

SOEC에 과열기의 고온 스팀을 공급하는 Interface의 열전달에 관한 전산해석

변현승¹ · 한단비¹ · 박성룡² · 조종표² · 백영순^{1†}

¹수원대학교 환경에너지공학과, ²한국에너지기술연구원

A CFD Analysis on Heat Transfer of High Temperature Steam through Interface with Superheater and SOEC for Hydrogen Production

HYUN SEUNG BYUN¹, DANBEE HAN¹, SEONGRYONG PARK², CHONGPYO CHO²,
YOUNGSOON BAEK^{1†}

¹Department of Environment-Energy Engineering, The University of Suwon, 17 Wauan-gil, Bongdam-eup, Hwaseong 18323, Korea

²Korea Institute of Energy Research, 140 Yuseong-daero 1312beon-gil, Yuseong-gu, Daejeon 34101, Korea

[†]Corresponding author :
ysbaek@suwon.ac.kr

Received 8 April, 2020
Revised 17 April, 2020
Accepted 30 April, 2020

Abstract >> There is a growing interest in hydrogen energy utilization since an alternative energy development has been demanded due to the depletion of fossil fuels. Hydrogen is produced by the reforming reaction of natural gas and biogas, and the electrolysis of water. An solid oxide electrolyte cell (SOEC) is reversible system that generates hydrogen by electrolyzing the superheated steam or producing the electricity from a fuel cell by hydrogen. If the water can be converted into steam by waste heat from other processes it is more efficient for high-temperature electrolysis to convert steam directly. The reasons are based upon the more favorable thermodynamic and electrochemical kinetic conditions for the reaction. In the present study, steam at over 180 °C and 3.4 bars generated from a boiler were converted into superheated steam at over 700 °C and 3 bars using a cylindrical steam superheater as well as the waste heat of the exhaust gas at 900 °C from a solid refuse fuel combustor. Superheated steam at over 700 °C was then supplied to a high-temperature SOEC to increase the hydrogen production efficiency of water electrolysis. Computational fluid dynamics (CFD) analysis was conducted on the effects of the number of 90° elbow connector for piping, insulation types and insulation layers of pipe on the exit temperature using a commercial Fluent simulator. For two pre-heater injection method of steam inlet and ceramic wool insulation of 100 mm thickness, the highest inlet temperature of SOEC was 744 °C at 5.9 bar.

Key words : SRF(고형연료), Superheater(과열기), SOEC(고체산화물수전해전지), CFD(전산유체해석), Hydrogen(수소)

1. 서론

세계적으로 화석 연료의 다량 사용으로 인해 기후 변화에 나쁜 영향을 미치고 있어서 대체에너지의 개발에 대한 요구가 급증하게 되었다⁴⁾. 화석 연료를 대체할 수 있는 재생 에너지원은 태양광과 풍력에너지이다^{5,7)}. 이러한 재생에너지는 불규칙적이고 불안정한 공급으로 신뢰성이 낮아 배터리 저장장치를 사용하고 있지만 배터리의 저장 용량 한계, 짧은 장비 수명, 많은 폐기물이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 한편, 물의 전기분해로 생산되는 수소에너지는 친환경적이나 수소에너지의 대부분은 천연 가스의 증기 개질반응으로부터 생산되고 있어서 다량의 CO₂가 동반하여 발생되고 있다⁸⁾. 열화학적, 광촉매 또는 수전해 등 다양한 환경 친화적인 방식을 통해 수소를 생산하는 노력을 하고 있다⁹⁾. 열화학적 및 광촉매 수소 생산 방법은 효율이 낮아서 경쟁력이 낮으며¹⁰⁾, 대규모 재생에너지로부터 수전해 수소 생산 방법이 현재까지 가장 실용적이고 유망한 기술로 알려졌다.

