

V. 응 력 부 식

Stress Corrosion

인장응력과 부식매질의 상호작용으로 금속이나 합금에 균열이 발생하는 것은 화학공장에서 기사들에게 중요한 관심사가 된다.

응력부식균열의 특징은 본 부식학회지 제2권 1호 p21에서 논의되었으나 이 문제를 회하는 방법은 잘다 다음 장에서 취급될 것이다. 이밖에 우리가 다루것은 응력부식 민감도의 시험방법과 측정 data의 해석 방법에 관한 것이다.

실험실이나 공장에서 사용할 수 있는 거의 모든 시험방법들이 여기에 설명되어 있으며 부식에 따라 적절한 방법을 편리하게 변환할 수 있다.

응력부식 시험에 사용되는 부식환경은 4 제 장의(제

2권 4호 p. 167)에서 논의된 바와 같은 방법으로 분류될 수 있으며 작업시험(service tests), 유사작업시험(simulated-service tests) 및 가속시험(accelerated tests) 등이 있다. 그러나 응력이 작용하여야 한다는 것 때문에 대부분의 응력부식시험은 가속시험에 속한다.

응력부식시험에는 여러가지 형태의 시험이 쓰인다. 이들중 몇가지가 Fig. 1에 나타나 있는데 이하같이 일정한 응력을 받은 상태에서 부식매질에 노출되어 있다.

부식시험 시험은 두 가지로 분류될 수 있다. 즉 smooth한 것과 notch 또는 미리 균열을 만들어 놓은 것이 있다. 부하응력의 형태에 따라 좀 더 구분하면 부하응력이 균열의 성장에 따라 감소되는 일정 스트레인 시험(constant-strain tests) (Fig. 1a, 1b, 1c, 1d, 1g와 1h)과 부하응력이 균열의 성장에 따라 증가되는 일정 하중 시험(constant-load tests) (Fig. 1e, 1h와 1j)이 있다. 또한 일정 응력 상태(constant-stress conditions) (Fig. 1f)로 행할 수도 있다.

일반적으로 볼때는 U자굽힘(U-bend) 시험(Fig. 1c)이 화학공장에서 가장 많이 사용되어 왔다. 이리 보아도 시험은 여러가지 형태의 부품에서 쉽게 적용할 수 있는 응력부식에 부착한 측정장치가 적었다. 이 시험을 높은 응력을 줄 수도 있으며 이리 smooth한 것보다에서는 가장 심하게 응력을 받은 시험이 될 것이다. U자굽힘시험을 세서 얻은 결과는 부정확적이다.

Smooth한 시험으로 응력부식균열에 대한 시험을 할 때는 이런 주어진 응력조건에서 보통 여러개의 시험(5개)을 함께 부식매질에 노출시킨다음 보편에 평균 값을 얻기 위하여 일정 깊적을 두고 검사하거나(용인도도, 또는 10~20X에서), 또는 일정각을 두고 하여서 파괴적으로 조사한다. 이 때는 보통 금속이나 강용으로 연마하기 위하여 균열 부위를 적어도 50배(500X)로 조사하게 된다.

그런 동안시간동안 부식매질에 노출시키고 응력을 줄것과 부식매질에 노출시키지 않고 같은 응력을 줄것과 비교해서 시험의 기계적 성질이 변화되는 측정을 할 수 있다.

응력부식균열에 대한 시험을 할 때 부딪히는 두가지 중요한 문제는 다음과 같다.

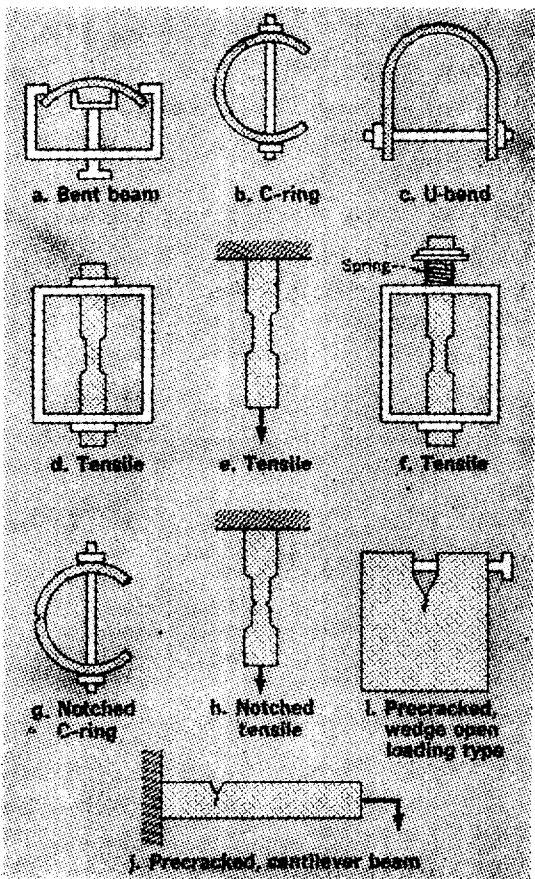


Fig. 1 Specimens for stress-corrosion tests.

