ฉบับภาษาไทย

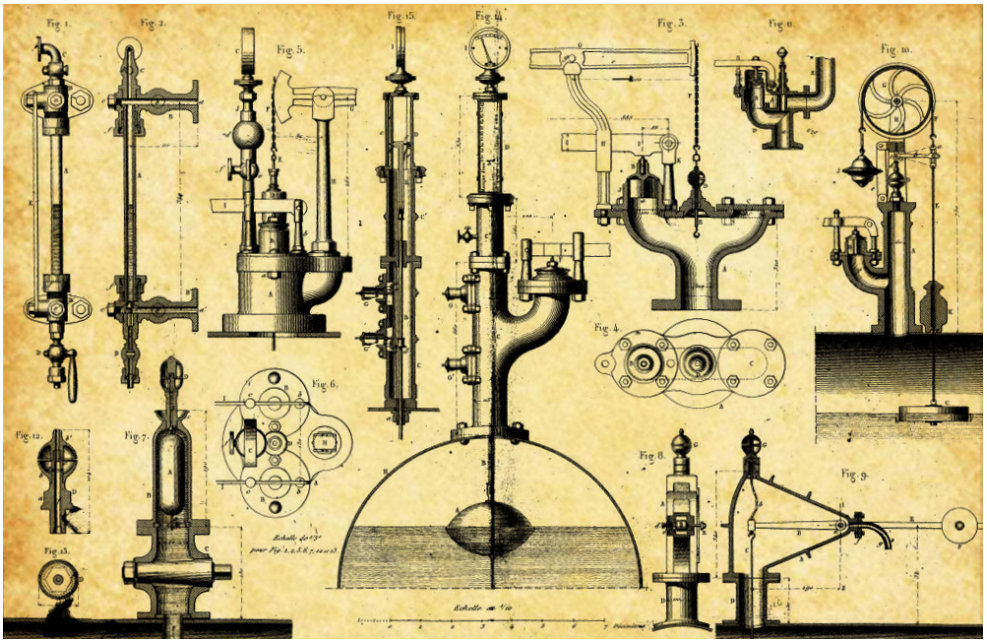
ULTIMHEAT® MUSEUM

Jacques Jumeau

ประวัติของเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงกับการทำความร้อน

บทที 11

การนำเครื่องทำความร้อนแบบยืดหยุ่นมาใช้งานครั้งแรกในแผ่นยางซิลิโคนเชิงประวัติศาสตร์



ลิขสิทธิ์: Jacques Jumeau
อนุญาตให้คัดลอกได้หากคุณอ้างอิงที่มา: พิพิธภัณฑ์ Ultimheat

ประวัติของเครื่องทำความร้อนที่ยืดหยุ่นในแผ่นยางซิลิโคน

ในช่วงทศวรรษที่ 1960 และ 70 การปรากฏตัวของเครื่องทำค ร้อนประเภทนี้ซึ่งปัจจุบันใช้กันอย่างแพร่หลายนั้นเกิดจากการรวมกันของการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ : การวัลคาไนซ์อีลาสโตเมอร์บนผ้าสิ่งทอและบนตัวนำไฟฟ้า การผลิตผ้าแก้ว การผลิตซิลิโคนและของการเคลือบซิลิโคนบนผ้าแก้ว

การทดสอบครั้งแรกของลวดทำความร้อนที่ถูกวัลคาไนซ์ในอีลาสโตเมอร์ ในกรณีนี้คือยาง ย้อนกลับไปในปีแรกของศตวรรษที่ 19 และตารางประจุไฟฟ้าที่ตีพิมพ์ในวารสารทางการเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 1912 กล่าวถึง «เสื่อทำความร้อนไฟฟ้าที่ทำจากผ้ายางถูกใช้เป็นฉนวนสำหรับลวดทำความร้อนไฟฟ้า»

การผลิตผ้าใยแก้วย้อนไปถึงปี 1893 เมื่อมีการทำชุดสองชุด ชุดแรกสำหรับนักแสดงและชุดที่สองซึ่งยังคงถูกจัดแสดงอยู่ในพิพิธภัณฑ์ในโทลีโดในทุกวันนี้เป็นชุดสำหรับเจ้าหญิงสเปน ชุดเหล่านี้เป็นเพียงความอยากรู้อยากเห็นเท่านั้น ผ้ามีน้ำหนักมากและตัดยาก มันระคายเคืองผิวและไม่รองรับการพับหลายชั้น ชุดสามารถสวมใส่เฉพาะกับชุดชั้นในผ้าไหมหนาเท่านั้น ในเวลานั้นเส้นใยแก้วนั้นได้มาจากกระบวนการที่ไม่แตกต่างจากกระบวนการทำเส้นใยไหมที่เคยใช้ในห้องปฏิบัติการ แท่งแก้วถูกยืดออกจากปลายของมันโดยใช้มือก่อนแล้วจึงหมุนด้วยกลองที่เคลื่อนไหวด้วยการหมุนอย่างรวดเร็ว เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยเหล่านี้ค่อนข้างไม่สม่ำเสมอและมีขนาดอย่างน้อย 25 ไมครอน (1938 Le Génie Civil)

