การพัฒนาต้นแบบมือกลสำหรับคนพิการ โดยใช้โลหะจำรูป

Development of Robotic Hand Prototype for Handicaps by Using Shape Memory Alloys (SMA)

รุจิศักดิ์ เมืองสง[1*] , วุฒิชัย พลวิเศษ[1] และ อนรรฆ ขันธะชวนะ[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ 0-2470-9092 โทรสาร 0-2470-9092 * อีเมล์ rujisak_m@yahoo.com
[2*]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ 0-2470-9116 โทรสาร 0-2470-9111 อีเมล์ anak.kha@kmutt.ac.th
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Rujisak Muangsong[1*] , Wutthichai Polwisate[1] and Anak Khantachawana[2]
[1] Department of Instrumentation and Control systems Engineering, Faculty of Engineering
Tel 0-2470-9092, Fax 0-2470-9092, * E-mail rujisak_m@yahoo.com
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
Tel 0-2470-9116 Fax 0-2470-9111 E-mail anak.kha@kmutt.ac.th
King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Prachautit Rd., Tungkru, Bangkok 10140, Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบมือกลสำหรับคนพิการ โดยใช้โลหะจำรูปเป็นตัวขับเคลื่อนแทนการใช้มอเตอร์ ซึ่งมือกลนี้จะมีขนาดและการเคลื่อนที่ได้ใกล้เคียงกับมือมนุษย์ โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของนิ้วมือเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบให้มือกลมีการเคลื่อนที่ด้วยข้อต่อต่างๆของนิ้วมือ ซึ่งได้ใช้อลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลักและใช้โลหะจำรูปเป็นส่วนขับเคลื่อนนิ้วมือ มีวงจรเซ็นเซอร์ที่คอยทำการตรวจเช็คการสัมผัสกับวัตถุ ในส่วนของการควบคุมได้ใช้หลักการมัลติโปรเซสเซอร์เพื่อแยกการควบคุมแบบอิสระของแต่ละนิ้วมือ และใช้การควบคุมการเคลื่อนที่ของโลหะจำรูปด้วยหลักการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนโดยควบคุมกระแสไฟฟ้าด้วยการควบคุมความกว้างของสัญญาณพัลส์ จากการทดลองงานวิจัยได้เลือกความถี่ 1500 เฮิรตซ์ในการควบคุมโลหะจำรูป และรูปแบบของการเคลื่อนไหวจะเป็นไปตามคำสั่งที่ได้กำหนดไว้แล้วโดยมือกลสามารถแสดงสัญลักษณ์ทางมือได้และสามารถที่จะหยิบจับวัตถุทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์-กลางขนาดประมาณ 45 ถึง 70 มิลลิเมตรได้

Abstract

The purpose of the present work is to fabricate and develop robotic hand prototype for handicaps by using shape memory alloys (SMA) in stead of motors. The design of the robotic hand was based on the realistic dimension's hand movement of handing. The work was initated by studying the movement of human's hands and fingers. The mechanical structure was made of aluminum alloys, moreover, using SMA (shape memory alloys) as the actuators to control the finger's movement. The sensor circuit was also installed for sensing the touchable material. In addition, the robot had a functions to move the finger represent some necessary symbols. The microcontroller with multi-processing technique was implied for command individual fingers by manipulating the pulse width modulation(PWM). Shape memory alloys actuators were controlled by current control technique called pulse width modulations. The suitable frequency for the current control was selected from experiments. The results show that robotic hand can display symbols and grab the object with a diameter about 45 to 70 millimeters.

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ความต้องการผลิตภัณฑ์สินค้าใหม่ๆ ก็มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นด้วย มนุษย์จึงได้สร้างเครื่องจักรซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการผลิตทำให้สามารถผลิตสินค้าได้มาตรฐานและมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ เครื่องจักรที่ช่วย

ในการผลิตส่วนใหญ่ไม่ได้มีการทำงานแบบอัตโนมัติทั้งหมด ซึ่งในบางขั้นตอนก็ยังต้องมีพนักงานเข้าไปช่วยในกระบวนการผลิต ซึ่งถ้ามีพนักงานที่ทำงานด้วยความประมาทหรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ก็จะได้รับอันตรายจากการทำงานร่วมกับเครื่องจักร อาจถึงขั้นเสียชีวิตหรือพิการ ขาขาด มือขาด แขนขาด ซึ่งในปัจจุบันนี้มีผู้ที่มีความพิการทางมือเพิ่มมากขึ้นทุกวันซึ่งคนเหล่านี้จะไม่สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติเหมือนเดิม

