การคำนวณความร้อนที่ลดลงหลังจากติดตั้งฉนวน Ceramic Coating

ความร้อนที่สะสมในอาคาร โดยทั่ว ๆ ไปจะมาจาก 4 สาเหตุ คือ

1. ความร้อนจากดวงอาทิตย์
2. ความร้อนจากคนที่ทำงานในอาคาร และเครื่องใช้สำนักงานต่าง ๆ
3. ความร้อนจากแสงสว่าง (จากหลอดไฟ และบัลลาส)
4. ความร้อนจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในอาคาร

ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะเป็นความร้อนที่ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับความร้อนในส่วนอื่น ๆ ความร้อนในส่วนนี้จะเข้าสู่อาคารได้ 2 ทาง คือ

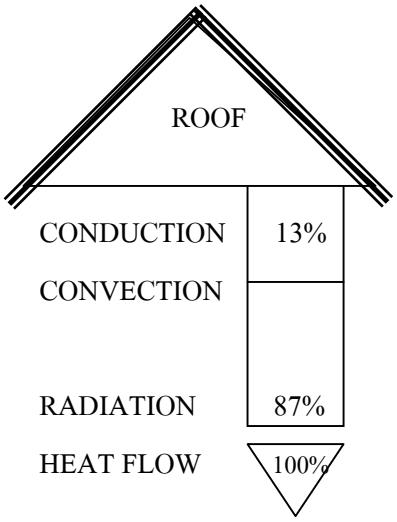
1. ความร้อนที่ผ่านหลังคา
2. ความร้อนที่ผ่านหน้าต่าง ผนัง หรือ กำแพง

ความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิด เช่น ช่องแสงหน้าต่างกระจก จะมากที่สุดที่ปริมาณเป็น 2 เท่า ของความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ที่ผ่านเข้ามาทางหลังคา

<u>ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร จะมี 3 ลักษณะ คือ</u>

1. การนำความร้อน (CONDUCTION) เป็นการถ่ายเทพลังงานจล จากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง
2. การพาความร้อน (CONVECTION) เป็นความร้อนในก๊าซและของเหลวที่ถ่ายเทจากที่ร้อน ที่มีความหนาแน่นน้อย ไปยังที่เย็นกว่าที่มีความหนาแน่นมากกว่า
3. การแผ่รังสีความร้อน (RADIATION) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNETIC WAVES) ผ่านสูญญากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งผ่านมามีหลาย ๆ ความยาวคลื่น เช่น ULTRAVIOLET , VISBLE LIGHT , INFRA-RED

สัดส่วนของปริมาณความร้อนทั้ง 3 ลักษณะนั้น การแผ่รังสีความร้อนจะมีปริมาณมากที่สุด ประมาณ 87 %



PROPORTIONS OF HEAT FLOWING
DOWNWARDS FROM CEILING

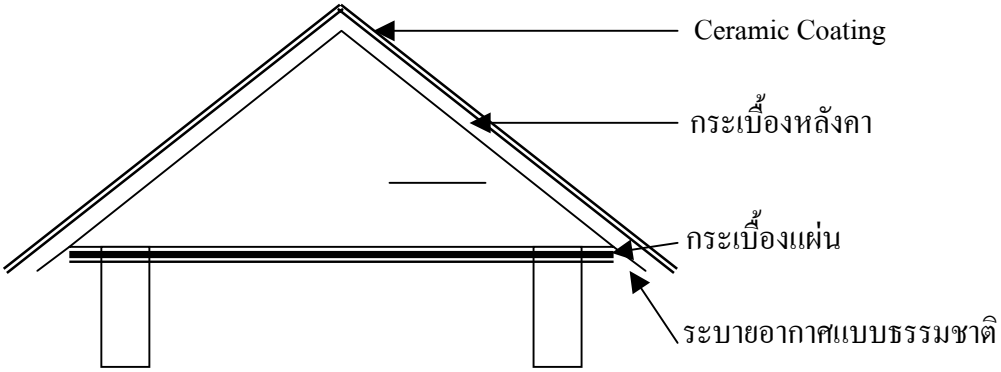
รูปที่ 1. ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้ามาในอาคาร

จะเห็นว่า หากสามารถลดปริมาณการแผ่รังสีความร้อนลงได้ ก็สามารถที่จะลดปริมาณความร้อนลงได้อย่างมาก ในการลดการแผ่รังสีความร้อนนี้ทำได้โดย การติดตั้งฉนวนกันความร้อนซึ่งจะลดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของฉนวนที่เลือกใช้

ฉนวน Ceramic Coating จะลดการแผ่รังสีความร้อนก่อนที่ปริมาณความร้อนทั้งหมดจะเข้าสู่อาคาร เพราะติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นด่านแรกที่ปริมาณความร้อนจะต้องสัมผัส การลดปริมาณความร้อนโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ถูกต้อง ถ้ามีการติดตั้งฉนวนไว้ภายในอาคาร ก็เท่ากับว่ามีความร้อนจำนวนหนึ่งสะสมภายในอาคารแล้ว การกำจัดปริมาณความร้อนนั้นออกจะทำได้มากขึ้น

