

<기술해설>

응 력 부 식

윤 경 석
한국 과학 기술원

Stress corrosion

K. S. Yun.

Korea Advanced Institute of Science and Technology.

1. 서 론

응력이나 압력과 같은 기계적 힘 자체나 금속에 부식을 일으키는 일은 없으나 이러한 힘이 적당한 부식 환경하에 작용할 때에는 금속의 구조를 쉽게 파괴시킨다. 이러한 형태이 부식 현상을 응력부식균열(stress corrosion cracking 또는 scc)라고 일컫는다. 응력부식 현상이 최초로 주목을 받게된것은 황동 장신구의 균열이 일어나는 데서부터 시작되었으나 지금은 대형보일러, 열교환기, 가스파이프 라인 또는 해상구조물 등에서 흔히 목격되고 문제시되는 부식현상이다.

이 부식의 특징은 균열속력이 빨라 비교적 짧은 시간 안에 대형구조물이나 시설이 파괴되는 위험한 것인 반면에 응력부식을 유발하는 물질적 요소는 재료의 종류에 따라 다르긴 하지만 숫적으로 제한되어 있어서 기술적으로 사전에 예방할 수 있는 정도 특징이다 하겠다.

2. 응력의 원인과 크기

응력 부식이 응력과 일반적 부식현상이 함께 작용하여 일어나는 것이므로 이러한 현상을 유발하는 응력의 원인과 크기가 관심의 대상이 아닐 수 없다. 응력은 기계의 작용이나 하중에 의한 외부로부터의 힘(external stress)일수도 있으나 어떤 재료 자체가 내포한 힘 즉 잔여응력(residual stress)도 원인이 된다. 잔여응력은 흔히 주조물의 기계적 제조과정에서 또는 부적당한 가열 냉각 과정에서 생기게 된다.

응력을 유발하는 또 하나의 원인은 일반적 부식으로

인한 생성물결이 접촉면을 따라 밀집생성되어 이들 체적팽창에 따른 응력이 생기게 된다. 이러한 현상은 특히 볼트와 너트 사이에서 흔히 관찰된다.

응력부식은 전술한바와 같이 주로 기계적 제품이나 구조물에 따라 나타나지만 주물 제품에도 사례가 있다.

이렇게 응력의 원인은 다양하지만 응력부식을 유발하는 응력의 크기에 대해서는 별로 알려져 있지 않다. 균열이 실제로 일어나는 데는 응력은 곧 장력(tensile)이다.

실험실적 연구에 따르면 어떤 재료에 균열이 일어나는 것은 초기에 응력이 항복강도를 넘어서 어떤 극위에 미세한 소성변형을 일으켜 시작되는 것으로 알려져 있다.

3. 입간파손(intercrystalline failure)과
입내파손(transcrystalline failure)

초기단계의 응력부식균열은 미세현상에서부터 발달되므로 대부분의 경우 외부로 노출되지 않아 일반적인 광학적 검사법으로는 확인 또는 관찰하기가 어렵다.

응력부식 균열의 종류는 입간(intercrystalline 또는 intergranular) 파손과 입내(transcrystalline 또는 transgranular) 파손으로 구분된다. 입간파손은 결정위계(grain boundary)를 따라 진행되며 흔히 알루미늄합금, 저탄소강 및 황동등에 나타난다. (Fig. 1)

반면에 304 같은 오스테나이트 스테인레스스틸은 고온의 염기성용액에서 균열이 결정 내부를 지나는 입내(transcrystalline)파손을 일으킨다. (Fig. 2)

