

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดยางของผลิตภัณฑ์ยางรองเท้าจักรยานยนต์ (rubber step) โดยใช้โปรแกรม 3D-SIGMA ช่วยในการวิเคราะห์ ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางจะใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAE) ในการออกแบบแม่พิมพ์ซึ่งจะมีจำนวนชิ้นงาน 4 เบ้าโดยวางแผนเป็นด้านหน้า 2 ชั้นและด้านหลังอีก 2 ชั้น โดยจะมีลักษณะของรูเข้าแม่พิมพ์ที่เป็นแบบเข้าทางด้านข้างของชิ้นงานโดยความยาวของรูเข้ามาถึงที่ระยะกึ่งกลางของชิ้นงานเท่านั้น เนื่องจากผลของการวิเคราะห์โดยโปรแกรมนั้นระยะเวลาของการไหลเข้าของเนื้อยางที่ลักษณะของรูไหลเข้าแบบยาวตลอดทั้งชิ้นงาน กับยาวเพียงครึ่งของชิ้นงานมีระยะเวลาไม่ต่างกันมากนัก และ ใช้ชุดสไลด์ 4 ตัว โดยการบังคับการเคลื่อนที่เปิดและปิดโดยใช้กลไกการขึ้นลงของแม่พิมพ์ และได้สร้างรูเพื่อที่จะเป็นตัวในชุดให้ความร้อนในแม่พิมพ์ตัวบน และตัวล่างอย่างละ 2 รู เมื่อออกแบบแม่พิมพ์แล้วนำมาวิเคราะห์โดยการจำลองการไหล โดยใช้ยาง NR40 ผลของการเปรียบเทียบลักษณะของการไหลของยางเข้าภายในแม่พิมพ์จากการจำลองด้วยโปรแกรมและการทดลองฉีดจริง โดยเปลี่ยนแปลงค่าระยะถอยของสกรูจากทุก ๆ ระยะของสกรูแสดงให้เห็นว่าการไหลที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมและการทดลองฉีดจริงมีลักษณะการไหลที่ใกล้เคียงกัน และผลของแรงดันฉีดของการทดลองฉีดจริงนั้นจะมีค่าที่น้อยกว่าผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม สาเหตุเนื่องมาจากผลของปรับแต่งรูเข้าเพื่อให้มีความสมดุลของชิ้นงาน ทำให้ขนาดความหนาของรูเข้ามีขนาดที่มากกว่าของแบบจำลองจึงทำให้ปริมาณของเนื้อยางที่ไหลเข้าไปภายในแม่พิมพ์มีปริมาณที่มากกว่า ซึ่งดูได้จากการไหลเข้าที่ระยะสกรูที่ 50 และ 100 มิลลิเมตร และแรงดันฉีดภายในรูจ่ายเนื้อยางที่ได้จากโปรแกรมจะเห็นได้ว่าความดันนั้นจะเริ่มเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาที่สันจนความดันไปถึงประมาณ 1,300 บาร์ และความดันจะคงที่จนยางไหลเข้าไปเต็มแม่พิมพ์ส่วนของการทดลองฉีดนั้นก็จะได้ความดันที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นเช่นกันและไปคงที่ที่ความดันสูงสุดที่ประมาณ 900 บาร์ และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการฉีดความดันก็จะลดลง ระยะเวลาของการสัมผัสของยางกับอากาศนั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสัมผัสอากาศของยางนั้นจุดที่มีค่าสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณผิวของชิ้นงานซึ่งจะมีโอกาสที่จะทำให้ชิ้นงานนั้นเกิดโพรงของอากาศที่บริเวณผิวได้ ระยะเวลาที่ยางถูกฉีดเข้าไปภายในแม่พิมพ์ ระยะเวลาของเนื้อยางในแต่ละส่วนจะไม่เท่ากัน ซึ่งจุดที่ยางเข้าไปภายในแม่พิมพ์ที่มีเวลานานที่สุดซึ่งจะอยู่ที่บริเวณด้านปลายในสุดของชิ้นงาน ระยะของยางที่เข้าไปภายในแม่พิมพ์ซึ่งระยะทางที่เข้าไป

