Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society(2014. 4), Vol. 25, No. 2, pp. 209~217
DOI: http://dx.doi.org/10.7316/KHNES.2014.25.2.209
ISSN 1738-7264
eISSN 2288-7407

내부 삽입물을 적용한 유동층 반응기에서 WGS 촉매의 CO 전환율에 미치는 조업변수들의 영향

박지혜[1,2] · 이동호[1] · 박영철[1] · 문종호[1] · 이영우[2†] · 류호정[1†]
[1]한국에너지기술연구원, [2]충남대학교 에너지과학기술대학원

Effects of Operating Variables on CO Conversion of WGS Catalyst in a Fluidized Bed Reactor Equipped with Bed Insert

JIHYE PARK[1,2], DONGHO LEE[1], YOUNGEHEOL PARK[1], JONGHO MOON[1], YOUNGWOO RHEE[2†], HOJUNG RYU[1†]
[1]Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 305-343, Korea
[2]Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon, 306-764, Korea

Abstract >> To enhance the performance of SEWGS system by holding the WGS catalyst in a SEWGS reactor, a spring type bed insert was developed. In this study, effects of operating variables such as steam/CO ratio, gas velocity, syngas concentration on CO conversion were investigated in a fluidized bed reactor using the spring type bed insert to hold the WGS catalyst as tablet shape. CO conversion increased initially as the steam/CO ratio increased. But further increment of the steam/CO ratio caused decreasing of CO conversion because of increment of gas velocity and decrement of syngas concentration. Moreover, CO conversion decreased as the gas velocity increased and the syngas concentration decreased at the same steam/CO ratio. Continuous operation up to 48 hours (2 days) was carried out to check reactivity decay of WGS catalyst supported by spring type bed insert. The average CO conversion was 99.04% and we could conclude that the WGS reactivity at those conditions was maintained up to 48 hours.

Key words : SEWGS(회수증진수성가스화), WGS(수성가스화), Catalyst(촉매), CO conversion(CO 전화율), Insert(내부 삽입물)

1. 서 론

연소 전 CO_2 회수기술의 하나인 회수증진 수성가스화(SEWGS, Sorption enhanced water gas shift) 기술은 석탄을 가스화하여 발전하는 석탄가스화복합발전(IGCC, Integrated Gasification Combined Cycle) 기술에 적용할 수 있는 기술이며 기존 연소 전 건식 CO_2 회수공정의 세 가지 공정(고온수성가스화, 저온수성가스화, CO_2 분리)을 두 개의 공정(SEWGS, 재생)으로 대체할 수 있어 경제성이 향상될 것으로 예측되고 있는 기술이다[1-3]. 전체 시스템은 SEWGS 반응기와 재생반응기로 구성되며 SEWGS 반응기 내부에는 수성가스화반응(WGS, Water gas shift) 촉매와

†Corresponding author : hjryu@kier.re.kr, ywrhee@cnu.ac.kr
[접수일 : 2014.3.8 수정일 : 2014.4.21 게재확정일 : 2014.4.30]

CO_2 흡수제가 함께 장입되어 있다. SEWGS 반응기에서는 식 (1)과 같이 합성가스에 포함된 CO와 수증기가 반응하면서 수소와 이산화탄소로 전환되며, 발생된 이산화탄소는 식 (2)와 같이 반응기 내부에 촉매와 함께 존재하는 금속산화물(MO) 형태의 CO_2 흡수제에 의해 금속탄산염(MCO_3) 형태로 고체에 흡수된다. 이와 같은 반응에 의해 기체상태의 CO_2 분압이 낮아지므로 식 (1)의 반응은 정반응(수소생산)이 더욱 우세해지며 수소수율을 향상시킬 수 있다. SEWGS 반응기에서 일어나는 반응의 총괄반응식은 식 (3)과 같으며 기체생성물은 수소와 미반응 수증기(excess steam) 뿐이므로 미반응 수증기를 응축하여 제거하면 별도의 분리 설비 없이 고농도의 수소를 얻을 수 있다.

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (1)$$

$$MO + CO_2 \rightarrow MCO_3 \quad (2)$$

$$CO + H_2O + MO \rightarrow H_2 + MCO_3 \quad (3)$$

where M : metal

재생반응기에서는 식 (4)와 같이 MCO_3를 열에 의해 MO로 다시 전환하여 SEWGS 반응기로 재순환시켜 반복적으로 사용하게 된다. 재생반응기에서 배출되는 기체는 열원으로 사용되는 수증기(또는 CO_2)와 재생과정에서 발생하는 CO_2 뿐이므로 수증기를 응축하여 제거하면 별도의 분리설비 없이 고농도의 CO_2를 분리할 수 있다. 식 (3)과 식 (4)를 함께 고려하면 SEWGS 시스템의 총괄반응은 식 (5)와 같으며 식 (1)에 표시된 수성가스화 반응식과 같아지게 된다.

