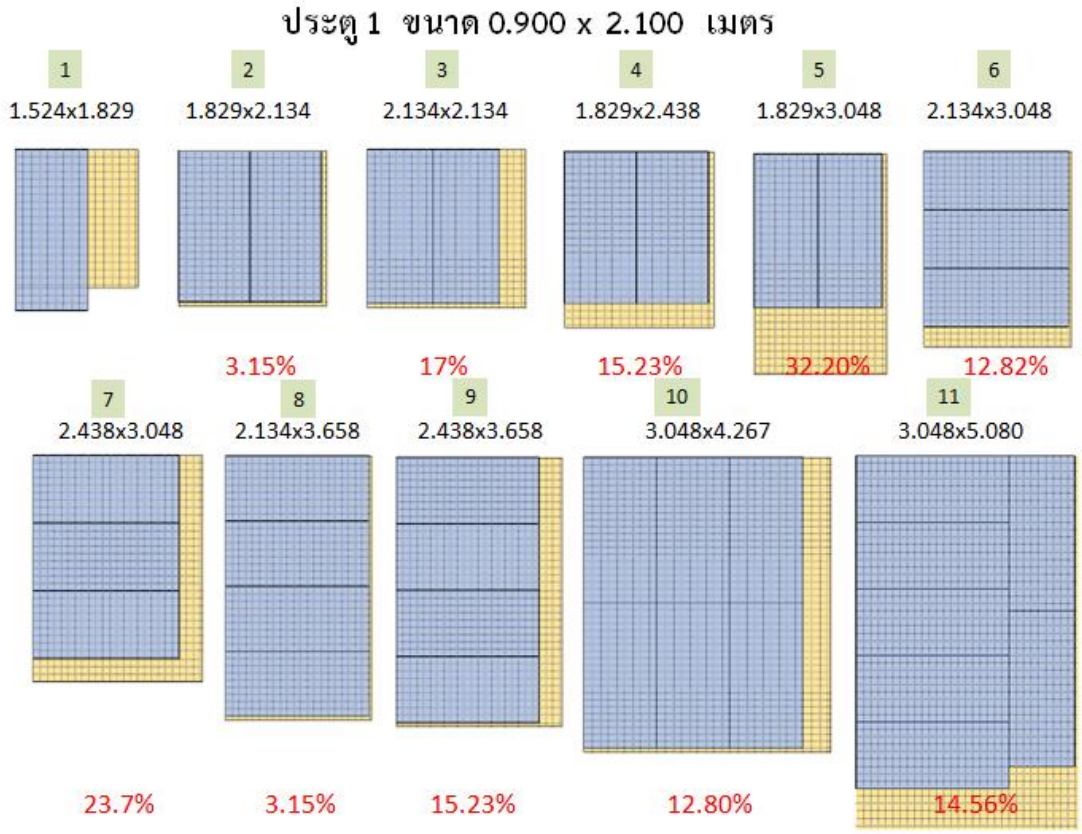
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 29 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร

ประตูขนาด 0.900 x 2.100 เมตร					
ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจก ที่ใช้ (ตร.ม.)	พื้นที่กระจก ที่เหลือ (ตร.ม.)	% เศษเหลือ
1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 2.134	3.903	2	3.780	0.123	3.15
2.134 x 2.134	4.554	2	3.780	0.774	17.00
1.829 x 2.438	4.459	2	3.780	0.679	15.23
1.829 x 3.048	5.575	2	3.780	1.795	32.20
2.134 x 3.048	6.504	3	5.670	0.834	12.82
2.438 x 3.048	7.431	3	5.670	1.761	23.70
2.134 x 3.658	7.806	4	7.560	0.246	3.15
2.438 x 3.658	8.918	4	7.560	1.358	15.23
3.048 x 4.267	13.005	6	11.340	1.665	12.80
3.048 x 5.080	15.484	7	13.230	2.254	14.56

หมายเหตุ : ขนาดกระจกอ้างอิงจากวิธีการวัดตามภาพที่ 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 100 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร

4.5.2 ประตูบานเปิดเดี่ยว ขนาด 1.050 x 2.100 เมตร ตามตารางที่ 30

กระจกขนาด 1.524 x 1.829 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 2.134 ม. ตัดได้ 1 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.698 ตร.ม. คิดเป็น 43.50%

กระจกขนาด 2.134 x 2.134 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 0.144 ตร.ม. คิดเป็น 3.16%

กระจกขนาด 1.829 x 2.438 ม. ตัดได้ 1 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 2.254 ตร.ม. คิดเป็น 50.55%

กระจกขนาด 1.829 x 3.048 ม. ตัดได้ 1 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 3.370 ตร.ม. คิดเป็น 60.45%

กระจกขนาด 2.134 x 3.048 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 2.094 ตร.ม. คิดเป็น 32.20%

กระจกขนาด 2.438 x 3.048 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 3.021 ตร.ม. คิดเป็น 40.65%

กระจกขนาด 2.134 x 3.658 ม. ตัดได้ 3 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.191 ตร.ม. คิดเป็น 15.26%

กระจกขนาด 2.438 x 3.658 ม. ตัดได้ 3 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 2.303 ตร.ม. คิดเป็น 25.82%

กระจกขนาด 3.048 x 4.267 ม. ตัดได้ 4 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 4.185 ตร.ม. คิดเป็น 32.18%

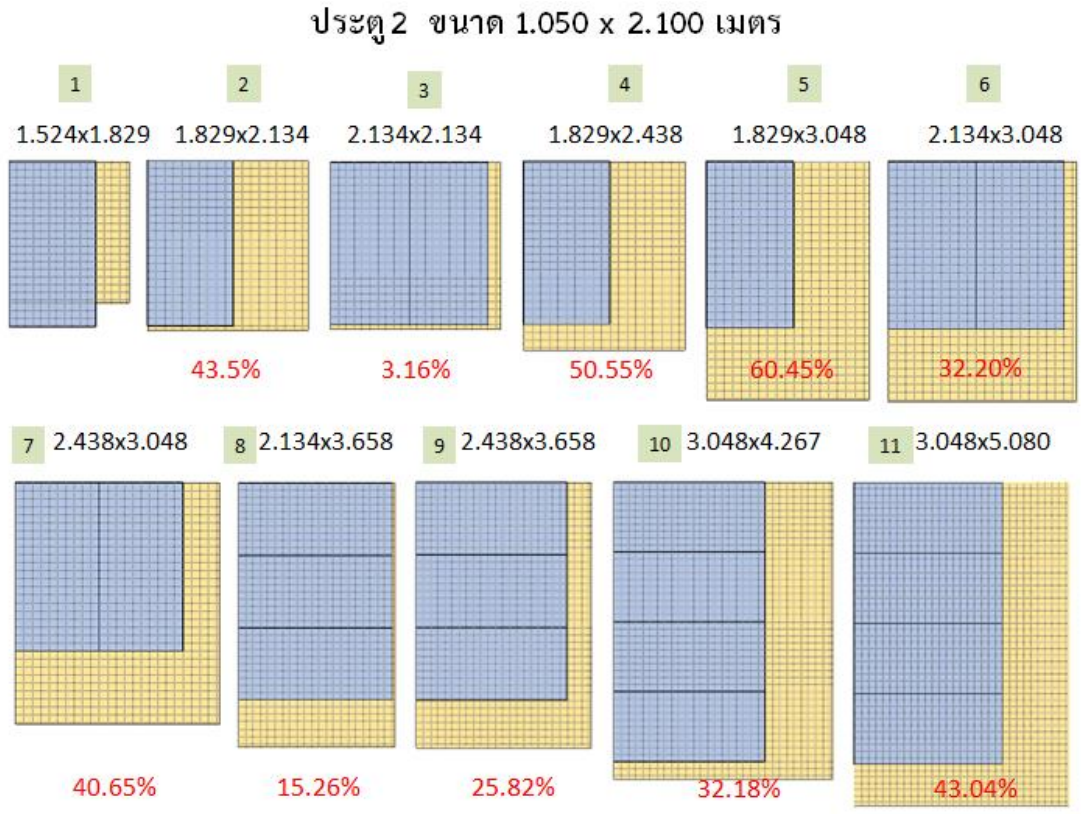
กระจกขนาด 3.048 x 5.080 ม. ตัดได้ 4 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 6.664 ตร.ม. คิดเป็น 43.04%

ตารางที่ 30 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร

ประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร					
ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	พื้นที่กระจกที่เหลือ (ตร.ม.)	% เศษเหลือ
1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 2.134	3.903	1	2.205	1.698	43.50
2.134 x 2.134	4.554	2	4.410	0.144	3.16
1.829 x 2.438	4.459	1	2.205	2.254	50.55
1.829 x 3.048	5.575	1	2.205	3.370	60.45
2.134 x 3.048	6.504	2	4.410	2.094	32.20
2.438 x 3.048	7.431	2	4.410	3.021	40.65
2.134 x 3.658	7.806	3	6.615	1.191	15.26
2.438 x 3.658	8.918	3	6.615	2.303	25.82
3.048 x 4.267	13.005	4	8.820	4.185	32.18
3.048 x 5.080	15.484	4	8.820	6.664	43.04

หมายเหตุ : ขนาดกระจกอ้างอิงจากวิธีการวัดตามภาพที่ 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 101 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร

4.5.3 ประตูบานเปิดเดี่ยว ขนาด 0.900 x 3.150 เมตร ตามตารางที่ 31

กระจกขนาด 1.524 x 1.829 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 2.134 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.134 x 2.134 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 2.438 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 3.048 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.134 x 3.048 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.438 x 3.048 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.134 x 3.658 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 2.136 ตร.ม. คิดเป็น 27.36%

กระจกขนาด 2.438 x 3.658 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 3.248 ตร.ม. คิดเป็น 36.42%

กระจกขนาด 3.048 x 4.267 ม. ตัดได้ 3 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 4.500 ตร.ม. คิดเป็น 34.60%

กระจกขนาด 3.048 x 5.080 ม. ตัดได้ 3 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 6.979 ตร.ม. คิดเป็น 45.07%

