

## 온라인 부식속도 측정 시스템을 이용한 아질산 나트륨의 금속 부식억제 특성 연구

박 말 용<sup>1</sup> · 문 전 수<sup>2,†</sup> · 강 대 진<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국산업기술대학교 메카트로닉스 공학과, 경기도 시흥시 산기대학로 237

<sup>2</sup>한전 전력연구원 미래기술연구소, 대전시 유성구 문지로 105

(2015년 2월 27일 접수, 2015년 4월 28일 수정, 2015년 4월 29일 채택)

## The Corrosion Inhibition Characteristics of Sodium Nitrite Using an On-line Corrosion Rate Measurement System

Mal-Yong Park<sup>1</sup>, Jeon-Soo Moon<sup>2,†</sup>, and Dae-Jin Kang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechatronics Engineering, Korea Polytechnic University 237 Sangidaehak-Ro, Shiheung-Shi, Gyeonggi-Do, 429-793, Korea

<sup>2</sup>Future Technology Research Laboratory, KEPCO Research Institute 105 Munji-Ro, Yuseung-Gu, Daejeon, 305-760, Korea

(Received February 27, 2015; Revised April 28, 2015; Accepted April 29, 2015)

An on-line corrosion rate measurement system was developed using a personal computer, a data acquisition board and program, and a 2-electrode corrosion probe. Reliability of the developed system was confirmed with through comparison test. With this system, the effect of sodium nitrite ( $\text{NaNO}_2$ ) as a corrosion inhibitor were studied on iron and aluminum brass that were immersed in sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ) solution. Corrosion rate was measured based on the linear polarization resistance method. The corrosion rates of aluminum brass and iron in 1%  $\text{NaCl}$  solutions were measured to be 0.290 mm per year (mmpy) and 0.2134 mmpy, respectively. With the addition of 200 ppm of  $\text{NO}_2^-$ , the corrosion rates decreased to 0.0470 mmpy and 0.0254 mmpy. The addition of  $\text{NO}_2^-$  caused a decrease in corrosion rates of both aluminum brass and iron, yet the  $\text{NO}_2^-$  acted as a more effective corrosion inhibitor for iron. than aluminum brass.

**Keywords :** on-line corrosion rate measurement, iron, aluminum brass, chloride ion, sodium nitrite, corrosion inhibition.

### 1. 서 론

산업체 보일러, 냉각설비 등 용수 순환계통에서 금속의 부식은 안전운전과 설비수명에 영향을 미치기 때문에 부식억제제 주입과 수질관리를 수행하여 예방하고 있다. 고전적인 부식 확인 방법은 설비 정지 후 금속표면 육안관찰, 시편 질량감소 측정, 금속이온 농도 분석법 등이 있으나 이러한 방법들은 결과 확인에 장시간이 소요되는 문제점이 있다. 설비를 정지하지 않고 가동중 부식속도 확인이 가능한 온라인 방법으로는 전기저항 측정법, 분극저항 측정법이 있다<sup>1)</sup>. 분극저항 측정법이 간단하고 신속하여 용수계통에서 부식관리를 위해 자주 이용된다. 이 방법은 용액에 잠긴 두 전극

사이에 미소 전위( $\pm 10 \sim 20$  mV)를 가한 상태에서 분극저항을 측정하여 부식속도를 산출하는 방법이다<sup>2)</sup>. 전극에 가해진 전위와 회로에 흐르는 전류를 측정하면 분극저항의 연산이 가능하다. 용액의 전기전도도가 낮은 경우 정확한 부식속도 측정을 위해 용액의 전기저항 보정이 필요하다. 이 방법으로 얻어진 부식속도는 전극의 부식속도로써 실제 설비 부식속도와는 차이가 있기 때문에 주로 부식 경향 파악에 이용되며, 전극표면이 오염되지 않도록 하고 공정과 유사한 수온과 유속 등의 시험조건을 유지하여야 한다.

실험실과 산업 현장에서 쉽게 구할 수 있는 범용 자료취득 보드와 개인용 컴퓨터를 이용하여 부식속도 측정 시스템을 구성하고, 자료취득 소프트웨어로 용액저항 보정과 분극저항 측정 과정을 자동화함으로써 정확하고 연속적인 부식속도 측정이 시도된 바 있다<sup>3)</sup>. 부식 속도를 정확하게 측정하기 위해서는 자료취득 보드의 정밀도와 측정 환경 설정을 적절

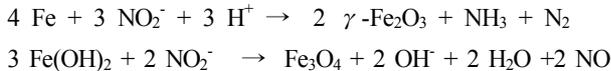
<sup>†</sup> Corresponding author: jsmoon@kepco.co.kr

하게 유지하여야 하는 것으로 확인되었다.

본 연구에서는 이전 연구자들의 부식 측정기술<sup>3)</sup>을 개선하여 2 채널 동시 측정이 가능하고 측정시 부식 전극 상수 입력 및 측정 범위 자동설정 (auto range) 등의 기능이 있는 온라인 부식속도 측정 시스템을 개발하여 아질산나트륨의 부식억제 효과 평가에 사용함으로써 개발한 부식속도 측정 시스템의 효용성을 확인하고자 한다.