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณความร้อนที่ผ่านหลังคา

หลังคากระเบื้องที่มีการพ่นฉนวนกันความร้อน Ceramic Coating จะลดปริมาณความร้อนที่จะผ่านทางหลังคาได้ดังนี้



รูปที่ 2. โครงสร้างหลังคาที่พ่นฉนวน Ceramic Coating

การคำนวณหาค่า สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U)

ก่อนพ่นฉนวน		**หลังพ่นฉนวน**	
โครงสร้าง	**R (Btu/ft^2 F.hr.)**	**โครงสร้าง**	**R (Btu/ft^2 F.hr.)**
ฟิลม์อากาศภายนอก	0.333	ฟิลม์อากาศภายนอก	0.333
กระเบื้องหลังคา	0.027	ฉนวน Ceramic Coating	14.28
ช่องอากาศ (AIR SPACE)	0.82	กระเบื้องหลังคา	0.027
กระเบื้องแผ่น 12 mm.	0.081	ช่องอากาศ (AIR SPACE)	0.82
ฟิลม์อากาศภายใน	0.685	กระเบื้องแผ่น 12 mm.	0.081
		ฟิลม์อากาศภายใน	0.685
R รวม	**1.946**	**R รวม**	**16.22**
U	**0.513**	**U**	**0.061**

หมายเหตุ : 1. ค่า R ของฉนวน Ceramic Coating เทียบเท่ากับค่า R ของโฟมขาวที่หนา 4 นิ้ว

ค่า K ของโฟม = 0.28 Btu/ft^2 F.hr.

สูตร $U = \frac{1}{}$

R TOTAL

<u>สูตรคำนวณ</u> $Q = UA\Delta T$

Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OVERALL COEFFICIENT OF HEAT TRANSFER)

U = สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (THERMAL RESISTANT COEFFICIENT)

A = พื้นที่ที่มีการรับแสงแดด (AREA OF HEAT TRANSFER)

T = ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายใน (EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENT)

จากตัวอย่างข้างต้น ถ้าหลังคามีพื้นที่ 500 ตารางเมตร อุณหภูมิอากาศภายนอก (AMBIENT TEMPERATURE) ประมาณ 95˚F (35˚C) และอุณหภูมิภายในห้อง มีการปรับอากาศกำหนดอุณหภูมิให้อยู่ที่ประมาณ 78˚F (25.5˚C) ค่า EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENT 43˚F

เพราะฉะนั้น **ก่อนพ่นฉนวน** Ceramic Coating ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร มีค่าดังนี้

$Q_1 = UA\Delta T$

$= (0.513)(5.382)(43)$

$= 118,721.53$ Btuh.

หลังพ่นฉนวน Ceramic Coating

$Q_1 = UA\Delta T$

$= (0.061)(5.382)(37)$

$= 12,147.2$ Btuh.

ดังนั้น หลังจากใช้ฉนวน Ceramic Coating ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคารลดลง

$= 118,721.53 - 12,147.2$

$= 106,574.33$ Btuh.

ความร้อนที่ลดลง 106,574.33 Btuh. นี้ คิดเทียบเป็นความเย็นของระบบปรับอากาศได้

$= \frac{106,574}{12,000}$

$= 8.9$ ตันความเย็น

หมายเหตุ : 1 ตันความเย็น = 12,000 บีทียู / ชม.

เครื่องปรับอากาศ 1 ตัน จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.25 kw. ถ้าลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ 8.7 ตัน จะประหยัดไฟฟ้าได้ใน 1 ชม. ดังนี้

= (8.7) (1.25) (1)

= 11.13 kwh.

ช่วงที่สภาวะอากาศภายนอกสูงเหมือน CONDITION ที่กำหนดไว้ประมาณวันละ 5 ชม. (11.00 – 16.00) ซึ่งในกรณีนี้จะมามารถประหยัดไฟฟ้าได้

= 11.13 * 5

= 55.65 kwh./วัน

ค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่าย kwh. ละ 2 บาท ใน 1 ปี (365 วัน) จะประหยัดเงินได้

= (55.65) (2) (365)

= 40,624.5 บาท / ปี

หมายเหตุ :

1. ตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณ เป็นการประมาณการโดยการอ้างอิงตาม COSTING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL ของ ASHRAE สหรัฐอเมริกา
2. การคำนวณเงินที่ประหยัดได้จากเครื่องปรับอากาศ คิดเฉพาะช่วงสภาวะอากาศที่เป็นไปตาม CONDITION ที่กำหนดคือ AMBIENT TEMPERATURE = 35˚C โดยความเป็นจริง อาคารนั้นใช้เครื่องปรับอากาศนานกว่า 5 ชม.

