

노소용액속에서 임폴스방전플라즈마에 의한 강20표면의 탄질화처리특성

김명철, 임현철

전해질용액에서의 플라즈마방전을 리용한 금속의 표면처리기술은 새로운 표면처리기술로서 인민경제 여러 부문에서 절실히 요구되는 금속재료의 특성을 개선하는데서 중요한 의의를 가진다.

최근년간 전해질용액에서의 플라즈마침투기술을 리용한 금속표면으로의 탄소, 질소, 붕소 등의 침투에 대한 연구[1-3]들이 활발히 진행되고있다.

론문에서는 세계적으로 개발연구가 적극적으로 진행되고있는 전해질용액에서의 플라즈마침투기술을 리용하여 실험적연구를 진행한 노소($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)전해질용액속에서의 임폴스방전플라즈마에 의한 강20의 탄질화표면처리특성에 대하여 밝혔다.

리론적기초

전해질용액에서의 플라즈마침투기술은 전해질용액에서의 방전을 리용하여 금속재료의 표면처리를 진행하는 최신과학기술이다. 이 기술은 처리시간이 짧고 동작전압이 낮으며 처리공정이 단순하고 응용범위가 넓은 우점을 가지고있다.

만일 어떤 전해질용액에서 음극과 양극사이의 전압이 일정한 범위를 초과하면 전기분해와 함께 곧 방전현상이 일어나는데 이것을 플라즈마전기분해(plasma electrolysis)라고 한다.

방전에 의하여 전해질용액속에 고체, 액체, 기체상태와 구별되는 물질의 제4상태 즉 플라즈마가 발생하게 된다.

처리하려는 재료를 일정한 전해질용액속에 잠그어 하나의 전극으로 만들고 그에 대응하는 전극을 금속전극으로 하여 양극사이에 직류 혹은 기타 임폴스전압을 걸어준다.

양극사이의 전위차가 일정한 정도에 도달할 때 전극과 전해질용액의 접촉면에서 전위비약이 발생하고 전기마당세기가 높아지며 이와 함께 호광방전이 나타난다. 이것은 접촉면의 불활성막, 기체매질의 파괴, 전극표면극부에서의 순간적인 온도증가와 함께 복잡한 물리적현상과 화학반응을 발생시킨다.

이로부터 전극표면에 특수한 기능을 가진 침투층이 형성된다.

전해질용액에서의 플라즈마침투기술에 의한 강철표면에 대한 탄질화처리의 원리는 확산과정에 대한 피크의 법칙

$$dn = -D \cdot (dc/dx) \cdot Sdt$$

에 의하여 설명할수 있다. 여기서 dn 은 자름면적 S 를 dt 시간동안에 지나간 용질의 량, dc/dx 는 확산방향에 대한 용질의 농도구배, D 는 확산계수이다.

호광방전에 의하여 기체막에 많은 량의 플라즈마가 발생된다.

전기마당이 작용할 때 플라즈마속의 이온(C, N, B 등)들이 시편표면을 포격하여 처리하려는 재료에 침투되면서 빈자리와 전위가 생겨나는데 이것은 두가지 측면으로 영향을 주게 된다.

우선 소재표면에서 활성원자의 농도를 높이며 다음은 결정내부로 많은 확산을 일으킨다. 즉 전위는 포격하는 표면에 수직인 미끄럼면을 따라 이동하며 그 운동의 방향과 포화원소(C, N)확산흐름의 방향은 일치하게 된다.

이로부터 폭이 넓어지고 재료내부로로의 C, N원자의 확산이동속도가 높아진다. 그리고 이온포격으로 농도구배가 커지고 확산이 증가된다.

플라즈마침투기술에서 플라즈마는 비교적 전류밀도($1A/cm^2$ 정도)가 큰 호광방전을 일으켜 재료표면에서 이온포격이 대단히 세게 하고 침투속도를 매우 빠르게 한다.

실험 방법

전기분해시험장치는 직류임펄스전원, 전해조, 랭각온도조종계통으로 구성되었다.

전기분해시험장치는 그림 1과 같다.

이 장치는 불수강으로 만들어진 물 랭각전해조안에 2개의 기본전극들이 설치되어있다. 이것은 유전체우에 놓이고 접지된 강철틀안에 고정되어있으며 강철틀과 전기적으로 절연되어있다.

이 장치외에 전해질교반장치, 랭각제 순환장치, 기체배기장치 등이 있다.

시험에서 소재가 전극으로 되기때문에 부하전압에 따라 소재에서 열이 발생된다.