최근 관심을 받고 있는 양방향 수전해 기술(solid oxide electrolyzer cell, SOEC)은 Fig. 1과 같으며, 물을 전기분해하여 수소를 생산하고 연료전지로부터 전기를 생산하는 양방향 수전해 시스템이다¹¹⁾. 이 시

스템에 활용되는 재생에너지는 태양광, 풍력, 폐열 등이 사용되고 있으며, 특히 태양광과 풍력의 수송과 저장의 문제점을 해결할 수 있는 장점을 지니고 있다. Cathode에서는 스팀이 전기화학적 반응으로 수소와 산소 이온으로 변환되고, 생산된 수소가 흘러나와 이온이 전해질을 통해 Anode로 전달된다. Anode에서 산소는 산소 이온과 전자로 변환된다¹²⁾.

본 연구에서는 고형연료(solid refuse fuel, SRF) 연소로의 900°C 연소가스로부터 180°C, 3.4 bar, 100 kg/h 유량으로 공급되는 스팀을 과열기에 의해 얻은 700°C 이상으로 생산한 고온 스팀을 3중관 인터페이스로 연결하여 SOEC 시스템에 공급하고자 한다. 과열기에서 나온 700°C 이상의 스팀을 SOEC에 공급하기 위해 3중 단열배관에서 이론 해석을 하였으며, 전산 유체역학(computational fluid dynamics, CFD) 시뮬레이터인 Fluent를 사용하여 3중관 인터페이스의 온도 및 압력, 인터페이스의 90° elbow 연결 형태 변경, 3중 단열배관의 진공단열 직경 변경에 대한 시뮬레이션을 하였으며, 이로부터 3중 단열 배관을 SOEC에 연결하여 700°C 이상, 3 bar 이상의 압력으로 고온 스팀을 공급할 수 있도록 하였다.

2. SRF 연소기 및 이론적 해석

2.1. SRF 연소기 및 과열기

SRF 연소로는 Fig. 2와 같으며, 길이 2.065 m, 직경 1.28 m의 크기를 지닌 원통형 연소로이다. 50 kg/h의 SRF 연료(low heating value ≃ 4,557 kcal/kg)를 공기비 1.86으로 연소하면 약 900°C의 배기가스가 발생된다. 이 배기가스는 직경 0.35 m의 관을 통하여 길이 약 3 m, 직경 1.2 m의 2차 연소실로 유입되고, 연소실 중앙에 위치한 과열기 내의 증기와 열교환한 후 배출하였다. 과열기 내로 180°C, 6-9 bar 상태의 100 kg/h 수증기가 유입되는 형태로 구성되어 과열기로부터 700°C 이상의 수증기를 얻고자 연구되고 있다¹³⁾. 선행 연구로부터 과열기 입구에 180°C 수증기의 주입구에 one preheater injector를 연결하는 방

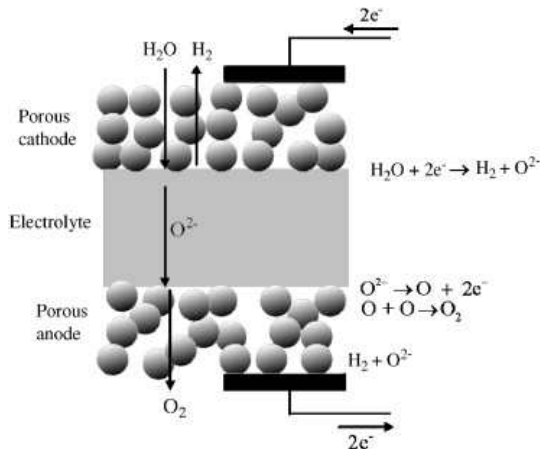


Fig. 1. Schematics of solid oxide electrolyzer cell hydrogen production

법과 수증기의 주입구에 two preheater injector를 연결한 과열기를 Fig. 3과 같이 설치하여 시물레이션 한 결과, 과열기 출구의 스팀온도는 각각 709°C와, 750°C를 얻을 수 있었다. 이 결과로부터 SOEC에 연결되는 인터페이스(과열기와 배관 포함)를 SOEC에 공급되는 수증기의 온도와 압력에 관한 이론해석과 시물레이션을 수행하였다.

