

การปรับปรุงระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยางกันกระแทกต่อสมบัติความเป็นสปริงของยางโดยการ
ติดตั้งชุดควบคุมความร้อนเพิ่มเติมที่ห้องพักยาง

The Improvement of Curing Temperature on a Static Spring Constant by Installation of an
Additional Temperature Regulation Unit at Chamber

สมหมาย วันดี¹ นีรุตน์ โพธิ์ทอง² กิตติพงษ์ กิมะพงศ์³ สมศักดิ์ อธิธิโสภณกุล⁴

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail: nitirut_m410051@windowslive.com*

Somma Wandee^{1*} Nitirut Potong² Kittipong kimapong³ Somsak Ithisoponakul⁴

^{1,2,3}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,
Thanyaburi, Pratumthani 12110

E-mail: nitirut_m410051@windowslive.com *

บทคัดย่อ

บทความนี้รายงานผลการทดลองเรื่อง การปรับปรุงระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยางกันกระแทก ต่อสมบัติความเป็นสปริงของยาง โดยทำการติดตั้งชุดควบคุมความร้อนเพิ่มเติมเข้าไปในเครื่องฉีดยาง และทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในห้องพักยางเพื่อศึกษาสมบัติของยาง ผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิของห้องพักยางเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ยางในแม่พิมพ์เกิดการสุกตัวเร็วขึ้นระยะเวลาในการอบคงรูปลดลง นอกจากนี้พบว่ามีอุณหภูมิที่ติดตั้งชุดควบคุมความร้อนสามารถทำให้ระยะเวลาในการอบคงรูปลดลงจาก 18 นาทีมาที่ 12 นาที หรือลดลง 20% และส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มผลผลิตชิ้นงานยาง

คำสำคัญ ยาง; ชุดควบคุมความร้อน; ค่าความเป็นสปริง; การอบคงรูปยาง;

Abstract

This paper represents the improvement of curing temperature on a static spring constant and a curing temperature of a rubber injection process. The installation of an additional temperature regulation unit was performed at the chamber of the rubber injection machine to increase the rubber temperature and improve the rubber property. The main results obtained are as follows. The increase of the chamber temperature increased the curing in the mold and decreased the curing time of the rubber. The additional temperature regulation unit also decreased the curing temperature to be lower than that of the single regulation temperature unit by 20%. The curing time of the rubber was

decreased from 18 min to 12 min and affected directly to increase the productivity of a rubber work-piece.

Keywords: rubber; temperature regulation unit; static spring constant; curing;

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกได้ก้าวเข้าสู่ยุคที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงและมีการเปลี่ยนแปลงใหม่ๆ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการที่องค์กรจะสามารถอยู่รอดได้จึงจำเป็นต้อง สามารถปรับตัว และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีที่สุด โดยยางเป็นวัสดุที่มีประโยชน์มากชนิดหนึ่ง เมื่อเรามองไปรอบๆ ตัว จะเห็นได้ว่ามีข้าวของเครื่องใช้ต่างๆ มากมายที่ทำมาจากยาง ทั้งเครื่องใช้ในบ้านเรือน อุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ในภาค อุตสาหกรรม ซึ่งมีตั้งแต่สิ่งของขนาดเล็กๆ เช่น ยางรัดของหรือยางลบดินสอ ไปจนถึงสิ่งของขนาดใหญ่ เช่น ยางล้อเครื่องบิน เป็นต้น โดยสมบัติเด่นที่สำคัญของยางที่เรานำมาใช้ประโยชน์ คือ ความยืดหยุ่นสูง และสามารถกักน้ำได้ และเป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น [1] ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ และสามารถที่จะลดต้นทุนให้ได้ต่ำเพียงพอที่ จะทำกำไรจากการขายได้ อุตสาหกรรมยางนับว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักอย่างหนึ่งที่มีแนวโน้มเจริญเติบโตควบคู่ไป กับความเจริญเติบโตในด้านอื่นๆ โดยเฉพาะประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางดิบเป็นอันดับหนึ่งของโลก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ประเทศไทยจะต้องดำเนินการวิจัย และพัฒนาแปรรูปยางธรรมชาติให้เป็นวัสดุวิศวกรรม และผลิตภัณฑ์

