

코팅 세라믹볼의 방청효과에 관한 연구

하 윤 식 · 김 학 용 · 김 수 진¹⁾ · 백 우 현²⁾
진주보건대학 보건행정학과 환경보건전공 · 월드소수이시스템주식회사 기획개발실
³⁾경상대학교 기초과학부 화학전공
(2002년 9월 11일 접수; 2002년 10월 24일 채택)

A Study on Scale Busting and Preventing Effect of Coating Ceramic Ball

Youn-Shick Ha, Hak-Yong Kim¹⁾, Su-Jin Kim²⁾ and U-Hyon Paek³⁾

Dept. of Health & Administration, Chinju Health College, Chinju 660-757, Korea
¹⁾Plan and Development Office, World SOSUI System Co., Ltd, Anyang 431-080, Korea
²⁾Dept. of Chemistry, Gyeongsang National Univ., Chinju 660-701, Korea
(Manuscript received 11 September, 2002; accepted 24 October, 2002)

Coating ceramic balls activate water molecular in water as radiate far-infrared radiation of high efficiency, and then prevent formation of scale and corrosion of pipe. Therefore, but only keep away drop of heat exchange efficiency of boiler, not also remove formed scale. As a result, pipe of boiler has clean and has form thin protection film in inner of pipe. Also, the water treated by rust preventing system using the ceramic balls, that is harmless, tasteless, odorless, and non-toxicity in the human body, and it can use drinking water. This rust preventing system can save energy and protect environment.

Key words : Ceramic ball, Far-infrared radiation, Rust preventing, scale

1. 서 론

물이란 인간이 살아가는데 반드시 필요한 물질이지만 산업의 발달과 더불어 오염의 정도가 더욱 극심해지고 있을 뿐만 아니라 대부분의 사람들은 아직도 물의 가치를 잘 모르고 있는 실정이다. 그러나 세월이 흐를수록 환경 오염이 심해지고 있는 상황에서 앞으로 물의 중요성은 더욱 증가하게 될 것이다. 요즘처럼 대단위 아파트 단지와 대형 빌딩들이 우후죽순 격으로 들어서면서 물의 이용은 더욱 많아지고, 따라서 각 빌딩이나 건물의 급수 배관은 거미줄처럼 건물 곳곳에 깔려지게 되었다. 그런데 대부분의 배관은 금속성분으로 이루어져 있으며, 금속 배관은 배관속으로 흐르는 물과의 산화반응으로 스케일이 생성된다.

금속배관의 부식은 배관의 내·외부에서 일어나지만, 주로 배관의 내부에서 발생하는 부식이 문제를 야기하게 된다. 금속배관의 부식은 금속배관에

직접 닿는 물, 공기, 그리고 물속에 용존하는 각종 이온들과 금속이 반응하여 산화물이나 수화물로 변하여 야기된다. 특히, 철 배관의 경우에는 산소와의 친화력이 매우 크기 때문에 자연계에 존재하는 철은 순수한 Fe로 존재하지 않고 쉽게 산화되어 산화물, 예를 들면, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄ 등의 형태로 발견된다. 이처럼 금속이 부식되어 표면이 거칠어지는 현상으로 녹이 발생하는데, 금속은 산화물로 존재할 때 더 안정하기 때문에 부식은 어떤 환경에서나 필연적으로 발생하게 된다.

그리고 보일러 배관의 경우에는 물속에 용존하는 산소 및 염소 성분, 그리고 염분 및 금속 이온이 함유된 경우에는 스케일의 생성을 더욱 촉진하게 된다. 따라서 이러한 스케일은 물을 오염시키게 되고, 그 정도가 심해지면 용수로도 사용할 수 없게 된다. 또한, 부식된 금속배관의 세관을 위하여 많은 시간과 노력이 필요할 뿐만 아니라 그 비용도 엄청나게 소요된다. 이와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 다양한 종류의 방청코팅¹⁾이나 방청제^{2,9)}가 여러 가지 방청메카니즘^{6,8)}에 따라 사용되고 있지만, 이러한

Corresponding Author : U-Hyon Paek, Dept. of Chemistry, Gyeongsang National Univ., Chinju 660-701, Korea
Phone : +82-55-751-6018
E-mail : uhpaek@nongae.gsnu.ac.kr

방청제는 인체에 유해하거나 또는 각종 오염물질을 배출하며, 세관을 위한 별도의 작업을 필요로 한다.

