

บทคัดย่อ

การสะสมทางไฟฟ้าเคมีเป็นกระบวนการหนึ่งในการปลูกฟิล์มหรือเคลือบผิว ที่มีความรวดเร็วและต้นทุนต่ำ ในปัจจุบัน การสะสมทางไฟฟ้าเคมีของโลหะกลุ่มนิกเกิล-ไทเทเนียม มีเป็นจำนวนน้อย เนื่องจากความยากในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของไทเทเนียมไอออน ที่มีความไวต่อปฏิกิริยาสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงพัฒนากระบวนการสะสมทางไฟฟ้าเคมีสำหรับนิกเกิล-ไทเทเนียมแบบใหม่ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการสะสมทางไฟฟ้าแบบรวม โดยการชุบชั้นฟิล์มเนื้อพ่นนิกเกิลกระจายตัวด้วยอนุภาคไทเทเนียม ชุบจากสารละลายนิกเกิลอิเล็กโตรไลต์ ที่มีอนุภาคไทเทเนียมแขวนลอยอยู่ โดยการเริ่มต้นด้วยไทเทเนียมที่อยู่ในสถานะอนุภาคแทนที่ไทเทเนียมไอออน ช่วยให้ไทเทเนียมไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เนื่องจากชั้นฟิล์มออกไซด์บางระดับนาโนที่เคลือบป้องกันไทเทเนียมอยู่ อย่างไรก็ตามการจะให้ฟิล์มโลหะผสมนิกเกิล-ไทเทเนียม จะต้องนำฟิล์มที่ปลูกได้ไปทำการเผาเพื่อให้เกิดการสร้างเป็นสารประกอบโลหะที่ต้องการ เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของชั้นฟิล์ม รวมไปถึงความสามารถในการควบคุมปริมาณของไทเทเนียมได้ ในงานวิจัยนี้ ใช้กระแสไฟฟ้าแบบพัลส์เข้ามาแทนที่กระแสไฟฟ้าแบบตรง โดยปรับตัวแปรของค่าความถี่พัลส์และรอบการทำงานพัลส์ เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชุบไฟฟ้าเคมีแบบรวมของระบบนิกเกิล-ไทเทเนียม สำหรับฟิล์มที่ปลูกได้ในงานวิจัยนี้ จะถูกนำไปวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง ธาตุและจุลภาค ด้วยเครื่องมือ กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เครื่อง X-Ray diffractometer และเครื่อง X-Ray Fluorescence

จากการดำเนินการ สามารถปลูกฟิล์มวัสดุประกอบนิกเกิล-ไทเทเนียม ได้โดยไม่มีการบวมเป่งของอ็อกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ โดยการสะสมด้วยกระแสไฟฟ้าแบบพัลส์ ช่วยเสริมความสม่ำเสมอของฟิล์ม รวมไปถึงเพิ่มปริมาณอนุภาคไทเทเนียมในเนื้อนิกเกิลได้ดีกว่าการสะสมด้วยกระแสไฟฟ้าแบบตรงเพียงอย่างเดียว โดยค่าความถี่พัลส์และรอบการทำงานที่ดีที่สุดได้แก่ 10 Hz และ 50% ตามลำดับ ส่งผลให้ได้ฟิล์มนิกเกิล-ไทเทเนียมที่มีสัดส่วนไทเทเนียมถึง 49 เปอร์เซ็นต์โดยอะตอม ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ต้องการสำหรับนำไปอบความร้อนให้ได้เฟส NiTi ที่มีข้อกำหนดว่าสัดส่วนไทเทเนียมต้องมีค่าอยู่ในช่วง 48 – 51 เปอร์เซ็นต์โดยอะตอม ในการทดลองนำแผ่นฟิล์ม Ni-49Ti ไปทำการอบร้อนในเตาท่อที่อยู่ภายใต้บรรยากาศอาร์กอน โดยอบที่อุณหภูมิ 1500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเฟส เมื่อนำชิ้นงานหลักการอบไปวิเคราะห์ธาตุและเฟสพบว่า เฟสที่เกิดขึ้นหลักคือ Ni_3Ti , NiTi_2 , NiTi และมีเฟสปนเปื้อนของ TiN และ TiO_2 รวมอยู่ด้วย ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุมาจากก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจนที่ยังหลงเหลืออยู่ในระบบเตาท่อระหว่างการอบร้อน

คำสำคัญ: การสะสมทางไฟฟ้าเคมีแบบรวม โลหะผสมนิกเกิล-ไทเทเนียม กระแสไฟฟ้าแบบพัลส์ การเคลือบวัสดุประกอบ การเคลือบชั้นนิกเกิล อนุภาคไทเทเนียม การอบร้อน การเปลี่ยนแปลงทางเฟส สารประกอบโลหะ

Abstract

An electrochemical deposition is a fast and cost-efficient process to produce film or coating. To date, the development of Ni-Ti electrochemical deposition is limited due to Ti-ion reactivity. In this research, a novel technique of Ni-Ti electrodeposition is developed by co-depositing a Ti-dispersed Ni-matrix layer from a Ni-plating solution suspended with Ti particles. The Ni-Ti layers were subsequently annealed for intermetallic formation. To enhance the coating uniformity and control atomic composition, the pulsed current was applied to codeposit Ni-Ti layers with varying pulse duty cycles and frequencies. The microstructures and compositions of the codeposited layers were analyzed by scanning electron microscope, X-ray diffraction and X-ray fluorescent techniques.

The Ni-Ti layers were successfully codeposited without oxide or nitride contamination. The pulsed current significantly improved the quality of the Ni-Ti layer as compared to a direct current. The Ni-Ti layers could be electroplated with a controlled composition within 48 – 51 at.% of Ti, the required composition range for the formation of intermetallic NiTi shape memory alloy. The optimal pulse duty cycle and frequency are 50% and 10 Hz, respectively. The Ni-49Ti layers were subsequently heat-treated under Ar-fed atmosphere at 1500 °C for 5 hours. The phase and microstructures of the post-annealed samples exhibit different Ni-Ti intermetallic compounds, including NiTi, Ni₃Ti and NiTi₂. Yet, the contamination of TiN and TiO₂ was also present in the post-annealed samples, which may be due to residual O₂ and N₂ gaseous in the annealing furnace.

Keywords: Electrochemical codeposition, co-electrodeposition, Nickel–Titanium alloy, Pulse-form current, Composite coating, Nickel coating, Titanium powders, Heat treatment, Phase transformation, Intermetallics