

## Cu-Ni용사피복재의 충격침식-부식 특성에 관한 연구(1)

이 상 열\* · 임 우 조 · 윤 병 두

\*포항 1대학 자동차과, 부경대학교 기계공학과

### Study on the Characteristics of the Impingement Erosion-Corrosion for Cu-Ni Alloy Sprayed Coating(1)

Sang-Yoel Lee, Uh-Joh Lim and Byoung-Du Yun

*Department of Automobiles, Pohang College,*

*Department of Mechanical Engineering, Pukyong National University*

Impingement erosion-corrosion test and electrochemical corrosion test in tap water(5000 $\Omega$ -cm) and seawater(25 $\Omega$ -cm). Thermal spraying coated Cu-Ni alloy on the carbon steel was carried out. The impingement erosion- corrosion behavior and electrochemical corrosion characteristics of the substrate(SS41) and Cu-Ni thermal spray coating were investigated. The erosion-corrosion control efficiency of Cu-Ni coating to substrate was also estimated quantitatively. Main results obtained are as follows :

- 1) Under the flow velocity of 13m/s, impingement erosion-corrosion of Cu-Ni coating is under the control of electrochemical corrosion factor rather than that of mechanical erosion.
- 2) The corrosion potential of Cu-Ni coating becomes more noble than that of substrate, and the current density of Cu-Ni coating under the corrosion potential is drained lowly than that of substrate.
- 3) The erosion-corrosion control efficiency of Cu-Ni coating to substrate is excellent in the tap water of high specific resistance solution, but it becomes dull in the seawater of low specific resistance.
- 4) The corrosion control efficiency of Cu-Ni coating to substrate in the seawater appears to be higher than that in the tap water.

*Keywords : erosion-corrosion, electrochemical corrosion, mechanical erosion, thermal spray coating, corrosion potential.*

### 1. 서 론

최근 공업의 발전과 더불어 기계장치와 설비, 자동차, 항공기 및 선박 등은 고속, 고출력 및 경량화의 개발 추세에 있다. 이와 같은 추세에

따라 유체를 사용하고 있는 기계요소에서 유속 및 기계부재의 회전속도 등이 빠르게 되면 유체 충격과 정압의 저하에 따른 국부적 비등으로 인하여 침식(erosion)이 발생하면서 기계의 성능 저하와 손상을 일으킨다. 이와 같은 침식손상은

액체의 제트(liquid jet) 또는 액적이 고체표면에 충돌하여 발생하는 충격침식(impingement erosion)과 캐비테이션 발생시의 기포 붕괴에 따른 액적의 충격압으로 일어나는 캐비테이션 침식(cavitation erosion) 등으로 대별 할 수 있다.<sup>1)</sup>

또한 기계부재의 사용 환경이 다양해지고 오염되면서 침식은 부식성 환경조건에서 많이 발생하고 있다. 이러한 부식성 환경 중에서의 침식은 기계적인 충격침식과 더불어 전기화학적 부식이 중첩하여 일어나는 경우에는 침식과 부식이 상호간에 가속하는 상승효과 때문에 기계 장치의 수명에 치명적인 영향을 미친다.<sup>2-5)</sup>

침식-부식손상은 자동차의 라지에타, 내연기관의 냉각수 축 실린더 라이나, 펌프의 임펠라, 배관, 밸브, 베어링, 수송용 액체탱크 및 선박의 프로펠라 등에서 발생하며, 사용 액체 중에 부식인자 및 고체입자 등이 포함되는 경우, 기계부재에 침식-부식에 의한 손상이 더욱 심하게 일어날 수 있다.<sup>6-9)</sup>

이러한 침식-부식손상을 방지하기 위하여, 내식성 재료의 개발이나 가격이 저렴한 탄소강에 내식 및 내마모성이 우수한 다른 금속이나 합금으로 피복하는 방식법이 많이 이용되고 있다. 특히, 용사피복법은 가스 또는 전기에 의해 용융한 금속이나 합금을 목적물에 용사피복하는 방법으로 금속피복을 비교적 간단히 실시할 수 있는 특징이 있다.<sup>10)</sup>

따라서 Cu-Ni용사피복재의 충격침식-부식 특성에 관한 연구를 하기 위하여, 본 연구에서는 Cu-Ni합금분말을 탄소강재에 용사피복한 후에 수도수(5000 $\Omega$ -cm) 및 천연해수(25 $\Omega$ -cm) 중에서 충격침식-부식시험과 전기화학적 부식시험을 실시하였다. 이러한 실험결과를 토대로하여, 부식용액에 따른 모재 및 Cu-Ni용사피복재의 충격침식-부식거동 및 전기화학적 부식특성에 대해 규명하고, 모재에 대한 Cu-Ni용사피복재의 침식과 부식의 억제효율을 정량적으로 평가하였다.

