

석탄가스 정제를 위한 safety filter 제작용 내식 합금의 평가

박영철 · 최주홍

경상대학교 화학공학과/생산기술연구소

Evaluation of Corrosion-resistant Alloys for Safety Metal Filter of IGCC System

Young-Cheol Bak and Joo-Hong Choi

Department of Chemical Engineering/Research Institute of Industrial Technology,
Gyeongsang National University, Chinju, Korea

요 약

석탄가스화 복합발전의 집진 공정에 사용하기 위한 금속제 safety filter의 재질 선정을 위하여 황화수소 가스 분위기에서 합금강의 부식 특성을 규명하였다. 사용 합금강은 SUS 310, SUS 316, Inconel 600과 Hastelloy X이다. 전기로 내에 설치된 지름 50 mm의 quartz 튜브 반응기에서 부식실험이 행하여졌다. 400°C 부터 700°C까지의 등온 조건에서 실험이 행하여졌고, 분위기 가스의 영향을 보기 위하여 H₂S 가스를 함유한 N₂(dry), N₂(saturation), CO₂(dry), 그리고 석탄가스 분위기에서 실험하였다. 부식 생성물을 파악하기 위하여 X-ray 회절기와 주사전자현미경 분석이 함께 이루어졌다. 1.7% H₂S, 600°C 이하 온도 조건에서는 니켈계 내식강 중 Hastelloy X와 철계 내식강 중 SUS 310 등 고크롬 합금강이 IGCC 용 필터 소재 금속으로서 높은 내부식성을 나타내었다. 0.3%~4.99% 황화수소 농도 범위에서 황화수소 농도 변화에 따라서 SUS 310의 경우 3~237 mg/dm²·day, Inconel 600의 경우 4~660 mg/dm²·day로 부식속도는 크게 증가 되었다. 500°C, 석탄가스 분위기에서 부식속도는 SUS 310은 45 mg/dm²·day, SUS 316은 110 mg/dm²·day, Inconel 600은 576mg/dm²·day, 그리고 Hastelloy X는 140 mg/dm²·day로서 합금강 시편 중 SUS 310 합금강이 가장 우수한 내식성을 나타내었다. 부식 표면에는 황화니켈, 황화철 피막이 형성되었다.

Abstract— The corrosion behavior of corrosion-resistant alloys has been evaluated to select the alloy type for safety metal filter in the IGCC system. The alloy specimens tested was SUS 310, SUS 316, Inconel 600, and Hastelloy X. All the specimens were tested cyclically every 8 hr during 48 hr in the isothermal temperature from 400°C to 700°C with various gases conditions : H₂S in N₂ (dry), N₂ (saturation), CO₂ (dry), and coal gas condition. Corrosion products on the surface was identified by X-ray diffractor and scanning electron microscope observations. Fe-based high chrome alloy, SUS 310 and Ni-based high chrome alloy, Hastelloy X showed good corrosion resistance up to 600°C and 1.7% H₂S condition. The corrosion rate was greatly increased with H₂S gas concentration in the range of 0.3~4.99% H₂S, that is, from 3 mg/dm²·day to 237 mg/dm²·day for SUS 310, and from 4 mg/dm²·day to 660mg/dm²·day for Inconel 600. Corrosion rates in the coal gas condition were 45 mg/dm²·day (SUS 310), 110 mg/dm²·day (SUS 316), 576 mg/dm²·day (Inconel 600), and 140 mg/dm²·day (Hastelloy X). So SUS 310 is the best corrosion resistance alloy among these alloys tested in coal gas condition. The main corrosion products on the surface was indicated (Fe, Ni) sulfides.

1. 서 론

석탄가스화 복합발전(Integrated coal Gasification Com-

bined Cycle : IGCC) 공정 중의 석탄가스 고온 정제기술은 고온 건식 탈황 기술과 고온 집진 기술로 구분된다. 따라서 전체시스템 개발은 상호 연관적으로 이루어