ในขณะนี้ก็ได้มีหน่วยงานหลายหน่วยงานได้เข้ามาร่วมกันแก้ไขปัญหาโดยจัดตั้งมาตรฐานอุตสาหกรรมและร่วมกันรณรงค์เรื่องของ การปลอดภัยไว้ก่อน สำหรับการทำงาน รวมถึงหน่วยงานที่เข้ามาช่วยเหลือผู้ที่ได้รับความพิการ มือขาด แขนขาด โดยมีการจัดทำ แขนเทียมและมือเทียม โดยที่ยังคงมีการเคลื่อนที่จำกัดแค่ 1 องศาอิสระสำหรับผู้พิการ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต ในทางตรงข้ามก็ได้มีการสร้างแขนกลที่สามารถควบคุมได้หลายองศาอิสระในการเคลื่อนที่ มีคอมพิวเตอร์ที่ใช้สามารถควบคุมแขนกล ซึ่งถูกสร้างมาแล้วไม่ต่ำกว่า 100 ปี แต่มีองศาอิสระที่ใช้ในการหยิบจับแค่ 1 องศาอิสระ [3] และในเวลาต่อมาก็ได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีหุ่นยนต์สมัยใหม่เพื่อจัดทำอุปกรณ์เทียมต่างๆ [5] โดยมีการปรับปรุงน้ำหนักให้เบา มีความคล่องแคล่วว่องไว โดยมีการพัฒนาส่วนของการควบคุมให้มีหลายองศาอิสระในการเคลื่อนที่ รวมถึงการติดตั้งตัวตรวจจับที่มีการป้อนกลับ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่พิการที่มือขาด แขนขาด [2]

ผลของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จึงได้มีการพัฒนามือกลที่มีหลายนิ้วและมีองศาอิสระการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นเช่น มือกล DRL, มือกล NTU และมือกล Robonaut [4,7,8,9] ซึ่งมือกลเหล่านี้เป็นมือกลที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงแต่ผลที่ตามมาคือมีระบบที่ใหญ่โตมีน้ำหนักมากซึ่งในที่สุดก็ไม่สามารถนำมาใช้กับมนุษย์ได้

ความเป็นไปได้ของยุคสมัยใหม่คือ มือกลขนาดต้องเล็กมีเหมาะสมและกะทัดรัดเหมือนมือมนุษย์ มีการใช้วัสดุชาญฉลาด(Smart material) ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ โลหะจำรูป (Shape Memory Alloys: SMA)

ปกติถ้าเราต้องการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุที่ทำจากโลหะ เราจะต้องใช้แรงในการดัดงอชิ้นโลหะนั้น และถ้าเราต้องการทำให้วัสดุนั้นกลับมามีรูปร่างเดิมเราก็ต้องใช้แรงดัดกลับเช่นกัน อย่างไรก็ตามมีโลหะบางชนิดที่มี ความสามารถพิเศษกล่าวคือสามารถ “จำ” และเปลี่ยนกลับคืนรูปร่างเดิมก่อนการแปรรูปได้ ถ้าเราทำให้โลหะนั้นร้อนขึ้นหรือเย็นลงอย่างพอเหมาะ ซึ่งก็คือโลหะจำรูป

โลหะจำรูปเป็นวัสดุฉลาดชนิดหนึ่งที่สามารถจดจำและกลับคืนรูปร่างเดิมได้เมื่อได้รับความร้อนจากภายนอก หรือเรียกว่าสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้ ในปัจจุบันนี้นิยมนำมาใช้เป็นต้นกำเนิดแรง (Actuators) และเซ็นเซอร์ ในงานต่างๆมากมาย เช่น ระบบควบคุมการทรงตัวของรถไฟฟ้า กลไกการเปิดปิดฝากล้องถ่ายรูป ไมโครมอเตอร์ ไมโครโรบอท [6] ฯลฯ

