อิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร

นาย เกษียร ธรานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-632-802-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17262367

THE INFLUENCE OF SHADING COEFFICIENT OF GLASS ON HEAT TRANSMISSION INTO BUILDINGS

MR. KASIAN THARANON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture

Department of Architecture

Graduate School

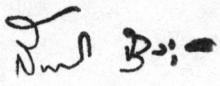
Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-632-802-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร
โดย	นาย เกษียร ธรานนท์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



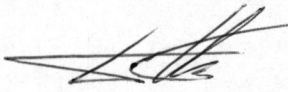
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

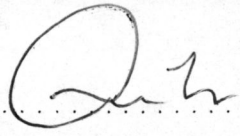
..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)



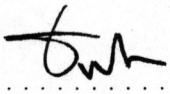
..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)



..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เกษียร ธรานนท์ : อิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร (THE INFLUENCE OF SHADING COEFFICIENT OF GLASS ON HEAT TRANSMISSION INTO BUILDINGS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ, ผศ.ธนิต จินดาวณิค 155 หน้า, ISBN 974-632-802-6

จุดมุ่งหมายของการวิจัย เพื่อศึกษาอิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC) ต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยจะทำการศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของกระจกที่มีค่า SC ต่างกันและที่มีลักษณะต่างกัน ตัวอย่างกระจกที่นำมาทดลองเป็นชนิดที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ กระจกใส กระจกสี กระจกสะท้อนแสง กระจก 2 ชั้น และกระจกที่ติดแผ่นฟิล์มตัดแสง

การศึกษาใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง ส่วนแรกทดลองในสภาวะอากาศปกติ โดยการจำลองสภาพอาคารด้วยกล่องทดลอง ซึ่งได้ทดสอบให้มีคุณสมบัติเดียวกันทั้งหมด ติดตั้งตัวอย่างกระจกที่กล่องทดลอง ทำการทดสอบในสภาพอากาศจริง ในทิศที่ได้รับแสงแดด ศึกษาอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ซึ่งใช้เป็นตัวแทนค่าปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเข้าสู่ภายในกล่อง ส่วนที่สองทดลองในสภาวะปรับอากาศ โดยติดตั้งตัวอย่างกระจกที่หน้าต่างของห้องทดลองที่ปรับอากาศควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ ศึกษาอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในห้อง ซึ่งจะมีผลทางด้าน Mean Radiant Temperature ต่อสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิอากาศภายในห้อง การทดลองทั้ง 2 ส่วนนี้ ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพสูง บันทึกข้อมูลทุกระยะ 30 นาที ตลอด 24 ชม.

ผลของการทดลองในสภาวะอากาศปกติพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกที่มีค่า SC น้อย และกว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกที่มีค่า SC มาก สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมน้อย จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมมาก ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องจะมากหรือน้อย แปรผันตามค่า SC ของกระจกนั้น ส่วนกระจก 2ชั้นที่เว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง จะป้องกันการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องดีกว่าของกระจกชั้นเดียว(กำหนดให้กระจกชั้นเดียวและกระจกด้านในของกระจก 2 ชั้น มีค่า SC เท่ากัน) แต่มีข้อเสียคือช่วงระยะเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2 ชั้น ขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก จะนานกว่าของกระจกชั้นเดียว สำหรับกระจกชนิดเดียวกันหากมีความหนามากขึ้น จะมีผลต่อการป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้ดีขึ้น ในกรณีของกระจก 2 ชั้น ที่ไม่เว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง และการติดแผ่นฟิล์มตัดแสงบนกระจกที่มีค่า SC น้อย จะมีผลน้อยต่อการป้องกันการส่งผ่านความร้อนเพิ่มขึ้นจากเดิม ส่วนผลการทดลองในสภาวะปรับอากาศพบว่า อุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในห้องของกระจกที่มีค่า SC มาก จะต่ำกว่าของกระจกที่มีค่า SC น้อย ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในห้องจะมากหรือน้อย แปรผกผันตามค่า SC ของกระจกนั้น สำหรับอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในห้องของกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง จะต่ำกว่าของกระจกชั้นเดียว ซึ่งมีผลทางด้าน Mean Radiant Temperature ต่อสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ผลของการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ สถาปนิก วิศวกร และผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานสถาปัตยกรรม สามารถเลือกใช้กระจกได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น

ภาควิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C635035 : MAJOR : ARCHITECTURE
KEY WORD: : SHADING COEFFICIENT / SOLAR HEAT GIAN / REFLECTION / ABSORPION / RADIATION

KASIAN THARANON : THE INFLUENCE OF SHADING COEFFICIENT OF GLASS ON HEAT TRANSMISSION INTO BUILDINGS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMSIT NITAYA, LECTURER ASSO. PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, 155 pp. ISBN 974-632-802-6

This research aims at studying the influence of the shading coefficient (SC) of glass on heat transmission into the building. It will study and compare between the different heat transmission behaviour of glass with the different types of glass such as, the clear float glass, the heat reflective glass,the heat absorbing glass, the double glazing and the daylight resistant filmed glass.

The experimental research consists of two experiments. the first experiment takes place in the normal weather condition by using the experimented box as the building. the glass example installed box experimented under the normal weather condition indirection of the sunlight, then studies the internal temperature representing the amount of heat transmitted from the glass to the internal box. The second experiment takes place in the air-conditioned room with the glass window, keeping the internal temperature constant. The measurement of the internal glass surface has an effect on the mean radiant temperature leading to the thermal comfort of the room. Both experiments use the thermometer with high efficiency, keeping record every 30 minutes through 24 hours.

The experiment result in the normal weather condition found that the internal box temperature of glass with low SC will be lower than the internal box temperature of glass with high SC. the internal box temperature of the daylight resistant filmed glass with low SC will be lower than the internal box temperature of the dayling resistant filmed glass with high SC. the difference of internal box temperature, high or low, depends upon the SC value of that glass. The double glazing will better protect the heat transmission than the single glazing. (determining the single glazing and the inner glass of double glazing with the same SC)But the disadvantage point is that the period of time of the internal temperature of double glazing, when getting higher than the external temperature, will be longer than the single glazing temperature, the same type of glass with much thickness will better protect the heat transmission. The double glazing without space in the middle and the daylight resistant filmed glass with the less SC will have less effect on the increasing heat transmission. The experiment result in air-conditioned room found that the internal glass surface temperature with much SC will be lower than the internal glass surface temperature with less SC. The difference of internal glass surface temperature inverts the SC value of that glass. The internal double glazing surface temperature will be lower than the single glazing surface temperature, effecting on the mean radiant temperture for the thermal comfort of room. The result of research will be useful for an architect, an engineer and the architecture related to select the types of glass correctly.

ภาควิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ และ รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและข้อแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดจนเอาใจใส่ในการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ต้นจนงานนี้สำเร็จ นอกจากนี้ยังได้ความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก รศ.ดร.วีระ สัจกุล และ ผศ.ธนิต จินดาวณิค ซึ่งเป็นกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ. ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตารางประกอบ..... ญ
สารบัญรูปประกอบ..... ฐ
สารบัญแผนภูมิประกอบ..... ฒ
คำอธิบายศัพท์..... ท

บทที่ 1 บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3
สมมุติฐานของการวิจัย..... 4
ขอบเขตของการวิจัย..... 5
ระเบียบวิธีวิจัย 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 6

บทที่ 2 การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ 7
การถ่ายเทความร้อน..... 8
ความสำคัญของหน้าต่างกระจก..... 9
รังสีดวงอาทิตย์และกระจก 10
มุมตกกระทบและผลต่อการส่งผ่านความร้อนจาก
ดวงอาทิตย์ผ่านกระจก..... 11
สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก..... 13
ความร้อนส่งผ่านกระจกทั้งหมด 15

หน้า

บทที่ 3 วิธีการวิจัย ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างและเครื่องมือที่เลือกใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนของการทดสอบ 22
สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง..... 28
ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง..... 33
วัตถุดิบและกรรมวิธีในการผลิต 34
ตัวอย่างกระจกที่ใช้ในการทดลอง 35
กล่องทดลอง 38
เครื่องมือเก็บข้อมูล..... 40

บทที่ 4 หลักเกณฑ์และอิทธิพลค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร

หลักเกณฑ์ในการทดลอง 41
การเก็บผลการทดลอง..... 42
การทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดลอง 42
การทดสอบสมมุติฐานที่ 1 44
การทดสอบสมมุติฐานที่ 2 55
การทดสอบสมมุติฐานที่ 3 66
การทดสอบสมมุติฐานที่ 4 77
การทดสอบสมมุติฐานที่ 5 88
การทดสอบสมมุติฐานที่ 6 101
การทดสอบสมมุติฐานที่ 7 113
การทดสอบสมมุติฐานที่ 8 120

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป.....128

ปัญหาที่พบในการวิจัย.....132

ข้อเสนอแนะ.....133

รายการเอกสารอ้างอิง 134

ภาคผนวก บันทึกข้อมูลในการทดสอบ 135

ประวัติผู้เขียน 156

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดง Shading Coefficents for Single Glass and Insulating 13

ตารางที่ 2 แสดง Body tinted glass performances compared with clear float glass 14

ตารางที่ 3 แสดง reflecting glass performances compared with clear float glass 14

ตารางที่ 4 แสดงค่า Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Conduction Through Glass 15

ตารางที่ 5 แสดง Coefficents of Transmission U , of Windows, Sliding Patio Doors,and Skylights : Units are $W/m^2°C$ (Btu/hft^2 F)..... 17

ตารางที่ 6 แสดง Maximum Solar Heat Gain Factor for Externally Shaded Glass 18

ตารางที่ 7 แสดง Maximum Solar Heat Gain Factor (W/m^2) for Sunlit Glass, North Latitudes 19

ตารางที่ 8 แสดง Cooling Load Factors (CLF)for Glass Without Interior Shading,North Latitudes... 20

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติของกล่อง 43

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศตะวันออก..... 48

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศใต้..... 49

ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศตะวันตก..... 50

หน้า

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกสีชาหนา 6มม.กับ 12 มม. ทิศตะวันออก..... 59

ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกสีชาหนา 6มม.กับ 12 มม. ทิศใต้..... 60

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกสีชาหนา 6มม.กับ 12 มม. ทิศตะวันตก..... 61

ตารางที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกติดแผ่นฟิลม์ที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศตะวันออก.... 70

ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกติดแผ่นฟิลม์ที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศใต้..... 71

ตารางที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกติดแผ่นฟิลม์ที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศตะวันตก..... 72

ตารางที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกใสติดแผ่นฟิลม์กับกระจกสะท้อนแสงที่มีค่า SC 0.31 ติดแผ่นฟิล์ม ชนิดเดียวกัน ทิศตะวันออก..... 81

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกใสติดแผ่นฟิลม์กับกระจกสะท้อนแสงที่มีค่า SC 0.31 ติดแผ่นฟิล์ม ชนิดเดียวกัน ทิศใต้..... 82

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกใสติดแผ่นฟิลม์กับกระจกสะท้อนแสงที่มีค่า SC 0.31 ติดแผ่นฟิล์ม ชนิดเดียวกัน ทิศตะวันตก..... 83

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันออก..... 97

ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศใต้..... 98

หน้า

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องอากาศทิศตะวันตก..... 99

ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2ชั้นที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องอากาศตรงกลางทิศตะวันออก..... 109

ตารางที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2ชั้นที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องอากาศตรงกลางทิศใต้..... 110

ตารางที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2ชั้นที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องอากาศตรงกลางทิศตะวันตก..... 111

ตารางที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทดลองในห้องปรับอากาศควบคุมอุณหภูมิให้คงที่.. 117

ตารางที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง ทดลองในห้องปรับอากาศควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่..... 125

สารบัญรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกแบบต่างๆ เมื่อมุมตกกระทบมากขึ้น 11

รูปที่ 2 แสดงมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ 11

รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่า U (W/m^2k) ของกระจกแบบต่างๆ เมื่อมีการเพิ่มส่วนประกอบมากขึ้น ซึ่งจะมีผลให้ค่า U ลดน้อยลง..... 12

รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดการส่งผ่านความร้อนผ่านกระจก จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารโดยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และการนำความร้อน 16

รูปที่ 5 แสดงการวางกล่องทดลองในสถานที่โล่งกลางแจ้ง..... 23

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างกระจกทดลอง กระจกสีชาหนา 6 มม. และกระจกสีชาหนา 12 มม. 23

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างกระจกทดลองกระจกใส SC 0.96 ติดแผ่นฟิล์ม และกระจกสะท้อนแสง SC 0.31 ติดแผ่นฟิล์มชนิดเดียวกัน 24