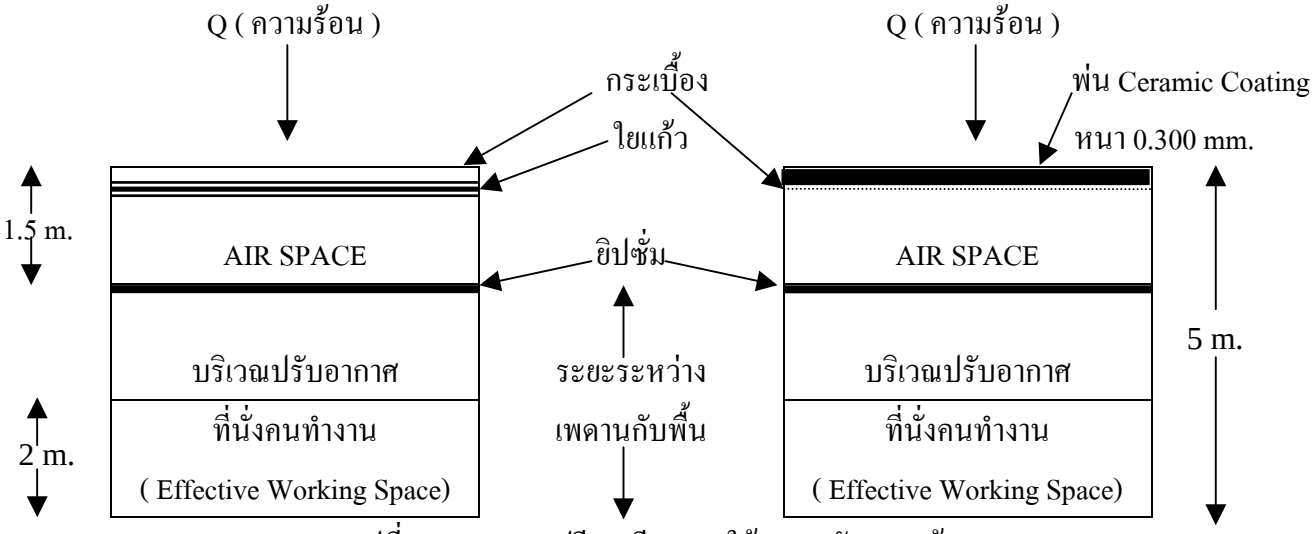
รายงานเปรียบเทียบประสิทธิภาพฉนวนกันความร้อน

CERAMIC COATING VS. ฉนวนใยแก้ว

Ceramic Coating เป็นฉนวนกันความร้อนที่นำมาใช้ในงานป้องกันวามร้อน จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ไม่ให้เข้ามรในอาคารบ้านเรือน (BUILDING THERMAL INSULATION) ลักษณะของฉนวนกันความร้อนชนิดนี้ เป็นส่วนประกอบของผงเซรามิคหลายชนิด เช่น BARIUM METABRITE, MAGNESIUM, ALUMINIUM SILICAS & SILICATES MICA & TITANIUM ผสมอยู่ในสีพวก TERPOLYMER โดยคุณสมบัติของวัสดุประเภทเซรามิคแล้ว จะมีความสามารถในการทนความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้ มีค่าการต้านทานความร้อน (THERMAL RESISTANCE : R VALUE) สูง การนำวัสดุเซรามิคมาเป็นส่วนประกอบของฉนวนกันความร้อน จึงมีความเหมาะสมและมีความแข็งแรงทนทาน

ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของฉนวน Ceramic Coating **มีค่าเทียบเท่ากับโฟมขาวที่หนา 4 นิ้ว** (ทดสอบโดย CHRISTAN TESTING LABORATORIES, INC ประเทศสหรัฐอเมริกา) จึงมีความมั่นในได้ว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้สูง การติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดนี้ทำโดยพ่นเคลือบไว้ด้านนอกของอาคาร เช่น หลังคา กำแพง ที่รับความร้อนโดยตรง ให้มีความหนาประมาณ 0.300 มิลลิเมตร วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ถูกต้อง เพราะเป็นการป้องกันตั้งแต่ก่อนที่ความร้อนจะเข้ามาสะสมในอาคาร

รายงานฉบับนี้จะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนระหว่างฉนวนCeramic Coating กับฉนวนใยแก้ว โดยใช้ฉนวนใยแก้วที่หนา 2 นิ้ว และมีความหนาแน่น 2 lb/ft^3 ใช้ฉนวนทั้ง 2ชนิดกับอาคารที่สูงประมาณ 5 เมตร <u>หลังคากระเบื้องและมีฝ้ายิปซั่มบอร์ด</u> โดยกำหนดพื้นที่ของหลังคา 1,000 ตารางเมตร



รูปที่ 1. แสดงการเปรียบเทียบการใช้ฉนวนกันความร้อน

1. <u>การหาค่า R รวม และค่า U</u>

การที่ความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่รังสีลงมา ก่อนที่จะเข้าสู่อาคารจนถึงพื้นที่ทำงานจะมีการต้านทานความร้อนในชั้นต่าง ๆ โดยแต่ละชั้นจะมีค่าการต้านทานความร้อน ดังนี้