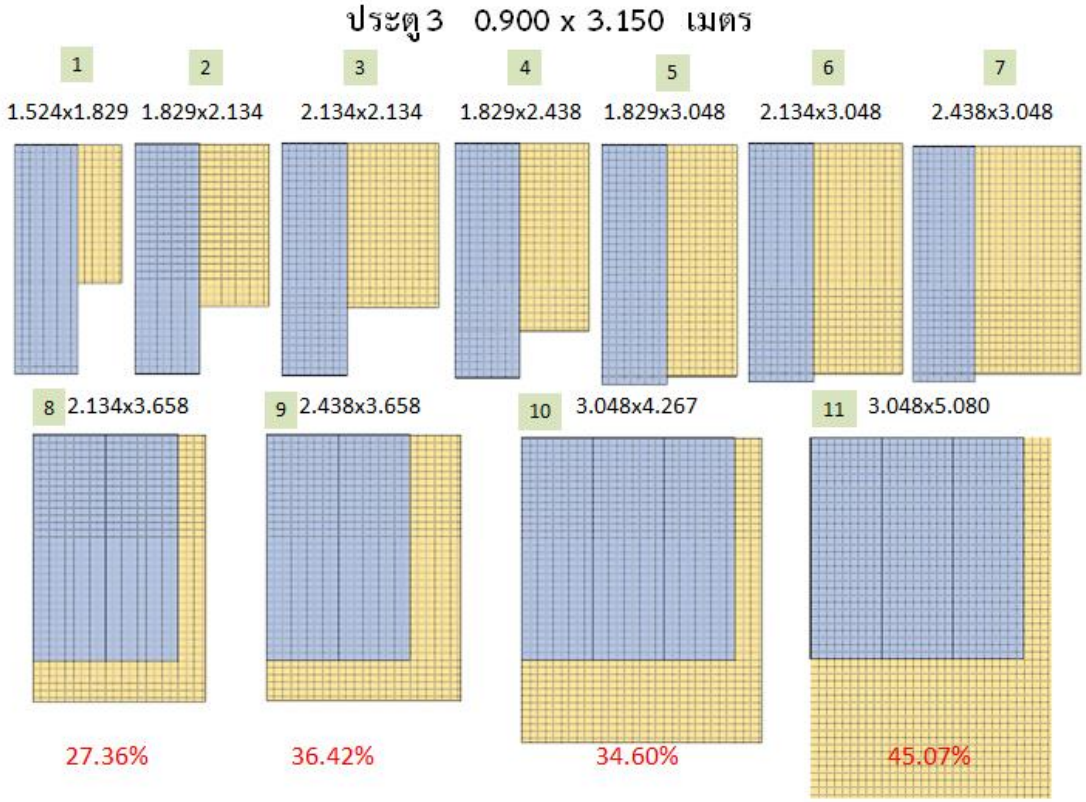
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 31 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร

ประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร					
ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	พื้นที่กระจกที่เหลือ (ตร.ม.)	% เศษเหลือ
1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 2.134	3.903	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.134 x 2.134	4.554	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 2.438	4.459	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 3.048	5.575	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.134 x 3.048	6.504	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.438 x 3.048	7.431	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.134 x 3.658	7.806	2	5.670	2.136	27.36
2.438 x 3.658	8.918	2	5.670	3.248	36.42
3.048 x 4.267	13.005	3	8.505	4.500	34.60
3.048 x 5.080	15.484	3	8.505	6.979	45.07

หมายเหตุ : ขนาดกระจกอ้างอิงจากวิธีการวัดตามภาพที่ 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 102 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร

4.5.4 ประตูบานเปิดเดี่ยว ขนาด 1.050 x 3.150 เมตร ตามตารางที่ 32

กระจกขนาด 1.524 x 1.829 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 2.134 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.134 x 2.134 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 2.438 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 1.829 x 3.048 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.134 x 3.048 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.438 x 3.048 ม. ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู

กระจกขนาด 2.134 x 3.658 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 1.191 ตร.ม. คิดเป็น 15.26%

กระจกขนาด 2.438 x 3.658 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 2.303 ตร.ม. คิดเป็น 25.82%

กระจกขนาด 3.048 x 4.267 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 6.391 ตร.ม. คิดเป็น 49.13%

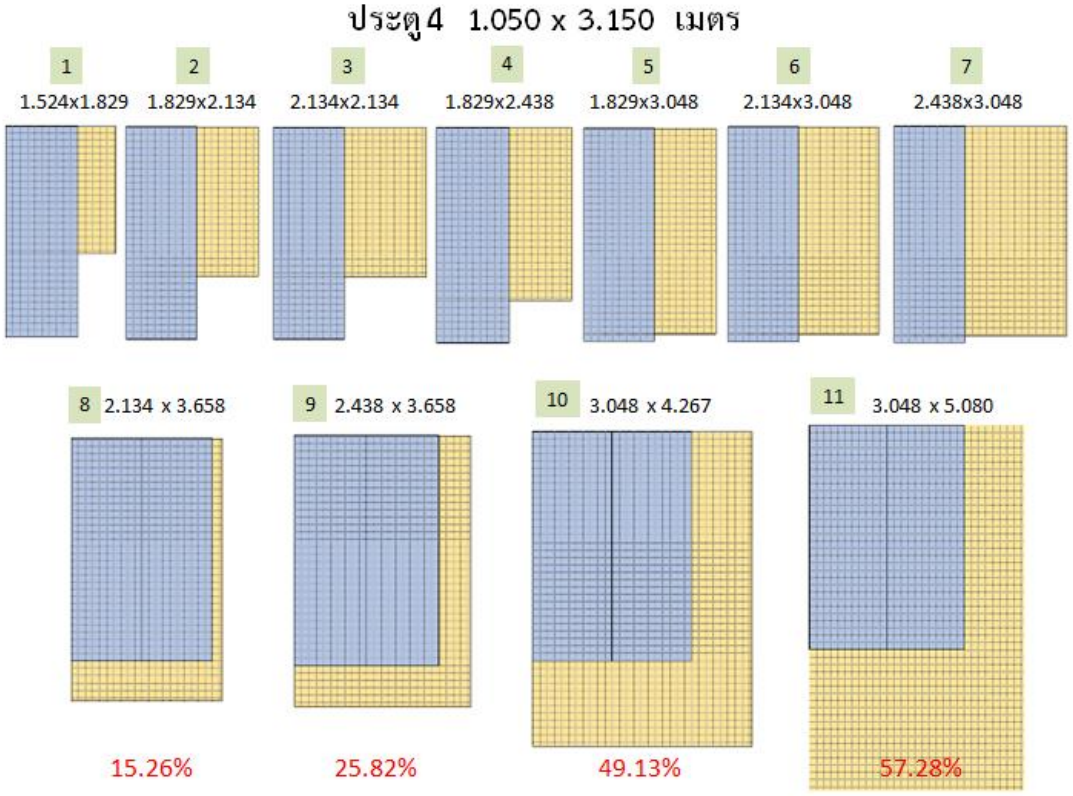
กระจกขนาด 3.048 x 5.080 ม. ตัดได้ 2 แผ่น มีพื้นที่กระจกเหลือ 8.869 ตร.ม. คิดเป็น 57.28%

ตารางที่ 32 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร

ประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร					
ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	พื้นที่กระจกที่เหลือ (ตร.ม.)	% เศษเหลือ
1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 2.134	3.903	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.134 x 2.134	4.554	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 2.438	4.459	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
1.829 x 3.048	5.575	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.134 x 3.048	6.504	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.438 x 3.048	7.431	ไม่สามารถตัดได้เนื่องจากขนาดกระจกเล็กกว่าขนาดประตู			
2.134 x 3.658	7.806	2	6.615	1.191	15.26
2.438 x 3.658	8.918	2	6.615	2.303	25.82
3.048 x 4.267	13.005	2	6.615	6.391	49.13
3.048 x 5.080	15.484	2	6.615	8.869	57.28

หมายเหตุ : ขนาดกระจกอ้างอิงจากวิธีการวัดตามภาพที่ 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 103 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร

4.5.5 สรุปการวิเคราะห์ขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมร่วมกับขนาดกระจก

จากการนำขนาดประตูที่มีความเหมาะสมกับอลูมิเนียม ไม่เหลือเศษ 4 ขนาด คือ 0.900 x 2.100, 1.050 x 2.100, 0.900 x 3.150, 1.050 x 3.150 เมตร มาวิเคราะห์ร่วมกับขนาดกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ที่ผลิตจากโรงงานทั้งหมด 11 ขนาด จึงได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 10 ขนาด ดังนี้ 1.829 x 2.134, 2.134 x 2.134, 1.829 x 2.438, 1.829 x 3.048, 2.134 x 3.048, 2.438 x 3.048, 2.134 x 3.658 , 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร
โดยขนาดที่ตัดแล้วเหลือเศษกระจกทิ้งน้อยที่สุด คือ 1.829 x 2.134 เมตร เหลือเศษ 0.123 ตารางเมตร คิดเป็น 3.15% และกระจกขนาด 2.134 x 3.658 เมตร เหลือเศษ 0.246 ตารางเมตร คิดเป็น 3.15% เท่ากัน

2. ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 2.100 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 10 ขนาด ดังนี้ 1.829 x 2.134, 2.134 x 2.134, 1.829 x 2.438, 1.829 x 3.048, 2.134 x 3.048, 2.438 x 3.048,

2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่ตัดแล้วเหลือเศษกระจกทิ้งน้อยที่สุด คือ 2.134 x 2.134 เมตร เหลือเศษ 0.144 ตารางเมตร คิดเป็น 3.16%

3. ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 3.150 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 4 ขนาด ดังนี้ 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่เหลือเศษกระจกทิ้งน้อยที่สุด คือ 2.134 x 3.658 เมตร เหลือเศษ 2.136 ตารางเมตร คิดเป็น 27.36%

4. ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 3.150 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 4 ขนาด ดังนี้ 2.134 x 3.658 , 2.438 x 3.658 , 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่เหลือเศษกระจกทิ้งน้อยที่สุด คือ 2.134 x 3.658 เมตร เหลือเศษ 1.191 ตร.ม. คิดเป็น 15.26%
ตามตารางที่ 33