โลหะจำรูปมีการนำมาใช้เป็นต้นกำเนิดแรงสำหรับมือกล [12] โดยที่โลหะจำรูปที่นำมาใช้กับมือกลที่มีชื่อเสียงมากที่สุดคือมือกลของบริษัทฮิตาชิ (Hitachi Ltd. Hand) [13] ซึ่งมี 4 นิ้ว ซึ่งมีน้ำหนัก 4.49 กิโลกรัม ความยาว 69.85 เซนติเมตร ซึ่งเป็นมือกลที่มีจำนวนนิ้วมือไม่เหมือนมือมนุษย์จริงๆ มือกลชีวภาพโดยใช้โละจำรูป (Biomechanic SMA Hand) [11] เป็นมือกลที่มี 5 นิ้ว มีการใช้ลวดโลหะจำรูปมากถึง 4 เส้นต่อนิ้ว และที่ผ่านมามียังมีการศึกษาการนำโลหะจำรูปมาทำเป็นทำเป็นสปริง [1] เพื่อใช้แทนมอเตอร์ในมือกลแต่ในการควบคุมก็ยังไม่มีการจำกัดอุณหภูมิที่แน่นอนได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบมือกลที่มี 5 นิ้ว มีโครงสร้างเหมือนมือมนุษย์มีการเคลื่อนที่ได้ 10 องศาอิสระ(Degree Of Freedom: DOF) มีรูปแบบการเคลื่อนไหวของนิ้วมือที่ใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่ของนิ้วมือมนุษย์และ มีความสามารถที่จะแสดงท่าทางสัญลักษณ์ทางมือในรูปแบบที่เป็นการสื่อสารทางมือแบบสากล รวมถึงการการหยิบจับวัตถุได้ ซึ่งการเคลื่อนไหวของมือกลสำหรับคนพิการนี้จะมีโลหะจำรูป เป็นต้นกำเนิดแรงแทนการใช้มอเตอร์โดยทั่วๆ ไป

โลหะจำรูปที่ใช้ในงานนี้ได้ออกแบบให้มีรูปร่างเป็นสปริงแบบปิด (Closed coil spring) โดยเมื่อได้รับแรงภายนอก สปริงจะสามารถยืดออกได้โดยง่าย แต่เมื่อได้รับความร้อนเกิน 65 องศาซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนพลังไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนแล้วจะกลับคืนรูปเดิมได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของโลหะจำรูปที่นำมาใช้นั้นคือจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลง เมื่อได้รับความร้อนและเปลี่ยนรูปร่างกลับมายังรูปร่างเดิมที่เคยจดจำไว้ ซึ่งได้นำเอาคุณสมบัติดังกล่าวมาเป็นเทคนิคที่ใช้ในการควบคุมความร้อนของโลหะจำรูปเพื่อควบคุมการทำงานของมือกล

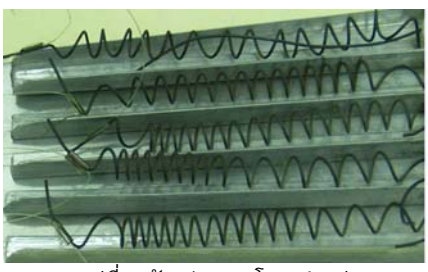
เค้าโครงของบทความนี้จะประกอบด้วย หัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีโลหะจำรูปและสมการสำคัญที่นำมาใช้ในการออกแบบการทำงาน หัวข้อที่ 3 นำเสนอวิธีการออกแบบทางกลและการออกแบบวงจรไฟฟ้า และการออกแบบการควบคุมการทำงาน หัวข้อที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองเพื่อหาการตอบสนองของโลหะจำรูป การทดสอบการจับสิ่งของของมือกล การทดสอบการแสดงสัญลักษณ์ทางมือ และหัวข้อที่ 5 จะสรุปบทความ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

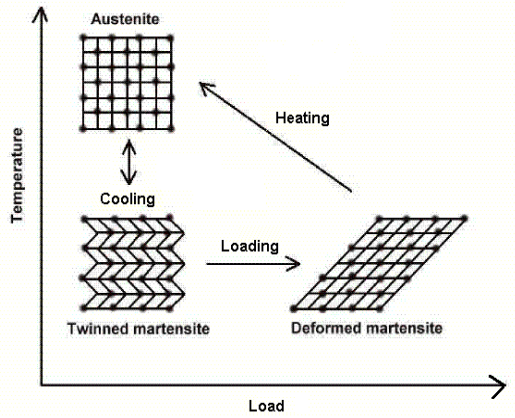
2.1 ทฤษฎีโลหะจำรูป

โลหะจำรูป คือ วัสดุที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างและขนาดไปยังรูปร่างและขนาดตั้งต้นได้ เมื่ออุณหภูมิที่ให้แก่โลหะนั้นเปลี่ยนไป

โลหะจำรูปมีหลายแบบซึ่งแตกต่างกันตามส่วนผสมเช่นชนิดทองแดง-แคดเมียม ชนิดทองแดง-สังกะสี (ทองเหลือง) ชนิดนิเกิล-ไทเทเนียม ชนิดไทเทเนียม-ไนโอเบียม ชนิดซิลเวอร์-แคดเมียม ชนิดคอปเปอร์-ซิงค์เป็นต้น ส่วนของโครงงานนี้เป็นโลหะจำรูปที่มีส่วนผสมของ ไทเทเนียม 50%, นิเกิล 40% และคอปเปอร์ 10%