อาคารที่ใช้ฉนวนใยแก้ว **อาคารที่ใช้ฉนวน Ceramic Coating**

COMPONENT	R-VALUE	COMPONENT	R-VALUE
OUTSIDE AIR FILM	0.33	OUTSIDE AIR FILM	0.33
ASBESTOS-CEMENT BOARD	0.06	Ceramic Coating	14.28
FIBER GLASS INSULATION	8.54	ASBESTOS-CEMENT BOARD	0.06
AIR SPACE	1.0	AIR SPACE	1.0
GYPSUM BOARD	0.45	GYPSUM BOARD	0.45
INSIDE AIR FILM	0.68	INSIDE AIR FILM	0.68
R TOTAL	**11.06**	**R TOTAL**	**16.8**
U	**0.09**	**U**	**0.06**

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณ เป็นค่าประมาณการที่อ้างอิงจาก COOLING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL ของ ASHRAE GRP 158

2. <u>การหาพื้นที่รับความร้อน (A)</u>

พื้นที่กำหนดให้ = 1,000 m^2

= 10,764.26 ft^2

3. <u>การหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Δ T)</u>

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการคำนวณ จะใช้ค่า MAXIMUM CLTD จาก COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENT FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOFS ซึ่งมีค่าสำหรับฉนวนใยแก้วที่มีค่า U = 0.06 มีค่า T = 37˚F

สูตรคำนวณ $Q = UA\Delta T$

Q = HEAT TRANSFER IN STU/ft^2.hr.F.

U = OVERALL HEAT TRANSMISSION COEFFICIENT IN BTU/IN. ft^2.hr.F.

A = AREA OF HEAT TRANSFER IN ft^2

T = TEMPERATURE DIFFERENT IN ft^2

สูตรคำนวณ $$U = \frac{1}{R\ รวม}$$

R = THERMAL RESISTANCE IN BTU/IN.ft^2.hr.F.

$$= \frac{X}{K}$$

$R\ รวม = R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_4$

X = INSULATION THICKNESS IN INCHES

K = THERMAL CONDUCTIVITY IN BTU IN/ ft^2.hr.F.

ค่า R ของฉนวน Ceramic Coating เทียบเท่ากับโฟมหนา 4 นิ้ว (ค่า K ของโฟม = 0.28 BTU IN/ ft^2.hr.F.)

เพราะฉะนั้น R Ceramic Coating $= \frac{4}{0.28}$

$= 14.28$ BTU IN/ ft^2.hr.F.

ฉนวนใยแก้ว ที่ความหนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 2 lb/ ft^2 K = 0.234 BTU IN/ ft^2.hr.F

เพราะฉะนั้น R ใยแก้ว $= \frac{2}{0.234}$

$= 8.54$ BTU IN/ ft^2.hr.F.

จากสูตร

$$Q = UA\Delta T$$

อาคารที่ใช้ฉนวนใยแก้ว

$Q1 = UA\Delta T$

$= (0.09)\ (10{,}764.26)\ (38)$

$= 36{,}813.76$ Btuh.

อาคารที่ใช้ฉนวน Ceramic Coating

$Q2 = UA\ T\ \Delta$

$= (0.06)\ (10{,}764.26)\ (37)$

$= 23{,}896.65$ Btuh.

เพราะฉะนั้น การใช้ฉนวน Ceramic Coating จะมีการถ่ายเทของความร้อนน้อยกว่าการใช้ฉนวนใยแก้ว

$= Q_1 - Q_2$

$= 36{,}813.76 - 23{,}896.65$

$= 12{,}917.11$ Btuh.

การที่ความร้อนลดลง 12,917.11Btuh. สามารถลดความเย็นของระบบปรับอากาศลงได้

$$= \frac{12{,}917.11}{12{,}000}$$

$= 1.08$ ตันความเย็น

หมายเหตุ : 1 ตันความเย็น = 12,000 Btu. / ชม.

การลดเครื่องปรับอากาศลงได้ 1.08 ตัน สามารถประหยัดเงินค่าใช้จ่ายได้ 2 ทาง คือ

1. INITIAL COST ในการลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศลดลงประมาณ 27,000 บาท
   (คิดค่าเครื่องปรับอากาศ 25,000 บาท/ตัน)
2. OPERATING COST ในการเดินเครื่องปรับอากาศลดลง

โดยปกติแอร์ 1 ตัน จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.25 kw. และถ้าเสียค่าไฟฟ้า KWH ละ 2 บาท ใน 1 วัน ใช้เครื่องปรับอากาศ 8 ชม.

