

การศึกษาสภาวะความเค้นของชิ้นงานพลาสติกชนิด Polypropylene

A studying of thermal stress in Polypropylene plastic

วิษรสรณ์ โชคชัยวิวัฒน์

Wisornsan Chokchaiwivat

ภาควิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถ.เพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160 e-mail : s_chokchaiwivat@hotmail.com

ยุทธนา ธนูศรี

Yuttana Tanusorn

บริษัท เอส.พี.เค. พลาสติก จำกัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะของพลาสติกชนิด PP 2300 SC. โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ 1) ช่วงระหว่างการฉีดพลาสติกเพื่อศึกษาหาค่าความเค้นที่เกิดจากความร้อน (Thermal Stress) และค่าการขยายตัวที่เกิดจากความร้อน (Thermal Expansion) โดยใช้โปรแกรม Catia ช่วยในการคำนวณหาค่า 2) ช่วงสภาวะการฉีดชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วโดยใช้เครื่อง Tensile Testing Machine เพื่อทดสอบหาค่า Tensile Strength ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานพลาสติก ผลจากการศึกษาที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการเกิด Thermal Stress

Abstract

This project researches about injected PP2300 SC plastic. Situation for studying divided into 2 periods. Firstly during injected plastic process studies thermal stress and thermal expansion by using Catia program for analysis. After period is injected parts completion and use tensile testing machine for

testing to find tensile strength which is occurred on injected parts. The result from this research correlate with thermal engineering theory and can implement for using in studies solution for solving thermal stress.

1.บทนำ

ปัญหาการเกิด Thermal Stress ในชิ้นงานพลาสติกแบบฉีด เป็นปัญหาหนึ่งที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงปัญหานี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา พลาสติกที่ใช้ในการฉีดเป็นชนิด PP 2300 SC. แม้พิมพ์ที่ใช้เป็นแบบ Hot Runner เนื่องจากค่า Melt Flow Index (ดัชนีการไหล) ของเม็ดพลาสติกชนิดนี้มีค่าต่ำ การศึกษาจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ 1.การจำลองชิ้นงานจากโปรแกรม Catia (3D) เพื่อที่จะศึกษาหาค่าความเค้นที่เกิดจากความร้อน (Thermal Stress) ในขณะที่ชิ้นงานมีอุณหภูมิสูง ซึ่งไม่สามารถดูค่าต่างๆ ในขณะที่ฉีดชิ้นงานจริงได้ จึงต้องนำโปรแกรม Catia มาช่วยในการศึกษาหาค่าความเค้นที่เกิดจากความร้อน (Thermal Stress) 2.ศึกษาชิ้นงานที่ได้ฉีด(จากงานจริง)เสร็จแล้วและนำชิ้นงานนั้นมาทดสอบด้วยเครื่อง Tensile Strength Testing Machine

เพื่อที่จะหาค่าความเค้นในชิ้นงานพลาสติกอีกครั้ง หลังจากการฉีด

2.วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Catia (3D) เพื่อนำมาช่วยในการคำนวณ เพื่อหาค่าความเค้นที่เกิดจากความร้อน (Thermal Stress) ของชิ้นงานในระหว่างที่ชิ้นงานมีอุณหภูมิสูง ระหว่างการฉีด

2.2 ศึกษาและทดลองหาค่าความเค้นของชิ้นงานพลาสติกหลังการฉีดชิ้นงาน

3.ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ใช้โปรแกรม Catia (3D) มาช่วยในการวิเคราะห์หาความเค้นที่เกิดจากความร้อน(Thermal Stress)

3.2 ทำการศึกษาหาความเค้น(Stress) ของชิ้นงานพลาสติกที่ได้จากการฉีดชิ้นงานจริง โดยใช้พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา

4.เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4.1 โปรแกรม Catia

4.2 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง

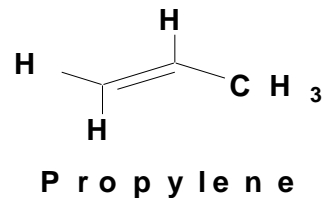
4.3 Injection Molding Machine ขนาด 550 Ton

4.4 Tensile Strength Testing Machine

5.ทฤษฎี

โพลีโพรพิลีน (Polypropylene : PP) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าโพลีเอทิลีน(PE) ทนต่อสารไขมันและความร้อนสูง โพลีโพร

พิลีน มีลักษณะขาวขุ่น ทึบแสงกว่าโพลีเอทิลีน (PE) มีความหนาแน่นในช่วง 0.890 – 0.905 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกับ โพลีเอทิลีน (PE) ลักษณะอื่นๆ คล้ายกับ โพลีเอทิลีน (PE)

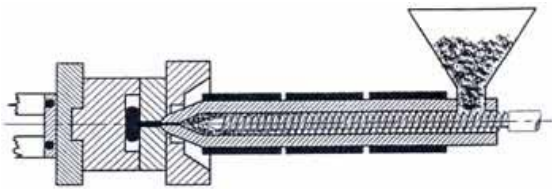


รูปที่ 1 ลักษณะโมเลกุลโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP)

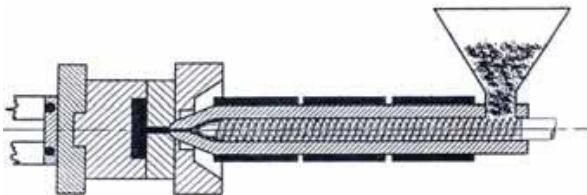
คุณสมบัติทั่วไปของโพลีโพรพิลีน (Polypropylene)

1. มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสีรูปร่างง่าย
2. สามารถทำเป็นบานพับในตัว มีความทนทานมาก
3. เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง
4. ทนทานต่อสารเคมีส่วนมากแต่สารเคมีบางชนิดอาจทำให้พองตัวหรืออ่อนนิ่มได้
5. มีความเหนียวที่อุณหภูมิตั้งแต่ 105 องศาฟาเรนไฮต์ไปจนถึง 15 องศาฟาเรนไฮต์ (40 องศาเซลเซียส ถึง -10 องศาเซลเซียส) แต่ที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ จะเปราะ
6. มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี
7. สามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization : 100 °C) ได้
8. ผสมสีได้ง่ายทั้งลักษณะโปร่งแสงและทึบแสง

งานฉีดพลาสติก สามารถอธิบายได้ในลักษณะกระบวนการ โดยเครื่องฉีดพลาสติกทำงานเป็นรอบกระบวนการ เริ่มจากพลาสติกที่อยู่ในรูปผงหรือเม็ดพลาสติก ถูกส่งเข้าไปในส่วนป้อนและควบคุมปริมาณ ก่อนที่จะค่อยๆ หลอมเหลวในส่วนที่มีอุณหภูมิต่างๆกัน แล้วจึงฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ ด้วยแรงส่งของลูกสูบ หรือเกลียวอัด พลาสติกเหลว (หรือที่เรียกว่าน้ำพลาสติก) จะไหลเต็มแม่พิมพ์ กลายเป็นพลาสติกแข็ง สุดท้ายจึงนำออกจากแม่พิมพ์ เป็นชิ้นงานสำเร็จ



รูปที่2 การฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ (Filling)



รูปที่3 คงความดัน และอัดพลาสติกเข้าเต็มแม่พิมพ์และชิ้นงานจะถูกหล่อเย็นด้วยขณะฉีด(การย่ำ & หล่อเย็น)

Hot Runner

Hot Runner เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในแม่พิมพ์พลาสติก เพื่อลดการสูญเสียวัสดุดิบ(เม็ดพลาสติก)ที่ใช้ในการฉีดชิ้นงานพลาสติกมีหลักการง่ายๆ คือทำให้ทางวิ่งของน้ำพลาสติกในแม่พิมพ์มีอุณหภูมิสูงตลอดทางวิ่ง เพื่อให้พลาสติกที่มีค่าความหนืดสูง สามารถไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ได้โดยง่าย ส่วนประกอบของ Hot Runner System ที่เพิ่มขึ้น

