

## 빔 에너지를 이용한 내 마모 및 내 부식성을 갖는 철망 가공 기술

정성찬, 신경철, 신영식, 최정식, 차인수  
 동신대학교 수소에너지학과

### Wire netting processing technology with abrasion and corrosiveness by using Beam energy

Sung-Chan Jung, Kyung-Chul Sun, Young-Sik Shin, Jeong-Sik Choi, In-Su Cha,  
 Department of Hydrogen and Fuel Cell Tech. Dongshin University

**Abstract** - 본 논문에서는 빔 에너지를 이용하여 내 마모 및 내 부식성을 갖는 철망을 가공하여, 빔 에너지 조사 전과 후의 SEM 사진과 인장강도를 측정하여 비교, 분석 하였다. 전자빔으로 표면을 개질하기 전보다 후의 표면이 더 치밀해짐을 SEM사진을 통하여 볼 수 있었고, 인장강도를 측정 하여 개질 전과 후를 비교 하였는데, 인장강도와 관련된 탄성계수가 더 크게 나타나 전자빔 조사에 의한 샘플이 긴 수명을 갖는 요인이 분석되었다.

#### 1. 서 론

현재 21세기 산업구조가 20세기에 비하여 다변화, 고도화 및 정밀화 추세에 따라 소재의 응용범위가 확대 되어가고 있으며 그에 따른 신기술의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 특히, 가장 많이 사용되는 재료중 하나인 철의 내열, 내식, 내마모성의 보완이 위에 언급한 다변화, 고도화 및 정밀화에 맞추어 신소재개발에 박차를 가하고 있다. 철을 표면처리하면 성능이 높아지고 제조단가 또한 절감할 수 있으며 이에 따라서 건설, 금속, 기계, 전기, 전자, 의학, 항공, 화학분야 등의 발전과 더불어 부가가치를 창출할 수 있다. 국내에서는 녹을 방지하기위한 기술로 용융 아연도금과 건축의 조형미측면에서 녹색의 염화비닐 코팅을 하는 기술이 보편적이다. 최근 자재 가격의 상승에 따른 경제성을 가지면서 설치 환경에 대한 마모성과 부식성에 대한 기술을 보유한 신제품의 개발이 시급한 상황이다.

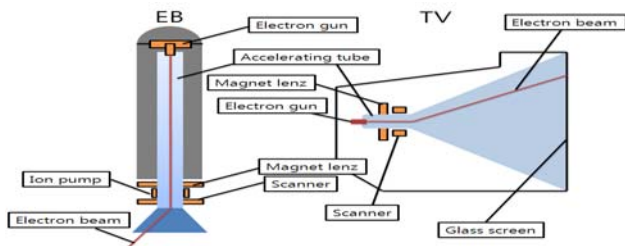
본 논문에서는 철망의 내 마모 및 내 부식성의 보완을 위하여 빔 에너지를 이용하여 표면처리를 하였고, 결과 값 도출을 위하여 SEM사진과 인장강도 측정을 하여 비교하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 이론적 배경

##### 2.1.1 전자빔 가속기의 원리

전자빔 조사장치는 크게 커튼형과 스캔형으로 분류된다. 전자빔의 가속은 진공 가속관내 설치된 음극선에서 발생시킨 전자가 고전압에 의해 가속되고 얇은 금속상자를 사용한 창을 통해서 외부로 방사됨으로써 얻어진다. 커튼형 조사는 낮은 가속 에너지를 이용하는 박막의 재료를 개질하는데 사용되는 방법으로, 원통형 가속관의 중심에 배치시킨 선상 음극에 전류를 흘림으로써 선상음극이 가열되어 열 전자를 가열시킨다. 이것을 그리드에 +전위를 걸어 추출하고 그리드와 어스간 전위를 가속하여 가속하여 가속관 하부 창으로부터 외부로 방사하도록 되어있다. 전자, 전류제어는 처리하고자 하는 재료에 설정한 전자빔 양을 주기 위해서 라인 스피드 신호에 비례한 전위를 선상음극과 그리드 간에 걸고 조절하여 정확히 조사하게 된다. 반면에 스캔형 조사는 상대적으로 높은 가속 에너지를 발생시켜서 전자빔의 투과 깊이가 높다. 가속된 전자빔은 빔 밀도를 증가시키기 위해 마그네트 렌즈에 의해 집중되고 넓은 부위에 조사되기 위해 X-Y방향으로 스캐닝된다. (그림1)