อุตสาหกรรมการผลิตใยแก้วเกิดขึ้นจากความจำเป็นของชาวเยอรมันในช่วงต้นของสงครามโลกครั้งที่หนึ่งเพื่อหาสิ่งที่นำมาทดแทนแร่ใยหิน (ผลิตภัณฑ์ที่พวกเขานำเข้ามาก่อนหน้านั้นทั้งหมด) เพื่อผลิตฉนวนต่าง ๆ ในปี 1915 โรงงานที่ Gossler ในดุสเซลดอร์ฟผลิตผ้าไหมแก้วที่มีความละเอียดและความยืดหยุ่นดีขึ้นอย่างรวดเร็ว และไม่เพียงแต่จะแทนที่แร่ใยหิน เท่านั้นแต่ยังสามารถใช้ในการผลิตแผ่นบาง ๆ ด้วยเส้นใยที่พันกันที่ใช้กรองก๊าซและกำจัดฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก ประการแรกกระบวนการผลิตไม่ได้แตกต่างจากกระบวนที่ไม่ต่อเนื่องของการดึงแท่งด้วยมือและเครื่องดึง อย่างไรก็ตามในปี 1931 หลังจากความพยายามหลายครั้ง ในที่สุดก็สามารถผลิตเชิงกลและต่อเนื่องได้โดยใช้เจ็ตไอน้ำ

ในปี 1937 มีโรงงานสองแห่ง แห่งหนึ่งในเยอรมนีและอีกแห่งหนึ่งในสหรัฐอเมริกาที่สามารถผลิตเส้นใยแก้วได้อย่างชำนาญที่มีขนาดน้อยกว่า 5 ไมครอน ในเวลานั้นนอกเหนือไปจากผ้าสำหรับการตกแต่งแล้วเส้นไหมใยแก้วยังถูกใช้เพื่อทำฉนวนที่มีรูพรุนกันไฟฟ้า เสียง หรือความร้อน ตัวกรอง ปะเก็นและซีเมนต์พลาสติก

คำอธิบายของกระบวนการผลิตซึ่งการพัฒนาใช้เวลานานกว่า 3 ปีได้อธิบายไว้ในเดือนกรกฎาคม ปี 1938 ในบทความโดย MJH Plummer ของ Owens-Illinois Glass Co, Newark, Ohio (ตีพิมพ์ใน Chemical and Metallurgical Engineering) จากนั้นในเดือนสิงหาคมของปีเดียวกันในบทความโดย M. Th R. Olive (ตีพิมพ์ใน Chemical and Metallurgical Engineering) (1938 Le Génie Civil)

วัสดุสิ่งทอฉนวนใหม่ที่สามารถทอได้นี้เรียกว่า “Silionne” ได้ปฏิวัติการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนที่ยืดหยุ่น ถูกคิดค้นและผลิตครั้งแรกในสหรัฐอเมริกาโดย Owens Corning และปรากฏในฝรั่งเศสในปี 1938 แต่มันเป็นเพียงประมาณปี 1952-1954 ที่เส้นใยนี้ถูกผลิตในอุตสาหกรรมภายใต้ใบอนุญาตในประเทศฝรั่งเศส เส้นใยที่มีความยืดหยุ่นนี้ (หรือที่เรียกว่าไหมแก้วเนื่องจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยมีความคล้ายคลึงกับของไหม) เกิดขึ้นจากแก้วหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1300°C จากนั้นจะถูกอัดและยืดออกเป็นเส้นใย (เส้น) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่าง 5 ถึง 9 ไมครอน รวมกันเป็นเส้นเดี่ยวจำนวน 100 ถึง 600 เส้น ลวดเดี่ยวเหล่านี้จะถูกนำมารวมกลุ่มและ «บิด» เพื่อสร้างสายไฟที่ประกอบขึ้นเป็นแกนกลางของอุปกรณ์ทำความร้อนที่มีความยืดหยุ่นหรือการพันของสายไฟฟ้า