## 2. 아질산나트륨의 철금속 부식억제제

아질산나트륨 (NaNO<sub>2</sub>)은 철 금속 표면에서 부동태 산화피막을 형성함으로써 부식억제 작용을 한다. 아질산나트륨은 밀폐순환계통과 같이 수중에 용존산소 농도가 낮은 조건에서 사용하며, 냉각탑 순환수 계통과 같이 용존산소가 계속적으로 높게 유지될 경우 아질산이온이 질산이온으로 산화되어 부식억제 성능이 사라지게 된다. 현재 유해 물질로써 사용이 금지된 크롬산염과 부식억제 반응기구가 동일하며 얇은 산화피막을 형성을 통해 내구성을 향상시키는 특징이 있다<sup>4)</sup>. 다음은 철 금속 표면에서 아질산나트륨에 의한 난용성 산화피막 형성 반응식을 나타낸 것이다.



발전소 또는 산업체 밀폐순환 냉각설비의 부식관리 지침에 따르면 철과 동합금의 부식 속도가 각각 0.0254 mm per year (mmpy) 미만과 0.00254 mmpy 미만으로 유지되는 것을 목표로 한다.

## 3. 부식 속도 측정 이론

### 가. 분극저항 및 부식전류밀도

용액에 잠겨 있는 두 금속 사이에 외부에서 미소 전류를 가하면 부식 속도가 낮은 쪽이 분극 정도가 심하다<sup>5,6)</sup>. 또한 수 밀리볼트로 작은 전위 변화 범위 내에서는 분극 곡선 원점을 중심으로 겹보기 전류와 전위변화 사이에 선형관계가 존재하고, 부식속도가 분극곡선 기울기에 반비례한다. 여기서 분극저항 ( $R_p$ ,  $\Omega \cdot \text{m}^2$ )은 분극곡선 원점에서 겹보기 전류 ( $\Delta i_{app}$ )에 대한 전위 변화 ( $\Delta \epsilon$ )의 직선 기울기로써 정의된다. Stearn과 Geary는 기존 관찰 결과와 실험 자료들을 기초로 하여 정량표현이 가능한 Stearn-Geary식을 제시하였다<sup>7,8)</sup>.

$$R_p = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta i_{app}} = \frac{\beta_a \times \beta_c}{2.3 \cdot i_{corr} \cdot (\beta_a + \beta_c)}$$

여기서,  $\beta_a$ 와  $\beta_c$ 는 양극 및 음극 Tafel slope (V)이고  $i_{corr}$ 는 부식전류 밀도 ( $\text{A}/\text{m}^2$ )이다.  $\beta_a$ 와  $\beta_c$ 를 0.12 V로 가정하면 Stearn-Geary식은 다음과 같이 간략화 된다.

$$R_p = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta i_{app}} = \frac{0.026}{i_{corr}}$$

겉보기 전위변화( $\Delta \epsilon$ )가 20 mV를 초과하지 않는 범위에서 상기 Stearn-Geary식을 적용할 수 있다. 주어진 부식 시험에서 분극저항이 측정되면 상기 식을 이용하여 부식전류 밀도 ( $i_{corr}$ )를 연산할 수 있고, 이어서 Faraday's law에 의해 금속 부식속도(mmpy)를 바로 얻을 수 있다<sup>9)</sup>.

$$\text{부식속도 (mmpy)} = 3.17 \times 10^4 \times \text{Mw} \times 1 / (\text{F} \times \text{n} \times \text{D}) \times i_{corr}$$

여기서, Mw는 분자량 (g/mol), F는 Faraday상수 (96,500 coulombs/equivalent), n은 산화상태에 있는 금속의 하전수, D는 금속의 밀도 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )이다.

### 나. 분극저항 보정

오차가 없는 부식속도 값을 얻기 위해서는 정확한 분극저항 측정값을 사용하여야 한다<sup>10)</sup>. 왜냐하면 수용액에 잠긴 두 전극 사이 총 저항 ( $R_T$ ,  $\Omega \cdot \text{m}^2$ )은 아래처럼 용액저항 ( $R_s$ ,  $\Omega \cdot \text{m}^2$ )과 분극저항 ( $R_p$ ,  $\Omega \cdot \text{m}^2$ )의 합으로 표시되기 때문이다.

$$R_T = 2 R_p + R_s$$

$$R_p = (R_T - R_s) / 2$$

용액 저항이 분극저항에 비해 상대적으로 작을 경우 용액 저항을 보정하지 않아도 부식속도 측정시 오차 발생을 무시할 수 있으나, 순수처럼 용액의 전기전도도가 매우 낮을 경우에는 용액 저항을 무시할 수 없기 때문에 분극저항 측정시 총 저항 값에서 용액 저항 값을 제외시켜서 얻은 보정된 분극저항을 부식전류밀도 연산시 사용하여야만 정확한 부식속도를 측정할 수 있다. 두 전극 사이의 용액저항은 고주파이면서 진폭이 작은 미소 전압 신호를 가한 상태에서 측정할 수 있다.