สำหรับใช้ภายในประเทศและส่งออกจำหน่ายไปยังต่างประเทศ เพื่อการแข่งขันในตลาดโลกเสรี [2] ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอกระบวนการผลิตยางแปรรูป โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องอบยางอินเจคชั่น (Injection Machine) [3] ที่มีชุดควบคุมความร่อนยาง (Temperature Regulation Unit) 1 ชุดควบคุม กับ การใช้เครื่องจักรที่มีชุดควบคุมความร่อนยาง 2 ชุดควบคุมแยกกันอิสระ [4] ส่งผลให้ยางได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจึงเป็นผลทำให้ยางสุกตัวได้เร็วขึ้นและสมบัติที่ได้มีค่าตามการใช้งานจริง ส่งผลทำให้ระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยาง (Curing Temperature) ลดลง งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักในการศึกษาการลดระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยางได้ โดยทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ผลงานวิจัยครั้งนี้เมื่อประสบผลสำเร็จสามารถนำไปช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางในขั้นตอนการอบยางคงรูปชิ้นงานให้สามารถลดการใช้แม่พิมพ์ จำนวนเครื่องจักร และจำนวนพนักงาน ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตชิ้นงานลดลง และสามารถนำความรู้จากงาน วิจัยนี้มาประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นงานยางอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 ยางคอมพาวด์ มีส่วนผสมของยางธรรมชาติเบอร์ 3ขนาด 30 กก. ยางรีเคลม 20 กก. แคลเซียมคาร์บอเนต 35 กก. ซิงค์ออกไซด์ 1 กก. สเตียริกแอซิด 400 กรัม เรซิน 300 กรัม คาร์บอนแบล็ค 5 กก.

2.1.2 เครื่องฉีดยางแนวตั้ง SANYU รุ่น STI-1.6-150VAขนาด 150 ตัน

2.1.3 เครื่องเอ็ม ดี อาร์ คือ เครื่องหาอุณหภูมิ และเวลาคงรูปของยาง ที่ไม่ต้องใช้ Rotor แต่ใช้การเคลื่อนไหวของ Die เป็นหลักในการทำงาน ผลการวิเคราะห์แสดงออกมาในลักษณะเป็นกราฟ

2.2 วิธีการทดลอง

ส่วนผสมของยางที่นำมาทำการอบด้วยเครื่องอินเจคชั่น คือยางคอมพาวด์ที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติผสมสารคอมพาวด์ที่ไม่เป็นที่เปิดเผย และชิ้นงานยางแทนเครื่องรถยนต์ใช้ยึดระหว่างเครื่องยนต์กับตัวถังรถยนต์ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ยางแทนเครื่องรถยนต์ที่ใช้ยึดระหว่างเครื่องยนต์กับตัวถังรถยนต์

ในการทดสอบใช้เครื่องฉีดยางแนวตั้ง (Vertical Injection Machine) ยี่ห้อ SANYU รุ่น STI – 1.6 – 150 VA ขนาด 150 ตัน และมีปริมาตรกระบอกฉีด 1,600 ลูกบาศก์เซนติเมตร [5] ดังรูปที่ 2

หลักการทำงานของเครื่องฉีดยางแนวตั้ง ยางคอมพาวด์จะถูกป้อนเข้าสู่บาเรล (แนวนอน) ที่มีเกลียวหนอนอยู่ภายใน การหมุนของเกลียวหนอนนอกจากจะทำให้ยางมีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ยางไหลไปทางด้านหน้าและไปสะสมอยู่ที่ห้องเก็บยาง (Material Chamber) ในบริเวณด้านหน้าของบาเรล