2.2 단열배관의 열전달 이론적 해석

과열기에서 SOEC에 연결되는 배관의 단면도는 Fig. 4와 같이 진공-ceramic wool-진공으로 스팀배관을 3중 단열관으로 구성되어 있다.

3중관에서의 열손실로부터 SOEC 공급되는 스팀

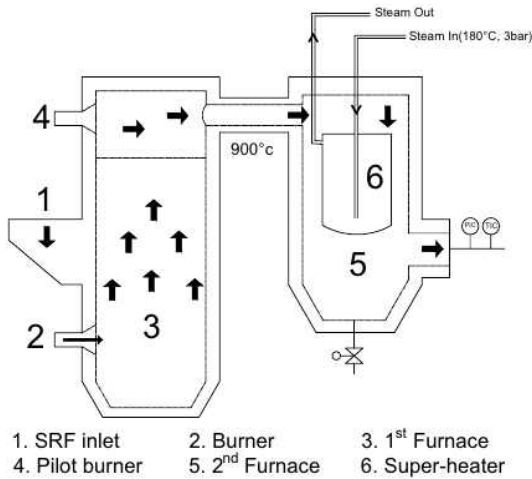


Fig. 2. Schematic of solid refuse fuel (SRF) furnace, second furnace, and superheater

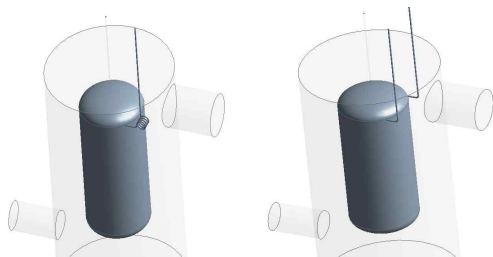


Fig. 3. Superheater shape for one preheater (L) and two preheater (R)

의 온도는 식 (1)에 의해 3중관 내 유체와 외부 공기의 온도차(ΔT)와 저항(R)으로부터 구한다. 또한 각 벽과 유체의 저항(R)은 식 (2)에 의해 고체 벽의 열전도도(k), 강재대류의 흐름에서의 경막 전열계수(h)로부터 구하고, 유체의 경막 전열계수는 식 (3)에 의해 무차원수인 레이놀즈 수(Re)와 프렌틀 수(Pr), 비열, 밀도로부터 온도 변화를 반영하여 구하였다.

$$Q = \frac{t_1 - t_n}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n} = \frac{\Delta T}{R} \quad (1)$$

$$R = \frac{\ell}{k \times A_{av}} = \frac{\ell}{h \times A_{av}} \quad (2)$$

$$h = \frac{0.023 \times (N_{Re})^{0.8} \times (N_{Pr})^{0.6} \times \mu}{D} \quad (3)$$

배관 길이 5 m에 대해 구한 h 와 R 로부터 열손실량(Q)을 구해서 계산한 SOEC 입구온도를 Table 1에 나타내었다.

또한 과열기의 steam injection 방법과 배관의 단열 방법에 따른 5가지 cases의 SOEC 입구온도를 구해서 Table 1에 나타내었다. Case 1은 단열하지 않은 단일관, case 2는 진공으로 단열한 1중 단열관, case 3은 진공 대신 ceramic wool로 단열한 1중 단열관, case 4는 진공과 ceramic wool로 단열한 2중 단열관, case 5는 진공-ceramic wool-진공으로 단열한 3중 단열관에 대해서 계산한 SOEC 입구온도를 Table 1에 나타내었다.