รูปที่ 8 แสดงกระจกชั้นเดียว และกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ 25

รูปที่ 9 แสดงกระจก 2 ชั้น ไม่เว้นช่องอากาศ และกระจก 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ 26

รูปที่ 10 แสดงกล่องทดลองวางบนชั้นโครงสร้างไม้ เพื่อป้องกัน MRT ถ่ายจากสถานที่ทดสอบ 28

รูปที่ 11 แสดงแปลนห้องทดลองปรับอากาศและทิศที่รับแสงอาทิตย์..... 29

รูปที่ 12 แสดงลักษณะการติดตั้งกระจกทดลองที่หน้าต่างห้องปรับอากาศทั้งภายในและภายนอกห้อง 29

รูปที่ 13 แสดงการทดสอบกล่องทดลอง สมมุติฐานข้อที่ 1 และ 2 30

รูปที่ 14 แสดงการทดสอบสมมุติฐานข้อที่ 3,4,5,และ 6 31

รูปที่ 15 แสดงการทดสอบสมมุติฐานข้อที่ 7 และ 8 32

รูปที่ 16 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างของแผ่นฟิล์มตัดแสง 36

หน้า

รูปที่ 17 แสดงลักษณะของกระจก 2 ชั้น ที่ไม่เว้นช่องอากาศ 37
รูปที่ 18 แสดงลักษณะด้านหลังของกล่องทดลอง 39
รูปที่ 19 แสดงลักษณะด้านหน้าของกล่องทดลอง 39
รูปที่ 20 แสดงตำแหน่งจุดที่วัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง 39
รูปที่ 21 เครื่องมือเก็บข้อมูล Cambel Scienific Data Logger พร้อม
สายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" 40
รูปที่ 22 แสดงแปลนห้องปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ ซึ่งใช้ทดสอบ
คุณสมบัติเดียวกันของกล่องทดลอง 43
รูปที่ 23 แสดงรายละเอียดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องโดยการแผ่
รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจกชั้นเดียว..... 89
รูปที่ 24 แสดงรายละเอียดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องโดยการแผ่
รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องว่างอากาศ..... 94
รูปที่ 25 แสดงรายละเอียดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องโดยการแผ่
รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก 2ชั้น ที่ไม่เว้นช่องว่างอากาศ..... 90
รูปที่ 26 แสดงรายละเอียดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องโดยการแผ่
รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก 2ชั้น ที่เว้นช่องว่างอากาศ..... 103

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศตะวันออก เวลากลางวัน 45

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศใต้ เวลากลางวัน 46

แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศตะวันตก เวลากลางวัน 47

แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเฉลี่ยของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน 51

แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน 52

แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดและต่ำสุดของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน..... 52

แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน ทิศใต้ เวลากลางคืน..... 54

แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกสีชาหนา 6 มม. กับกระจกสีชาหนา 12 มม. ทิศตะวันออก เวลากลางวัน 56

แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกสีชาหนา 6 มม. กับกระจกสีชาหนา 12 มม. ทิศใต้ เวลากลางวัน 57

แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกสีชาหนา 6 มม. กับกระจกสีชาหนา 12 มม. ทิศตะวันตก เวลากลางวัน 58

แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเฉลี่ยของกระจกชนิดเดียวกัน แต่ความหนาไม่เท่ากัน..... 62

หน้า

แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุด ของกระจกชนิดเดียวกัน แต่ความหนาไม่เท่า..... 62
แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดและต่ำสุด ของกระจกชนิดเดียวกัน แต่ความหนาไม่เท่ากัน..... 63
แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกสีชา หนา 6 มม.กับกระจกสีชาหนา.12 มม. ทิศใต้ เวลากลางคืน 65
แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก ติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศตะวันออก เวลากลางวัน 67
แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก ติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศใต้ เวลากลางวัน 68
แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก ติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศตะวันตก เวลากลางวัน 69
แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเฉลี่ยของ กระจกติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน 73
แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของ กระจกติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน..... 74
แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดกับต่ำสุด ของกระจกติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน..... 74
แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก ติดแผ่นฟิล์มตัดแสงที่มีค่า SC รวมต่างกัน ทิศใต้ เวลากลางคืน 76
แผนภูมิที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกใส ติดแผ่นฟิล์ม กับกระจกสะท้อนแสงติดแผ่นฟิล์มชนิดเดียวกัน ทิศตะวันออก เวลากลางวัน 78