เมื่อยางคอมพาวด์ที่ไหลมาอยู่ด้านหน้านี้มีปริมาณและอุณหภูมิสูงพอเหมาะแล้ว ลิ้นเปิด – ปิดที่อยู่บริเวณช่องรอยต่อก็จะปิด เพื่อป้องกันไม่ให้ยางไหลย้อน กลับเข้าสู่บาเรลที่มีเกลียวหนอนอยู่ด้านใน หลังจากนั้นแท่งกดซึ่งอยู่เหนือห้องเก็บยางก็จะเริ่มทำงาน โดยการเลื่อนลงมาทางด้านล่างเพื่อฉีดยางเข้าสู่แม่พิมพ์ที่ร้อน เครื่องฉีดแบบนี้มีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาตรของยางคอมพาวด์ที่จะฉีด เข้าสู่แม่พิมพ์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากขนาดของแท่งกดนั้นมีค่าใกล้เคียงกับขนาดของบาเรล ทำให้ไม่มียางไหลกลับ ในขณะที่ทำการฉีดยางเข้าสู่แม่พิมพ์ ซึ่งจะมีจำนวนของชิ้นงานภายในแม่พิมพ์อยู่ 4 ชิ้นงาน ดังรูปที่ 3

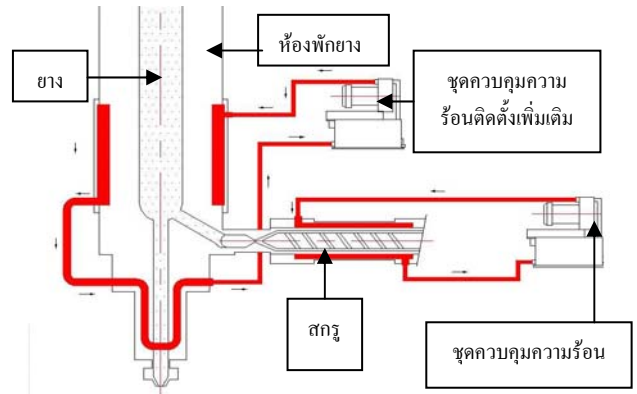


รูปที่ 2 เครื่องฉีดยางแนวตั้งขนาด 150 ตันและมีปริมาตรกระบอกฉีด 1,600 ลูกบาศก์เซนติเมตร

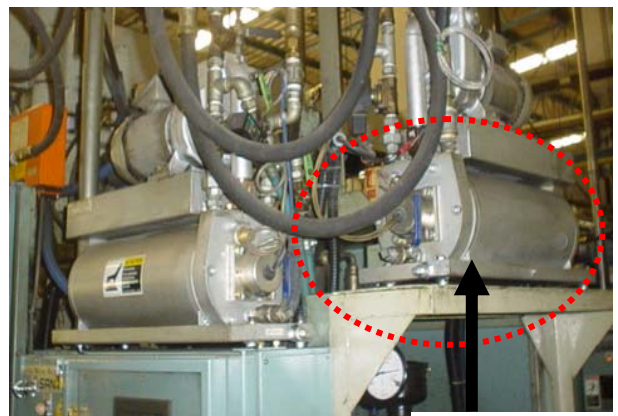


รูปที่ 3 แม่พิมพ์ชิ้นงานยางแท่นเครื่อง

ขั้นตอนทำการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงาน โดยใช้ยางธรรมชาติ (Natural rubber) ในการคงรูปนั้นยางคอมพาวด์จะเปลี่ยนจากสภาวะที่สามารถไหลได้หรือที่เรียกว่าเทอร์โมพลาสติก ไปเป็นสภาวะที่ไม่สามารถไหลได้หรือที่เรียกว่า เทอร์โมเซต สมบัติเชิงกลของยางก็จะสูงขึ้น และสมบัติของยางเหล่านี้ก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากยิ่งขึ้น ยางคงรูปจึงเป็นยางที่อยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำไปใช้งานจริงในงานวิศวกรรม จากนั้นนำไปทดสอบโดยใช้เครื่องฉีดยางแนวตั้ง โดยทำการปรับปรุงเพิ่มอุปกรณ์ชุดควบคุมความร้อน อีก 1 ชุด ซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนโดยผ่านน้ำมัน ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 การไหลของน้ำมันจากชุดควบคุมความร้อน ทั้ง 2 ชุด



รูปที่ 5 ชุดควบคุมความร้อน ขนาด 20 ชุดควบคุมความร้อน

จากนั้นทำการนำแม่พิมพ์ตัวอย่างยางแท่นเครื่องรถยนต์ประกอบเข้ากับเครื่องจักร แล้วกำหนดค่าต่างๆ ของกระบวนการฉีด วัสดุดิบที่เลือกใช้กับชิ้นงานจะเป็นวัสดุดิบที่ใช้กับผลิตภัณฑ์จริง [6] ซึ่งค่าที่จำเป็นต่อการทดลอง ได้แก่