เพราะฉะนั้นจะประหยัดเงินได้ $= (1.08)\ (1.25)\ (2)\ (8)$

$= 21.6$ บาท/วัน

$= (21.6)$ (30 วัน) (12 เดือน)

$= 7{,}776$ บาท / ปี

เพราะฉะนั้น ประหยัดเงินจากระบบปรับอากาศได้ทั้งหมด

$= 27{,}000 + 7{,}776$

$= 34{,}776$ บาท / ปี

สรุป

การติดตั้งฉนวน Ceramic Coating จะลดความร้อน และประหยัดค่าใช้จ่าย เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนใยแก้ว ดังนี้

1. ลดความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารได้มากกว่าฉนวนใยแก้ว 12,917.11Btuh. คิดเป็น 35%
2. ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านระบบปรับอากาศลงได้ คิดเป็นเงิน 34,776 บาท / ปี
3. ประหยัดเงินลงทุนในการติดตั้งลงได้ 23,728 บาท คิดเป็น 10.5 %

นอกจากนี้การใช้ฉนวน Ceramic Coating ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีกคือ สามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ในระดับหนึ่ง ช่วยยืดอายุการใช้งานของหลังคาที่พ่นเคลือบ เพราะมีค่าความยืดหยุ่นตัวสูง สามารถป้องกัน THERMAL SHOCK ได้ และยังเป็นฉนวนที่ไม่ติดไฟ ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

รายงานการคำนวณ การประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้า จากเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง ฉนวนเหลวสะท้อนความร้อน MAX-KOOL

กรณี : หลังคาเมทัลชีทโรงงาน Sanmina – SCI Systems (Thailand) Ltd. พื้นที่ 2,245 ตารางเมตร (คิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการติดเครื่องปรับอากาศ) เสียค่าไฟฟ้า kw ละ 2.5 บาท

1. การหาค่า U (OVERALL HEAT TRANSMISSION COFFICIENT) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนกรณีความร้อนจากแสงอาทิตย์แผ่ลงมา ก่อนจะเข้าสู่อาคารจนถึงพื้นที่ทำงาน จะมีความต้านทานความร้อนในชั้นต่าง ๆ ดังนี้

ก่อนพ่นฉนวน		**หลังพ่นฉนวน**	
โครงสร้าง	**R** $\mathbf{hr.ft^2{}^\circ.F/Btu}$	**โครงสร้าง**	**R** $\mathbf{hr.ft^2{}^\circ.F/Btu}$
ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33
หลังคาเมทัล ชีท	0.053	**ฉนวนเซรามิค MAX-KOOL**	**21.00**
ช่องอากาศ	1.0	หลังคาเมทัล ชีท	0.053
แผ่นฝ้ายิปซั่ม	0.45	ช่องอากาศ	1.0
ฟิล์มอากาศภายใน	0.68	แผ่นฝ้ายิปซั่ม	0.45
		ฟิล์มอากาศภายใน	0.68
R TOTAL	2.513	R TOTAL	23.513
U	0.397 $(Btu/ft^2\ hr.)$	U	0.042 $(Btu/ft^2\ hr.)$

- R คือ ค่าการต้านทานความร้อน
- สูตร $U = \dfrac{1}{R\ TOTAL}$
- ตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณ เป็นค่าประมาณที่อ้างอิงจาก COOLING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL ของ ASHRAE GRP 158

2. การหาพื้นที่รับความร้อน (ค่า A)
พื้นที่หลังคาโรงงาน (คิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการติดเครื่องปรับอากาศ

$1\ m^2 = 10.7642\ ft^2$

$2{,}245\ m^2 = 24{,}165.63\ ft^2$

3. การหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างภายนอกและภายใน (EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENT)

กรณี อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยประมาณ 95°F (35°C)

อุณหภูมิภายในห้องมีเครื่องปรับอากาศ กำหนดอุณหภูมิปกติอยู่ที่ประมาณ 78°F (25.5°C)

ค่า ΔT คือ 95 - 78 = 17°F

4. การคำนวณหาค่า Q ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร (HEAT TRANSFER) IN Btu / ft^2.°.F.hr.

สูตร $Q = UA\Delta T$

ก่อนพ่นฉนวน MAX-KOOL	หลังพ่นฉนวน MAX-KOOL
$Q = UA\Delta T$	$Q = UA\Delta T$
ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร= (0.397) * (24,165.63) * (17)	ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร= (0.042) * (24,165.63) * (17)
ก่อนพ่นฉนวน = 163,093.84 Btu / ft^2.°.F.hr.	หลังพ่นฉนวน = 17,254.26 Btu / ft^2.°.F.hr.

ดังนั้น หลังจากใช้ฉนวน MAX-KOOL ความร้อนที่ผ่านเข้ามาลดลง = 163,093.84 – 17,254.26

= 145,839.58 Btu / ft^2.°.F.hr.

5. การคิดเทียบเป็นความเย็นของระบบปรับอากาศ

1 ตันความเย็น = 12,000 Btu / ft^2.°.F.hr.

เพราะฉะนั้นความร้อนที่ลดลง 145,839.58 Btu / ft^2.°.F.hr.

สามารถลดความเย็นของระบบปรับอากาศลงได้ = $\frac{145,839.58}{12,000}$

= 12.153 ตันความเย็น

6. การคำนวณการประหยัดไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และจุดคุ้มทุน

กรณี เครื่องปรับอากาศ 1 ตัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 1.25 kw./hr. เสียค่าไฟฟ้า kw ละ 2.5 บาท

ใน 1 วันใช้เครื่องปรับอากาศ 12 ชั่วโมง (คำนวณชั่วโมงเฉพาะช่วงเวลาที่มีความร้อนจากแสงอาทิตย์คือตั้งแต่ 06.00 – 18.00 น.)