그러나 대부분의 경우 이렇게 균열현상이 뚜렷이 구

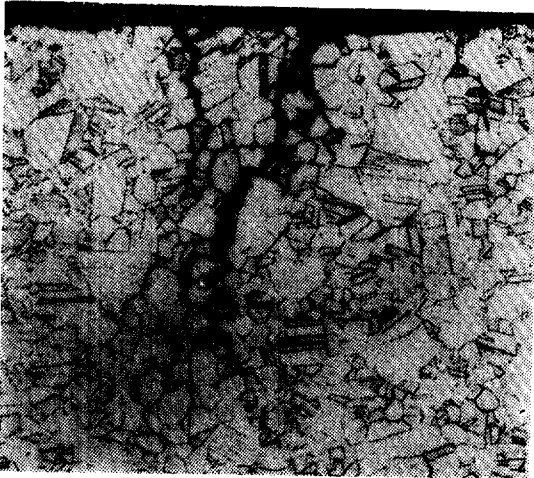
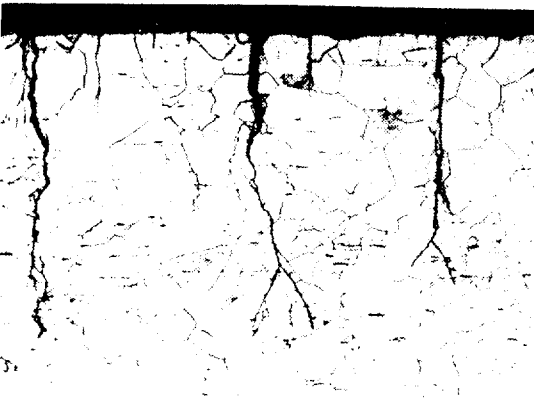


Fig. 1 Typical intercrystalline stress corrosion cracks in cartridge brass (70 Cu 30 Zn). Etched 30% H_2O_2 , 30% NH_4OH , 40% H_2O . $\times 75$.



(Courtesy Ugiansky and Stiefel, National Bureau of Standards)

Fig. 2 Transcrystalline stress corrosion cracking in a Type 304 austenitic stainless steel. Material subjected to tensile stress in boiling 42 percent $MgCl_2$ solution. Etched electrolytically in a 10 percent oxalic acid solution. $\times 100$.

별되기는 하지만 경우에 따라서는 어느 한쪽에 치우친 다던가 아니면 고닉켈합금, 크롬철합금, 황동과 같은 재료는 주위 환경의 부식요인과 재료의 구조에 따라 입간 또는 입내 파손의 양 형태가 다 나타나는 사례도 있다.

어느 경우던지 응력부식 균열은 일반적으로 순수 금속보다는 합금에서 많이 발견되지만 실제 순수의 한계가 모호하고 또 상용의 순수 금속에서도 응력부식 균열이 일어날수가 있다. 예를들어 40 ppm의 인이나 100ppm의 안티몬이 함유된 상용의 순수한 동도 암몬분위기 하에서 또 탄소함량 100ppm 이하의 탈탄강(미량의 망간, 유황, 구소등이 포함되어 있지만)도 묽는 질산 암몬용액에서 응력부식이 일어남이 밝혀졌고 또 최근에는 미량의 산소 수소가 함유된 상용의 순수 티타늄도 응력부식이 일어난다는 보고가 있다.

4. 환 경

응력부식 현상은 대부분 해안지방에서 발견되었던 것이 사실이지만 최근에는 겨울철에 도로에 살포되는 염으로 인해 각처에서 이 현상이 나타난다. 그러나 응력부식은 염이나 염화물이 있는 환경에서만 생기는 것이 아니고 재료에 따라 다르지만 자체응력을 많이 내포하고 있는 재료는 미량의 부식요소(corrodents)가 있어도 충분히 발생할 수 있다.

5. 응력부식 균열의 방향성

일반적으로 고경합금에 있어서 응력 부식은 압연이나 압출 방향보다 이의 수직 방향으로 부터 응력을 받았을 때 많이 발생한다. 예를들면 7075-T6 와 같은 알루미늄합금을 대기중에서와 같이 염용액에서 실험한 결과가 다음과 같이 발표되었다.

