

고온 고압 수중에서 Alloy 600 의 PWSCC 에 미치는 Zn 의 영향

(Effect of Zn on the PWSCC of Alloy 600 in water of high temperature and high pressure )

맹완영, 조연상, 김우철  
한국원자력연구소

원전 1 차 계통 환경에서 아연 주입이 Alloy 600 의 응력부식저항성에 미치는 영향을 평가하기 위해 CERT 시험을 수행하였다. 시험 환경은 ZnO 가 0, 10, 50 ppb 용해된 360°C 탈산소된 (용존산소<10ppb) 순수한 물이었다. 변형속도는  $2.5 \times 10^{-7}/\text{sec}$  와  $5 \times 10^{-7}/\text{sec}$  였다.

표 1 에 시험 결과를 요약하였다. 아연이 주입되면 파단까지 걸리는 시간이 늘어났다. 연신률, 최대 응력도 증가하였다. 아연 첨가량이 증가할수록 파면의 PWSCC 면적 비율이 작아지고 균열진전속도도 작아졌다. 변형속도가  $2.5 \times 10^{-7}/\text{sec}$  일 때 ZnO 농도 0, 10, 50 ppb 에 대한 PWSCC 면적 비율이 86, 67, 40%였다. 각 농도에 대한 균열진전속도는  $2.66 \times 10^{-9}\text{m}/\text{sec}$ ,  $1.85 \times 10^{-9}\text{m}/\text{sec}$ ,  $1.12 \times 10^{-9}\text{m}/\text{sec}$  였다. 변형속도가  $5 \times 10^{-7}/\text{sec}$  일 때 ZnO 농도 0, 10, 50 ppb 에 대한 PWSCC 면적 비율은 86, 67, 40%였다. 각 농도에 대한 균열진전속도는  $4.72 \times 10^{-9}\text{m}/\text{sec}$ ,  $2.76 \times 10^{-9}\text{m}/\text{sec}$ ,  $1.67 \times 10^{-9}\text{m}/\text{sec}$  였다. 그림 1, 2 에 각 시험에 대한 하중-변형 곡선 및 파면 사진을 보였다.

시험 결과에 근거하면 부식 환경에 아연이 주입되면 Alloy 600 합금의 응력부식 저항성을 증가시키는 경향이 존재한다. 이와 같은 현상은 아연이 Alloy 600 합금 표면 산화층의 구조를 변화시키기 때문인 것으로 보인다. 실제로 아연은 산화층의 상당한 깊이까지 침투하여 표면 산화층의 내부에 존재하는 것으로 알려졌다. 아연이 주입될 경우 산화층의 두께가 감소하고 2 개의 층으로 구성된다. 외부에는 페라이트(ferrite)층, 내부에는 니크로메이트(nichromate) 층이 형성된다. 아연이 니크로메이트층에 침투하여 아연-크롬상을 형성하고 이 상에 의해 크롬이 안정화하여 응력부식저항성을 증가시킨다고 보고되고 있다. 아연 주입은 이와 같이 재료 표면 산화층의 특성을 변화시켜서 응력부식 저항성을 향상시키는 것으로 사료되나 정확한 원인 및 기구를 규명하기 위해서는 표면 산화층에 대한 보다 면밀한 분석이 필요하다.

Table 1. Alloy 600 의 PWSCC 에 미치는 아연 첨가 영향

Test No.	Zn Concentration	Strain rate (/sec)	Time to Fracture (hours)	Elong.at fracture (mm)	Elongation (%)	Max. Load (kg)	Max. stress (kg/mm <sup>2</sup> )	IGSCC Area(%)	Crack growth rate(m/sec)
hptest-61	no Zn	$2.5 \times 10^{-7}$	107	2.6	8.67	97	12.4	90	$2.66 \times 10^{-9}$
hptest-66	10 ppb	$2.5 \times 10^{-7}$	133	3.25	10.83	175	22.4	81	$1.85 \times 10^{-9}$
hptest-72	50 ppb	$2.5 \times 10^{-7}$	172	4.2	14.00	159	20.4	70	$1.12 \times 10^{-9}$
hptest-60	no Zn	$5 \times 10^{-7}$	64	3.1	10.33	137	17.5	86	$4.72 \times 10^{-9}$
hptest-67	10 ppb	$5 \times 10^{-7}$	88	4.3	14.33	268	34.3	67	$2.76 \times 10^{-9}$
hptest-73	50ppb	$5 \times 10^{-7}$	96	4.7	15.67	245	31.4	40	$1.67 \times 10^{-9}$

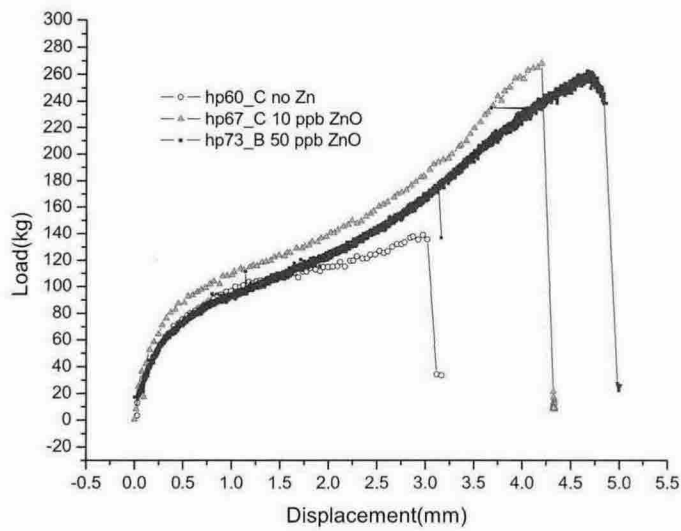
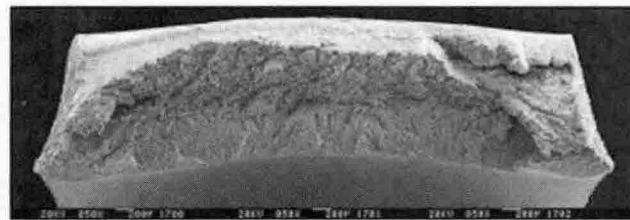
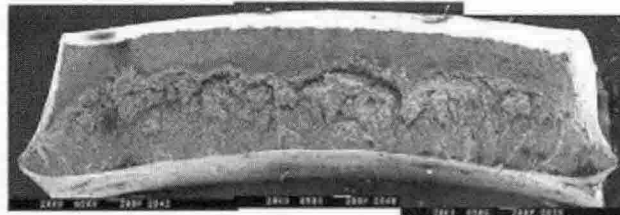


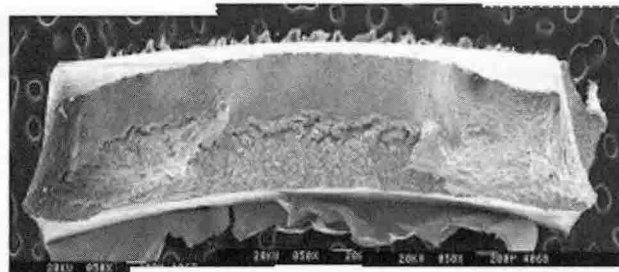
Fig. 1 CERT results of Alloy 600 tested in Zn injected water at 360°C



a) Hp60, no Zn, 86%



b) Hp67, 10 ppb ZnO, 67%



c) Hp73, 50ppb ZnO, 40%

Fig. 2 PWSCC ratio of Alloy 600 tested in Zn injected water at 360°C