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = ความเย็นที่ประหยัดได้ * พลังงานไฟฟ้า * ค่าไฟ * ชั่วโมงการเปิด

= (12.153) * (1.25) * (2.5) * (12)

= 455.74 * 365 วัน

= 166,344.19 บาท / ปี

จำนวนเงินลงทุนพ่นฉนวน MAX-KOOL = 2,245 ตร.ม. * 170 บาท = 381,650 บาท

ระยะเวลาในการคืนทุน = $\frac{381,650}{166,344.19}$

= 2.29 ปี

หมายเหตุ : การคำนวณนี้เป็นการคำนวณตามหลักทฤษฎี สำหรับหน่วยงานจริงอาจมีการคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ

สรุป การติดตั้งฉนวน MAX-KOOL นอกจากจะช่วยลดความร้อนยังก่อให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ อีกคือ

1. ช่วยยืดอายุการใช้งานของหลังคาเมทัล ชีท ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหลังคา เนื่องจาก MAX-KOOL มีค่ายืดหยุ่นตัวสูง สามารถป้องกัน THERRMAL SHOCK ได้
2. ช่วยให้ยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์แอร์ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์แอร์จะทำงานน้อยลง จึงสึกหรอช้าลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาแอร์อีกทางหนึ่ง
3. ช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ระดับหนึ่ง
4. ช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อม เนื่องด้วยเป็นฉนวนสูตรน้ำ ไม่ติดไฟ ไม่มีฝุ่นผง ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

รายงานการคำนวณ การประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้า จากเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง ฉนวนเหลวสะท้อนความร้อน MAX-KOOL

กรณี : หลังคาเมทัลชีทโรงงาน พื้นที่ 1,700 ตารางเมตร ติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้งโรงงาน ไม่มีฝ้าเพดาน เปิดแอร์วันละ 10 ชั่วโมง (08.00 – 18.00 น.) เสียค่าไฟฟ้า kw ละ 1.8 บาท

1. การหาค่า U (OVERALL HEAT TRANSMISSION COFFICIENT) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน กรณีความร้อนจากแสงอาทิตย์แผ่ลงมา ก่อนจะเข้าสู่อาคารจนถึงพื้นที่ทำงาน จะมีความต้านทานความร้อนในชั้นต่าง ๆ ดังนี้

ก่อนพ่นฉนวน		**หลังพ่นฉนวน**	
โครงสร้าง	**R** **hr.ft^2°.F/Btu**	**โครงสร้าง**	**R** **hr.ft^2°.F/Btu**
ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33
หลังคาเมทัล ชีท	0.053	**ฉนวนเซรามิค MAX-KOOL**	**21.00**
ฟิล์มอากาศภายใน	0.68	หลังคาเมทัล ชีท	0.053
		ฟิล์มอากาศภายใน	0.68
R TOTAL	1.063	R TOTAL	22.063
U	0.9407 (Btu/ft^2 hr.)	U	0.0453 (Btu/ft^2 hr.)

- R คือ ค่าการต้านทานความร้อน
- สูตร $U = \frac{1}{R\ TOTAL}$
- ตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณ เป็นค่าประมาณที่อ้างอิงจาก COOLING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL ของ ASHRAE GRP 158

2. การหาพื้นที่รับความร้อน (ค่า A)

พื้นที่หลังคาโรงงาน รวม = 1,700 m^2

= 18,299.14 ft^2

* 1 m^2 = 10.7642 ft^2

3. การหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (∆T) ระหว่างภายนอกและภายใน (EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENT)

กรณี อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยประมาณ 95°F (35°C)

อุณหภูมิภายในห้องมีเครื่องปรับอากาศ กำหนดอุณหภูมิปกติอยู่ที่ประมาณ 78°F (25.5°C)

ค่า ∆T คือ 95 - 78 = 17°F

4. การคำนวณหาค่า Q ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร (HEAT TRANSFER) IN Btu / ft^2.°.F.hr.

สูตร Q = UA∆T

ก่อนพ่นฉนวน MAX-KOOL	หลังพ่นฉนวน MAX-KOOL
Q = UA T	Q = UA∆ T
ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร = (0.9407) * (18,299.14) * (17)	ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร = (0.0453) * (18,299.14) * (17)
ก่อนพ่นฉนวน = 292,638.0169 Btu / ft^2.°.F.hr.	**หลังพ่นฉนวน** = 14,092.1677 Btu / ft^2.°.F.hr.

ดังนั้น หลังจากใช้ฉนวน MAX-KOOL ความร้อนที่ผ่านเข้ามาลดลง = 292,638.0169 – 14,092.1677

= 278,545.8492 Btu / ft^2.°.F.hr.

5. การคิดเทียบเป็นความเย็นของระบบปรับอากาศ

1 ตันความเย็น = 12,000 Btu / ft^2.°.F.hr.

เพราะฉะนั้นความร้อนที่ลดลง 278,545.8492 Btu / ft^2.°.F.hr.