응 력 방 향	한계응력 (psi)	
	대기중	염용액 (3.5% NaCl)
가로(longitudinal)	80,000	50,000
세로(short transverse)	60,000	12,000

알루미늄 합금은 일반적으로 압연 혹은 압출방향(가로방향)으로 입자들이 크게 늘어나게 되어 같은 방향으로의 입계는 길고 또 이웃 입자와 아주 밀착되어 있지만 이의 수직방향 세로방향의 입계는 아주 짧고 또 대부분 이웃입자와 연결되어 있지 않다. 따라서 가로 방향으로 응력을 받을 경우에는 이미 어떤 입자가 부식을 당했다 해도 응력이 이웃입자로 전달되기 어렵기 때문에 상대적으로 이 방향으로의 응력부식이 억제된다고 볼 수 있고 그 반면에 세로 방향으로 응력을 받을 경우에는 곧 응력은 이웃입자로 파급되게 되므로 비교적 낮은 응력에서도 계속적으로 응력부식 균열이 일어나게 된다.

Fig. 3 은 이러한 입자의 방향성을 표시한 것이다.

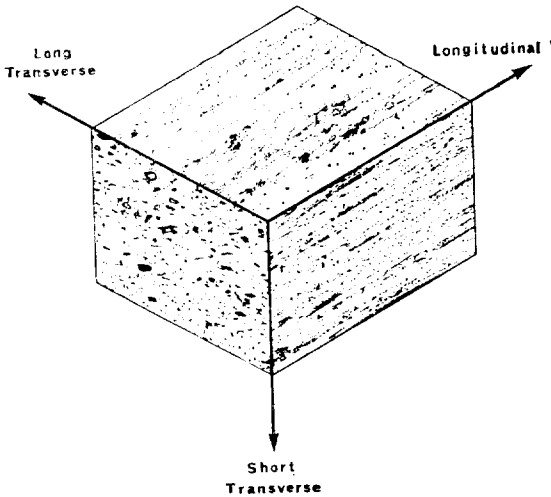


Fig. 3 Composite micrograph illustrating the grain structure in three orientations at the center of a 7075-T6 aluminum alloy extrusion.
 Note that grain structure is very much elongated in longitudinal direction (direction of extrusion). Etched $2\frac{1}{2}$ percent HNO_3 , $1\frac{1}{2}$ percent HCl , 1percent HF in H_2O . $\times 100$.

6. 각 론

1) 동합금류

황동 (brass) 나 청동 (bronze) 의 응력부식 요소는 암모니아나 암모니아를 발생하는 화합물로 알려져 있다. 응력부식에 대한 저항성은 동의 함량이 증가할수록 높아지는 것이 일반적이지만 전술한 바와같이 상용 동관의 경우에도 응력부식 현상이 보고되고 있다. 황동의 경우에는 어느 재료보다 잔여응력의 영향이 크기 때문에 저항성을 높이기 위해서는 무엇보다 잔여응력을 없애주는 것이 무엇보다 우선된다 하겠다. 따라서 ASTM 은 황동의 잔여응력의 정도를 알기 위해 Mercurous Nitrate Test* 표준을 마련하고 있다. 이 방법은 엄밀히 말해서 응력 부식현상에 의한 것은 아니지만 잔여응력을 시험하는 데는 가장 간편하고 확실한 방법으로 알려져 있다. 이 실험에 의한 균열현상이 나타나면 실제 황동이 내포하고 있는 잔여응력은 암모니아 분위기하에서 응력부식을 충분히 일으킬 것으로 보아 틀림이 없다.

*ASTM Standard Specification B154-58 1964
 ASTM Standard, Part 5, P 296

2) 강철류

보일러

먼저 저탄소강의 경우 리벳스팀보일러에서 응력부식 현상이 많이 발견된다. 대부분은 리벳의 접합부분으로 증기가 새어 부식산물이 생성되고 이와 더불어 응력이 증가되거나 아니면 애초부터 부적합한 리벳이음으로 인하여 잔여응력이 존재응력이 존재하여 일어나는 현상이다.

