การลดต้นทุนพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานประเภทการฉีดขึ้นรูป

Energy Cost Reduction in Production Process of Die Casting Factory

สุธี เหลืองรัตนเจริญ

Suthee Luangrattanacharoen

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 02-2186814-6 โทรสาร 02-2513969, 02-2186813

หน่วยปฏิบัติการวิจัย การบริหารอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ชั้น 6, ตึก 4 เจริญวิศวกรรม ภาควิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

โทร 02-2186823 โทรสาร 02-2186835

E-mail: suthee.l@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการอนุรักษ์พลังงานนั้นคือการดำเนินงานโดยการลดต้นทุนการผลิตให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง จึงทำการศึกษาโรงงานประเภทฉีดขึ้นรูป โดยจะใช้แผนภูมิการใช้พลังงานเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้งระบบ เพื่อให้รู้ว่าการใช้พลังงานของโรงงานในขณะนั้นมีประสิทธิภาพดีแล้วหรือไม่ ซึ่งหลังจากศึกษาการลดต้นทุนพลังงานของโรงงานประเภท ฉีดขึ้นรูปโลหะโดยการนำแผนภูมิการใช้พลังงานเข้ามาวิเคราะห์การใช้พลังงานและสร้างมาตรการปรับปรุงแล้วคาดว่าจะสามารถลดต้นทุนพลังงานลงได้ร้อยละ 7.59 จากเดิม

Abstract

The effective objectives of energy conservation is reduce the total energy cost to a minimal level especially in energy-hunger industries like a die casting factory, which becomes this research focus. The study uses an energy chart as a primary tool to analyze the whole system to evaluate the current efficiency of the factory and to facilitate measures formulations which should reduce energy cost by 7.59 per cent after implementations.

1. บทนำ

พลังงานเป็นหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อนกระบวนการผลิตของทุกอุตสาหกรรม การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นกลไกสำคัญในการลดต้นทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินธุรกิจให้น้อยลง สืบเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจตกต่ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เป็นผลให้ภาคอุตสาหกรรมมีการปรับตัวทางด้านการผลิต การตลาด และสิ่งแวดล้อม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและสามารถใช้เป็นอำนาจต่อรองทางการค้า แนวทางหนึ่งที่ผู้ประกอบการนำมาใช้ในการลดต้นทุนการผลิต คือ การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ซึ่งเป็นวิธีการที่ผู้ประกอบการเห็นว่ามีประสิทธิภาพและสามารถดำเนินการได้ง่ายที่สุด แต่การอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมที่ผ่านมาส่วนใหญ่ผลความสำเร็จไม่สูงนัก เนื่องจากผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมมองว่า เรื่องการอนุรักษ์พลังงานเป็นเรื่องของผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ลืมมองถึงวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการดำเนินงาน คือ ลดต้นทุนการผลิตให้อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุด ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะทำการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเฉพาะจุด เช่น การลดการใช้แสงสว่าง การลดเวลาในการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยไม่มีการวิเคราะห์กระบวนการในอุตสาหกรรมทั้งระบบ ส่งผลให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มองว่าโครงการอนุรักษ์พลังงานเป็นโครงการที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

การอนุรักษ์พลังงานที่แท้จริง คือ การพัฒนาองค์กรโดยภาพรวมด้วยการออกแบบกระบวนการผลิตหรือกิจกรรม

RECEIVED 2 July, 2009

ACCEPTED 2 December, 2009

อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถลดของเสียหรือลดการสูญเสียการใช้ทรัพยากรในการผลิตให้มากที่สุด รวมทั้งการได้รับความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของพนักงานในองค์กรเป็นหลัก จึงจะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดการสูญเสียน้อยที่สุดตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2. สภาพอุตสาหกรรมและลักษณะปัญหา