본 연구에서 제조한 코팅 세라믹 불은 고효율의 원적외선 에너지를 복사함으로써 스케일의 생성을 방지하고 배관의 부식을 방지하여 각종 보일러 열 교환 효율 저하를 방지할 뿐만 아니라 이미 생긴 녹을 제거하고 배관 내부 및 보일러 내부의 청결을 보존하며 얇은 보호 피막을 형성시켜 준다. 또한, 세라믹 불을 이용한 방청시스템으로 처리된 물은 인체에 무해하며 무미, 무취, 무독하여 음용수에도 사용할 수 있다. 따라서 코팅 세라믹 불을 방청시스템으로 적용함으로써 급수관 및 냉난방 배관의 부식 및 녹물을 방지하여 반영구적으로 배관 및 설비를 보호하고, 배관 부식 및 파열에서 오는 인력, 시간, 물질적 손실을 미연에 방지하여 더욱 깨끗한 물을 공급하도록 하기 위함이다. 특히 본 연구에서 사용한 코팅 세라믹 불은 고효율의 원적외선 복사체이다.

원적외선은 물체에 흡수되면 열의 형태로 움직이는데 그 흡수율이 우수하기 때문에 에너지 절감, 가열시간의 단축이 가능해지며 원적외선은 인체의 피하 깊숙이 침투하여 공명과 공진작용을 일으켜서 인체의 유익함을 주고 피로회복 및 혈액순환과 신진대사를 촉진시켜 생명활동을 원활하게 하여 항상 쾌적하고 건강한 신체의 컨디션을 유지시켜 줌으로써 원적외선을 이용한 건강제품들의 개발이 확대될 것이다.

원적외선의 응용은 아득한 옛날부터 이용되었던 선택흡수 작용을 이용한 것으로 천연광물에 대한 원적외선의 복사율과 복사량은 우열을 가리기 힘들고 기술상의 격차가 미세해지고 있어 원적외선의 특성을 건강분야에 적용한 아이디어만으로도 주목받기에 충분한 새로운 분야이다. 그러나 공명흡수작용을 생각할 때에 재질로부터 복사되는 원적외선은 심부까지 도달할 수 있는 특성을 가져야만 한다. 이 심달력⁴⁾이 있을 때 비로소 그 효과가 발생하는 까닭이다. 이 심달력에 의하여 피부표면 뿐만 아니라 신체의 내부심층까지 원적외선의 에너지가 들어가 열로 변하게 된다. 이 심달력은 파장이 적합할수록 좋다. 원적외선은 파장이 짧은 경우에는 공명흡수가 이루어지지 않는다.

이러한 '공명 흡수'와 '심달력'의 두 가지 작용이 잘 조절되도록 파장의 특성을 가진 복사체가 가장 바람직한 것이다. 원적외선 복사체는 열을 가할 때 원적외선을 복사하게 되며 열에너지와 빛에너지로 변환되는 기능을 가지는 재료이다. 그러므로 복사체가 가지고 있는 특성 중에서 가장 적절하게 열과 광의 전환효율이 좋은 필요한 파장의 특성을 가지는

제품을 완성하기 위해서는 고도의 기술이 요구된다.

원적외선을 피사체에 이용하고자 할 때는 그 피사체가 가지는 공명흡수 파장에 적합한 원적외선을 조사하여야 한다. 다시 말하면 사용하는 원적외선의 복사 파장의 특성은 사용목적에 적합한 것이어야 한다. 원적외선 복사체인 코팅세라믹 불은 원적외선의 영향으로 물의 분자구조를 바꿀 수도 있으며^{3,7)}, 이러한 결과는 ¹⁷O-NMR 분광법⁵⁾으로도 확인할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 고효율의 원적외선을 복사하는 세라믹 불을 제조하여 보일러의 방청배관에 미치는 여러 가지 효과를 살펴보았다.

