

근적외선을 이용한 수소 취성로 개발 및 수소취성 특성 연구

허광선*, 신학기
 경남정보대학 신소재응용화학과
 (kwangsun@kit.ac.kr*)

A study on the Drying Characteristics and Development of NIR Hydrogen Embrittlement Dryer Oven

Huh kwangsun*, Shin hakgi
 Dept. of Advanced Materials & Applied Chemistry,
 Kyungnam College of Information & Technology
 (kwangsun@kit.ac.kr*)

1. 서론

전기아연 도금후에 발생하는 수소 취성으로 인하여 제품의 품질 및 안전성에 영향이 있어 이를 방지하기 위해서 수소취성에 매우 민감한 재료에 음극전류 방식을 바꾸거나, 금속격자 내부로 들어가는 것을 촉진하는 이온들을 제거, 부식 억제제를 첨가함으로써 수소발생 속도를 감소, 적절한 열처리로 내부에 존재하는 수소를 제거하는 방법등이 있다. 현재 가장 많이 이용되고 있는 것은 가열히터를 이용한 열풍 대류식 건조기로 200~400℃로 처리하고 있는데, 열풍건조기는 고온으로 온도 조절과, 설정 온도로 상승시키는 데 시간이 오래 소요되고, 생산성 저하, 외부로의 열손실로 인한 작업장에서 열악한 작업 환경, 건조기내의 온도분포의 불균일등의 문제를 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 적외선 파장중에서 가시광선 파장과 가장 가까운 근적외선을 이용한 수소취성로 개발하여 이용함으로써 에너지 절감, 생산성 향상, 제품품질의 고급화, 작업환경 개선등 획기적인 성과가 기대된다. 근적외선(Near Infrared Ray, NIR) 건조방식은 직접 건조물에 복사된 에너지에 의해서 가열하는 방식으로 기존의 간접 가열하는 열풍방식과 차이가 있다. 에너지공급 방식을 전기에너지로 사용할 수 있어 제어가 간단하고 구조가 간단한 건조방식으로 제작할 수 있어 보일러 같은 부가적 설비가 불필요한 특징이 있다. 근적외선의 열은 열복사 방식으로 전달되고, 열전달의 전파 속도는 진공일 때 3×10^8 m/s 속도로 나타난다. 본 연구에서는 전기아연도금공정 후 수소취성을 위해 근적외선 고온 수소 취성로를 개발하여 취성로내의 온도 분포 및 도금 금속물에 대한 취소 특성을 연구하였다.

2. 이론

2.1 복사이론

광학스펙트럼의 적외선 부분은 열 효과와 관계가 있으며, Long Wave(원적외선), Midium Wave(중적외선), Short Wave(짧은 적외선)으로 나누며 특히 가시광선에 가까운 영역으로서 NIR(Near InFraRed: 근적외선)이다. 이들 적외선들의 방출 전원은 방사체의 온도의 4승에 비례하는 스테판 볼츠만의 법칙은 식(1)과 같다.

$$W = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (1)$$

여기서 ε 는 방사율, σ 는 상수로서 $5.67 \cdot 10^{-8} (\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4})$, A 는 방사체의 표면(m^2) T 는 방사체의 온도(K) 이다. 또한 방사체의 최고 방출량은 식(2)의 Wien's Law에 따르며 근적외선에서 최고 파장 $0.9\mu\text{m}$ 로 알려져 있다.

$$\lambda_m = C/T \quad (2)$$

여기서 T는 방사체의 온도(K), C는 2898 μ mK, λ_m 는 파장(μ m)이다.

2.2 수소취성(Hydrogen Embrittlement)의 발생기구

수소에 의한 피해 중에서 결정 격자 내에 존재하는 수소로 인한 취성을 수소취성이라고 한다. 크랙이 존재해 있는 시편이 응력을 받을 때, 격자 내에서 수소는 크랙 선단으로 이동하며 크랙 선단 주위의 수소농도가 어떤 임계값에 도달하게 되면 크랙이 전파하는 수소취성 현상이 나타난다고 알려져 있다. 수소취성은 음극반응에 의해 발생된 수소가 가스 상태로 방출되지 않고 원자 상태로 금속 격자 속으로 침입해 들어가는 경우와 blister 형성하는 모형을 그림1,2에 나타내었다.

수소발생과 산용액 속에서 수소의 환원반응식은 식(3)(4)와 같다.

