

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการอบชุบที่อุณหภูมิต่ำต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS M-SKD11 และ JIS SKS3 ซึ่งได้กำหนดสถานะในการอบชุบทั้งหมด 12 สถานะ จากการทดลองเพื่อควบคุมอุณหภูมิของชิ้นงานในถังอบชุบเย็น สามารถลดอุณหภูมิของชิ้นงานด้วยอัตราการลดลง  $0.5^{\circ}\text{C}/\text{นาที่}$  จากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิของไนโตรเจนเหลว และสามารถรักษาอุณหภูมินี้ไว้ได้ 35 ชั่วโมง และอุณหภูมิชิ้นงานเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา  $0.25^{\circ}\text{C}/\text{นาที่}$  จากผลการทดลองพบว่าเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS M-SKD11 ชิ้นงาน As-Received มีโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟอร์ไรต์ มีความแข็งประมาณ 13 HRC มีค่า Absorbed Energy เฉลี่ยประมาณ 12.7 J เมื่อผ่านการชุบแข็งและอบชุบที่อุณหภูมิต่ำ โครงสร้างเฟอร์ไรต์เปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ และทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ค่า Absorbed Energy ลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปที่  $250^{\circ}\text{C}$ ,  $530^{\circ}\text{C}$  และ  $530^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 100 นาที จะเห็นโครงสร้างจุลภาคของมาร์เทนไซต์ไม่ชัดเจน และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD พิก 2 $\theta$  มีแนวโน้มจะเคลื่อนไปทางเฟอร์ไรต์ทำให้ค่าความแข็งลดลงและค่า Absorbed Energy เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKS3 พบว่าชิ้นงาน As-Received มีโครงสร้างเฟอร์ไรต์และซีเมนไทต์ มีค่าความแข็งประมาณ 13 HRC และมีค่า Absorbed Energy เฉลี่ย 24.64 J ภายหลังการชุบแข็งและอบชุบที่อุณหภูมิต่ำ และเพิ่มอุณหภูมิไปที่  $100^{\circ}\text{C}$  ชิ้นงานมีโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ มีค่าความแข็งประมาณ 68 HRC และมี Absorbed Energy ลดต่ำลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปที่  $220^{\circ}\text{C}$  และ  $220^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 180 นาที จะเห็นโครงสร้าง

มาร์เทนไซต์ไม่ชัดเจนและฟีก 2θ มีแนวโน้มเข้าใกล้เฟอร์ไรต์ มีค่าความแข็งลดลงและ Absorbed Energy 173583 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในลักษณะเช่นเดียวกับเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS M-SKD11 ในการทดสอบความต้านทานการสึกหรอพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากมีเศษลูกบอลกดติดที่ผิวหน้าชิ้นงาน

คำสำคัญ : การอบชุบที่อุณหภูมิต่ำ / เหล็กกล้าเครื่องมือ JIS M-SKD11 / เหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKS3 / XRD

The research was to study of effect of sub-zero treatment process on microstructure and mechanical properties of JIS M-SKD11 and JIS SKS3 tool steels by using 12 different treatment conditions. The experiment on sub-zero treatment unit was found that cooling rate could be controlled to be  $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  from ambient temperature to the temperature of liquid nitrogen, and maintained for 35 hrs, and the heating rate could be controlled to room temperature at  $0.25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . The as-received JIS M-SKD11 specimens had ferrite matrix structure, hardness of 13 HRC and absorbed energy of 12.7 J. After hardening and sub-zero treatments, the microstructure was changed from ferrite to martensite. The hardness was increased but the adsorbed energy was decreased. At higher temperature treatment conditions, i.e.,  $250^{\circ}\text{C}$ ,  $530^{\circ}\text{C}$  and  $530^{\circ}\text{C}$  for 100 min, the martensite structure could not be clearly identified by optical micrographs so the XRD technique was used to identify the position shift of 2-theta peak from martensite to ferrite. This could be used to explain the reason why the hardness was decreased and absorbed energy was slightly increased.

In JIS SKS3 tool steels, it was also found the matrix structure of ferrite. Its hardness was approximately 13 HRC, and its average absorbed energy was about 24.64 J. After hardening and sub-zero treatment and heating up to  $100^{\circ}\text{C}$ , the microstructure was transformed to martensite, which could be clearly identified by optical micrographs and XRD-techniques. The hardness was increased to 68 HRC and absorbed energy

was significantly lower. After increasing the temperature to 220°C and 220°C for 180 minutes, the martensite becomes unclear upon the micrograph examinations, but the tendency of 2-theta peak was shifted to ferrite in the XRD-examination. In this research, the results from wear resistance test could not be concluded. The error must come from improper indenter ball because of lower hardness than that of the specimens.

**Keywords:** Sub-Zero Treatment / JIS M-SKD11 Tool Steel / JIS SKS3 Tool Steel / XRD