지고 있다. 1980년대와 1990년 초기까지 고온 건식 탈황공정은 550°C 이상에서 이루어졌다. 최근의 경제성 분석 결과 IGCC의 열효율은 350°C까지는 급격히 증가하고 그 이후 600°C까지는 효율의 증가가 미미한 것으로 밝혀졌고, 또 알칼리 금속의 휘발 때문에 650°C 이하에서 운전하는 것이 경제적으로 적합한 것으로 나타났다¹⁾. 따라서 고온 집진 기술의 경우도 공정온도가 600°C 이하로 낮아지게 되었다. 고온 집진 공정은 석탄가스 중의 분진입자를 99.8% 이상 제거하고 알칼리금속 중의 일부를 제거하여 0.1 ppm 이하로 유지하므로 가스터빈을 보호하기 위하여 설치한다. 종래의 650°C 이상의 조업조건에서는 석탄가스 중에 포함되어 있는 H₂S 가스에 의한 금속 필터의 부식문제로 인하여 세라믹 재질의 필터를 사용하였다²⁾. 그러나 세라믹 필터의 경우 필터의 설치 고정 문제, 알칼리 금속에 의한 기공 막힘 현상, 내구성 문제 등이 완전히 해결되지 않은 상태이다. 따라서 이를 보완하기 위하여 Safety filter를 설치하는 방안이 강구되고 있다³⁾. Fail safety 기술은 필터 집진기의 신빙성 확보를 위한 방법으로서 운전 시에 일부분의 필터가 파손이 되더라도 과도한 분진이 가스터빈에 유입 되는 것을 방지함으로써 IGCC 시스템의 이용률을 높일 수 있다. 집진 공정의 온도가 낮아 질 경우 safety filter 재질로 금속 합금이 사용될 수 있다. 금속제 필터의 경우 세라믹 필터에 비하여 강도와 유연성, 용접성이 우수하고 설치도 용이하며, 열충격성이 우수하여 내구성이 높다⁴⁾. 본 연구의 목적은 중온 범위(Intermediate temperature)에서 사용하기 위한 금속제 safety filter의 재질 선정을 위하여 철계와 니켈계 내식합금에 대한 부식 특성을 규명하고, 석탄가스 분위기에서의 부식기구를 살펴보고자 한다.

2. 실험

2-1. 재료

본 연구에 사용된 금속합금강 재질은 철계열과 니켈계열로 구분하여 현재 상용 고온 내식 재료로 활용되고 있는 SUS 310, SUS 316, Inconel 600, Hastelloy X이다.

그 화학 성분은 Table 1과 같다. 두께 2~3 mm의 철판을 사용하여 20x40 mm 크기로 시편을 자르고 시편

1. Quartz tube
2. Furnace
3. Zinc acetate Soln.
4. Water bottle
5. Flowmeter

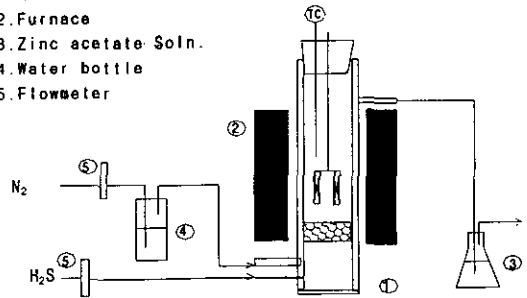


Fig. 1. Schematic diagram of the system for the high temperature corrosion test.

지지대에 지지하기 위하여 내경 8 mm의 구멍을 뚫었다. 이 시편을 400~1000 grit의 SiC 연마지로 차례로 갈아 외부의 산화 피막을 제거하고, 에탄올 용액에 담가 초음파 세척하였다. 시편은 건조 후 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

2-2. 실험 및 분석장치

고온 황화가스 부식 실험의 경우 Fig. 1과 같은 내경 50 mm Quartz 튜브를 이용한 부식 실험 장치에서 이루어졌다. 튜브 외부는 3 kW Lindberg tube furnace(LHTF322C)가 설치되어 온도가 조절되었고, Tube 내부 온도는 K type 열전대를 이용하여 측정하였다. 유입 수증기 양은 항온조 내에 기포 병을 설치하여 유입 기스와 함께 포화되는 수증기 양을 검량하여 사용하였다. 수증기 첨가 시는 line heater(340 W)를 사용하여 노 입구 부분까지 가열하여 수증기의 응축을 방지하였다. CO₂ 기체는 99.99%의 표준 기체를 사용하였고, H₂S 기체는 4.99%(N₂ balance) 혼합가스를 사용하였다. 각 기체는 유량계를 거쳐 반응기 하부에서 예비 혼합 된 후 노 내부로 유입되었다. 반응이 끝난 가스는 zinc acetate 포화용액을 거쳐 외부로 배출되었다.

시편 지지대는 직경 6 mm quartz 봉을 사용하여 8개의 시편이 동시에 걸리도록 만들었다.

반응 완료 후 부식 시편의 표면 생성물의 확인을 위하여 Siemens D5005 X-ray 회절기를 사용한 XRD 분석을 하였다. 그 실험 조건으로는 Cu K- α 타겟트, X-

Table 1. Chemical composition of the alloys studied (wt.%).

Alloy	Ni	Cr	Fe	Si	Mn	C	S	P
SUS 316	12.1	17.5	Bal.	0.75	0.10	0.07	0.03	0.04
SUS 310	19.96	25.29	Bal.	0.85	0.08	0.15	0.05	0.02
Inconel 600	Bal.	15.5	8.0	0.65	0.52	0.08	0.01	0.01
Hastelloy X	Bal.	21.22	17.50	0.30	0.52	0.06	0.001	0.012

Table 2. Experimental conditions for the high temperature corrosion tests.

