

<腐蝕講座>

부식문제에 대한 해결책

尹 勝 烈 역*

XII. Finding Answers to Corrosion Problems**

Michael Henthorne **,

계획을 세워서 검사를 하던 구조물이나 공정장치에 발생한 부식으로 경비가 많이 드는 것을 줄일 수 있다. 그러나 뜻하지 않았던 부식사고는 반드시 일어나게 마련이다. 이에 대처하기 위하여 부식문제의 초기발견이 중요하고 장차 있을 대체비를 최소로 하기 위한 철저한 원인 분석이 중요하다.

주의 깊게 材料와 防蝕法을 선택하므로써 우리는 앞으로 있을 부식의 程度를 예측할 수 있고 또 부식을 最少限으로 制御할 수 있다. 그러나 뜻하지 않았던 腐蝕事故는 항상 있게 마련이다. 일단 부식 문제가 발생하였을 때에는 즉각적인 措置를 취하여 주어야 하므로 이런 문제에 대처하는 절차가 준비되어야 한다.

뜻하지 않았던 부식사고는 다음중 하나 이상의 결과에 기인한다.

- 재료선택의 잘못
- 예상 밖의 작업조건
- 불완전한 組立
- 부적절한 설계
- 부적당한 관리
- 결합있는 재료의 사용

사고에 대한 대비책은 어떤 요소가 문제를 일으켰는가에 따라 달라진다. 따라서 부식사고의 원인을 분석하는 것이 중요하다.

初期發見의 중요성(Early Detection Is Important)

부식사고가 일어났을 때 이를 조사하는 절차를 준비하여 두는 것이 현명한 것과 마찬가지로 가능한 한 빨리 부식문제를 발견해 내는 것도 중요하다. 그렇게 하려면 규칙적인 검사를 하던가 현장담당인에게 주의 깊게 부식문제를 관찰하도록 하고 관찰한 바를 전달하도록 격려하여야 한다. 초기단계에 부식문제를 알아내는 것이 얼마나 중요한가 하는 것은 아무리 강조해도 모

자랄 지경이다. 이렇게 하므로써 다음과 같이 가능하게 된다.

1. 장차 있을 위험요소를 빨리 확인할 수 있어서 충분히 미연에 사고를 방지할 수 있다.
2. 부식문제가 용기(container)나 파이프라인에 관련되어 있으면 제품의 손실을 피할 수 있고 제품에 의한 또는 제품의 오염을 방지할 수 있다.
3. 방식기술을 적용하여 주요한 부식사고를 피할 수 있다. 이러한 방식기술로서는 부식매질의 성질을 바꾸는 것(예를 들면 온도를 낮추는 것이나 부식 억제제의 첨가) 또는 음극방식법을 쓸 수 있다.
4. 부식사고 부분을 수선하거나 대체하기에 앞서, 부식문제를 분석하는데 최대의 시간과 노력을 들일 수 있도록 한다.

5. 필요하다면 늦지 않게 대체품을 주문할 수 있다. 부식문제를 발견하면 우선 그 문제로 생기는 안전에 대한 위험성(safety hazards)을 고려해 보고, 만약 제품의 流失이 있게될 경우에는 그 결과도 고려하여야 한다. 後者は 제품의 고치와 제품의 流失로 발생할 피해 때문에 중요할 것이다. 부식문제가 발견되었을 때에는 또 이 부식문제가 공장의 他部門에 미치는 영향도 함께 고려되어야 한다.

다음에는 부식사고의 원인을 확인하는 것이다— 보통은 수선할 것인가 또 대체할 것인가를 염두에 두고 확인조사에는 보통 다음의 하나 또는 兩者가 포함된다. (1)부식문제가 일어난 곳에서의 조사평가 및 (2)파손된 부분이나 그 일부에 대한 실험실 조사. 대부분의 경우 실제로 부식사고가 일어난 장소에 가 보는 것이 외에 더 나은 代案은 없다.

*한양대학교 공과대학 재료공학과

**Chem. Eng. April 3, 1972

***Carpenter Technology Corp.

현장조사(Onsite Investigation)

부식사고 분석에 관한 글을 쓴 사람들은 대부분 사고의 분석에 사용되는 기술을 탐정이 쓰는 방법에 비유한다. Krebs¹는 다음과 같은 比論을 폈다.