Table 1. Chemical compositions and mechanical properties of SS41 carbon steel

Chemical compositions (wt%)	C	Si	Mn	P	S
	0.11	0.29	0.59	0.01	0.01
Mechanical properties	Tensile strength (kgf/mm <sup>2</sup> )		Yield strength (kgf/mm <sup>2</sup> )		Elongation (%)
	42.4		25.8		32

## 2. 실험방법

### 2.1 시험재료 및 시험편

본 실험에 사용한 분말용사를 하기 위한 모재는 시판의 일반구조용탄소강재인 SS41로서 그 화학적 성분과 기계적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1과 같은 화학적 성분과 기계적 특성을 가진 모재에 Table 2와 같은 화학적 성분을 가진 Cu-Ni계 분말재를 용사하여, 제작가공한 시험편은 Fig. 1과 같고, 유효노출면적 10cm<sup>2</sup>를 제외한 나머지 부분은 에폭시 수지로 절연하였으며, 전기화학적 침식-부식거동을 조사하기 위하여 직경 2mm의 비닐피복동선을 삽입하여 고정하였다. Cu-Ni 용사피복재 및 모재의 충격침식-부식을 비교하기 위하여, 제작가공한 모재의 시험편 형상은 Fig. 1과 같은 치수로 제작하였다.

### 2.2 분말 용사장치

시험편의 제작에 이용된 분말용사피복장치의 개략도와 용사과정을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 분말용사 피복장치는 산업현장용으로 이용하기 위하여, 분말식 플레임용사기(Eutectic 社) 등의 각 부재를 구입하여 본 연구실에서 설계·조립한 것이며, 열원은 산소와 아세틸렌 가스를 사용하였다. 산소-아세틸렌 가스가 용사건(Spraying gun)의 내부에 혼입되면, 용사건은 gas-powder jet injector 역할로 피복재의 분말을 혼합하여 분사되면서 화염을 형성한다.

Cu-Ni 용사피복 시험편의 제작은 모재에 대한 용사전 전처리에는 wire brush로 불순물을 제

Table 2. Chemical compositions of Cu-Ni powder

Chemical compositions (Wt%)	Cu	Ni	Si	B	P	Fe	C	Cr
	Balance	22	1.5	1.2	1.3	0.2	0.03	0.04

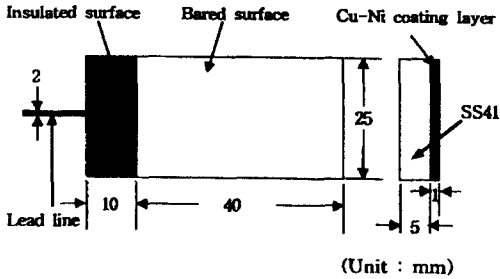


Fig. 1. Dimension of test specimen.

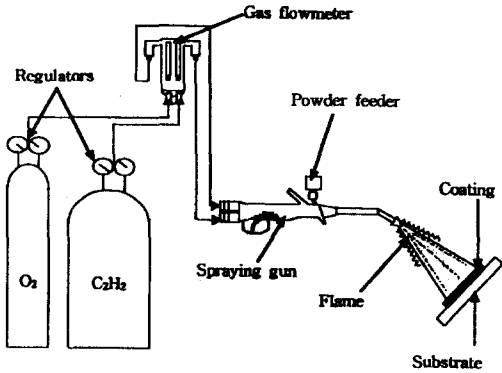


Fig. 2. Schematic diagram of thermal spraying equipments.

거 및 부착면적을 넓게 하였고, 모재의 열변형을 고려하여 1차로 표면을 예열하고 2차로 용융시키면서 분사하였으며, 용사조건을 Table 3에 나타내었다.

2.3 충격침식-부식 시험

충격침식-부식시험장치의 전체 계통도는 Fig. 3과 같이 설계·제작하였다. 이 시험장치는 ASTM G73-82 규정에 의한 "Liquid impingement erosion testing"을 참조하여 제작하였다.<sup>11)</sup> 내경 25mm의 배관에 노즐직경이 3mm인 테프론재의

Table 3. Thermal spray conditions of frame spraying

Parameters	Conditions
Oxy. gas pressure	1kgf/cm <sup>2</sup>
Ace. gas pressure	0.8kgf/cm <sup>2</sup>
Spraying distance	50mm
Preheating temperature	400~500°C