리벳스팀 보일러의 응력부식은 종종 보일러 폭발을 유발하는 원인이 되고 있어서 용접한 압력솥으로 보일러에 대체하여 이런 형태의 위험을 예방하는데도 있다. 그러나 용접 압력솥도 고 농도의 부식제가 있는 곳에서는 응력부식을 막을 수 없다. 저탄소강의 응력부식현상은 끓는 고농도 질산염용액에서 실험적으로 쉽게 관찰할 수 있으며 탄소함량의 상한선은 대체로 0.2로 보고 있다.

저탄소강의 응력부식 억제 방법으로는 리벳스팀 보일러의 경우 질산나트륨, 탄산나 등으로 처리를 해주고 용접압력솥의 경우는 특히 고온 알칼리용액에서 사용될 때에는 용접후 약 650°C 에서 열처리를 해주어 잔여응력을 최소한으로 제거해주어야 한다. 또 가스분위기에서 사용될 때에는 열 처리를 해주던가 아니면 보호 피막을 만들어 줄 필요가 있다.

암모니아 저장탱크

암모니아의 저장이나 수송을 위한 탱크로 흔히 저 내지 중탄소강판을 사용한다. 이러한 탱크에도 응력부식 균열로 인한 큰 사고들이 많이 있기 때문에 이분야에 대해서는 비교적 많은 연구가 되어 있다. 부식방지책으로는 다음과 같은 방법을 추천한다.

- 첫째, 대형탱크(직경 90cm 이상)일경우 반드시 열처리를 하여 잔여응력을 없애줄 것.
- 둘째, 암모니아 충전전에 공기를 완전히 제거해줄 것.
- 셋째, 암모니아의 수분함량을 반드시 0.2% 이상유지해 줄 것.

공기중 산소가 가장 강력한 부식제이므로 이를 제거해주는 것은 당연한 일이나 저장 암모니아의 수분함량을 일정농도로 유지해 주어야 한다는 것은 비교적 최근에 밝혀진 것으로 아직도 이분야에 많은 연구가 진행되고 있다. 일정 농도의 물은 용기표면에 적당한 보호피막을 만들어 응력부식을 억제해 주는 것으로 보고 있다.

유전지대 구조물

유전지대에서 큰 문제로 되어 있는것은 소위 "sulfide cracking"으로 흔히 중·고강도강에 이러한 현상이 나타나며 습기와 미량의 유화수소가 주원인으로 알려져

TABLE 1 Nominal Compositions of Steels Discussed in This Chapter

Steel	CoUposition, %							
	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Other
High strength H11	0.40	0.30	0.90		5.00		0.5	
200 series ⁽¹⁾								
201	0.15	5.5-7.5	1	3.5-5.5	16-18			Max N 0.25
202	0.15	7.5-10	1	4.6	17-19			Max N 0.25
300 series ⁽¹⁾								
301	0.15	2	1	6-8	16-18			Min Ti 5 x C Min Cb, Ta 10 x C
304	0.08	2	1	8-12	18-20			
310	0.25	2	1	19-22	24-26			
316	0.08	2	1	10-14	16-18	2-3		
321	0.08	2	1	9-12	17-19			
347	0.08	2	1	9-13	17-19			
400 series								
410 ⁽¹⁾	0.15	1	1		11.5-13.5			W1
420	0.15	1	1		12-14			
422	0.20	0.65	0.50	0.75	12	1	0.3	
431	0.20	1	1	1.25-2.50	15-17			
436 ⁽²⁾	0.16	0.41	0.39	2.10	12.67	0.18		
Precipitation hardening								
AM 350	0.10	0.75	0.35	4.25	16.50	2.75		N 0.10
AM 355	0.13	0.85	0.35	4.25	15.50	2.75		N O. 12
Maraging 80% Ni	0.03	0.15	0.15	17-19		4.6-5.1		Co 7-9, Ti 0.3-0.5, Al 0.05-0.15

(1) Compositions of C, Mn, and Si are maximum, except for Mn in 200 series.