หน้า

แผนภูมิที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกใส ติดแผ่นฟิล์ม กับกระจกสะท้อนแสงติดแผ่นฟิล์มชนิดเดียวกัน ทิศใต้ เวลากลางวัน 79

แผนภูมิที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกใส ติดแผ่นฟิล์ม กับกระจกสะท้อนแสงติดแผ่นฟิล์มชนิดเดียวกัน ทิศตะวันตก เวลากลางวัน 80

แผนภูมิที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของแผ่นฟิล์มดัดแสงติดบนกระจกที่มีค่า SC มากและน้อย ช่วงแรก 84

แผนภูมิที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของแผ่นฟิล์มดัดแสงติดบนกระจกที่มีค่า SC มากและน้อย ช่วงหลัง 84

แผนภูมิที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มดัดแสงติดบนกระจกที่มีค่า SC มากและน้อย 85

แผนภูมิที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องกระจกใส ติดแผ่นฟิล์ม กับกระจกสะท้อนแสงติดแผ่นฟิล์มชนิดเดียวกัน ทิศใต้ เวลากลางคืน 87

แผนภูมิที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเฉลี่ยของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น 88

แผนภูมิที่ 30 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดกับต่ำสุดของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น 91

แผนภูมิที่ 31 แสดงเวลาและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจกชั้นเดียวและกระจก 2 ชั้น ทิศตะวันออก 91

แผนภูมิที่ 32 แสดงเวลาและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจกชั้นเดียวและกระจก 2 ชั้น ทิศใต้ 92

แผนภูมิที่ 33 แสดงเวลาและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจกชั้นเดียวและกระจก 2 ชั้น ทิศตะวันตก 92

แผนภูมิที่ 34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียว กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันออก เวลากลางวัน 94

หน้า

แผนภูมิที่ 35 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียว กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศใต้ เวลากลางวัน 95

แผนภูมิที่ 36 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียว กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันตก เวลากลางวัน 96

แผนภูมิที่ 37 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจกชั้นเดียว กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศใต้ เวลากลางคืน 100

แผนภูมิที่ 38 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเฉลี่ยของกระจก 2 ชั้น ที่เว้นและที่ไม่เว้นช่องอากาศ 101

แผนภูมิที่ 39 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดกับต่ำสุดของกระจก 2 ชั้น ที่เว้นและที่ไม่เว้นช่องอากาศ ..104

แผนภูมิที่ 40 แสดงเวลาและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจก 2 ชั้นที่เว้นและไม่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันออก 104

แผนภูมิที่ 41 แสดงเวลาและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจก 2 ชั้น ที่เว้นและที่ไม่เว้นช่องอากาศ ทิศใต้ 105

แผนภูมิที่ 42 แสดงเวลาและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดของกระจก 2 ชั้น ที่เว้นและที่ไม่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันตก.....105

แผนภูมิที่ 43 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2 ชั้น ที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันออก เวลากลางวัน 106

แผนภูมิที่ 44 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2 ชั้น ที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศใต้ เวลากลางวัน 107

แผนภูมิที่ 45 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2 ชั้น ที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ ทิศตะวันตก เวลากลางวัน 108

หน้า

แผนภูมิที่ 46 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องของกระจก 2 ชั้น ที่ไม่เว้นช่องอากาศ กับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศทิศใต้ เวลากลางคืน 112
แผนภูมิที่ 47 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน 115
แผนภูมิที่ 48 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกห้องทดลองของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน 116
แผนภูมิที่ 49 แสดงกราฟเส้นตรงขค่าอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในเฉลี่ยของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน..... 118
แผนภูมิที่ 50 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองของกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน. เวลากลางคืน..... 118
แผนภูมิที่ 51 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกห้องทดลองกระจกที่มีค่า SC ต่างกัน เวลากลางคืน..... 119
แผนภูมิที่ 52 แสดงอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองของกระจกชั้นเดียวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก..... 121
แผนภูมิที่ 53 แสดงอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองของกระจก 2 ชั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก..... 121
แผนภูมิที่ 54 แสดงอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกห้องทดลองของกระจกชั้นเดียวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก..... 122
แผนภูมิที่ 55 แสดงอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกห้องทดลองของกระจก 2ชั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก..... 122
แผนภูมิที่ 56 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น. เวลากลางคืน..... 123
แผนภูมิที่ 57 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกห้องทดลองกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น ที่เว้นช่องอากาศ..... 124
แผนภูมิที่ 58 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น. เวลากลางคืน 126
แผนภูมิที่ 59 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกห้องทดลองของกระจกชั้นเดียวกับกระจก 2 ชั้น. เวลากลางคืน 126