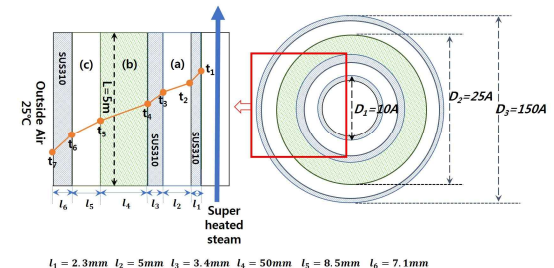


Fig. 4. Dimensions, materials and temperatures of steam pipe with three layer insulation. (a) Vacuum, (b) ceramic wool, and (c) vacuum

Table 1에서 보듯이 case 3인 경우 단열재로서 진공(진공도 1,330 pa)보다 ceramic wool이 단열효과가 높게 나타났으며, ceramic wool로 단열한 1중관에서 one preheater injector의 경우 과열기 출구온도 709°C는 SOEC 전지 입구에서 약 700°C를 유지하였으며, two preheater injector의 경우 750°C는 약 740°C를 유지하였다.

3. 시뮬레이션 방법 및 결과

3.1 시뮬레이션 조건 및 방법

Fig. 2와 같은 연소기에서 과열기 및 인터페이스의 형상만을 CFD design modeler를 이용하여 모델링하여 Fig. 5에 나타내었다. 2차 연소실은 직경 1.2 m, 길이 약 3 m이고 과열기는 직경 0.6 m, 길이 1.3 m로 장착하였다.

Interface (과열기 입구로부터 SOEC 시스템의 입구까지)의 배관 직경과 단열재 두께를 Fig. 4와 같이 단열 3중관으로 구성하였다. 스팀은 배관 길이 5 m와 배관직경 10 A (두께 5 mm) 내에 공급하였다.

연소실과 과열기의 내부 유동에 대한 시뮬레이션은 CFD 상용코드인 ANSYS Fluent 19.2 version을 사용하여 수행하였으며, Fluent 난류 모델은 K-ε

Standard 모델, 복사 모델은 discrete ordinates를 사용하였다. Table 2에 배기가스와 스팀의 유량과 온도의 경계조건을 나타내었다.

배관의 단열재는 단열이 우수한 ceramic wool, 배관의 재질은 SUS310을 사용하였으며, 그들의 재질 물성은 Table 3에 나타내었다.

단열 3중관을 기본으로 하여 스팀 과열기 출구로부터 SOEC 시스템 입구까지 연결하는 5 m 배관을 Fig. 6과 같이 90° 곡관을 6가지 형태로 변경하여 시뮬레이션을 수행하였다.

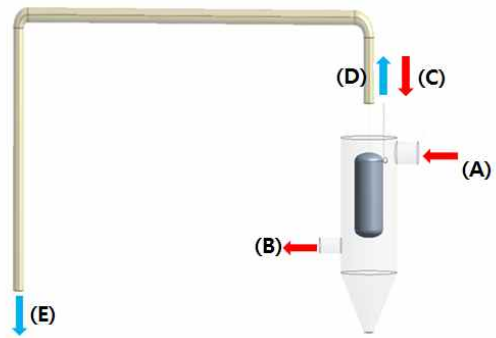


Fig. 5. Secondary combustion chamber, superheater and interface geometry. (a) Flue gas inlet, (b) flue gas outlet, (c) steam inlet of superheater, (d) steam inlet of interface and (e) steam outlet

Table 1. Inlet temperature of solid oxide electrolyte cell, h and R values according to pipe insulation type

Method		h (kcal/m ² ·hr·°C)	R (kcal/ hr·°C)	Temp. (°C)
One preheater injector	1	772.7	0.54	682.7
	2	772.7	0.40	673.2
	3	780.4	1.50	699.8
	4	772.9	1.16	697.0
	5	807.6	1.23	697.3
Two preheater injector	1	1,047.3	0.54	721.6
	2	1,047.3	0.40	711.5
	3	1,057.7	1.50	739.8
	4	1,047.5	1.16	737.4
	5	1,094.6	1.23	737.6