소재에서의 과열과 소재주위의 전해질용액의 끓음현상을 피하기 위하여 전해질용액에 대한 랭각순환을 진행하여 전해질용액의 온도가 $45^{\circ}C$ 이하에서 유지되게 하였다.

유기화합물의 전기전도성이 나쁘기때문에 보통 약간의 가용성염의 수용액을 첨가하여 용액의 전도성을 높이고 안정한 전호를 형성한다.

먼저 가용성염(NaCl)의 수용액을 조제하고 그것을 노소용액에 첨가한다. 가용성염을 직접 유기용액에 첨가하면 용해될수 없다. 이 시험에서 물의 함량은 전기파라미터에서 비교적 큰 영향을 미친다. 염(NaCl)과 물(H_2O)의 량은 총전해질용액의 5~10%로 되게 하였다.

시험재료는 강20이고 시편크기는 $15mm \times 30mm \times 1.5mm$ 로 선정하였다.

먼저 금속연마지를 리용하여 시편을 천천히 연마하고 마지막으로 립도가 1 000메쉬인 연마지로 연마를 진행하였다.

그 처리과정은 다음과 같다.

시편연마 → 아세톤세척 → 플라즈마침투 → 물세척 → 알콜세척 → 자연건조

처리하려는 소재를 전기분해시험장치의 음극에 설치하고 전해질속에서 직류임펄스플라즈마방전을 진행하는데 부하특성을 고려하여 직류전압은 250V, 부하전류는 15A, 직류임펄스주파수는 6kHz, 충만결수는 0.4로 설정하였다.

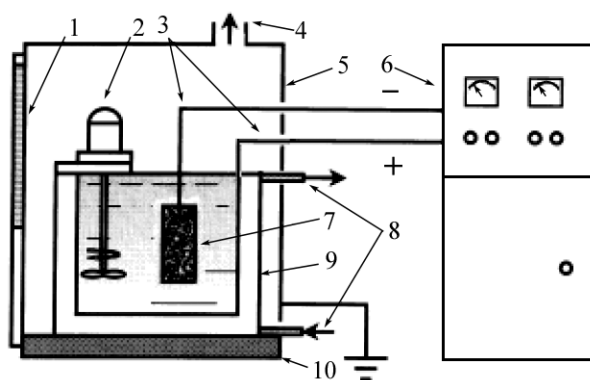


그림 1. 전기분해시험장치

1-창문, 2-교반기, 3-클램프, 4-배기/통풍계, 5-접지된 합, 6-전원장치, 7-가공소재, 8-랭각제, 9-전해조, 10-절연판

교반기를 통하여 방전기간에 전해질의 농도가 균일하게 보장되도록 하였다. 전해질의 온도를 45°C 이하로 보장하기 위하여 팽각수를 돌리며 한편 온도계를 리용하여 전해질의 온도를 측정하였다. 방전시간에 따르는 침투효과를 측정하기 위하여 1, 3, 5min 동안 각각 시편들을 처리하였다. 전극간거리는 10mm로 보장하고 처리가 끝난 후 전원을 빨리 차단하여 전해질용액에서 빠른 소경을 진행하였다.

실험결과 및 분석

론문에서는 X선분석계(《D/MAX-rB》)를 리용하여 처리된 시편에 대한 상조성분석을 진행하고 탄질화의 실현상태를 확증하였다.

1min 동안에 처리된 시편에서는 처리온도가 비교적 낮기 때문에 오스테나이트화산층의 결정립자크기와 결정경계는 변화가 없다. 그러나 3, 5min 동안에 처리된 시편에서는 탄질화층이 나타났다.

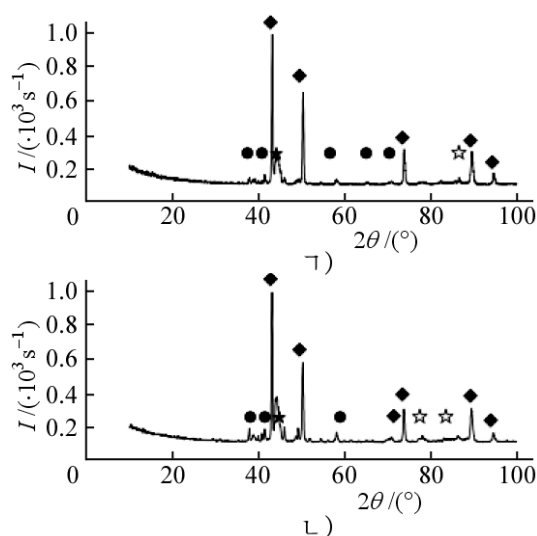


그림 2. 침투층의 X선스펙트럼

⬢) 5min 처리, ◯) 3min 처리

◆- γ -Fe, ●- Fe_3C , ★- Fe_5C_2 , ☆- ϵ - Fe_{2-3}N

3, 5min 동안에 처리된 시편에 대한 침투층의 X선스펙트럼은 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는 것처럼 처리시간이 길어짐에 따라 주요봉우리는 α -Fe \rightarrow γ -Fe로 전환되며 탄화물과 질화물의 봉우리가 매우 많았다.