Reaction temperature (°C)	400, 500, 600, 700
H ₂ S concentration (%)	0.3, 1.7, 4.99
N ₂ balance condition (saturation) (%)	H ₂ S (1.7), H ₂ O (4.7), N ₂ (93.6)
CO ₂ balance condition (dry) (%)	H ₂ S (1.7), N ₂ (31.6), CO ₂ (66.7)
Coal gas (%)	H ₂ (19), N ₂ (29.9), CO (46.25), CO ₂ (4), O ₂ (0.77), CH ₄ (0.03), H ₂ S (0.05)

ray관 전압 40 kV, 35 mA, 그리고 scan 속도는 3%/min 이었고, 2θ 범위는 10~80에서 분석이 이루어졌다. 표면 미세조직과 원소 분포를 파악하기 위하여 EDX(Oxford SIS)가 부착된 주사전자현미경(JEOL JSM-6400)을 이용하였다.

2-3. 실험 방법

시편의 크기는 버니어 캘리퍼스를 사용하여 측정하고 무게도 평량한다. 평량된 시편을 시편 지지대에 걸고 시편 지지대를 furnace 내에 위치시킨다. 먼저 질소 기체를 흘려 노 내의 공기를 질소 기체로 대체시키면서 온도를 원하는 실험 온도까지 승온시킨다. 실험온도에 도달하면 정하여진 농도의 H₂S 기체와 분위기 가스를 흘리면서 부식실험을 8시간 동안 계속한다. 이때 각 가스의 유량은 농도 조건에 따라 달라지지만 총 유입 기체 유량은 약 140 cc/min를 유지 하였다. 1회 실험이 끝나면 H₂S 기체와 분위기 기체의 공급을 중단시키고 상온으로 냉각시킨다. 냉각 후 시편 지지대를 노 외부로 분리시키고 각 시편의 무게를 평량한다. 총 6 Cycle 실험을 하여 48시간 동안의 부식 실험으로 한다. 남식은 여러 가지 기준을 사용하여 부식속도를 나타내었는데, 본 연구에서는 시편 표면적을 기준으로 한 무게 변화로 나타내었다. 온도 변화 실험은 일정한 H₂S 기체 농도 조건에서 400, 500, 600, 700°C 등은 조건에서 행하여졌다. H₂S 기체 농도 변화 실험은 온도 500°C에서 H₂S 기체 농도 0.3, 1.7, 4.99% 변화 조건에서 이루어졌다. 분위기 가스에 대한 영향 실험은 반응온도 500°C에서 행하여졌다. CO₂ 가스 분위기 실험은 CO₂를 분위기 가스로 하여 H₂S 기체를 혼합하여 실험하였고, 수증기의 영향을 실험하기 위하여 분위기 기체인 질소 기체를 기포병에 포화시켜 반응기로 유입하였다. 석탄가스 사용 실험은 가스화 반응기에서 생성된 실가스를 사용하였다.

전체 실험조건과 각 분위기 가스에서의 기체 농도는 Table 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 반응온도의 영향

Fig. 2와 Fig. 3에 0.3% H₂S, 질소 분위기에서의 철

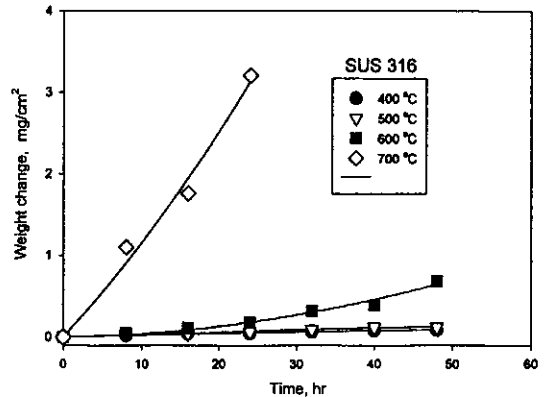


Fig. 2. The effect of temperature on the weight change for SUS 316 at 0.3% H₂S.

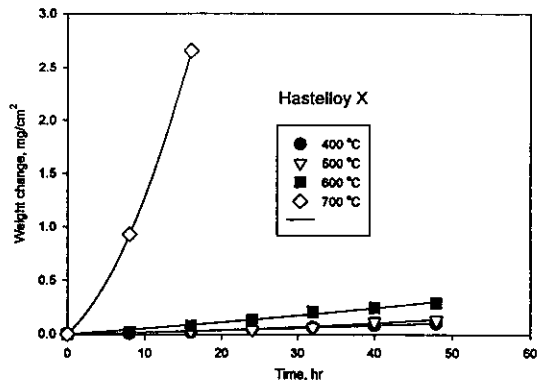


Fig. 3. The effect of temperature on the weight change for Hastelloy X at 0.3% H₂S.