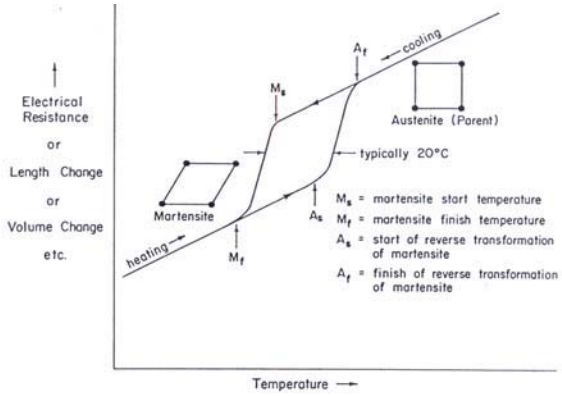


รูปที่ 1 ตัวอย่างลวดโลหะจำรูป



รูปที่ 2 ไดอะแกรมการเปลี่ยนเฟสของโลหะจำรูป

เมื่อสปริงจำรูปได้รับแรงดึงจะเปลี่ยนเฟสเป็นดีฟอร์มมาร์เทนไซต์ จากนั้นเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเฟสเป็นออสเทนไนต์ เมื่อปล่อยให้เหล็กเย็นตัวลง จะกลับคืนสู่เฟสทวินด์มาเทนไซต์เอง ซึ่งจากรูปแม้ว่าการจัดเรียงตัวของอะตอมในเฟสออสเทนไนต์จะแตกต่างกับเฟสทวินด์มาเทนไซต์ก็ตาม แต่รูปร่างลักษณะที่ปรากฏต่อสายตาจะมีลักษณะไม่แตกต่างกัน ดังแสดงรูปที่ 2



รูปที่ 3 ผลของอุณหภูมิต่อโครงสร้างและสมบัติของโลหะจำรูป

ผลของอุณหภูมิต่อโครงสร้างและสมบัติของโลหะจำรูปได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 เฟสออสเทไนต์ (Austenite) ซึ่งในภาพแทนด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นเฟสที่เสถียร ณ อุณหภูมิสูง ในขณะที่เฟสมาเทนไซต์ (Martensite) ซึ่งในภาพแทนด้วยสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเป็นเฟสที่เสถียร ณ อุณหภูมิต่ำ สมมติว่าเราทำให้โลหะจำรูปซึ่งเดิมมีโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์เย็นตัวลง จะพบว่าโครงสร้างจะเปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ โดยการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มที่อุณหภูมิ Ms และเสร็จสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ Mf แต่สำหรับกระบวนการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับจากมาร์เทนไซต์ไปเป็นออสเทนไนต์นั้นจะพบว่า การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มที่อุณหภูมิ As และเสร็จสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ Af จะเห็นว่าเส้นกราฟแสดงการเปลี่ยนเฟสของโลหะจำรูป จะมีลักษณะเป็น Hysteresis สำหรับโลหะจำรูปส่วนใหญ่จะมีความกว้างของ Hysteresisประมาณ 20˚C

2.4 สมการ

สมการคำนวณพลังงานจลน์ในสปริง

$$E_k = ½\ kx^2 \quad (1)$$

เมื่อ k หมายถึง ค่าคงที่ของสปริง
x หมายถึง ระยะยืดของสปริง

สมการแสดงแรงกดที่ปลายนิ้วเมื่อผ่านข้อทั้ง 3 ข้อของมือกล

$$F_r = K*\Sigma L_i \sin(T_i), i=1..3 \quad (2)$$

เมื่อ K หมายถึงค่าคงที่ของนิ้วแต่ละนิ้ว
L หมายถึงความยาวของข้อนิ้วแต่ละข้อ
T หมายถึงมุมของข้อนิ้วแต่ละข้อกระทำต่อกัน

3. การออกแบบ

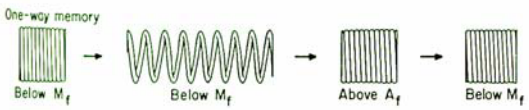
3.1การออกแบบทางกล

ถ้าเรานำสปริงจำรูปแบบปิด (Closed coil spring) โดยเมื่อได้รับแรงภายนอกก็จะเกิดการสูญเสียรูป จากนั้นทำให้สปริงนี้ร้อนขึ้นโดยได้รับอุณหภูมิที่สูงกว่า 65 องศาเซลเซียส สปริงจำรูปจะหดกลับรูปเดิมที่เคยจดจำไว้ อย่างไรก็ตามถ้าเราทำให้สปริงเย็นลงอีกครั้ง สปริงจะหดตัวอยู่อย่างนั้น ดังแสดงรูปที่ 4