คำอธิบายศัพท์

Absorption :

รังสีคลื่นสั้น (short wave Radiation) ที่ตกกระทบพื้นผิว จะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว (long wave Radiation) รังสีตกกระทบบางส่วนจะถูกดูดซึมไว้ (Absorbed) อีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนออกไป

Angle of Incidence :

มุมตกกระทบกับเส้นตั้งฉาก

Cooling Load Factor (CLF)

ตัวประกอบภาระการทำความเย็น

Cooling Load Temperature Difference (CLTD)

ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า

Conduction :

การนำความร้อน

Convection :

การพาความร้อน

Diffuse radiation :

รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศถูกทำให้กระจาย เนื่องจากฝุ่นละออง และไอน้ำที่ลอยในอากาศ

Direct gain :

เกิดขึ้นเมื่อรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาใน Space ก่อนที่จะถูกดูดซึม

Direct radiation :

รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังอาคาร มีทั้ง Direct และ ffuse radiation ในวันที่มีเมฆมาก Diffuse Radiation จะมากกว่าวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

Emissivity :

การคายความร้อนโดยการแผ่รังสี

Emittance

ค่าการแผ่รังสีความร้อน

Infiltration :

การรั่วไหลของอากาศที่เกิดตามรอยแยกหรือรอยต่อที่ตัวอาคาร เช่น รอยตามขอบหน้าต่าง หรือเกิดจากความแตกต่างความดันอากาศภายนอกและภายในอาคาร

Insulation

ฉนวนกันความร้อน

Insolation :

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวที่ทิศทางหนึ่ง

Longwave radiation Heat Exchang :

ลักษณะกลับกันของหลัก Isolation ช่วงกลางวันดวงอาทิตย์แผ่พลังงานผ่านที่ว่างโดยไม่มีสิ่งใดขวางกั้น ช่วงกลางคืนท้องฟ้าแจ่มใส วัตถุที่อุ่นสามารถเย็นตัวลง โดยการแผ่รังสีคลื่นยาว(ความร้อน)ไปสู่ท้องฟ้าที่เย็นกว่า ในคืนที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก เมฆจะทำหน้าที่เสมือนฉนวนป้องกันรังสีความร้อนไปท้องฟ้า ซึ่งเย็นกว่า

Mean Radiant Temperature (MRT)

อุณหภูมิที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อน ณ จุดที่วัดกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ

Radiation

รังสีความร้อน

Reflectivity

ค่าการสะท้อนรังสี

Reradiated

รังสีที่แพร่กระจายจากการดูดซึมรังสีมาก่อน

Shading Coefficient (SC)

สัมประสิทธิการบังแดดของกระจก

Solar Heat Gain (SHG)

ปริมาณความร้อนที่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกอย่างหนึ่งเข้ามาภายในอาคาร รวมรังสีความร้อน ซึ่งสะท้อนจากสภาพแวดล้อมใกล้เคียง

Solar Heat Gain Factor (SHGF)

ปริมาณความร้อนที่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกใสหนา 3 มม. เข้ามาภายในอาคาร รวมรังสีความร้อน ซึ่งสะท้อนจากสภาพแวดล้อมใกล้เคียงอื่นๆด้วย

Solar Radiation

รังสีดวงอาทิตย์

Time Lag

การหน่วงเหนี่ยวเวลา

Transmittance

การส่งผ่าน

U" and "R"

สองค่านี้เป็นส่วนกลับกัน โดยที่ U = 1/R วัสดุที่มีค่า U น้อย จะมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนดี ในทางกลับกัน ค่า R ของวัสดุที่มีค่ามากจะมีความต้านทานความร้อนดี