2. 실험 및 방법

2.1. 코팅 세라믹 불의 제조

먼저 다음의 표 1과 같은 조성을 가진 세라믹 재료를 물과 잘 배합하여 탈기한 뒤, 불 성형기를 거쳐 건조한 후 800~850℃에서 1차 소성하였다. 그리고 나노메탈 함침 다공성 세라믹 분말을 1차 소성한 불에 유약으로 처리하고, 1250~1350℃의 온도 범위에서 2차 소성함으로써 코팅 세라믹 불을 제조하였다.

2.2. 실험 기기

본 연구에서는 먼저, 세라믹 불의 원료에 대한 화학적 조성을 확인하기 위하여 사용된 XRF는 Rigaku사의 모델명 3270으로 50kV/40mA에서 측정하였으며, 코팅 세라믹 불의 세라믹 소재로서의 특성을 확인하기 위하여 X-ray 회절분석을 실시하였는데, X-ray 회절분석은 Bruker AXS GMBH사의 모델명 D8 Advance를 사용하여 40kV/40mA에서 2θ가 10°~80°의 범위에서 측정하였다. 그리고 코팅 세라믹 불의 효과를 확인하기 위하여 다양한 실험을 실시하였는데, 먼저 코팅 세라믹 불을 사용함에 따른 물 분자의 구조변화를 확인하기 위하여 적외선 스펙트럼(IR)과 핵자기공명(¹⁷O-NMR) 스펙트럼의 선평 변화를 측정하여 확인하였는데, FT-IR은 Bruker사의 모델명 IFS 66을 사용하였으며, ¹⁷O-NMR은 Bruker사의 모델명 DRX 500을 사용하여 측정하였다.

2.3. 물 분자의 형태 및 구조변화 측정

본 연구에서는 물 분자의 형태 및 구조변화를 확인하기 위하여 1L의 수돗물을 2개의 비이커에 각각 넣고, 여기에서 두 개의 비이커 가운데 하나의 비이커에 100g의 코팅 세라믹 불을 넣고서 1주일일 경과한 후 각각의 비이커에 담긴 물에 대하여 FT-IR과 NMR을 측정하였다. 그리고 각각의 비이커에 담

긴 물에 대하여 경과 일수에 따라 변화되는 pH를 측정하였다.

2.4. 잔류 염소 측정

본 실험을 위하여 먼저 잔류염소 농도가 355ppm인 수용액을 먼저 20L 만들고 이렇게 만들어진 염소 수용액을 1kg의 코팅 세라믹 볼이 들어 있는 배관을 통과하도록 한 후 통과한 염소 수용액에 대하여 질산은 적정법으로 잔류염소농도를 측정하였다.

2.5. 철 함량 측정

본 실험은 코팅 세라믹 볼의 사용에 따른 철의 산화자연효과를 살펴보기 위한 실험으로서, 먼저 1L의 비이커에 50g의 시약용 철가루를 넣고서 각각의 비이커에 코팅 세라믹 볼을 100g 넣은 경우와 전혀 넣지 않았을 때, 150rpm으로 교반하면서 경과일수에 따른 전체 조성 중 산화되지 않은 철의 함량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 세라믹 볼의 화학적 조성과 코팅 세라믹 볼의 XRD

먼저 원료물질로 사용된 세라믹 볼의 화학적 조성은 다음의 Table 1에 나타내었다. 그리고 코팅 세라믹 볼의 XRD 분석 결과는 다음의 Fig 1에 잘

Table 1. Chemical composition of ceramic ball used raw material

화학적 조성	함량(wt.%)	화학적 조성	함량(wt.%)
SiO ₂	51.8	K ₂ O	1.21
Al ₂ O ₃	33.6	FeO	0.32
CaO	1.57	TiO ₂	0.20
MgO	0.45	강열감량	7.72
Fe ₂ O ₃	1.77		

나타내었다.

3.2. 물분자의 형태변화 효과

코팅 세라믹 볼의 물에 대한 영향을 확인하기 위하여 코팅 세라믹 볼을 수돗물 속에 넣고 1주일이 경과한 후 코팅 세라믹 볼을 넣지 않은 수돗물과의 IR 피크와 NMR 피크의 변화와 차이를 확인하였다.

먼저, Fig. 2는 수돗물만으로 7일이 경과한 후 IR 피크를 나타내고 있으며, Fig. 3은 수돗물에 코팅 세라믹 볼을 넣고 7일이 경과한 후의 IR 피크를 나타내고 있다. 이때 3400cm⁻¹부근의 OH 피크가 크게 차이가 나는 것을 볼 수 있는데, 이것은 원적외선의 작용으로 물속에서 부분적으로 OH 양이 증가하기 때문으로 판단된다.

