

เซลล์เชื้อเพลิง :

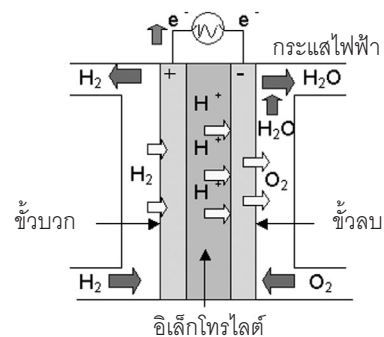
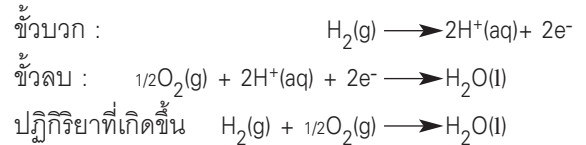
พลังงานสะอาดเพื่อสิ่งแวดล้อม

สุทธิเวช ต.แสงจันทร์/รศ.ดร. อลงกรณ์ ไข่มุก

คงไม่มีใครปฏิเสธว่าพลังงานที่ใช้อยู่ในโลกนี้ได้เริ่มเข้าสู่ภาวะวิกฤติแล้ว ทำให้ทุกประเทศต้องเตรียมพร้อมโดยการแสวงหาพลังงานอื่นๆ มาทดแทนพลังงานหลักที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อความอยู่รอดของมนุษยชาติในอนาคต ขณะที่ความต้องการใช้พลังงานในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่แหล่งผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอยู่จำกัดกำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้นี้ ประกอบกับราคาน้ำมันในตลาดโลกกำลังพุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้หลายประเทศรณรงค์ให้ประชาชนประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างจริงจังและหันมาใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นแก๊สโซฮอล์ เอ็นจีวี และไบโอดีเซล ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและเครื่องยนต์เพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงให้น้อยลง อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงทดแทนเหล่านี้ไม่สามารถรองรับการใช้พลังงานของประชากรโลกได้อย่างถาวร ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามแสวงหาพลังงานชนิดอื่นๆ ที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกเหนือจากพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวมวลแล้ว ยังมีพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่มีความสนใจมากที่สุด เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และสามารถผลิตใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ก็คือ เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell)

ก่อนอื่นมาทำความรู้จักกับเซลล์เชื้อเพลิงดีกว่า เซลล์เชื้อเพลิง คือเครื่องมือที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับแบตเตอรี่ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ก็คือ เซลล์เชื้อเพลิงทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีของเชื้อเพลิงให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งสามารถต่อเชื่อมกันได้เหมือนกับแบตเตอรี่ แต่มีข้อแตกต่างจากแบตเตอรี่คือ เซลล์เชื้อเพลิงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและ

ไม่ร้อนกำลังตราบเท่าที่มีการป้อนเชื้อเพลิงในรูปของแก๊สหรือของเหลวเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าตามปริมาณเชื้อเพลิงที่บรรจุเข้าไปโดยไม่มีการชาร์ตไฟใหม่ และไม่ต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อนก่อนเหมือนกับเครื่องยนต์สันดาปทั่วไป เซลล์เชื้อเพลิงแต่ละเซลล์ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า (electrode) 2 ขั้ว ซึ่งจุ่มอยู่ในหรือสัมผัสกับสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ที่อาจอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็ง โดยทั่วไป เชื้อเพลิงที่เติมลงในเซลล์ คือแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ซึ่งจะผ่านเข้าไปยังขั้วบวก (anode) และแก๊สออกซิเจน (O_2) จากอากาศ ซึ่งจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วลบ (cathode) ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องอาศัยการกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้แก๊สไฮโดรเจนเกิดการแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออนและให้อิเล็กตรอนออกมาที่ขั้วบวก ในขณะที่ปฏิกิริยารีดักชันจะเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนย้ายของไฮโดรเจนไอออนไปยังขั้วลบซึ่งทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนเพื่อรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนและกลายเป็นน้ำ ดังแสดงในสมการ ดังนี้