ครั้งแรกที่มันถูกใช้ในการเสริมความแข็งแรงของพลาสติกคือในปี 1941 เมื่อเริ่มงานสร้างเครื่องบินที่ทำจากใยแก้วเคลือบ ลำตัวถูกสร้างขึ้นก่อนและพบว่าแข็งแกร่งกว่าในการทดสอบความต้านทานไฟฟ้าสถิตย์กว่าลำตัวโลหะทั่วไป 50 เปอร์เซ็นต์ เครื่องบินลำหนึ่งจากการผลิตชุดนี้ทำการบินครบ 500 ชั่วโมงบิน ส่วนใหญ่ในแถบอาร์กติกในช่วงฤดูหนาว วัสดุประกอบด้วยใยแก้ว 50 เปอร์เซ็นต์และเรซิน 45 เปอร์เซ็นต์ ผ้าใยแก้วชุบด้วยเรซิน Plasko «911» (l’Aviation française 16 Juillet 1947)

ประวัติของเครื่องทำความร้อนที่ยืดหยุ่นในแผ่นยางซิลิโคน

Silionne เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีเยี่ยมและไม่ติดไฟและทนต่ออุณหภูมิสูง มันยังถูกถักและทอและทันทีที่ปรากฏมันถูกใช้สำหรับการผลิตแผ่นและผ้า ในปี 1948 ผ้าแก้วถูกนำมาใช้โดยบริษัทฝรั่งเศสที่ชื่อ Tentation ในการผลิตผ้าห่มไฟฟ้าเช่นเดียวกับผู้ผลิตชาวอเมริกันบางรายที่ทำอยู่แล้ว มันยังแทนที่การใช้ใยหินจำนวนมากอย่างรวดเร็วรวมถึงแกนตัวนำที่สายตัวนำของสายไฟทำความร้อนถูกหมุนรอบ ๆ

พัฒนาขึ้นในปี 1940 ด้วยฉนวนยาง ผ้าที่ยืดหยุ่นถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วสำหรับการละลายน้ำแข็งบนปีกเครื่องบิน

ในเวลาเดียวกันยางซิลิโคนก็ปรากฏตัวขึ้น

คิดค้นโดย Dow Corning ในสหรัฐอเมริกาไม่นานก่อนสงครามโลกครั้งที่สองและเผยแพร่สู่สาธารณะในปี 1944 ในช่วงแรก ๆ ยางซิลิโคนถูกสงวนไว้สำหรับการใช้งานทางทหาร Rhône Poulenc เริ่มทดลองผลิตซิลิโคน (Rhodorsil) ใน Lyon ในปี 1948 จากนั้นเปิดโรงงาน Saint Fons ใกล้กับ Lyon ในปี 1954 อีลาสโตเมอร์นี้ถูกใช้เป็นครั้งแรกเพื่อชุบตัวปลอกหุ้มใยแก้วแบบถักให้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ผ้าไหมแก้วนี้ทนความร้อนได้ดีมาก

การชุบซิลิโคนของมันให้มีการป้องกันน้ำและฝุ่นที่ดีและทนต่อสารเคมีหลายชนิด (1954 Meci แคตตาล็อก Ultimheat)

ในปี 1949 วิศวกรของ Dow Corning USA ชื่อ Earl.L Warrick ได้พัฒนาอีลาสโตเมอร์ซิลิโคนที่มีธาตุเหล็กออกไซด์เล็กน้อย (น้อยกว่า 2%) เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพด้านความร้อน เปอร์เซ็นต์ต่ำนี้ทำให้ซิลิโคนเป็นสีส้มน้ำตาล (สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา 2,541,137) ครั้งแรกในปี 1952 ในสหรัฐอเมริกาและครั้งที่สองในปี 1953 ในฝรั่งเศส Dow Corning ได้จดสิทธิบัตรเทคนิคการรีดเพื่อวางชั้นของยางหรือซิลิโคนที่ถูกวัลคาไนซ์บางส่วนลงบนสิ่งทอรองรับ เทคนิคนี้ทำให้สามารถทำแผ่นและริบบิ้นที่มีการยึดเกาะกับส่วนรองรับหรือบนลวดทำความร้อนได้อย่างง่ายดายโดยการให้ความร้อนภายหลัง นี่เป็นการปูทางสำหรับอุปกรณ์ทำความร้อนที่ยืดหยุ่นซึ่งทำจากยางซิลิโคนและเรซินที่ถูกวัลคาไนซ์ความร้อนอื่น ๆ (สิทธิบัตรฝรั่งเศส 1,090,190)

ในปี 1960 Compagnie Française Thomson-Houston ได้ยื่นสิทธิบัตรอเมริกันในฝรั่งเศสของ William Joseph Bobear (สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาของ General Electric 3,053,687) สิทธิบัตรนี้ปรับปรุงการเคลือบผ้าใยแก้วด้วยอีลาสโตเมอร์ซิลิโคนเพื่อให้ได้การยึดเกาะและความต้านทานต่อการยืดตัวที่ดีขึ้น วิธีนี้ยังอนุญาตให้มีการผลิตแถบที่ถูกวัลคาไนซ์บางส่วนที่สามารถถูกเชื่อมต่อได้ด้วยการกดด้วยความร้อน