제인 SUS 316과 니켈제인 Hastelloy X 시편에 대한 무게 변화를 각각 나타내었다. 합금강과 H₂S와의 반응에 의하여 금속 황화물이 형성되므로 무게의 증가 현상이 발생하였다. Hastelloy X의 경우 600°C까지는 이러한 부식 현상이 점진적으로 발생하는 것을 알 수 있다. 그러나 Cr 함유량이 20% 이하인 SUS 316의 경우 600°C에서부터 급속한 부식 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 특히 700°C에서 24시간 경과 시 생성 부식 층의 탈리 현상으로 지속적인 실험이 불가능하였다. SUS 310과 Inconel 600의 경우에도 유사하게 고크롬 계의 경우가

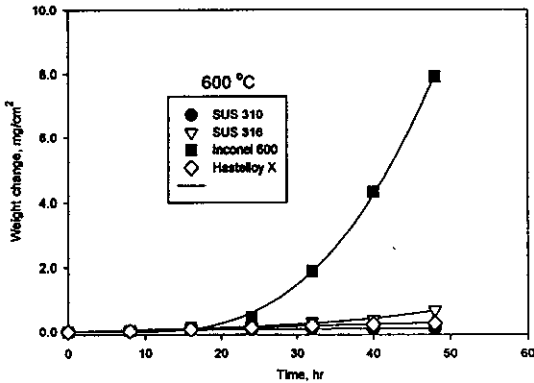


Fig. 4. The effect of alloy types on the weight change at 600°C and 0.3% H₂S.

내식성이 우수하였다.

Fig. 4에 600°C에서의 합금 종류에 따른 부식 변화를 살펴 보았다. SUS 310과 Hastelloy X가 유사한 부식 특성을 나타내었고 Inconel 600의 경우가 가장 큰 부식 현상을 나타내었다. 따라서 이를 기준으로 하면 600°C까지의 온도에서는 SUS 310과 Hastelloy X가 우수한 재질로 판단되나 700°C까지로 온도 범위를 확대 할 경우 SUS 310이 비교 시편 중 가장 우수한 내식성을 나타내었다.

Haldipur 등^[6]은 Inconel 671을 사용한 650°C 실험 결과 매우 짧은 시간(24~48 hr) 내에 Ni/NiS 공용체가 형성되어 높은 부식 현상이 나타났다. Verma^[7]도 니켈 합금강(Ni-Cr-Fe), 페라이트계 스테인레스강(Fe-Cr), 오스테나이트계 스테인레스강(Fe-Cr-Ni), 코발트합금강(Co-Cr-W), 코발트함유 합금강(Fe-Ni-Co-Cr)에 대한 부식시험에서 Cr 함유량이 증가 할수록 전체적으로 내부식성이 향상되었다. 특히 Cr의 보호 산화피막을 형성하기 위하여는 25% 이상의 Cr 함유량이 요구되었다.

3-2. H₂S 기체 농도의 영향

Fig. 5와 Fig. 6에 반응온도 500°C, 질소 분위기에서의 여러 H₂S 농도에 대한 SUS 310, Inconel 600 시편 무게 변화를 각각 나타내었다. 이를 48시간 동안의 무게 변화를 기준으로한 부식속도로 나타내어 보면, H₂S 농도 0.3%의 경우 부식속도는 3 mg/dm²·day(SUS 310), 4 mg/dm²·day(Inconel 600)으로 안정한 부식 형태를 나타내었으나, H₂S 농도 1.7%에서는 112 mg/dm²·day(SUS 310), 508 mg/dm²·day(Inconel 600), H₂S 농도 4.99%에서는 237 mg/dm²·day(SUS 310), 659 mg/dm²·day(Inconel 600)의 부식속도를 나타내어 H₂S 농도에 따라 민감한 부식 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

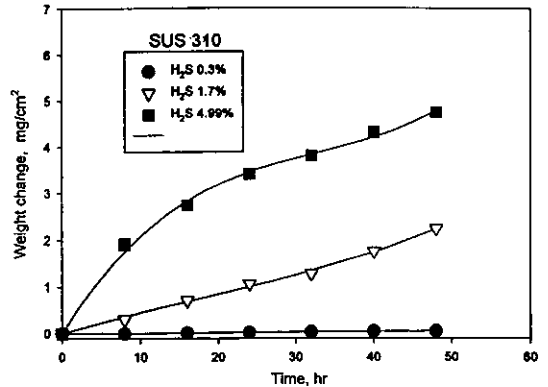


Fig. 5. The effect of H₂S concentration on the weight change for SUS 310 at 500°C.

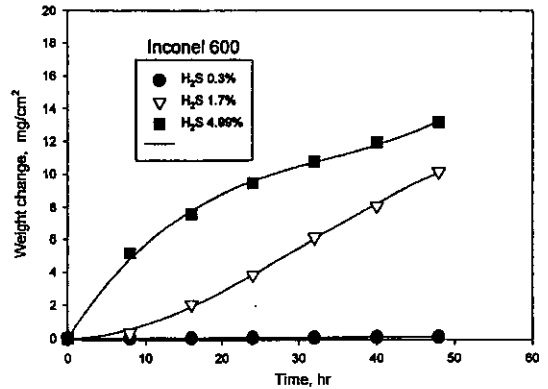


Fig. 6. The effect of H₂S concentration on the weight change for Inconel 600 at 500°C.