จากแม่พิมพ์พลาสติกแบบเดิมได้แก่ Nozzle/Tip, Heater, Sensor , Temperature Control Unit

การเกิด Thermal Stress

ความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิ (Thermal stress) จะแปรผันเป็นเส้นตรง กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ซึ่งวัสดุนั้นจะต้องเป็นเนื้อเดียวกันตลอด (Homogeneous) และมีสมบัติเป็นไอโซทรอปิก (Isotropic) ความเค้นซึ่งเกิดจากการที่วัสดุเปลี่ยนแปลงรูปร่าง วัสดุจะขยายตัวเมื่อร้อนและหดตัวเมื่อเย็น ถึงแม้ว่าการหดตัวจากความร้อนนี้จะมีไม่มากนัก (ประมาณ 5%) แต่มันก็ทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในวัสดุได้ และถ้าความเค้นนี้มีมากพอ (ชิ้นงานขนาดใหญ่) ก็อาจทำให้เกิดการเสียหายได้ โดยเฉพาะกับวัสดุที่เปราะ ซึ่งไม่สามารถปรับตัวไปตาม Thermal Stress เราใช้ Thermal Expansion Coefficient เป็นตัวบอกว่าวัสดุจะขยายตัวมากน้อยเพียงใดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่านี้จะเท่ากับความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อความยาวเริ่มต้นต่อองศาอุณหภูมิและมีหน่วยเป็น in/in/°F หรือ cm/cm/°C Thermal Expansion Coefficient นี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ และมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเดียวกับการเกิด Thermal Stress นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับค่าความจุความร้อนจำเพาะและจุดหลอมเหลวของวัสดุด้วย

$$\delta_T = \alpha \Delta T L \quad (1)$$

กำหนดให้ α หมายถึง สมบัติของสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงวัดออกมาในรูปของความเครียดต่อองศาอุณหภูมิ (Strain/ Degree of Temperature) เช่น 1/°F, 1/°C, 1/°K

ΔT หมายถึง อุณหภูมิที่เปลี่ยน

L หมายถึง ความยาวของชิ้นงาน

δ_T หมายถึง ความยาวที่เปลี่ยนแปลงเนื่อง
อุณหภูมิ

$$\text{จาก } \delta = \frac{PL}{AE} \quad (2)$$

$$\text{จะได้ } \frac{PL}{AE} = \alpha \Delta T L \quad (3)$$

$$\frac{P}{A} = \frac{\alpha \Delta T L \cdot E}{L} \quad (4)$$

$$\sigma_T = \alpha \Delta T \cdot E \quad (5)$$

กำหนดให้

σ_T หมายถึง ความเค้นเนื่องอุณหภูมิ

E หมายถึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

จากสมการข้างต้น สามารถสรุปการเกิด Thermal Stress ได้ว่าเมื่อวัสดุได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว แต่วัสดุไม่สามารถขยายตัวได้เนื่องจากมีแรงที่กระทำที่ผนังของแม่พิมพ์กับวัสดุที่อยู่ในแม่พิมพ์ซึ่งมีพื้นที่จำกัด เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้เกิด Thermal Stress

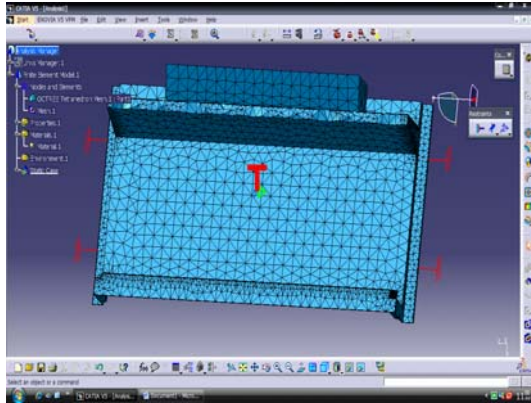
วิธี Finite Element Method มีวิธีการคิดคือ เมื่อรู้ Function ของสมการแล้ว การวิเคราะห์จะเริ่มโดยการแบ่ง Function นั้นๆ ออกเป็นหน่วยย่อยๆ ที่เราเรียกว่า Element โดยที่การแบ่งจะทำให้เราสามารถหาคำตอบของ Element ย่อยๆ นั้นได้ง่ายแล้วสุดท้ายเมื่อนำค่าจาก Element ย่อยๆ ทั้งหมด