(1) 시험 data의 재현성이 좋지 않은 점, 밧을 수 있는 결과를 얻기 위해서는 많은 시편을 써서 시험하여야 한다. 이것은 귀찮은 일이지만 균열발생에 대한 조건이 매우 독특하기 때문에 그렇게 하여야 한다고 생각된다. 합금의 금속학적상태, 응력조건, 부식매질 내에 존재하여야 할 주요한 성분등이 균열을 일으키기 위하여 모두 적절한 것이어야만 한다.

(2) 긴 시험시간 균열이 발생하여 눈에 볼 정도까지 성장하기에는 몇 년이 걸릴수 있다.

이러한 문제들 때문에 notch된 시편을 사용하므로써 시험을 가속화하려는 노력이 여러해 동안에 걸쳐 행하여졌다. notch는 부과응력을 집중시키는데 도움이 되고 3축방향응력계(tri-axial stress system)를 이끌어들이는데 도움이 된다. 따라서 notch된 시편은 쓰면 한 점에서 균열이 발생할 기회를 증가시키기 때문에 균열을 검사하기에도 더욱 쉽게 된다. 1960대 중반기에는 notch된 시편이 예비균열을 만들어 놓은 시편(pre-cracked specimen)으로 확대되어 사용되었다. 이것은 응력부식 시험전에 시편에 미세한 균열을 만들어 놓은 것으로 부식시험매질내에서 이 미세균열이 전파되는 성질이 결정된다.

최근에 예비균열된 시편은 상당한 관심을 받게 되었고 비록 오늘날까지는 실험실에서 주로 사용되어 왔지만 공작설계면에서 상당한 위치를 차지하고 있으며, 앞으로 새로운 합금을 개발하는데 점차 확대되어 사용될 것이다.

예비균열된 시편이 가장 실용적인 목적으로 사용된 것은 고 강도 합금의 연구에 있어서이다. 고 강도 강, 고 강도 알루미늄, maraging 합금, Ti 및 Al 합금에 대한 data

가 지금까지 얻어지고 있다.

예비균열된 시편을 사용하는 방법은 (너무 단순하게 말하는 것같지만) 응력부식균열이 2 단계에 걸쳐서 일어난다는 것에 기초를 두고 있다. 즉 (1) 균열발생단계와 (2) 균열성장단계이다. 예비균열된 시편을 쓰는 목적은 효과적으로 균열발생단계를 제거하고 균열성장에 집중하자는 데 있다. 이런 방법은 어느정도 타당하다고 생각되고 있는데 모든 금속구조가 결함을 포함하고 그래서 smooth하고 결함없는 표면을 항상 시험한다는 것은 실제적이 못되기 때문이다.

시편에 예비균열을 만드는 보편적인 방법은 notch를 선만으로 파고 notch를 중심으로 시편을 아래 위로 구부려 notch의 밑바닥에 짧은 균열(1/8 inch 길이)을 만드는 것이다. 이 균열을 벌려주기 위해 응력이 부과될때, 강도 K의 응력의 세기(stress intensity)가 균열의 첨단부에 생긴다. 균열이 깊으면 깊을수록 동일한 부과응력과 균열의 형태에서 균열첨단부에 응력의 세기는 세어진다. 만약 시편이 plane-strain 상태하에 있다면 균열첨단부에서 이 응력의 세기는 선형(linear), 탄성(elastic), fracture mechanics로부터 계산될 수 있다. 응력이 계속하여 증가하면 기계적 파손이 어떤 응력의 세기 K_{IX} 에서 일어나고 그것은 재료의 파괴인성(fracture toughness) K_{IC} 와 밀접한 관계가 있다. 응력의 세기를 나타내는 식은 일반적으로 다음과 같다.

$$K = MY\sqrt{a} / BW^{3/2}$$

여기서 K는 응력의 세기, M은 bending moment, a는 균열의 길이, B는 시편의 두께, W는 시편의 높이, Y는 a/w의 함수이다. K의 단위는 보통 ksi $\sqrt{\text{in}}$ 이다 (1 ksi는 1000 psi).