ตารางที่ 33 เปอร์เซ็นต์เศษเหลือกระจกของประตู 4 ขนาดที่ประหยัดวัสดุ

ขนาดประตู (เมตร)	จำนวนกระจกที่สามารถนำมาใช้ได้ (ขนาด)	ขนาดกระจกวัตถุดิบที่ใช้แล้วจะเหลือเศษน้อยที่สุด (เมตร)	% เศษเหลือ
0.900 x 2.100	10	1.829 x 2.134 และ 2.134 x 3.658	3.15
1.050 x 2.100	10	2.134 x 2.134	3.16
0.900 x 3.150	4	2.134 x 3.658	27.36
1.050 x 3.150	4	2.134 x 3.658	15.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์พบว่า หากออกแบบประตูขนาดที่มีความเหมาะสมกับขนาดอลูมิเนียมและกระจกที่ผลิต จะทำให้ไม่เกิดเศษวัตถุดิบเหลือทิ้ง ซึ่งกลายเป็นขยะในงานก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดการประหยัดวัสดุ นอกจากนี้ยังทำงานง่าย และไม่ต้องใช้แรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกินออกอีกด้วย ดังนั้นขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมต่อการประหยัดวัสดุจะต้องสัมพันธ์กับขนาดของอลูมิเนียมและกระจกที่ผลิตจากโรงงาน

นอกจากนี้เศษอลูมิเนียมและกระจกที่เหลือจากการผลิตประตู มักจะมีขนาดหลากหลาย ไม่ซ้ำกัน หากมีการเก็บไว้ใช้ในงานต่อไป ต้องใช้เวลาและแรงงานในการคัดแยกขนาด อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการกองเก็บและการบริหารจัดการที่ดีอีกด้วย

ภาพที่ 104 เศษอลูมิเนียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 105 เศษกระจก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและเสนอแนะ

ค่าก่อสร้างอาคาร ประกอบด้วยส่วนที่เป็นค่าก่อสร้างที่เกิดจากค่าวัสดุและค่าแรงงานโดยมูลค่างานทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 75 - 80% และส่วนที่เป็นค่าก่อสร้างที่เกิดจากการบริหารจัดการค่าดำเนินการ กำไรและภาษี 20 – 30%[36] ปัจจุบันราคาวัสดุก่อสร้างสูงขึ้น และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เศษวัสดุก่อสร้างเป็นความสูญเสียที่สำคัญในงานก่อสร้าง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของเจ้าของโครงการทั้งภาครัฐและเอกชน อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมในการเกิดขยะจากงานก่อสร้าง โดยแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบริหารเศษวัสดุก่อสร้างคือ การหลีกเลี่ยงและการลดการเกิดเศษ โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบและการผลิต เพราะเป็นแนวทางที่จัดการตั้งแต่ต้นเหตุและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด เนื่องจากใช้ต้นทุนเป็นเพียงการคิดและวางแผนการออกแบบให้ใช้วัสดุให้คุ้มค่าอย่างรอบคอบ[37]

ประตูหน้าต่างเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของอาคาร ซึ่งมีมูลค่ามากถึง 15% ของค่าก่อสร้างอาคารทั้งหมด และไม่ว่าจะเป็นอาคารประเภทใด ประตูหน้าต่างล้วนมีหน้าที่เป็นช่องปิดเปิดของผนัง ทำหน้าที่กันน้ำ กันฝน รับลมหรือระบายอากาศ เชื่อมโยงพื้นที่แต่ละส่วนไว้ด้วยกัน รวมถึงเพิ่มความสวยงามและความหลากหลายให้กับอาคารที่ออกแบบอีกด้วย

ในการผลิตประตูหน้าต่างจะมีต้นทุนค่าวัสดุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งเป็นต้นทุนหลักประมาณ 75% ของต้นทุนทั้งหมด[38] รวมไปถึงค่าแรงงานที่ปรับตัวสูงขึ้นเช่นเดียวกับค่าวัสดุ วัสดุที่ใช้ทำประตูหน้าต่างมีหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น ไม้ เหล็ก ยูพีวีซี หรืออลูมิเนียม ในปัจจุบันมีความนิยมใช้ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมเป็นจำนวนมาก ทั้งอาคารขนาดเล็กและอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งจะประกอบด้วยวัสดุหลัก 2 ชนิดคือ อลูมิเนียมและกระจก โดยมีขั้นตอนกระบวนการผลิตจากโรงงาน และขั้นตอนการติดตั้งที่หน้างาน โดยโรงงานอลูมิเนียมและกระจกจะมีการผลิตขนาดวัสดุตามมาตรฐานผู้ผลิต จากนั้นผู้ติดตั้งประตูหน้าต่างอลูมิเนียมจะนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาตัด ประกอบ และติดตั้งที่หน้างาน ซึ่งจะติดตั้งตามรูปแบบและขนาดที่สถาปนิกออกแบบไว้ ดังนั้นขนาดที่ออกแบบจึงเป็นส่วนที่กำหนดการใช้ขนาดของวัสดุ

---

[36] อภิสิทธิ์ กุสลานันท์. การวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างอาคารเพื่อหาสัดส่วนงานของโครงการชุดพักอาศัยที่เป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548-2550. เอกสารงานวิจัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

[37] วชรภูมิ เบญจโอฬาร. การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2556.

[38] โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดประตูที่ออกแบบในปัจจุบันและเพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะขนาดประตูที่เหมาะสม โดยเลือกแบบอาคารที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ เป็นกรณีศึกษา จำนวน 18 อาคาร

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง ได้นำมาเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ในเรื่องวัสดุก่อสร้าง ซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญและเป็นต้นทุนที่ส่งผลถึงค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง โดยต้องมีการวางแผนให้เกิดการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เศษวัสดุก่อสร้างที่เป็นปัญหาสำคัญ ทำให้เกิดขยะในงานก่อสร้าง จึงเป็นประเด็นสำคัญในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการศึกษาแนวทางในการบริหารเศษวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้สามารถหลีกเลี่ยงและลดการเกิดเศษโดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบและการผลิต รวมไปถึงงานวิจัยที่ทำให้เกิดความเข้าใจในงานประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจก ส่วนประกอบ คุณลักษณะที่สำคัญของอลูมิเนียม และการตัด ประกอบ ติดตั้งประตูหน้าต่าง

ในการศึกษานี้ ศึกษาเฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวอลูมิเนียม และกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร โดยมีการสรุปผลการศึกษา ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 สรุปขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวในอาคารกรณีศึกษา

จากการศึกษาอาคารที่ออกแบบโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองจากแบบประตู พบประตู 6 รูปแบบ 46 ขนาด เฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวมี 9 ขนาด ได้แก่ 0.800 x 2.050, 0.800 x 2.500, 0.900 x 2.600, 1.000 x 2.200, 1.000 x 2.250, 1.000 x 2.500, 1.000 x 2.600, 1.000 x 2.900 และ 1.000 x 3.000 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2 สรุปขนาดอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงาน

จากการศึกษาโรงงานผลิตอลูมิเนียม พบว่าในกระบวนการผลิต เมื่ออลูมิเนียมบิลเลท (billet) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอลูมิเนียม ถูกดันเข้าเครื่องรีด โดยผ่านแม่พิมพ์ที่อยู่ภายในให้ออกมาเป็นอลูมิเนียมเส้นหน้าตัดต่างๆ จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการตัดเส้นอลูมิเนียม โดยการใช้ใบเลื่อยตัด section เครื่องตัดจะถูกตั้งค่าในการตัดความยาวไว้และทำการตัดแบบอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจักรจะถูกตั้งค่าอัตโนมัติไว้ที่ความยาว 6.400 เมตร หากต้องการความยาวที่มากขึ้นหรือน้อยลง จะต้องตั้งค่าระยะการตัดเครื่องใหม่ ดังนั้นความยาวมาตรฐานที่ถูกตั้งค่าไว้และตัดเป็นจำนวนมาก คือ 6.400 เมตร จากนั้นจึงนำเส้นอลูมิเนียมไปทำผิว ซึ่งมีทั้งการชุบสีและพ่นสี ในขั้นตอนนี้จะมีการยืดเส้น

อลูมิเนียมให้ติดกับขาโหลดเพื่อใช้ในการนำลงบ่อชุบสี โดยมีระยะการยึดทั้งด้านหัวและท้ายเส้น ด้านละ 3 - 5 เซนติเมตร รวม 6 - 10 เซนติเมตร และในการพ่นสี โดยวิธีการพ่นเส้นอลูมิเนียมในแนวตั้ง จะมีการยึดเส้นอลูมิเนียมโดยการเจาะรูที่ด้านหัวและท้าย ด้านละ 2 - 5 เซนติเมตร เพื่อยึดเส้นอลูมิเนียมด้านบนให้ติดกับขาโหลดที่ติดกับรางเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Conveyer) และด้านล่างมีการเจาะรูแขวนโซ่ เพื่อป้องกันการแกว่งของชิ้นงาน ทำให้เส้นอลูมิเนียมมีรอยเจาะรูทั้งด้านหัวและท้ายรวม 4 - 10 เซนติเมตร

ดังนั้นในการผลิตอลูมิเนียมจากโรงงาน แม้จะมีความยาวที่ 6.400 เมตร แต่เมื่อผ่านกระบวนการทำผิวแล้ว จะมีรอยที่ด้านหัวและท้ายของเส้นอลูมิเนียม จากนั้นอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงานจะถูกส่งไปที่ผู้ตัด ประกอบ และติดตั้งประตูหน้าต่าง ทำให้ในขั้นตอนการผลิตประตูหน้าต่างจะมีการตัดด้านหัวและท้ายเส้นอลูมิเนียมทิ้งประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้นจึงเหลือความยาวอลูมิเนียมที่นำไปตัดและประกอบเป็นประตูหน้าต่างได้ 6.300 เมตร

5.1.3 สรุปขนาดกระจกที่ผลิตจากโรงงาน

จากการศึกษาโรงงานผลิตกระจก พบว่ากระจกที่โรงงานผลิตมี 6 ประเภท คือ กระจกแผ่น กระจกโฟลต กระจกอบความร้อน กระจกเคลือบผิวหรือกระจกสะท้อนแสง กระจกดัดแปลง และกระจกเฉพาะ กระจกที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดและเป็นที่นิยมในงานก่อสร้างคือ กระจกโฟลตใสหรือ เรียกว่ากระจกใส มีความหนาที่ผลิตตั้งแต่ 2 - 19 มิลลิเมตร ในการศึกษานี้ ทำการศึกษากระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีขนาดที่ผลิตทั้งหมด 11 ขนาด ดังนี้ 1.524 x 1.829, 1.829 x 2.134, 2.134 x 2.134, 1.829 x 2.438, 1.829 x 3.048, 2.134 x 3.048, 2.438 x 3.048, 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.4 สรุปขนาดประตูที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม

เมื่อวิเคราะห์ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ในอาคารกรณีศึกษา ให้สัมพันธ์กับความยาวอลูมิเนียม 6.300 เมตร โดยแบ่งเป็นความกว้างและความสูง ดังนี้ ความกว้าง 3 ระยะ ได้แก่ 0.800, 0.900 และ 1.000 เมตร พบว่าความกว้าง 0.800 และ 1.000 เมตร เป็นระยะที่เหลือเศษอลูมิเนียม ในขณะที่ความกว้าง 0.900 เมตร ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม และความสูง 7 ระยะ ได้แก่ 2.050, 2.200, 2.250, 2.500, 2.600, 2.900 และ 3.000 เมตร พบว่าเป็นความสูงที่เหลือเศษอลูมิเนียมทุกระยะ

จึงเสนอให้คงความกว้างที่ใช้คือ 0.900 เมตร ไว้ และหากต้องการใช้ความกว้างที่เพิ่มขึ้น ให้เลือกใช้ความกว้าง 1.050 เมตร ในส่วนของความสูง เสนอให้ใช้ 2.100 เมตร

และหากต้องการใช้ขนาดประตูที่สูงขึ้นให้เลือกใช้ความสูง 3.150 เมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม ดังนั้นขนาดประตูที่ประหยัดวัสดุ ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม 4 ขนาด คือ กว้าง 0.900 เมตร และ 1.050 เมตร และสูง 2.100 เมตร และ 3.150 เมตร สามารถนำมาจัดเป็นขนาดประตูได้ 4 ขนาด เพื่อนำไปวิเคราะห์กับขนาดกระจก คือ 0.900 x 2.100 เมตร, 1.050 x 2.100 เมตร, 0.900x 3.150 เมตร และ 1.050 x 3.150 เมตร

5.1.5 สรุปขนาดกระจกที่เหลือเศษน้อยที่สุด

เมื่อวิเคราะห์ขนาดประตู 4 ขนาด ให้สัมพันธ์กับขนาดกระจกที่ผลิต 11 ขนาด พบว่า หากใช้กระจกขนาด 1.829x2.134 เมตร หรือ 2.134x3.658 เมตร สำหรับประตูขนาด 0.900x2.100 เมตร จะเหลือเศษ 3.15% หากใช้กระจกขนาด 2.134x2.134 เมตร สำหรับประตูขนาด 1.050x2.100 เมตร จะเหลือเศษ 3.16% หากใช้กระจกขนาด 2.134x3.658 เมตร สำหรับประตูขนาด 0.900x3.150 เมตร จะเหลือเศษ 27.36% หากใช้กระจกขนาด 2.134x3.658 เมตร สำหรับประตูขนาด 1.050x3.150 เมตร จะเหลือเศษ 15.26%

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ประตูขนาด 0.900 x 2.100 และ 1.050 x 2.100 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 10 ขนาด และเหลือเศษกระจกใกล้เคียงกัน คือ 3.15% และ 3.16% ตามลำดับ ในขณะเดียวกันประตูขนาด 0.900x 3.150 และ 1.050 x 3.150 เมตร เลือกใช้กระจกได้ 4 ขนาด และเหลือเศษ 27.36% และ 15.26% ตามลำดับ โดยประตูความสูง 3.150 เมตร สามารถแบ่งให้เป็นรูปแบบที่มีส่วนของช่องแสงด้านบนได้

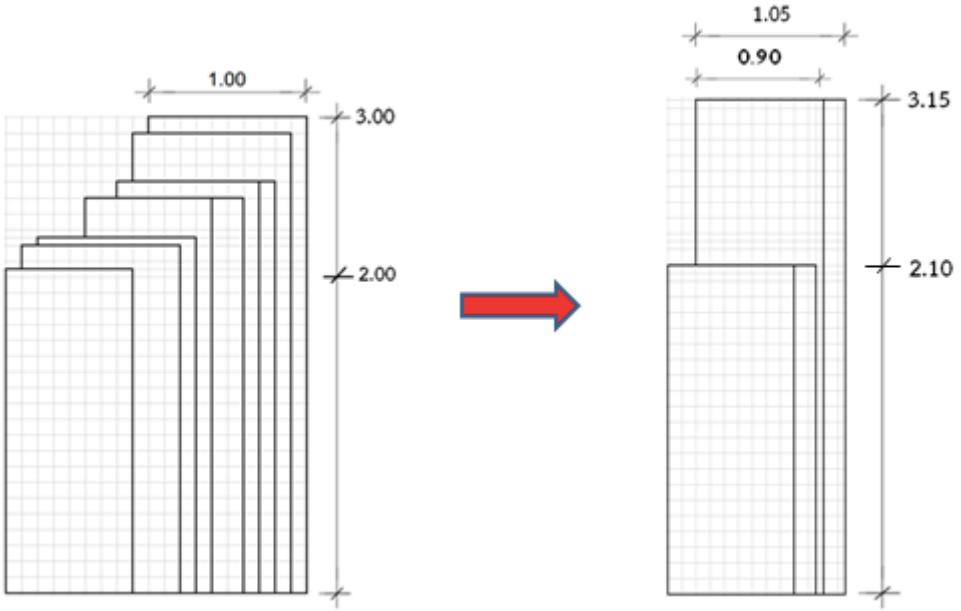
5.1.6 สรุปขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่ประหยัดวัสดุ

Chulalongkorn University

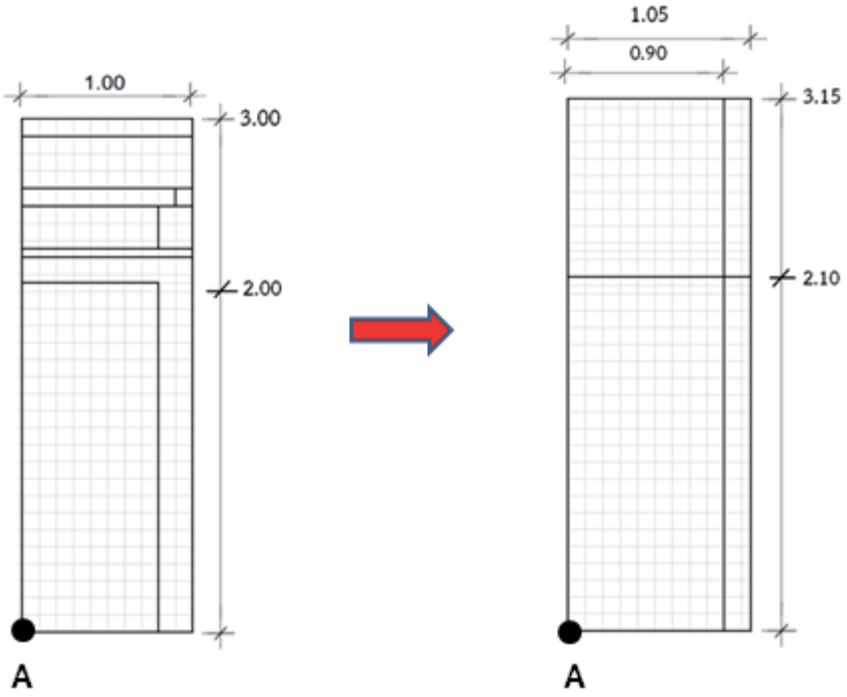
จากขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ในอาคารกรณีศึกษา เมื่อนำมาวิเคราะห์กับอลูมิเนียมและกระจก โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาจาก 3 เรื่อง คือ

1. ขนาดประตูที่พอดีกับอลูมิเนียม และไม่เหลือเศษ
2. ขนาดกระจกที่เหลือเศษน้อยที่สุด
3. การทำงานง่าย และประหยัดแรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกิน

จึงได้ขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมที่สุดต่อการประหยัดวัสดุในการออกแบบอาคาร 4 ขนาด คือ ความกว้าง 0.900 เมตร และ 1.050 เมตร และความสูง 2.100 เมตร และ 3.150 เมตร ตามภาพที่ 106 และภาพที่ 107 ซึ่งเป็นการซ้อนภาพโดยมีตำแหน่งจุด A เดียวกัน



ภาพที่ 106 ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด จากอาคารกรณีศึกษา (ซ้าย)
และประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาดที่ประหยัดวัสดุ (ขวา)



ภาพที่ 107 ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด จากอาคารกรณีศึกษา (ซ้าย) และประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด
ที่ประหยัดวัสดุ (ขวา) แบบทำการซ้อนภาพโดยมีตำแหน่งจุด A เดียวกัน

นอกจากนี้ขนาดประตูที่เหมาะสมต่อการประหยัดวัสดุทั้ง 4 ขนาด เมื่อพิจารณาเรื่องการตัดประกอบ ซึ่งมีทั้งการดำเนินการที่โรงงานและที่โครงการ พบว่าการตัดอลูมิเนียมที่โครงการจะใช้อุปกรณ์ในการตัดที่แตกต่างจากการตัดที่โรงงาน เนื่องจากต้องเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ทำให้การตัดอาจมีการคลาดเคลื่อนจากขนาดที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับความชำนาญของช่าง ในขณะที่การตัด ประกอบที่โรงงานจะใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยและมีความแม่นยำ ดังนั้นการตัดอลูมิเนียมในโรงงานจะสามารถควบคุมให้ได้ขนาดที่ประหยัดวัสดุมากกว่าการตัดที่โครงการ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นแนวทางกระบวนการในการวิเคราะห์ขนาดประตูอลูมิเนียมกระจก โดยใช้ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว จากแบบของกรมโยธาธิการและผังเมืองเป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีทั้งอาคารที่เป็นแบบมาตรฐาน ที่ใช้เป็นแบบสำหรับการก่อสร้างอาคารทั่วประเทศ และแบบเฉพาะ ที่ใช้เป็นแบบสำหรับการก่อสร้างเฉพาะโครงการ ในการออกแบบอาคาร หากมีการคำนึงถึงการใช้วัสดุให้เกิดความพอดีกับขนาดของวัสดุที่ผลิต เหลือเศษทิ้งน้อย ทำให้ขยะในการก่อสร้างลดลง ทำงานง่าย และประหยัดแรงงานในการตัดเศษวัสดุส่วนเกิน ก็จะทำให้เกิดการประหยัดวัสดุ อีกทั้งหากเป็นการออกแบบอาคาร ที่เป็นแบบมาตรฐาน ใช้สำหรับสร้างทั่วประเทศ ก็จะยิ่งทำให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมได้เป็นอย่างมาก