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

จากปฏิกิริยาข้างต้น ทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าและได้น้ำเป็นผลผลิตที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่เดียวกัน น้ำที่มีอยู่มากมายในโลกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนได้เช่นเดียวกัน ทำให้เกิดพลังงานหมุนเวียนอย่างไม่รู้จบโดยไม่ต้องอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม เซลล์เชื้อเพลิงเพียง 1 เซลล์จะให้แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า 1 โวลต์ ดังนั้น จึงต้องนำเซลล์เชื้อเพลิงหลายเซลล์มาต่อเป็นอนุกรมเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตามต้องการ และสามารถแปลงให้เป็นกระแสไฟฟ้าสลับโดย

การใช้อินเวอร์เตอร์ (inverter) ในปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงได้รับการพัฒนาให้มีรูปแบบต่างๆ ตามภาวะอุณหภูมิที่ใช้งาน (ดังแสดงในตารางที่ 1) และมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงถึงร้อยละ 85 เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีประสิทธิภาพได้มากที่สุดเพียงร้อยละ 45 นอกจากนี้ เซลล์เชื้อเพลิงบางชนิดสามารถประยุกต์ใช้ได้กับเชื้อเพลิงอื่นๆ เช่น แก๊สธรรมชาติและเมทานอล ได้อีกด้วย เซลล์เชื้อเพลิงที่สำคัญมี 7 ชนิด ซึ่งแบ่งตามประเภทของอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการผลิต ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เซลล์เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

เซลล์เชื้อเพลิง	อิเล็กโทรไลต์	เชื้อเพลิง	ตัวเร่งปฏิกิริยา	อุณหภูมิที่ใช้
1. Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)	กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)	แก๊สไฮโดรเจน / อากาศ	โลหะแพลททินัม	200°ซ
2. Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	พอลิเมอร์ตัวนำชนิดแข็ง (Solid polymer membrane)	แก๊สไฮโดรเจน / อากาศ	โลหะแพลททินัม	60 - 100°ซ
3. Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)	ลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3) / โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3)	แก๊สไฮโดรเจน / อากาศ	นิกเกิลอัลลอยด์ / นิกเกิล (II) ออกไซด์ (NiO)	650°ซ
4. Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)	อิทเทียมออกไซด์ (Y_2O_3) / เซอร์โคเนียออกไซด์ (ZrO_2)	แก๊สไฮโดรเจน / อากาศ	โลหะนิกเกิล / แลนทานัม แมงกานีส (LaMnO ₃)	800-1000°ซ
5. Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)	พอลิเมอร์ตัวนำชนิดแข็ง	เมทานอล (CH_3OH) / อากาศ	โลหะแพลททินัม	90 - 120°ซ
6. Alkaline Fuel Cell (AFC)	40 % โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	แก๊สไฮโดรเจน / แก๊สออกซิเจน	นิกเกิล(II) ออกไซด์	60 - 90°ซ
7. Zinc Air Fuel Cell (ZAFC)	30 % โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	แก๊สไฮโดรเจน / อากาศ	โลหะสังกะสี	700°ซ

1. เซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก (PAFC) เซลล์ชนิดนี้ให้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 40 และได้เริ่มนำมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ 1 - 200 เมกะวัตต์ เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงให้ความร้อนเกิดขึ้นเป็นปริมาณมาก จึงสามารถนำมาใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าได้ด้วย จึงเรียกว่าโรงไฟฟ้าแบบความร้อนร่วม (cogenerative power plant) นอกจากนี้จะใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงแล้ว เซลล์ชนิดนี้ยังใช้ได้กับแก๊สธรรมชาติ ซึ่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแก๊สไฮโดรเจนโดยผ่านกระบวนการ direct

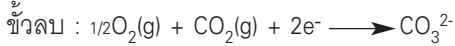
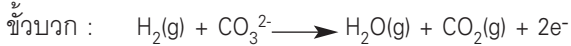
internal reforming แต่มีข้อเสีย คือเซลล์มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก และต้องใช้โลหะแพลททินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาแพง รวมทั้งอุปกรณ์ภายในเซลล์ต้องใช้วัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดด้วย

2. เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) เป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แผ่นพอลิเมอร์ฟลูออโรคาร์บอนแบบเมมเบรน ซึ่งทำให้แก๊สซึมผ่านได้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนไฮโดรเจนไอออน และมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 50 ซึ่งเหมาะกับโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ 50 - 250 กิโลวัตต์