(2) Composition of steel studied by P. Lillys and A. E. Nehrenberg. *Trans. ASM*, 48, 327 (1956).

(A more complete list of stainless steels is given in Chapter 1.)

있다. 그러나 자연 분해에 따른 수소 원자의 생성이 주원인으로 생각하고 있다. 수소는 분자 상태에서는 수송이나 저장에 큰 기술적 문제가 없으나 원자상태의 수소는 철소지 내부로 침투하여 균열을 일으키게 하며 특히 중·고강도강의 경우에 이런 현상이 현저하게 나타난다. 이와 같은 부식 현상을 수소취성(hydrogen embrittlement)이라 하여 일반적으로 응력부식균열과 구별하여 취급한다.

수소가 어떻게하여 이러한 부식현상을 초래하는가에 대해서는 아직 확실히 알고 있지 못하지만 대체로 먼저 수소원자가 금속수화물 형태로 화합물을 형성하면서 금속내부로 침투되어 잔여 응력을 높여주거나 또는

소지 내부의 어떤 틈바구니에서 다시 수소분자를 만들어 이것이 가스압이 되어 부풀음(blistering)같은 식부 현상을 초래하게 된다. Fig. 4는 이러한 부풀음의 메카니즘을 도식적으로 나타낸 것이다.

이러한 부식현상에 대한 방비책은 표면처리, 열처리 등 여러가지가 제안되어 있으나 원칙적으로 소재의 강도에 큰 영향이 있으므로 소재의 항복강도가 90,000 psi 이하인것을 사용할것을 추진하고 있으며 밸브, 스포링 등 특수한 목적에는 Inconel, K-Monel, Hastelloy, Stellite 등을 추진하고 있다.

고강도강

대기권에서의 고강도의 응력부식 현상은 응력부식 균

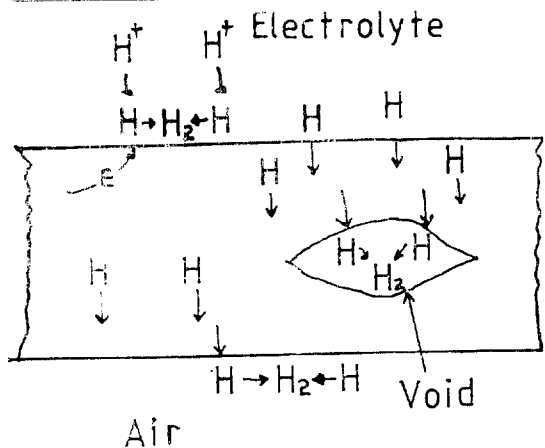


Fig. 4 Schematic illustration showing the mechanism of hydrogen blistering.

열과 수소 취성으로 구별되지만 대체로 후자의 경우가 많다. 고강도강의 방식은 주로 도장, 도금등 표면에 코팅방법을 써서 대기권의 화학적 부식요인을 소지로부터 차단하여 응력부식을 막는 방법이 행해진다.

스테인레스 스틸

응력부식 문제가 심각한것은 화학 또는 섬유화학공장에서 열교환기의 재료로 사용되는 200과 300 계열의 오스테나이트 스테인레스 스틸이다. 온도 70-80°C의 염화물인 디량이나마 함유된 물에서 특히 잔여 응력이 높은 용접부위나 압연부위에 이러한 현상이 일어난다.

일반적으로 응력부식에 대한 저항성은 어떤 일정한 분위기하에서 크롬과 니켈의 함량이 많은 것일수록 높다고 하겠으나 실제로 그 차이는 명확하지 못하다. 따라서 SS304가 응력부식이 일어났다면 그 환경조건하에서 316, 321, 또는 347은 거의 유사한것으로 보아 틀림없겠고 310은 크롬-니켈의 함량이 25/20으로 높아 (Table 1 참조) 더 오래 보존된다고 보겠다.