ในการเขียนแบบประตูหน้าต่าง มีวิธีบอกระยะ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบระบุริมขอบนอก และแบบระบุริมขอบใน งานวิจัยนี้ ให้ใช้วิธีบอกระยะแบบริมขอบนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้ประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด คือ กว้าง 0.900 เมตร และ 1.050 เมตร และสูง 2.100 เมตร และ 3.150 เมตร

นอกจากนี้ ความกว้างประตู 0.900 เมตร เมื่อหักระยะความกว้างวงกบด้านซ้ายและขวา ช่องเปิดจะเหลือความกว้างที่ 0.800 เมตร ส่วนความกว้างประตู 1.050 เมตร เมื่อหักระยะความกว้างวงกบ ช่องเปิดจะเหลือความกว้างที่ 0.950 เมตร ดังนั้นในอาคารประเภทบ้านพักอาศัย เสนอให้ใช้ประตูบานเปิดเดี่ยว ความกว้าง 0.900 เมตร และในอาคารสาธารณะ ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์โดยทั่วไปหรือทำกิจกรรมต่างๆ เสนอให้ใช้ความกว้าง 1.050 เมตร

ดังนั้นการเลือกขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมต่อการประหยัดวัสดุในการออกแบบอาคาร นอกจากเพื่อไม่ให้เหลือเศษวัสดุแล้ว ยังทำงานง่าย และไม่ต้องใช้แรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกินทิ้ง ส่งผลให้เกิดการประหยัดแรงงาน เมื่อออกแบบอาคารขนาดใหญ่ขึ้น การใช้ประตูหน้าต่างมีจำนวนมากขึ้น ก็จะเป็นประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศในการประหยัดวัสดุ การลดความสูญเสียวัสดุส่วนเกิน และยังช่วยลดปัญหาการเกิดเศษขยะในงานก่อสร้างที่เป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบันอีกด้วย

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวในอาคารกรณีศึกษา เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับอลูมิเนียมและกระจก จะได้ขนาดประตูที่ประหยัดวัสดุ 4 ขนาด คือ กว้าง 0.900 เมตร และ 1.050 เมตร และสูง 2.100 เมตร และ 3.150 เมตร เป็นขนาดที่พอดี ไม่เหลือเศษวัสดุ อีกทั้งยังทำงานง่ายและประหยัดแรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกินออก ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ รณกร ชมธัญกาญจน์, (2555) กล่าวว่า ในขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ในชิ้นส่วนของผนัง พบว่ามีเหล็กตะแกรงเสริมที่ผลิตด้วยเครื่องจักร สามารถผลิตได้ขนาดแคบที่สุดที่ระยะ 0.50 เมตร ดังนั้นหากผนังมีระยะน้อยกว่า 0.55 เมตร จะต้องใช้แรงงานตัดเหล็กตะแกรงเสริมส่วนเกินออก ซึ่งนอกจากต้องใช้แรงงานในการตัดเหล็กแล้ว ยังเสียวัสดุโดยไม่จำเป็น[39]

5.3 ข้อเสนอแนะ

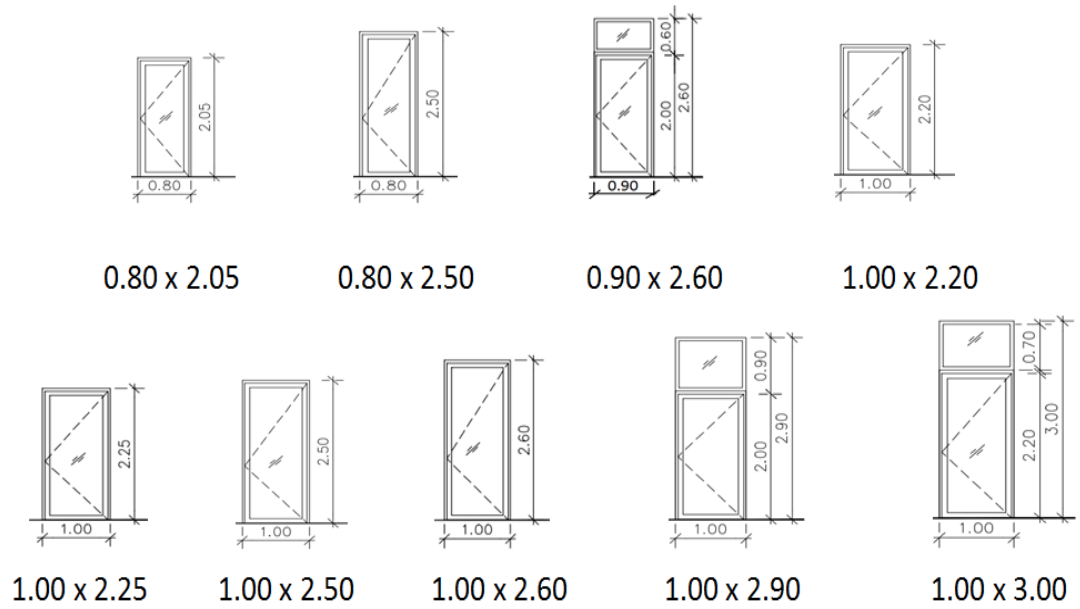
จากการศึกษาและดำเนินงานวิจัย มีข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งานและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน

- กรณีเลือกใช้ประตูที่มีความสูง 3.150 เมตร สามารถปรับให้เป็นรูปแบบที่มีส่วนของช่องแสงได้ เช่นเดียวกันกับประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งมีการออกแบบประตูบานเปิดเดี่ยว แบบมีช่องแสงอยู่แล้ว ตามภาพที่ 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[39] รณกร ชมธัญกาญจน์. กระบวนการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารประเภทบ้านเดี่ยว กรณีศึกษา : บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555.

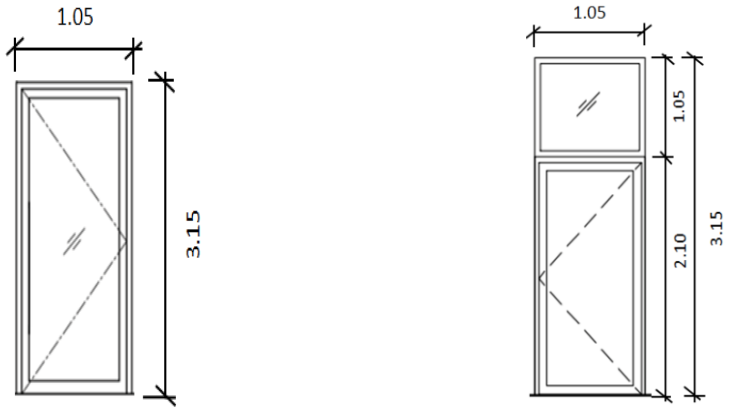


ภาพที่ 108 รูปแบบประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด ในอาคารกรณีศึกษา

ดังนั้นหากเลือกใช้ประตู ความสูง 3.150 เมตร สามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 รูปแบบ คือแบบไม่มีช่องแสง และแบบมีช่องแสง ได้แก่ ประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร แบบไม่มีช่องแสง และแบบมีช่องแสง ตามภาพที่ 109

ภาพที่ 109 ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 3.150 เมตร แบบไม่มีช่องแสง (ซ้าย) แบบมีช่องแสง (ขวา)

และประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร แบบไม่มีช่องแสง และแบบมีช่องแสง ตามภาพที่ 110



ภาพที่ 110 ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 3.150 เมตร แบบไม่มีช่องแสง (ซ้าย) แบบมีช่องแสง (ขวา)

- จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเรื่องกระจกอาคาร ระบุว่าความหนาของกระจกที่ใช้มีความสัมพันธ์กับขนาดของช่องเปิดและความสูงของอาคารสำหรับกระจกด้านนอกอาคาร โดยกระจกธรรมดา หนา 6 มิลลิเมตร หากใช้กับช่องเปิดขนาด 1 - 2 ตารางเมตร สามารถใช้ได้ตั้งแต่ชั้นที่ 1 - 30 ส่วนช่องเปิดขนาด 3 ตารางเมตร สามารถใช้ได้ตั้งแต่ชั้นที่ 1 - 10 และเมื่อเป็นช่องเปิดขนาด 4 - 5 ตารางเมตร ไม่ควรใช้เกินชั้นที่ 4 หากเกินกว่านี้จะต้องเพิ่มความหนากระจกเป็น 8 มิลลิเมตร[40] ดังนั้นหากเลือกใช้ประตูบานเปิดเดี่ยวแบบไม่มีช่องแสง ขนาด 0.900 x 3.150 และ 1.050 x 3.150 เมตร และกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร จึงแนะนำให้ใช้กับความสูงอาคารที่ไม่เกิน 4 ชั้น สำหรับการใช้กระจกด้านนอกอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- ควรมีการศึกษาเชิงลึกในประตูหน้าต่างประเภทอื่นให้ครบทุกรูปแบบ เช่น บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ และบานเลื่อนสลับ เป็นต้น

- ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลกระจกประเภทอื่นให้ครบทุกรูปแบบ เช่น กระจกเทมเปอร์ กระจกลามิเนต และกระจกฉนวนกันความร้อน เป็นต้น
เพื่อให้ได้ประตูหน้าต่างขนาดที่เหมาะสมต่อไป

[40] พรรณชลัท สุริโยธิน. (2543). วัสดุและการก่อสร้าง : กระจก. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณานุกรม

AIC. ข้อควรรู้ก่อนตัดอลูมิเนียมโปรไฟล์. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.dojogarden.com/index.php?id_product=11&controller=product. [30 พฤษภาคม 2565]

Ageu Machado, João Zayatz, Marcos Silva, Guilherme Melluzzi Neto, Gislaine Camila Lapasini Leal, และRafael Lima. Aluminum Bar Cutting Optimization for Door and Window Manufacturing. DYNA 87, 212 (2020): 155-162.