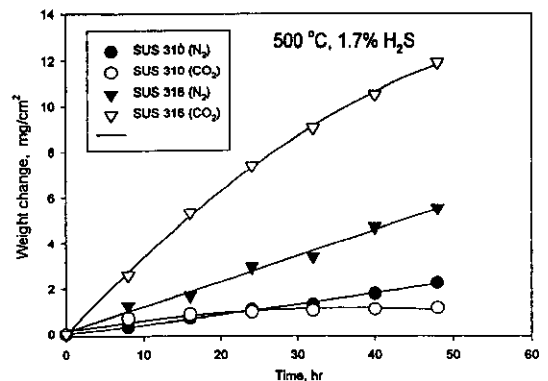


Fig. 7. The effect of CO₂ gas on the weight change for Fe-based alloys at 500°C.

Nakagawa^[8]는 500°C에서 H₂S 분압과 H₂O 분압에 대한 합금 금속 중 니켈, 크롬, 철 황화물의 상 평형도를 만들어 황분압의 변화에 따른 금속황화물 조성의 변화

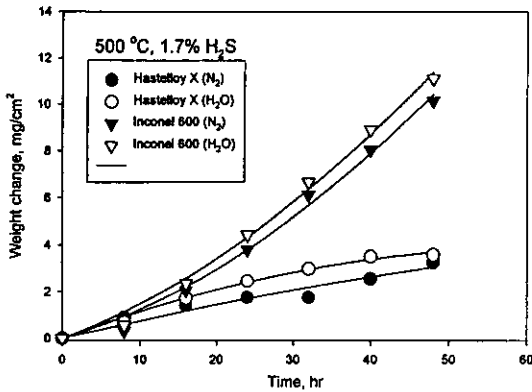


Fig. 8. The effect of H₂O gas on the weight change for Ni-based alloys at 500°C.

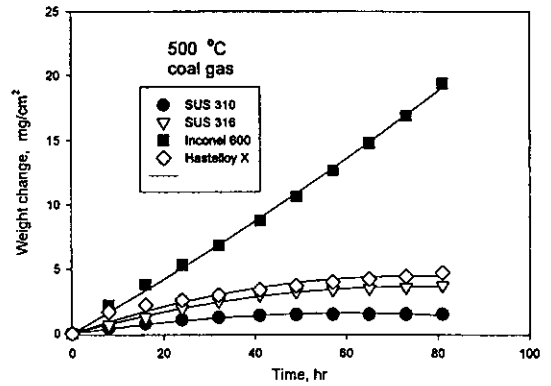


Fig. 9. The effect of coal gas on the weight change at 500°C.

를 나타내고 이에 따라서 급속한 부식 속도 변화가 나타나는 것으로 설명하였다.

3-3. 분위기 기체 종류의 영향

반응온도 500°C, H₂S 1.7% 조건에서 철계 합금강의

CO₂ 기체 영향을 살펴 보면 Fig. 7과 같다. SUS 310의 경우 초기 부식은 질소 분위기에서보다 약간 증가하나 점차 부식을 억제 하는 형태를 나타내나, SUS 316의 경우 CO₂ 기체 분위기일 경우 부식을 촉진 하는 특성을 나타내었다. 니켈계 합금의 경우도 철계와 유사하게 고

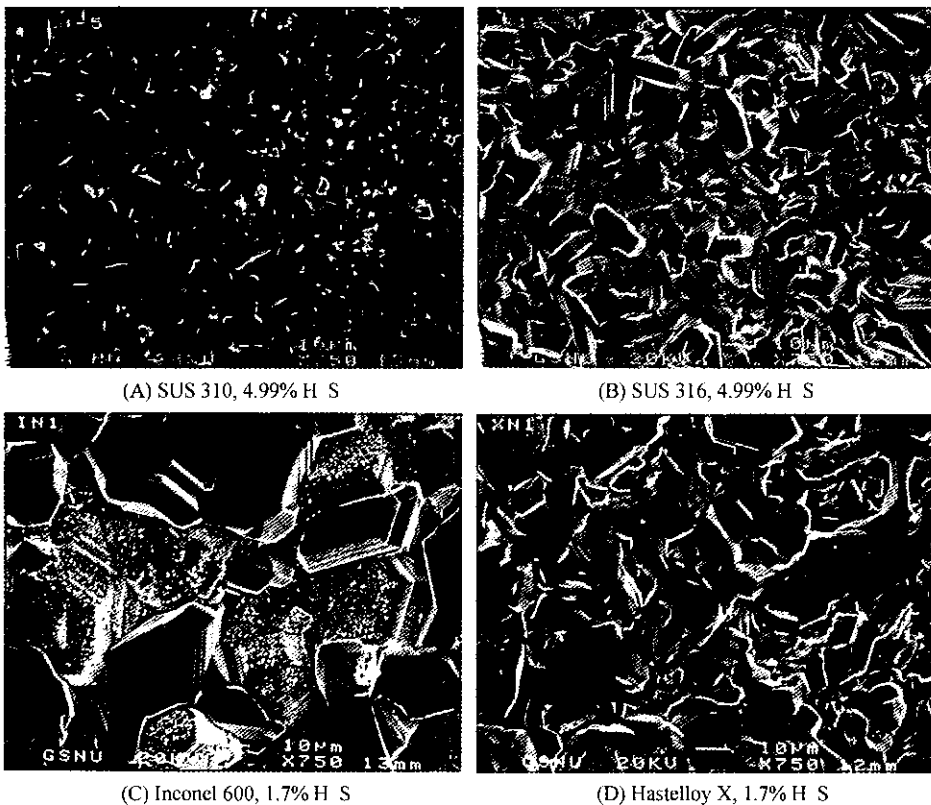


Fig. 10. The surface morphologies of specimen corroded in the N₂ (dry) condition.