그리고 Fig. 4는 수돗물만으로 7일이 경과한 후의

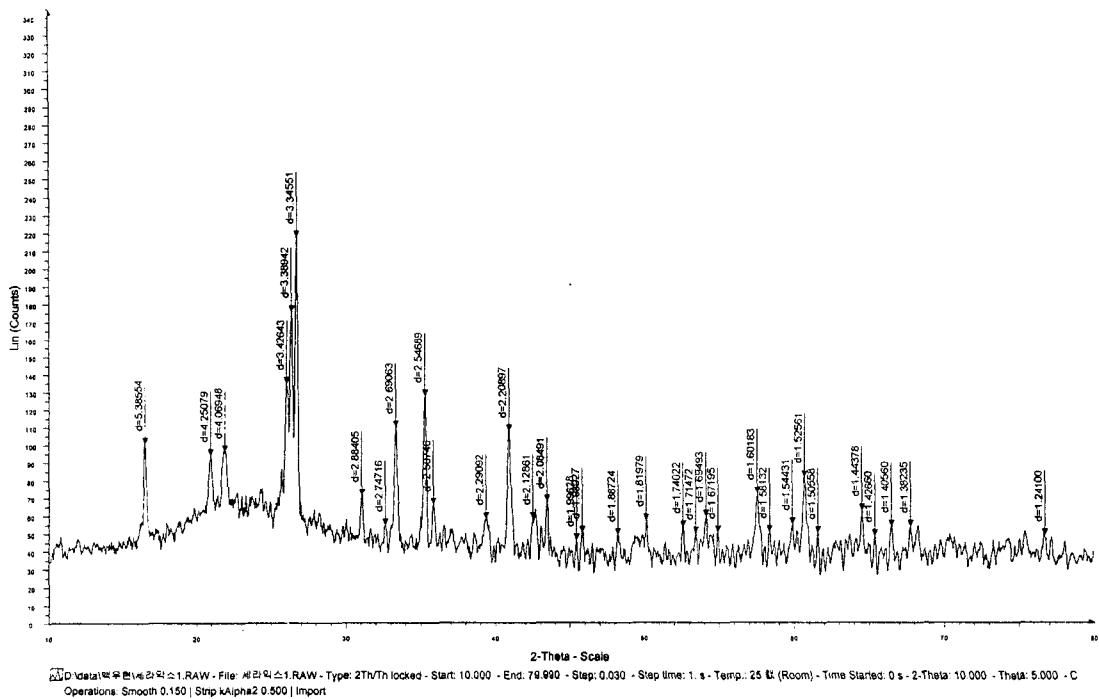


Fig. 1. XRD graph of coating ceramic ball.