สามารถลดความเย็นของระบบปรับอากาศลงได้ = $\frac{278,545.8492}{12,000}$

= 23.21 ตันความเย็น

6. การคำนวณการประหยัดไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และจุดคุ้มทุน

กรณี เครื่องปรับอากาศ 1 ตัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 1.25 kw./hr. เสียค่าไฟฟ้า kw ละ 1.8 บาท

ใน 1 วันใช้เครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง (ทำงานจันทร์ – เสาร์ 5 วัน / สัปดาห์ * 52 สัปดาห์ = 260 วัน/ปี)

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = ความเย็นที่ประหยัดได้ * พลังงานไฟฟ้า * ค่าไฟ * ชั่วโมงการเปิด

= (23.21) * (1.25) * (1.8) * (10)

= 519.75 * 260 วัน

= 135,135 บาท / ปี

จำนวนเงินลงทุนพ่นฉนวน MAX-KOOL ตารางเมตรละ 180 บาท * 1,700 ตร.ม.= 306,000 บาท

ระยะเวลาในการคืนทุน = 306,000 / 135,135

= 2.26 ปี

สรุป การติดตั้งฉนวน MAX-KOOL นอกจากจะช่วยลดความร้อนยังก่อให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ อีกคือ

1. ช่วยยืดอายุการใช้งานของหลังคาเมทัล ชีท ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหลังคา เนื่องจาก MAX-KOOL มีค่ายืดหยุ่นตัวสูง สามารถป้องกัน THERRMAL SHOCK ได้
2. ช่วยให้ยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์แอร์ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์แอร์จะทำงานน้อยลง จึงสึกหรอช้า เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาแอร์อีกทางหนึ่ง
3. ช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ระดับหนึ่ง
4. ช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อม เนื่องด้วยเป็นฉนวนสูตรน้ำ ไม่ติดไฟ ไม่มีฝุ่นผง ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

รายงานการคำนวณ การประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้า จากเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง ฉนวนเหลวสะท้อนความร้อน MAX-KOOL

กรณี : หลังคาเมทัลชีท พื้นที่ 7,000 ตรม.(คิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการติดเครื่องปรับอากาศ) เสียค่าไฟฟ้า kw ละ 2.5 บาท

1. การหาค่า U (OVERALL HEAT TRANSMISSION COFFICIENT) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน กรณีความร้อนจากแสงอาทิตย์แผ่ลงมา ก่อนจะเข้าสู่อาคารจนถึงพื้นที่ทำงาน จะมีความต้านทานความร้อนในชั้นต่าง ๆ ดังนี้

ก่อนพ่นฉนวน		**หลังพ่นฉนวน**	
โครงสร้าง	**R** **hr.ft^2°.F/Btu**	**โครงสร้าง**	**R** **hr.ft^2°.F/Btu**
ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33
หลังคาเมทัล ชีท	0.053	**ฉนวนเซรามิค MAX-KOOL**	**21.00**
ช่องอากาศ	1.0	หลังคาเมทัล ชีท	0.053
แผ่นฝ้ายิปซั่ม	0.45	ช่องอากาศ	1.0
ฟิล์มอากาศภายใน	0.68	แผ่นฝ้ายิปซั่ม	0.45
		ฟิล์มอากาศภายใน	0.68
R TOTAL	2.513	R TOTAL	23.513
U	0.397 (Btu/ft^2 hr.)	U	0.042 (Btu/ft^2 hr.)

- R คือ ค่าการต้านทานความร้อน
- สูตร $U = \frac{1}{R\ TOTAL}$
- ตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณ เป็นค่าประมาณที่อ้างอิงจาก COOLING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL ของ ASHRAE GRP 158

2. การหาพื้นที่รับความร้อน (ค่า A)
พื้นที่หลังคาโรงงาน (คิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการติดเครื่องปรับอากาศ

$1\ m^2 = 10.7642\ ft^2$

$7{,}000\ m^2 = 75{,}349.4\ ft^2$

3. การหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างภายนอกและภายใน (EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENT)

กรณี อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยประมาณ 95°F (35°C)

อุณหภูมิภายในห้องมีเครื่องปรับอากาศ กำหนดอุณหภูมิปกติอยู่ที่ประมาณ 78°F (25.5°C)

ค่า ΔT คือ 95 - 78 = 17°F

4. การคำนวณหาค่า Q ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร (HEAT TRANSFER) IN Btu / ft^2.°.F.hr.

สูตร $Q = UA\Delta T$

ก่อนพ่นฉนวน MAX-KOOL	หลังพ่นฉนวน MAX-KOOL
$Q = UA\Delta T$	$Q = UA\Delta T$
ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร= (0.397) * (75,349.4) * (17)	ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร= (0.042) * (75,349.4) * (17)
ก่อนพ่นฉนวน = 508,533.10 Btu / ft^2.°.F.hr.	**หลังพ่นฉนวน** = 53,799.47 Btu / ft^2.°.F.hr.

