

마이크로부품 및 금형 제조를 위한 Fe계 합금전주도금에 관한 연구

Study on the Electroforming of Fe alloy using UV-LIGA

손성호^{a*}, 박성철^a, 이흥기^a, 김현중^a, 이호년^a, 이민형^a, 이원식^b

^{a*}한국생산기술연구원 열·표면기술센터(E-mail: shson@kitech.re.kr), ^b한국생산기술연구원 융합신공정연구그룹

초 록: 본 연구에서는 Fe계 합금전주도금 미세부품 및 금형 제조에 사용되는 전주용 Fe계 합금도금 기술을 개발을 위해 Fe-Ni 및 Fe-Ni-W 합금 전기도금에 대한 속도론적 고찰을 통해 Fe-Ni 합금도금층 내의 Fe과 Ni, Fe-Ni-W 합금 도금층 내의 Fe, Ni, W 성분 함유량에 대한 각각의 공정 제어인자를 규명하였다. Fe-Ni합금과 Fe-Ni-W합금도금층 구현에 있어 합금도금액의 합성, 최적 전류밀도 범위 도출, 합금도금층의 표면거칠기 및 경도 확보를 위한 공정조건 확립 등을 수행하였고, 전주(electroforming)를 이용하여 마이크로 기어 및 금형을 제조하였다.

1. 서론

LIGA공정 기술은 반도체 공정에 많이 사용되는 photolithograph 공정기술로 제작된 mandrel을 이용하여 미세 구조물을 제작하는 기술로 현재 마이크로 부품 및 금형 제조에 사용되고 있다. UV-LIGA공정은 SU-8 포토레지스트 물질을 이용하면 비교적 마스크 제작이 쉽고, 기존의 UV 반도체 식각장치를 이용할 수 있어 mold를 비교적 쉽게 제작할 수 있다. 현재 미세부품을 제작하는데 있어 마이크로 부품 크기와 뛰어난 표면조도 구현이 가능한 전주법이 가장 우수한 제조방법으로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 Fe계 합금전주도금 미세부품 및 금형 제조에 사용되는 전주용 Fe계 합금도금 기술을 개발하고자 하였다. 도금액의 교반속도, 전압, 전해온도 등의 전해조건에 따른 도금속도를 측정하고 이에 대한 분석을 통해 Fe계 합금도금에 대한 반응 기구를 규명하였다. SU-8으로 제작된 mandrel을 이용하여 Fe계 합금전주공정을 실시하여 마이크로 기어 및 몰드를 제작하였다.

2. 본론

Fe-Ni과 Fe-Ni-W 합금도금에서 Fe, Ni 및 W의 각 성분의 물질전달 및 전기화학반응의 반응율속단계를 규명하고자 하였다. 온도변화에 따른 Fe-Ni과 Fe-Ni-W합금도금액 내 Fe, Ni, W 성분의 함유량 감소 추이와 온도변화 및 시간별 얻어진 Fe, Ni 및 W 성분비 변화량으로부터 속도상수를 구하였으며, 속도상수와 온도의 역수의 관계를 나타낸 Arrhenius plot으로부터 Fe-Ni과 Fe-Ni-W 합금 전기도금에 있어서의 각 성분의 전기도금 반응율속단계를 규명하였다. Fe-Ni 합금 전기도금에 있어서 온도 35~45°C 에서 Fe 성분의 활성화에너지는 2.04kcal/mol으로 물질전달율속(mass transfer control)으로 사료되고, Ni 성분의 활성화에너지는 8.72kcal/mol으로 전반응을 율속하는 혼합율속(mixed control)으로 판단된다. 온도 45~55°C에서 Fe 성분의 활성화에너지는 19.84kcal/mol, Ni 성분의 활성화에너지는 22.59kcal/mol으로 Fe와 Ni성분 모두 화학반응율속인 것으로 판단된다. Fe-Ni-W 합금의 경우 Fe 성분의 활성화에너지는 5.28kcal/mol으로, 물질전달이 조금 우세한 혼합율속으로 사료된다. Ni 성분의 활성화에너지는 11.63kcal/mol으로 화학반응율속인 것으로 사료되며, W성분의 경우 활성화에너지는 2.17kcal/mol으로 물질전달율속으로 사료된다. Fe계 합금 도금은 Fe-Ni, Fe-Ni-W 합금 전기도금액을 합성하여 실시하였으며, Fe-Ni 합금도금층의 경우 전해액 조성 및 전류밀도 변화에 따라 퍼말로이(permalloy) 및 인바(Invar) 조성의 합금도금층을 얻을 수 있었다. Fe-Ni 합금 도금층의 경도 및 표면 조도는 전류조건 변화에 큰 영향을 받지 않았으며, 경도 543.4Hv, 표면조도 0.16 μ m를 나타내었고, Fe-Ni-W 합금도금층의 경우 전류밀도가 증가할수록 표면경도는 증가하다 감소하였고, 도금액내 Fe와 Ni의 성분비 중 Ni이 감소할수록, 온도가 증가할수록 표면경도는 증가하는 경향을 보였다. Fe-Ni합금 전주를 통해 스퍼기어 및 PIM용 2단 스퍼기어 금형을 제조 지름 0.56 μ m, 1.7mm 및 높이 400~800 μ m크기의 구동부품의 마이크로 스퍼기어를 제조하였다.

3. 결론

마이크로 부품 및 부품제조용 금형 제작의 일환으로 Fe-Ni합금과 Fe-Ni-W합금 도금을 실시하였다. 합금도금층 구현에 있어 합금도금액의 합성, 최적 전류밀도 범위 도출, 합금도금층의 표면거칠기 및 경도 확보를 위한 공정조건 확립 등을 수행하였고, 전주를 이용하여 지름 0.56 μ m, 1.7mm 및 높이 400~800 μ m크기의 구동부품의 마이크로 스퍼기어를 제조하였다.