### 다. 부식속도 연산

부식 시험대상 전극 재료가 철이고 전극 면적이  $5 \text{ cm}^2$ 이라면 Stearn-Geary식으로부터 부식전류밀도 연산식과 Faraday's law로 부터 부식속도 연산식을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$i_{\text{corr}} \text{ (A/m}^2\text{)} = 104 / (R_T - R_s)$$

$$\text{부식속도 (mmpy)} = 1.167 \times \text{부식전류밀도 (}i_{\text{corr}}\text{)}$$

$$= 121.4 / (R_T - R_s)$$

**라. 공식 지수 (pitting factor) 연산 및 활용**

수용액에 잠긴 동일한 두 전극 사이의 불균일 전류밀도 (imbalance current density)를 측정하면 공식 (pitting) 발생 여부에 대한 정보를 얻을 수 있다. 공식이 발생하지 않을 때에는 동일한 두 전극 사이에 미소전류의 흐름이 없지만 어느 한쪽 전극에서 공식이 발생하면 두 전극 사이에 미소전류 흐름이 관찰된다. 부식속도 측정회로에 자료취득 보드의 출력 채널로부터 0 V (short)를 인가한 상태에서 일정 시간 동안 측정된 두 전극 사이 불균일 전류밀도의 표준편차 ( $\sigma_1$ )와 ‘다’ 항에서 얻은 부식전류밀도 ( $i_{\text{corr}}$ )의 비교로부터 다음과 같이 pitting factor (P.F.) 를 산출할 수 있다.

$$\text{P.F.} = \sigma_1 \text{ (A/m}^2\text{)} / i_{\text{corr}} \text{ (A/m}^2\text{)}$$

P.F. 값이 0.01 이하이면 균일부식, 0.01 ~ 0.10 범위에 있으면 국부 부식, 0.10 이상이면 심한 국부 부식이 발생한 것으로 해석된다.

**4. 실험방법 및 장치**

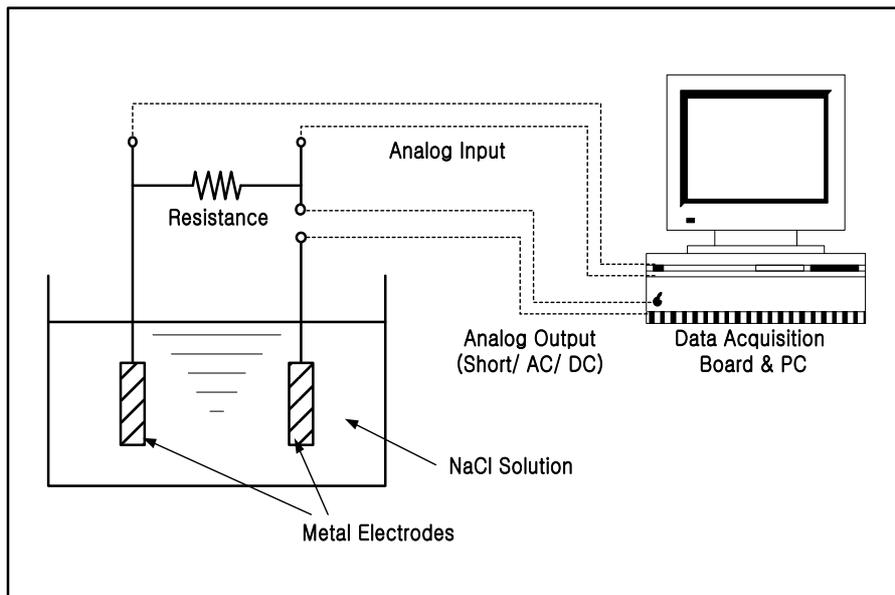
**가. 부식속도 측정 시스템**

본 실험에 사용한 2개 전극 방식의 부식속도 측정 시스템

개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 이 그림은 1개 채널을 나타낸 것으로 실험에서는 1개 채널을 추가하여 2개 채널을 구성하여 사용하였다. 부식 가속 시험을 위해 비이커(폴리에틸렌, 100 ml)에 NaCl 수용액(0.1 ~ 5.0%, 100 ml)을 준비하고 여기에 탄소강 또는 알루미늄 황동 부식전극(표면적: 5 cm<sup>2</sup>)이 장착된 부식센서 (7022 LPR Probe, Rohrbach Cosasco Systems사)를 담근다. 부식억제 효과를 평가하기 위하여 아질산나트륨이 첨가되지 않은 수용액과, 200 ppm 또는 500 ppm의 아질산나트륨이 첨가된 수용액에서 부식속도를 상온에서 측정하였다. 출력 채널의 분해능 (resolution)이 16비트 (analog output full range인  $\pm 10 \text{ V}$ 의  $1/2^{16}$ )이고 자료 처리속도가 300 kS/sec인 자료취득보드 (PCI-6052, National Instruments사)를 personal computer (PC)의 PCI 슬롯에 장착하여 부식 신호 측정에 사용하였다. 자료취득보드의 출력 채널 2개와 입력 채널 2개를 Fig. 1과 같이 연결하고, 아날로그 출력 채널을 통해 교류 또는 직류 전압 등을 PC와 자료취득 프로그램 (LabView 8.2, National Instruments사)을 이용하여 부식속도 측정 회로에 인가한다. 회로에 흐르는 부식전류는 저항 (500  $\Omega$ )을 연결하여 전류를 전압으로 변환시켜 자료취득 보드의 입력 채널로 측정한다.