2.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

ปีที่ก่อตั้ง พ.ศ. 2514

ผลิตภัณฑ์หลัก ชิ้นส่วนยานยนต์

กำลังการผลิต

ชิ้นงานหล่อ Al Alloy 600 ตัน/เดือน

ชิ้นงานหล่อ Zinc Alloy 400 ตัน/เดือน

ผลิตจริง

ชิ้นงานหล่อ Al Alloy 265 ตัน/เดือน

ชิ้นงานหล่อ Zinc Alloy 24 ตัน/เดือน

จำนวนพนักงาน 360 คน

เวลาทำงาน

ฝ่ายผลิต 295 วัน/ปี , 24 ชั่วโมง/วัน

ฝ่ายสำนักงาน 295 วัน/ปี , 8 ชั่วโมง/วัน

กระบวนการผลิต

2. กระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบ
2. กระบวนการเก็บวัตถุดิบ
3. กระบวนการหลอม
4. กระบวนการฉีดขึ้นรูป (Die Casting)
5. กระบวนการหักก้าน
6. กระบวนการตะไบ
7. กระบวนการเจาะ
8. กระบวนการต้าปเกลียว
9. กระบวนการ CNC
10. กระบวนการ Finishing
11. กระบวนการ Inspection
12. กระบวนการ Packing
13. กระบวนการจัดเก็บ
14. กระบวนการขนส่ง

2.2 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน

การใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของโรงงานในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตแล้วพิจารณาหาค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะแล้วจะได้ค่า SEC ในแต่ละผลิตภัณฑ์ดังนี้

SEC ของ Zn = 7.12 MJ/kg

SEC ของ Al = 13.86 MJ/kg

จากค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะที่ได้ หากทางโรงงานต้องการลดต้นทุนพลังงานในการผลิตลงนั้นจำเป็นที่จะต้องหาวิธีหรือมาตรการต่างๆมาใช้เพื่อควบคุมการใช้พลังงานหรือใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เดือน '51	ค่าไฟฟ้า (kWh)	LPG (kg)	Zn(kg)	Al(kg)
ม.ค.	294,168	70,225	29,145	254,789
ก.พ.	302,420	68,938	30,647	292,905
มี.ค.	326,068	77,494	33,722	327,553
เม.ย.	298,452	66,318	26,510	324,219
พ.ค.	333,408	66,617	32,582	379,751
มิ.ย.	317,080	69,643	36,854	354,382
ก.ค.	320,479	67,295	29,880	350,471
ส.ค.	284,623	58,208	22,679	289,546
ก.ย.	242,771	51,138	15,633	228,613
ต.ค.	255,539	52,897	23,547	197,126
พ.ย.	307,412	59,233	27,949	299,851
ธ.ค.	321,380	71,347	31,627	354,645

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และปริมาณการผลิต ปี 2551

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน

ระบบการจัดการพลังงานโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยแผนการดำเนินต่างๆ ที่มุ่งเน้นการลดปริมาณการใช้พลังงานไปพร้อมๆ กับการเพิ่มผลิตภาพ ทั้งนี้ระบบการจัดการพลังงานถือเป็นกระบวนการปรับปรุงแบบต่อเนื่องซึ่งจำเป็นต้องมีการทบทวนการดำเนินการเป็นประจำทุกปี จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าลำดับการจัดการที่ชัดเจนจะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจไม่ว่าระบบการจัดการพลังงานนั้นจะถูกนำเข้าไปใช้เป็นครั้งแรกในองค์กร หรือถูกเพิ่มเติมขึ้นภายหลังก็ตาม ดังนั้นเราจำเป็นต้องตระหนักถึงลำดับของการดำเนินการ และการเลือกใช้แผนการต่างๆ ให้เหมาะสมกับองค์กร

สำหรับขั้นตอนในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานนั้นอาจแบ่งได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การให้คำมั่นสัญญาจากผู้บริหารองค์กรในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน และการประเมินสถานการณ์พลังงานขององค์กรในปัจจุบัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อบกพร่องของระบบการจัดการพลังงานที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

2. กำหนดนโยบายพลังงานจากผู้บริหารระดับสูง

3. กำหนดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน หรือผู้จัดการพลังงาน ซึ่งมีหน้าที่หลักในการติดต่อประสานงาน และรายงานผลการดำเนินการต่อผู้บริหาร

นอกเหนือไปจากผู้จัดการพลังงานแล้ว เราอาจจำเป็นต้องจัดตั้งทีมงานขึ้นมาเพื่อช่วยเหลือผู้จัดการพลังงานในการปรับปรุง และพัฒนาระบบที่เกี่ยวเนื่องกับการอนุรักษ์พลังงานด้วย

4. การทบทวนโครงสร้างพลังงานขององค์กร และการประเมินการใช้พลังงานทั่วทั้งองค์กร

5. การตรวจสอบการอนุรักษ์พลังงาน จัดทำรายการตรวจสอบ หรือ Checklist ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. การจัดทำแผนปฏิบัติการ และการจัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอต่อความต้องการของแผนดังกล่าว ทั้งนี้ในแผนปฏิบัติการจำเป็นต้องกำหนดรายละเอียดที่สำคัญต่างๆ ดังต่อไปนี้ วัตถุประสงค์ทั่วไป เป้าหมายของการดำเนินการ ระยะเวลาของการดำเนินการ แผนการด้านการเงิน และวิธีการในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