TRUSCO RESOLUTION. อลูมิเนียมที่นิยมนำมาผลิตอลูมิเนียมโพรไฟล์. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.trusco-resolution.com/อลูมิเนียมเกรดไหน-นิยมนำมาผลิต-aluminum-profile-72458.page. [8 ธันวาคม 2564]

WAZZADU TRANSMEDIA. รวมข้อมูลวัสดุศาสตร์ หลักการพิจารณาเลือกใช้ ประตูอลูมิเนียม (Aluminium Doors). [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.wazzadu.com/article/3379. [20 เมษายน 2564]

กระทรวงแรงงาน. 2562. ประกาศคณะกรรมการค่าจ้างเรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 10). [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.mol.go.th/news/ประกาศคณะกรรมการค่าจ้างเรื่อง-อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ-ฉบับที่-10-และคำชี้แจง-พร้อมตารางแสดงอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ. [15 พฤษภาคม 2565]

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2520. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อลูมิเนียมขุบผิว มอก.218-2520. แหล่งที่มา: https://service.tisi.go.th/standard-shop/web/index.php?r=site/view&tis=1452. [10 ตุลาคม 2564]

กลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. 2564. บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน ประจำปี พ.ศ.2565. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.yotathai.com/yotanews/cost-build-65. [25 ธันวาคม 2564]

คเชนท์ สุริยาวงศ์. ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักโดยผู้ประกอบการธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

ธนิต อาภรณ์รัตน์. เทคนิคงานอะลูมิเนียม. (พิมพ์ครั้งที่ 5) ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์, 2554.

ธนิต อาภรณ์รัตน์. เรียนรู้งานอลูมิเนียมด้วยตนเอง. ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์, 2557.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บัณฑิต จุลาสัย และ สุริยน ศิริธรรมปิติ. วัสดุและการก่อสร้าง : ประตูและหน้าต่าง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้าง : กระจก. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

รณกร ชมธัญกาญจน์. กระบวนการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารประเภทบ้านเดี่ยว กรณีศึกษา : บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555.

วชรภูมิ เบญจโอฬาร. การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2556.

ศิริชัย ศิลปรัศมี. โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. 2557. การสำรวจสถานภาพอุตสาหกรรมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-Ferrous Metals): อะลูมิเนียม ภายใต้โครงการพัฒนาศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กและโลหการประจำปีงบประมาณ 2557. แหล่งที่มา: https://iiu.isit.or.th/th/reports/In-Depth%20Research%20Report/download.aspx?Content=1142.

สมชาย โพพาทอง. การศึกษากระบวนการจัดการวัสดุก่อสร้างของบริษัทรับสร้างบ้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศ. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.price.moc.go.th/price/fileuploader/file_csi/Csi.pdf. [10 พฤษภาคม 2565]

สุชา กิตติวรารัตน์ และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก. รายงานการวิจัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2555.

สุพจน์ อุปริมาตร. การศึกษาเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างและการวิเคราะห์ปัจจัยการเสนอราคางานก่อสร้างอาคาร ของภาครัฐและเอกชน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

สุมิตร คชวงษ์. 2560. งานผลิตภัณฑ์อลูมิเนียม. แหล่งที่มา: https://www.cstc.ac.th/wp-content/uploads/2018/07/4หน่วยที่-1.pdf.

โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง. การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

อภิสิทธิ์ กุสลานันท์. การวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างอาคารเพื่อหาสัดส่วนงานของโครงการชุดพักอาศัยที่เป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548-2550. เอกสารงานวิจัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

พบพร เอี่ยมใส, รินรดา ศิริ, ณัฐพล อุตะมะโชค, และปรารถนา ศิริสานต์. แนวทางการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมจากเศษกระจกเหลือทิ้ง. เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 1), 2559.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บันทึกการสัมภาษณ์ กรมโยธาธิการและผังเมือง
วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2565
ผู้ให้สัมภาษณ์ นางสาวแม้นมณี จารุดุล
ตำแหน่ง สถาปนิกชำนาญการพิเศษ สำนักสถาปัตยกรรม กรมโยธาธิการและผังเมือง

เนื้อหาการสัมภาษณ์

1.งานออกแบบสถาปัตยกรรมของกรมโยธาธิการและผังเมือง ที่เป็นแบบมาตรฐานกับแบบเฉพาะ มีความแตกต่างกันอย่างไร

งานออกแบบสถาปัตยกรรมฯ ที่เป็นแบบมาตรฐาน นั้น เจ้าของโครงการ มีความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคารจำนวนมากทั่วประเทศ เพื่อรองรับการใช้งานที่มีประโยชน์ใช้สอยลักษณะเดียวกัน และมีจำนวนบุคลากรไม่ต่างกัน และที่สำคัญ ต้องการให้อาคารมีอัตลักษณ์ที่ชัดเจน เพื่อให้ประชาชนหรือผู้มาติดต่องาน สามารถจดจำและง่ายต่อการเข้าใจในตำแหน่งโครงการ เช่น แบบมาตรฐานสำนักงาน ป.ป.ช. ประจำจังหวัด เป็นต้น นอกจากนั้น เจ้าของโครงการ สามารถนำแบบมาตรฐานดังกล่าว ไปดำเนินการจัดตั้งงบประมาณ และดำเนินการจัดซื้อจัดจ้าง ครั้งต่อไป ได้โดยไม่ต้องเผื่อระยะเวลาสำหรับการออกแบบก่อสร้างอาคารด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ ตลอดจนการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งทำให้เจ้าของโครงการสามารถดำเนินการจัดซื้อจัดจ้างได้รวดเร็วและต่อเนื่อง

งานออกแบบสถาปัตยกรรมฯ ที่เป็นแบบเฉพาะ นั้น เจ้าของโครงการ มีความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคารเฉพาะที่ใดที่หนึ่ง เพื่อรองรับการใช้งานที่มีประโยชน์ใช้สอยเฉพาะที่นั้นๆ และต้องการให้อาคารมีเอกลักษณ์เฉพาะโครงการ แบบก่อสร้างฯ จะระบุชื่อโครงการและสถานที่ก่อสร้าง พร้อมชื่อเจ้าของโครงการ เช่น โครงการสำนักงานสงเคราะห์ทหารผ่านศึกเขตลพบุรี อาคารสำนักงาน 2 ชั้น เป็นต้น

2.การพิจารณาเลือกใช้ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกับยูพีวีซี สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรมของกรมโยธาธิการและผังเมือง ต้องคำนึงถึงเรื่องใดบ้าง

อาคารสาธารณะ ซึ่งมีหน่วยงานราชการเป็นเจ้าของโครงการนั้น โดยทั่วไปแล้ว จะมีงบประมาณจำกัด สำหรับค่าก่อสร้างและการดูแลรักษา โดยทั่วไป จึงเลือกใช้ประตูหน้าต่างอลูมิเนียม ซึ่งมีความสวยงาม ทนทาน ดูแลรักษาง่าย และมีค่าก่อสร้างหลากหลายมากกว่ายูพีวีซี อย่างไรก็ดี หากประโยชน์ใช้สอยของโครงการ มีความต้องการเฉพาะ ที่ มากกว่าโครงการทั่วไป เช่น การลด

เสียงรบกวนจากภายนอก การป้องกันน้ำรั่วซึม รูปลักษณ์ที่มีความหนา หนักแน่น ซึ่งวัสดุยูพีวีซี มีคุณสมบัติที่ดีกว่าอลูมิเนียม จึงเลือกใช้ประตูหน้าต่างยูพีวีซี

3.การพิจารณาเลือกใช้ขนาดและสีของประตูหน้าต่างอลูมิเนียม ตลอดจนประเภทของประตู เช่น บานเปิด บานเลื่อน สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรมของกรมโยธาธิการและผังเมือง ต้องคำนึงถึงเรื่องใดบ้าง

ความสวยงามและลักษณะการใช้สอยประตูหน้าต่าง พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ความปลอดภัยและมั่นคงแข็งแรง และงบประมาณค่าก่อสร้าง เช่น ประตูโถงทางเข้าอาคาร จะมีขนาดกว้างและสูงกว่า ประตูสำนักงานทั่วไป เป็นต้น

4.การพิจารณาเลือกใช้ประเภทและความหนากระจก สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรมของกรมโยธาธิการและผังเมือง ต้องคำนึงถึงเรื่องใดบ้าง

นอกจาก ความสวยงามและลักษณะการใช้สอยประตูหน้าต่าง พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และงบประมาณค่าก่อสร้าง จะคำนึงถึงการประหยัดพลังงานด้วย โดยทั่วไป ในแบบฯ จะระบุให้ใช้กระจกใส ความหนา 6 มิลลิเมตร สำหรับ ประตู หน้าต่าง ช่องแสงภายใน และระบุให้ใช้กระจกใส สีเขียวตัดแสง ความหนา 6 มิลลิเมตร สำหรับ ประตู หน้าต่าง ช่องแสงภายนอก และระบุให้ใช้กระจกนิรภัยลามิเนต ความหนา 6-10 มิลลิเมตรสำหรับบานประตูหน้าต่างที่มีขนาดกว้างหรือสูงพิเศษ

5.การพิจารณาเลือกใช้ความหนาของอลูมิเนียม สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรมของกรมโยธาธิการและผังเมือง ต้องคำนึงถึงเรื่องใดบ้าง

ความหนาของอลูมิเนียม โดยทั่วไป จะระบุตามการคำนวนความแข็งแรงและปลอดภัยจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งมีความมั่นคงแข็งแรง และสอดคล้องกับงบประมาณค่าก่อสร้าง และระบุในแบบฯ ให้ผู้รับจ้างจัดทำ Shop Drawing แสดงขนาดหน้าตัดอลูมิเนียมและเอกสารประกอบการพิจารณา รวมทั้งรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ประกอบชุดประตู ให้คณะกรรมการตรวจรับพัสดุพิจารณาอนุมัติก่อนดำเนินการ และสำหรับประตูหน้าต่าง ที่มีขนาดกว้างหรือสูงพิเศษ จะระบุเพิ่มเติมในแบบฯ ให้การติดตั้งต้องได้รับการรับรองคุณภาพการติดตั้งและความปลอดภัยในการใช้งาน ตามมาตรฐานผู้ผลิตอลูมิเนียมและกระจก และมีวิศวกรโยธาระดับสามัญเซ็นต์รับรองความมั่นคงแข็งแรง พร้อมแนบเอกสารประกอบ