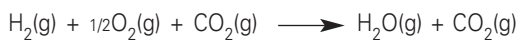
เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100° ซ และไม่ใช่กรดเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ จึงไม่มีปัญหาของการรั่วซึมและการกัดกร่อน เซลล์ชนิดนี้ได้เริ่มนำมาทดลองใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเป็นผลสำเร็จ และสามารถวิ่งได้ไกล 450 กิโลเมตร ก่อนที่จะเติมเชื้อเพลิงครั้งต่อไปโดยไม่มีมลพิษเกิดขึ้นเลย ขณะนี้ยังอยู่ในระหว่างการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง

3. เซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอนเนต

หลอม (Molten Carbonate, MCFC) เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ใช้เกลือคาร์บอนเนตเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนให้อยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิสูงเพื่อทำให้ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเกิดขึ้นภายในเซลล์ได้โดยแก๊สไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเนตไอออนที่ขั้วบวกทำให้เกิดน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในขณะที่แก๊สออกซิเจนจากอากาศจะทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดคาร์บอนเนตไอออนที่ขั้วลบ ดังแสดงในสมการ ดังนี้



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :



เซลล์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 85 โดยใช้ในโรงไฟฟ้าแบบความร้อนร่วมซึ่งให้กำลังผลิต 100 กิโลวัตต์ และสามารถใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้ด้วย แต่มีข้อเสีย คือ การทำงานที่ภาวะอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการกัดกร่อนค่อนข้างมาก และเกิดตะกอนอุดตันภายในเซลล์ ซึ่งเป็นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง และทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง

4. เซลล์เชื้อเพลิงแบบของแข็งออกไซด์

(SOFC) เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ใช้วัสดุเซรามิกเป็นอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งต้องทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าแบบ MCFC และมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 60 โดยใช้ในโรงไฟฟ้าที่ให้กำลังผลิตเพียง 25 กิโลวัตต์ แต่มีข้อเสียคือต้องเสียเวลาในการอุ่นระบบที่นานกว่า และต้องสร้างผนังหนาเพื่อป้องกันความร้อนที่แผ่ออกมา

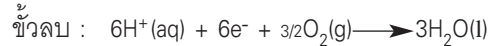
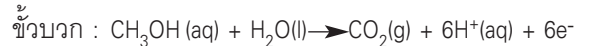
5. เซลล์เชื้อเพลิงแบบอัลคาไลน์ (AFC)

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้เป็นเซลล์ชนิดแรกที่ได้พัฒนาขึ้นมา โดย ดร. ฟรานซิส เบคอนในปี พ.ศ. 2475 และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ เนื่องจากมีสมบัติ

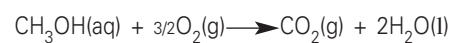
ในการนำไฮโดรเจนไอออนได้ดีและมีเสถียรภาพสูงทำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงถึงร้อยละ 70 แม้ว่าสารอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้มีราคาถูกกว่าสารอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ แต่ระบบไวต่อการปนเปื้อนและต้องใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนที่บริสุทธิ์เท่านั้น

6. เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมทานอล (DMFC)

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้จะแตกต่างจากเซลล์เชื้อเพลิงอื่นๆ ก็คือ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงจากเมทานอล (CH₃OH) ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สไฮโดรเจน โดยปฏิกิริยาเคมีระหว่างเมทานอลกับน้ำ ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนไอออนที่ขั้วบวก ดังแสดงในสมการ ดังนี้



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :



เนื่องจากเซลล์ชนิดนี้สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำโดยไม่ใช่แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง และให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 40 จึงนิยมใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ ในปัจจุบัน บริษัท Samsung ของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ได้เริ่มวางจำหน่ายคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงแบบ DMFC แล้ว ซึ่งสามารถให้พลังงานได้นานถึง 10 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง

7. เซลล์เชื้อเพลิงแบบสังกะสีและอากาศ

(ZAFC) เซลล์ชนิดนี้มีขั้วไฟฟ้าที่ทำด้วยโลหะสังกะสีซึ่งกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่ขั้วบวกและให้น้ำเป็นผลผลิต ในขณะที่แก๊สออกซิเจนจะรวมตัวกับน้ำและให้ไฮดรอกไซด์ไอออนที่ขั้วลบ เซลล์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 50 แต่มีอายุการทำงานน้อย เนื่องจากโลหะสังกะสีมีเสถียรภาพต่ำและเปลี่ยนเป็นสังกะสีออกไซด์ (ZnO) ได้รวดเร็ว ทำให้สิ้นเปลืองในการเปลี่ยนแผ่นสังกะสีใหม่บ่อยครั้ง