7. การตรวจติดตาม และการรายงานผลการดำเนินการ ซึ่งถือเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในระบบการจัดการพลังงานที่ดี เราจำเป็นต้องมีกระบวนการในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และรายงานต้นทุนด้านพลังงานขององค์กรอย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์ว่าการดำเนินการต่างๆ นั้นเป็นไปตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้หรือไม่

8. การทบทวนการดำเนินการประจำปี เพื่อให้เกิดการปรับปรุงด้านพลังงานอย่างต่อเนื่อง และยั่งยืน

3.2 ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC)

การดำเนินงานเพื่อนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการประเมินการใช้พลังงานของโรงงานเสียก่อน โดยใช้ดัชนีชี้วัดการบริโภคพลังงาน จำเพาะ SEC (Specific Energy Consumption) ซึ่งเป็นค่าดัชนีสำหรับชี้วัดปริมาณการใช้ พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ในระดับกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณจากปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ ในเดือนนั้นต่อปริมาณผลผลิตในช่วงเดียวกัน สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$SEC = E / P \qquad (1)$$

SEC = ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน
E = ปริมาณพลังงานที่ใช้ในเดือนนั้น
P = ปริมาณผลผลิตในช่วงเดียวกัน

ได้แยกค่าดัชนีการใช้พลังงานเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (SEC) มีหน่วยเป็น kWh ต่อหน่วยผลผลิต และหน่วยร่วมเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิต

2. ค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (SEC) มีหน่วยเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิต

3. ค่าดัชนีการใช้พลังงานปฐมภูมิ (Primary SEC) มีหน่วยเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิตหา จากการนำค่า SEC ความร้อนรวมกับค่า SEC พลังงานไฟฟ้าที่แปลงเป็นค่าความร้อนแล้ว โดยการนำค่าพลังงานไฟฟ้าหารด้วยปริมาณผลผลิต (หน่วย kWh / Ton) จากนั้นนำไปคูณ กับ 0.0036 GJ/Ton แล้วหารด้วย 0.45*

* หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนของประเทศ ไทย เท่ากับ 45% 18

4. วิธีการศึกษาและดำเนินการ

4.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอย่างถูกต้องเป็นระบบแก่ โรงงานอุตสาหกรรม

2. เพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้เทคนิคการลดต้นทุนการผลิตด้วยวิธีการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมในระยะยาวได้ด้วยตัวเองในแต่ละกิจการ ซึ่งสามารถนำมาตรวจวัดและกำหนดแผนการใช้พลังงานในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย

3. เพื่อลดต้นทุนสูญเสียที่เกิดจากการออกแบบและการผลิต (Process) โดยอาจมีการพิจารณาการลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ หรือ การดัดแปลงปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

4. เพื่อสร้างจิตสำนึกและทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงานให้เกิดขึ้น โดยมุ่งให้ทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม

5. เพื่อจัดทำ Energy Chart ให้แก่โรงงาน

4.2 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินการ

1. ดำเนินการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงาน

2. วิเคราะห์ สภาพวะ ผลกระทบ และหาสาเหตุ

3. กำหนดดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC)

4. จัดทำ Energy Chart

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
1.ตรวจสอบวัตถุดิบ	- หม้อแปลง 1,000 KVA 22 KV,400 V -แก๊สอาร์กอน	-ไฟฟ้า 220 V,110 W -จ่ายเข้าเครื่อง 300 L/hr,150 Psi	-เครื่องSpectro ไฟฟ้า .....V,.....W ตรวจสอบชิ้นงาน -300 L/hr,100 Psi	- -	- -
2.จัดเก็บ	-แหล่งน้ำมัน	-รถยกขนาด 2 Ton,2500cc -รถยกขนาด 3 Ton,3000cc	-ปริมาณดีเซลล์ 12 L/วัน -ปริมาณดีเซลล์ 13 L/วัน	ก๊าซคาร์บอน ก๊าซคาร์บอน	- -