“재료의 파손 원인을 분석하는 金屬學的 탐정은 범죄학자와 어떤 공통점들을 갖고 있다. 예를 들면 희생자(試片)는 보통 현장에 도착하였을 때 죽어 있어서 검사가 행해진다. 단서를 찾아 내기 위하여 증인이 청취되고 때때로 흔히 있는 일인 방조자들이 유죄를 인정하지 않으려는 경향도 관찰된다. 결국에 가서는 조사자는 왜, 어떻게 희생자가 죽게되었는가 설명하지 않으면 안된다—때때로 주위에 나타난 상세한 증거를 근거로 하여.”

부식문제가 발생한 최초의 형태로부터 이를 조사할 때, 무엇을 고려하여야 할 것인가에 대한 점검표가 Table I 에 실려 있다. 부식문제가 일어난 현장에 가보는 것은 여러가지 이로운 점이 많다. 부식문제의 輕重을 더 잘 展望할 수 있고 해결이 긴급을 요하는가의 與否를 쉽게 평가할 수 있고, 여러가지 對備策에 대한 實現可能性도 평가할 수 있다. 공장에서 조업을 담당하는 사람들을 알게 되는 것도 유익한데 이 사람들은 보통 때에는 기록이나 고려의 대상이 되지 않고 있는 유용한 정보를 많이 갖고 있기 때문이다. 조업을 담당하는 사람들과 함께 있으면서 그들의 기록을 보면 그 공장에서 얼마나 잘 부식관리가 이루어지고 있는가 짐작할 수 있으며 이는 앞으로 취할 부식사고 대비책에 관련하여 중요한 의의가 있다.

**Checklist for Plant Investigation
Of Corrosion Failures—Table I**

1. Get as Close to the failure as possible.
2. Sketch or photograph failed and adjacent areas.
3. Determine the function of the material giving problems.
4. Get information on the corrodent, such as concentration, temperature, pH, agitation and impurities.
5. Examine all available records that define the time in service, startup procedure, fluctuations in temperature, pH, etc.
6. Find out what experience and data were used to make the original material selection.
7. Evaluate whether neighboring equipment is a factor (e.g., by galvanic effects, or by emitting corrosive product).
8. Listen to and ask questions of the personnel

who operate and maintain the equipment as well as those responsible for its design and replacement.

9. Avoid preconceived judgments as to the cause of failure by unqualified personnel.

10. Avoid giving an immediate analysis of the problem if you plan to do more work on it.

11. Give precise instructions as to what samples, if any, are to be taken for laboratory work. Also, how they should be identified and packaged.

12. Give plant personnel an outline of what else you plan to do, and specifically when you will report back to them.

13. Write report of your visit.

현장조사(on-the-job evaluation)를 할 때에는 안전에 대한 위험성(safety hazard)이 흔히 따르는데 이는 공장방문을 빈번히하지 않는 실험실에서 일하는 사람들에게는 반드시 잘 알려진 것은 아니다. 현장 기사들은 이를 인식하고 방문자들에게 가능한 위험성을 알려주어야 한다. 마찬가지로 공장을 방문하여 조사에 참여하는 사람들도 모든 안전수칙(safety practice)을 준수하여야만 한다

부식사고의 실험실 분석(Laboratory Analysis of Corrosion Failure)

현장조사 때와 마찬가지로 부식사고에 대한 실험실 검사는 조사자의 경험, 부식문제를 검토하는데 필요한 시간, 부식사고의 복잡성에 좌우될 것이다. 때때로 부식문제가 발생한 곳을 찾아 가 볼 수 없어서 실험실내의 검사가 유일한 방법이 될 때도 있다. 이러한 때에 이상적인 방법은 시편이 실험실로 보내어지기 직전에 공장측과 접촉이 이루어져야만 하는 것이다. 이렇게 함으로써 충분한 자료가 얻어지고 시편은 요구 받은 대로 취급되고 또 확인될 수 있다. 부식된 금속 이외의 부식생성물이나 부식매질을 얻는 것이 유용할런지도 모르는데 물론 어디서 언제 샘플이 취하여 졌는가 알아야만 하며 시간이 지남에 따라 어떻게 변질할 가능성이 있는가를 참작하여야만 한다.

현장검사에서 쓰이는 기술의 대부분은 실험실 검사에서도 적용될 수 있다. 몇가지 보통 쓰이는 검사과정은 Table II 에 실려 있다.