Table 2. Boundary condition of exhaust gas and steam inlet

Item	Inlet condition of flue gas	Inlet condition of steam
Mass flow (kg/hr)	667	100-300
Temperature (°C)	900	180
Inlet steam pressure: 6-9 bar		

Table 3. Physical properties of insulation and piping materials

Items	Materials	
	Insulation (ceramic wool)	Interface pipe (SUS310)
Density (kg/m ³)	128	7,750
CP (J/kg-k)	1,130	500
Thermal conductivity (W/m-k)	0.05	18.3

3.2 Interface 내 스팀 온도와 압력에 관한 시뮬레이션

시뮬레이션의 경계층 조건과 물성(Fig. 4)을 이용하여 180°C, 3.4 bar의 스팀 100 kg/h가 interface (과열기 입구에서 SOEC 입구까지 배관)를 흐를 때와 배관(과열기 출구에서 SOEC 입구까지)에만 흐르는 경우의 스팀 온도와 압력을 시뮬레이션 하여 Fig. 7에 나타내었다. 그림 왼쪽은 전자의 경우로 스팀 180°C 온도는 과열기의 출구에서 709°C이며, SOEC 시스템 입구는 698°C로 나타났으며, 그림 오른쪽은 후자의

경우로 전자와 동일한 과열기 출구온도 709°C로 하여 시뮬레이션을 하였을 때, SOEC 시스템의 입구에서 698°C를 얻을 수 있었다. 결과에서 보듯이 SOEC에 공급하는 온도는 698°C로 동일하게 얻었으며, 압력도 비슷한 결과를 얻었다. 과열기의 출구온도를 경계조건으로 배관에만 흐르는 스팀 형상으로 시뮬레이션을 하는 것이 무방할 것으로 사료된다.

3.3 배관 연결형태에 따른 스팀 출구온도와 압력 영향

과열기와 SOEC 시스템과의 배관 연결 형태에 따라 과열기로부터 나온 스팀의 온도와 압력에 미치는 영향을 알아보기 위해서 Fig. 6과 같이 6가지로 변경하여 시뮬레이션을 수행하였다. 배관 길이는 5 m 단열 3중관으로 하였으며, Table 4와 같이 스팀의 온도와 압력을 얻었다. 결과에서 보듯이 과열기에서 나온 가장 높은 스팀 온도는 직관(a)으로 one preheater injector에서는 698°C, two preheater injector는 738°C로 나타났다.

5 m 스팀 공급배관에서 90° 곡관 연결로 인해 수평관의 길이는 달라지고 수직관으로 인해 압력손실은 적게 나타났다. 90° 곡관 개수가 증가할수록 마찰손실이 증가로 인해 압력손실이 증가하여 90° 곡관 3개와 Z 방향으로 연결한 형태(d)에서 가장 많은 압력손실이 나타났다. 90° 곡관 1개를 연결한 형태(b)에서 가장 적은 압력손실이 나타났다.

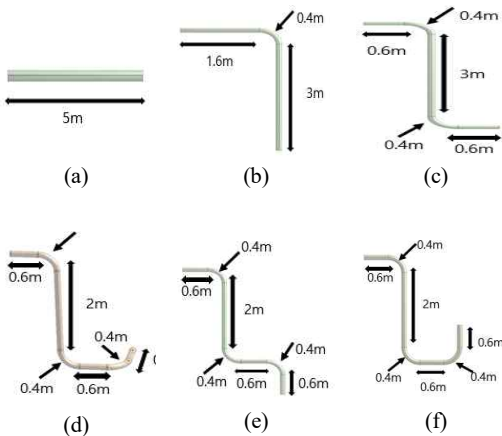


Fig. 6. Various configuration of steam pipe to connect 90° elbow between steam superheater outlet and solid oxide electrolyte cell inlet. (a) straight, (b) Elbow 1, (c) Elbow 2, (d) Elbow 3 (Z axis), (e) Elbow 3 (down), and (f) Elbow 3 (up)