$$MCO_3 \rightarrow MO + CO_2 \quad (4)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (5)$$

한편, 재생반응기는 SEWGS 반응기보다 높은 온도에서 조업되며, CO_2 흡수제를 재생시키는 역할을 하는 반응기로 WGS 촉매는 별다른 반응을 거치지 않게 된다. 따라서 재생반응기에서 WGS 촉매의 고온노출에 의한 활성저하를 방지하고 재생반응기에 순환되는 CO_2 흡수제의 순환량을 증가시켜 재생효율을 증가시키기 위해 WGS 촉매는 SEWGS 반응기에만 존재하고, CO_2 흡수제만 선택적으로 재생반응기로 순환시켜 재생반응을 할 수 있는 공정구성이 필요하다. 하지만 현재까지 개발된 유동층 SEWGS 시스템의 경우 SEWGS 반응기와 재생반응기 사이를 두 입자(촉매, 흡수제)가 함께 순환하는 공정을 사용하고 있다[4,5].

이와 같은 단점을 극복하기 위해 Ryu 등[6]은 내부 삽입물을 사용하여 WGS 촉매를 SEWGS 반응기 내에만 고정하는 방법을 제안하였으며 내부 삽입물의 형태와 WGS 촉매 형태에 따른 CO 전화율 변화를 측정하여 가능성을 시험하였다. 최근에 Ryu 등[7]은 실린더 형태의 수평형 내부구조물과 스프링 형태의 내부구조물을 사용한 경우의 CO 전화율을 기존의 실험결과와 비교하였으며 두 가지 내부 삽입물 중에서 스프링 형태를 보다 우수한 내부삽입물로 선정하였다.

본 연구는 Ryu 등[7]의 연구에 대한 후속연구로 스프링 형태의 내부구조물을 사용하였을 경우에 WGS 촉매의 CO 전화율에 미치는 조업변수의 영향을 해석하고자 하였으며 이를 바탕으로 적절한 조업조건을 선정하였고, 이 조건에서 48시간 동안의 연속운전을 통해 스프링 형태의 내부 구조물 적용 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 실험장치

Fig. 1에는 조업조건 변화에 따른 CO 전화율 변화

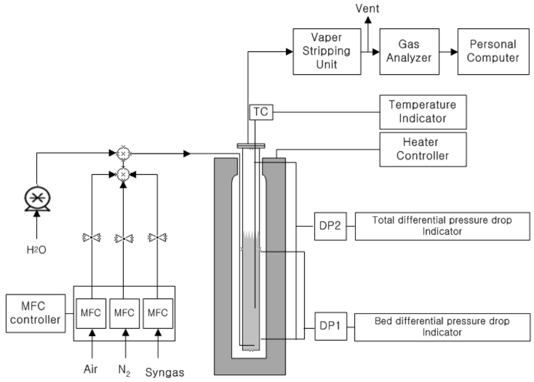

Fig. 1 Schematic of a batch type fluidized bed

를 측정하기 위해 사용한 회분식 유동층 반응기를 나타내었다. 유동층 반응기는 주 반응기, 스팀생산을 위한 물 주입 펌프, 기체를 주입하기 위한 질량유량계(MFC) 및 MFC controller, 반응기 온도를 제어하기 위한 히터와 온도조절기, 내부온도를 측정하기 위한 열전대(K-type)와 온도표시기, 층의 압력강하를 측정하기 위한 차압형 압력 변환기와 압력표시기, 배출된 기체에 포함된 수분을 응축하기 위한 냉각장치, 배출기체의 농도분석을 위한 기체 분석기 등으로 구성되어 있다.

주 반응기인 기포유동층은 내경 0.05m, 두께 0.003m, 높이 0.76m의 스테인레스 스틸(SUS 310) 로 제작하였다. 스팀생산 및 주입을 위해 물 주입 펌프(Series 1500, Lab Alliance Co.)를 사용하였으며, 유동화 기체는 가스미터로 보정된 질량유량계와 MFC controller를 통해 반응기 하부로부터 0.015m 높이에 설치된 기체분산관(sparger, 0.004m I.D.)으로 주입하였다. 기체분산관에는 1mm의 구멍이 5mm 간격으로 양쪽으로 10개 씩 총 20개 뚫려있어 주입되는 기체를 분배하는 역할을 하게 된다. 유동층 내부의 온도는 반응기 상부에서 열전대(K-type)를 삽입하여 반응기 바닥으로부터 높이 0.1m에서 측정하였다. 유동층의 압력강하는 반응기 바닥으로부터 높이 0.055m와 0.305m 및 0.055m와 0.755m에 설치 된 압력탭에 연결된 차압형 압력변환기를 사용하여 측정하였다. 회분식 유동층 반응기에서 배출되는 기체농도의 분석을 위해 온라인 기체분석기(Hartmann & Braun Co., Advanced Optima)를 사용하였으며 CO, CO_2, H_2, CH_4, O_2, NO의 농도를 실시간으로 측정 및 기록하였다. 실험장치에 대한 자세한 설명은 기존 보고[2)]에 나타나 있다.