여기서 알수 있는바와 같이 침투시간이 길어지는데 따라 소재표면의 온도가 오스테나이트구역의 상변화온도에 도달하게 되며 소재표면과 내부에는 C, N 원자들이 많이 침투되어 있는 확대된 γ 상구역이 존재한다.

이로부터 파인오스테나이트의 안전성이 증가하고 처리가 끝난 후 전원을 차단하면 급속한 소경이 이루어진다. 이때 고탄소의 마르텐사이트와 충분한 량의 잔류오스테나이트가 얻어진다. 이 과정에 침입된 원소는 고용체 α - $\text{Fe}_{\text{C-N}}$, γ - $\text{Fe}_{\text{C-N}}$ 과 탄화물(Fe_3C , Fe_5C_2), 질화물(ϵ - Fe_{2-3}N)의 형식으로 존재한다.

탄질화층의 탄소, 질소농도는 표와 같다.

표. 탄질화층의 탄소, 질소농도

농도	시편 1	시편 2	시편 3
탄소/%	—	0.83	1.23
질소/%	—	0.46	0.68

처리된 시편을 조립, 연마, 광마, 부식을 진행한 후 주사식전자현미경(《KYKY-2800》)을 리용하여 침투층의 형태를 관찰하였다.

침투층의 현미사진은 그림 3과 같다.

그림 3에서 기질과 비교된 시편의 뚜렷한 침투층을 볼수 있다.

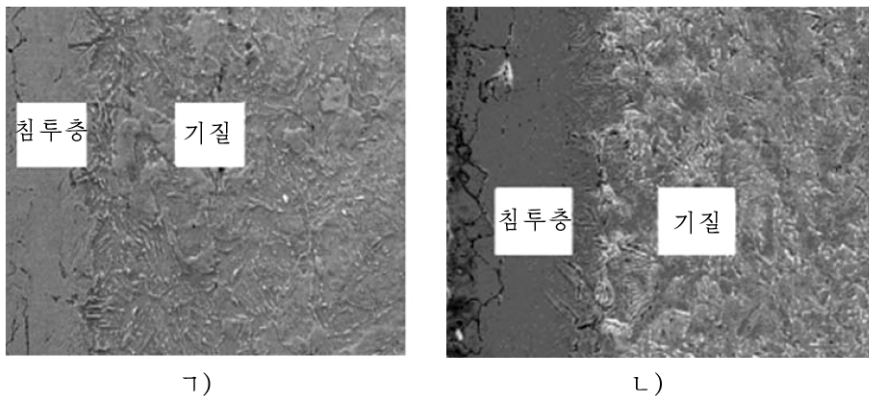


그림 3. 침투층의 현미사진
 ㄱ) 3min 처리된 시편, ㄴ) 5min 처리된 시편

처리시간이 3min인 시편의 침투층깊이는 $35\sim40\mu\text{m}$ 이고 5min인 시편의 침투층깊이는 $45\sim50\mu\text{m}$ 이다. 이로부터 처리시간이 늘어남에 따라 침투층의 두께가 증가한다는것을 알수 있다.

맺 는 말

전해질용액에서의 플라즈마침투기술을 리용하여 강20에 대한 C-N(탄질화)표면처리를 실현하였으며 처리시간이 늘어남에 따라 침투층깊이가 증가한다는것을 밝혔다.

참 고 문 헌

- [1] P. Gupta et al.; Surf. Coat. Technol., 201, 21, 8746, 2007.
- [2] M. Skakov et al.; Appl. Mech. Mater., 423, 824, 2013.
- [3] S. Y. Shadrin et al.; Surf. Eng. Appl. Electrochem., 1, 110, 2016.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

Carbonitriding Surface Treatment Characteristics of “Steel 20” by Impulse Discharge Plasma in Urea Solution

Kim Myong Chol, Im Hyon Chol

We performed the carbonitriding coprecipitation on the surface of “steel 20” using PES (plasma electrolysis saturation) technique and found out that as the process time was increased, the saturated depth was increased.

Keywords: carbonitriding, surface treatment