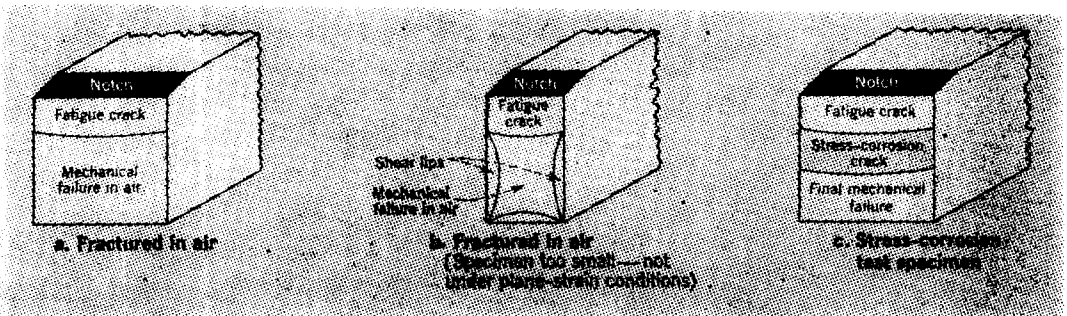


Fig. 2 Precracked(notch) cantilever-beam specimens have differing fracture surfaces.

plane-strain 상태를 얻으려면 커다란 시편이 cantilever-beam 시험용으로 사용되어야 한다. Fig. 2a와 2b는 예비균열된 시편이 대기중에서 응력을 받아 파괴될 때 얻어지는 파괴의 형태를 나타내고 있다. Fig. 2a의 시편은 plane strain 상태하에 있었고 Fig. 2b는 그

렇지 않은 것이었다. 시편의 가장자리에 나타난 가위날 모양의 전성파괴(ductile fracture)에 주목하여 주기 바란다.

건조한 공기중에서 파괴를 일으키는데 필요한 응력의 세기 K_{IX} 를 구한 후(보통 건조한 공기중에서 2~3

계 시편을 써서 시험) 다른 시편은 K_{IX} 보다 낮은 세기의 (90% K_{IX}) 응력을 주면서 부식분위기에 노출시켜 이 상태로 유지하면서 응력부식시험을 한다.

만약 재료가 시험 부식매질중에서 응력부식에 민감하면 K_{IX} 보다 낮은 응력의 세기가 부과됐을때도 예비균열이 응력부식균열을 일으키는데 충분할 것이다. 예비균열이 응력부식균열로 전파되면 시편의 균열은 길게 되고 부과하중이 변하지 않으면 균열첨단부의 응력의 세기는 증가하게 된다. 결국 응력부식 균열이 성장해서 균열첨단부의 응력의 세기는 K_{IX} 와 같아진다. 이때 재료는 기계적인 작용에 의해 균열파괴 된다. 응력부식균열로 파괴된 시편의 대표적인 파괴면이 Fig. 2c에 나타나 있다.

부과응력의 세기를 변화하면서 부식시험을 반복하면 부과응력이 어떤 값 이하일 때는 수백 혹은 수천 시간이 지나도 응력부식균열이 발생하지 않는 한계점에 도달한다. 이 때 부과응력의 세기를 발단응력의 세기 (threshold stress intensity) K_{ISCC} 라고 하며 전형적인 data가 Fig. 3에 도시되어 있다.

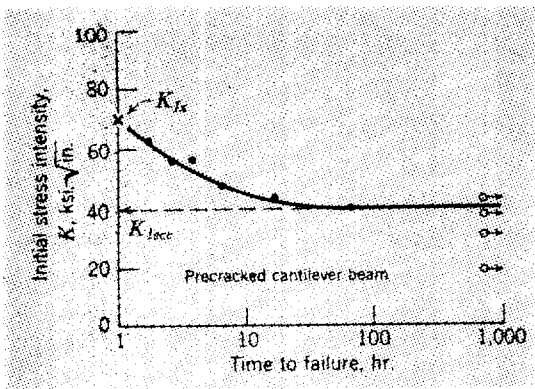


Fig. 3 Stress-corrosion data for notched beam.

Fig. 3에 나타난 것과 같은 곡선을 얻기 위하여 일반적으로 여러개의 시편(예를들어 10개)이 사용된다. 발단응력의 세기를 구하는 또 다른 방법은 다음과 같다. 처음에 K_{IX} 의 약 40%정도되는 작은 부과응력을 시편에 가하고 부식환경에 노출시킨다. 응력부식균열이 발생하지 않으면 부과하중을 제거하고 예비균열을 다시 반복하여 날카롭게 한 후에 K_{IX} 의 60%정도의 부과응력을 가하여 재 시험한다. K_{ISCC} 를 얻을 때까지 이러한 과정을 반복하는 것이다. 이 방법을 써서 발단응력을 구할 때 권하고 싶은 말은, 일단 발단응력의 세기를 구하였을 때 그 정확성을 검토하기 위하여 한 부이만 구한 발단응력의 값 상하에 해당하는 부과응력

을 가하여 추가시험을 하는 것이 좋다.

