การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ สวัสดิกิจ
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
apirak.sa@spu.ac.th

กำหนดการอบรมหลักสูตร "จิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ"
วันที่ 8 ธันวาคม 2563
ณ บริษัท เอเบิล อินดัสตรีส์ จำกัด

เวลา	กิจกรรม
09.00 – 09.15 น.	เปิดการอบรม
09.15 – 10.30 น.	การบรรยายในหัวข้อ
	- สถานการณ์พลังงาน
	- ปัญหาและผลกระทบจากการใช้พลังงาน
	- หลักการอนุรักษ์พลังงานเบื้องต้น
10.30 – 12.00 น.	การบรรยายในหัวข้อ
	- ระบบอัดอากาศ
	- การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ

นิยามพลังงาน

เป็นการยากที่จะนิยามหรือให้ความหมายของคำว่าพลังงานว่า พลังงานคืออะไร แต่เราทราบว่าพลังงานสามารถแปรเปลี่ยนสรรพสิ่งได้ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า

"พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้โดยที่ผลรวมของพลังงานทั้งหมดนั้นต้องคงที่และมันจะไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้เองหรือถูกทำลายไป"

energy saving

พลังไทย ลดใช้ พลังงาน

พลังงานคืออะไร ?

พลังงาน = พลัง + งาน

สิ่งที่นำมาใช้ให้เกิดเป็นงาน
เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน
ฟืน ลม แสงอาทิตย์ ฯลฯ

แหล่งพลังงาน

พลังงานปฐมภูมิ

พลังงานทุติยภูมิ

ความสำคัญของพลังงาน

ไม่มี**กิจกรรม**ใดของมนุษย์
ที่เกิดขึ้นและดำเนินการได้โดย**ไม่ต้องใช้พลังงานตาม**
ธรรมชาติที่มีอยู่ในโลก

เมื่อใด...จึงจะเรียกว่าเกิด **วิกฤตพลังงาน ?**

- พลังงานมีราคาแพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- พลังงานสำรองเริ่มเหลือน้อยลง
- พลังงานสำรวจใหม่หายากขึ้น

วิกฤตพลังงาน : วิกฤตของใคร ?

คนทั้งโลกไม่ได้ใช้พลังงาน
และทรัพยากรธรรมชาติ เท่ากันทุกคน

วิกฤตพลังงาน : จริงหรือไม่ ?

น้ำมันจะหมดโลก ?

น้ำมันในโลกจะไม่พอใช้ ?

วิกฤตพลังงาน ในอดีตกับปัจจุบัน ?

ครั้งที่ 1 : พ.ศ.2516
สงครามพลังงาน (OPEC)

ครั้งที่ 2 : พ.ศ.2522
สงครามอิรัก - อิหร่าน

ผลกระทบ คือ
- น้ำมันราคาแพง
- ปัญหาการเมืองระหว่างประเทศ

แนวทางแก้ปัญหาคือ
- ใช้เวลา

สัญญาณเตือน

- ราคาน้ำมันดิบเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- โลกไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตน้ำมัน ได้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นอีกแล้ว

วิกฤตพลังงาน ครั้งที่ 3 : ???

ทำไมไม่ประหยัด ?

คนทั่วไป

- ทำไมต้องประหยัด...ไม่เห็นจำเป็นเลย !
- อยากประหยัดแต่ไม่รู้ต้องทำอย่างไร ?

พนักงาน

- ไม่ใช่หน้าที่
  - งานประจำก็ยุ่งมากพออยู่แล้ว...อย่ามายุ่ง !
  - ยังมีพลังงานให้ใช้ได้เสมอ...เมื่อต้องการ
- ไม่ใช่คนจ่ายเงิน
  - ผู้บริหารยังไม่สนใจ...แล้วทำไมต้องสนใจด้วย

วัตถุประสงค์ของการประกอบกิจการ ???

กำไร (ความอยู่รอด) = รายรับ - รายจ่าย + ความสุขสุทธิ

- เพิ่มปริมาณขาย (Volume)
- เพิ่มกำไรต่อหน่วย (Margin)

- Man
- Machine
- Materials
- Money
- Method
- Management
- Energy

เพื่อความอยู่รอดของตนเอง และองค์กร

สถานการณ์พลังงานของโลก

Energy Allocation

WORLD

พลังงานหมุนเวียน 5% ***พลังงานใช้แล้วหมดไป 95%***

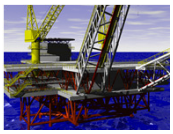
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

สถานการณ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

พลังงานสำรองของโลกใช้ได้อีกกี่ปี ?

น้ำมัน 50 ปี

ก๊าซธรรมชาติ 53 ปี



ถ่านหิน 134 ปี

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

สถานการณ์พลังงานของไทย

น้ำมันดิบ	➡	ไม่พอใช้อยู่แล้ว...ต้องนำเข้ากว่า 80%
ก๊าซธรรมชาติ	➡	20 ปีหมด
ถ่านหิน	➡	60 ปีก็หมด

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

สถานการณ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

พลังงานสำรองในประเทศ

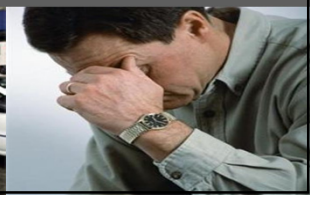
น้ำมันดิบ ➡ ไม่พอใช้อยู่แล้ว...ต้องนำเข้า 74%