Table 1 Shape, size and bulk density of catalyst and sand

Particle or tablet	WGS catalyst (MDC-7)	Sand
Shape/size	Tablet 3.2mm O.D. 3.2mm H	Particle 106~212 μm
Bulk density [kg/m^3]	1286	1258

2.2 WGS 촉매 및 모래

WGS 촉매로는 Süd-chemie 社(현재는 Clariant 社)에서 제조한 상용 WGS 촉매인 MDC-7(상품명 ShiftMax 210으로도 사용됨)을 사용하였다. MDC-7 촉매의 주 성분은 CuO, ZnO, Al_2O_3이며, 직경 3.2mm, 높이 3.2mm의 tablet 형태를 갖고 있다.

실제 SEWGS 반응기 내에는 WGS 촉매와 CO_2 흡수제가 함께 존재하지만, CO_2 흡수제의 경우 합성가스에 포함된 CO_2와 반응하여 배출기체의 조성에 영향을 미칠 수 있으므로 CO_2 흡수제 대신 불활성 물질인 모래(106∼212μm)를 사용하여 실험하였다.

모래와 WGS 촉매의 크기(입도분포) 및 벌크밀도를 요약하여 Table 1에 나타내었다.

2.3 내부 삽입물

Fig. 2에는 WGS 촉매를 반응기 내에 고정하기 위해 사용된 스프링 형태 내부구조물의 개략도를 나타내었다. 내부 삽입물은 스테인레스 스틸로 제작된 스프링 내부에 tablet 형태의 촉매를 고정할 수 있는 형태(이하 스프링 형태)로 제작하였으며 Fig. 1에 나타난 내경 0.05m의 실험장치 내부에 설치가 가능하도록 하였다. 내부 구조물의 외경은 0.395m이며 tablet

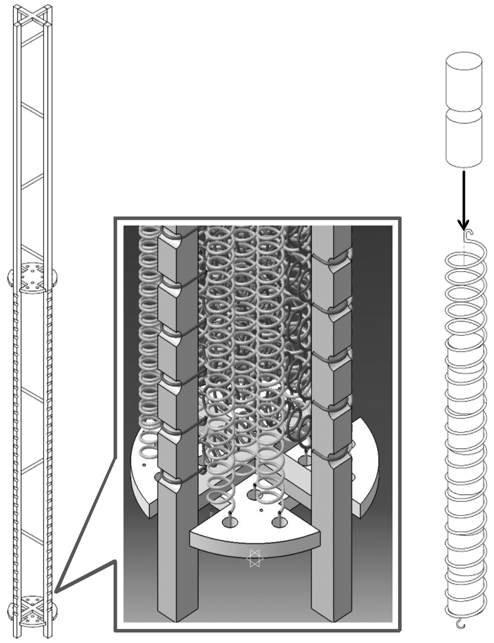

Fig. 2 Schematic of spring type bed inserts

형태의 촉매 직경보다 약간 큰 내경(0.004m)을 갖는 스프링을 총 16개 설치하여 스프링 내부에 촉매를 수직으로 적치하였다. 스프링 1개당 약 7.6g의 촉매를 장입할 수 있었으며 총 122g의 촉매를 고정할 수 있었다. 스프링 형태의 내부구조물 외부에는 CO_2 흡수제를 대신하기 위해 모래 입자가 장입되었으며 내부구조물과 촉매 및 모래입자를 합한 부피가 고체층 높이 0.4m가 되도록 총 1,115g의 모래를 장입하였다. 결과적으로 촉매와 모래의 무게비 1:9 조건에서 실험하였다.

2.4 수성가스화 반응 실험조건 및 분석방법

수성가스화 반응은 200°C, 상압에서 수행하였고 유동화 기체로는 모사 합성가스와 스팀(또는 스팀 및 질소)을 혼합하여 공급하였다. 합성가스로는 CO 65%, CO_2 1.5%, H_2 29.5%, N_2 4%의 조성을 갖는 모사 합성가스를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 모사 합성가스는 Shell 사의 석탄가스화기에서 배출되는 합성가스의 조성(CO : CO_2 : H_2 = 63.4 : 1.5 : 28.4)과 유사한 값으로 선정하였다[9]. 조업변수로는 steam/CO 비, 기체유속 및 합성가스 농도(CO 농도)를 변화시켰으며 자세한 실험조건은 해당 실험의 결과 및 고찰 부분에 자세히 설명하였다.