K_{ISCC} 를 얻는 또 다른 방법으로는 Fig. 1i와 같은 시편을 사용하는 것이다. 이 시편의 이점은 큰 응력보존장치가 필요없다는 것이다. 예를 들면 이 시편은 바이러스(vise)나 항장기(tensile machine)를 써서 응력을 줄 수 있고 다음에 비이키나 해수중에, 또는 가동하고 있는 공정장치 내부에 그대로 노출시킬 수 있다. 이때 재료가 응력부식 균열에 민감할지라도 충분히 큰 부과응력을 사용한다. 예비균열이 응력부식균열로 첨단부에서의 응력의 세기는 감소한다. (즉 Fig. 1j에서 Cantilever-beam 시편과 반대현상이 된다). 결국 균열은 성장하여 균열첨단부에서의 응력의 세기가 더 이상 균열을 전파하는데 요하는 응력의 세기, 즉 K_{ISCC} 보다 적을 때까지 계속된다. 이 한가지 시편만 가지고 처음 부과한 응력과 더이상 균열이 성장하지 않을 때의 균열의 길이로 부터 K_{ISCC} 를 계산할 수 있다.

데이터의 해석 (Interpretation of Data)

예비균열된 시편을 써서 얻는 data를 해석하는데는 일반적으로 아래와 같은 지점이 있다.

(1) 만약 어떤 재료가 공기중에서 파괴를 일으키는 값에 아주 가까운 (예를 들어 90%)값의 부과응력을 받고도 부식매질내에서 응력부식균열을 일으키지 않으면 그 재료는 비교적 응력부식 균열에 대한 저항성이 있는 것이다.

(2) 어떤 재료의 K_{ISCC} 이 값이 낮으면 낮을수록 그 재료는 부식분위기에서 응력부식균열을 받기 쉽다.

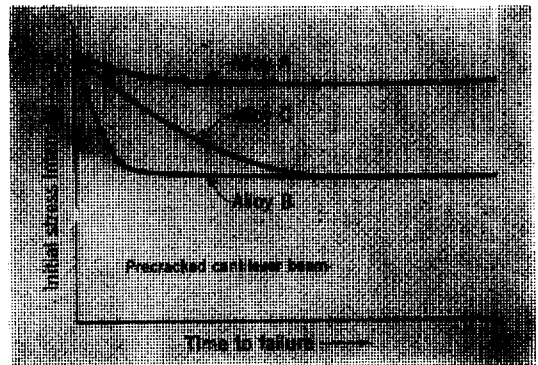


Fig. 4 Stress-corrosion data for three alloys.

K_{IX} 와 K_{ISCC} 사이의 곡선의 기울기도 중요한 뜻이 있다. 예를 들어 Fig. 4에서 A합금은 B합금보다 명백히 응력부식균열에 대한 저항성이 있다. C합금은

B 합금과 같은 조건에 있을 때 확실히 응력부식균열을 만나 균열의 전파속도는 훨씬 더 느리다. 이점은 중요한 이점이 될 수 있는데 왜냐하면 규칙적인 검사를 하므로서 완전한 파괴가 일어나기 전에 균열의 발생을 탐지할 수도 있기 때문이다.

에비균열된 시편은 smooth한 시편으로는 검사의 발견되지 않는 응력부식 균열을 연구할 수 있다는 이점을 갖고 있다. 또한 에비균열된 시편을 쓰면 일반적으로 더욱 재현성 있는 결과를 얻게되고 그 결과는 smooth한 시편을 써서 얻은 data와 아주 좋은 연관성을 갖고 있다는 것이 알려져 있는데,

Table 1 Resistance to Stress-Corrosion Cracking of Custom Alloy 455

Aging Treatment ¹	U-Bends, Yield Ksi. ²	Time to Failure at 95F. Days	Precracked Cantilever Beam in Beach ³	Kure Beach ³	3.5% NaCl	K _{ISCC} ⁴ Ksi.
900F., 4hr	250	4, 141, 463	NE, NE	1, 2, 3	30	
950F., 4hr	230	3, NE, NE, NE	NE	NE	60	
1,000F., 4hr	230	NE, NE, NE, NE, NE, NE, NE	NE, NE, NE	NE, NE, NE	90	

1. Material annealed at 1,500 F. prior to aging.
2. Ksi = 1,000lb sq. in.
3. Kure Beach, N. C., is International Nickel Co.'s Marine Test site.
4. U-bends cut from 1/8-in-thick strip. K_{ISCC} data for 1/4-in-square bar.
5. NE = no failure. At Kure Beach, this is in excess of 3 yr. in salt spray; it is for 1 yr.