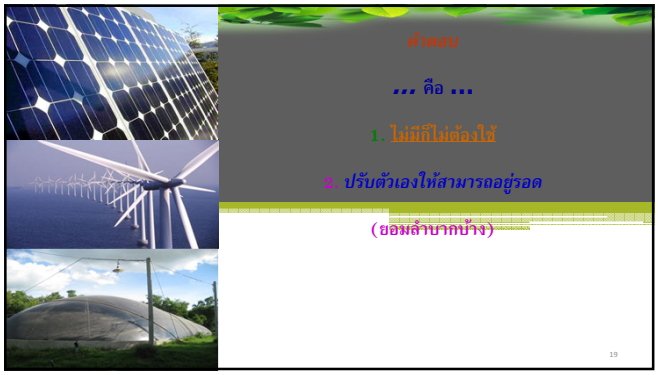
ก๊าซธรรมชาติ ➡ **20 ปีหมด**

ถ่านหิน ➡ **60 ปีก็หมด**

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

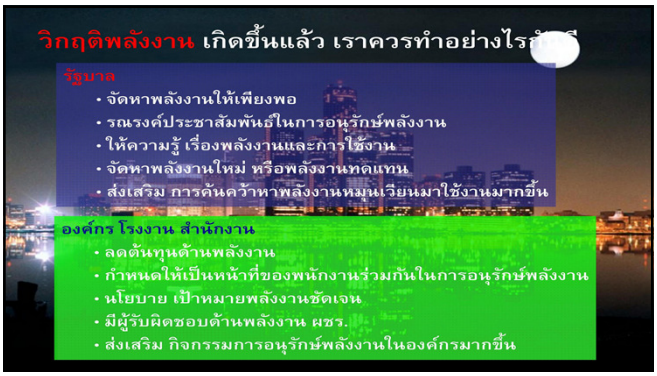
เมื่อน้ำมัน/ก๊าซธรรมชาติ/ถ่านหิน หมดไปจากโลก เราจะอยู่กันอย่างไร....?????

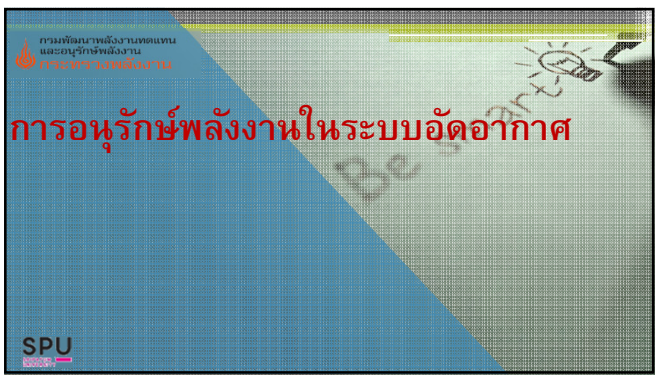


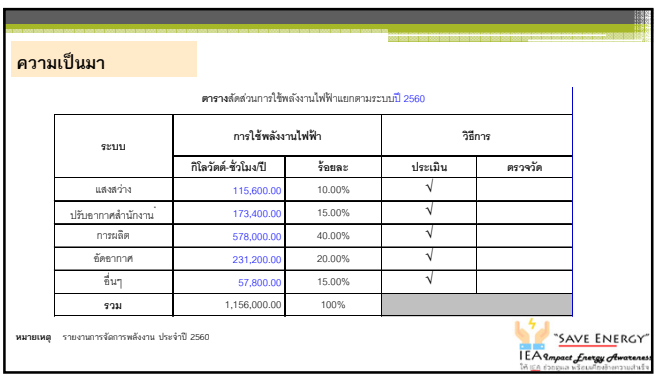

คำตอบ
... คือ ...
1. ไม่มีก็ไม่ต้องใช้
2. ปรับตัวเองให้สามารถอยู่รอด
(ยอมลำบากบ้าง)
19

คำตอบ
20
... คือ ...
3. พึ่งพาพลังงานทดแทน
Renewable Energy
4. ใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างประหยัด
Energy Efficiency
5.พัฒนาพลังงานใหม่
New Energy

วิกฤติพลังงาน เกิดขึ้นแล้ว เราควรทำอย่างไรกันดี
ตัวเรา
• ใช้พลังงานอย่างมีคุณค่า
• บริโภค ใช้งานกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่กระทบกับการใช้พลังงานมาก
• ประหยัด ใช้หลักเศรษฐกิจแบบพอเพียง
• รักษาสิ่งแวดล้อม ปลูกต้นไม้รักษาสมดุล
• หลักการ 3 ข้อ คือ (3R) Reuse, Recycle, Reduce.


วิกฤติพลังงาน เกิดขึ้นแล้ว เราควรทำอย่างไร
รัฐบาล
• จัดหาพลังงานให้เพียงพอ
• รณรงค์ประชาสัมพันธ์ในการอนุรักษ์พลังงาน
• ให้ความรู้ เรื่องพลังงานและการใช้งาน
• จัดหาพลังงานใหม่ หรือพลังงานทดแทน
• ส่งเสริม การค้นคว้าหาพลังงานหมุนเวียนมาใช้งานมากขึ้น
องค์กร โรงงาน สำนักงาน
• ลดต้นทุนด้านพลังงาน
• กำหนดให้เป็นหน้าที่ของพนักงานร่วมกันในการอนุรักษ์พลังงาน
• นโยบาย เป้าหมายพลังงานชัดเจน
• มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ผชร.
• ส่งเสริม กิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานในองค์กรมากขึ้น


กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ
SPU


ความเป็นมา
ตารางสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบปี 2560
ระบบ
การใช้พลังงานไฟฟ้า
กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
ร้อยละ
วิธีการ
ประเมิน
ตรวจวัด
แสงสว่าง 115,600.00 10.00% √
ปรับอากาศสำนักงาน 173,400.00 15.00% √
การผลิต 578,000.00 40.00% √
อัดอากาศ 231,200.00 20.00% √
อื่นๆ 57,800.00 15.00% √
รวม 1,156,000.00 100%
หมายเหตุ รายงานการจัดการพลังงาน ประจำปี 2560
"SAVE ENERGY"
IEA Impact Energy Awareness

เรามีส่วนร่วม ในเรื่องนี้อย่างไร ?

ดำเนินการ ในปัจจุบันอย่างไร ?

การสูญเปล่า จุดไหน อย่างไร ?

พัฒนา ปรับปรุง อย่างไร ?

เสริม เพิ่มเติม อย่างไร ?