**나. 부식속도 측정을 위한 신호처리**

전해질 수용액에 침지된 두 전극은 Fig. 2와 같은 전기적 등가회로로 표현될 수 있다. 부식 전극 표면에 이온들이 부착되어 전기 이중층 ( $C_{dl}$ )을 형성한다. 자료취득보드의 출력 채널로부터 미소 직류 전압 (10~20 mV)을 부식속도



**Fig. 1.** Schematic diagram of corrosion rate measurement system.

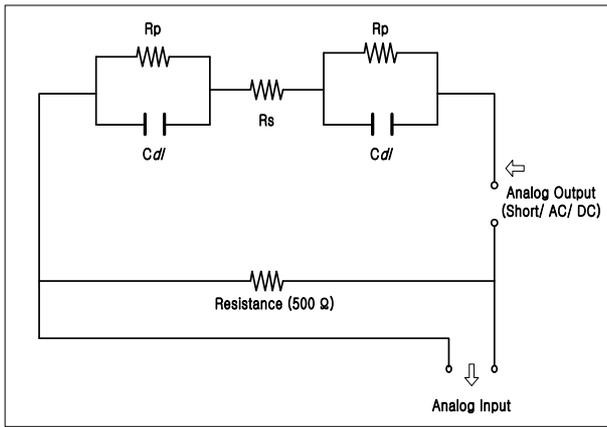


Fig. 2. Electrical circuit of 2-electrode corrosion rate measurement system.

Table 1. Meta Probes used for the qualification test

Meta Probe Corrosion Rate (mmpy)	$C_{dl}$ ( $\mu F$ )	$R_S$ ( $\Omega$ )	$R_P$ ( $\Omega$ )
0.0025	30	250	23,500
0.0127	"	"	4,750
0.0269	"	"	2,260
0.0889	"	"	670
0.2845	"	"	215
0.5359	"	"	114

측정 회로에 가하면 분극저항 ( $R_p$ )와 용액저항 ( $R_s$ )에 의한 전류 흐름을 방해하는 효과가 나타나고, 자료 취득 보드의 출력 채널로 부터 고주파 교류(정현파) 전압을 부식속도 측정 회로에 가하면 전기이중층에 의한 저항이 "0" 이 되면서 용액저항에 의해서만 전류 흐름 방해 효과가 나타난다. 따라서 직류전압 인가 조건에서는 총 저항이 분극저항과 용액저항의 합과 같고, 고주파 교류전압 인가 조건에서는 총 저항이 용액저항과 같다. 회로 출력단에 직류 전압과 고주파 교류 전압을 교대로 인가하여 전기적 신호를 측정하면 부식 속도(부식 전류밀도) 연산에 필요한 정확한 분극저항 정보를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 회로의 출력단에 20 mV의 직류 전압을 인가하여 총 저항을 측정하였고, 진폭이 20 mV이고 주파수가 1 kHz인 정현파 교류 전압을 인가하여 용액 저항의 측정을 통하여 보정된 분극저항( $R_p$ )을 계산하여 사용하였다.

Fig. 1에 표시된 부식 측정 시스템의 정확도와 정밀도를 검증하기 위해 저항과 콘덴서 소자로 구성된 0.0025 ~ 0.54 mmpy 범위의 표준 부식율 (Meta Probe) 6종을 제

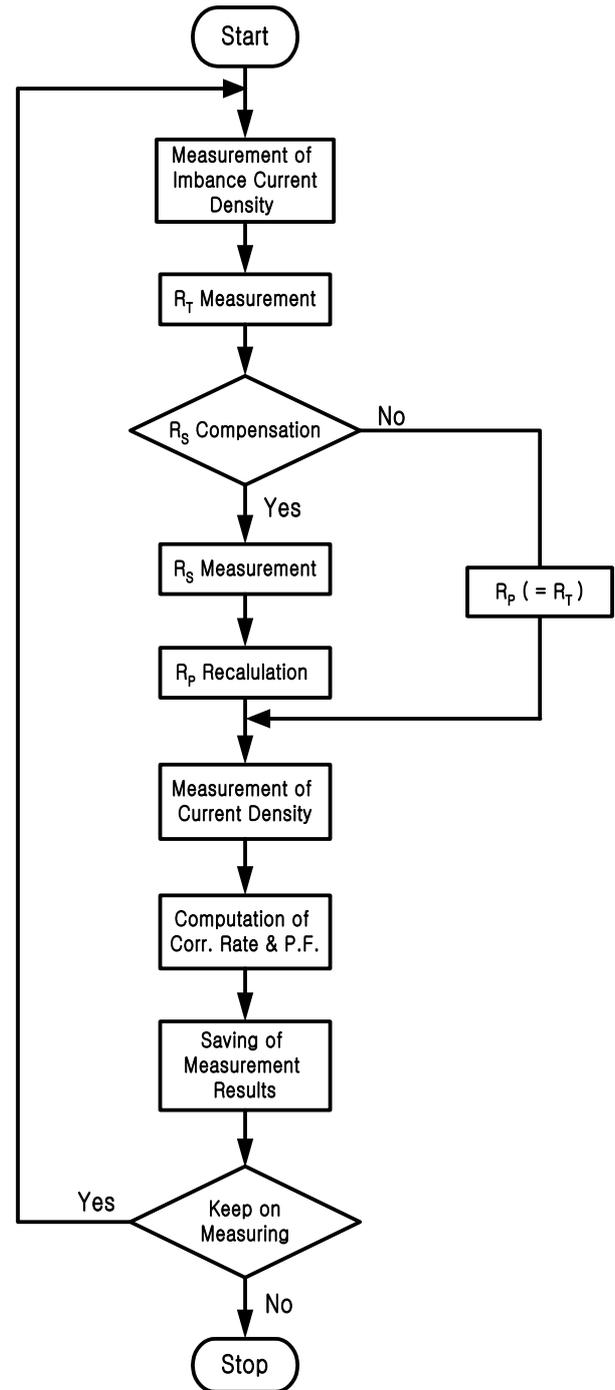
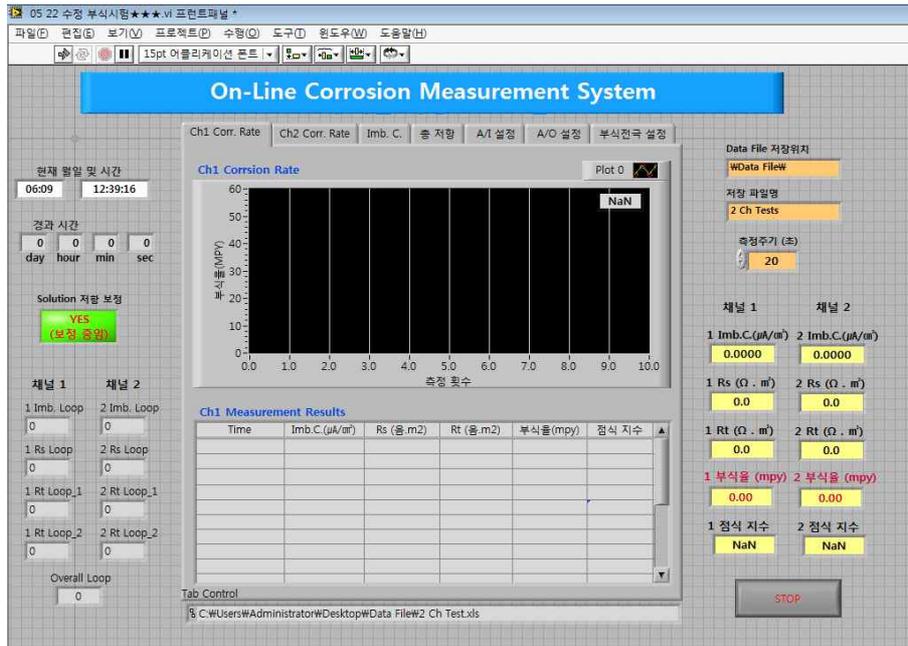


