

**이온주입에 의한 Fe와 금형강의 미세조직과 기계적 변화에 관한 연구
(CHANGES IN MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF TOOL
STEELS BY METAL AND DUPLEX ION BEAM TREATMENT)**

이재삼, 한진건, 최병호*, Ian Brown**, T. Vilaithong***

성균관대학교 신소재공학과

*한국 원자력연구소 핵물리공학팀

**Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, USA

***Department of Physics, Chiang Mai University, Thailand

1. 서론

이온주입기술의 표면경화는 여러 연구자들이 분석한 결과 크게 다음 세가지 강화기구로 나눌 수 있다.

1. 고에너지(50-200keV) 이온조사시 irradiation effect에 의한 전위밀도 증가, 비정질화 및 prismatic dislocation loop 등의 형성에 의한 강화 [1-3]

2. 이온조사시 주입이온과 모재와의 반응에 의한 질화물 및 산화물 등의 화합물 형성에 의한 석출경화 [4]

3. 조사된 이온의 dislocation pinning effect 등에 의한 강화

이러한 강화기구를 이용하여 많은 연구자들이 조사이온, 이온에너지, 이온조사량, 이온빔 전류밀도 등을 공정변수로 각 소재의 수명향상을 위한 최적조건을 확립하는 데 노력을 기울여 왔다.

따라서 본 연구에서는 이온조사시 석출물에 의한 강화와 이온의 mass에 의존하는 irradiation hardening 효과를 비교 분석하기 위해 질소이온주입공정과 mass는 같으나 질화물을 형성시키지 않는 네온 및 아르곤 이온주입공정을 실시하여 각 공정에 따른 순 Fe 및 금형강의 강화거동을 조사하고자 한다.

2. 실험방법

실험을 수행하기 이전에 TRIM code를 이용한 Monte-Carlo Simulation을 통해 이온의 침투 깊이 및 깊이 에 따른 에너지 분포를 조사한 후 이온주입 공정을 실시하였다. 본 실험에서 수행된 이온주입조건은 Table 1 과 같다. 이러한 공정조건에 따라 XRD분석을 통해 석출물의 형성거동과 비정질화 경향을 조사하였으며 AES를 통해 이온의 침투깊이에 따른 에너지 및 농도분석과 binding energy 변화를 분석하였다. 또한, 이러한 미세조직의 변화에 따른 기계적 특성을 분석평가하기 위해 미세경도시험을 수행하였다.

Table 1. Experimental Condition of Ion Implantation

조사이온	$N^+ + N_2^+, N^+, N_2^+, Ar^+, Ne^+, Ar^+ + Ne^+$
조사재료	Pure Fe (99.95%), D2, M2 steel
조사에너지	100keV
이온 조사량	$5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}$ ions/cm ²
이온 전류 밀도	46.3 μ A/cm ²

3. 실험 결과

Trim 코드를 이용한 하역 Monte-Carlo Simulation한 결과는 Pure Fe에 질소 및 아르곤 이온주입한 결과 mass 증가에 따라 sub-surface에 이온 및 에너지 분포가 집중되었다. 또한 XRD 분석을 통해 이온조사량이 증가할수록 질화물 형성거동이 잘 일어나는 것을 관찰하였으며 1×10^{17} ions/cm² 이상에서 질화물이 관찰되었다. AES 분석결과, 이온조사량 증가에 따라 질소 Content 가 증가하였으며 mass에 따른 침투거동은 simulation결과와 같이 mass 증가시 표면에 이온의 분포가 증가하였으며 $N_2^+ + N^+$ 이온주입한 경우는 N^+ 이온주입한 경우와 N_2^+ 이온주입한 경우가 합쳐진 거동을 보였다.

이러한 미세조직의 변화에 따른 경도시험을 한 결과 5×10^{17} ions/cm²의 경우 Ar 이온주입한 경우가 N_2^+ 이온주입한 경우보다 경도가 높았으나 1×10^{17} ions/cm² 이상의 이온조사량에서는 N_2^+ 이온주입한 경우가 Ar 이온주입한 경우보다 경도가 높았다. 이는 1×10^{17} ions/cm² 이상에서 질화물 형성에 의한 것으로 판단된다.

Reference

- (1) Yu. P. Sharkeev, E. V. Kozlov et. al, Surface & Coatings Tech., 83 (1996) 15-21
- (2) Yu. P. Sharkeev, S. A. Gashenko et. al, Surface & Coatings Tech., 91 (1997) 20-24
- (3) E. Friedland, N. G. van der Berg et. al, Surface & Coatings Tech., 83 (1996) 10-14
- (4) S. J. Bull, A. M. Jones et. al, Surface & Coatings Tech., 83 (1996) 257-262