- ค่าอุณหภูมิของสกรู (Temperature of Screw)
- ค่าอุณหภูมิของห้องพักยาง (Temperature of Chamber) ในช่วงระหว่าง 65 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส
- ระยะเวลาในการฉีดยาง (Injection Time)
- ระยะเวลาที่ใช้อบคงรูปชิ้นงานยาง ซึ่งอยู่ในช่วง ระหว่าง 3 นาที ถึง 18 นาที

- ความเร็วในการฉีดยางเข้าห้องพักยาง
- ความดันของเครื่องอบยางที่ใช้ในการฉีดยาง ความดันจะใช้ 120 kg/cm^2 เพราะว่าเป็นค่ามาตรฐาน

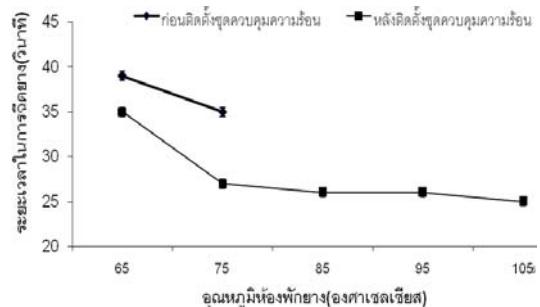
ฐานสำหรับชิ้นงาน ยางแท่นเครื่องรถยนต์
*ในการทดสอบนั้นควรจะทำที่อุณหภูมิอย่างน้อย 3 ค่า และในแต่ละช่วงอุณหภูมิควรมีการเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 15 ค่า

จากนั้นทำการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงาน และกำหนดตัวแปรของเครื่องฉีดยางอินเจคชั่น เช่น อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ความดันที่ใช้ในการฉีด ความเร็วในการฉีดยางเข้าห้องพักยาง (Chamber) รวมถึงเมื่อทำการทดลองแล้ว นำยางไปทดสอบสมบัติของยาง สมบัติของยางคอมพาวด์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของยาง ชนิดและปริมาณของสารตัวเติมและสารทำให้ยางนิ่ม โดยสมบัติของยางที่ใช้เป็นตัวกำหนด คือ ค่าความเป็นสปริงของยาง (Static Spring Constant) โดยทำการทดลองวัดค่าความเป็นสปริงของยาง [7] โดยใช้เครื่องทดสอบชื่อ Universal Autograph Model AG-ISMO ยี่ห้อ SHIMADZU มาตรฐาน JIS K 6385 Testing Method for Rubber Isolators

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ จากการทดลองมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อน และติดตั้งชุดควบคุมความร้อนเพิ่มอีก 1 ชุด และหาเปอร์เซ็นต์การสึกตัวของยาง จากนั้นนำผลที่ได้จากกราฟมาวิเคราะห์

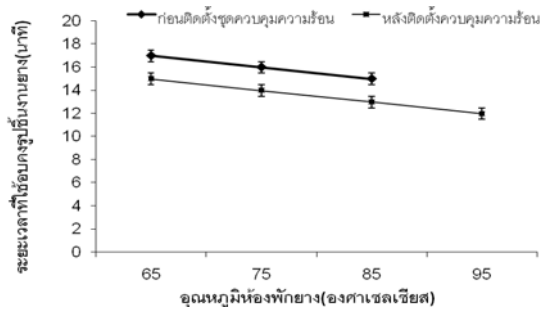
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาที่ได้จากการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบคงรูปยาง แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อุณหภูมิห้องพักยางและระยะเวลาในการฉีดยาง