실험실 조사는 극부부식이 문제가 되었을 때 가장 필요하며 현미경 검사를 하는 것이 가장 가치있는 방법이 된다. 현미경 검사는 부식이 粒界行路(intergranular)를 따르는가 또는 재료내부의 제2의 相(second phase)과 관련이 있는가의 與否를 확인하는데,

Checklist for Laboratory Investigation Of Corrosion Failures—Table II

1. Unpack samples carefully to avoid dislodging any corrosion product. Wear rubber gloves.
2. Sketch or photograph as-received samples.
3. Examine with naked eye and low magnification (15X). Is attack uniform or localized (pitting, cracking, etc.)?
4. Plan what destructive analysis is to be made.
5. Measure size (usually thickness) of the failed part to determine the average rate of corrosion.
6. Analyze metal to confirm what it is supposed to be.
7. Analyze corrosion product directly (e. g., X ray), or indirectly (e. g., by extraction and wet analysis).
8. Examine metallographically to investigate localized attack such as intergranular corrosion or stress-corrosion cracking.
9. Evaluate microstructure and perform mechanical and corrosion tests on failed material to confirm that its quality is satisfactory.
10. Run corrosion tests in corroden sample to: (a) confirm that alleged operating conditions produce a high rate of attack, (b) examine the influence of process variables that could be changed in the future, and (c) evaluate candidate replacement materials.
11. Write report of findings.

유용하다. 균열이 생겼을 때는 균열의 行路(粒內균열 粒界균열)로 검사하므로써 균열발생의 단서를 알 수 있을 것이다². 현미경검사를 하면 재료내부의 결함(즉 부적절한 제조, 열처리, 표면오염 등)도 나타난다.

현미경검사 이외에 가장 빈번히 쓰이는 실험실 조사 방법은 부식생성물을 분석하는 것이다. 이런 분석을 하면 때때로 무엇이 부식문제를 일으켰는가에 대한 단서를 얻게 된다³. 분석에는 X선회절법, X선형광법이 흔히 사용되는데 前者는 화합물, 後者は 성분원소를 검출하는데 쓰인다.

부식생성물의 조성이나 표면상태를 조사하는데는 다른 방법도 있다. 예를 들면 전자현미경 electron-probe microanalysis, 주사현미경을 쓰는 방법이다. 이들에 대한 원리와 응용 및 기타 표면분석법(특히 고온부식 생성물에 관련되었을 때)은 다른 문헌에 취급되어 있다⁴.

공장에서 일어난 부식사고를 검사한다는 觀點에서

볼 때, 著者の 私見으로는, 전자현미경 등 위에 말한 방법들은 대체로 너무 과대평가 되고 있다고 본다. 이 방법들을 썼다고 하여서 좀더 간단하고 값싼 방법으로는 얻을 수 없었거나 推論될 수 없었던 정보가 얻어지는 일이 아주 드물기 때문이다. 이 방법들을 쓰면 표면적이 아주 작은 시편에 특수한 자료를 제공하여 주고 표면의 오염상태에 극히 민감하다. 후자의 경우에는 과대 평가되고 있다는 말이 적절한 표현인듯 한데 왜냐하면 파손된 금속표면은 사고당시부터 실험실에서 조사받을 때까지의 기간 동안 상당히 변하는 일이 흔히 있을 것이기 때문이다.

부식사고 조사에서 얻은 자료의 이용(Using Data From a Failure Investigation).

부식사고의 機構를 정확히 판단한다는 것은 앞으로 어떤 대비책을 취하여야만 할 것인가를 결정하는데 가장 중요한 것이다. 아래에 기술하는 몇가지 의문점은 반드시 해답을 얻어야 한다. 사고부분을 대체할 경우에는 다른 재료를 써야 할 것인가 또는 부식억제제 첨가나 음극방식법과 같은 방지기술을 사용하면서 같은 재료를 써도 무방할 것인가? 부식사고가 불완전한 조립(faulty fabrication) 때문에 일어났는가, 재료의 결함 또는 부적절한 관리 때문에 일어났는가? 이런 경우에는 같은 합금이 앞으로는 효과적으로 쓰일수 있다.

부식사고의 원인이 무엇인가에 관하여 확신을 가지면 가질수록 改善措置를 취하는 일은 한 방향으로 나아가게 될 것이다. 부식사고의 원인이 완전히 해결되지 않았을 때에는 이전에 관찰되었던 원인이나 특수한 재료에 그런 성질이 있다고 알려진 사실에 책임을 돌리는 경향이 있는데 이런 경향은 반드시 피하여야 한다——부식사고의 원인이 무엇인지를 모르면 그 때에는 그렇다고 말하여라. 이런 경우에는 어떤 다른 보장책이 대체부분에 짜 맞추어 넣어질 것이다.