IFS66

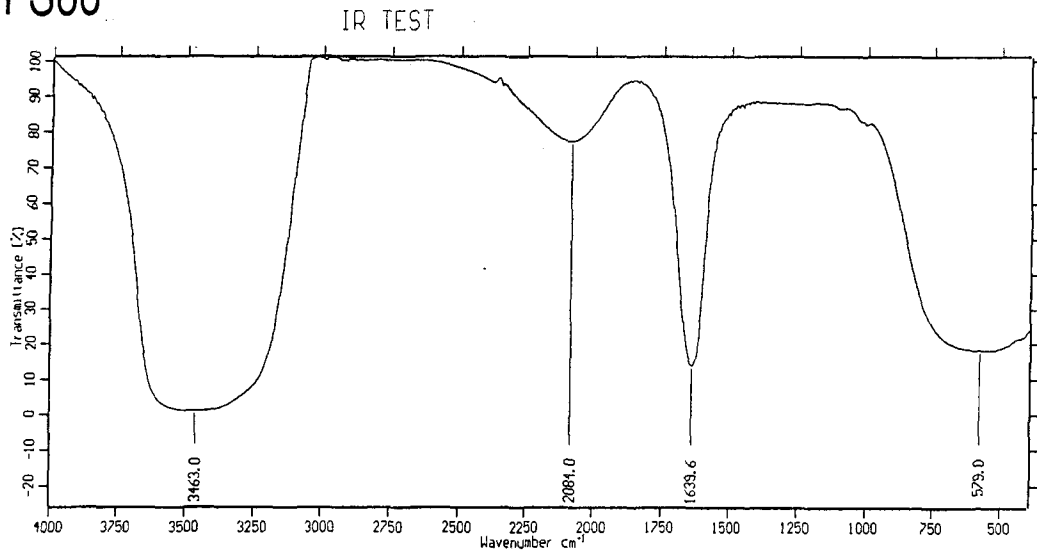


Fig. 2. FT-IR peak of tap water.

IFS66

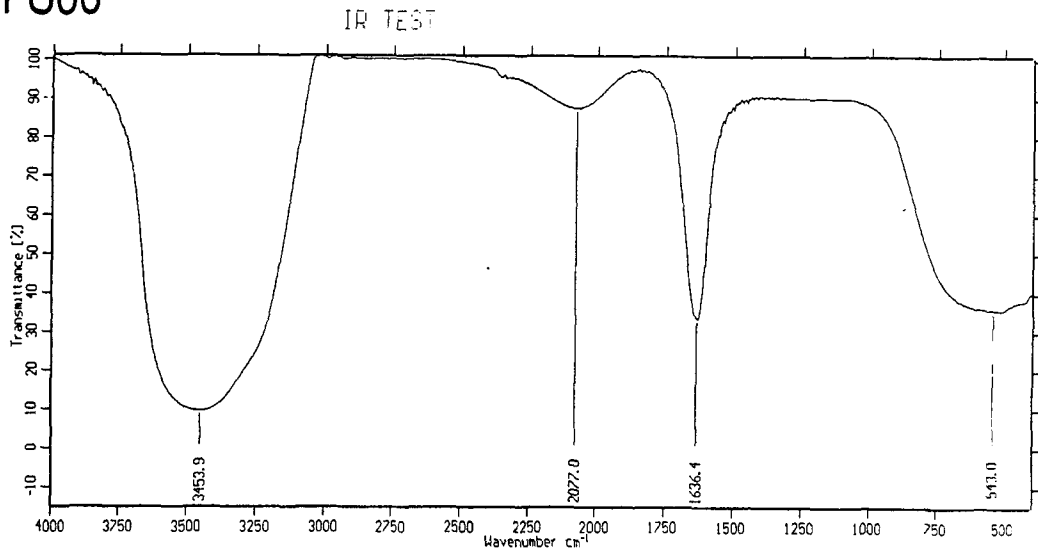


Fig. 3. FT-IR peak of water treated by coating ceramic ball.

NMR 피크를 나타내고 있으며, Fig. 5는 수돗물에 코팅 세라믹 볼을 넣고 7일이 경과한 후의 NMR 피크를 나타내고 있다. 이 경우에도 Fig. 4와 Fig. 5사이에서 피크의 차이를 볼 수 있는데, 수돗물인 경우에는 200Hz에서 나타나는 피크가 다소 넓게 나타나고 있는 반면 코팅 세라믹 볼 처리수의 경우에는 수돗물에 비하여 200Hz에서 나타나는 피크가 상당히

뾰족하게 나타나고 있는 것으로 볼 때 물분자의 클러스터(덩어리)가 수돗물인 경우보다 코팅 세라믹 볼 처리수의 경우에 더 작게 존재하는 것을 의미하는 것으로 판단된다.

따라서 Fig. 2에서부터 Fig. 5까지의 결과로부터 코팅 세라믹 볼은 다량의 원적외선을 복사함으로써 물분자를 상대적으로 작게 만들뿐만 아니라 물분자