นั่นจะมีระยะทางยาวที่สุดซึ่งจะอยู่ที่บริเวณด้านปลายในสุดของชิ้นงาน ซึ่งจะเกิดที่บริเวณเดียวกัน เหมือนกับระยะเวลาที่เนื้อยางไหลเข้าไป ระยะเวลาของยางในแต่ละส่วนของชิ้นงานซึ่งยางที่ไหลเข้ามาก่อนจะไปอยู่ที่ส่วนด้านปลายของชิ้นงาน ซึ่งเนื้อยางที่มีระยะเวลาน้อยจะไหลเข้ามาที่หลังจะทำให้เนื้อยางเต็มแม่พิมพ์ในส่วนนั้นก่อนแต่ในส่วนที่เนื้อยางที่ไหลเข้ามาก่อนหน้านี้จะมีระยะเวลามากจะไหลไปเติมส่วนที่ยังไม่เต็ม เวลาที่ยางสัมผัสกับผนังแม่พิมพ์ ซึ่งระยะเวลาในการสัมผัสของเนื้อยางกับผนังของแม่พิมพ์มากนั้นจะทำให้บริเวณนั้นได้รับความร้อนจากแม่พิมพ์นานกว่าบริเวณอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ยางเองเกิดการสุกตัวก่อนบริเวณอื่น จะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัสของชิ้นงานกับตัวแม่พิมพ์ รอยต่อของเนื้อยางที่อาจจะเกิดขึ้นในชิ้นงานซึ่งจะแสดงให้เห็นจุดของยางที่เชื่อมต่อกันซึ่งอาจทำให้บริเวณนี้เกิดปัญหาขึ้นได้ เช่น โพรงอากาศ รอยการต่อกันในชิ้นงาน ผลการวิเคราะห์จะเกิดที่บริเวณผิวแต่ส่วนใหญ่จะเกิดภายในผิวของชิ้นงาน การไหลเข้าไปของเนื้อยางนั้นแสดงให้เห็นลักษณะทิศทางของการไหลของอนุภาคของยางเข้าไปภายในแม่พิมพ์ อนุภาคของยางไหลไปตามช่องทางวิ่งแล้วจึงไหลเข้าไปภายในรูเข้าซึ่งอนุภาคของยางนั้นไหลเข้าไปนั้นใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดของรูเข้า ต่อจากนั้นเนื้อยางจะไหลไปในส่วนหัวของชิ้นงานก่อนแล้วไหลกลับย้อนออกมาที่บริเวณด้านปลายของชิ้นงาน ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่าเนื้อยางที่ไหลเข้าไปภายในแม่พิมพ์นั้นจะเต็มที่บริเวณด้านหัวก่อนแล้วค่อยมาเติมส่วนด้านหลังของชิ้นงาน ความดันที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความดันเท่ากับบรรยากาศเนื่องจากภายในแม่พิมพ์นั้นไม่มีแรงดันด้านที่บริเวณผิวหน้าของยางที่ไหลเข้าไป และความดันที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นนั้นจะเกิดที่บริเวณรูเข้าของเนื้อยาง ความเร็วของการฉีดยางเข้าไปภายในแม่พิมพ์นั้นความเร็วที่เกิดขึ้นภายในช่องทางวิ่งนั้นจะมีค่าสูงและเมื่อเข้าสู่รูเข้าก็จะมีความเร็วที่สูงเช่นกัน ซึ่งความเร็วสูงสุดเกิดที่บริเวณกึ่งกลางของรูเข้า แต่เมื่อยางไหลเข้าไปภายในแม่พิมพ์แล้วความเร็วจะลดลง อัตราการเหวี่ยงที่เกิดขึ้นภายในยางตอนฉีดนั้นจะเห็นได้ว่าค่าของอัตราการเหวี่ยงที่เกิดขึ้นมีค่าที่สูงบริเวณช่องทางวิ่ง และรูเข้า ซึ่งจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณรูเข้า อุณหภูมิของเนื้อยางที่เกิดขึ้นในกระบวนการของการฉีดนั้น เนื้อยางที่ไหลเข้าไปภายในแม่พิมพ์นั้นอุณหภูมิจะอยู่ที่ 130 – 140 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมินั้นค่อนข้างที่จะต่ำกันทั้งหมด อุณหภูมิสูงสุดจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวของชิ้นงาน