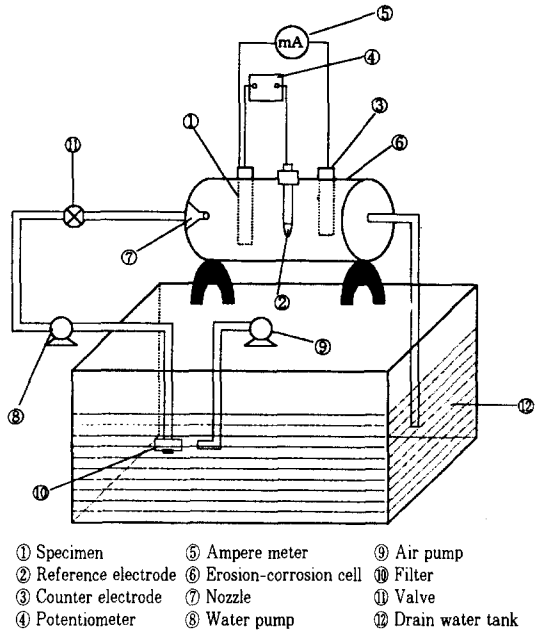


Fig. 3. Schematic diagram of erosion-corrosion test apparatus.

평행노즐(parallel nozzle)을 설치하고, 각 부식용액의 순환용으로 내식성 마그네틱 펌프를 부착하였다. 여기서 시험편과 시험장치의 각 부재들 사이에 이종금속접촉에 의한 전지작용부식(galvanic corrosion)을 방지하기 위하여, 순환회로 배관을 비롯한 시험장치의 부재들을 플라스틱, 테프론 및 아크릴 등의 절연성 재료를 사용하였으며, 실험중 시험편에서 부식된 부식생성물에 의한 전기화학적인 영향을 제거하기 위하여 순환회로 배관에 절연성 필터를 설치하였다.

또 부식용액의 공급 및 순환은 마그네틱 펌프에 의해 노즐선단으로부터 매분 10 l의 부식용

액을 13m/s의 유속으로 분사하고, 분사된 부식 용액은 노즐선단으로부터 100mm의 거리에 고정된 시험편에 충돌하도록 하여 용액의 충격에 의한 충격침식-부식현상이 발생하도록 하였으며, 시험편의 배면에는 vortex cavitation에 의한 캐비테이션 침식-부식현상이 발생하지 않도록 에폭시 수지로 피복절연하였다.

또한 부식용액은 수도수 및 천연해수로 하고, 이들 부식용액에 증류수를 혼입하여 수도수는 비저항을 5000 $\Omega$ -cm 그리고 천연해수는 비저항을 25 $\Omega$ -cm로 일정하게 유지하여 실험하였다. 수온은 실내온도로 유지하였으며, 24시간마다 부식용액을 교환하는 동시에 필터를 소제하였다. 또 시험편을 실험장치에서 24시간 실험한 후 해체하여 물로 세척한 후 60%의 농질산용액에 1분간 침지하여 시험편 표면의 부식생성물을 제거시킨 다음 증류수로 세척한 후 건조시켜서 전자저울로 중량감량을 측정하였다.

그리고 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율<sup>12)</sup>은 충격침식-부식시험 전후의 무게 변화비를 백분율로 표시하였다.

침식-부식억제효율(%)

$$= \left(1 - \frac{\text{Cu-Ni피복재의 무게감소량}}{\text{모재의 무게감소량}}\right) \times 100 \quad (1)$$

## 2.4 전기화학적 부식시험

전기화학적 부식시험에서는 판상인 15×15mm의 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 한쪽만을 노출시키고 뒷면은 도선을 연결한 후 에폭시 수지로 밀폐하여 시험편을 제작하였으며, 노출면을 사포 #1200으로 연마한 후 아세톤으로 탈지하였다. 또 부식용액은 충격침식-부식시험에서와 같은 비저항을 가지는 수도수 및 천연해수로 하였으며, 수온은 실내온도로 유지하였다.

이상과 같은 부식용액 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 분극시험은 EG & G사의 model

273A potentiostat/galvanostat, IBM PC, M352/252 corrosion software를 사용하여 시험하고, 기준전극은 포화카로멜전극 및 보조전극은 고밀도 탄소봉을 사용하였으며, 분극시험조건은 Table 4와 같다.

그리고 각 부식용액 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제율은 부식전위하에서의 배류되는 부식전류밀도를 측정하여, 부식전류밀도 변화비를 백분율로 표시하였다.

부식억제효율(%)=

$$\left(1 - \frac{\text{Cu-Ni피복재의 부식전류밀도}}{\text{모재의 부식전류밀도}}\right) \times 100 \quad (2)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 충격침식-부식거동

Photo. 1은 천연해수의 용액 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식양상을 나타낸 것이고, 4일간 충격침식-부식시험한 것이다. 여기서, Photo. 1의 (A)는 모재, Photo. 1의 (B)는 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식양상을 나타낸다.