Table 1에는 그 강도 불수강인 Custom 455를 써서 비교적 포괄한 data가 실려 있다. smooth한 시편(U-bend 시편)과 에비균열된 시편을 썼을 때 모두 시효온도(aging temperature)가 증가함에 따라 응력부식균열에 대한 저항성이 증가하는 경향을 나타내며 부족하기 바랄다. 에비균열된 시편을 쓰는 것이 좀 더 엄밀한 시편이라고 볼 수 있는데 왜냐하면 에비균열된 시편으로는 1000°F에서 시효된 시편에 파괴를 일으키거나 U-bend 시편에서는 균열이 발생하지 않고 있기 때문이다.

응력부식 데이터의 이용(Using Stress-Corrosion Data)

재료표면의 결함은 모든 공장 구조물에서 기계적(용접도중 또는 정적도중) 혹은 화학적(펄링의 결과)으로

발생할 수 있다. 어떤 구조물이라도 결함이 있을 수 있기 때문에 응력부식균열로 이러한 결함이 전파될 가능성을 연구하는 것은 의의있는 일이다. 결함이 크면 클수록 그 결함때문에 생기는 응력의 세기는 커진다. 그러므로 에비균열된 시편의 K_{ISCC} data를 이용하는 것이 좀 더 정교한 의미가 있다. Table 1에 실린 data는 Custom 455가 응력부식균열에 저항성을 갖기 위하여 높은 시효온도를 사용하여야 한다고 결론짓기에 충분하였었는데 때때로 K_{ISCC}와 항복강도(yield stress)의 연관짓는 것이 유용할 때도 있다.

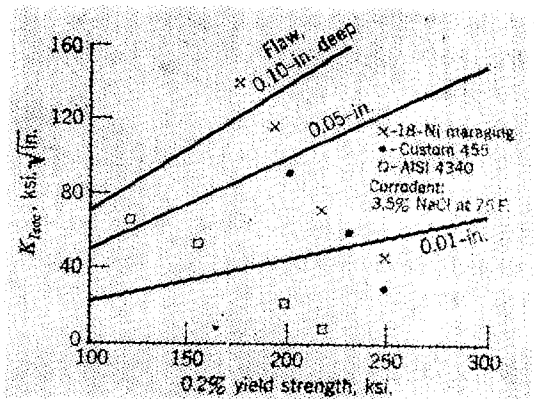


Fig. 5 Variation of stress intensity with yield strength for different defects and alloys.

Fig. 5는 세 가지 크기의 결함을 갖고 있는 일각의 강도 합금에서 K_{ISCC}와 항복강도간의 관계를 나타내주고 있다. 만약 재료의 K_{ISCC}와 항복강도가 주어졌을 결함이 크기를 나타내는 선 위에 있게 되면 이러한 크기의 결함은 그 재료표면에 있더라도 응력부식균열로 전파되지 않는다. 일반적으로 항복강도가 증가함에 따라 K_{ISCC}는 감소한다. 두 합금이 강하면 강할수록 응력부식균열을 극복하는 힘은 커진다.

K_{ISCC}는 항복강도 및 결함의 크기와 정량적으로 관련시킬 수 있다. 만약 결함이 깊고 얇으며 항복강도가 약하면 가까운 응력이 존재한다면 응력부식균열을 일으킬 수 있는 조건이 개입될 수 있다. 두 결함의 크기가 약해와 같이 주어질 일개값, a_{crit}을 초라할 때 균열은 전파되어야 한다.

$$a_{crit} = 0.2(K_{ISCC}/\sigma_{ys})^2$$

결함의 크기가 정해졌을 때 잊지는 값을 구할 수 있고 몇가지 결과가 Fig. 5에 도시되어 있다. 대부분이 항복강도 200ksi에서 Custom 455 합금과 18-Ni maraging 합금은 0.01 in 길이의 결함을 갖더라도 응력부식균열에 저항성이 있으나 AISI 4340 강은 Fig. 5에서 볼 때 그렇지 못하다. 항복강도 200ksi에서 0.1in 길이의

결함이 있으면 모든 합금에서 이 결함은 응력부식균열로 전파된다.

Tabl 2 Precracked stress-corrosion specimens.
Advantage

- Quantitative results.
 - Good duplication.
 - Enables more-resistant materials to be studied (i. e., where cracking is difficult to get with smooth specimens).
 - Relatively short test-time.
 - Uses terms familiar to design engineers.
- Limitations and cautions**
- Relatively new and undeveloped.
 - Specimens are large and expensive to machine compared with some smooth specimens.
 - Gives values that can be abused.
 - Usually applicable to high-strength materials.
 - May oversimplify initiation stage of cracking.