ประเด็นหัวข้อนำเสนอ

- ความสำคัญเครื่องอัดอากาศ
- ประเภทและการส่งจ่ายอากาศอัด
- สมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ
- ตัวอย่าง มาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ

ตัวแปรที่สำคัญ อากาศอัดเพื่อใช้งาน

Input

อากาศ ความดัน 1 บรรยากาศ
- ไนโตรเจน 78%
- ออกซิเจน 21%
- คาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ฯลฯ 1%
- ความชื้นหรือไอน้ำ1%

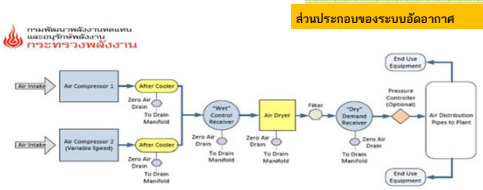
กำลังไฟฟ้า (kW)
พลังงานไฟฟ้า (kWh)

Output

นิยาม ความหมาย

- **อากาศอัด** คือ อากาศมีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศปกติ และมีสภาวะพร้อมที่จะถูกจ่ายไปเข้าสู่อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป
- **ระบบอากาศอัด** ขบวนการทั้งหมดของระบบ ตั้งแต่อัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้นปรับสภาพของคุณภาพอากาศ เก็บสะสม รอใช้งาน ส่งจ่ายโดยท่อ จนถึงจุดที่จะใช้งานอากาศอัด แล้วปลดปล่อยพลังงานในรูปของแรงดันไปใช้งาน ณ ที่จุดที่ต้องการเมื่ออากาศอัดมีแรงดันสูงขึ้นเราใช้ประโยชน์จากอากาศอัดได้หลายลักษณะของงาน

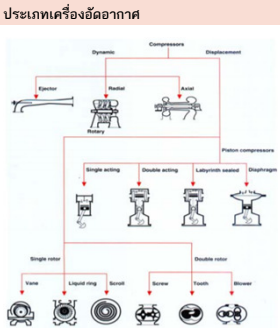
ส่วนประกอบของระบบอัดอากาศ

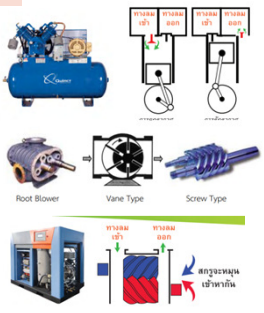


Electric Energy → Conversion → Compressed Air

Generation → Transmission → Utilization

ประเภทเครื่องอัดอากาศ

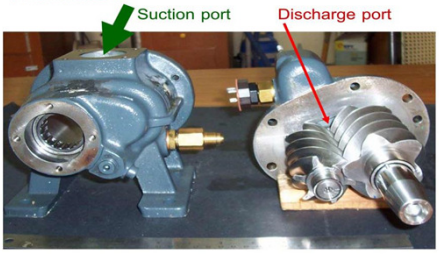


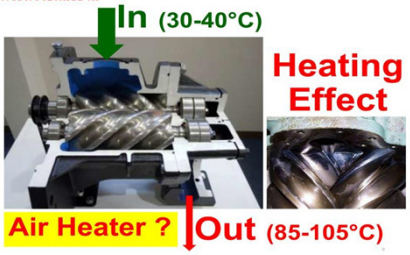


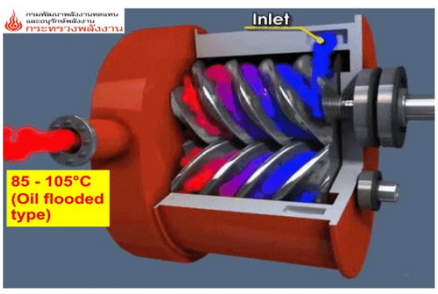
Screw Air Compressor (Positive Displacement Type)

เน้น !

5.5 kW 37.0 kW







Compressed Air Temperature

Adiabatic Process => Heat Transfer = 0 (ไม่มีการถ่ายเทความร้อน)

$T_2 = (T_1 + 273.15) \times R^{(k-1)/k} - 273.15$

T_2 = Compressed air temperature (Deg. C)

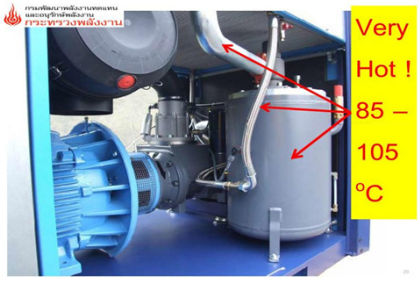
T_1 = Ambient air temperature (Deg. C) = **30**

R = Compression ratio (Ratio of absolute pressure) = (7 + 1)/1

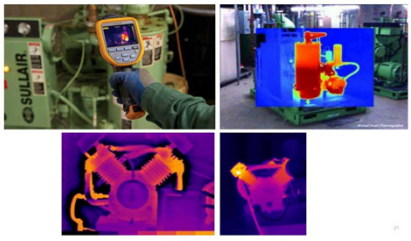
k = Specific heat ratio (1.4 for air)

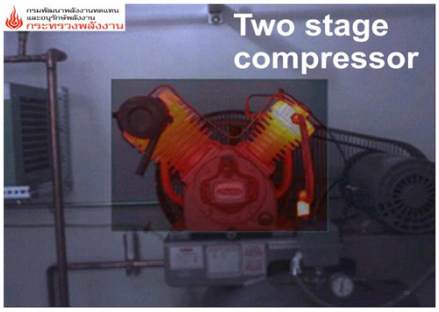
$T_2 = (30 + 273.15) \times (8/1)^{(1.4-1)/1.4} - 273.15 =$ **276** Deg. C

Very high temperature! Have to cool down!

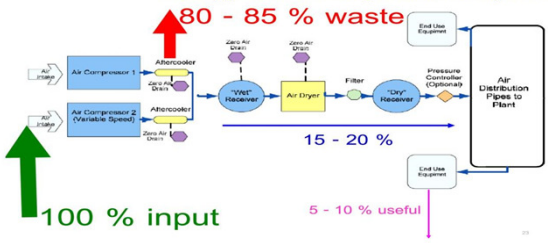


Compressor Thermal Scan





Energy flow in compressed air system



ทำไมระบบอากาศอัด จึงมีประสิทธิภาพพลังงานต่ำมาก

1. เป็นไปตามธรรมชาติของการอัดอากาศ
2. เกิดจากการนำอากาศอัดไปใช้ประโยชน์
3. เกิดจากความเข้าใจผิด
4. ขาดการดูแล และการบำรุงรักษาที่ดี

เราจะเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ของระบบอากาศอัดได้อย่างไร