재료의 파손으로 대체가 요구될 때에는 사고를 일으켰던 원인에만 몰두하지 않도록 하며 처음 그런 재료를 선택하도록 한 기본적인 필요성을 간과하지 말아야 하는 것이 중요하다. 예를 들어 응력부식균열에 저항성이 좋다고 선택된 재료는 핏팅으로 파손될지 모른다. 만약 처음 선택하였던 재료가 핏팅에 저항이 큰 재료로 대체된다면 아직도 응력부식균열에 대한 저항성이 필요한 것은 기억하여야만 한다.

때때로 부식사고는 상당히 더 악화될 때까지 장치의 운휴를 하게하지는 않는다. 예를 들어 파이프라인이나 튜브 문치에서 여러군데 漏水가 일어날 때 누수현상이 너무 심하여 조업할 수 없을 정도가 되기 전에는 그때

로 둘 수도 있다. 이런 경우에 장차 수명을 평가하기 위하여 누수사고의 정확한 기록을 보유하는 것이 필요하다. 누수사고를 시간의 함수로 圖示하면 누수사고의 빈도가 크게 증가하는 것을 예측할 수 있다. 이런 질차는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 개선조치의 효과를 평가할 수 있도록 하여 준다.

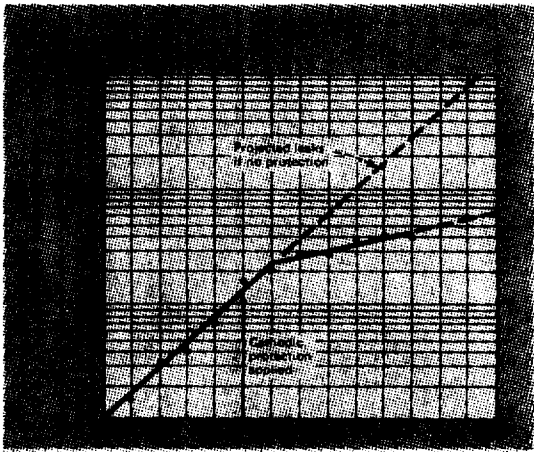


Fig. 1

관계자료(Source of Information)

재료를 선택하는데 참작하여야 할 문제들은 앞서 논의하였다⁵. 여기에서는 실험을 하지 않고서 부식자료를 어디에서 찾을 수 있는나 하는 것은 다루지 않았는데 관계자료를 얻을 수 있는 곳은 다음과 같이 많이 있다.

- 교과서 및 참고서
- 전문지 (Technical Journals)
- 금속제련업자 및 제조업자
- 業界協會(Trade association)
- 공장에서 발간하는 책자
- 전문학회
- 콘설턴트

5~6 가지 널리 쓰이고 있는 부식을 다음 교과서^{6,7}가 있고 재료선택에 관련하여 광범위한 참고분헌 목록을 실린 것도 있다¹². 부식에 관한 필름도 구할 수 있으며¹³ 알파벳 순으로 부식용액을 열거하고 이에 대한 재료로서 여러가지 잘 알려진 금속과 합금을 열거한 참고자료는 특히 쓸모가 많다^{14,15}.

때때로 이런 자료들은 '내식성이 우수하다' '추천하지 않는다' 등 定性的인 정보만을 제공하여 주는데 일반적인 부식속도에 관한 좀더 특수한 내용을 담은 것도 있다. 이러한 참고자료중의 하나에는 선택된 합금

에 대한 부식속도가 온도와 부식농도에 대하여 圖示되어 있다.

이런 형태의 腐蝕圖表(Corrosion chart)는 재료선택을 하는데 도움이 되나 재료선택을 하는 유일한 동기가 되어서는 안된다. 부식도표는 국부부식에 관한 특수자료를 제공하지 않으며, 主成分의 농도와 온도만을 취급하여서 상황을 너무 단순화하는 경향이 있다.

부식을 主題로 하는 專門誌에는 다음과 같은 것들이 있다. Corrosion, Materials Protection and Performance, Oxidation of Metals, Corrosion Science, British Corrosion Journal, Werkstoffe und Korrosion(獨語), Corrosion et Anticorrosion(佛語), 및 Protection of Metals(露語이나 英語로 번역됨). 부식에 관한 논문은 기타 여러가지 금속학, 화학, 전기화학 전문지에도 나타나 있다.