Fig. 3. Procedure for the on-line corrosion rate measurement.

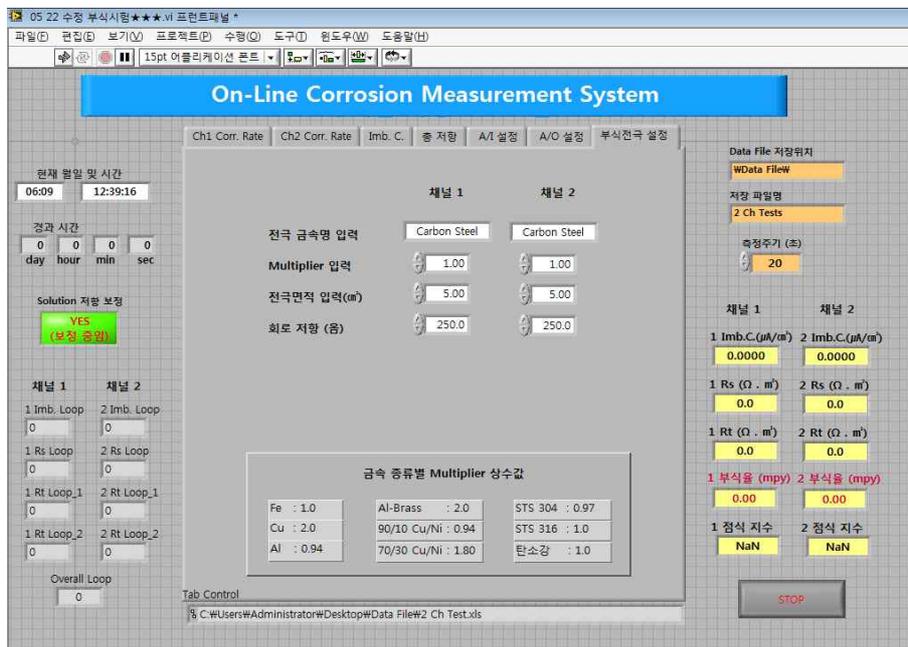
작하여 측정 시스템의 정확도를 검증하였다. 본 연구에 사용한 Meta Probe의 제작 사양은 Table 1과 같다.

다. 부식속도 측정의 자동화 프로그램

PC와 자료취득 프로그램을 이용하면 일련의 부식속도 측정과정을 자동화할 수 있다. 자료취득 보드 (PCI-6052,



(a)



(b)

Fig. 4. Monitoring screen of automatic corrosion rate measurement system showing (a) chart and table of corrosion measurement data and (b) input screen of electrode multiplier and surface area.

National Instruments사) 입력채널의 전압 측정 범위는  $\pm 1.0$  V로 설정하였다. 분극저항 측정시 +20 mV와 -20 mV를 두 전극에 보내어 입력 채널의 측정값들의 절대 평균을 취하여 사용하였고, 용액 저항 측정시는 진폭이 20 mV이고 주파수가 1 kHz인 정현파를 출력채널에 보내어 입력

채널에서 진폭을 측정하여 사용하였다. Fig. 3은 부식속도 측정 시스템의 부식속도 측정 과정을 나타낸 것으로, 측정 환경 설정 후 측정 프로그램을 실행하면 부식속도, 공식지수 등이 일정 주기(설정 범위: 0.5 ~ 30 min)로 측정되어 엑셀호환 파일로써 PC에 측정 시간과 함께 자동 저장된다.