1. เป็นไปตามธรรมชาติของการอัดอากาศ

- ขณะอัดอากาศ พลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนประมาณ 80 – 85 % และปล่อยทิ้ง คือ มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอากาศอัดเพียง 15 – 20 % เท่านั้น

เราจะเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ของระบบอากาศอัดได้อย่างไร

2. เกิดจากการนำอากาศอัดไปใช้ประโยชน์

- จำเป็นต้องใช้อากาศอัดหรือไม่
- ใช้ไม่เหมาะสมกับธรรมชาติของอุปกรณ์ที่ใช้ลม
- ใช้ทางเลือกอื่น ๆ ที่ดีกว่าทดแทนได้ หรือไม่

เราจะเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ของระบบอากาศอัดได้อย่างไร

3. เกิดจากความเข้าใจผิด

- เพิ่มความดันให้สูงขึ้นเพื่อชดเชยลมไม่พอ
- เพิ่มความดันให้สูงขึ้นจะทำให้ทำงานได้ดีขึ้น
- ต้องให้ compressor มีจังหวะ unload เพื่อยืดอายุ
- ตั้งค่าความดันควบคุมการทำงานไม่ถูกต้อง

เราจะเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ของระบบอากาศอัดได้อย่างไร

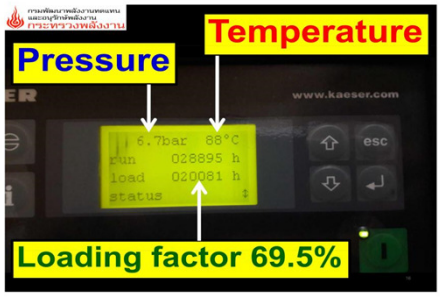
4. ขาดการดูแล และการบำรุงรักษาที่ดี

- ปล่อยให้เครื่องอัดอากาศเสื่อม ตัวกรองสกปรก
- ปล่อยให้เกิดการรั่ว
- ตัวกรองสกปรก
- ใช้ท่อขนาดเล็ก ยาว และมี ข้องอ-ข้อต่อ จำนวนมาก

การใช้ข้อมูลจากเครื่องอัดอากาศ

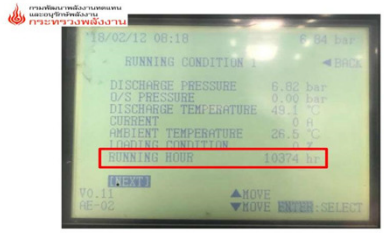
Running 3,919 hr
Load 1,382 hr
Load Factor 35.3%

Data 4 – 55 kW

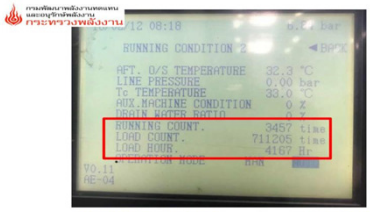


Run 92,685 hr
Load 79,664 hr
%LF 86.0%

Data 5 – 150 hp



RUNNING HOUR **10,374 hr**



RUNNING COUNT **3,457 time**
LOAD COUNT **711,205 time**
LOAD HOUR **4,167 hr**

RUNNING HOUR **10,374 hr**
RUNNING COUNT **3,457 time**
LOAD COUNT **711,205 time**
LOAD HOUR **4,167 hr**

% Load Factor **4,167/10,374 = 40.17%**
Running; hr/count **10,374/3,457 = 3.00**
Load; hr/count **4,167/711,205 = 0.006**
Load; count/hr **711,205/4,167 = 170.7**
Load; sec/count **4,167x3,600/711,205 = 21.09**
Cycle time; sec **10,374x3,600/711,205 = 52.51**
Loss (Thai Baht) **(10,374-4,167)x75x0.3x3.75**
523,715 !!!!

การใช้พลังงานจำเพาะของระบบอัดอากาศ (SEC.)

ชนิดของเครื่องอัดอากาศ	ภาวะไร้โหลด ไฟฟ้าที่ต้องการเทียบเป็น % ของภาระโหลดเต็ม		ภาวะโหลดเต็มที่ ไฟฟ้าที่ต้องการ ณ ที่ความดัน 700 kPa
Reciprocate	10 - 25 %	ชั้นเดียว	0.38 - 0.43 kW/litre/sec
		สองชั้น	0.30 - 0.35 kW/litre/sec
Rotary vane	30 - 40 %		0.40 - 0.45 kW/litre/sec
Rotary Screw	25-60 %		0.35 - 0.40 kW/litre/sec
Centrifugal	20-30 %		0.30 - 0.35 kW/litre/sec

การใช้พลังงานจำเพาะของระบบอัดอากาศ (SPC.)

ปัจจุบันไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับการสำรวจ ตรวจวัด หรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพหรือสมรรถนะพลังงานแต่สามารถใช้ มาตรฐานของ UK Database ในการอ้างอิงได้

Best	Average	Worst
0.101 kWh/m^3	0.122 kWh/m^3	0.300 kWh/m^3

การบำบัดอากาศ (Air Treatment) หรือการปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด (Treatment of Compressed air) (ต่อ)

ตัวอย่าง มาตรการวัดกรองอากาศ (Air Filter)

ตัวอย่าง 2. เครื่องอัดอากาศชนิดสกรูขนาด 75 kW มีการใช้พลังไฟฟ้าในช่วง Load 78 kW พื้นที่หน้ากากด้านลมเข้า 0.35 m2 ความเร็วลมเฉลี่ย 4 จุด 0.65 m/s เครื่องอัดอากาศจะมีค่าประสิทธิภาพเท่าใด? (ใช้วิธีวัดประสิทธิภาพแบบตรวจวัดความเร็วลม)

อัตราการผลิตอากาศ = พื้นที่ดูดอากาศ x ความเร็วลมเฉลี่ย x 60
= 0.35 x 0.6 x 60
= 12.60 m^3/min

ค่าประสิทธิภาพ = พลังไฟฟ้า / อัตราการผลิตอากาศ
= 78 / 12.60
= 6.19 kW/m^3/min

ตัวอย่าง เรื่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

ตัวอย่างการประเมินตรวจวัดปัจจัยที่ 1 เรื่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