〈그림 1〉 Comparison of EB to TV

##### 2.1.2 전자빔 가속기의 구성

산업용 고전압 전자빔 가속기의 장치로부터, 고전압 정류기는 가속기의 여러 구성성분들과 연결되어 있다. 고전압 정류기, 전자빔 발생기를 가진 가속관, 발생기의 필라멘트 전압을 조정하는 제어회로, 전자빔 추출 시스템 등이 있다. 고전압 정류기는 전자빔을 발생하고 전자빔을 가속시키는 전위차 전기장을 발생시키도록 설계되어 있다. 가속관은 고 에너지 전자빔을 발생시키고 가속시키는 조건을 제공하고 내부는 서로 접촉시킨 긴 관으로 되어 있으며, 하부는 진공시스템에 연결된다. 전자발생기는 음극과 양극기능을 하는 가속관의 1차 전극으로 구성되어 있고, 음극의 구성은 LaB<sub>6</sub>재질로 된 10mm직경의 타블렛 형태의 음극, 텅스텐필라멘트 형태의 가열기, 평면형 준 음극으로 되어있다. 빔추출 장치의 기능은 가속된 전자의 형성 및 통과와 조사창을 통해서 대기 중으로 전자빔의 추출이다. 그 구성요소는 가속된 전자들을 집속시키는 자기렌즈, 진공게이트, LF와 HF스캐닝코일 및 추출장치 등이 있다. 가속된 전자빔은 2개의 전자석이 빔을 상호 직각방향으로 조사창의 호일 상에 스캐닝한다.

##### 2.1.3 전자빔 가속기의 응용분야

현재 세계적으로 전자빔 가속기를 이용한 분야는 매우 다양하다. 수십년 전에 집속빔에 의한 금속의 용융 및 증발을 이용한 용접 및 증착분야에서 주로 적용되었지만, 전자빔의 스캐닝시스템이 개발됨으로써 그 응용분야가 크게 확대되었다. 특히, 전자빔 공정은 고무경화, 고분자 가교 및 개질, 수지경화, 섬유개질 등에 기술향상이 크게 이루어졌고, 최근에는 수처리 및 대기 정화에도 이용되고 있다.

##### 2.1.4 전자빔 가속기의 개발기술

빔 에너지 개발기술에 대한 각 분야와 기술적 사항을 표1로 나타내고 있다.

〈표 1〉 빔 에너지 개발기술

분야	기술
수질분야	악성산업폐수 처리 / 침출수 처리 / 난분해성 폐수처리 / 축산폐수 소독 및 탈취 / 중금속 폐수 처리 / CN 처리 기술
대기정화 분야	휘발성 유기화합물(VOC)처리 / SO <sub>2</sub> 및 NO <sub>x</sub> , 동시제거 기술 / 소각로 폐가스 정화(다이옥산, NO <sub>x</sub> , 악취 제거)
고분자개질 분야	PE 및 PP 가교 / 고용용강도 PP 제조 / PP 발포 / 고접착성 PP 및 PE 제조 / 연료전지막
수지코팅분야	에폭시 수지, 우레탄 수지, 폴리에스테르 수지 등의 경화기술 / 하이드로젤 제조 및 코팅기술 / 난연성 비닐시이트 제조 / 섬유, 직물, 부직포 코팅
섬유개질 분야	나일론섬유, 면섬유, 폴리에스테르섬유 개질 / 부직포 개질
음식물처리분야	고기류 살균 / 과일 및 채소류 살충 및 살균
폐기물재활용 분야	페 테프론 재활용 / 페타이어 재활용