응력부식의 시험방법으로는 흔히 U-형 시편을 굽는

42% 염화 마그네시마그네시움 용액에 응력부식 균열이 일어날때까지 넣어 2시간을 측정하는 방법인데 대부분 수분이내에 또는 길어야 몇시간 이내에 균열이 일어난다. 방식법에도 여러가지 방법이 제시되고 있으나 무엇보다 염소이온이 몰릴수 있는 미세균열 부위가 없도록 설계제작되어야 하겠으며 폐순환시스템에서는 물에 용존산소와 염소의 농도를 적어도 1 ppm 이하로 유지해 주어야 한다.

웨어이트와 마르텐사이트 스테인레스스틸

400 계열의 스테인레스스틸은 크롬함량이 12% 이상으로 300 계열과는 달리 열처리로서 경도를 높일수 있는 것이 특징이다.

원자로 분위기에서 410과 431이 응력부식을 일으킨다는 보고가 있으며 특히 최근에는 열처리의 온도가 응력부식과 관계가 있음이 밝혀졌다. 예를들면 370-600°C에서 열처리된 것이 가장 많이 응력부식을 일으켰고 그중에서도 485°C에서 열처리된 것이 두드러졌다. 특기할것은 SS 300 계열이 수소취성이 거의 없다고 볼수 있는 반면에 400 계열은 특히 열처리를 한것은 수소취성에 의한 균열현상이 발견된다. 균열현상이 수소취성에 의한것인지 아니면 응력부식에 의한 것인지 분별하기 위하여 흔히 양극과 음극 분극 실험을 한다.

일반적으로 양극분극시에는 응력부식 현상이 그리고 음극분극시에는 수소취성 현상이 나타난다. 따라서 수소취성을 일으키는 재료 특히 400계열의 스테인레스스틸이나 고강도강은 음극방식법을 쓰지 못한다.

니켈합금

니켈합금은 흔히 오스테나이트 스테인레스 스틸과 식현상을 일으켜 사용 불가결한듯이 대체사용된다. 이 합금에 대해서는 많은 연구가 있었으며 원자로의 분위기와 같이 산소(50ppm)와 염소이온(100 ppm)이 비교적 많이 용해되어 있고 온도도 높은(270°C 이상) 조건에서도 응력부식에 강하다.

TABLE 2 Composition of Nickel Alloys Discussed in This Chapter

Alloy	N	Cr	Fe	Mn	Si	Cu	C	Other
Commercial nickel ...	99.0 ⁽¹⁾		0.48	0.35	0.35	0.25	0.15	
400 (Monel).	63-70		2.5	2.0	.5	Bal ⁽²⁾	.3	
600	72 ⁽¹⁾	14-17	6-10	1.0	.5	.5	.15	
800	30-35	19-23	Bal	1.50	1.0	7.5	.10	A 10.15-0.60, Ti 0.6-1.2
825	38-46	19.5-23.5	Bal	1.5	1.5	3.0	.05	Mo 2.5-3.5, Ti 0.6-1.2, Al 0.2

⁽¹⁾ Figures represent minimum values; all other values in table are maximum except where a range is given.

⁽²⁾ Balance (remainder %).

Table 2에 나타난 니켈함금증 825를 제외하고는 모두 PH 6-10 범위내에서 응력부식을 일으키지 않지만 불산이나 고온의 고농도용액에는 응력부식문제가 심각하다. 불산을 취급하는 공정에서는 지금까지 Monel (400)을 성공적으로 사용하고 있지만 불산증기, 습기, 산소등이 혼합된 조건에서는 응력부식이 일어난다. 이러한 경우에는 먼저 불산증기가 주원인이 되므로 증기가 접촉이 없도록 전면이 산용액과 접촉 하도록하고 한편으로는 불산의 용존산소 제거를 위해 계속해서 질소를 불어넣어 주어야 한다. 그밖에 니켈함금의 부식요인으로 알려진것은 수은과 그 화합물이다.