ในช่วงต้นของปี 1960 หลังจากการพัฒนา PVC และอีลาสโตเมอร์ซิลิโคน เครื่องทำความร้อนที่ยืดหยุ่นตัวแรกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมปรากฏในรูปแบบของริบบิ้นและแผ่นซึ่งเป็นฉนวนหลักที่ผลิตโดยเรซินอีลาสโตเมอร์ที่ถูกโพลีเมอร์ไรซ์หรือวัลคาไนซ์รอบลวดทำความร้อน อีลาสโตเมอร์ที่ใช้คือ PVC นีโอพรีน และซิลิโคน

จากนั้นมีผ้าใบทอขึ้นมาทำด้วยแผ่นซึ่งมีโซ่ที่ทำจากแร่ใยหินและกรอบของ Ni-Cr หรือคอนสแตนแตนที่ฝังอยู่ในเจลซิลิโคน บล็อกแบบยืดหยุ่นเหล่านี้ถูกผลิตด้วยความหนา 2.5 ถึง 5 มม. ในรูปสี่เหลี่ยม (สูงถึง 0.90 x 0.20 ม.) หรือรูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (สูงถึง 0.50 x 0.50 ม.) โดยมีความหนาแน่นของพลังงานแปรผันตั้งแต่ 0.4 ถึง 1 วัตต์/ซม.2 อุณหภูมิสูงสุดของบล็อกเหล่านี้คือประมาณ 250°C

ในปี 1960/1961 มีโซลูชั่นทางเทคนิคสุดท้ายปรากฏขึ้น - ประกอบด้วยการใช้ลวดทำความร้อนที่ไม่มีฉนวนหุ้มคั่นระหว่างแผ่นยางซิลิโคนและเสริมด้วยใยแก้วจากนั้นถูกวัลคาไนซ์ ผ้าใยแก้วให้ความแข็งแรงเชิงกล ซิลิโคนรับรองว่ามีฉนวนไฟฟ้าและการเชื่อมต่อที่อุณหภูมิสูง และการวัลคาไนซ์ทำให้เกิดการเชื่อมต่อที่ไม่สามารถทำลายได้ระหว่างอุปกรณ์เหล่านี้ หลังจากนั้นนำมาประกอบกันเป็นแผ่นกันน้ำ จากนั้น Méneret ผู้ผลิตผ้าห่มทำความร้อนของฝรั่งเศสได้เขียนว่า: "ผ้าห่มทำความร้อนทั้งหมดของเรามีลวดทำความร้อนพิเศษหุ้มฉนวนภายใต้ช่องที่มองไม่เห็นโดยสิ้นเชิงอย่างไม่มีข้อยกเว้น"

เทคโนโลยีนี้ไม่มีโอกาสในการนำมาใช้ทำผ้าห่มทำความร้อนในบ้านได้เนื่องจากราคาของเรซินซิลิโคน นอกจากนี้ความต้านทานต่ออุณหภูมิสูงก็ไม่จำเป็นสำหรับการใช้งานนี้

ประวัติของเครื่องทำความร้อนที่ยืดหยุ่นในแผ่นยางซิลิโคน

แต่เทคนิคนี้ทำให้เกิดสาขาของเครื่องทำความร้อนแบบแบนที่ยืดหยุ่นที่ให้อุณหภูมิสูงสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม

ตั้งแต่นั้นมาหลายวิธีในการผลิตเครือข่ายทำความร้อนได้ปรากฏขึ้น

- ตัวนำที่พันด้วยลวด: โซลูชั่นที่เก่าแก่ที่สุดแต่ให้ความยืดหยุ่นสูงสุด

- แผ่นโลหะบาง ๆ สลักด้วยกรดซึ่งเป็นกระบวนการที่คล้ายกับการผลิตวงจรพิมพ์ แต่มีความยืดหยุ่นจำกัด (ประดิษฐ์ขึ้นประมาณปี 1969);

- วงจรพิมพ์ด้วยหมึกนำไฟฟ้า ไหมพิมพ์สกรีนบนโพลิเมอร์ยืดหยุ่นค่อนข้างยืดหยุ่นและราคาถูก แต่มีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ

กาวที่ทนอุณหภูมิสูง (FEP อะคริลิค) ก็ปรากฏขึ้นเช่นกันซึ่งทำให้สามารถทดแทนการวัลคาไนซ์อีลาสโตเมอร์ได้และเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้แผ่นโพลีเอสเตอร์ (PET) โพลีไรด์ (PI) และโพลีคาร์บอเนต (PC) เพื่อเคลือบชั้นต่างๆ ของอุปกรณ์ที่มีความยืดหยุ่นและเพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่ละเอียดมาก (เล็กถึง 0.2 มม. สำหรับรุ่น Polyimide ประเภท Kapton)