예비균열된 시험에 대한 이점 및 사용상 제한점이 Table 2에 열거되어 있다. 요약하면, 예비균열된 시험을 고장도 재료의 응력부식균열을 평가하기에 좋으며 smooth한 시험을 제작 얻을 수 있는 것보다 더 좋은 제한점의 정보를 제공해 준다. 현재 이용되고 있는 기술을 가격도 발전단계에 있는 것으로 앞으로 더욱 개발된 시험방법이 나타날 것이 기대된다.

예비균열된 시험은 응력을 집중하는 것과 함께 부식 면에서 균일성을 준다. 예비균열이란 실제적으로 틈(crack)과 같다. 균열진단부에서의 부식조건 및 용액의 화학적 성질은 bulk 용액내에서 보다 훨씬 심하다는 것이 알려져 있다. 균열의 길이가 생길때도 마찬가지로 일 것이나 예 smooth한 시험의 응력부식균열이 흔히 균열에 의하여 선행되든지 같하여 주고 있다. 그러나 예비균열은 응력부식균열에 대한 화학조건을 더 구체적으로 나타내는데 필요하다.

용접물의 부식시험(Corrosion Testing of Weldments)

부식시험을 받고있는 재료에 용접부위가 있으면 어떤 특별한 문제가 생길까? Fig. 6a에 나타난바와 같은 용접물은 점토면적에 걸쳐서 균일하게 부식되어 용접용금속이 용접된 금속과 같은 식으로 부식될 수도 있다. 이런 경우에는 Fig. 6에 나타난 바와 같이 용접물은 이리까지 형태의 국부부식을 받게 된다. 물론 동일 용접물에 나타난 여러가지 부식형태가 함께 이상

발생할 수 있다.

용접금속 부위에서 국부부식이 발생하는 이유로 용접용금속(weldmetal)과 용접된 금속(parent metal) 사이에 (a) 용접시 열로 금속학적 변화가 생기거나, (b) 잔류부식때문이다. 이런 현상이 일어나는 것은 용접용 금속이 parent metal보다 화학적 조성이 틀리거나 다른 금속학적 구조를 갖고 있기 때문이다.

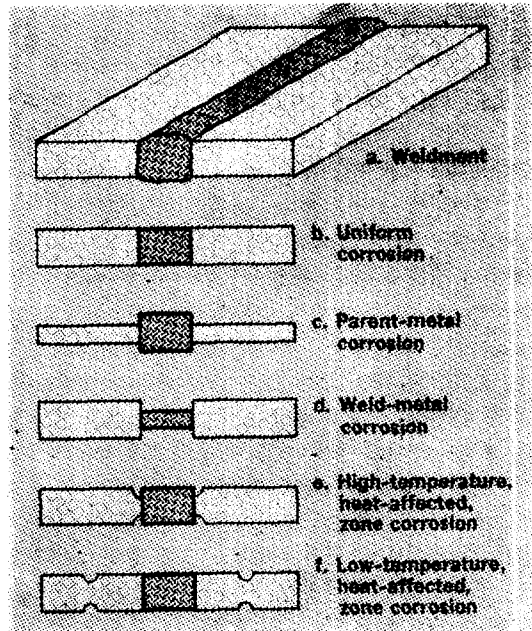


Fig. 6 Types of corrosion in a weldment.

같은 국부부식(Fig. 6d~6f)이 존재하면 용접금속에 의한 부식시험은 고장된 정보를 줄 수 있다. 예를 들어 Fig. 6e에서 부식때문에 손상된 금속의 손실량은 아주 작다. 그런데 이 손상량으로 전체 표면적에 대하여 평균치를 구하면 계산된 부식속도는 용접부위에서 부식이 아주 심하더라도 아주 적은것처럼 보인다.

용접물의 부식시험을 할 때 시험용 부식시험을 위한 것은 아주 중요하다. 부식에 대한 용접물의 정보는 보통 다음 세가지 방법을 따라 얻음으로 얻는다.

- (1) 육안으로 검사
- (2) 표면의 지배율(10~20X) 검사
- (3) 고배율 검사를 위한 금속현미경을 직면의 굽이된 부식의 깊이의 측정.

부식시험을 한 뒤에 표면을 관찰하는 보다 더 나은 (특히 육안이나 지배율로 할 경우) 부식시험전에 직면의 표면처리(에 따라 크게 좌우된다. 지배율검사는 smooth한 시험을 사용하면 더욱 유효하다. Fig. 6a) 나타난 용접물로 시험하는데 사용되는 한가지 방법은 용접부위를 용접된 금속과 함께 연마하며 120, 400, 600

grit finish 하는 것이다. 때로는 시편의 한쪽면만 연마하며 다른면에서 용접된 상태의 표면이 검사될 수도 있다.