ดังนั้น หลังจากใช้ฉนวน MAX-KOOL ความร้อนที่ผ่านเข้ามาลดลง = 508,533.10 – 53,799.47

= 454,733.63 Btu / ft^2.°.F.hr.

5. การคิดเทียบเป็นความเย็นของระบบปรับอากาศ

1 ตันความเย็น = 12,000 Btu / ft^2.°.F.hr.

เพราะฉะนั้นความร้อนที่ลดลง 454,733.63 Btu / ft^2.°.F.hr.

สามารถลดความเย็นของระบบปรับอากาศลงได้ = $\frac{454,733.63}{12,000}$

= 37.90 ตันความเย็น

6. การคำนวณการประหยัดไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และจุดคุ้มทุน

กรณี เครื่องปรับอากาศ 1 ตัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 1.25 kw./hr. เสียค่าไฟฟ้า kw ละ 2.5 บาท

ใน 1 วันใช้เครื่องปรับอากาศ 12 ชั่วโมง (คำนวณชั่วโมงเฉพาะช่วงเวลาที่มีความร้อนจากแสงอาทิตย์ คือตั้งแต่ 06.00 – 18.00 น.)

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = ความเย็นที่ประหยัดได้ * พลังงานไฟฟ้า * ค่าไฟ * ชั่วโมงการเปิด

= (37.90) * (1.25) * (2.5) * (12)

= 1,421.25 * 365 วัน

= 518,756.25 บาท / ปี

จำนวนเงินลงทุนพ่นฉนวน MAX-KOOL = 7,000 ตร.ม. * 280 บาท = 1,960,000 บาท

ระยะเวลาในการคืนทุน = 1,960,000

518,756.25

= 3.78 ปี

หมายเหตุ : การคำนวณนี้เป็นการคำนวณตามหลักทฤษฎี สำหรับหน่วยงานจริงอาจมีการคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ

สรุป การติดตั้งฉนวน MAX-KOOL นอกจากจะช่วยลดความร้อนยังก่อให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ อีกคือ

1. ช่วยยืดอายุการใช้งานของหลังคาเมทัล ชีท ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหลังคา เนื่องจาก MAX-KOOL มีค่ายืดหยุ่นตัวสูง สามารถป้องกัน THERRMAL SHOCK ได้
2. ช่วยให้ยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์แอร์ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์แอร์จะทำงานน้อยลง จึงสึกหรอช้าลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาแอร์อีกทางหนึ่ง
3. ช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ระดับหนึ่ง
4. ช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อม เนื่องด้วยเป็นฉนวนสูตรน้ำ ไม่ติดไฟ ไม่มีฝุ่นผง ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

รายการคำนวณ การประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง
ฉนวนเหลวสะท้อนความร้อน MAX-KOOL

หลังคาเมทัล ชีท โรงงานบริษัท เอเชียน สแตนเล่ย์ อินเตอร์เนชั่นแนล พื้นที่ (A) 139,676.25 ft^2 (คิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ) เสียค่าไฟฟ้า 1.7034 บาท / kw. เวลาเดินเครื่องปรับอากาศ วันละ 12 ชั่วโมง 365 วัน (คำนวณชั่วโมงเฉพาะเวลากลางวัน 06.00-18.00 น.) อุณหภูมิภายในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ กำหนดที่ 78°F (25.5°C) ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร (ΔT) เฉลี่ยประมาณ 17°F

การเปรียบเทียบการติดตั้งฉนวน MAX-KOOL

องค์ประกอบของอาคาร **บริเวณหลังคาที่ช่วยป้องกันการส่งผ่านความร้อน**	**ค่าการต้านทานความร้อน (R)**	
	ก่อนพ่นฉนวน MAX-KOOL **หน่วย : $hr.ft^2.F/Btu$**	**หลังพ่นฉนวน MAX-KOOL** **หน่วย : $hr.ft^2.F/Btu$**
1. ฟิล์มอากาศภายนอก	0.33	0.33
2. ฉนวนเซรามิค MAX-KOOL	-	21.00
3. หลังคาเมทัล ชีท	0.053	0.053
4. ช่องอากาศ	1.0	1.0
5. แผ่นฝ้ายิปซั่ม	0.45	0.45
6. ฟิล์มอากาศภายใน	0.68	0.68
ค่าการต้านทานความร้อน (R)	2.513	23.513

การประหยัดค่าไฟ และจุดคุ้มทุน ของการใช้ฉนวน MAX-KOOL

	ก่อนพ่นฉนวน MAX-KOOL	**หลังพ่นฉนวน MAX-KOOL**
1. ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U = 1/R) หน่วย : $Btu / ft^2.hr.$	0.397	0.042
2. ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร ($Q = UA\Delta T$) หน่วย : ตันความเย็น (1 ตัน = 1,200 $Btu / ft^2.hr.$)	78.55	8.31
3. สามารถลดความเย็นของระบบปรับอากาศได้ หน่วย : ตันความเย็น	-	70.245
4. ความเย็นที่ประหยัดได้ หน่วย : บาท / ปี	-	655,112.95
ระยะเวลาในการคืนทุน	-	**3.36 ปี**