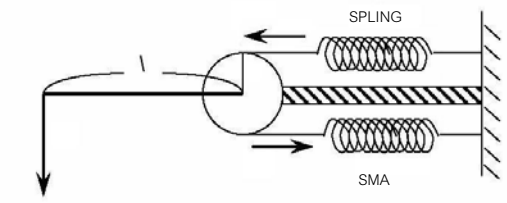
คุณสมบัติการยืดและหดตัวของสปริงจำรูปสามารถนำมาใช้งานได้กับการควบคุมการเคลื่อนที่ส่วนของนิ้วมือของมือกลได้ โดยใช้หลักการดึงรั้งกับสปริงธรรมดาแสดงรูปที่ 5,6 และ 7

งานวิจัยนี้ได้มีการนำลวดโลหะจำรูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรมาดัดเป็นสปริงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร โดยที่สปริงจำรูปยาว 170 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจะได้โลหะจำรูปที่จะมีการจำรูปสปริง

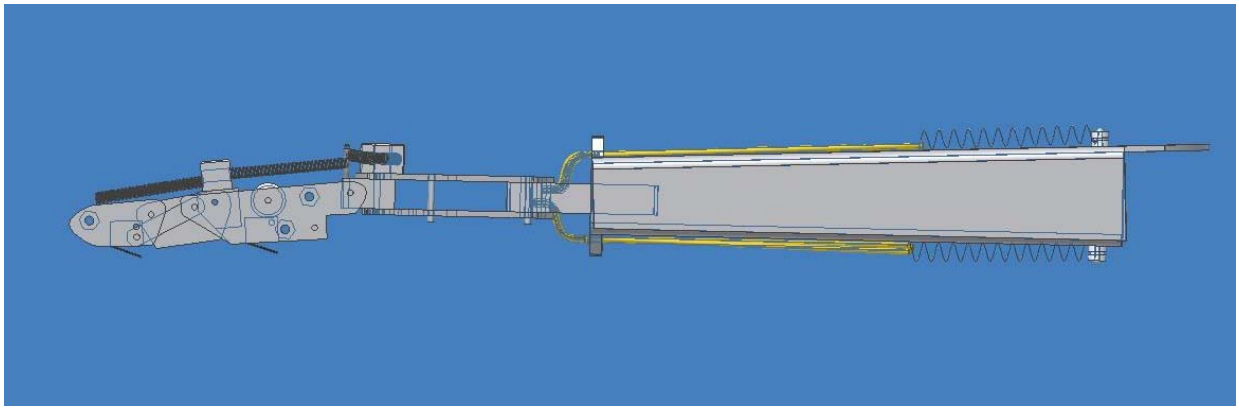
ส่วนโครงสร้างของมือกล ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำหรับการเคลื่อนที่ของมือ โดยมือกลที่จัดทำเป็นมือกลที่มี 5 นิ้วมีโครงสร้างเหมือนมือมนุษย์มีการเคลื่อนที่ได้ 10 องศาอิสระ(Degree Of Freedom: DOF) ซึ่งแบ่งออกเป็นนิ้วละ 2 องศาอิสระ จึงมีการใช้สปริงโลหะจำรูปทั้งหมด 10 เส้น ซึ่งทำให้โดยมือกลสามารถแสดงสัญลักษณ์ทางมือเลียนแบบมนุษย์ได้ และสามารถหยิบจับวัตถุลักษณะทรงกระบอก โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 45 ถึง 70 มิลลิเมตร



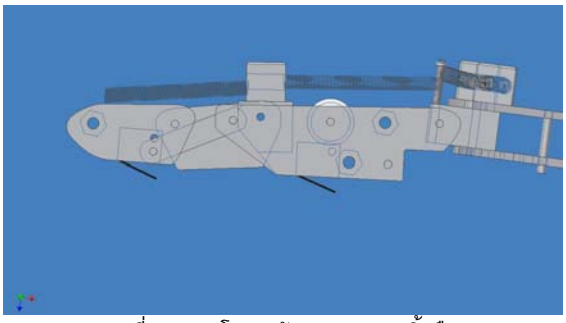
รูปที่ 4 สปริงจำรูปที่เดิมหดสั้นเป็นแบบปิด (Closed coil spring)



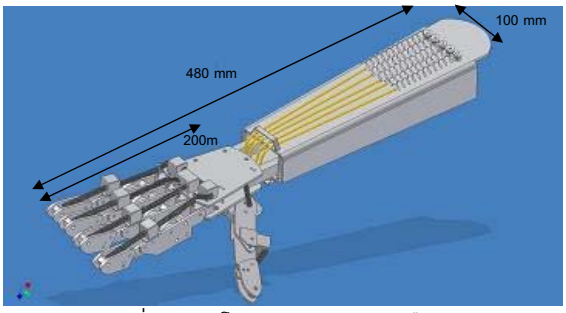
รูปที่ 5 การทำงานร่วมระหว่างสปริงจำรูปและสปริงธรรมดา