용접물 시편에 포함된 parent metal의 양도 중요하다. 만약 중량감소 측정이 사용된다면 용접과정에서 영향을 받지않은 parent metal은 최소한도로 하는 것이 국부부식(Fig 6d~6f)을 검출하는 기회를 많게 한다. 그러나 저온에서 열을 받은 부위가 부식되는 영역(Fig 6f)이 제외되지 않도록 주의하여야 한다. 1/8in의 용접물을 사용할 때 부식시편의 크기는 대략 1~2in 길이의 용접금속에 1/2~1 in의 parent metal이 양옆에 달린 coupon을 사용한다.

부식시편에 포함된 parent metal의 양이 영향을 끼치는 다른 한가지 요소는 전지부식의 가능성이다. 예를 들어 전지부식이 용접금속과 parent metal 간에 일어나면 그 정도는 상대적 면적에 따라 좌우된다. 만약 용접금속이 parent metal에 비하여 anodic 이어서 선택적으로 부식된다면 부식속도는 parent metal(cathode)에 용접금속의 면적의 비에 따라 증가할 것이다. 이러한 용접이 커다란 배에 쓰일 때 위에 말한 조그만 부식시편을 사용했을 때보다 훨씬 더 부식당하기 쉽다.

어떤 부식시험이라도 세가지 단계로 구성되어 있다. 첫째 시편의 제조, 둘째 시편을 부식매질에 노출하는 것, 셋째 노출된 시편의 부식정도를 평가하는 것이다.

고온산화(High-Temperature Oxidation)

이항에서 논의한 것은 대부분 液相에서의 부식에 적용하여 왔다. 또 한가지 보편적인 부식형태는 고온산화이다. 고온산화는 높은 온도에서(600~700°F 이상) 기체의 반응을 말한다. 이러한 기체는 산소만이 될 필요는 없고 여기서 말하는 산화는 황화(sulfidation) 炭化(carburization) 등도 포함하여 사용한다.

산화정도를 측정하기 위하여 수용액내 부식에서 사용된 것과 비슷한 부식시편을 써서 중량변화측정을 하는 것이 흔히 사용된다. 이 시편의 표면처리는 수용액내 부식시험때처럼 중요하다. 시편의 모양은 산화시험때에 훨씬 더 중요한데, 예를 들어 날카로운 가장자리를 산화물 더께가 부착하는데 영향을 줄 수도 있다.

부식에 의한 중량감소 측정이 부식시험에 흔히 사용되지만 실험실에서 산화시험을 할때 산화물 더께에 의한 중량증가를 측정하는 것이 보통이다. 시험도중이나 정량할때 산화물 더께의 손실이 없다면 중량증가 측정은 유용한 정보를 제공한다. 공장에서는 산화물 더께를 제거하여 수용액내 부식속도를 계산할 때처럼 산화속도를 계산하는 것이 보통이다.

산화시험은 일반적으로 부식속도가 느리던지 또는 일정한 부식속도에 도달하는데 오랜 시간이 걸린다는 이유로 aqueous-corrosion test 때보다 오랜 시간이 걸린다. 공장조업중 연순환은 전체산화속도에 큰 영향을 줄 수 있다. 금속산화물은 그 밑에 금속자체와 비교하여 다른 열팽창기동을 나타낸다. 이 때문에 표면 산화물이 부서져서 새로운 금속속표면이 노출되게 된다. 일반적으로 새로운 금속표면은 견고한 산화물이 부착된 금속보다 빠른 속도로 산화될 것이다.

산화된 시편을 조사하는 것이 부식시험에서 중요한 부분을 차지한다. 생성산화물은 표면의 형태를 연구하고(육안으로, 광학현미경, 전자현미경을 써서) 그 조성을 연구하기 위하여(X-선 회절법, electron diffraction electron-probe microanalysis) 검사된다.

기타 방법(Other Procedures)

비파괴시험법(초음파,ddy current, radiography)은 잘 확립된 품질관리방법인데 이들이 공장에서 부식 검사에 또한 사용될 수 있다. 비파괴 시험법들은 특히 넷팅이나 응력부식균열이 막대한 손해를 미치기 전에 이와같은 국부부식을 탐지하는데 좋다.

공정을 변화하려할 때 부딪칠지 모르는 효과를 생각하거나 부식에 의한 파손등을 조사할 때 우리는 흔히 우리자신의 시험 data 문헌에서의 정보를 참조한다. 이 때문에 한번 시험하는 동안 될수록 많은 data를 얻는 것이 유용하다.

Table 3 Checklist for corrosion test.