금속 및 합금제조업자들은 International Nickel Co. 같은 금속 채광회사나 The American Iron and Steel Institute, The Aluminum Assn, Copper Development Assn. 같은 業界協會(trade association)가 그러하듯이 제품에 대한 데이터와 교육용자료를 상당히 많이 출판한다. Battelle 과 같은 연구기관도 광범위한 부식자료를 마련하고 있다. 수많은 금속제조업자와 사용자들도 광범위한 부식자료綴을 보유하고 있고 자료의 사용을 최적으로 활용하기 위하여 일종의 문헌센터(retrieval system)제도를 마련하고 있다¹⁷.

몇몇 전문학회는 부식연구와 관련을 맺고 있다. 이들은 전문지의 발행처이고 부식에 관한 심포지움을 주관하고 부식문제 전반에 걸쳐 전문위원회를 갖고 있다. 미국에서 主要한 학회는 National Assn. of Corrosion Engineers(NACE)이다. 전문지 발행, 심포지움 주관, 연수교육 및 자격인정제도를 계획하고 있는 이외에 NACE에는 Table III에 나타난 바와 같이 몇가지 전문위원회가 있다. 이들 위원회의 활동범위와 회원에 관한

NACE Technical Committees-table III

Committee	Activity
T-1	Corrosion control in petroleum production
T-3	General corrosion
T-5	Corrosion problems in the process industries
T-6	Protective coatings and linings
T-7	Corrosion by waters
T-8	Refinery industry corrosion
T-9	Corrosion of military equipment
T-10	Underground corrosion control

NACE is National Assn of Corrosion Engineers

자료는 입수 가능하다".

The American Soc. for Testing and Materials(AS TM)도 부식분야에서 활동을 많이 하고 있다. 주요한 위원회는 금속부식을 취급하는 G-1인데 그 사업범위는 다음과 같다. "금속부식에 관하여 연구의 진흥과 장려, 공학자료의 수집, 시험방법, 추천 할 만한 기술 및 정의와 용어의 개발."

G-1 내의 분과위원회 목록이 Table IV 에 실려있고 이에 대한 더 많은 정보도 얻을 수 있다¹⁰. G-1 이외에 몇몇 ASTM 위원회에서는 아직도 부식에 관한 활동을 약간 하고 있는데 이는 1964년 G-1이 창설될 때 G-1으로 옮겨가지 않았던 분야이다.

**ASTM Committee G-1 on Corrosion
Of Metals—Table IV**

Subcommittee	Activity
G. 01. 02	Nomenclature
G. 01. 03	Statistical analysis and planning of corrosion testing
G. 01. 04	Atmospheric corrosion
G. 01. 05	Laboratory corrosion tests
G. 01. 06	Stress-corrosion cracking and corrosion fatigue
G. 01. 07	Galvanic corrosion
G. 01. 08	Corrosion of nuclear materials
G. 01. 09	Corrosion in natural waters
G. 01. 10	Corrosion in soils
G. 01. 11	Electrochemical measurements in corrosion testing
G. 01. 12	Inplant corrosion tests
G. 01. 13	High-temperature oxidation and corrosion by gases

ASTM is American Soc. for Testing and Materials

부식에 관하여 관심을 갖고 있는 기타 학회들은 다음과 같다: American Institute of Metallurgical Engineers, Electrochemical Society, American Petroleum Institute, Welding Research Council, American Soc. for Metals. 및 American Institute of Chemical Engineers. 이런 학회들의 대부분은 부식에 관한 심포지움을 여러 회합에서 갖고 있다.

토론(discussion)을 강조한 모임도 또한 규칙적으로 개최되고 있다. 이런 모임에는 매년 열리는 Gordon Research Conference on Corrosion, North Carolina 州 Wrightsville 에서 열리는 International Nickel Co. 社의

회합(즉 Sea Horse Institute, Petrochemical Meeting 등) 및 좀더 최근에 있었던 예로는 Engineering Foundation 과 NACE 가 주관한 Corrosion Engineering Conference 가 있다. 부식에 관한 국제회의도(보통 3년에 한 번씩) 개최되는데 1972년 5월에는 日本 東京에서 열렸다.