## 2.2 실험 및 결과

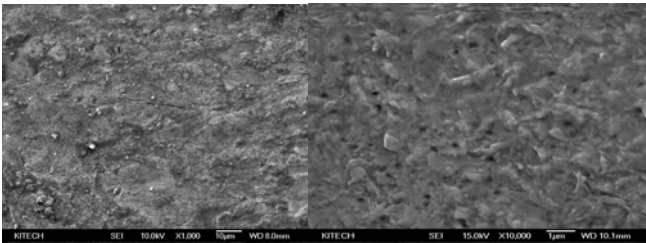
우선 실험을 위하여 그림2와 같이 샘플을 준비하였다.



〈그림 2〉 전자빔을 조사하지 않은 샘플(좌)과 조사한 샘플(우)

### 2.2.1 전자빔 조사전과 후의 철사의 SEM사진 비교, 분석

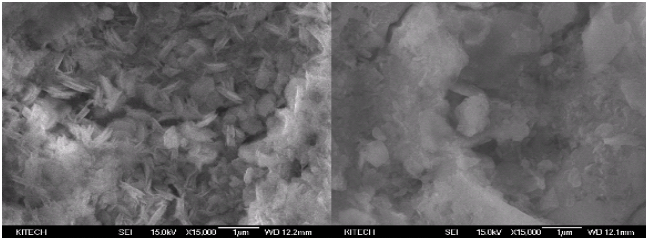
종래의 철망에 비해 내 마모성과 내 부식성을 갖는 철망을 제조하기 위해서 철사에 아연도금과 전자선 빔 조사후 그림3과 같이 전자빔을 조사하지 않은 철사샘플과 조사한 샘플의 사진이다. 조사한 샘플(우)을 보면에너지 준위가 높아짐에 따라 철사의 표면에는 전자빔의 충돌로 인한 표면이 조밀한 개질 형성이 일어났다. 전자선 조사에 의한 재질의 표면처리 효과를 가지게 되었다.



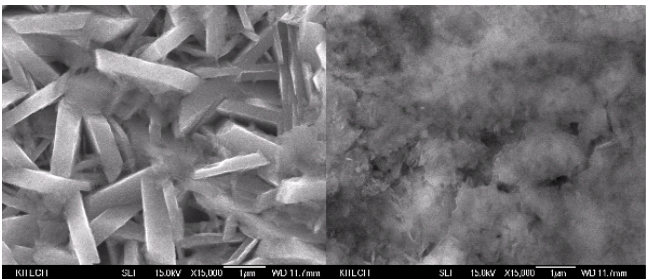
〈그림 3〉 전자빔을 조사하지 않은 철사샘플(좌)과 조사한 샘플(우)의 SEM사진1

### 2.2.2 혹한 환경에서 3-6개월 후의 샘플의 표면 부식의 정도

준비된 시료를 혹한 환경(부식이 잘되는 조건)에 3-6개월 방치한 전자빔 조사전과 후의 SEM사진을 비교, 분석하였다.



〈그림 4〉 전자빔을 조사하지 않은 철사샘플(좌)과 조사한 샘플(우)의 SEM사진1



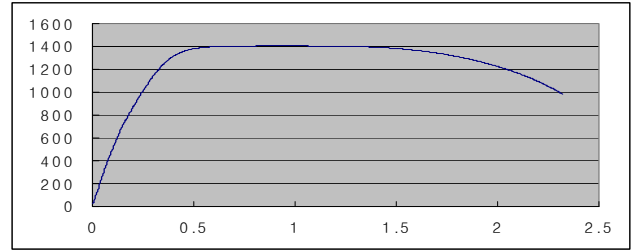
〈그림 5〉 전자빔을 조사하지 않은 샘플(좌)과 조사한 샘플(우)의 SEM사진2

그림 4와5의 SEM사진은 한국생산기술연구소에 의뢰하여 측정하였으며 15,000배율로 보았을 때의 모습이다. 그림 2는 직경 12mm철사를 찍은 사진이고, 그림 3은 직경 11mm철사를 찍은 사진이다. 직경에서 별 차이는 없지만, 혹한 환경에서 조사하지 않은 철사 샘플(좌)은 부식이