รูปที่ 6 การติดตั้งสปริงจำรูปและสปริงธรรมดาบนมือกล



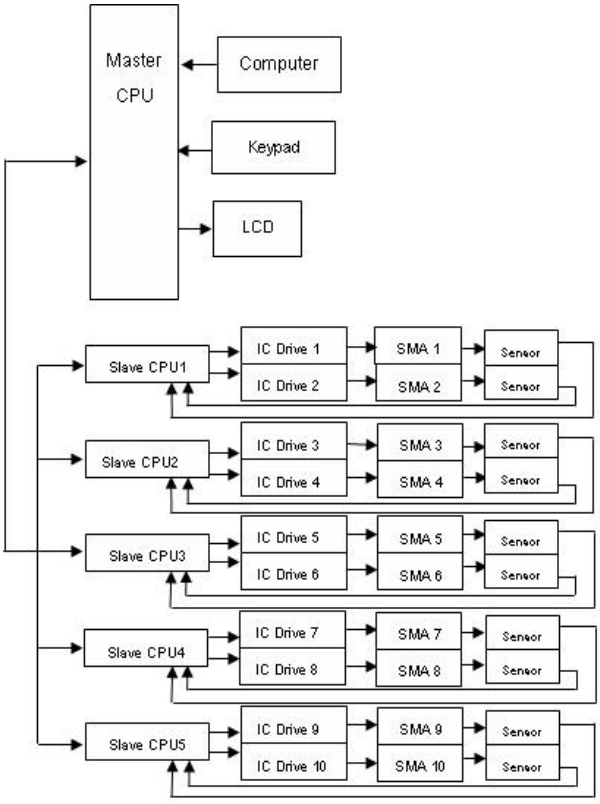
รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างทางกลของนิ้วมือ



รูปที่ 8 แสดงโครงสร้างทางกลของมือกล

3.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้า

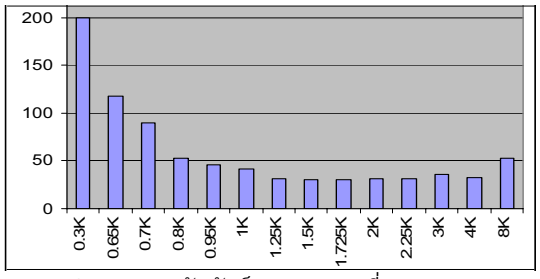
ต้นแบบมือกลใช้โลหะจำรูปเป็นตัวขับเคลื่อนโดยมีชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของนิ้วมือทั้งมือแบบหลายตัวประมวลผล(Multiprocessor) โดยแต่ละนิ้วจะมีตัวประมวลผลรอง 1 ตัว และมีตัวประมวลผลหลักคอยควบคุมการทำงานตัวประมวลผลรองทั้งหมดอีก 1 ตัว รวมทั้งหมด 6 ตัว การทำงานของวงจรควบคุมการทำงานของมือกลจะประกอบไปด้วยวงจรหลักๆอยู่ 5 วงจรคือ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรตัวตรวจจับการสัมผัส วงจรขยายสัญญาณการควบคุม วงจรควบคุมมือกล โดยรับข้อมูลการควบคุมการทำงาน และวงจรติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานเบื้องต้น จะสั่งงานผ่านทางปุ่มกด เมื่อทำการกดปุ่มแล้วสัญญาณจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ส่งมาว่าต้องการให้มือกลทำอะไรจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก จะทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์รอง เพื่อสั่งงานผ่านวงจรขับการทำงานของขดลวดโลหะจำรูปให้ทำงานตามคำสั่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์หลักได้ประมวลผลออกมาแล้วนิ้วมือจะเริ่มเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของขดลวดโลหะจำรูป โดยที่บริเวณนิ้วจะมีตัวตรวจจับการสัมผัสติดตั้งไว้เพื่อเป็นตัวส่งสัญญาณกลับ มายังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ประมวลผลเมื่อถึงจุดที่กำหนดไว้แล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็หยุดสั่ง แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็รอรับคำสั่งจากปุ่มคำสั่ง ดังแสดงรูปที่ 9