อุณหภูมิของสไลด์และแม่พิมพ์ที่เวลาต่างๆ

อุณหภูมิของสไลด์ในตอนเริ่มต้นของกระบวนการนั้นอุณหภูมิของตัวสไลด์นั้นจะมีอุณหภูมิที่สูงเนื่องจากได้รับความร้อนจากแม่พิมพ์ และจะมีอุณหภูมิที่ลดลงในส่วนที่สัมผัสกับเนื้อยางจะอยู่ที่ช่วงปลายของสไลด์ เมื่อเนื้อยางเริ่มเข้ามามากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของสไลด์ลดลงอย่างต่อเนื่อง และเมื่อเนื้อยางไหลเข้าไปเต็มแม่พิมพ์ อุณหภูมิในตัวสไลด์จะลดลง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากตัวสไลด์ไปสู่เนื้อยาง เมื่อถึงกระบวนการของการบ่มนั้นอุณหภูมิของตัวสไลด์จะลดลง จะเห็นได้ว่าอุณหภูมินั้นจะค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้กับตัวชิ้นงานและความร้อนของแม่พิมพ์ถ่ายเทมาให้แก่ตัวสไลด์ไม่ได้เพราะเนื้อยางจะรับความร้อนแทนแต่ในส่วนโคนของสไลด์นั้นยังมีอุณหภูมิที่สูงอยู่เนื่องจากในส่วนนี้เนื้อยางไม่ได้สัมผัสจึงมีความร้อนจากแม่พิมพ์ถ่ายเทให้ ในการทดลองจินตนาการเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเนื้อยางบางส่วนจะติดอยู่ที่ด้านปลายของตัวสไลด์เนื่องจากเนื้อยางในส่วนนี้ยังไม่สุกตัวเต็มที่ เพราะอุณหภูมิของตัวสไลด์นั้นจะมีต่ำซึ่งสามารถเทียบได้จากโปรแกรมว่าเมื่อเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นเล็ยอุณหภูมิของสไลด์จะลดลงและเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการแล้วจุดที่มีอุณหภูมิต่ำในสไลด์เป็นจุดที่เนื้อยางไม่สุกตัว

อุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่เวลาต่างๆ ในตอนเริ่มต้นของกระบวนการนั้นอุณหภูมิของตัวแม่พิมพ์จะมีอุณหภูมิที่สูงเนื่องจากได้รับความร้อนจากแท่งให้ความร้อน อุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่เวลาเริ่มต้นของกระบวนการของการบ่ม จะมีอุณหภูมิที่สูงประมาณ 160 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ในส่วนที่สัมผัสกับเนื้อยางจะอยู่ของแม่พิมพ์จะมีการถ่ายเทความร้อนจากแม่พิมพ์ให้แก่เนื้อยาง และที่เวลา 60 วินาทีของการบ่ม นั้นเนื้อยางจะรับความร้อนจากแม่พิมพ์และส่วนที่สัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์ลดลง ซึ่งเนื้อยางจะรับความร้อนจากแม่พิมพ์จนเนื้อยางสุกตัวและส่วนที่สัมผัสกับอากาศจะทำให้ อุณหภูมิในตัวแม่พิมพ์จะลดลง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากตัวแม่พิมพ์ไปสู่อากาศ เมื่อกระบวนการบ่มจะสิ้นสุดนั้นอุณหภูมิของตัวแม่พิมพ์จะลดลง จะเห็นได้ว่าอุณหภูมินั้นจะค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ

การสุกตัวของชิ้นงาน

การสุกตัวของชิ้นงานนั้นในตอนเริ่มต้นนั้นเนื้อเยื่อที่ไหลเข้าไปภายในแม่พิมพ์จนเต็มนั้นเมื่อผ่านครั้งชิ้นงานจากโปรแกรมดูจะเห็นได้ว่าภายในของชิ้นงานนั้นค่าเปอร์เซ็นต์ของการสุกตัวจะมีค่าที่เท่ากันที่ศูนย์ซึ่งดูเมื่อเวลาผ่านไปนั้นเปอร์เซ็นต์การสุกของเนื้อเยื่อนั้นจะเริ่ม เนื่องจากเนื้อเยื่อได้รับความร้อนจากแม่พิมพ์ แต่บริเวณภายในของชิ้นงานและส่วนที่สัมผัสกับชุดสไลด์นั้นเนื้อเยื่อจะยังไม่สุกตัว และเมื่อเวลานานขึ้นการสุกของเนื้อเยื่อนั้นจะเริ่มเพิ่มขึ้น และจะเกิดขึ้นสูงสุดที่บริเวณผิวของชิ้นงาน และภายในของชิ้นงานจะเริ่มสุกตัวเช่นกันแต่ก็ยังมีส่วนที่ยังไม่สุกตัวอยู่ และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มนั้นเนื้อเยื่อจะสุกเท่ากันหมด ในการทำการทดสอบจริงนั้นอุณหภูมิของชุดสไลด์นั้นจะน้อยกว่าในการใช้โปรแกรมเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนขณะที่นำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจึงทำให้เกิดการไม่สุกตัวของเนื้อเยื่อที่บริเวณที่ติดกับชุดสไลด์ซึ่งจะทำให้เนื้อเยื่อติดกับชุดสไลด์

จากการศึกษาและวิจัยพัฒนาการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง (โดยเน้นที่ยางธรรมชาติ) โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAE) การศึกษาได้วิเคราะห์ปัญหารวมถึงหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ฉีดผลิตภัณฑ์ยางโดยมุ่งเน้นไปที่ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ เพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง โดยประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การไหลของเนื้อเยื่อในแม่พิมพ์ในสถานะเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งสามารถสร้างแม่พิมพ์และผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจ รวมถึงได้มีการเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้สู่ผู้ประกอบการแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง และให้คำปรึกษาแก่ผู้ประกอบการทำให้เกิดความเข้มแข็งและความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ยางในระดับนานาชาติต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากทางโรงงาน

ในโรงงานผู้ประกอบการที่ผลิตภัณฑ์ยางรองเท้ารถจักรยานยนต์นั้นได้ให้คำแนะนำของแม่พิมพ์ที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- การออกแบบช่องทางวังที่ด้านข้างของตัวชิ้นงานให้มีลักษณะเป็นทรงเรียวจากเล็กมาใหญ่ ซึ่งจะทำให้ลักษณะของการไหลเข้าของเนื้อยางภายในตัวแม่พิมพ์มีการไหลเข้าที่เท่ากันทุกชิ้นงาน
- การทำผิวของหน้าประทับของแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่างให้มีหน้าสัมผัสที่สัมผัสกันแนบสนิท ซึ่งทำโดยการนำผิวหน้าของแม่พิมพ์ทั้งตัวบนและตัวล่างไปขัดผิวให้เรียบ
- การสัมผัสกันของแม่พิมพ์นั้นดูได้จากชิ้นงานที่เป็นครีบอกมาด้านข้างซึ่งลักษณะของการสัมผัสที่คั่นครีบอกตรงด้านปลายของชิ้นงานควรที่จะมีความหนากว่าด้านต้น

ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย

- ควรศึกษาตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ จำนวนเบ้าพิมพ์ และรูปร่างลักษณะต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อให้งานวิจัยสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้มากยิ่งขึ้น
- ควรศึกษาผลของการถ่ายเทความร้อนระหว่างแม่พิมพ์ ชิ้นงานและอากาศ ได้แก่ ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อน อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนต่าง ๆ โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความแตกต่างของการใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบแท่งและแบบแผ่น เป็นต้น
- ควรศึกษาการขยายตัวของแม่พิมพ์เนื่องจากความร้อน เพื่อหาค่าความเผื่อ (tolerance) ในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์นิตยง