코팅 세라믹볼의 방청효과에 관한 연구

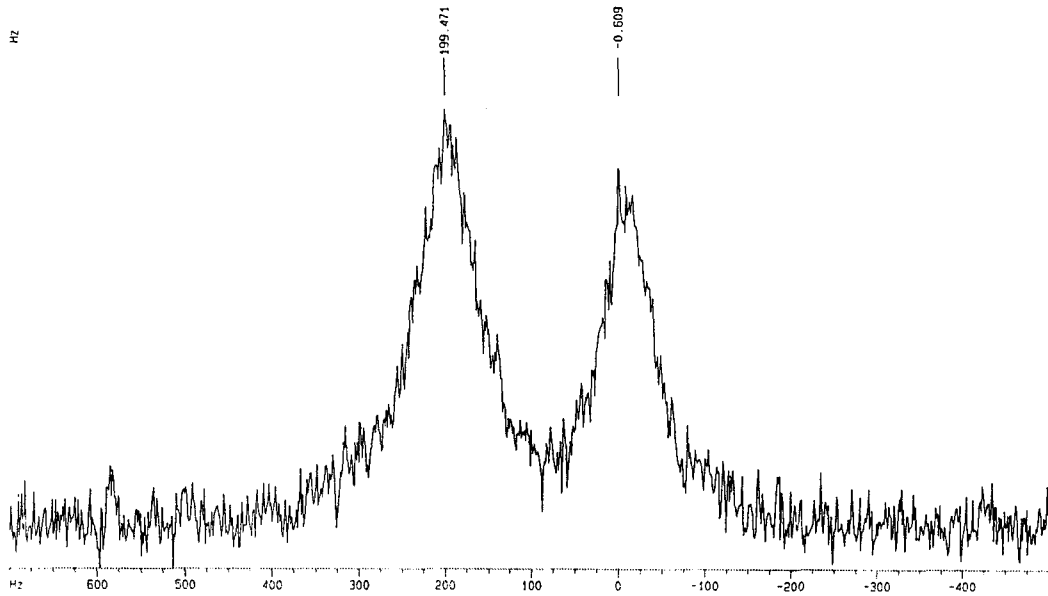


Fig. 4. NMR peak of tap water.

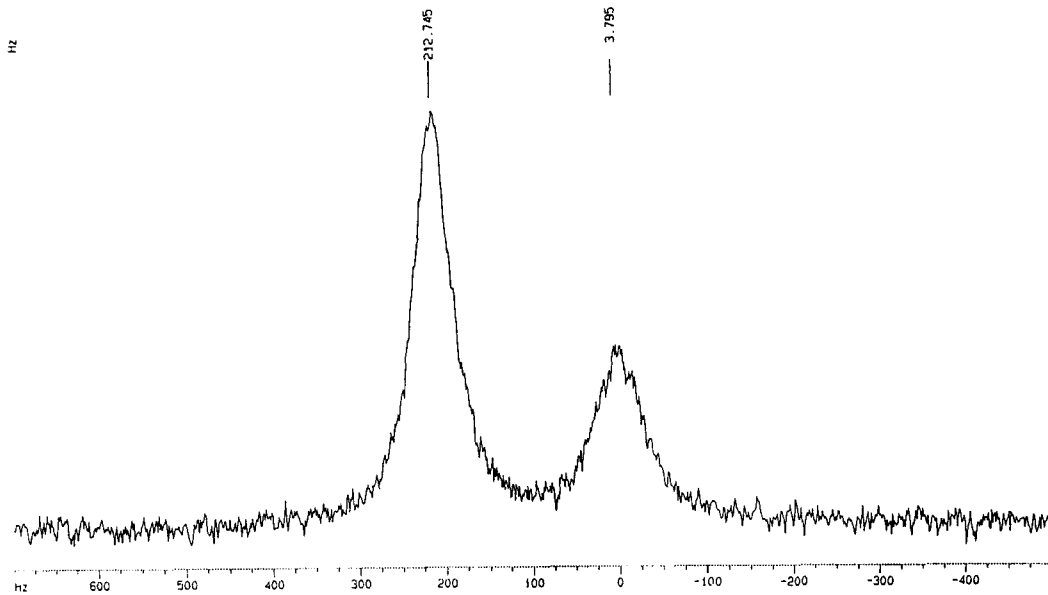


Fig. 5. NMR peak of water treated by coating ceramic ball.

를 약하지만 부분적으로 알칼리화하는 경향이 있는 것으로 판단된다.