รูปที่ 9 โครงสร้างวงจรการทำงานของต้นแบบมือกล

ขั้นที่ 1. ต่อโลหะจำรูปโดยควบคุมการทำงานผ่านวงจรขยายกระแส
ขั้นที่ 2. ปรับแหล่งจ่ายไฟ ให้จ่ายแรงดันที่ 6 โวลต์
ขั้นที่ 3. ใช้ความถี่ค่าต่างๆ โดยมีค่าดิวตี้ไซเคิล 50%
ขั้นที่ 4. จับเวลาตั้งแต่เริ่มทำการจ่ายกระแสไฟฟ้า จนกระทั่งถึงสปริงจำรูปเคลื่อนที่ถึงจุดอ้างอิงที่กำหนดซึ่งเป็นจุดที่โลหะจำรูปมีการจำรูป

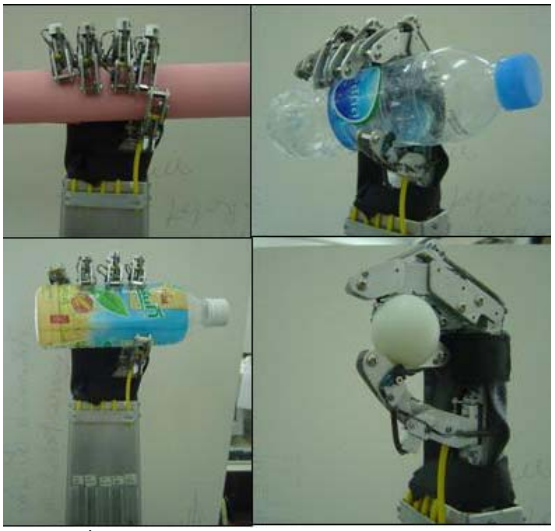
จากการทดลองหาผลการตอบสนองของความถี่ที่ใช้ในโลหะจำรูปเพื่อเลือกใช้ช่วงความถี่ที่ให้ผลการตอบสนองที่รวดเร็ว พบว่า ที่ความถี่ต่ำกว่า 800Hz จะพบว่าโลหะจำรูปมีการตอบสนองที่ค่อนข้างช้า เนื่องจากความถี่ต่ำๆ จะทำให้โลหะถูกกระตุ้นอย่างช้าๆ แต่ที่ความถี่ในช่วงประมาณ 1 KHz-4KHz เป็นช่วงที่การตอบสนองดีที่สุด และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ควบคุมการเคลื่อนที่นิ้วของมือกล



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่หน่วย Hz (แกนx) กับเวลาหน่วยวินาที (แกนy)

4.2 การทดสอบการจับสิ่งของของมือกล

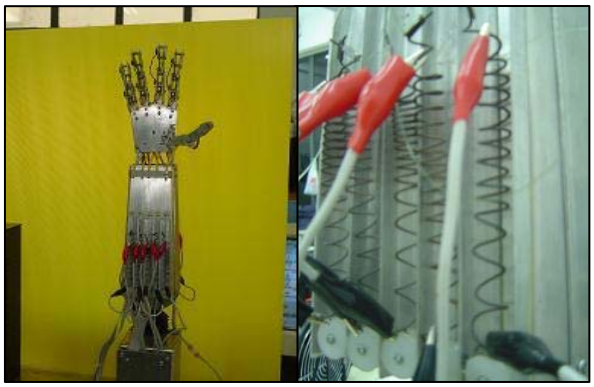
เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของมือกล มือกลสามารถหยิบจับวัตถุลักษณะทรงกระบอกโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 45 ถึง 70 มิลลิเมตรได้ ดังแสดงรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงโครงสร้างมือกลและการหยิบจับวัตถุ

4.3 การทดสอบการแสดงสัญลักษณ์ทางมือ

มือกลสามารถแสดงสัญลักษณ์ทางมือตามรูปแบบต่างๆ เหมือนที่มนุษย์สามารถสื่อสารเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้



รูปที่ 15 แสดงโครงสร้างมือกลและการติดตั้งสปริงจำรูป

5. สรุปและวิเคราะห์ผล

มือกลมีรูปแบบการเคลื่อนไหวของนิ้วมือที่ใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่ของนิ้วมือมนุษย์และ มีความสามารถที่จะแสดงท่าทางสัญลักษณ์ทางมือในรูปแบบที่เป็นการสื่อสารทางมือแบบสากลได้ รวมถึงการจับวัตถุลักษณะทรงกระบอกโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 45 ถึง 70 มิลลิเมตรได้ การเคลื่อนไหวของมือกลมีโลหะจำรูป(Shape Memory Alloys: SMA) ออกแบบให้มีรูปร่างเป็นสปริงแบบปิด (Closed coil spring) มาเป็นต้นกำเนิดแรงแทนการใช้มอเตอร์โดยทั่วๆ ไป ทำให้มือกลมีขนาดที่ใกล้เคียงกับมือมนุษย์ทั่วไปและมีน้ำหนักเบา