จากรูปที่ 6 ทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิในห้องพักยางและระยะเวลาในการฉีดยาง ก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อนและหลังติดตั้งชุดควบคุมความร้อน โดยที่ก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อนจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการฉีดยางอยู่ที่ 37 วินาที เนื่องจากถ้าลดระยะเวลาในการฉีดยางลงจะทำให้ยางสุกตัวก่อนเข้าสู่แม่พิมพ์ ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ดังนั้นเมื่อติดตั้งชุดควบคุมความร้อนเข้าไปในห้องพักยาง 1 ชุด จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการฉีดยางเข้าห้องพักยาง (Chamber) ลดลงแต่อุณหภูมิในห้องพักยางสูงซึ่งทำให้ยางสุกตัว ซึ่งที่ระยะเวลาในการอบคงรูปน้อยทำให้ยางสุกตัว จึงทำให้เกิดผลดีในการติดตั้งชุดควบคุมความร้อน คือ สามารถทำให้ระยะเวลาในการฉีดยางเข้าห้องพักยาง (Chamber) ลดลงได้



รูปที่ 7 อุณหภูมิในห้องพักยางและระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นยาง

จากรูปที่ 7 จากการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิในห้องพักยาง และระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยางก่อนติด ตั้งชุดควบคุมความร้อน และหลังติดตั้งชุดควบคุมความร้อนสามารถเห็นได้ว่า ก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อน ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานจะอยู่ที่ 15 – 17 นาที ซึ่งไม่สามารถควบคุมเวลาให้ลดลงได้ เนื่องจากถ้าลดระยะเวลาให้น้อยกว่า 15 นาที จะทำให้ยางที่อบคงรูปออกมาไม่สุก และเมื่อหลังติดตั้งชุดควบคุมความร้อนแล้ว จะพบว่าระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยางลดลงต่ำลงจนถึง 12 นาทีได้ เนื่องจากชุดควบคุมความร้อนอีก 1 ชุดควบคุมที่ติดตั้ง ทำหน้าที่ให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งชุดควบคุมความร้อนที่ติดตั้ง จะติดตั้งเพิ่มที่สกรูซึ่งโดยให้ความร้อนที่สกรู ทำให้ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานสามารถอบคงรูปขึ้นงานได้เร็วขึ้นสามารถทำให้ขึ้น งานสุกเป็นเนื้อเดียวกัน

ทดสอบปรับค่า ระยะเวลาที่ใช้อบคงรูปขึ้นงานยาง จำนวน 15 ค่า และในแต่ละช่วงของอุณหภูมิห้องพักยางโดยใช้วิธีทดลองผ้าขึ้นงาน หลังจากออกจากเครื่องจักร 3 นาที เพื่อทดสอบว่าการสุกตัวของขึ้นงานทั้งบริเวณรอบนอก และบริเวณด้านใน ต้องสุกตัวทั่วทั้งหมัดและยางต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการผ่าสังเกตการสุกตัวของยาง ทำให้ทราบว่าที่

ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานที่ 3 – 7 นาที ขึ้นงานที่ได้จะมีลักษณะด้านนอกสุก แต่ด้านในเกิดฟองอากาศขึ้นเต็มข้างในขึ้นงานทำให้ยางไม่สุกตัว ดังรูปที่ 8

แต่ขึ้นงานหลังจากระยะเวลาในการอบคงรูปตั้งแต่ 9 – 12 นาทีขึ้นงานทั้งด้านนอกและด้านในจะสุกตัวเท่ากันซึ่งทำให้ขึ้นงานสุกทั่วทั้งขึ้นงาน ดังรูปที่ 9