บันทึกการสัมภาษณ์ โรงงานผลิตอลูมิเนียม
วันที่ 20 ธันวาคม 2564
ผู้ให้สัมภาษณ์ สมชาย กรอบกระจก
ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายผลิต

เนื้อหาการสัมภาษณ์

1.กระบวนการผลิตเส้นอลูมิเนียมตั้งแต่เริ่มต้น มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง

ขั้นตอนแรกเป็นการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ ซึ่งแม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดรูปร่างหน้าตัดของเส้นอลูมิเนียม ขั้นตอนต่อมาจะมีการนำวัตถุดิบ คือ อลูมิเนียมบิลเลท (Billet) วางบนเครื่องจักรเพื่อเตรียมการอบร้อน ก่อนที่จะนำอลูมิเนียมวัตถุดิบเข้าเตาอบ ในขั้นตอนการรีดอลูมิเนียม ภายในเครื่องรีดจะมีแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ 1 ชุด เพื่อให้อลูมิเนียมรีดออกมาตาหน้าตัดของแม่พิมพ์ อลูมิเนียมบิลเลทจะถูกดันเข้าเครื่องรีด โดยผ่านแม่พิมพ์ที่อยู่ภายในให้ออกมาเป็นอลูมิเนียมเส้นหน้าตัดต่างๆ หลังจากการรีดเส้นอลูมิเนียมออกมาแล้วก็จะมีการพักคลายความร้อนตามธรรมชาติ จากนั้นจะตัดเส้น

2.จากที่เห็นขั้นตอนการหลังจากพักเส้นอลูมิเนียมเพื่อคลายความร้อนบน run out มีกระบวนการอย่างไรต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Run out คือ ที่พักเส้นอลูมิเนียม จะมีความยาวของ run out ประมาณ 50 เมตร สำหรับเครื่อง 1800 ถ้าเครื่อง 1100 ยาวประมาณ 42 เมตร เครื่องรีดมีทั้งหมด 6 เครื่อง ความยาว run out ก็จะแตกต่างกันไปตามขนาดเครื่อง หลังจากเส้นอลูมิเนียมคลายความร้อนและมีการยืดชิ้นงานแล้วจะเข้าสู่กระบวนการตัดเส้นอลูมิเนียม โดยใช้ใบเลื่อยตัด section เครื่องตัดจะถูกตั้งค่าความยาวที่ต้องการตัดและตัดแบบอัตโนมัติ ส่วนมากความยาวมาตรฐานที่ตัด คือ 6.400 เมตร สำหรับงานตลาดทั่วไป ซึ่งนำไปผลิตเป็นประตูหน้าต่าง เมื่ออลูมิเนียมถูกตัดเรียบร้อยแล้วจะถูกยกไปใส่ตะกร้าเหล็ก โดยตะกร้าเหล็กจะมีความยาวประมาณ 6 เมตร เมื่อวางเส้นอลูมิเนียม 6.400 เมตร ก็จะมีส่วนที่เกินตะกร้าออกมาด้านหัวท้ายฝั่งละ 20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความยาวที่เป็นปกติ ไม่ได้ยื่นออกมามากจนเกินไป จากนั้นจะเคลื่อนย้ายเส้นอลูมิเนียมเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป

3.การพ่นสี มีกระบวนการอย่างไร

การพ่นสีเป็นกระบวนการทำผิว โดยใช้วิธีการนำผงสีมาทำการพ่นลงบนผิวอลูมิเนียม โดยมีขั้นตอนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการติดเส้นอลูมิเนียม ในขั้นตอนนี้จะมีการเจาะรูด้านหัวและท้ายของเส้นอลูมิเนียม โดยการใช้สว่าน หรือ punching machine ด้านละประมาณ 2-5 เซนติเมตร เพื่อยึดเส้นอลูมิเนียมด้านบนให้ติดกับขาโหลดที่ติดกับรางเคลื่อนที่ จากนั้นนำเส้นอลูมิเนียมที่เจาะรูแล้วแขวนกับตะขอโหลดจะมีรอยเจาะรูทั้งด้านหัวและท้าย

การเตรียมผิวอลูมิเนียม เป็นการล้างคราบไขมัน คราบสิ่งสกปรก ช่วยสร้างเนื้อสารเคมีพิเศษเคลือบบนผิวของเส้นอลูมิเนียม ทำให้สียึดเกาะชิ้นงานได้ดี ในขั้นตอนนี้จะมีการลำเลียงเส้นอลูมิเนียมไปยังบ่อต่างๆในการทำความสะอาดและล้างคราบเพื่อเตรียมผิวอลูมิเนียมให้พร้อมสำหรับพ่นสี

การพ่นสีเมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผิวแล้ว เส้นอลูมิเนียมจะถูกเคลื่อนด้วยระบบรางเคลื่อนที่ เพื่อเข้าสู่บูธพ่นสี ควบคุมการพ่นสีด้วยระบบหุ่นยนต์หลังการพ่นสีจะมีการแขวนโซ่ที่ด้านล่างของเส้นอลูมิเนียม เพื่อป้องกันการแกว่งของชิ้นงาน ไม่ให้งานชนกัน

การปลดเส้นเมื่อเส้นอลูมิเนียมผ่านการพ่นสีและอบผิวแล้ว จะมีการปลดอลูมิเนียมจากโหลดลงมาใส่ในกระเช้าเหล็ก เพื่อเตรียมการห่อต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บันทึกการสัมภาษณ์ โรงงานผลิตอลูมิเนียม
วันที่ 20 ธันวาคม 2564
ผู้ให้สัมภาษณ์ คุณวิทูร ถาวร
ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกชุบ

เนื้อหาการสัมภาษณ์

1.การชุบผิวอลูมิเนียม คืออะไร

การชุบสีเป็นกระบวนการเคลือบผิวอลูมิเนียมเพื่อป้องกันการผุกร่อนของอลูมิเนียม ด้วยกระบวนการชุบไฟฟ้ากระแส DC ซึ่งก็จะชุบได้หลายสี เช่น สีธรรมชาติ สีชา สีดำ โดยมีความหนาของฟิล์มตามการใช้งานเมื่อเข้าสู่กระบวนการชุบ

2.การชุบผิวอลูมิเนียม มีขั้นตอนอย่างไร

การติดเส้นอลูมิเนียม จะมีการติดเส้นอลูมิเนียมเพื่อให้กระแสไฟฟ้า DC ทำปฏิกิริยากับเคมีเพื่อสร้างความหนาฟิล์มของชิ้นงานและเพื่อยึดชิ้นงานไม่ให้หลุดลงไปในบ่อ เนื่องจากบ่อชุบมีขนาดความกว้าง 1.25 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 2.50 เมตร โดยการตอกอุปกรณ์ยึดเส้นอลูมิเนียมกับขาโหลดและยังมีการใช้ลวดพันชิ้นงานอลูมิเนียมให้ยึดติดกับขาโหลดทีละเส้นในแนวนอน มีระยะยึดชิ้นงานทั้งด้านหัวและท้ายชิ้นงาน ด้านละประมาณ 3-5 เซนติเมตร จากนั้นจะมีการเตรียมผิว เมื่อยึดเส้นอลูมิเนียมกับขาโหลดเรียบร้อยแล้ว จะเป็นขั้นตอนของการเตรียมผิว คือ การทำความสะอาดผิวก่อนการสร้างฟิล์ม การเตรียมผิวจะมีการนำเส้นอลูมิเนียมลงไปในบ่อล้างไขมัน บ่อลงทราย บ่อกัดผิวและบ่อล้างคราบดำ การชุบ เมื่อเตรียมผิวอลูมิเนียมให้พร้อมสำหรับการชุบแล้ว อลูมิเนียมจะถูกลำเลียงลงสู่บ่อชุบสร้างฟิล์มที่ผิวชิ้นงานซึ่งมีความหนาฟิล์มตาม มอก.218-2520 จะมี 5 ความหนา คือ 10, 15, 18, 20 และ 25 ไมครอน ด้วยกระบวนการชุบไฟฟ้ากระแส DC แล้วก็จะเคลื่อนย้ายเส้นอลูมิเนียมลงบ่อชุบเติมสี ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้เส้นอลูมิเนียมเปลี่ยนสีตามที่กำหนดไว้ การเคลือบผิวอลูมิเนียม โดยการนำเส้นอลูมิเนียมลงในบ่อเป็นการปิดรูพรุนของผิวเพื่อให้ฟิล์มเคลือบผิวอลูมิเนียมให้เกิดความแข็งแรง หลังจากนั้นจะปลดเส้นอลูมิเนียม เพื่อนำใส่กระเช้าเหล็กและเตรียมการห่อ packing และต้องมีการตรวจสอบเฉดสีให้ถูกต้อง ซึ่งต้องตรวจสอบความหนาฟิล์มและตรวจสอบคุณภาพซีลหรือการปิดผิวให้ได้ตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บันทึกการสัมภาษณ์ โรงงานผลิตกระจก
วันที่ 15 มกราคม 2565
ผู้ให้สัมภาษณ์ คุณพูลลาภ สุมิตรเหมาะ
ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการการตลาด

เนื้อหาการสัมภาษณ์

1.โรงงานกระจกผลิตกระจกประเภทไหนบ้าง

โรงงานกระจกจะผลิตหลายประเภท แต่ละโรงงานผลิตก็จะแบ่งสถานที่กันไปเลย เช่น โรงงานที่สมุทรปราการจะผลิตเฉพาะกระจกโฟลต หรือกระจกพื้นฐาน การแบ่งประเภทกระจกหลักๆ จะแบ่งเป็น

- กระจกพื้นฐาน หรือเรียกว่า กระจกโฟลต กระจกโฟลตนี้ก็จะแบ่งเป็น โฟลตใส และโฟลตสี ซึ่งโฟลตสีจะมีราคาแพงขึ้น
- กระจกเคลือบโลหะ เช่น กระจกสะท้อนแสงหรือกระจก Low-E
- กระจกแปรรูป คือ การนำกระจกพื้นฐานไปทำ Heat Strength หรือ Temper เป็นการแปรรูปแบบการอบร้อนเพื่อให้กระจกมีความแข็งมากขึ้น ยังมีการนำกระจกพื้นฐานไปทำการลามิเนต เป็นกระจกที่ประกบกัน 2 แผ่น โดยมีฟิล์มอยู่ตรงกลาง หรือกระจกอินซูเลต ที่มีเป็นช่องว่างระหว่างกระจก ช่องว่างระหว่างกระจกนี้เกิดจากการนำวัสดุมาคั่นกลางระหว่างกระจกตามขอบกระจกโดยรอบ ส่วนใหญ่นำไปใช้ในการลดการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.ในแบบอาคารต่างๆเห็นว่ามีการใช้ความหนากระจกต่างๆกัน โรงงานกระจกผลิตความหนาเท่าไรบ้าง