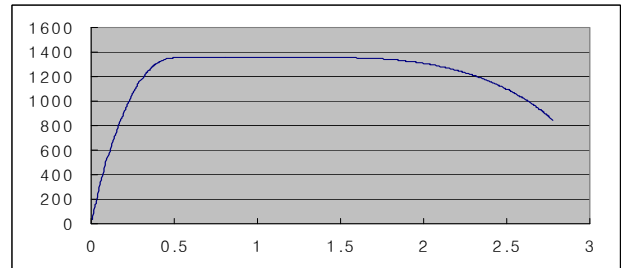
심한 사진을 보여주고 있다. 반면, 전자빔 조사후 표면이 개질하기 전보다 후의 표면이 더 치밀해짐을 볼 수 있었다.

### 2.2.3 전자빔 조사전과 후의 인장강도 측정 비교, 분석

전자빔을 조사한 철사샘플과 조사하지 않은 철사샘플의 인장강도를 측정하여 비교, 분석 하였다. 직경은 1.9mm로 동일하며 위와 마찬가지로 한국생산기술연구소에 의뢰하였다.



〈그림 5〉 Diameter, 1.9mm/ CrossHead mm/ Loadcell N(조사전)



〈그림 6〉 Diameter, 1.9mm/ CrossHead mm/ Loadcell N(조사후)

그림5는 조사전 철사는 처음에 힘을 가해서 최고 1400N까지 버티다가 1000N에 와서 약 2.4mm에서 끊어지는 것을 볼 수 있으며, 그림 6의 조사한 철사는 처음에 힘을 가해서 최고 1400N까지 버티다가 약 850N에 와서 약 2.8mm에서 끊어지는 것을 볼 수 있다. 그 결과 조사한 철사는 조사전 철사보다 내 부식성과 내마모성을 가져서 인장강도와 탄성계수가 높음을 알 수 있었고 전자빔이 철사의 부식성과 마모성의 향상된 특성을 가짐을 볼 수 있었다.

## 3. 결 론

전자빔에 의한 철사의 표면과 내부의 개질상태 변화를 통한 내 마모 및 내 부식성을 갖는 철망을 제작하고 전자빔에 의한 철망 도료의 경화처리 및 개질과 합성에 의한 내 마모 및 내 부식성 향상에 의한 철망 제품의 녹에 대한 강인성을 갖게 하여 철망의 수명이 길어지고 첨단 빔 에너지 기술에 의한 공법으로 철망의 고부가 가치화 실현과 지적 소유권을 확립할 수 있다. 철사와 철관과 플라스틱에 의한 철망의 휨스는 건축물의 개방성과 인간 친화성을 갖도록 하는 건축물의 특성이 요구되는 철망은 산업과 국방과 주거 시설물에 확대보급이 이뤄지는 환경이고 기존의 철망 보다 녹에 대한 강인성을 가져서 수명이 1.3~1.5배 정도의 기간을 유지 할 수 있어 제조과정과 설치비용에 있어 경제성을 가진다. 기술적인 측면은 유리화 금속재료의 빔 에너지에 의한 착색 기술을 이용한 건축의 조형미를 고려한 녹색의 PVC 코팅을 대체하기 위한 철사 개질의 형성 기술의 발전을 기대할 수 있다.

## 후 기

본 연구는 산학 공동기술개발지원사업 컨소시엄과제(2008-0043)로 수행된 연구결과임

## [참 고 문 헌]

- [1] 한도홍, "전자빔을 이용한 방사화학기술의 응용", Lectures on Radiation Chemistry, P.2, P.8-9, 2009
- [2] 유정훈, "고에너지 전자빔 투사법에 의한(TiC, TiB<sub>2</sub>, VC)/Steel 표면합금화 재료의 특성 연구", 창원대 대학원 학위논문, 1, P.1, 2003