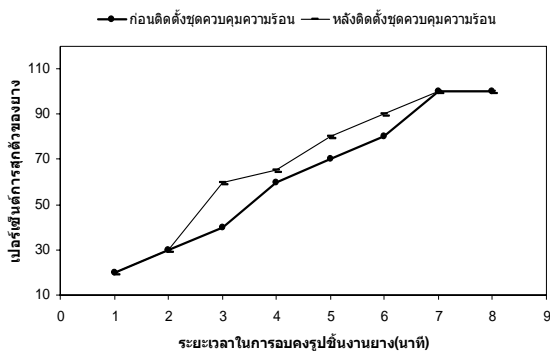
รูปที่ 8 ขึ้นงานตัวอย่างที่ไม่สุกตัว



รูปที่ 9 ขึ้นงานตัวอย่างที่สุกตัวทั่วทั้งขึ้นงาน

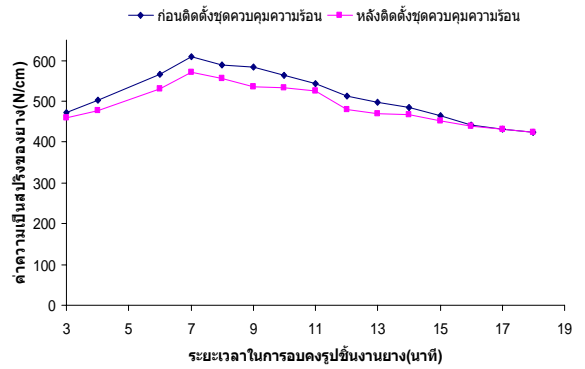
จากนั้นนำผลการทดลองมาหาเปอร์เซ็นต์การสุกตัวของยางการวิเคราะห์ระดับการสุกตัวของยางจะใช้เครื่องเอ็ม ดี อาร์ ในการวิเคราะห์ซึ่งเป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่ใช้ในการด้านทานการยืดตัวของยาง และเวลาที่ดำเนินไปตลอดกระบวนการอบคงรูปของขึ้นงานยาง ณ อุณหภูมิต่างๆ มา

เปลี่ยนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเวลา และ เปรอร์เซ็นต์การสูกตัวของยาง การวัดคาไนซ์ยางจะเริ่มตั้งแต่แรงบิด(Torque) ที่ใช้ต้านทานการยัดตัวของยางมีค่าต่ำสุด จนกระทั่งปฏิกริยาวัลคาไนเซชันนี้เกิดขึ้นเต็มที่ 100 เปรอร์เซ็นต์ เมื่อแรงบิดในการต้านทานการยัดตัวของยางมีค่าสูงสุด ดังนั้นจึงแบ่งช่วงเวลาเป็น 100 ช่วง ซึ่งแต่ละช่วงเวลาแทนเปอร์เซ็นต์การอบคงรูปที่เกิดขึ้น 1 เปรอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ระดับการสูกตัวของยางจะเลือกวิเคราะห์ 2 จุด คือ ที่จุดลึกจากขอบยาง 2 เซนติเมตรและจุดกึ่งกลางของยาง ทั้งนี้เพื่อต้องการทราบว่ายางสูกตัวถึงเนื้อในหรือไม่ และต้องใช้เวลานานเท่าไรยางจึงจะสูกตัวทั้งเนื้อยางซึ่งทำให้ทราบว่ายางนั้นสามารถสูกตัวทั้งด้านนอกและด้านในพร้อมกันซึ่งเปอร์เซ็นต์การสูกตัวของยางที่ตั้ง 9 - 12ยางจะสูกตัวที่ 100 เปรอร์เซ็นต์ [8] ซึ่งเป็นที่ทราบว่าหลังจากระยะเวลานี้ยางจะสูกตัว ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เปรอร์เซ็นต์การสูกตัวของยางและระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยาง

นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านค่าความเป็นสปริงของยาง (Static Spring Constant) คือ ค่าแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดในแต่ละครั้ง ซึ่งมาตรฐานของขึ้นงานนี้อยู่ที่ 391 - 529 N/cm แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เปรียบเทียบคุณสมบัติค่าความเป็นสปริงของยาง

จากผลการทดลองในรูปที่ 11 พบว่า ค่าความเป็นสปริงของยางก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อนที่ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยาง 3 - 18 นาที เห็นได้ว่า แนวโน้มที่เกิดขึ้น ค่าความเป็นสปริงของยางจะเพิ่มสูงขึ้นถึง ณ จุดๆหนึ่ง จากนั้นเริ่มลดต่ำลงจนถึงระดับหนึ่งแล้วจะคงที่ซึ่งที่ระดับคงที่นั้น คือเวลาสูกตัวทั่วทั้งชิ้นงาน ซึ่งทั้งก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อนและหลังติดตั้งชุดควบคุมความร้อนมีแนวโน้มเหมือนกันคือ ที่ก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อน ที่ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยาง 3 - 7 นาที ค่าความเป็นสปริงจะค่อยๆสูงขึ้น โดยการสูกตัวของยางจะเริ่มสูกตัวจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ความแข็งของยางด้านนอกมากกว่าด้านใน โดยที่ระยะเวลาในการอบคงรูปเริ่มต้น ที่ด้านในของชิ้นงานมีฟองอากาศจำนวนมาก ดังรูปที่ 8 แต่หลังจากระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานมากกว่า 7 นาที ความร้อนในการทำให้ยางสูกตัวนานขึ้น และมีการถ่ายเทความร้อนจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในขึ้น งาน ทำให้ฟองอากาศด้านในขึ้นงานลดน้อยลง ซึ่งที่ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยาง 7 - 9 นาที จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าชิ้นงานมีอัตราการสูกตัวเต็มที่ ไม่มีฟองอากาศเหลือ แต่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เนื่องจากค่าความเป็นสปริงยังไม่คงที่ แต่ที่ระยะเวลาในการอบคงรูปขึ้นงานยาง