มารวมกันก็จะได้ค่าประมาณการของ Function นั้นได้ในที่สุด การแบ่งเป็น Element ย่อยๆ นี้ จะมีจำนวนมากหรือน้อยก็แล้วแต่ความต้องการ (ยิ่งละเอียดมากจะได้คำตอบที่ใกล้เคียงมาก) แต่จะมีค่าจำนวนที่แน่นอนหรือมีสิ้นสุด เป็นที่มาของคำว่า Finite (มีค่าสิ้นสุด) Element (หน่วยย่อย) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้โปรแกรม Catia เพื่อศึกษา Thermal stress ของชิ้นงาน เนื่องจากโปรแกรม Catia สามารถวิเคราะห์ปัญหาด้าน Thermal Stress ด้วยวิธีการทาง Finite Element ได้ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

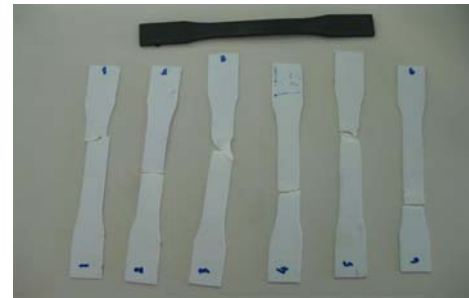
1. สร้างชิ้นงานจำลองในโปรแกรม CATIA(3D) โดยมีขนาดเท่ากับชิ้นงานจริง
2. นำชิ้นงานจำลองที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทาง Finite Element ด้วยโปรแกรม CATIA
3. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟและวิเคราะห์
4. นำชิ้นงานจริงมาตัดแบ่งย่อย เพื่อนำไปทดสอบด้วยเครื่อง Tensile Strength Testing Machine
5. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟและวิเคราะห์
6. สรุปผลการทดลอง



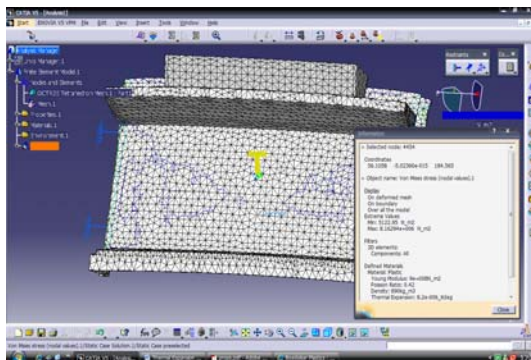
รูปที่ 1. ชิ้นงานจริงที่ศึกษา



รูปที่ 2. ไล่ค่า Mesh, clamp และอุณหภูมิของชิ้นงาน



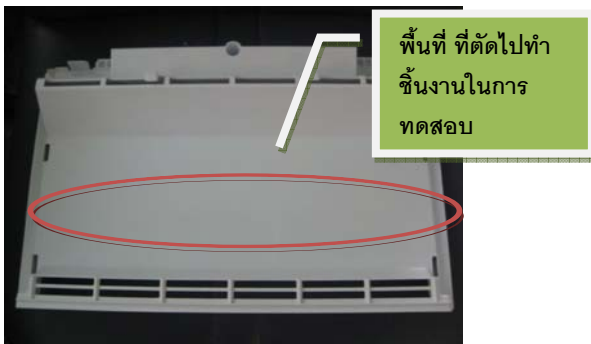
รูปที่ 5. ตัดชิ้นงานตามรูปจากชิ้นงานพลาสติกจริง