ข้อดีของการใช้โลหะจำรูปเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้มอเตอร์คือการใช้โลหะจำรูปทำให้ผลงานขนาดที่เล็กกว่าการใช้มอเตอร์ และในพื้นที่ที่มีอย่างจำกัดที่ไม่สามารถติดตั้งมอเตอร์ได้แต่จะสามารถออกแบบโลหะจำรูปเป็นรูปแบบตามความเหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานได้

ปัญหาของงานวิจัยนี้คือการตอบสนองต่อการสั่งงานของมือกลที่ยังเชื่องช้าเนื่องจากมีแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่จำกัดและปัญหาเรื่องการระบายความร้อนที่ยังไม่ดี ซึ่งแนวในการพัฒนาที่กำลังต่อไปคือการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของนิ้ว และแก้ปัญหาเรื่องการระบายความร้อนให้ไวขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Bergamasco, F. Salsedo and P. Dario, Shape Memory Alloy Micromotors for Direct-Drive Actuation of Dexterous Artificial Hands, *Sensors and Actuators*, 17 (1989), 115-119.

[2] J. N. Billock, Current Challenges in The Practice of Upper-Limb Prosthetics, *Report for a Research Planning Conference on Prosthetic and Orthotic Research for the 21st Century*, National Institute of Child Health and Human Development, 1992, pp. 109-102.

[3] J. H. Bowkler and Michael J. W., *Atlas of Limb Prosthetics*, St Louis: Mosby Year Book,1992.

[4] J. Butterfass, G. Hirzinger, S. Knoch and H. Liu, DLR's Multisensory Articulated Hand,Part I: Hard- and Software Architecture, *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Leuven, Belgium,

1998, pp. 2081-2086.

[6] A. Davalli, R. Sacchetti, and H. Schmidl, Multifunctional Prosthetic-Robotics Systems, *Proceedings of the 1993 IEEE International Conference on Systems, Man andCybernetics,* LeTouquet, France, 1993, pp. 531-533.

[7] I. Hunter, S. Lafontaine, J. Hollerbach and P. Hunter, "Fast Reversible NiTi Fibers for Use in Microrobotics",*Proceedings of the 1991 IEEE Micro Electro Mechanical Systems Conference* - MEMS 91, pp 166-170.

[8] L. Lin and H. Huang, NTU Hand: A New Design of Dexterous Hands, *Journal of MechanicalDesign,Transactions of the ASME*, 120 (1998), 282-292.

[9] H. Liu, P. Meusel, J. Butterfass and G. Hirzinger, DLR's Multisensory Articulated Hand,Part II: The Parallel Torque / Position Control System, *Proceedings of the 1998 IEEEInternational Conference on Robotics and Automation*, Leuven, Belgium, 1998, pp. 2087-2093.

[10] C. S. Lovchik and M. A. Diftler, The Robonaut Hand: A Dexterous Robot Hand for Space, *Proceedings of the 1999 IEEE Int. Conference on Robotics and Automation*, Detroit, MI, 1999, pp. 907-912.

[11] I. Mihalcz, E. I. Zudor, V. Csibi and P. Baranyi, A Biomechanic Robot Hand Using SMA, *Proceedings of the Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms,*Oulu, Finland, 1999, pp. 1835-1840.

[12] A. B. Soares, H. M. Brash and D. Gow, The Application of SMA in the Design of ProstheticDevices, *Proceedings of the 2nd International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies*, Pacific Grove, CA, 1997, pp. 257-262.

[13] N. Yoshiyuki et al., Hitashi's Robot Hand, *Robotics Age,* 6 (1984), 18-20.

[14] Duerig, T.W., Melton, K.N., Stockel, D.and Wayman, C.M., 1990, Engineering Aspects Of Shape Memory Alloys, Courier International Ltd., Great Britain, pp.3-20.

[15] Otsuka, K.and Kakeshita, T., 2002, "Science and Technology of Shape-Memory Alloys: New Developments", MRS BULLETIN [Material], Vol.30, No.10, pp.91-94, Available: [2005, May 30].

[16] ธีรพงษ์ เข็มเล็ก, จีรวัฒน์ งามไสว, 2547, การพัฒนาต้นแบบมือกลสำหรับคนพิการระยะที่1, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[17] รุจิศักดิ์ เมืองสง, นพดล ตันติราพันธ์, 2548, การพัฒนาต้นแบบมือกลสำหรับคนพิการระยะที่2, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี