ผลของการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็นและกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบที่มีต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด

Effect of Sub-zero Treatments and Heat Treatment under Pressure of Quenching Media on Wear of Blanking Die

มาโนช ริทินโย[1]* กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน[1] อมรศักดิ์ มาใหญ่[2] อนุชิต คงฤทธิ์[3] พงษ์ศักดิ์ รุนกระโทก[1]
จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุมความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา
E-mail: manote@rmuti.ac.th*

Manote Rithinyo[1*] Kampanat Taysongnoen[1] Amornsak Mayal[2] Anuchit Khongrit[3] Phongsak Runkratok[1]
Jittiwat Nithikarnjanatharn[2]
[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
Rajamangala University of Technology Isan
[2]Polymer Processing and Heat Treatment of Metals Reseasrch Units
Rajamangala University of Technology Isan
[3]Industrial management Program, Faculty of Industrial Technology,
Nakornratchasima Rajabhat University
E-mail: manote@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของพันช์ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ที่ผ่านกระบวนการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็นและกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ วัสดุปั้มตัดทำจากเหล็กคาร์บอน AISI 1020 ปั้มตัดชิ้นงานรูปร่างสี่เหลี่ยม ขนาด 10x10 mm. ความหนา 3 mm. ใช้ค่าช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ 5% ของความหนาชิ้นงาน ปั้มตัดชิ้นงานจำนวน 10,000 ชิ้นต่อกรรมวิธีการอบชุบ ในสภาพไม่ใช้สารหล่อเย็น วัดผลการศึกษาโดยการชั่งน้ำหนัก วัดระยะการสึกหรอ และวัดค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน (Shear band)

ผลของกรรมวิธีการอบชุบ พบว่า เหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ที่ผ่านการอบชุบทางความเย็นมีโครงสร้างของโครเมียมคาร์ไบด์ที่มีขนาดเล็กกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอบนโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ และมีโครงสร้างออสเทนไนต์ตกค้างขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ระหว่างโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ตลอดทั้งชิ้นงาน ผลการทดสอบสมบัติทางกล พบว่าค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ เท่ากับ 58.56 HRC สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ผ่านการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าโครงสร้างจุลภาคของเหล็กมีโครงสร้างมาร์เทนไซต์ และ โครเมียมคาร์ไบด์ขนาดเล็กกระจายตัวสม่ำเสมอทั่วโครงสร้าง ผลการทดสอบสมบัติทางกล พบว่าค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ เท่ากับ 58.35 HRC

ผลการสึกหรอของพันช์เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก พบว่า พันช์ที่อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็น มีการสึกหรอมากในช่วงการปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 10 ถึง 4,000 โดยมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักค่อนข้างมาก

คิดเป็น 5.73% และเมื่อการปั๊มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 4,001 ถึง 10,000 พบว่าพันช์มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไปจากเดิมเล็กน้อย คิดเป็น 1.09% สำหรับพันช์ที่อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าการปั๊มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 10 ถึง 10,000 พันช์มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไปจากเดิม 1.31%

คำสำคัญ: แม่พิมพ์ปั๊มตัด การสึกหรอ กรรมวิธีการอบชุบ โครงสร้างจุลภาค

Abstract

This research studied the wear of punch made of JIS SKD 11 through heat treatment process with sub-zero treatments and heat treatment under pressure of quenching media materials blanking made of carbon steel AISI 1020 blanking piece. Rectangular shape, size 10x10 mm. thickness 3 mm. using the cutting clearance 5% blanking pieces to 10,000 pieces of heat treatment processes. In no coolant. By measuring the wear by weighing the punch. Wear Punch and Shear band.

Effect of heat treatment processes JIS SKD 11 through sub-zero treatments found that the structure of chromium carbide smaller distributed evenly on the structure of martensite residual austenite structure is small, the structure of martensite dispersed throughout the specimen. The hardness of the test specimen 58.56 HRC. JIS SKD 11 tool steel through heat treatment under pressure of quenching media found chromium carbide structure and martensite dispersed uniformly throughout the small structure. The hardness of the test specimen equal to 58.35 HRC.

The wear of punch considering the weight of the punch, the heat treatment with sub-zero treatments for stamping 10 to 4000 changes in weight rather than representing 5.73% and stamping 4,001 to 10,000 punch with weight change from the original 1.09%. Punch for the heat by heat treatment under pressure of quenching media found that 10 to 10,000 parts stamping punch with the weight changes from the original 1.31%.

Keyword: Blanking Punch, Wear, Heat Treatment, Microstructure

1. บทนำ

การตัดเฉือนชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ตัดทำให้เกิดความเค้นกระทำต่อพันช์และดายเช่นกัน ส่งผลให้พันช์และดายเกิดการสึกหรอ การปรับปรุงสมบัติของพันช์และดายให้มีความต้านทานต่อการสึกหรอ ด้วยเทคนิควิศวกรรมการอบชุบทางความร้อน จึงมีความจำเป็น ทั้งนี้เพื่อทำให้โครงสร้างของวัสดุมีความแข็งแรง สามารถต้านทานการสึกหรอได้ดีขึ้น จากวรรณกรรมที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับการอบชุบทางความร้อน พบว่าสามารถเพิ่มความต้านทานการสึกหรอในเหล็กกล้ามากขึ้น [1] ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ทำจากเหล็ก JIS SKD11 และ S50C อบชุบด้วยกรรมวิธีอบชุบด้วยกรรมวิธี Hardening และ Pack Carburizing [2] ศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะการเผาอุ่นที่มีต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด [3] ศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีการอบชุบที่มีต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ปั๊มตัดด้วยกรรมวิธีอบชุบด้วยกรรมวิธี Spray และการอบชุบภายใต้สภาวะก๊าซปกคลุมในเตาชุบ [4] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคและคุณสมบัติของเหล็ก AISI D2 ภายใต้การอบชุบทางความร้อน และความเย็นโดยทำการชุบแข็งเหล็กกล้า AISI D2 ที่อุณหภูมิ 1,020oC นำมาผ่านกระบวนการอบชุบความเย็นที่อุณหภูมิ -75oC, -125oC, - 196oC และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 210oC [5] การบำบัดเย็นยิ่งยวด ซึ่งสามารถเพิ่มความแข็งและความต้านทานการสึกหรอโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเหล็กกล้าเครื่องมือ โดยการอบที่อุณหภูมิสูงแล้วเย็นตัวในไนโตรเจนเหลว และ [6] การบำบัดเย็นด้วยไนโตรเจนเหลวหลังการชุบแข็ง สามารถเพิ่มความแข็งและต้านทานการสึกหรอแบบขัดสีสำหรับเหล็กหล่อโครเมียมสูง 16%Cr-1%Mo-1%Cu จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ปรากฏมีผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบผลการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็นและกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันที่มีต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดทำจาก

เหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD11 ที่ผ่านการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็นและกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดัน

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยนี้ใช้เหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD11 เป็นชิ้นงานทดสอบ อบชุบด้วยเตาอบชุบกระแสเหนี่ยวนำ วัดแรงดันการพ่นก๊าซอาร์กอนด้วยมาตรวัดแรงดัน นำชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการอบชุบมาทำพันช์แบบอินเสิร์ท ขนาด 9.86 x 9.86 mm. ส่วนประกอบทางเคมีของพันช์ ดังตารางที่ 1 วัตถุดิบสำหรับปั้มตัดทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1020 ซึ่งมีค่า Tensile Strength 245 N/mm2 ค่า Elongation 25%, ค่า Yield Strength 200-300 MPa. และค่าความแข็ง 116-176 HB. ชิ้นงานรูปร่างสี่เหลี่ยม ขนาด 10x10 mm. ความหนา 3 mm.

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11

ลำดับ	ส่วนประกอบทางเคมี	
1	คาร์บอน (C)	= 1.50%
2	แมงกานีส (Mn)	= 0.45%
3	โครเมียม (Cr)	= 12.00%
4	ซิลิกอน (Si)	= 0.40%
5	นิกเกิล (Ni)	= 0.50%
6	โมลิบดินัม (Mo)	= 1.00%
7	วาเนเดียม (V)	= 0.40%

วิธีการและเงื่อนไขการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. การศึกษากรรมวิธีอบชุบที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคและค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ ดังนี้

1.1 กรรมวิธีการอบชุบทางความเย็น

ปรับปรุงสมบัติเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 โดยอบออสเทนไนไทซิง 1,020°C เวลา 1 ชั่วโมง และเย็นตัวในเตาภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน Snap temper 100°C เวลา 1 ชั่วโมง เย็นตัวในเตาภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน อบชุบทางความเย็นที่อุณหภูมิ -190±5°C ด้วยไนโตรเจน เหลว และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 210°C เวลา 1 ชั่วโมง

1.2 กรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ

ปรับปรุงสมบัติของเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ โดยอบชิ้นงานทดสอบที่อุณหภูมิ 400°C ในเตา เวลา 30 นาที จากนั้นอบชิ้นงานทดสอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิเป็น 600°C ทิ้งไว้ในเตาเวลา 30 นาที จากนั้นอบชิ้นงานทดสอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิเป็น 650°C ทิ้งไว้ ในเตาเวลา 30 นาที และอบชิ้นงานทดสอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 1050°C นำชิ้นงานออกจากเตาอบ ทำให้เย็นตัวด้วยการพ่นด้วยน้ำมันที่แรงดัน 7 bar เวลา 3 นาที ตรวจสอบโครงสร้างและทดสอบความแข็ง

1.3 การทดสอบความแข็งและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

ตัดชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องตัด (Cut off Machine) มีลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยม ปรับระนาบผิวชิ้นงานทดสอบด้วยกระดาษทรายและขัดผิวมันด้วยผ้าสักหลาดโดยใช้ผงอลูมิน่า ขนาด 0.5 และ0.3 μm กัดผิวชิ้นงานทดสอบด้วยสารละลาย 9a เวลาจุ่ม 8 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่น ตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์และทดสอบความแข็งของชิ้นงานแบบไมโครวิคเกอร์ แรงกด 500 กรัม เวลากด 5 วินาที

2. การศึกษาการสึกหรอของพันช์

2.1 การปั้มตัดชิ้นงาน

ศึกษาการสึกหรอของพันช์ด้วยการปั้มตัดชิ้นงาน จำนวน 10,000 ชิ้นงานต่อกรรมวิธีการอบชุบด้วยเครื่องปั้มตัดขนาดแรงปั้มตัด 20 ตัน ใช้กล้องจุลทรรศน์ถ่ายภาพการสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงาน กำลังขยาย 20 เท่า บันทึกภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานและวัดขนาดสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และชั่งน้ำหนักพันช์ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลความแม่นยำ เท่ากับ 0.001 ดังนี้

1) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 1 ถึง 200 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 10 ครั้ง

2) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 200 ถึง 500 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 50 ครั้ง

3) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 500 ถึง 1,000 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 100 ครั้ง

4) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 1,000 ถึง 2,000 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 200 ครั้ง

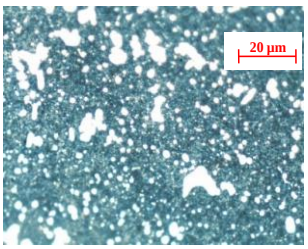
5) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 2,000 ถึง 3,000 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 500 ครั้ง

6) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 3,000 ถึง 5,000 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 1,000 ครั้ง

7) ปั้มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 5,000 ถึง 10,000 วัดค่าสึกหรอของพันช์และสภาพรอยตัดเฉือนของชิ้นงานทุก 2,000 ครั้ง

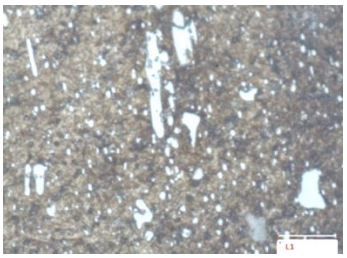
3. ผลการศึกษา

ผลของกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็นของเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ที่อุณหภูมิ -190oC และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 210oC เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าโครงสร้างจุลภาคของเหล็กมีโครงสร้างของโครเมียมคาร์ไบด์ที่มีขนาดเล็กกระจายตัวสม่ำเสมอบนโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ และพบโครงสร้างของออสเทนไนต์ตกค้างขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ระหว่างโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ตลอดทั้งชิ้นงาน ดังรูปที่ 1 ซึ่งพบว่าค่าความแข็ง เท่ากับ 58.56 HRC



รูปที่ 1 โครงสร้างเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็นอุณหภูมิ -190°C และอบคืนตัว

ผลของกรรมวิธีการอบชุบเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ด้วยน้ำมันที่สภาวะแรงดันสารชุบ 7 bar พบว่าโครงสร้างจุลภาคของเหล็กมีโครงสร้างมาร์เทนไซต์และโครเมียมคาร์ไบด์ขนาดเล็กกระจายตัวสม่ำเสมอทั่วโครงสร้าง ดังรูปที่ 2 ซึ่งพบว่าค่าความแข็ง เท่ากับ 58.35 HRC

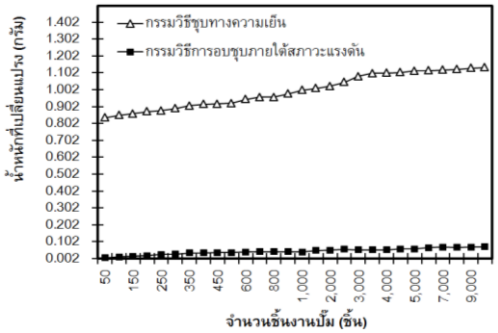


รูปที่ 2 โครงสร้างเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ

ผลการสึกหรอของพันช์

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพันช์

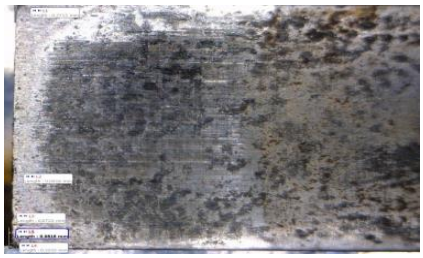
การปั้มตัดชิ้นงานของพันช์ที่อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็น ช่วงชิ้นที่ 10 ถึง 4,000 มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก คิดเป็น 5.73% และชิ้นงานชิ้นที่ 4,001 ถึง 10,000 พันช์มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก คิดเป็น 1.09% สำหรับพันช์อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าชิ้นงานชิ้นที่ 10 ถึง 10,000 พันช์มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไปคิดเป็น 1.31% ดังรูปที่ 3



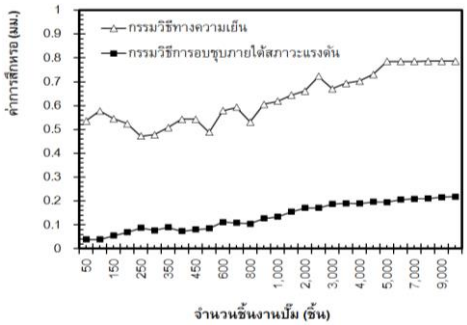
รูปที่ 3 กราฟการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพันช์

การสึกหรอของพันช์

พันช์ที่อบชุบทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่ามีการสึกหรอแบบการขัดถู (Abrasive Wear) โดยสึกหรอตามแนวยาวบริเวณด้านข้างของพันช์ (Flank wear) ดังรูปที่ 4