โรงงานเอบีซี ได้ทำการตรวจวัดพลังงานของเครื่องอัดอากาศมีค่าเท่ากับ 75 kW และวัดค่าปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (AP) ตามวิธีการข้อ 4.1.1 ได้ค่าเท่ากับ 98.72 liter/s ดังนั้น สามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศได้ดังนี้

ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (AE) = AP/ P_w

= 98.72/75 Liter/s/kW

= 1.32 Liter/s/kW

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศจากตารางภาคผนวก 1 ช่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ l/s/kW ของโรงงานเอบีซี นั้นอ้างค่าได้โดยดูจากประเภทเครื่องอัดอากาศลูกสูบขนาด 25-250 Liter/s จะมีประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 2.33 liter/s/kW

ดังนั้นดัชนีประสิทธิภาพ = ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการตรวจวัด / ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ภาคผนวก 1)

= 1.32/2.33 = 56.65%

ภาคผนวก ง ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ

เครื่องอัดอากาศแต่ละประเภทมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการผลิตอากาศอัด ค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังตาราง

ภาคผนวก

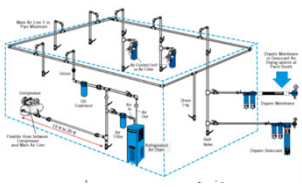
ภาพเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ

ประเภทเครื่องอัด	ประเภทการหล่อลื่น	ประเภทการระบายความร้อน	อัตราการผลิตอากาศอัด l/s	พลังงานไฟฟ้าในการผลิตที่ 7 บาร์ kW/l/s	ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ l/s/kW	ประสิทธิภาพในช่วงที่ไม่มีการโหลด	การลงทุน	ค่าบำรุงรักษา	คุณภาพอากาศที่ผลิต
ลูกสูบ	Lubricated	Air	2-25	0.52	1.92	มี	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
	Lubricated	Water	25-250	0.43	2.33	มี	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
	Lubricated	Water	250-1000	0.36	2.78	ถึงมาก	สูง	สูง	ปานกลาง
	Oil Free	Air	2-25	0.56	1.79	มี	ปานกลาง	สูง	ต่ำมาก
	Oil Free	Water	25-250	0.47	2.13	มี	ปานกลาง	สูง	ต่ำมาก
	Oil Free	Water	250-1000	0.41	2.44	ถึงมาก	สูง	สูง	ต่ำมาก
สกรู	Oil Injected	Air	2-25	0.52	1.92	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Injected	Air	25-250	0.45	2.22	มี(เว้นใช้ VSD)	ต่ำสูง VSD)	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Injected	Water	250-1000	0.41	2.44	พอใช้	กลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Free	Air	2-25	0.43	2.33	มี	สูง	ปานกลาง	ต่ำมาก
	Oil Free	Air	25-250	0.38	2.63	มี	สูง	ปานกลาง	ต่ำมาก
	Oil Free	Water	250-1000	0.38	2.63	มี	สูง	ปานกลาง	ต่ำมาก
โรตารี่เวน	Oil Injected	Air	2-25	0.52	1.92	มี	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
	Oil Injected	Air	25-250	0.45	2.22	พอใช้	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
แบบหมุนแหวน (เซ็นทริฟิวกัล)	Oil Free	Water	250-1000	0.45	2.22	มี	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำมาก
	Oil Free	Water	1000-2000	0.39	2.56	ถึงมาก	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำมาก
	Oil Free	Water	มากกว่า 2000	0.36	2.78	ถึงมาก	สูง	ต่ำ	ต่ำมาก

ที่มา : เทคนิคการตรวจวิเคราะห์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด

การรั่วมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การรั่วตรง และการรั่วซึม



1. การฟังเสียงอากาศดังรั่ว
2. การใช้ฟองสบู่ทดสอบการรั่ว

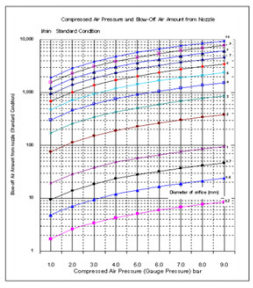
ใช้น้ำสบู่ทำให้มีฟอง ราดพอประมาณในบริเวณข้อต่อ หรือจุดที่สงสัยว่ามีอากรั่วของอากาศอัด หากเกิดฟองอากาศดูขึ้นมาต่อเนื่อง แสดงว่าบริเวณนั้นมีการรั่วไหลของอากาศอัด

รูปที่ 24 การใช้ฟองสบู่ทดสอบการรั่วหาตำแหน่งต่างๆ และจุดที่ควรทำมีการรั่วไหล

วัตถุประสงค์

1. ลำเลียงลมอัดคุณภาพ ใช้งานกับอุปกรณ์ เช่น ปืนลม มีครม ฯลฯ

ปัจจัยข้อที่ 2 ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (ต่อ)



กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อหาบค่าความดันของอากาศอัด

ตารางการหาปริมาณการรั่วไหลสามารถใช้ตารางตรวจสอบหากรู้ขนาดรูรั่วและแรงดันที่รั่ว

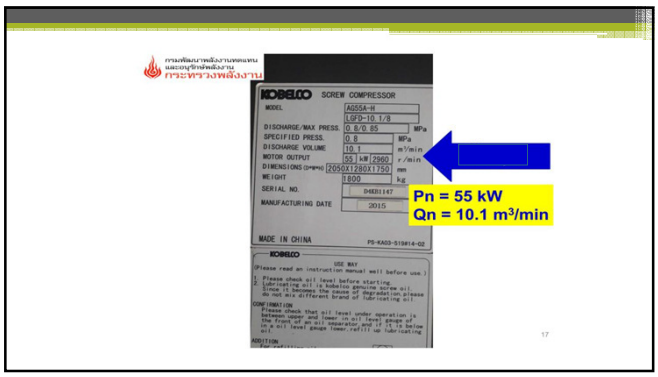
Pressure (bar)	Diameter Pipe (mm) and Air Leakage															
	0.3		0.5		0.7		1.0		3.0		5.0		7.0		10.0	
	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW
3.0	0.06	0.01	0.16	0.03	0.31	0.05	0.63	0.11	5.71	0.97	15.85	2.71	31.07	5.31	63.41	10.83
4.0	0.07	0.01	0.20	0.04	0.39	0.08	0.79	0.16	7.13	1.46	19.80	4.06	38.81	7.97	79.21	16.26
4.5	0.08	0.02	0.22	0.05	0.43	0.09	0.87	0.19	7.84	1.73	21.78	4.81	42.68	9.42	87.11	19.22
5.0	0.09	0.02	0.24	0.06	0.47	0.11	0.95	0.22	8.55	2.01	23.75	5.58	46.55	10.95	95.01	22.34
6.0	0.10	0.03	0.28	0.07	0.54	0.14	1.11	0.29	9.97	2.61	27.70	7.25	54.29	14.21	110.81	28.99
7.0	0.11	0.03	0.32	0.09	0.62	0.18	1.27	0.36	11.39	3.25	31.65	9.04	62.04	17.71	126.61	36.15
7.5	0.12	0.04	0.34	0.10	0.66	0.20	1.35	0.40	12.11	3.59	33.63	9.98	65.91	19.56	134.51	39.91
8.0	0.13	0.04	0.36	0.11	0.70	0.21	1.42	0.44	12.82	3.94	35.60	10.94	69.78	21.45	142.41	43.78
9.0	0.14	0.05	0.40	0.13	0.78	0.25	1.58	0.52	14.24	4.66	39.55	12.96	77.52	25.40	158.21	51.83

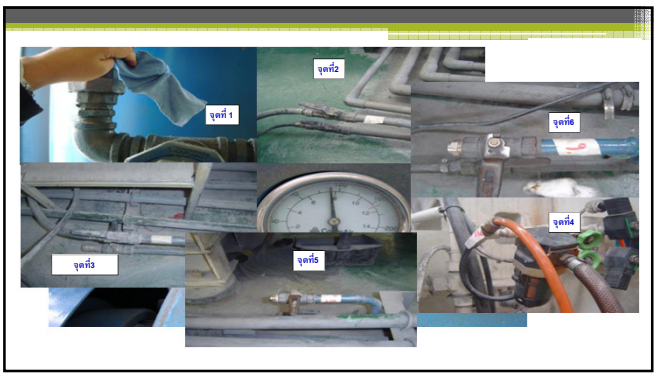
Q_{leak} = $0.158 \times d^2 \times (P_g + P_a)$ l/sec

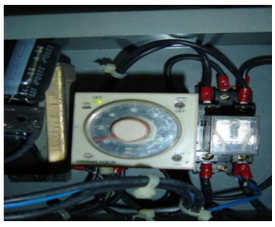
0.158 = เป็นค่าที่ได้มาจากการแทนค่าในสมการมาตรฐานตาม(ISO 1217-1986 Annex E) (กำหนดค่า Discharge Coefficient ที่ 0.97)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรั่ว (mm)

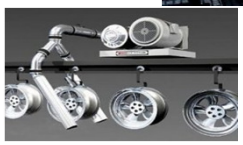
P_g = ค่าแรงดันเกจ ณ. จุดรั่วไหล (bar) P_a = ความดันสัมบูรณ์ (1.013 bar)



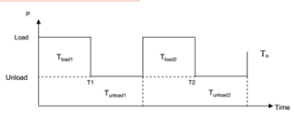




แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ



ค่าตั้งความดันอากาศอัด



$$\%L_{DU} = \frac{T_{load} \times 100}{(T_{load} + T_{unload})} \quad , \quad \frac{T_{load\,1} \times 100}{T_1}$$

L_{DU} = Duty Cycle (1 รอบของการทำงาน)

เพิ่มขึ้นอีก 1 bar
เครื่องอัดอากาศใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก 3 ถึง 5
แอมป์แปร์ สำหรับเครื่องขนาด 75 ถึง 100 แรงม้า

ทางปฏิบัติ ทุกๆ 5 นาทีเครื่องอัดอากาศ

- ควรเดินเครื่อง 3 นาทีครึ่ง และหยุดพัก (Unload) 1 นาทีครึ่ง ซึ่งหมายถึง เครื่องได้พักความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบอากาศอัด 27 ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของเวลาทำงานซึ่งจะทำให้ยืดอายุการใช้งานเครื่องอัดอากาศ และประหยัดค่าใช้จ่าย (ค่าไฟฟ้า)

"SAVE ENERGY"
IEA Impact Energy Awareness

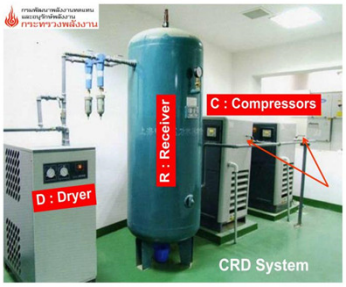
ตารางการประเมิน % ผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดความดันอากาศด้านขาออก

พลัง	ก่อนปรับปรุง									
ปรับปรุง	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
3.5	2.9%	5.5%	7.8%	9.9%	11.7%	13.4%	15.0%	16.4%	17.8%	19.0%
4.0	0.0%	2.7%	5.0%	7.1%	9.1%	10.8%	12.4%	13.9%	15.3%	16.6%
4.5	-2.7%	0.0%	2.4%	4.6%	6.6%	8.4%	10.0%	11.6%	13.0%	14.3%
5.0	-5.3%	-2.5%	0.0%	2.2%	4.3%	6.1%	7.8%	9.4%	10.8%	12.2%
5.5	-7.7%	-4.8%	-2.3%	0.0%	2.1%	4.0%	5.7%	7.3%	8.8%	10.2%
6.0	-10.0%	-7.0%	-4.4%	-2.1%	0.0%	1.9%	3.7%	5.3%	6.9%	8.3%
6.5	-12.1%	-9.2%	-6.5%	-4.1%	-2.0%	0.0%	1.8%	3.5%	5.0%	6.5%
7.0	-14.2%	-11.2%	-8.5%	-6.0%	-3.8%	-1.8%	0.0%	1.7%	3.3%	4.7%
7.5	-16.2%	-13.1%	-10.3%	-7.9%	-5.6%	-3.6%	-1.7%	0.0%	1.6%	3.1%
8.0	-18.1%	-14.9%	-12.1%	-9.6%	-7.4%	-5.3%	-3.4%	-1.6%	0.0%	1.5%
8.5	-19.9%	-16.7%	-13.9%	-11.3%	-9.0%	-6.9%	-5.0%	-3.2%	-1.5%	0.0%

ตัวอย่าง เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบขนาด 7.5kW มีการใช้พลังไฟฟ้าในช่วง Load 7kW การทำงาน 12 ชม./วัน 300 วัน/ปี เปอร์เซ็นต์การทำงาน 80 เปอร์เซ็นต์ มีการปรับตั้งความดันที่ 8.5 Bar_g แต่อุปกรณ์ที่ใช้ต้องการความดันที่ 6.5 Bar_g เมื่อทำการปรับลดความดันจะประหยัดได้เท่าไร?