여러 대학에서는 부식강의를 하고 있고 부식연구를 활발히 하고 있다. 미국에서 특히 활발한 곳은 Ohio State University, Rensselaer Polytechnic Institute 및 Massachusetts Institute of Technology 대학들이다.

장래의 부식제어(Corrosion Control in the Future)

부식제어의 중요성은 계속 증가하고 있다. 이는 부식이 커다란 경제적 손실의 원인이 되고 수많은 천연 자원을 급속히 감소시키는 역할을 한다는 것이 점점 알려지고 있기 때문이다. 재료를 개량하고 제작기술, 방지법을 개선하는 것이 앞으로의 경향으로 나타날 것이다.

새로운 내식합금이 아무래도 개발될 것이지만 기존 합금의 개량에서 보다 중요한 진전이 있을 것이 예상된다. 국부부식(입계부식 응력 부식 균열 등) 문제를 해결하는데 대부분의 중점이 두어질 것이고 용융 및 정련 기술이 개선되므로서 高純度 재료를 市場에서 좀더 쉽사리 구할 수 있게 될 것이다. 高強度 내식합금도 설계자가 이들 성질을 최대한으로 활용하는 방법을 알게 됨에 따라 더욱 그 용도가 늘어날 것이다.

현재 造形上의 어려움(poor fabricability) 때문에 널리 쓰이고 있지 못하는 기존재료는 좀더 소용될 것이고 더 많은 합금이 용접된 상태로("as welded" condition)만 사용될 것이다. 또한 이중재료(duplex material) (2개의 相으로된 합금, 복합재료, 接合금속)도 더욱 널리 그 용도가 발견되리라 예상된다. 이러한 이중재료를 쓰면 둘 이상의 다른 재료의 가장 좋은 성질들이 동시에 활용될 수 있다(즉 하나는 내식성이 좋고 다른 하나는 강도가 큰 것). 이런 재료는 부식성 조업이 점점 더 필요하게 됨에 따라 훨씬 더 많이 사용될 것이다.

비금속 내식재료(프라스틱)가 더 많이 사용되리라는 것도 명백한 사실이다. 재료 개발하는 사람들은 설계 자료의 구입가능성, 造形性(fabricability)과 같이 사용자들이 원하는 明細書를 모두 충족하는 상품(total package)을 공급할 필요성을 알아차리게 될 것이다.

방지방법에도 새로운 코팅, 페인트 등이 도입될 것이지만 대체로 개량에 중점이 두어질 것 같다. 예를 들어 우리는 칠하기 쉽고 표면전처리를 덜 해도 되고 칠수목 여러번 칠하지 않아도 좋은 페인트를 기대할

수 있었다. 분말코팅은 특히 점점 더 쓰일 것이 예상되며 부식력이 좋아지고 경화법(Curing method)의 개선이 이루어질 것이 기대된다.

음극방식은 널리 사용될 것이고 양극방식도 점점 호평을 받게 되리라 본다. 부식억제제도, 마찬가지로 비록 공해방지 규칙 때문에 몇가지는(예를 들어 Chromate 등) 제한을 받게 되겠지만, 광범위하게 쓰일 것이다.

앞으로는 대체로 부식제어(corrosion control)의 경제성이 중요시 될 것이다. 부식사고의 책임을 누가 져야 마땅할 것인가에 관하여 법적인 면에 대한 발전이 있을지도 모른다. 시험방법도 틀림없이 개선될 것이며, 좀 더 표준화 될 것이고 사용중인 재료에 대한 체계적인 검사 절차도 더 많이 규정될 것이다.

부식은 완전히 제거되지는 않을 것이다. 우리는 오직 부식을 제어할 수 있는 가장 경제적이고 신뢰할 수 있는 방법을 찾으려고 노력할 수 밖에 없다.

References

1. Krebs, T.M., Casebook of a Corrosion Detective, *Chem. Eng.*, Feb. 4, 1963, pp. 122-126.
2. Phelps, E.H. and Komp, M.E., Techniques for Diagnosis of Corrosion Failures, *Metals Eng. Quar.*, Aug. 1970, pp. 24-29.
3. Vaughan, D.A., Analytical Techniques in Corrosion Product Identification, *Corrosion*, Feb. 1963, pp. 55t-58t.
4. Scharfstein, L.R. and Henthorne, M., "Handbook on Corrosion Testing and Evaluation," ed. by W.H. Ailor, pp. 291-366, Wiley, New York, 1971.
5. Henthorne, M., Materials Selection for Corrosion Con-