모재의 충격침식-부식양상은 용액이 노즐로부터 분사되어 시험편에 충격을 가하는 부분에 심한 침식-부식손상이 발생되어 있고, 용액이 충

Table 4. Experimental conditions of the polarization test

Instrument : EG & G model 273A
Electrolyte : Tap water(5000 $\Omega$ -cm), sea water(25 $\Omega$ -cm)
Material : SS41, Cu-Ni coating
Initial E(mV) : -900
Final E(mV) : 600
Scan rate(mV/s) : 1.0
Specimen preparation : 1200 grid emery paper
Surface area : 2.25cm <sup>2</sup>
Temperature : room temp.

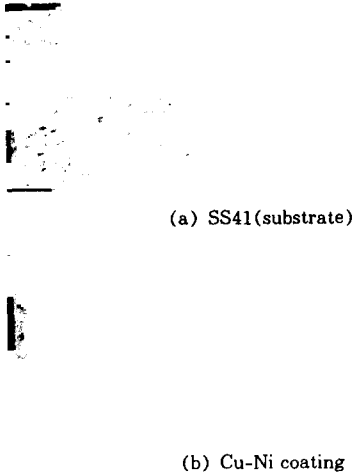


Photo. 1. Appearance of impingement erosion-corrosion for SS41 and Cu-Ni coating in sea water after 4 days.

격을 가하는 부분으로부터 반경방향으로 심한 침식-부식손상이 형성되어 있다. 그러나 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식양상은 모재의 충격침식-부식양상보다 미세한 침식-부식손상이 발생되어 있다.

Fig. 4는 수도수 중에서 충격침식-부식에 의한 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 무게감소량을 나타낸 것이다.

수도수 중에서 충격침식-부식에 의한 모재의 무게감소량은 거의 선형적으로 급격히 증가되고 있다. 그러나 Cu-Ni 용사피복재의 무게감소량은 미소한 양으로 나타나겠지만 본 실험시간 중에는 가시적으로 나타나지 않고 있다.

Fig. 5는 천연해수 중에서 충격침식-부식에 의한 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 무게감소량을 나타낸 것이다.

천연해수 중에서 충격침식-부식에 의한 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 무게감소량은 시간이 경과함에 따라 증가하고 있다. 그러나 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식거동은 모재의 충격침식-부식거동보다 더 억제되는 경향을 나타내고 있다.

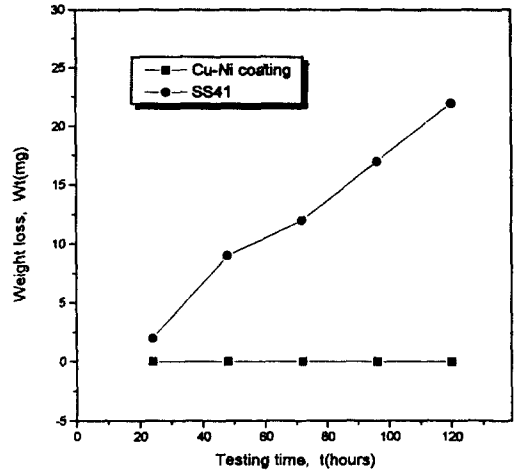


Fig. 4. Weight loss of SS41 and Cu-Ni thermal spray coating by erosion-corrosion in tap water.

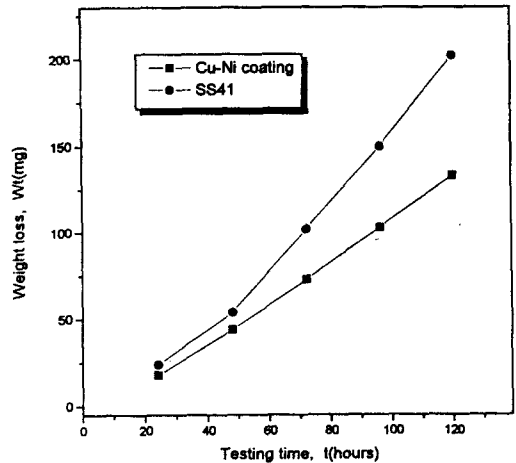


Fig. 5. Weight loss of SS41 and Cu-Ni thermal spray coating by erosion-corrosion in sea water.