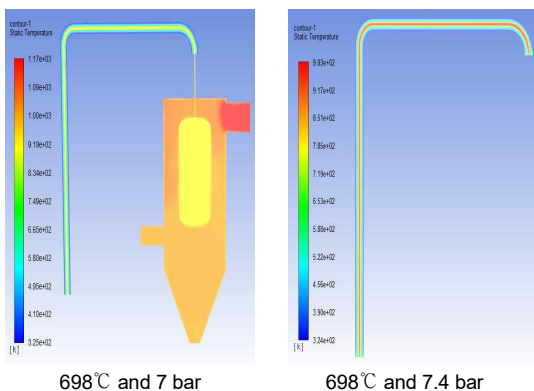


Fig. 7. Temperature distribution of interface with super heater (L) and pipe (R) from Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation

Table 4. Effect of various configuration of steam pipe on steam inlet temperature and pressure of solid oxide electrolyte cell

Case	One preheater injector		Two preheater injector	
	Temperature	Pressure	Temperature	Pressure
a	698 °C	7.4 bar	738°C	7.4 bar
b	697.5°C	5.6 bar	737°C	5.6 bar
c	697°C	7.8 bar	737°C	7.8 bar
d	696.5°C	9.8 bar	736°C	9.8 bar
e	696°C	6 bar	736°C	6 bar
f	696°C	7.9 bar	736°C	7.9 bar

90° 곡관 개수에 따른 스팀의 온도와 압력에 미치는 영향을 시뮬레이션 하여 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 보듯이 과열기의 스팀 출구 온도와 상관없이 곡관의 개수에 따라 열 손실되는 양은 약 0.5°C/개로 거의 일정하게 나타났으며, 압력은 90° 곡관 개수가 증가함에 따라 압력손실은 증가하였다. 90° 곡관 3회의 경우가 약 2°C의 열손실로 가장 크게 나타났다. 이는 곡관의 개수가 증가함에 따라 압력손실로 인한 열손실로 나타나는 것으로 사료된다.

3.4 배관 단열층에 따른 스팀 출구온도 및 압력 영향

2, 3중 단열 직관(5 m)을 연결하여 스팀의 출구온도 및 압력 영향을 알아보기 위해 시뮬레이션 하여

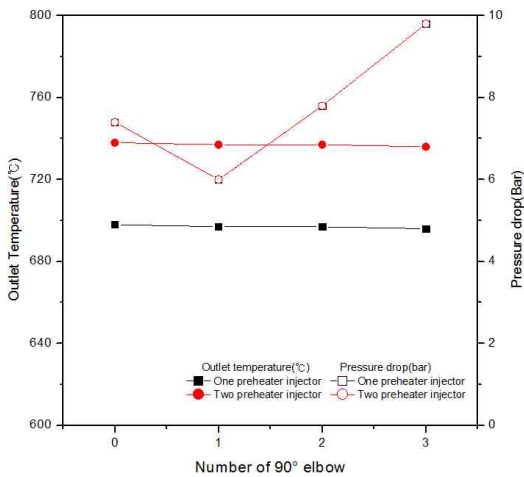


Fig. 8. Effect of the number of 90° elbow with pipe on steam outlet temperature of pipe

Table 5. Steam outlet temperature and pressure with triple pipe connection

Item	One preheater injector		Two preheater injector	
	Temperature	Pressure	Temperature	Pressure
Two layer	698°C	4.8 bar	738°C	4.8 bar
Three layer	698°C	7.4 bar	738°C	7.4 bar

Table 5에 나타내었다. 표에서 보듯이 one preheater injector와 two preheater injector의 경우에 2, 3중 단열 직관에서 열 손실은 동일하게 발생하였고, 압력은 3중 단열 직관에서 약 1.6 bar 정도 증가하였다. 이는 insulation의 단열 영향으로 외부와의 열전달을 줄이기 때문에 3중관에서서의 진공관은 열손실이 발생하지 않은 것으로 사료된다.