- trol, *Chem. Eng.*, Mar. 6, 1972, pp. 113-118
6. Fontana, M.G. and Greene, N.D., "Corrosion Engineering," McGraw-Hill, New York, 1967.
7. LaQue, F.L. and Copson, H.R., "Corrosion Resistance of Metals and Alloys," Reinhold, New York, 1963.
8. Uhlig, H.H., "Corrosion and Corrosion Control," 2nd ed., Wiley, New York, 1971.
9. Evans, U.R., "The Corrosion and Oxidation of Metals," St. Martins Press, New York, 1960; and "First Supplementary Volume," Arnold, London, 1968.
10. Shreir, L.L., "Corrosion," George Newnes Ltd., London, 1963.
11. Tomashov, N.D., "Theory of Corrosion and Protection of Metals," MacMillan, New York, 1966.
12. Engineering Materials, *Chem. Eng.*, Oct. 12 1970, pp. 26-28.
13. Films on Corrosion and Its Prevention, *Mater. Protect.*, June 1967, p. 32.
14. Rabald, E., "Corrosion Guide," 2nd. ed., Elsevier, New York, 1968.
15. Nelson, G.A., "Corrosion Data Survey," National Assn. of Corrosion Engineers, Houston, 1967.
16. "A Guide to Corrosion Resistance," (stainless steels Type 304, 316 and 317, and higher nickel-stainless alloys only), Climax Molybdenum Co., 1961.
17. Elder, G.B., Corrosion Information Retrieval, *Mater. Protect.*, Mar. 1967, pp. 47-52.
18. "Technical Committee Directory, 1971," National Assn. of Corrosion Engineers, Houston.
19. "Membership Handbook, Committee G-1," American Soc. for Testing and Materials, Philadelphia, April 1971.
20. Heckler, N.B., Finding a Profit in Failure, *Chem Eng.*, Nov. 3, 1969, pp. 100-106.
21. Lee R., Fast Cure for Failures, *Chem. Eng.*, Jan 24 1972, pp. 118-122.

부식감좌 찾아보기

제 목	발행호	페이지
I. Fundamentals of Corrosion 腐蝕의 基礎	Chem. Eng. May 17, 1971 부식학회지 제 2권 제 1 호(1973)	127~132 21~27
II. Electrochemical Corrosion 전기화학적 부식	Chem. Eng. June 14, 1971 부식학회지 제 2권 제 2 호(1973)	102~106 79~83
III. Polarization Data Yield Corrosion Rates. 분극 Data 로 부식속도 측정	Chem. Eng. July 26, 1971 부식학회지 제 2권 제 3 호(1973)	99~104 123~129
IV. Measuring Corro ion Rates in the Process Plant. 공정시설에서 부식측정	Chem. Eng. Aug. 23, 1971 부식학회지 제 2권 제 4 호(1973)	89~94 167~172
V. Stress Corrosion 응력부식	Chem. Eng. Sept. 20, 1971 부식학회지 제 2권 제 4 호(1973)	159~164 173~179
VI. Control the Process and Control Corrosion 공정관리 및 부식관리	Chem. Eng. Oct. 18, 1(71 부식학회지 제 3권 제 1 호(1974)	139~146 33~41

VII. Good Engineering Design Minimizes Corrosion 공정설계를 잘해서 부식을 줄이자	Chem. Eng. Nov. 15, 1971 부식학회지 제 3권 제 2호(1974)	163~166 101~105
VIII. Cathodic and Anodic Protection for Corrosion Control 음극방식 및 양극방식	Chem. Eng. Dec. 27, 1971 부식학회지 제 3권 제 3호(1974)	73~79 143~150
IX. Corrosion Protection Via Coating 皮覆에 의한 腐蝕防止	Chem. Eng. Jan. 10, 1972 부식학회지 제 3권 제 3호(1974)	103~108 151~157
X. Paints Prevent Corrosion 페인트는 부식을 막는다.	Chem. Eng. Feb. 7, 1972 부식학회지 제 3권 제 3호	82~87 159~165
XI. Materials Selection for Corrosion Control 腐蝕제어를 위한 재료선택	Chem. Eng. Mar. 6, 1972 부식학회지 제 3권 제 4호	82~87
XII. Finding Answers to Corrosion Problems 부식문제에 대한 해결책	Chem. Eng. April 3, 1972 이번호(부식학회지 제 4권 제 1.2호)	97~102