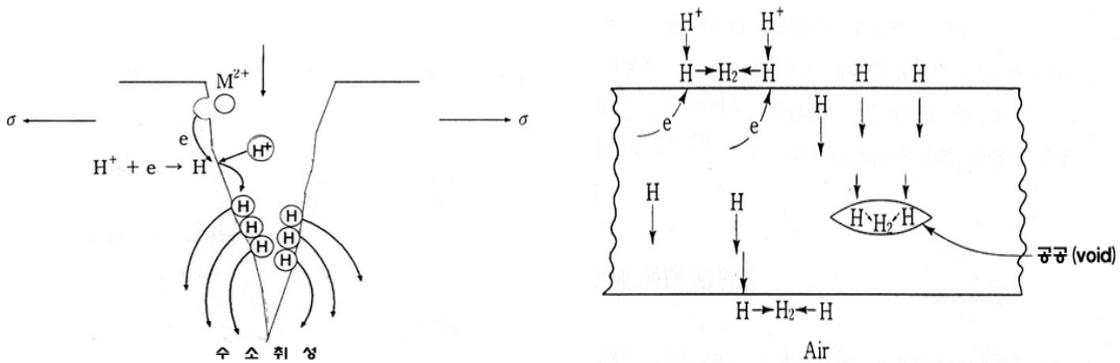


그림1. 금속 내부로 침입하는 수소 원자

그림2. 수소 이동과 blister 형성도

3. 실험

3.1 실험장치

본 연구에 사용된 근적외선 수소 취성로의 개략도와 사용된 근적외선 램프를 그림3,4에 나타내었다. 근적외선 수소 취성로의 구성은 발열부와 제어부로 나누어 지는데, 발열부는 근적외선(NIR)램프와 일반히터로 겸용토록 하였으며 천정의 반사판으로부터 반사되도록 하였으며, 본 제품의 건조 특성상 열풍을 가능하도록 송풍기를 천정에 설치하였다. 본 장치는 취성로 내에서 온도 분포는 200 $^{\circ}$ C로 일정하게 유지되도록 하였다.

3.2 실험 방법

근적외선 수소 취성로내에서 온도 분포 측정은 6개의 위치에서 시간 변화에 따라 다점 온도기록계(YOKOGAWA SR-10006)으로 측정하였다. 수소취소 특성을 고찰하기 위해서는 전기아연도금 후 금속재료를 200 $^{\circ}$ C에서 4시간 Baking하여 파괴율은 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 근적외선 수소취성로 내의 온도 분포

그림5,6는 근적외선 수소 취성로내의 온도를 200 $^{\circ}$ C로 설정한 후 각 지점에서 온도 분

포를 시간변화에 대해서 과도적으로 80분 동안 측정한 결과이다. 그림5,6에서 보면 건조기내의 측정 점은 램프가 있는 좌우의 상중하 지점등 6점에서 측정 결과 정상에 도달한 시간은 중앙지점과 동일하게 취성로를 가동 후 20분이내에 거의 안정적인 $200\pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 정상 점에 도달한 것을 볼 수 있다. 이는 20분이내에 베이킹작업이 가능하다고 보여지며, 열풍건조 방식이 60분이상 걸리는 것보다 1/3로 절약되고 균일한 온도 분포를 이루어 우수한 건조기임을 확인할 수 있다.

4.2 근적외선 수소취성로에서 내의 거리별 온도 분포

도금시에 전해욕조에서 금속은 음(-)으로 연결되고 여기에 양(+) 전하를 가진 도금 금속(Zn 등)이 달라 붙어서 도금이 진행되며 그 과정에서 수용액 속에 들어 있는 수소가 이미 음전하로 연결되어 있는 금속내부로 침투하여 수소 취성으로 나타나게 된다. 탈수소를 위해서 활성화에너지가 필요하며 이때 열에너지 온도로 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 정도면 가능하다. 탈수소 열처리의 기준은 온도와 시간의 복합적인 과정으로 시간이 짧으면 고온(400°C)을 요구하고, 시간이 길면 낮은 온도(200°C)가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 전기아연도금을 한 후 Baking하지 않은 경우 파괴율 70% 이었으며, 도금 후 1시간 후에 200°C 에서 4시간 Baking한 경우 파괴율은 5%이하로 낮아졌다.

4.3 개발된 근적외선 수소취성로 장치의 특성

개발된 근적외선 수소취성로와 열풍 취성로와의 비교분석한 결과를 표2에 나타내었다.