크롬 니켈강인 Hastelloy X의 경우 SUS 310과 유사한 부식 형태를 나타내었으나, Inconel 600의 경우는 CO₂ 분위기에서 부식이 증가 하는 것으로 나타났다. 이것은 황 기체와 산소 기체의 분압에 따라 다소 차이가 나지만 Si, Cr, Al, Ti는 산화물 형태(MO)로 보다 쉽게 존재하고, Fe, Ni, Co, Mn, W, Mo는 황화물 형태(MS)로 보다 쉽게 존재한다. CO₂ 분위기에서는 산화물 형태의 유지가 용이하므로 크롬인 SUS 310과 Hastelloy X의 경우 Cr₂O₃ 형태의 피막이 생성되어 부식 억제 특성을 나타내게 된다¹⁰⁾.

Fig. 8에 반응온도 500°C, H₂S 1.7% 조건에서 니켈계 합금강의 수증기의 영향을 살펴보면 Hastelloy X와 Inconel 600 경우 모두 부식이 다소 증가 하는 것을 보였다. 이것은 CO₂ 분위기의 경우 CO₂ 농도가 66.7%이나 수증기 첨가의 경우 H₂O 4.7%로 다소 산소 분압이 낮으므로 Cr의 내 부식성 피막 형성이 다소 낮기 때문인 것으로 생각된다.

철계 합금강에서는 H₂O 기체의 영향이 CO₂ 기체의 영향과 유사하였다. 즉 SUS 310의 경우 수증기 첨가에 따라 부식 억제의 특성을 나타내었으나 SUS 316의 경

Table 3. Element analysis of surfaces at 500°C, N₂ (dry) condition.

	S	Cr	Fe	Ni	remarks
SUS 310	33.87	6.81	42.26	16.78	Mn(0.28)
SUS 316	33.43	1.23	56.03	9.31	
Inconel 600	30.56	-	5.23	63.95	Si(0.25)
Hastelloy X	32.93	0.24	15.68	51.15	

우 수증기 첨가의 경우 높은 부식 증가 현상을 나타내었다.

Fig. 9에 500°C에서 석탄가스 분위기에서의 부식 특성을 나타내었다. 여기서 80시간 동안의 무게 변화량을 기준으로 한 부식속도는 SUS 310은 45 mg/dm² · day, SUS 316은 110 mg/dm² · day, Inconel 600은 576 mg/dm² · day, 그리고 Hastelloy X는 140 mg/dm² · day로서 철계 합금강이 니켈계 합금강 보다는 석탄가스 조건에서 내부식성이 양호 한 것으로 나타났다. 특히 크롬계인 SUS 310의 경우 비교 합금강 중 가장 우수한 내식 특성을 나타내었다.