Fig. 4 및 Fig. 5의 실험결과에 의하면, 시간 경과에 따라 모재의 무게감소량은 수도수나 천연해수 중에서 증가하므로 본 연구에서 이용된 유속이 13m/s인 충격침식-부식시험장치는 모재의 경우에는 기계적인 침식과 전기화학적인 부식에 상호 지배되는 것으로 판단되고, 모재의 경우 기계적인 침식과 전기화학적인 부식에 상호 지배되는 것으로 판단되는 다른 하나의 이

유는 Photo. 1(a)의 침식-부식양상은 Photo. 1(b)의 침식-부식양상보다 심한 방사상의 손상이 나타나기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 시간경과에 따라 Cu-Ni용사피복재의 무게감소량은 비저항이 낮은 천연해수 중에서 증가하지만 비저항이 높은 수도수 중에서의 무게감소량이 가시적으로 나타나지 않고 있으므로 본 연구에서 이용된 유속이 13m/s인 충격침식-부식 시험장치는 Cu-Ni 용사피복재의 경우에는 기계적인 침식보다 전기화학적인 부식인자에 지배되는 것으로 판단되고, Cu-Ni 용사피복재의 경우에는 기계적인 침식보다 전기화학적인 부식인자에 지배되는 것으로 판단되는 다른 하나의 이유는 Photo. 1(b)의 침식-부식양상은 Photo. 1(a)의 침식-부식양상보다 미소한 공식으로 나타나는데, 이는 기계적인 침식에 의한 것보다는 Cu의 산화피막이 액적의 충격과 천연해수 중의 Cl이온에 의해 파괴됨으로써 전기화학적인 부식인자에 지배되기 때문인 것으로 사료된다.

### 3.2 전기화학적 부식특성

Fig. 6은 수도수(5000 $\Omega$ -cm) 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 분극곡선을 나타낸 것이다.

수도수 중에서 Cu-Ni 용사피복재의 부식전위는 연강재의 부식전위보다 더 貴電位化되고, Cu-Ni 용사피복재의 전류밀도는 모재의 전류밀도보다 더 적게 배류된다. 또 Cu-Ni 용사피복재는 전위가 약 -200 mV/SCE에서 임계전류밀도가 나타나면서 부동태를 형성하다가 다시 전류밀도가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한 충격침식-부식에 의해 시험편의 전위가 높아질 것으로 생각되는 전위하에서도 Cu-Ni 용사피복재의 전류밀도는 모재의 전류밀도보다 더 적게 배류되고 있다. 이와 같이 전기화학적인 부식특성에서 Cu-Ni 용사피복재의 내식성이 모재보다 더 우수하므로 Fig. 4에서 충격침식-부식에 의한 모재의 무게감소량은 나타나지만 Cu-Ni 용사피복재의 무게감소량은 가시적으로 나타나지

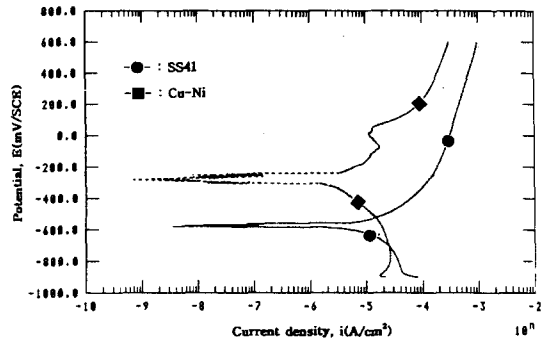


Fig. 6. Polarization curves of SS41 and Cu-Ni thermal spray coating in tap water.

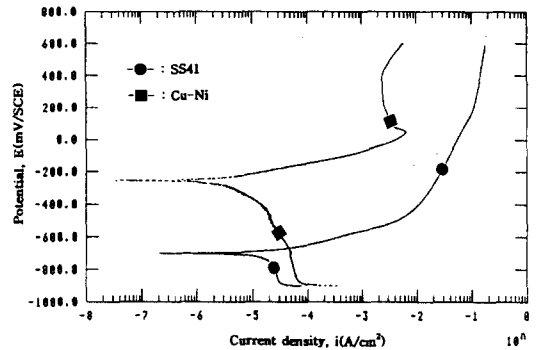


Fig. 7. Polarization curves of SS41 and Cu-Ni thermal spray coating in sea water.

않는 이유인 것으로 판단된다.

Fig. 7은 천연해수 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식거동에 미치는 전기화학적 부식특성을 고찰하기 위하여, 비저항이 동일한 천연해수 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 분극곡선을 나타내고 있다.

천연해수 중에서도 수도수에서와 같이 Cu-Ni 용사피복재의 부식전위는 모재의 부식전위보다 더 貴電位化되고, Cu-Ni 용사피복재의 전류밀도는 모재의 전류밀도보다 더 적게 배류되고 있다. 또 Cu-Ni 용사피복재는 전위가 약 20 mV/SCE에서 임계전류밀도가 나타나면서 부동태를 형성하다가 약 400mV/SCE에서부터 다시 전류밀도가 증가하는 경향을 나타내고 있다.