티탄함금

티탄과 그 함금은 일반적으로 대부분의 용매에서 부식에 강한것으로 알려져 있어서 그 용도는 다양하다. 그러나 최근에는 유기 또는 무기 염화물, N₂O₄, 알콜 등이 응력부식을 일으킨다는 사실이 밝혀졌다. 알콜의 경우에는 에틸알콜보다 메틸알콜이, 또 액체보다는 기체상태에서 응력부식 현상이 두드러지며 소량의 물이 방식역할을 하는 사실도 밝혀졌다. 그러나 그 메카니즘은 아직 모르고 있다.

7. 응력부식 균열의 메카니즘

여러가지 메카니즘이 제시되고 있으나 근본적으로는 전기화학적 현상과 기계적 현상의 혼합된 것이라 볼수 있다. 전기화학적 현상이 메카니즘의 일부라고 보는 이

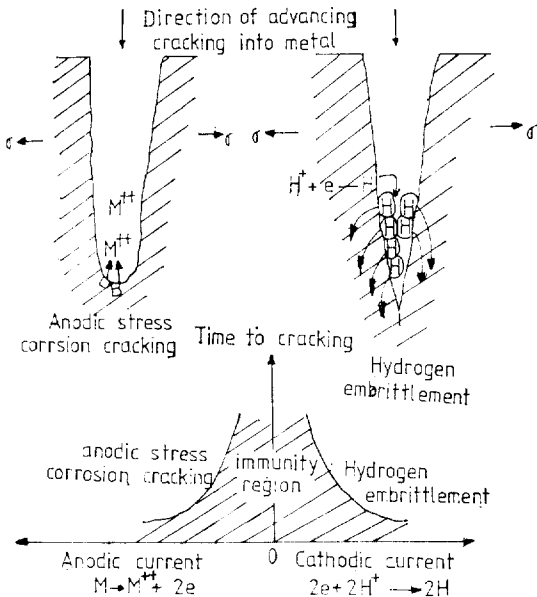


Fig. 5 Schematic differentiation of anodic stress-corrosion cracking and cathodically sensitive hydrogen embrittlement. (R. W. Staehle.)

유는 전술한바와 같이 양극분극시에는 응력부식 현상이 계속되고 음극 분극시에는 억제되는(수소취성의 경우는 제외)현상이 실험적으로 증명되기 때문이다.

1) 전기화학적 측면

전기화학적 측면에서 본다면 금속표면은 습기나 용액에 의해 아주 얇은 전해질 필름으로 덮혀있고 또 파소의 차이는 있어도 음극과 양극이 존재한다. 또 예외 없이 모든 금속은 습기와 접촉하여 표면에 산화막을 형성하게 되고 이것은 금속소재 자체보다 비활성적이기 때문에 원래 금속에 대해 전기화학적으로 음극이 된다. 양극은 물론 금속의 나표면이 되겠지만, 산화피막이 덮여있다 하더라도 금속표면이 구조상 어긋난곳 즉, 입계부위나 재질이 균일치 못한곳으로 양극이 된다.

Fig. 5에서 도식적으로 볼수 있듯이 어떤 금속 소재가 응력을 받으면 산화 피막이 균열되어 그 부위는 양극이 되고 따라서 여기서는 금속이 용해되어 나오고 음극에서는 수소가 발생하여 소위 지역적 갈바니 전지가 형성된다. 양극은 음극에 비해 면적이 매우 작아서 국부적으로 높은 전류가 흐르게 되어 처음에는 미세한 구멍이 파지지만 이것이 점차 커지게 되면 구멍표면은 산화피막으로 덮이고 여기에 다시 집중적으로 응력이