철계가 니켈계에 비하여 내식성이 우수한 것은 미량 성분의 영향도 관여한다. Stroosnijder과 Quadackers¹⁰⁾는

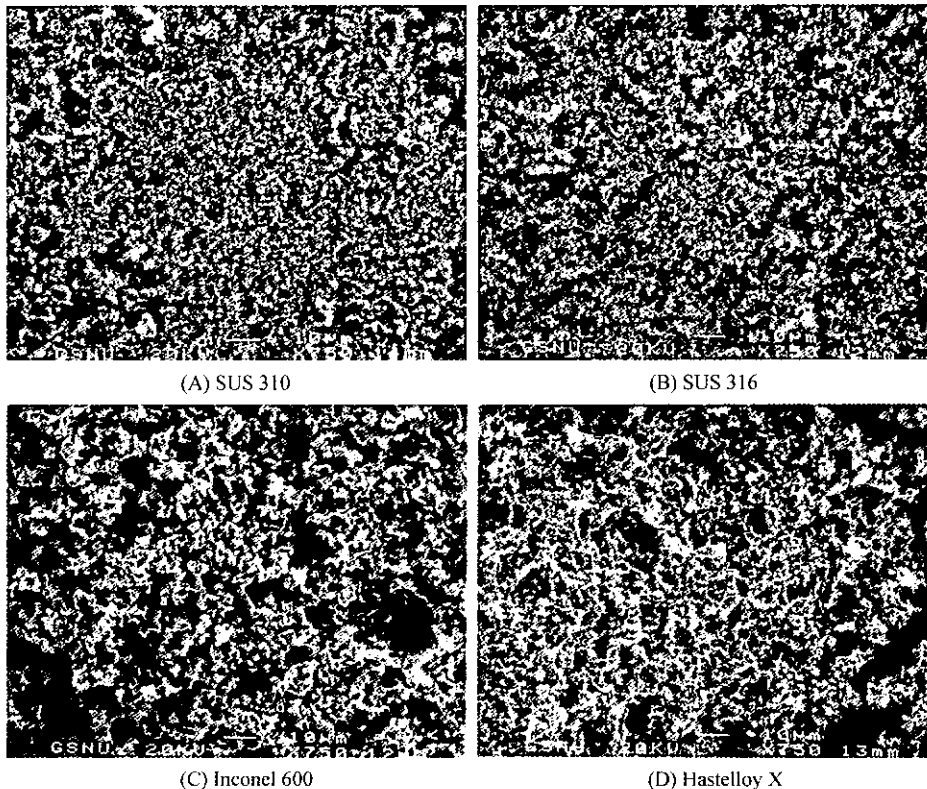


Fig. 11. The surface morphologies of specimen corroded in the coal gas condition. (D). Hastelloy X

Mn을 첨가할 경우 금속 Mn은 확산속도가 매우 높고 MnS는 열역학적으로 안정하므로, 합금의 내식성에 나쁜 영향을 미치게 된다고 하였다. La^{III} 는 Si는 합금의 내식성을 향상시키는데 매우 효과적이어서, 고 Cr의 Ni-Co 합금에 2.75% Si를 첨가할 경우 Cr 산화물 층 표면에 Si가 덮여서 내 황화성이 우수하게 되었다. Table 1에서 보면 철계가 상대적으로 Mn 함유량이 니켈계에 비하여 낮고, Si 함유량이 약간 높은 것도 철계의 내식성이 니켈계에 비하여 높은 것의 이유로 설명될 수 있다.

3-4. 부식 표면 분석

Fig. 10에 500°C에서 질소 분위기에서 생성된 부식 표면에 대한 SEM 분석 사진이 있다.

여기서 A, B는 H_2S 농도가 4.99%인 경우이며 C, D는 1.7%인 경우로서 H_2S 농도가 높아질수록 결정 크기가 작아 지는 것을 알 수 있고, 이 결정 공극 사이로 H_2S 기체의 확산이 촉진되어 H_2S 기체 농도가 증가 할수록 부식 속도가 증가 하는 것으로 생각한다. 각 경우에 황화 니켈과 황화철의 육면체구조(Nickel-Arsenide structure)가 생성되는 것을 볼 수 있다. 특히 EDX 분석 결과 Table 3과 같은 결과를 얻었다. 여기서 생성 부식 화합물은 대부분 Fe, Ni 황화물로 이루어졌고, 특히 니켈계 금속의 경우 Inconel 600의 경우 Cr 성분의 검출이 없고, Hastelloy X의 경우 0.24%로서 Cr의 확산은 매우 미미한 것으로 나타났다.

Birks와 Meier¹²⁾는 Cr 합금의 경우 부식 피막을 통한 이온 확산이 용속반응 단계 인 것을 밝혔다. 따라서 고 크롬 합금강의 경우 산화크롬 층이 시편 표면과 소지 금속 사이에 형성되어 있어 니켈과 철금속의 표면이온 확산속도를 억제하므로 내부식성을 크게 만든다.

Fig. 11에 석탄가스 분위기에서의 표면 특성을 나타내었다. 여기서처럼 모든 시편에서 황화물 결정은 형성되지 않고 무정형 상태의 표면 부식이 나타났다.

석탄가스 분위기에서의 실험 후의 시편 표면에 대한 XRD 분석 결과가 Fig. 12에 있다. SUS 310에서는 Fe_3O_4 와 $(\text{Fe}, \text{Ni})_2\text{S}_3$ 가 형성된 것을 확인 하였다. SUS 316에서는 FeS, Fe_9S_8 가 확인 되고, Hastelloy X에서는 $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$, $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{S}_4$, Ni_3S_2 등이 확인 되었다.

4. 결 론

석탄가스화 복합발전의 집진 공정에 사용하기 위한 금속제 safety filter의 재질 선정을 위하여 황화수소 가스 분위기에서 SUS 310, SUS 316, Inconel 600과 Hastelloy X 합금강의 부식 특성 실험을 하였다.