다음의 Fig. 6은 코팅 세라믹 볼로 처리한 물에 대하여 처리일수가 경과함에 따른 pH 변화를 나타내고 있다. 그 결과 Fig. 6에 나타난 것처럼 원수의 pH는 6.8이었으나, 처리일수가 경과함에 따라 pH는 점점 증가하여 3일이 경과한 후 pH가 7.33으로 증

가하였으며, 5일이 경과하면 pH는 7.44, 그리고 10일이 경과함에 따라 pH는 7.48로 증가하였다. 물론 처리일수가 경과함에 따라 pH가 계속 증가하는 것은 아니지만 일정부분 증가하는 것으로 보아 코팅 세라믹 볼로 처리한 물의 경우에는 부분적으로 알칼리화 함을 알 수 있었다. 이런 결과는 앞에서 설명하였던 Fig. 3의 실험 결과와도 잘 일치하고 있음

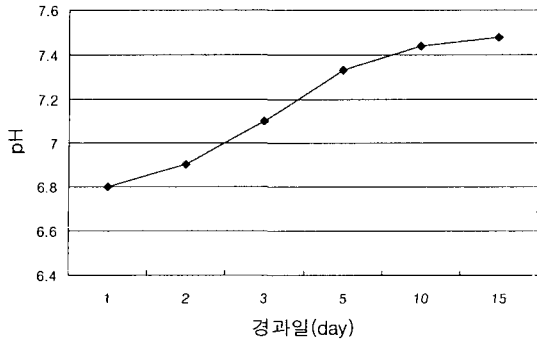


Fig. 6. pH change of water treated by coating ceramic ball.

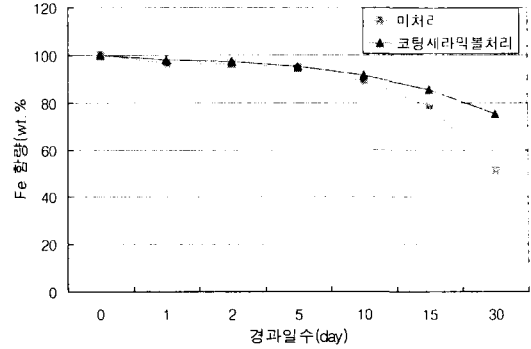


Fig. 8. Oxidation delay effect of Fe powder by coating ceramic ball.

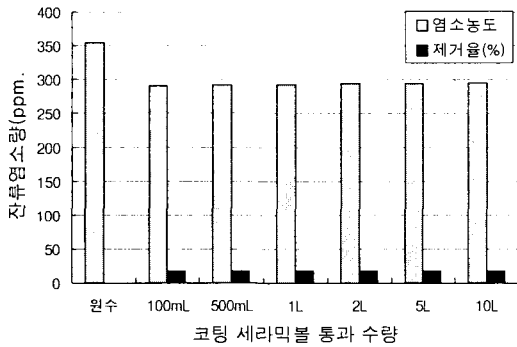


Fig. 7. Removal effect of residual chlorine by coating ceramic ball system.

을 보여주고 있다.

3.3. 염소 제거 효과

코팅 세라믹 볼 시스템을 사용하여 수돗물 속에 잔존하는 염소이온의 제거 효과를 알아보았는데, 다음의 Fig. 7에 그 결과를 나타내었다.

Fig. 7에 나타난 것처럼 원수의 잔류염소량이 355ppm이었으나 코팅 세라믹 볼 시스템을 통과하면서 잔류염소량은 288~296ppm 정도로 나타났는데 이와 같은 결과로부터 잔류염소 제거율을 계산해보면 대략 17~18% 정도의 잔류 염소가 제거되는 것으로 나타났다.

3.4. 철의 산화-환원에 미치는 효과

다음의 Fig. 8은 코팅 세라믹 볼의 처리에 따른 처리수와 미처리수의 철함량을 비교 실험한 결과이다.

Fig. 8에 나타난 결과를 살펴보면, 수중에 존재하는 철이 경과일수가 증가함에 따라 서서히 산화하여 산화철로 변하기 때문에 철의 함량이 감소하게 된다. 특히 미처리수의 경우에는 철의 함량이 100 wt.%에서 경과일수가 증가함에 따라 점점 감소하여

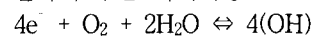
5일 경과 후 약 94wt.%, 10일 경과 후 약 89wt.%, 15일 경과 후 약 78wt.%, 그리고 30일 경과 후 약 51wt.%로 30일만에 철의 절반정도가 산화되는 것으로 나타났다. 그리고 코팅 세라믹 볼로 처리한 경우에는 그 영향으로 철의 산화가 상당히 지연되는 것으로 나타났는데, 5일 경과 후 약 95wt.%, 10일 경과 후 약 91wt.%, 15일 경과 후 약 85wt.%, 그리고 30일 경과 후 약 75wt.%로 30일이 경과하면서 전체 철의 25% 정도가 산화되는 것으로 나타났는데, 미처리 했던 경우와 비교해 보면 약 50% 정도로 산화가 지연되는 것으로 나타났다.