ความหนาที่ผลิต กระจกแต่ละประเภทจะผลิตความหนาต่างกัน คือ กระจกโฟลตใส หรือกระจกใส จะผลิตความหนาตั้งแต่ 2-19 mm. แต่ความหนาที่ใช้ในงานสถาปัตย์ จะเป็นความหนาตั้งแต่ 3 mm.ขึ้นไป ส่วนความหนา 2 mm. จะนิยมนำไปใช้ทำกระจกเงา หรือกระจกกรอบรูป ส่วนกระจก 3 mm.นำไปทำเป็นช่องแสงเล็กๆ หรือนำไปทำกระจก laminate 3+3 ส่วนความหนาอื่นๆก็ใช้ทำประตูหน้าต่าง ส่วนกระจกโฟลตสีชาดำ ผลิตที่ความหนา 3-6 mm. กระจกยูโรเกรย์ผลิตที่ความหนา 5-12 mm. กระจกสะท้อนแสงผลิตที่ความหนา 4-8 mm. และยังมีกระจกประเภทอื่นๆอีกความหนาที่ผลิตก็แตกต่างกันไป

3.กระจกประเภทไหนมีการผลิตมาก

กระจกที่มีการผลิตมาก คือ กระจกโฟลตใส หนา 5-6 mm. กระจกที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในงานประตูหน้าต่างอาคาร ก็จะเป็น กระจกใส หนา 6 mm. ที่เราเห็นกันในแบบสถาปัตย์ ซึ่งกระจกใส หนา 6 mm.นี้จะผลิตหลายขนาด เพื่อให้ลูกค้าเลือกใช้ตามความต้องการได้ ลูกค้าจะไปคำนวณเองว่าบานประตูหน้าต่างที่ใช้ต้องใช้กระจกขนาดเท่าไร ขนาดที่ใช้กันมาก เช่น 120x84 นิ้ว หรือ 3.048 x 2.134 เมตร

4.มีข้อแนะนำในการเลือกใช้ความหนากระจกยังไง

โดยทั่วไปไม่ได้มีเอกสารกำหนดว่าความสูงอาคารเท่าไร ต้องใช้ความหนาเท่าไร เนื่องจากจะเป็นข้อแนะนำของผู้ผลิตกระจกและดูการติดตั้งว่าขนาดบานเท่านี้ ใช้กับความสูงอาคารเท่านี้ ควรใช้ความหนาที่เท่าไร จึงจะสามารถแนะนำได้ซึ่งจะแสดงผลถึงค่า deflection หรือการโก่งตัว การเลือกใช้ความหนาเท่าไร จะขึ้นอยู่กับขนาดบานประตูหน้าต่างที่ใช้ ปัจจัยในการเลือกใช้ความหนากระจกขึ้นอยู่กับ 2 อย่างคือ 1.ขนาดกระจกต่อแผ่นที่ใช้ นำไปใช้คำนวณแรงลม 2.ความสูงอาคาร ตามพระราชบัญญัติ ความสูงไม่เกิน 20 เมตร ต้านทานแรงลมได้ไม่น้อยกว่า 0.8 กิโลพาสคัล อาคารสูง 20-40 เมตร ต้านทานแรงลมได้ไม่น้อยกว่า 1.2 กิโลพาสคัล อาคารสูงเกิน 40 เมตร ต้านทานแรงลมได้ไม่น้อยกว่า 1.6 กิโลพาสคัล บานเล็กอาจจะใช้กับความสูงอาคารที่มากได้ และบานใหญ่ต้องใช้ความสูงอาคารที่น้อยกว่า ในกรณีความหนาที่เท่ากัน โดยไม่ได้คำนึงว่าเป็นประเภทบานอะไร เพราะถือว่าเป็น four side คือมีเฟรม 4 ด้านเหมือนกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการคำนวณราคาประตูอลูมิเนียมกระจกสำหรับบานเปิด-ปิด (สวิง) ของผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง

1.การกำหนดรายละเอียด

1.1 กำหนดขนาดประตู 0.900 x 2.100 เมตร

1.2 กำหนดรายการวัสดุและอุปกรณ์

สเปกอลูมิเนียม ได้แก่ สีอลูมิเนียม ความหนาอลูมิเนียม

สเปกกระจก ได้แก่ ประเภทกระจก ความหนากระจก

สเปกอุปกรณ์ ได้แก่ มือจับ กุญแจ โช๊ค

1.3 กำหนดราคาวัสดุ

ราคาอลูมิเนียม บาท/กิโลกรัม

ราคากระจก บาท/ตารางฟุต

1.4 กำหนดค่าแรง

ค่าแรงอลูมิเนียม บาท/ชุด

ค่ากระจก บาท/ตารางฟุต

2.การคำนวณราคา

2.1 คำนวณราคาอลูมิเนียม โดยนำความสูงหรือความกว้างของอลูมิเนียมแต่ละ section มาคูณจำนวนท่อนที่ใช้ จะได้ความยาวของอลูมิเนียมที่ใช้ทั้งหมด จากนั้นคำนวณหาน้ำหนักรวมที่ใช้คูณด้วยราคาต่อกิโลกรัม จะได้ราคารวมของแต่ละ section

2.2 คำนวณราคาและปริมาณอุปกรณ์แต่ละชนิดตามยี่ห้อที่กำหนด

2.3 คำนวณราคากระจก โดยนำขนาดกระจกที่ใช้ คูณด้วยราคากระจก หน่วยเป็นตารางฟุต

2.4 คำนวณค่าแรงในการตัด ประกอบ อลูมิเนียมและกระจก

2.5 นำราคาข้อ 1-4 มารวมกัน จะได้ราคาต้นทุนประตูบานเปิด-ปิด (สวิง) / ชุด

ทั้งนี้ราคาที่นำเสนอ จะขึ้นอยู่กับ %กำไร ของผู้รับเหมาติดตั้ง ตัวอย่างการคำนวณราคาตามตารางที่ 36

ตารางที่ 34 ตัวอย่างการคำนวณราคาประตูบานเปิด-ปิด (สวิง)

								บวกกำไร	130%
โครงการ	FORMULA-1		ชื่อแบบ	AD1					
			AL.-สี	NA1		GL.-สี	ใส		
			AL.-หนา	1.5,2.3	mm.	GL.-หนา	6	mm.	
			ราคา AL.	116	บาท/KG	ราคา GL.	20	บาท/ตร.ฟ	
			ค่าแรง AL.	500	บาท/ชุด	ค่าแรง GL.	5	บาท/ตร.ฟ	
				รายการความหนาอลูมิเนียม					
			ขนาด	1.0,1.5mm.	1.2,1.7mm.	1.5,2.3mm.	1.7,2.3mm.	2.0,2.3mm.	
			กว้าง			0.90			
			สูง	.		2.10			
				.					
ลำดับ	รายการ	สูตรการคำนวน	จำนวน M.	น้ำหนัก (KG./M.)		จำนวนรวม/KG.		ราคารวม	
1	อลูมิเนียม								
	กล่องเรียบ	ส. x 2	4.20		0.888		3.730	432.63	
	กล่องแจ็คสัน+ฝาแจ็คสัน	ก. x 1	0.90		1.688		1.519	176.23	
	ขวางบนสวิง	ก. x 1	0.90		1.114		1.003	116.30	
	ขวางล่างสวิง	ก. x 1	0.90		1.456		1.310	152.01	
	เสาสวิง	ส. x 2	4.20		1.161		4.876	565.64	
	ธรณีสวิง	ก. x 1	0.90		1.267		1.140	132.27	
	คิ้วประตู	(ก.x4)+(ส.x4)	12.00		0.126		1.512	175.39	
	มือจับขวาง	ก. x 2	1.80		1.100		1.980	229.68	
(ถ้าใช้ มือจับกระบอง หรือ STAINLESS ให้ใส่ D22 = 0 แล้วใส่ราคา F28)					TOTAL		17.070	1,980.15	
ลำดับ	รายการ	สูตรการคำนวน	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	อุปกรณ์	รุ่น	ราคารวม	
2	อุปกรณ์								
	DOOR CLOSER	-	1	ชุด	800.00	DIAMOND		800.00	
	กุญแจ	-	1	ชุด	140.00	SHOWA		140.00	
	มือจับ	-	1	ชุด	0.00	กระบอง		0.00	
	เหล็กเส้นยึดบาน	-	2	ชุด	25.00			50.00	
	สักหลาดบานสวิง	-	4.20	เมตร	6.00			25.20	
	ยางวางก่อน#04	-	6.00	เมตร	6.00			36.00	
	ยางอัดกลาง (ยางอัด 06)	-	6.00	เมตร	4.00			24.00	
	แค็ป	-	1.50	หลอด	58.00			87.00	
	SILICONE	-	1.50	หลอด	95.00			142.50	
					TOTAL			1,304.70	
ลำดับ	รายการ	สูตรการคำนวน	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	REMARK		ราคารวม	
3	กระจก								
	กระจกหนา 6 mm.	-	21.00	ตร.ฟ	20.00			420.00	
					TOTAL			420.00	
ลำดับ	รายการ	สูตรการคำนวน	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	REMARK		ราคารวม	
4	ค่าแรง								
	ค่าแรงกระจก	-	21.00	ตร.ฟ	5.00			105.00	
	ค่าแรงอลูมิเนียม		1	ชุด	500.00			500.00	
					TOTAL			605.00	
					GRAND TOTAL (ต้นทุน/ชุด)			4,309.85	

	เสนอราคา
อลูมิเนียม	4,270
ค่าแรง	787
กระจก	546
ราคาเสนอ/ชุด	5,602.81

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ดุษฎี อังคณาวิศัลย์
วัน เดือน ปี เกิด	6 กันยายน พ.ศ.2528
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิชาภาษาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	100/1 ซ.ลาดพร้าว 41 แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กทม.10900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University