Fig. 4는 자료취득 프로그램을 이용한 부식 속도 측정시스템의 감시화면을 나타낸 것이다. Fig. 4 (a)는 부식 속도 측정결과를 표시해 주는 감시 화면이고, Fig. 4 (b)는 측정하려는 부식 전극의 상수 값들을 입력하는 화면을 보여준 것이다. 측정하려는 전극의 재질에 따른 적절한 보정상수 (multiplier)와 전극 표면적 (cm<sup>2</sup>)를 입력하여야 한다. Multiplier는 부식속도 연산시 사용한 Faraday's law의 재질에 따른 Mw/(n×D)를 보정하기 위한 값으로 철의 multiplier를 1.0이라고 하였을 때, 동 는 2.0이고, Al-Brass는 1.62이다.

### 5. 연구결과 및 고찰

#### 가. 부식속도 측정 시스템의 정확도 검증

개선된 부식 측정 시스템의 정확도와 정밀도 검증을 위하여 6가지 Meta Probe에 대해 부식 속도를 측정하였다. Table 2는 각각의 Meta Probe에 대한 채널별 부식 속도 측정 결과를 나타낸 것이다.

Table 2에서와 같이 부식 측정시스템이 0.0269 mmpy 이하에서는 Meta Probe 부식 속도와 동일하게 측정되었으나 0.0889 mmpy 이상에서는 오차가 관찰되었지만 그 크기가 1% 미만이어서 본 연구에서 제시된 부식 측정 시스템의 정확도가 매우 높음을 알 수 있었다.

#### 나. 부식성이온 농도 증가에 따른 금속의 부식 속도 변화

본 연구에서 개발한 부식속도 시스템을 이용하여 부식성이온 농도가 금속의 부식속도에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 NaCl 농도에 따른 철과 Al-Brass의 부식 속도 측정 결과이다. Al-Brass이 철보다 부식 속도가 높았을 뿐만 아니라 염소 이온의 농도가 증가할수록 부식 속도는 더욱 더 증가하였다. 그러나 NaCl의 농도가 3% 이상인 수용액에서 철과 Al-Brass의 부식 속도가 모두 급격하게 증가하였다. Fig. 7은 3% NaCl 수용액에서 pH가 금속 부식 속도에

미치는 영향을 조사한 결과이다. Al-Brass의 부식 속도가 철보다 전반적으로 높았으나 pH 8 이상에서 pH 증가에 따라 철의 부식 속도가 감소하지만 Al-Brass의 부식 속도는 반대

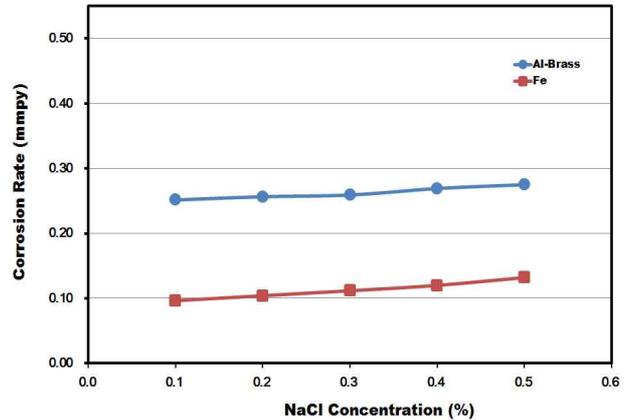


Fig. 5. Corrosion rates of Fe and Al-Brass in the 0.1 ~ 0.5 % NaCl solution.

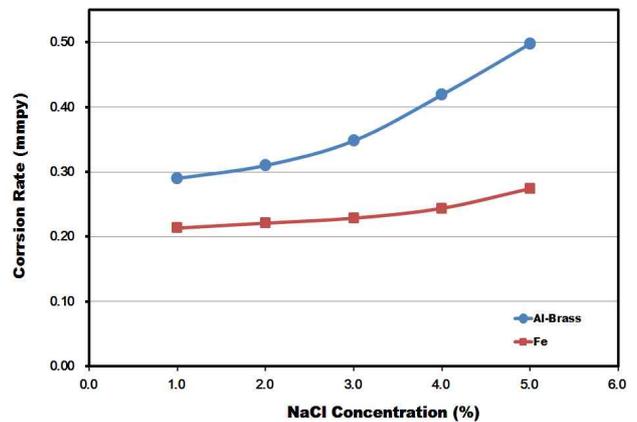


Fig. 6. Corrosion rates of Fe and Al-Brass in the 1.0 ~ 5.0 % NaCl solution.

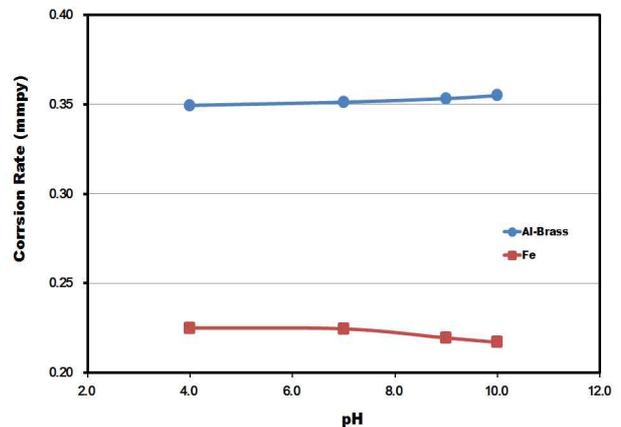


Fig. 7. Effect of pH on corrosion rates of Fe and Al-Brass.