รูปที่ 3 ค่าที่ได้จากการทดลอง



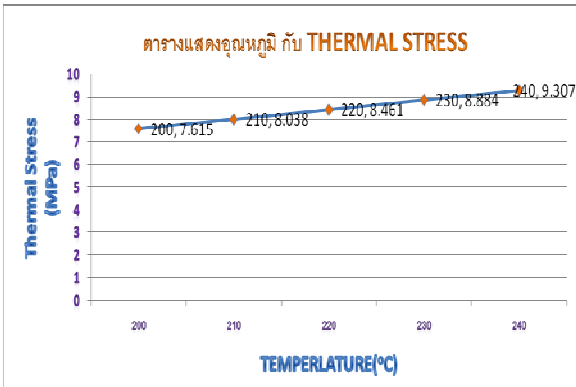
รูปที่ 6. เครื่อง Tensile Strength Testing Machine



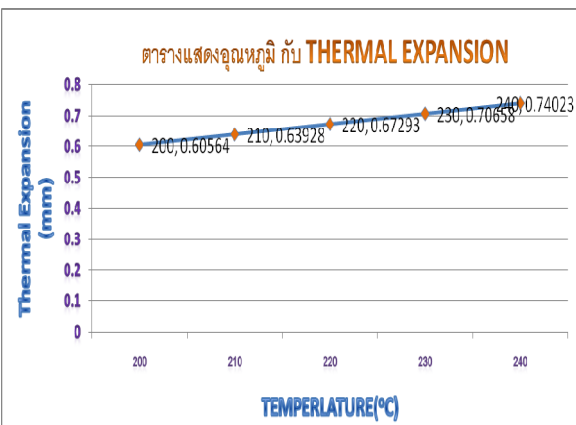
รูปที่ 4. บริเวณชิ้นงานที่ตัดไปทดสอบ

ตารางที่ 1 : แสดงค่า Thermal Stress และค่า Thermal Expansion ที่ได้จากโปรแกรม Catia

อุณหภูมิ (°C)	Thermal Stress(MPa)	Thermal Expansion(mm.)
200	7.615	0.60564
210	8.038	0.63928
220	8.461	0.67293
230	8.884	0.70658
240	9.307	0.74023



รูปที่ 7. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิกับ Thermal Stress



รูปที่ 8. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิกับ Thermal Expansion

ตารางที่ 2 แสดงค่า Tensile Properties ที่ได้จากเครื่อง

NO.	Young's Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Stress at Break (MPa)	Elongation at Break (MPa)	Elongation at Yield (MPa)
1	668.8300	26.1650	7.5568	8.1687	7.6298
2	574.5200	26.6020	6.3608	44.0000	10.9570
3	569.5200	27.2000	8.5316	23.8640	11.1440
4	561.1100	27.0490	3.1843	60.7480	8.7165
5	555.2700	27.3390	17.6310	31.8480	11.1210
6	1942.8000	26.8930	15.3740	14.3320	4.7028
average	585.8500	26.8710	8.6529	33.7257	9.9137

Tensile Strength Testing Machine

6.สรุปผลการทดลอง

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองสรุปได้ว่าการทดลองทั้ง 2 สภาวะนั้น เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษามาอย่างถูกต้อง ทำให้ได้ทราบถึงแนวทางการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Catia มาช่วยในการวิเคราะห์และช่วยหาข้อมูลการเกิด Stress ได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามแนวทางในการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาอื่นๆทางด้านวิศวกรรมได้

7.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณยุพธนา ธนุศร ทีมงานทุกท่านและ บริษัท เอส.พี.เค.พลาสติก จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้

8.เอกสารอ้างอิง

- [1] “การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด1”, ชาลี ตระการกุล , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)
- [2] “การออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก”, ดำรงไชยธิดานูวัฒน์ศิริ , ซีเอ็ดดูเคชั่น
- [3] “แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก”, Mr.KLAUS SCHULZ , สวัสดิการสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรและโลหะการ
- [4] “งานฉีดพลาสติก”, วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน)/2540