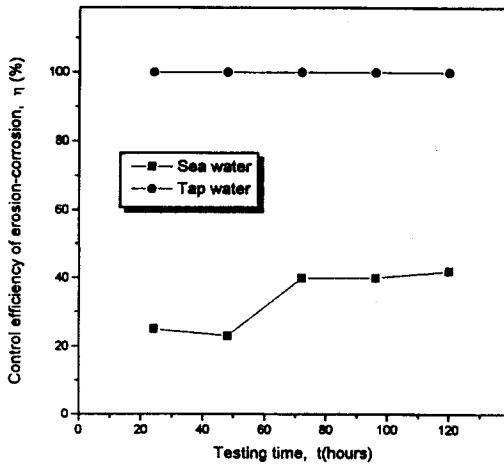


Fig. 8. Control efficiency of erosion-corrosion for Cu-Ni thermal spray coating to SS41 depending on the testing time in tap water and sea water.

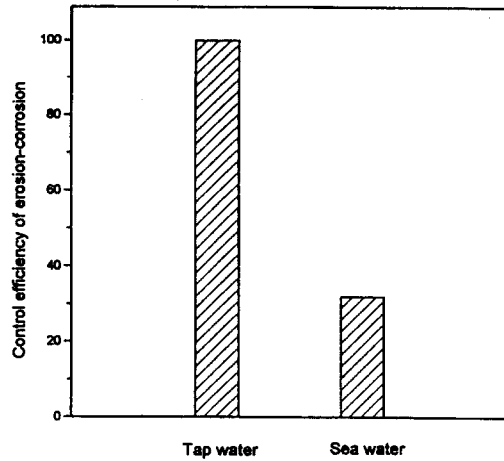


Fig. 9. Mean control efficiency of erosion-corrosion for Cu-Ni thermal spray coating to SS41 in tap water and sea water.

또한 전위가 상승하는 경우에도 Cu-Ni 용사피복재의 전류밀도는 모재의 전류밀도보다 더 적게 배류되고 있다. 이와 같이 천연해수 중에서도 전기화학적인 부식특성에서 Cu-Ni 용사피복재의 내식성이 모재보다 더 우수하므로 Fig. 5에서 충격침식-부식에 의한 모재의 무게감소량은 Cu-Ni 용사피복재의 무게감소량보다 더 민감한 이유인 것으로 판단된다.

### 3.3 Cu-Ni용사피복재의 침식-부식억제효율

천연해수 및 수도수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율을 Fig. 4 및 Fig. 5의 실험값을 식 (1)에 의해 계산하여 Fig. 8에 나타내었다.

수도수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율은 전 시험시간에 걸쳐서 가시적으로 약 100%로 억제되지만, 천연해수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율은 시험초기에 낮게 나타나다가 시간이 경과되면서 안정되는 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 천연해수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율의

경향은 초기에는 천연해수가 Cu-Ni 용사피복재 시험편에 충돌되면서 생성되는 액체입자가 다시 시험편에 충격을 가하여 침식과 부식의 작용으로 침식-부식억제효율이 낮게 나타나지만, 침식-부식에 의한 공식부에 용액이 침투하여 액체입자의 충격에 대해 완충작용으로 Fig. 7에서 내식성이 우수한 Cu-Ni용사피복재의 공식부에서 침식과 부식이 동시에 둔화되기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 9는 천연해수 및 수도수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 평균 침식-부식억제효율을 나타낸 것이다.

비저항이 높은 수도수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 평균 침식-부식억제효율은 가시적으로 약 100%로 충격침식-부식을 방지하는데 우수하지만, 비저항이 낮은 해수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 평균 침식-부식억제효율은 약 34%로 수도수 중에서보다 더 낮게 나타나고 있다. 즉 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 평균 침식-부식억제효율은 비저항이 높은 수용액 중에서는 우수하지만, 비저항이 낮은 수용액 중에서 침식-부식억제효율은 둔화

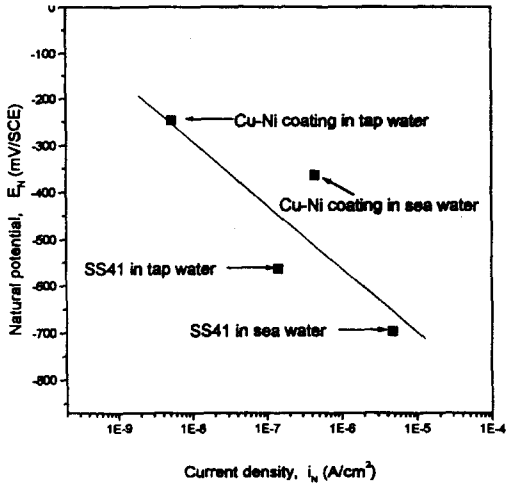


Fig. 10. Corrosion potential of substrate(SS41) and Cu-Ni thermal spray coating vs. current density in tap water and sea water.