표2. 열풍 취성로과 근적외선 취성로의 비교

구분	근적외선 취성로	열풍 취성로
과장	근적외선	히터
과장크기	0.8 ~ 1.4 μm	-
열전달 방식	복사에너지	대류
목표도달온도(200°C)시간	20분 이내	60분
에너지	전기	전기
건조기내의 온도 분포	균일	불균일
유지비	53원/kw h	100원/kw h
안전성	제어력이 있음	보통

4. 결론

본 연구에서는 전기아연도금공정 후 수소취성을 위해 근적외선 고온 수소 취성로를 개발하여 취성로내의 온도 분포 및 도금 금속물에 대한 취소 특성을 고찰한 결과 20분이내에 설정온도에 도달함과 온도분포가 일정함을 알 수 있었다. 이는 기존의 열풍취성로에 비해 3배가 빠르며 에너지 비용도 약 2배로 절감할 수 있었으며, 외부로 열손실이 없는 관계로 열로 인한 작업환경이 현저히 개선되는 효과가 있었다. 또한 전기아연도금 후 1시간 후에 200°C 에서 4시간 Baking한 경우 파괴율도 5%이하로 낮아졌다.

참고 문헌

1. Frank P. Incropepa. Fundamentals of heat transfer, John Wiley & Sons. pp629-672
2. Motohashi, K; General-Purpose Far Infrared Ray Dryer, JOURNAL-JAPANESE SOCIETY OF AGRICULTURAL MACHINERY, 2001, 63(5).
3. Kim, Y. H. 농업기계학회지, Development of far Infrared Ray Dryer for Agricultural Products, pp.937-946, 1996.
4. Chang, Y. S. A, Journal of Korean Energy Society, Study on the Drying Characteristics of NIR Dry, Vol. 24, pp. 21-27, 2004.

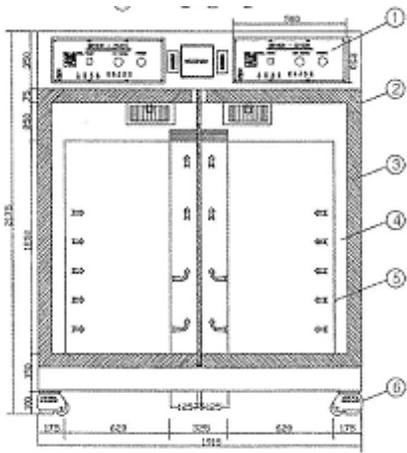


그림3. 개발된 근적외선 수소취성로의 개략도

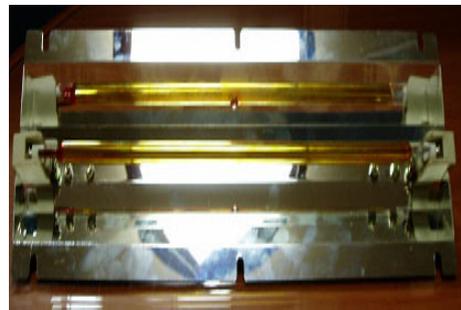


Fig.4 수소 취성로에 사용된 근적외선 램프

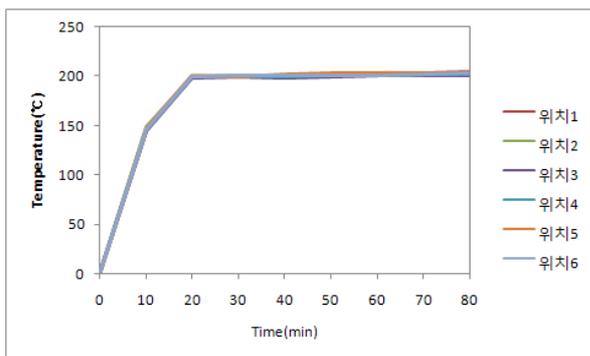


Fig.5 근적외선 수소취성로 내에서 시간에 따른 온도 분포 변화

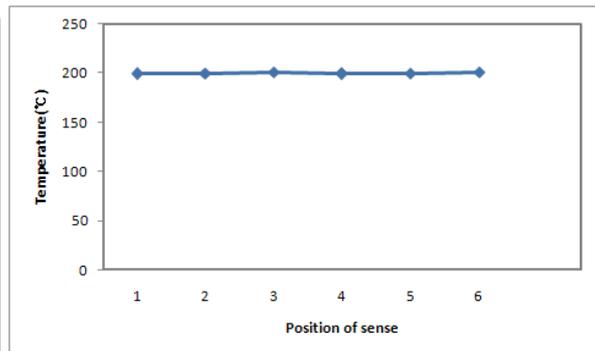


Fig.6 근적외선 수소취성로 내에서 위치별 온도분포