또한 3중 단열관에서의 스팀 유량 증가에 따른 출구온도 및 압력 영향에 대해서 시뮬레이션 하여 Table 6에 나타내었다. 표에서 보듯이 one preheater injector와 two preheater injector에서 100 kg/h씩 유량이 증가할수록 약 90°C 이상의 열 손실이 발생하였고 압력손실도 유량의 증가로 2배 이상 증가하였다.

Table 6. Steam outlet temperature and pressure as steam flow rate increases in triple pipe connection

Items	One preheater injector		Two preheater injector	
	Temperature	Pressure	Temperature	Pressure
100 kg/h	698°C	7.4 bar	738°C	7.4 bar
200 kg/h	572°C	18.5 bar	627°C	18.5 bar
300 kg/h	493°C	39 bar	544°C	39 bar

Table 7. Various types of insulation pipe with three layers

Case	Steam pipe	Vacuum layer	Insulation thickness	Vacuum layer
1	10 A	25 A	50 mm	150 A
2	10 A	25 A	50 mm	250 A
3	10 A	25 A	100 mm	250 A

Table 8. Temperature and pressure of solid oxide electrolyte cell inlet according to various types of insulations pipe with three layers

Case	One preheater injector		Two preheater injector	
	Temperature	Pressure	Temperature	Pressure
1	698°C	7.4 bar	738°C	7.4 bar
2	698°C	6.6 bar	738°C	6.6 bar
3	704°C	5.9 bar	744°C	5.9 bar

3.5 배관의 단열방법에 따른 스팀 출구온도와 압력 영향

배관의 단열방법에 따른 스팀 출구온도에 미치는 영향을 알아보기 위해 Table 7과 같이 단열재와 진공의 두께를 3가지 경우로 변경하여 배관 내 온도와 압력을 시뮬레이션 하였다.

Table 8에서 보듯이 case 1과 2는 진공관 직경을 150 A에서 250 A로 변경하였을 때 스팀 출구온도는 동일하였으며, case 2와 3은 단열 두께를 50 mm에서 100 mm로 변경하였을 때 6°C 높게 나왔다.

4. 결 론

3중 단열 배관의 길이 5 m와 단열재 두께 50 mm 기준으로 하여 SOEC 입구의 스팀 온도와 압력에 대한 영향을 이론적 해석과 시뮬레이션으로부터 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 이론적 해석으로부터 진공단열 배관의 압력 1,330 pa에서 one preheater injector와 two preheater injector 조건에서 SOEC에 공급되는 스팀온도는 각각 698°C, 738°C를 얻었다. 이는 동일한 조건에서 시뮬레이션으로부터 얻은 696-698°C, 736-738°C의 값과 잘 일치한 것으로 나타났다.

2) Interface (과열기 입구에서 SOEC 입구까지 배관)를 흐를 때와 배관(과열기 출구에서 SOEC 입구까지)에만 흐르는 경우에서의 스팀 온도와 압력에 대한 시뮬레이션 결과는 유사한 값을 얻을 수 있었으며, 90° 곡관의 개수에 따라 열 손실량이 약 0.5°C/개로 거의 일정하게 나타났으며, 90° 곡관 개수가 증가함에 따라 압력손실은 증가하였다. 90° 곡관 3회의 경우에서 약 2°C의 열손실로 가장 크게 나타났다.

3) 3중 단열관에서 진공 두께의 영향은 거의 없으며, ceramic wool의 단열 두께 50 mm에서 100 mm로 증가할 때 744°C로 약 6°C 높게 나타났으며, 압력은 약 6 bar로 가장 적게 나타났다. 따라서 스팀 배관은 ceramic wool로 단열 두께 100 mm의 3중 단열관에 two preheater injector의 스팀 공급 방법으로 744°C

를 얻는 것이 가장 최적의 조건으로 사료된다.

후 기

본 연구는 환경부의 환경정책기반공공기술개발사업 중 자원순환정책 대응기술(2016000710007)에서 지원 받았습니다.

References

1. A. A. AlZahrani and I. Dincer, "Thermodynamic and electrochemical analyses of a solid oxide electrolyzer for hydrogen production", *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol. 42, No. 33, 2017, pp. 21404–21413, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.03.186>.
2. C. Mansilla, J. Sigurvinsson, A. Bontemps, A. Maréchal, and F. Werkoff, "Heat management for hydrogen production by high temperature steam electrolysis" *Energy*, Vol. 32, No. 4, 2007, pp. 423–430, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.07.033>.
3. C. K. Lim, Q. Liu, J. Zhou, Q. Sun, and S. H. Chan, "High-temperature electrolysis of synthetic seawater using solid oxide electrolyzer cells", *J. Power Sources*, Vol. 342, 2017, pp. 79–87, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.12.019>.
4. D. Ferrero, A. Lanzini, M. Santarelli, and P. Leone, "A comparative assessment on hydrogen production from low- and high-temperature electrolysis", *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol. 38, No. 9, 2013, pp. 3523–3536, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.01.065>.
5. M. Mehrpooya, M. Kalhorzadeh, and M. Chahartaghi, "Investigation of novel integrated air separation processes, cold energy recovery of liquefied natural gas and carbon dioxide power cycle", *J. Clean. Prod.*, Vol. 113, 2016, pp. 411–425, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.058>.
6. M. Mehrpooya, H. Hemmatabady, and M. H. Ahmadi, "Optimization of performance of Combined Solar Collector-Geothermal Heat Pump Systems to supply thermal load needed for heating greenhouses", *Energy Convers. Manag.*, Vol. 97, 2015, pp. 382–392, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.03.073>.
7. M. Aghaie, M. Mehrpooya, and F. Pourfayaz, "Introducing an integrated chemical looping hydrogen production, inherent carbon capture and solid oxide fuel cell biomass fueled power plant process configuration", *Energy Convers. Manag.*, Vol. 124, 2016, pp. 141–154, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.001>.
8. S. Yolcular, "Hydrogen production for energy use in

- European Union countries and Turkey”, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Vol. 31, No. 15, 2009, pp. 1329–1337, doi: <https://doi.org/10.1080/15567030802089615>.
9. M. Ni, M. K. H. Leung, K. Sumathy, and D. Y. C. Leung, “Potential of renewable hydrogen production for energy supply in Hong Kong”, *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol. 31, No. 10, 2006, pp. 1401–1412, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2005.11.005>.
 10. M. Ni, M. K. H. Leung, D. Y. C. Leung, and K. Sumathy, “A review and recent developments in photocatalytic water-splitting using TiO_2 for hydrogen production”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, No. 3, 2007, pp. 401–425, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.01.009>.
 11. G. Vialetto, M. Noro, P. Colbertaino, and M. Rokni, “Enhancement of energy generation efficiency in industrial facilities by SOFC – SOEC systems with additional hydrogen production” *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol. 44, No. 19, 2019, pp. 9608–9620, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.145>.
 12. M. Ni, M. K. H. Leung, and D. Y. C. Leung, “Technological development of hydrogen production by solid oxide electrolyzer cell (SOEC)”, *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol. 33, No. 9, 2008, pp. 2337–2354, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.02.048>.
 13. Y. J. Kim, S. R. Park, C. P. Cho, G. I. Yeom, and Y. S. Baek, “CFD-simulation-based optimization of superheater for steam production from waste heat of SRF combustor” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Vol. 41, No. 23, 2019, pp. 2944–2955, doi: <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1643949>.