Table 2. Measurements of corrosion rates using Meta Probes

Meta Probe Corrosion Rate (mmpy)	Channel #1 Measurement	Channel #2 Measurement
0.0025	0.0025	0.0025
0.0127	0.0127	0.0127
0.0269	0.0269	0.0269
0.0889	0.0895	0.0894
0.2845	0.2870	0.2875
0.5359	0.5410	0.5461

로 증가하였다.

**다. 철에 대한 아질산나트륨의 부식억제 효과**

Fig. 8과 Fig. 9는 NaCl의 농도 변화에 따른 철의 부식에 대한 아질산나트륨의 농도 영향을 조사한 결과이다. 부식억제제의 농도가 200 ppm에서 보다 500 ppm일 때 철의 부식억제 효과가 더 높았지만, 염소이온 농도가 증가할수록 부식억제제 처리 농도에 관계없이 철의 부식 속도는 증가하는 경향을 보여 주었다. 1.0% NaCl 수용액에서 철의 부식 속도는 0.2134 mmpy로 매우 높지만 아질산나트륨을 200 ppm 이상으로 첨가할 경우 0.0254 mmpy 미만으로 유지될 수 있었다. 일반적으로 철의 부식 속도가 0.0254 mmpy로 유지할 경우 매우 양호하게 부식이 방지되었다고 할 수 있기 때문에 Fig. 8에서 알 수 있듯이 200 ppm 이상의 부식억제제 주입으로 철의 부식 속도를 0.0254 mmpy 미만으로 유지하려면 NaCl의 최대 허용 농도는 약 1.0 %임을 알 수 있었다.

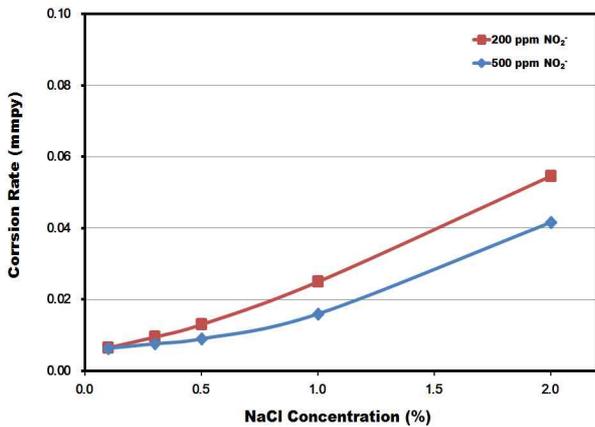


Fig. 8. The effect of sodium nitrite on the corrosion rates of Fe in 0.1 ~ 2.0% NaCl solution.

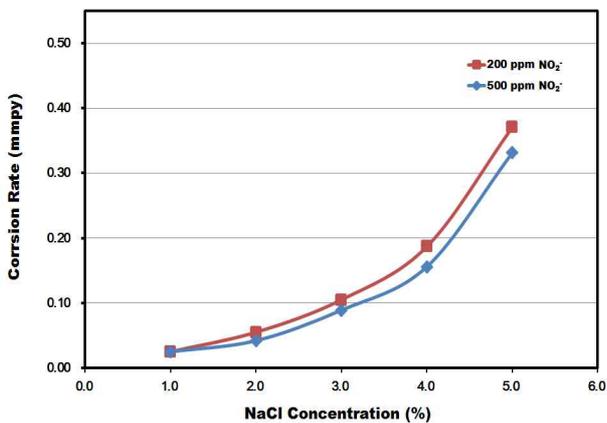


Fig. 9. The effect of sodium nitrite on the corrosion rates of Fe in 1.0 ~ 5.0% NaCl solution.

**라. Al-Brass에 대한 아질산나트륨의 부식억제 효과**

Fig. 10과 Fig. 11은 NaCl의 농도 변화 따른 Al-Brass에 대한 아질산나트륨 부식억제제 처리농도의 영향을 나타내었다. 철에서와 같이 아질산나트륨의 농도가 200 ppm에서 보다 500 ppm일 때 부식억제 효과가 더 높았지만, 염소이온 농도가 증가할수록 부식억제제 처리 농도에 관계없이 부식 속도는 증가하였다. 1% NaCl 수용액에서 Al-Brass의 부식 속도는 0.290 mmpy로 매우 높았지만 200 ppm 아질산나트륨을 첨가한 경우 0.0470 mmpy로 감소되었으며 500 ppm으로 아질산나트륨의 첨가량을 증가시킨 경우 0.0391 mmpy로 더욱 감소되었다. 아질산나트륨 첨가에 따른 알루미늄 황동의 부식 속도 감소가 철에 비해 미비하다는 사실로부터 아질산나트륨이 Al-Brass보다는 철에 대해 보다 효과적인 부식억제제임을 알 수 있었다. 또한 산업체에서 Al-Brass의 부식 속도를 0.0025 mmpy 이하로 유지되도록 요구하므로 아직까지는 아질산나트륨 부식억제 효과가 미흡함을 알 수 있었다.