แม้ว่าเซลล์เชื้อเพลิงสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเผาไหม้ ให้ประสิทธิภาพสูงในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ที่ยังไม่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย

เพราะต้นทุนการผลิตสูง จึงจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลเพื่อให้มีการผลิตในเชิงพาณิชย์อย่างจริงจัง นอกจากนี้ แก๊สไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซไวไฟจำเป็นต้องบรรจุในภาชนะที่เหมาะสมเพื่อให้การเคลื่อนย้ายไปมามีความปลอดภัยสูงสุด จึงมีการคาดการณ์ว่าเซลล์เชื้อเพลิงจะสามารถนำมาใช้แทนที่เครื่องยนต์เบนซินและดีเซลได้ในปี พ.ศ. 2554 ในขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเยอรมนีได้พัฒนารถต้นแบบที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEMFC ทั้งในรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถกอล์ฟ รถมอเตอร์ไซด์ รถจักรยานยนต์และรถบรรทุกมากกว่า 100 คันแล้ว และได้ออกแบบถึงบรรจุแก๊สไฮโดรเจนสำหรับรถยนต์ซึ่งสามารถบรรจุแก๊สได้ 5-100 กิโลกรัม ทำให้รถยนต์สามารถเดินทางได้ในระยะทางถึง 480 กิโลเมตรต่อการเติมไฮโดรเจน 1 ครั้ง และมีสถานีบริการเติมแก๊สไฮโดรเจนในบางแห่งด้วย ตัวอย่างเช่น รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงของ Honda รุ่น Honda 2005 FCX ซึ่งมีราคา

ตกอยู่ที่ประมาณ 1 ล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา หรือประมาณ 35 ล้านบาท แต่ผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำหลายแห่งทั่วโลก เช่น BMW, Toyota, Honda, Ford, Chevrolet จำเป็นต้องศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบและอายุการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงให้ดียิ่งขึ้น ก่อนที่จะมีการผลิตสู่ตลาดโลก สำหรับประเทศไทย ความจำเป็นในการใช้รถยนต์ดังกล่าวอาจต้องรอเวลาอีกหลายปี เนื่องจากนักวิจัยต้องใช้เวลาในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเลือกใช้เซลล์เชื้อเพลิงให้เหมาะสมตามสภาพภูมิอากาศของประเทศ และประเทศไทยต้องมีโรงงานผลิตแก๊สไฮโดรเจนอย่างเพียงพอ รวมทั้งการจัดเก็บและขนย้ายแก๊สไฮโดรเจนอย่างปลอดภัย ซึ่งอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ดังนั้น ความฝันที่จะได้เห็นรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนขับเคลื่อนบนท้องถนนคงเป็นจริงในอนาคตอันใกล้

เอกสารอ้างอิง

- Fuel cell 2000. [On line] [cited 21 July 2550] Available from Internet : <http://www.fuelcells.org/basics/types.html>.
- Fuel cell. [On line] [cited 27 July 2550] Available from Internet : http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell
- How fuel cell works. [On line] [cited 15 June 2550] Available from Internet : <http://www.howstuffworks.com/fuel-cell.htm>
- Types of fuel cell. [On line] [cited 15 September 2550] Available from Internet : http://www.cogeneration.net/fuel_cell_cogeneration.htm
- จรัสพงษ์ คูวิวัฒน์. Update, กรกฎาคม, 2543, ฉบับที่ 155, หน้า 47-50.
- สุภาภรณ์ เทิดเทียนวงษ์. เทคโนโลยีวัสดุ, ตุลาคม-ธันวาคม, 2541, ฉบับที่ 147, หน้า 57-60.
- _____ . ส่งเสริมเทคโนโลยี, ตุลาคม-พฤศจิกายน, 2542, ฉบับที่ 147, หน้า 118-122.
- อภิชัย เทอดเทียนวงษ์. จดหมายข่าวพลังงาน, ตุลาคม-ธันวาคม, 2543, ฉบับที่ 4, หน้า 1-15.