되고 있는 것으로 판단된다.

### 3.4 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율

Fig. 10은 천연해수 및 수도수 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 부식전위와 부식전위하에 배류되는 전류밀도를 정리하여 나타낸 것이다.

천연해수나 수도수 중에서 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 부식전위가 낮아지면서 부식전류밀도는 증가하는 경향을 나타내고, 이러한 경향은 증성용액 중에서 부식반응을 주로 일으키는 음극지배(cathodic control)형으로 사료된다.<sup>13)</sup> 또한 Cu-Ni 용사피복재는 천연해수 중에서 부식전위는 수도수 중에서의 모재보다 더 貴電位化되고 부식전류밀도는 더 적게 배류되므로 Cu-Ni 용사피복재는 천연해수 중에서도 내식성이 우수함을 알 수 있다.

Fig. 11은 천연해수 및 수도수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율을 Fig. 10의 실험값을 식 (2)에 의해 계산하여 나타내었다.

수도수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율은 약 94%로 우수하고, 천연

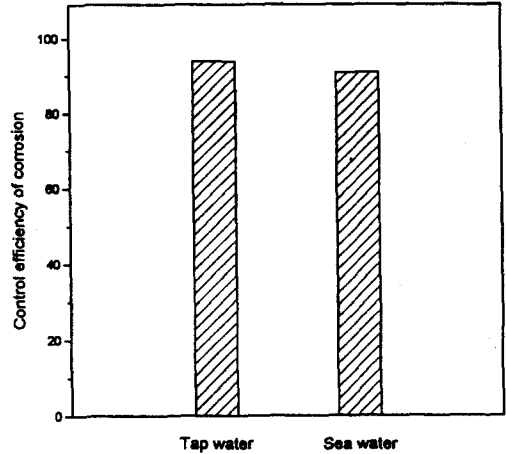


Fig. 11. Control efficiency of corrosion for Cu-Ni thermal spray coating to SS41 in tap water and sea water.

해수 중에서도 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율은 약 91%로 우수하며, 수도수 중에서도 천연해수 중에서의 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율은 거의 유사하게 나타나고 있다.

### 3.5 침식과 부식의 억제효율에 미치는 영향인자

Fig. 9와 Fig. 11에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식 및 부식의 억제효율에 영향을 미치는 환경인자를 좀 더 정량적으로 규명하고자, Table 2의 Cu-Ni계 분말재에서 Cu의 함유량이 약 73% 이상이므로 수용액 중에서 Cu의 부식에 미치는 인자에 대해 고찰하기 위해 용존산소와 그외의 함유된 인자를 측정하여 Fig. 12 및 Table 5에 나타내었다.

Fig. 12는 충격침식-부식시험 중 시험시간경과에 따라 천연해수 및 수도수 중에서의 용존산소 농도를 측정하여 나타낸 것이다.

수도수 중에서의 용존산소량은 평균 6.72mg/ℓ 이고, 천연해수 중에서의 용존산소량은 평균 5.22mg/ℓ 이므로 수도수에서의 용존산소량이 천연해수에서보다 1.5mg/ℓ 정도 더 많이 함유되어 있다. 그러므로 용존산소량이 많이 함유된



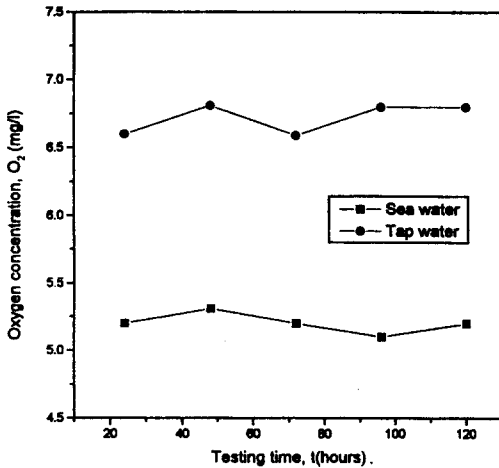


Fig. 12. Relation of oxygen concentration vs. test time in sea water and tap water.