Material

- Name or grade
- Heat number and chemical analysis
- Original form (e. g., bar, plate tube etc.)
- Metallurgical condition (heat treatment, cold work etc)

Specimen

- Shape and size
- Surface finishing sequence
- Cleaning sequence prior to heat

Exposure

- Corrodent name and composition. If corrodent concentration is expressed in percent, state whether volume or weight %. If volume % is given, then state concentration of "concentrated" solution
- Volume corrodent
- Temperature corrodent,

- Pressure of corrodent.
- Degree of agitation,
- Degree of aeration
- pH
- Duration of test frequency of changing solution, etc
- Specimen-holder type
- Fluctuation in temperature, etc during test if any.

Evaluation

- Description of corrosion products, if any.
- Post-test cleaning
- Corrosion rate,
- Sppearance of corrosion,
- Any localized corrosion-pitting, cracking etc.

Table 3 에는 생각하여야 할 항목들의 대조표가 주어지 있다. 온도, 부식매질의 유속등과 같은 부식분위기의 요소들이 미치는 영향은 다음 강좌에서 계속하여 논의되 것이다.

부식데이터의 이용(Using Corrosion Data)

■ 어떤 조건에서 얻은 data를 유사한 조건이라고 생각되는 곳에 응용할 때 주의하여야 한다. "sodium sulfate 에 대한 data 는 없으나 sodium sulfide 에 대한 data 는 갖고 있다"고 말하는 것이 보통이며 커다란 문제가 될 수 있다. 실제로 부식지향에 "좋다"고 하는 함의는 없다. 부식환경이나 부식환경의 종류가 항상 정의되어야 한다.

■ 가능한 최고 부식속도에 대하여 너무 엄격하게 되는 것은 주의하여야 한다. 여러가지 응용면에서 대략 24 mils/yr보다 적은 부식속도는 조업상 적절하고 더 높은 것은 적당하지 않다. 품질관리 시험에서 이 숫자의 사용이 인거리에 증가되고 있다. 그러나 이 숫자를 단지 하나의 guide일 뿐이고 부식기사가 어떤 특별한 응용이나 요구되는 작업수명을 생각한다면 더 좋은 것을 택할 수 있다. 예를 들어 pickling tank에서 5 in 직경의 棒으로 된 support yoke를 쓴다. 이에 사용되는 재료로서는 60mpy 부식속도를 갖는 재료가 더 적합성이 있는 재료보다 경제성이 있고 쓸만하다. 같은 tank에서 0.020 in 판으로된 plate coil 을 쓴다. 이때 부식속도가 60mpy나 24mpy의 재료는 부적당하며

5mpy 이하의 부식속도를 가진 재료가 요구된다. 기타 valve seats, ball bearings, heat exchange tubing 같은 것에도 storage vessels이나 stirrers 등보다 훨씬 낮은 부식속도가 요구된다.

■ 확실히 눈으로 검사하여야 한다. 이것은 흔히 가장 좋은 부식 측정 기술이 된다. 훈련이 잘된 사람으로 정기적인 검사를 하는것은 문제되는 곳을 골라내어 설계변경을 제시할 수 있고 국부적인 파손의 징조를 크게 파괴적이 되기전에 미리 주목하게 되어 많은 문제를 피할 수 있다.

Reference

1. Ailor. W. H. (Ed) "Handbook on Corrosion Testing and Evaluation." Wiley New York, 1971
2. Champion F.A. "Corrosion Testing Procedures" 2nd ed, Wiley New York., 1964.
3. Fisher, A. O. "Tools and Techniques for Laboratory Corrosion Testing," Natl. Assn. of corrosion Engineers, Houston 1964.
4. Fontana M.G. and Greene N.D. "Corrosion Engineering Mc Graw-Hill New York, 1967
5. ASTM G1-67, "Recommended Practice for Preparing Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens" Am. Soc. Testing Materials Philadelphia
6. NACE standard TM-01-69 "Test Method Laboratory Corrosion Testing of Metals for the Process Industries" Natl. Assn. of Corrosion Engineers Houston
7. ASTM A262-68, "Recommended Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Stainless Steels." Am. Soc. Testing Materials Philadelphia
8. ASTM G4-68 "Recommended Practice for Conducting Plant Corrosion Tests" Am. Soc. Testing Materials Philadelphia
9. NACE Publication 3D 170, "Morden Electrical Methods for Determining Corrosion Rates" Natl. Assn. of Corrosion Engineers Houston 1970
10. ASTM STP 425 "Stress Corrosion Testing" Am. Soc. Testing Materials Philadelphia
11. Brown B.F. "A New Stress Corrosion Cracking Test for High Strength Alloys." Mater. Res. Std. 6. No. 3. 129-133 (1966)