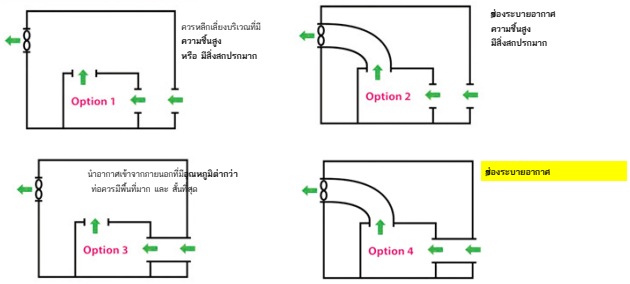
การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง = 7.0 × 12 × 300 × 0.8
= 20,160 kWh/ปี

ทำการปรับลดความดันลงจาก 8.5 Bar_g เหลือเพียง 6.5 Bar_gสามารถประหยัดได้ 6.5 %
ผลประหยัดจากการลดความดัน = 20,160 × 6.50 %
= 1,310.40 kWh/ปี



Two unit running (Base and trim)

อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง



ปัจจัยข้อที่ 4 อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง

ตัวอย่างการประเมินผลการประหยัดพลังงานจากการลดค่าตั้งความดันอากาศอัด

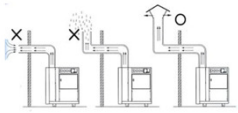
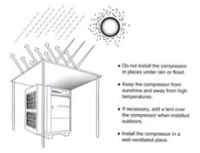
โรงงานเอบีซี มีการใช้พลังงานในระบบอากาศอัด 40,675 หน่วยต่อเดือน ช่างเทคนิคสำรวจ ห้องอากาศอัดมีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่ภายนอกห้องอากาศอัดมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์พบว่า ห้องอากาศอัดมีการระบายความร้อนไม่ดี ซึ่งสามารถดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดอุณหภูมิลงได้ โดยตั้งเป้าหมายไว้ที่ 35 องศาเซลเซียส

ผลการประหยัดพลังงาน = (ค่าอุณหภูมิเดิม- ค่าอุณหภูมิใหม่) x (1/3) x (1%) x พลังงานที่ใช้ต่อเดือน
= (40-35) x (1/3) x (1%) x 40,675
= 678 หน่วยต่อเดือน หรือ 8,135 หน่วยต่อปี
= 29,286 บาทต่อปี (คิดค่าไฟฟ้า 3.6 บาทต่อหน่วย)

อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

พลัง ปริมาณ	ก่อนปรับปรุง																
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
20	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
21	1.3	2.0	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7
22	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3
23	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0
24	0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7
25	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
26	-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1
27		-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.5	4.8
28			-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
29				-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1
30					-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8
31						-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5
32							-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2
33								-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9
34									-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5
35										-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2
36											-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9
37												-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6
38													-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3
39														-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0
40															-0.3	0.0	0.3	0.6
41																-0.3	0.0	0.3
42																	-0.3	0.0

การระบายอากาศ (Ventilation)

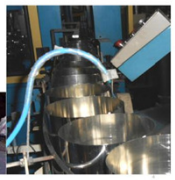
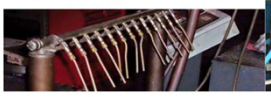
- การหยุดทำงานกะทันหัน (Knock)
- เครื่องอัดอากาศ Overheat
- ผลิตของโรงงานต้องหยุดทำงาน
- บริเวณที่มีการระบายลมไม่ดี

การใช้อากาศอัดรูปแบบหนึ่งที่ทำให้
ระบบอากาศอัดมีประสิทธิภาพต่ำมาก
คือ การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ

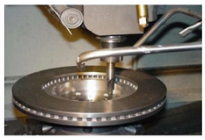
- ทำความสะอาด
- ทำให้เย็น
- ทำให้แห้ง (เป่าไล่น้ำ)
- ทำให้เคลื่อนที่
- ฯ

การใช้อากาศอัดรูปแบบหนึ่งที่ทำให้
ระบบอากาศอัดมีประสิทธิภาพต่ำมาก คือ

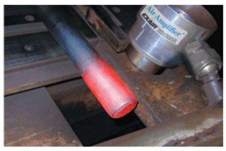
Direct blow-off
(Unregulated)

การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ
- ทำความสะอาด

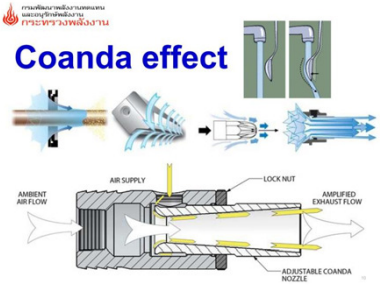


การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ
- ทำให้เย็น



การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ
- ทำให้เคลื่อนที่

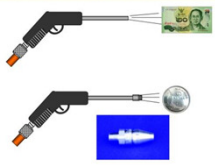
Coanda effect



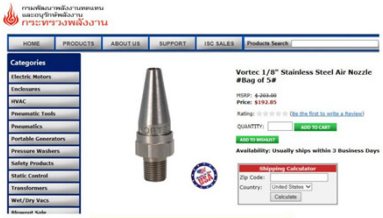
AIR SAVING OPPORTUNITIES IN COMPRESSED AIR BLOW OFF SYSTEMS

Air amplifier factor

AIR SAVING OPPORTUNITIES IN COMPRESSED AIR BLOW OFF SYSTEMS



Air nozzle with air flow amplification



$ 200 / 5 x 50 = 2,000 THB

➔ Expensive ??