ตารางที่ 2 ตัวอย่าง Energy Chart

5. ปรับปรุงกระบวนการผลิต และสร้างมาตรการในการลดการใช้พลังงาน

มาตรการ	หมายเหตุ
1. ลดการใช้พลังงานจากเตาหลอมศูนย์กลาง โดย 1.1 ลดขนาดวัตถุให้เล็กลงก่อนทำการหลอม 1.2 Preheat วัตถุดิบก่อนเติมหลอม	ทดลองเติมวัตถุดิบให้เต็มช่องเติม แล้วตรวจเช็คอุณหภูมิ Exhaust ว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และถ้าไม่มีวัตถุดิบในช่องเติม อุณหภูมิจะเป็นเท่าไหร่ แล้วมากำหนดเป็น std. ว่าอุณหภูมิเท่าไหร่ถึงจะต้องเติมวัตถุดิบต่อไป
2. ลดการใช้พลังงานจากปั๊มลม ปรับปรุงการรั่วของระบบลม 2.1 ปรับปรุง Air Dryer ให้เพียงพอต่อการใช้งาน 2.2 แยกปั๊มลมให้ห่างจาก cooling tower 2.3 หัวสเปรย์เครื่องฉีด ควรใส่หัวกระจายลมให้ครบทุกท่อทองแดง	ลดการสูญเสียของปั๊มลมซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า30% ของไฟฟ้าทั้งโรงงาน ควรลดให้เหลือ 20% ค่าไฟฟ้าของโรงงานเฉลี่ยต่อเดือนปี51
3. ลดการใช้พลังงานจาก Cooling Tower โดยจัดระบบการเปิด-ปิด Cooling Tower ให้เหมาะสม	วิธีปฏิบัติ ตรวจวัดอุณหภูมิ ขาออกจาก Cooling Tower ควรอยู่ระหว่าง 26-30 °C ถ้าอยู่ในเกณฑ์นี้ เปิด Cooling Tower ตัวเดียวก็เพียงพอ

ตารางที่ 3 ตัวอย่างมาตรการการปรับปรุง

6. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน

7. สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

5. ผลการวิจัย

หลังจากการนำมาตรการการปรับปรุงการใช้พลังงานมาใช้จะเห็นว่าการใช้พลังงานลดลง โดยค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ลดลงดังนี้

SEC ของ Zn	=	7.08	MJ/kg
SEC ของ Al	=	13.10	MJ/kg

เดือน '52	ค่าไฟฟ้า (kWh)	LPG (kg)	Zn(kg)	Al(kg)
ม.ค.	301,592	67,356	32,076	287,468
ก.พ.	268,761	58,433	26,435	252,761
มี.ค.	287,044	66,082	30,818	298,467
เม.ย.	276,398	56,725	22,789	301,662
พ.ค.	294,672	61,087	29,964	315,637
มิ.ย.	289,617	58,730	26,837	356,181

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และปริมาณการผลิต ปี 2552

เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณผลประหยัดในปี 2552 มาเทียบกับปี 2551 จะได้ว่า ทางโรงงานสามารถลดต้นทุนพลังงานลงได้ 7.59% จากปี 2551

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางผู้บริหาร, พนักงานทุกท่านและ ของโรงงานกรณีศึกษา ที่ได้สละเวลาช่วยเหลือให้ข้อมูลตลอดจนให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความร่วมมือ การทำตามที่ผู้วิจัยได้แนะนำ เพื่อให้การทำงานวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ที่ให้โอกาส และคำแนะนำแก่ ข้าพเจ้า สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนทุกคนที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจ ตลอดจนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้วิจัย จนสามารถทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] นางสาวแกมกานต์ ภิญโญ, การลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

[2] นายณรงค์ศักดิ์ นันทกสิกร, แผนการลดต้นทุนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

[3] นางสาวภาวิณี อนุสรณ์เสรี, การลดต้นทุนการผลิตสำหรับโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แบบถอด-ประกอบได้, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

[4] ศุภชัย ปัญญาวีร์ และ จตุพร สถากุลเจริญ, คู่มือการลดต้นทุนผลิตด้านพลังงาน, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2549

[5] รศ.ดร.กุลธร ศิลปบรรเลง รศ.ทวี เวชพฤติ และ รศ.คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสิทธิ์, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสถานภาพการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรม, ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531

[6] รศ.ทวี เวชพฤติ ผศ.คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสิทธิ์ ผศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน เกษม อภินันทกุล กระเตื้อง น้อยทิพย์ พจน์ สัจจะวาณิชย์ เชษฐ์ประดิษฐ์ สวัสดิชัยและศุภชัย รัตน์ประสาทพร, การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในงานอุตสาหกรรม, ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529

[7] วันชัย ริจิรวนิช และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรมและงบประมาณ กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540