600°C 이하 온도 조건에서는 니켈계 합금강 중 Hastelloy

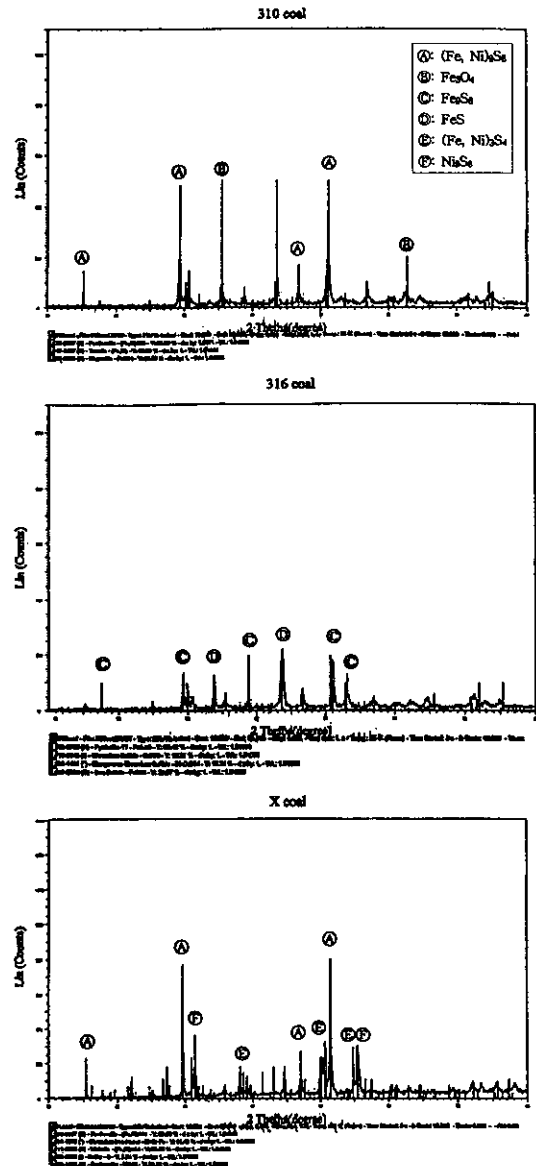


Fig. 12. XRD patterns of specimen corroded in the coal gas condition.

X와 철계 합금강 중 SUS 310 등 고크롬 합금강이 중온조건 IGCC 용 필터 소재 금속으로 우수하였다. IGCC 조건의 황화수소 농도인 H_2S 농도 0.3%의 경우 부식속도는 $3 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{day}$ (SUS 310), $4 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{day}$ (Inconel 600)으로 안정한 부식 형태를 나타내었으나, H_2S 농도 1.7%에서는 $112 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{day}$ (SUS 310), $508 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{day}$ (Inconel 600), H_2S 농도 4.99%에서는 $237 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{day}$ (SUS 310), $659 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{day}$ (Inconel 600)의 부식속

도를 나타내어 H₂S 농도에 따라 부식속도는 크게 영향을 받았다. 크롬 함량이 높을 경우 CO₂ 분위기는 부식을 억제하였으나, 크롬 함량이 낮은 경우 CO₂ 분위기는 부식을 촉진시켰다. 수증기 분위기에서 니켈계 합금강은 부식이 다소 증가 하는 것을 보였고, 철계 합금강 중 SUS 316의 경우도 수증기 첨가의 경우 높은 부식 증가 현상을 나타내었으나 SUS 310의 경우 수증기 첨가에 따라 부식 억제의 특성을 나타내었다. 석탄가스 분위기에서 부식속도는 SUS 310은 45 mg/dm²·day, SUS 316은 110 mg/dm²·day, Inconel 600은 576 mg/dm²·day, 그리고 Hastelloy X는 140 mg/dm²·day로서 합금강 시편 중 SUS 310 합금강이 가장 우수한 내식성을 나타내었다. 부식 표면에는 황화니켈, 황화철(NiS, (Fe, Ni)₉S₈) 피막이 형성되었다.

감사의 글

본 연구는 대체에너지 선도기술개발(G7)사업의 일환으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yi, K.B., Choi, E.M., Song, Y.K. and Rhee, Y.W.: HWAHAK KONGHAK, 37, 795 (1999).
2. 최주홍, 박영철, 서태원: "IGCC 용 고온 고압 벤취급 세라믹 필터 집진기 운전(II)", 한국전력연구원, 년차 보고서 (1999).
3. 최주홍 등: "세라믹 필터 집진기의 신빙성 확보를 위한 Fail safety 필터 개발", 한국에너지 공학회 추계 학술 발표회 논문집, pp. 79-82 (2000).
4. 박영철, 최주홍: 화학공학의 이론과 응용, 6(2), 4193 (2000).
5. 남종우: "화학장치 재료와 방식 기술", 동화기술, pp. 185 (1997).
6. Haldipur, G.B., Schmidt, D.K. and Smith, K.J.: "A 50-month mechanistic study and downstream unit process development program for the pressurized ash-agglomerating fluidized-bed gasification system", DOE/me/21063-2740. Vol. 1 and Vol. 2, Madison Pennsylvania (1989).
7. Verma, S.K.: NACE, Corrosion/85, Houston, TX, 336 (1985).
8. Nakagawa, K., Kihara, S., Kawamoto, K., Kato, M. and Tsao, D.: NACE, Corrosion/84, Houston, TX, 113 (1984).
9. Lai, G.Y.: "High temperature corrosion of engineering alloys", ASM, Ohio, pp. 231 (1990).
10. Stroosnijder, M.F. and Quadackers, W.J.: High Temperature Technology, 4(2), 83 (1986).
11. Lai, G.Y.: "A new sulphidation resistant Ni-Co-Cr-Si alloy", High Temperature Corrosion Energy System Proc. Symp., Metal Soc. AIME, pp. 123-129 (1984).
12. Birks, N. and Meier, G.H.: "Introduction to high temperature oxidation of metals", Edward Arnold Ltd., London, pp. 198 (1983).