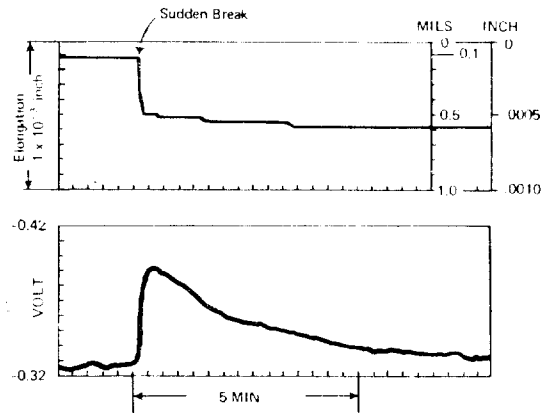


Fig. 6 Automatically recorded elongation-time and electrochemical solution potential-time curves for notched low-carbon steel specimen exposed in boiling NH₄NO₃ solution. Sudden break in elongation curve indicates mechanical fracture that exposed film-free and anodic metal to corrodent (indicated by change in potential). Fracture was prevented from going to completion by energy required to form new surfaces and plastically deform material at tip of crack.

가해져 처음과 같은 현상이 되풀이 되어 결국 큰 균열을 일으키게 된다. 응력 부식현상이 특히 입간을 따라 생기거나 또는 재질이 균일치 못한 곳에 많이 발견되는 것은 이 때문이다 하겠다.

2) 기계적 측면

전기 화학적 작용에 의하여 일단 균열구멍이 생기면 응력은 이곳에 집중되어 기계적 균열을 일으킨다. 균열이 커지던 에너지는 감소되어 기계적 균열이 중지되었지만 다시 전기화학적 작용이 시작되어 다시 이 현상이 반복된다.

Fig. 6은 이와같이 기계적 균열이 소재 표면에너지를 어떻게 변화시키는지 실험적으로 보여주고 있다.

상단의 그림은 시편의 연신율과 시간과의 관계를 나타내고 하단의 그림은 실험의 표면전위가 같은 시간내에 어떻게 변하는가를 보여주는 것이다. 그림에서 보듯이 시편에 갑자기 기계적 균열이 생기면 즉 시편이 늘어나면 시편표면은 이 기계적 균열로 인하여 알몸금속이 많이 노출되게 되므로 전체적으로 그만큼 활성이 높아져 음의 전위를 나타내게 된다. 점진적으로 이 전위가 다시 양의 방향으로 움직이는 것은 시편표면에 다시 산화피막이 형성되기 때문이다.

따라서 응력부식 균열은 산화피막 형성 ↔ 기계적 파괴의 계속적 순환으로 이루어진다 하겠다.

科學과 技術誌讀者會員制 施行 案內

「과학과기술」誌는 本聯合會 目的事業의 일환으로 1969년에 創刊, 오늘에 이르기까지 每月 定期的으로 發行하여 學會, 大學, 研究所, 公共機關, 圖書館, 企業體, 一般讀者등에 無料로 配布하여 왔습니다.

그동안 많은 讀者들로부터 購讀要請이 있었으나 豫算上의 制約때문에 部數擴張과 紙面擴張을 하지 못한 實情이었습니다.

이제 科學技術드라이브 時代를 맞이하여 時代的 要請은 勿論 讀者들의 여망에 부응하기 위하여 오는 1983年 3月부터 다음과 같이 讀者會員制를 實施하여 더욱 알찬 內容과 紙面 및 部數를 擴充할 計劃이오니 讀者여러분의 積極의인 協調와 指導鞭達을 바랍니다.

- 1) 會 員 : 本誌發刊 趣旨에 贊同하고 讀者되기를 원하는 個人 및 法人
- 2) 會員加入方法 : ① 所定加入申請書에 記載事項을 記入後 申請바람
- 3) 會 費 : 1年間 6,000원
- 4) 會費納入方法 : ① 대체계좌 : 2632107
② 은행온라인승금 계좌번호 : 제일은행 역삼동지점
보통예금 : 202-10-022063 민 관 식
- 5) 申 請 할 곳 : 우편번호 131315
서울特別市 江南區 驛三洞 635-4
韓國科學技術團體總聯合會
“과학과 기술”독자 담당자앞 전화 568-3504, 566-4147~9