3.5. 방청 메커니즘 규명

앞의 여러 가지 실험 결과들로부터 코팅 세라믹 볼로 처리한 물은 고효율의 원적외선의 영향으로 물의 산화환원전위가 상승하였을 뿐만 아니라 물의 pH도 약 0.5정도까지 상승하여 약 알칼리성으로 변화되어졌음을 확인 할 수 있었다. 이와 같은 영향으로 물속에 포함되어져 스케일을 야기하는 원인 물질인 각종 양이온, 특히 칼슘이온, 마그네슘이온, 그리고 철이온과 같은 다가 양이온에 대하여 약 알칼리 부분의 부분전하를 제공함으로써 양이온이 다시 원소상태로 환원하게 되어 스케일을 방지할 수 있으며, 이미 생성된 스케일에 대해서도 마찬가지로 작용하게 된다. 그 부분전하에 의한 다가 양이온의 환원 메커니즘을 살펴보면 다음과 같다.

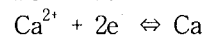
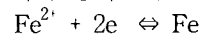
1단계 : 고효율의 원적외선의 영향으로 물을 활성화

2단계 : 전자의 부분 여기작용



3단계 : 4(OH)의 영향으로 pH 상승

4단계 : 다가 양이온의 금속으로 환원



5단계 : 환원된 금속의 침전
이상과 같은 단계를 거치면서 다가 양이온이 금속속으로 환원되어 침전되어짐으로서 스케일이 서서히 제거되어짐을 알 수 있다.

4. 결 론

이상과 같은 여러 가지 실험결과들로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 코팅 세라믹 볼은 고효율의 원적외선 복사체로서 물분자에 작용하여 물분자의 부분적인 알칼리화를 가져올 뿐만 아니라 물분자의 클러스터를 보다 작게 만드는 경향을 보이고 있다.
- 2) 코팅 세라믹 볼은 물속에 잔존하는 염소의 제거에도 어느 정도 효능을 나타내었다.
- 3) 코팅 세라믹 볼은 물 속에서 철의 산화를 지연시킬 뿐만 아니라 산화전자의 부분 여기 작용으로 철과 같은 다가 금속 이온에 대하여 상당한 환원 작용을 나타내었다.
- 4) 코팅 세라믹 볼은 물 속에서 물분자를 활성화 시킴으로서 부분적으로 약 알칼리를 나타내게 되어 다가 양이온에 대하여 약 알칼리 부분의 부분전하를 제공함으로써 양이온이 다시 원소 상태로 환원하게 되어 스케일을 방지할 수 있으며, 이미 생성된 스케일에 대해서도 환원작

용을 하여 스케일을 제거할 수 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 (주)월드소수이시스템의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 김면섭, 1980, 한국부식학회지, 9, 37.
- 2) 김면섭, 1983, 한국부식학회지, 12, 31.
- 3) 전무식, 1995, 6각수의 수수께끼, 김영사, 46-48.
- 4) 정종원, 오장근, 박완서, 1996, 원적외선 치료의 실제, 한국원적외선응용연구소, 15-20.
- 5) 松下和弘, 1989, 遠赤外線 と NMR法, 人間 と 歴史社, 35-65.
- 6) Hackerman, N and J. D. Sudbury, 1950, J. Electrochem. Soc., 97, 109.
- 7) Hashimoto, S. M., K. F. Fujuta, and J. Minami, 1987, Induces of Drinking Water Concerned with Taste and Health, J. Ferment, 65, 185.
- 8) Man, C. A., Trans. 1937, Electrochem. Soc., 72, 333.
- 9) Rezenfeld, I. L., B. P. Persiantseva, and P. B. Terentiev, 1964, Corrosion, 20, 222.