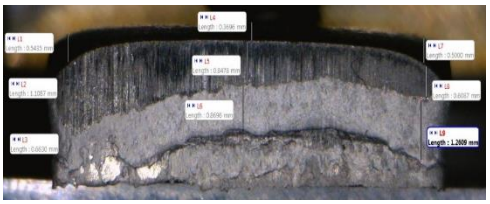
รูปที่ 4 ลักษณะการสึกหรอของพันช์



รูปที่ 5 กราฟการสึกหรอของพันช์

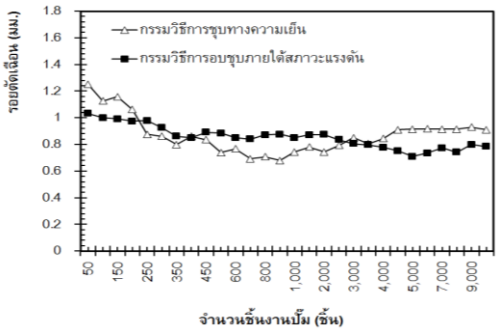
จากรูปที่ 5 พันช์ที่อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็น พบว่า เมื่อปั๊มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 4,000 พันช์มีการสึกหรอ คิดเป็น 5.73% และปั๊มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 10,000 พบว่าพันช์มีการสึกหรอเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คิดเป็น 2.14% สำหรับพันช์ที่อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าพันช์มีการสึกหรอเพิ่มขึ้น คิดเป็น 4.76%

ลักษณะรอยตัดเฉือน



รูปที่ 6 รอยตัดเฉือนของชิ้นงาน

การวัดค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน (Cut Band) ดังรูปที่ 6 ซึ่งได้จากการปั๊มตัดชิ้นงาน ชิ้นที่ 10,000 พบว่าค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงานปั๊มตัดด้วยพันช์ที่อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็น เท่ากับ 0.9873 mm. ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคิดเป็น 27.15% สำหรับพันช์อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบมีค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน เท่ากับ 1.0316 mm. เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคิดเป็น 23.89% ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ชิ้นงานทดสอบผ่านการอบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันและการเปลี่ยนแปลงสารชุบ ทำให้เกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์และโครเมียมคาร์ไบด์กระจายตัวอยู่ทั่วชิ้นงาน สารชุบที่เป็นน้ำมันส่งผลให้เหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 มีค่าความแข็งสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากน้ำมันที่ใช้ทดลองผ่านการอุ่นจึงทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง และเมื่อได้รับแรงดันสูงที่เหมาะสมและพ่นชุบไปยังชิ้นงาน จึงส่งผลต่ออัตราการเย็นตัวของชิ้นงานสูงขึ้น

ชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการอบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็นที่อุณหภูมิ -190oC และอบคืนตัว ส่งผลให้เกิดโครงสร้างเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ที่มีลักษณะกลม ขนาดเล็ก มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้เหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 มีค่าความแข็งสูงขึ้น และเมื่อมีการอบคืนตัวเพื่อลดความเค้นตกค้างภายในชิ้นงานที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 มีค่าดูดซับแรงกระแทกที่ไม่ต่ำมาก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสถิติของผลการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็นและกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบที่มีต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two way ANOVA) ที่ใช้ค่าความเชื่อมั่น 95% (α=0.05) ดังตารางที่ 2 ถึง 5

ตารางที่ 2 ความแปรปรวนแบบสองทางของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพันช์

Source	DF	SS	MS	F	P
Number of blanking	7	0.0582	0.0083	2.16	0.166
Heat treatment	1	3.8582	3.8582	1000.89	0.00
Error	7	0.0269	0.0038		
Total	15	3.9434			

ตารางที่ 3 ความแปรปรวนแบบสองทางของค่าการสึกหรอของพันช์

Source	DF	SS	MS	F	P
Number of blanking	7	0.1123	0.0160	9.08	0.005
Heat treatment	1	1.0568	1.0568	598.16	0.000
Error	7	0.0123	0.0017		
Total	15	1.1815			

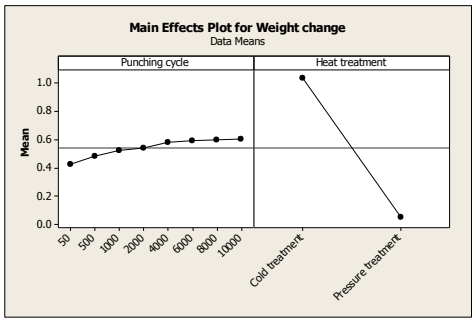
ตารางที่ 4 ความแปรปรวนแบบสองทางของค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน

Source	DF	SS	MS	F	P
Number of blanking	7	0.0279	0.0279	1.57	0.284
Heat treatment	1	0.0282	0.0282	1.58	0.249
Error	7	0.1247	0.0178		
Total	15	0.3485			

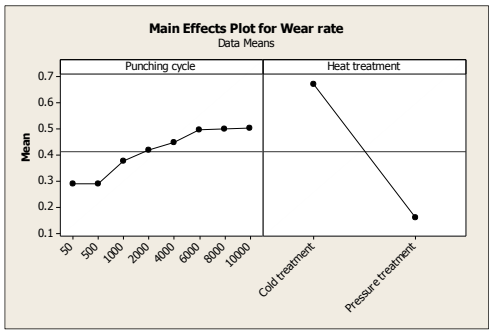
ตารางที่ 5 ค่า P-value ของความแปรปรวนแบบสองทาง

ตัวแปร / ลักษณะของแม่พิมพ์	กรรมวิธีการชุบแข็ง	จำนวนครั้งการปั๊มตัด
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพันช์	0.000	0.166
ค่าการสึกหรอของพันช์	0.000	0.005
ค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน	0.249	0.284

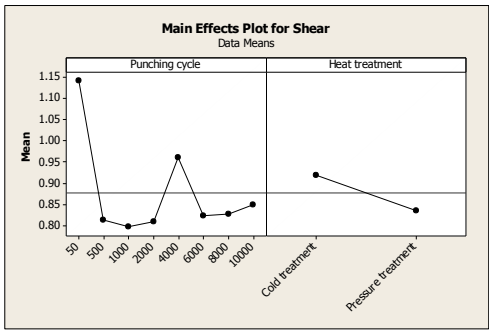
ค่า P-value ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ดังตารางที่ 5 ทำให้ทราบว่าตัวแปรด้านกรรมวิธีการชุบแข็งแตกต่างกันส่งผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและค่าการสึกหรอของพันช์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนด (α=0.05) แต่กรรมวิธีการชุบแข็งไม่ส่งผลต่อค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน เพราะมีค่า P-value มากกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนด ด้าน ตัวแปรจำนวนครั้งของการปั๊มตัดสูงขึ้นส่งผลต่อค่าการสึกหรอของพันช์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพันช์และค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน เนื่องจากมีค่า P-value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ผลที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งสามารถเปรียบเทียบจากกราฟอิทธิพลตัวแปรหลัก (Main Effect plot) ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพันช์ ค่าการสึกหรอของพันช์และค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน ดังรูปที่ 8, 9 และ 10



รูปที่ 8 กราฟอิทธิพลตัวแปรหลักของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพันช์



รูปที่ 9 กราฟอิทธิพลตัวแปรหลักของค่าการสึกหรอของพันช์



รูปที่ 10 กราฟอิทธิพลตัวแปรหลักของค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน

การคำนวณสมการถดถอยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการปั้มตัดที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของพันช์ ดังตารางที่ 6 สมการถดถอยของสมบัติพันช์ที่ผ่านกรรมวิธีทางความเย็น แสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งการปั้มตัดส่งผลต่อลักษณะพันช์ โดยมีอิทธิพลในเชิงบวก (Positive effect) หมายความว่าการเพิ่มจำนวนครั้งการปั้มตัดสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ค่าการสึกหรอของพันช์ และค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงานสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของแต่ลักษณะอยู่ที่ 73.6%, 71.3% และ 58.1% ตามลำดับ

ตารางที่ 6 สมการถดถอยของสมบัติต่างของพันช์ที่ผ่านกรรมวิธีทางความเย็น

ลักษณะของแม่พิมพ์	สมการถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพันช์	= 0.933 + 0.000025×Puncing cycle	73.6%
ค่าการสึกหรอของพันช์	= 0.0981 + 0.000015×Puncing cycle	71.3%
ค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน	= 0.914 - 0.000020×Puncing cycle	58.1%