Air Consumption of Open Tube And Pipe

Pressure Supply			Air Consumption of Homemade Blowoffs					
			Copper Tube			Open Pipe		
PSIG	BAR		1/4"	5/16"	3/8"	1/8"	1/4"	3/8"
80	5.5	SCFM	33	58	87	70	140	240
		SLPM	934	1641	2462	1981	3962	6792

Air Consumption		Force*		Sound Level
SCFM	SLPM	Ozs	Grams	dBA
10	283	9	255	71

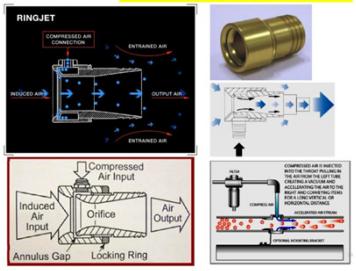
* Force measured at 12" (305mm) from target
Sound level measured at 3' (914mm)
All measurements taken at 80 PSIG (5.5 BAR)

CA saving = 70 – 10 = 60 scfm (85.7 %)
= 60 x 0.0283 = 1.698 m^3/min
Power saving = Q x SPC = 1.698 x 6.5 = 11 kW
Utilization Factor = 15 %
Elec. Energy Price = 4.00 THB/kWh
Plant Operating hr = 24 x 330 = 7,920 hr/year
Cost saving = 11 x 0.15 x 7,920 x 4.00

Cost saving = 52,272 THB

$ 200 / 5 x 50 = 2,000 THB ➔ Expensive ??
But payback period < 0.5 month !

Principle of air amplifier



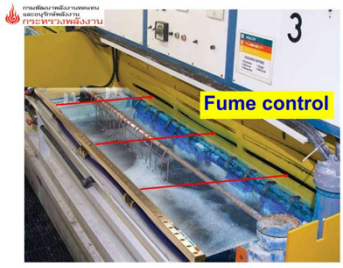
Air Knives

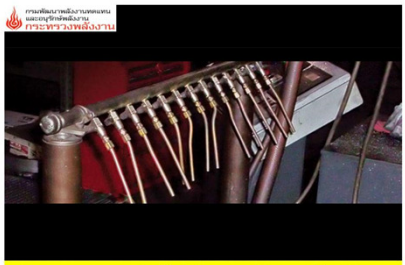
Blowoff, Clean,Dry and Cool with Less Noise and Air Consumption

40:1

EXAIR's Super Air Knife is the lastest generation of our engineered air knife that dramatically reduces compressed air usage and noise when compared to other blowoffs. The Super Air Knife offers a more efficient way to clean, dry or cool parts, webs or conveyors. It delivers a uniform sheet of laminator airflow across the entire length with hard-hitting force. Noisy blowoffs become a whisper when replaced with the compact Super Air Knife. Even at high pressures of 80 PSIG (5.5 BAR), the sound level is surprisingly quiet at 69 dBA for most applications! Air amplification ratios (entrained air to compressed air) of 40:1 are produced.

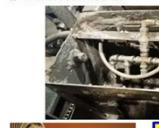
Principle of air knife





Compressed air blow-off application

Compressed air blow-off application



Chips Blow-Off Box

2" Flat supper air nozzle

Four ¼" NPT nipples use roughly 276 SCFM (7,815 SLPM) of compressed air
Four 2" Flat supper air nozzles use roughly 87.2 SCFM (2,469 SLPM) of compressed air
Saving 5,346 SLPM (5.346 m³/min)
68.4 %

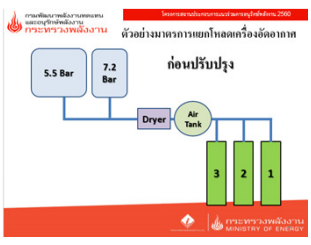
	Air Consumption		Force *		Sound Level
Model	SCFM	SLPM	Ozs	Grams	dBA
1126/1126SS	10.5	297	9.8	278	75
1122/1122SS	21.8	622	22	624	77

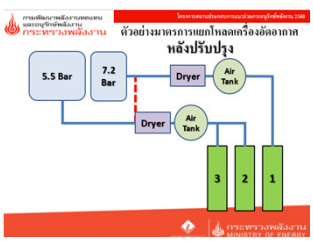
* Force measured at 12" (305mm) from target
Sound level measured at 3' (914mm)
All measurements taken at 80 PSIG (5.5 BAR)
.015" (0.38mm) shim installed.

Total air consumption = 4 x 21.8
= 87.2 scfm
Compressed air saving = 276 – 87.2
= 188.8 scfm

ตัวอย่าง มาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ improvement

มาตรการแยกโหลดเครื่องอัดอากาศ



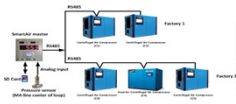


ตัวอย่าง มาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ improvement

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

โครงการสถานประกอบการแนวร่วมการอนุรักษ์พลังงาน 2561

ตัวอย่างมาตรการการจัดโหลดเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยใช้โปรแกรมควบคุมอัตโนมัติ



Air Compressor	P (Bar)	T (C)	Ds (kg/l)	FAD (l/sec)	% LDU	W_{shaft} (kJ/kg)	P_{load} (kW)	$P_{control}$ (kW)	P_{net} (kW)	จำนวนชั่วโมงทำงาน (hr/year)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/year)
FD1 110 kW	6	35	0.0011473	343	0.9	204.93	73.00	11.90	84.90	7,200	611,261.05
Screw 132 kW	6	35	0.0011473	380	0.7	204.93	82.54	18.76	81.30	7,200	585,372.24
FD2 110 kW	6	35	0.0011473	343	0.2	204.93	16.22	4.87	21.09	7,200	151,844.68
										รวมการใช้พลังงานหลังปรับปรุง	1,420,617.96

เงินลงทุน	2,000,000	บาท
ผลประหยัด	1,160,621.49	บาท/ปี
คืนทุน	1.72	ปี

มาตรการจากบริษัท เอ็กเซดี้ (ประเทศไทย) จำกัด

กระทรวงพลังงาน MINISTRY OF ENERGY

39