18 นาทีค่าความเป็นสปริงของยางมีอัตราลดลงจนถึงจุดเหมาะสม ซึ่งความแข็งด้านนอกชิ้นงานที่ระยะเวลานี้ยางด้านนอกเริ่มเสื่อมซึ่งด้านในสุกพอดี แต่จากยางด้านนอกที่เสื่อมสามารถอยู่ในค่าที่สามารถนำไปใช้งานได้ และที่ระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยาง 18 นาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดใน การอบคงรูปชิ้นงานยางก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อน แต่เมื่อติดตั้งชุดควบคุมความร้อนเพิ่มอีก 1 ชุดแล้วแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าความเป็นสปริงเหมือนกัน แต่ที่ระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยาง 12 นาที ค่าความเป็นสปริงจะเริ่มลดลงจนถึงจุดเหมาะสมเร็วกว่าก่อนติดตั้งชุดควบคุมความร้อน ดังรูปที่ 11 ซึ่งสามารถทำให้ยางสุกตัวเร็วขึ้น จึงสามารถบอกได้ว่าหลังจากติดตั้งชุดควบคุมความร้อนเพิ่มอีก 1 ชุดควบคุมเป็นผลทำให้ลดระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานยางได้ โดยทำให้ระยะเวลาในการอบคงรูปชิ้นงานลดลง

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 เมื่ออุณหภูมิของห้องพักยางสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลา

เวลาในการฉีดยางลดลงเนื่องจากยาง

อ่อนตัว

4.2 เมื่อยางเข้าสู่แม่พิมพ์เนื่อยางที่อยู่ภายในแม่พิมพ์จะมี ความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิของห้อง พักยาง

4.3 เมื่อเนื่อยางที่ได้อุณหภูมิที่สูงขึ้นก็จะมีผลทำให้การสุกตัวของเนื่อยางภายในแม่พิมพ์จะเร็วขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาอบคงรูปชิ้นงานลดลง

4.4 การใช้เครื่องจักรอบยางอินเจคชั่น ที่มีชุดควบคุมความร้อนยาง 2 ชุดควบคุมแยกกันอิสระ สามารถลดเวลาการผลิตชิ้นงาน ของยางแทนเครื่องลงได้ 20 เปอร์เซ็นต์

4.5 จากการทดลองโดยการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบคงรูป สามารถนำไปปรับปรุงและออกแบบเครื่องอบยางอินเจคชั่น ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณบุญเรือง มีแสน ที่ให้การสนับสนุนเกี่ยวกับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2535. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์ยาง.
- [2] ศุภชญา โชตยะกุล. 2547. การลดของเสียจากการตั้งขึ้นรูปด้วยการออกแบบการทดลอง.
- [3] พงษ์ธร แซ่ฮุย และ ชาคกริต สิริสิงห. 2550. ยาง (กระบวนการผลิตและการทดสอบ). ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ(เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปทุมธานี.
- [4] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2541 เทคโนโลยีส่วนอุตสาหกรรมยาง. กรมวิชาการเกษตร.
- [5] บุญเรือง มีแสน. 2551. เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่อง Injection molding machines for rubber. บริษัทอีโนเว รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
- [6] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2537. ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. ศูนย์วิจัยและพัฒนายาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ.
- [7] บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. 2530 . ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และคุณสมบัติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตปัตตานี).
- [8] รัชดา โสภาคะยัง. 2545. การเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของอนุภาคน้ำยางในเนื้อยางระหว่างกระบวนการอบคงรูป.