Table 5. Compositions of sea water and tap water

Solutions	Sea water 25Ω-cm	Tap water 5000Ω-cm
Items		
pH	8.1	7.6
CaCO <sub>3</sub> (mg/ℓ)	8.9	174.7
Cl(mg/ℓ)	18,630	21.4

수도수 중에서 Cu의 산화피막이 천연해수 중에서보다 더 잘 형성되어 Cu-Ni 용사피복재의 내식성이 우수할 것으로 추정된다.

Table 5는 천연해수 및 수도수 중에서의 성분을 분석한 결과중 모재 및 Cu-Ni 용사피복재의 부식에 미칠 환경인자를 정리하여 나타낸 것이다.

이들 수용액의 부식에 미칠 환경인자에 의하면, 수도수 및 천연해수의 pH는 중성이기 때문에 침식-부식속도에 미치는 영향은 거의 유사할 것으로 생각되고, 또 수도수 중의 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)은 천연해수 중의 탄산칼슘보다 많은 양이 함유되어 있으므로 천연해수보다는 수도수 중에서의 탄산칼슘에 의한 피막이 잘 형성될 것이라고 생각된다. 그리고 Cl이온의 양은 수도수 중에서보다 천연해수 중에서 더 많으

로 천연해수 중에서 부식이 활성화되는 것은 잘 알려져 있다.

Fig. 9의 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율이 수도수 중에서보다 천연해수 중에서 더 낮게 나타나는 이유는 용존산소량이 많이 함유된 수도수 중에서 Cu의 산화피막이 천연해수 중에서보다 더 잘 형성되고, 천연해수 중의 용존산소량에 의해 Cu의 산화피막이 형성되지만 해수 중의 Cl이온과 노즐로부터 분사되는 액체의 충격에 의해 Cu-Ni 용사피복재의 산화피막이 파괴되고, 이 산화피막이 파괴된 시험편 표면은 부식이 활성화되기 때문인 것으로 사료된다.

그리고 Fig. 11의 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율은 수도수 중에서도 천연해수 중에서 거의 유사하게 나타나는 이유는 Cu-Ni 용사피복재의 내식성이 단독인 경우에는 수도수 중에서보다 천연해수 중에서 더 낮게 나타나지만, 모재의 부식전류밀도와 Cu-Ni 용사피복재의 부식전류밀도와의 비로 계산되었기 때문인 것으로 생각된다

#### 4. 결 론

Cu-Ni 합금분말을 탄소강재에 용사피복한 후에 수도수(5000Ω-cm) 및 천연해수(25Ω-cm) 중에서 충격침식-부식시험과 전기화학적 부식시험을 실시하여, 모재와 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식거동, 전기화학적 부식특성 그리고 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식과 부식억제율에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유속 13m/s하에서 Cu-Ni 용사피복재의 충격침식-부식은 기계적인 침식보다 전기화학적 부식인자에 지배되는 것으로 판단된다.

2) Cu-Ni 용사피복재의 부식전위는 모재의 부식전위보다 貴電位化되고, 부식전위하에 있어서 Cu-Ni 용사피복재의 전류밀도는 모재의 전

류밀도보다 적게 배류된다.

3) 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 침식-부식억제효율은 비저항이 높은 수용액 중에서는 우수하지만 비저항이 낮은 수용액 중에서는 둔화된다.

4) 천연해수 중에서 모재에 대한 Cu-Ni 용사피복재의 부식억제효율은 수도수 중에서도 유사하게 나타난다.

### References

1. M. kishima, Corrosion Engineering, p. 196, Daily Publication Industrial Newspaper Office, Japan (1987).
2. Kenneth R. Tretheway and John Chamberlain, Corrosion, Longman Scientific & Technical, p. 153 (1988).
3. M. matsumura, Y. Oka, *Japan Corros. Eng.*, **31**, 67 (1982).
4. Denny A. Jones, Principles and prevention of corrosion, p. 342 Macmillan publishing company (1991).
5. Herbert H. Uhlig and r. Winston Revie, Corrosion and Corrosion Control, p. 217, John Willey & Sons (1985).
6. I. Sekine, T. Tanaki, *Zairyo to Kankyo*, **40**, 527 (1991).
7. Y. Oka, *Material Environment*, **39**, 610 (1990).
8. M. matsumura, *Material Environment*, **40**, 814 (1991).
9. Ailor, W. H. : Engine Coolants Testing, State of the Art, ASTM STP 705, 81 (1980).
10. O. ito, *Mechanical Engineering 6*(Corrosion and Protection), p. 393, Owna company, Japan (1982).
11. Japan Chemistry Engineering Society, Corrosion test, p. 257, Daily Publication Industrial Newspaper Office, Japan (1983).
12. M. Nakagawa, Facts of Electrochemical Protection, p. 24 (1977).
13. L. L. Shreir, Corrosion(Vol. 1), p. 90 (1979).