สมการถดถอยของสมบัติต่างๆ ของพันช์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันแสดงลักษณะอิทธิพลคล้ายกับการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็น ซึ่งมีอิทธิพลเชิงบวก หมายความว่าจำนวนครั้งการปั้มตัดสูงขึ้นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและการสึกหรอของพันช์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เท่ากับ 73.6% และ 81.1% ตามลำดับ แต่ค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงานไม่สัมพันธ์กับจำนวนครั้งการปั้มตัด เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.0 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมการถดถอยของสมบัติต่างของพันช์ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดัน

ลักษณะของแม่พิมพ์	สมการถดถอย	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพันช์	= 0.933 + 0.000025×Puncing cycle	73.6%
ค่าการสึกหรอของพันช์	= 0.560 + 0.000028×Puncing cycle	81.1%
ค่ารอยตัดเฉือนของชิ้นงาน	= 0.915 + 0.000001×Puncing cycle	0.0%

สรุปผลการทดลอง

การสึกหรอของพันช์ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ที่ผ่านกระบวนการอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความเย็นและกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ที่ผ่านการอบชุบทางความเย็นมีโครงสร้างของโครเมียมคาร์ไบด์ที่มีขนาดเล็กกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอบนโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ และมีโครงสร้างออสเทนไนต์ตกค้างขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ระหว่างโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ตลอดทั้งชิ้นงาน ซึ่งพบว่าค่าความแข็งของ เท่ากับ 58.56 HRC สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD 11 ผ่านการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าโครงสร้างจุลภาคของเหล็กมีโครงสร้างมาร์เทนไซต์ และโครเมียมคาร์ไบด์ขนาดเล็กกระจายตัวสม่ำเสมอทั่วโครงสร้าง ซึ่งพบว่าค่าความแข็ง เท่ากับ 58.35 HRC

การสึกหรอของพันช์พบว่าพันช์อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบทางความเย็น มีการสึกหรอมากในช่วงการปั๊มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 10 ถึง 4,000 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักคิดเป็น 5.73% และชิ้นงานชิ้นที่ 4,001 ถึง 10,000 พบว่าพันช์มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก คิดเป็น 1.09% สำหรับพันช์อบชุบด้วยกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะแรงดันของสารชุบ พบว่าการปั๊มตัดชิ้นงานชิ้นที่ 10 ถึง 10,000 พันช์มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก คิดเป็น 1.31%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และบุคลากรของสถาบันวิจัยและพัฒนา ทุกท่าน ไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] มาโนช ริทินโย. 2553. การเปรียบเทียบพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ได้จากการอบชุบด้วยกรรมวิธีสเปร์. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปีที่ 13. (3) : 42-56.

[2] มาโนช ริทินโย, ชานนท์ บุนนท์, กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน, จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร. 2556. อิทธิพลของกรรมวิธีการอบชุบภายใต้สภาวะการเผาอุ่นที่มีต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ปั๊มตัด. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2556 16-18 ตุลาคม 2556 พัทยา ชลบุรี.

[3] มาโนช ริทินโย, จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร. 2558. อิทธิพลของกรรมวิธีการอบชุบที่มีต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ปั๊มตัด. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2558, 6-7 สิงหาคม 2558 กรุงเทพมหานคร.

[4] D. Das, K.K. Ray, A.K. Dutta. Influence of temperature of sub-zero treatments on the wear behaviour of die steel. Elsevier. Wear 267 (2009) 1361-1370

[5] Simranpreet, S. G., Jagdev, S., Rupinder S. and Harpreet S., Metallurgical principles of cryogenically treated tool steels-a review on the current state of science, Int J Adv Manuf Technol. 2011; 54: 59–82

[6] Wanga J., Xionga J., Fan H., Yanga H. , Liub, H. and Shenb, B. Effects of high temperature and cryogenic treatment on the microstructure and abrasion resistance of a high chromium cast iron. journal of materials processing technology. 2 0 0 9; 2 0 9 : 3236–3240