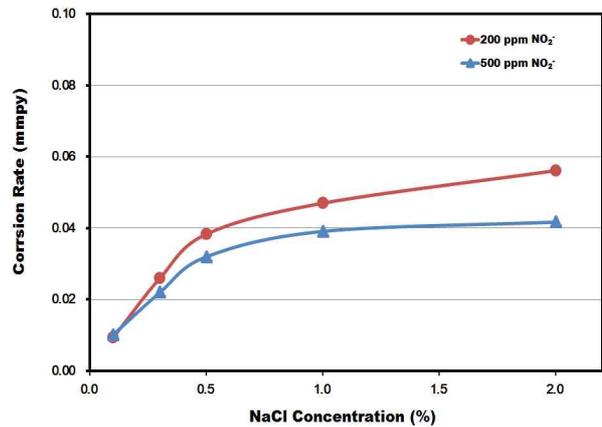


Fig. 10. The effect of sodium nitrite on the corrosion rates of Al-Brass in 0.1 ~ 2.0% NaCl solution.

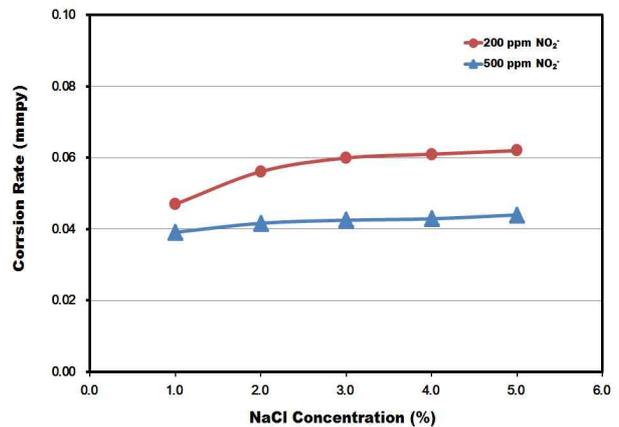


Fig. 11. The effect of sodium nitrite on the corrosion rates of Al-Brass in 1.0 ~ 5.0% NaCl solution.

## 6. 결론

산업체 증기발생기, 냉각설비 등 용수계통에서 부식 관리를 위해 부식시편 또는 분극저항에 의한 온라인 부식감시기술이 자주 이용된다. 본 연구는 현장이나 실험실에서 쉽게 구할 수 있는 자료취득 보드와 PC를 이용하여 2채널 부식속도 측정 이 가능한 온라인 부식속도 측정 시스템을 개발하고, Meta Probe를 이용하여 측정 시스템의 정확도를 검증하였다. 검증 결과, 부식속도 측정 범위 0.54 mmpy 이내에서 오차 한도가 측정값의 1% 이내임을 확인되었다. 또한, 실험실에 설치한 부식속도 측정시스템을 이용하여 철과 알루미늄 황동에 대한 아질산나트륨의 부식억제 특성을 조사하였다. NaCl 수용액에서 알루미늄 황동의 부식속도는 철에서 보다 더 높았을 뿐만 아니라 NaCl 농도의 증가에 따라 철에 비해 더욱 더 증가하였다. 염소이온 농도가 높은 수용액에서는 철의 부식속도도 증가하기 때문에 부식억제제의 첨가가 요구된다. 1% NaCl 수용액에서 철의 부식속도가 0.2134 mmpy로 높지만 부식억제제인 아질산나트륨이 200 ppm 이상 첨가됨에 따라 0.0254 mmpy 미만으로 유지되었다. 아질산나트륨이 철에는 효과적인 부식억제제로 작용하지만, Al-Brass에 대해서는 미흡하여 보다 효과적인 부식억제제의 선정과 처리가 요구된다. 개발한 온라인 부식속도 측정 시스템을 본 연구에 이용함으로써 아질산나

트륨의 부식억제 특성 평가를 단 기간에 수행할 수 있었다. 범용 자료취득보드를 사용하여 저렴한 비용과 짧은 측정 시간(설정 범위: 0.5 ~ 30 min)으로 인해, 산업체 활용시 설비의 부식방지와 수명관리 업무를 보다 효율적으로 수행할 수 있을 것으로 사료된다.

## References

1. TR-112024, Reference Manual for On-line Monitoring of Water Chemistry And Corrosion, EPRI, Palo Alto, CA, April (1999).
2. D. A. Jones, Principals And Prevention of Corrosion, 2<sup>nd</sup> ed. p. 153, Prentice Hall, New Jersey (1992).
3. J. S. Moon, J. K. Lee, J. B. Lee and P. Y. Park, *Corros. Sci. Tech.*, **11**, 135 (2012).
4. TR-1007820, Closed Cooling Water Chemistry Guideline (Revision 1), EPRI, Palo Alto, CA, April (2004).
5. E. I. Simmons, *Corrosion*, **11**, 255t (1955).
6. R. V. Skold and T. E. Larsen, *Corrosion*, **13**, 139t (1957).
7. M. Stearn, *Corrosion*, **13**, 755 (1957).
8. M. Stearn and A.I. Geary, *J. Electrochem. Soc.*, **104**, 546 (1957).
9. N. G. Thompson, J. H. Payer, DC Electrochemical Test Methods, p. 64, NACE International, Houston (1998).
10. D. A. Jones, Principals And Prevention of Corrosion, 2<sup>nd</sup> ed. p. 157, Prentice Hall, New Jersey (1992).