Table 2 Summary of experimental conditions with change of steam/CO ratio

Case	1	2	3	4	5	6
Syngas flow rate [Nl/min]	0.913					
Steam flow rate [Nl/min]	0.451	0.908	1.358	1.809	2.260	2.717
Steam/CO ratio [-]	0.76	1.53	2.29	3.05	3.81	4.58
Gas velocity [m/s]	0.020	0.026	0.033	0.040	0.047	0.053
Gas residence time [sec]	20	15.4	12.1	10	8.5	7.5
CO conc. [vol. %]	43.5	32.6	26.1	21.8	18.7	16.3

조업조건 변화에 따른 반응성 변화를 해석하기 위한 주요 특성값으로 합성가스에 포함된 CO가 WGS 반응에 의해 수소로 전환되는 백분율인 CO 전환율을 고려하였다. 각 실험조건을 30분간 유지하였으며, 이 동안 배출된 기체의 농도를 1초당 1회씩 측정하여 배출기체의 평균농도를 바탕으로 물질수지를 해석하여 식 (6)과 같이 계산하였다.

$$\text{CO conversion} = \frac{\text{Moles of consumed CO}}{\text{Moles of input CO}} \times 100\,[\%] \quad (6)$$

3. 결과 및 고찰

스프링 형태의 내부구조물을 사용하였을 경우에 WGS 촉매의 CO 전환율에 미치는 steam/CO비의 영향을 고려하기 위해 Table 2에 나타낸 바와 같이 동일한 합성가스 유량 조건에서 steam/CO비를 0.76부터 4.58까지 변화시키면서 CO 전환율의 변화를 측정 및 고찰하였다.

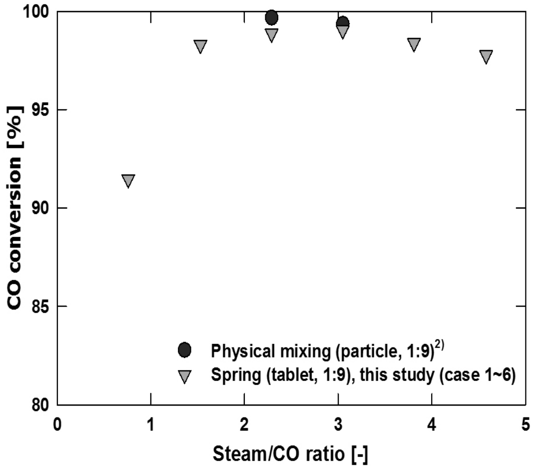

Fig. 3 Effect of steam/CO on CO conversion of WGS catalyst (syngas flow rate=0.913N*l*/min)

Table 3 Summary of experimental conditions (increasing of gas velocity and decreasing of CO concentration)

Case	7	8	9	10	11	12
Syngas flow rate [N*l*/min]	0.913					
N_2 flow rate [N*l*/min]	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Steam flow rate [N*l*/min]	1.358					
Steam/CO ratio [-]	2.29					
Gas velocity [m/s]	0.033	0.036	0.039	0.042	0.045	0.048
Gas residence time [sec]	12.1	11.1	10.3	9.5	8.9	8.3
CO conc. [vol. %]	26.1	24.0	22.2	20.7	19.3	18.1

Fig. 3에는 steam/CO 비의 변화에 따라 측정된 CO 전화율의 변화를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 steam/CO 비가 증가함에 따라 초기에는 CO 전화율이 증가하는 일반적인 경향을 나타내었다. 한편 steam/CO 비가 지속적으로 증가하면 CO 전화율이 다소 감소하였는데, 이는 steam/CO 비 증가에 의한 반응성 개선 효과와 함께 기체유속 증가에 따른 반응성 저하와 합성가스 농도(CO 농도) 감소에 의한 반응성 저하의 영향이 함께 나타난 것으로 사료된다. 즉, Table 2에 나타난 바와 같이 동일한 합성가스 유량에 대해 steam/CO 비가 증가함에 따라 스팀의 유량이 증가하므로 기체유속이 지속적으로 증가하여 기체의 체류시간이 감소하고 반응물인 CO 농도가 감소하기 때문으로 사료되었다.

Fig. 3에는 촉매와 모래의 무게비가 1:9로 동일한 조건에서 촉매와 모래를 입자형태로 혼합한 기존 보고[2)]의 실험결과도 함께 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 동일한 촉매와 모래 무게 비 조건에서 스프링 형태의 내부구조물을 사용한 경우의 CO 전화율은 촉매와 모래를 혼합하여 사용한 경우와 유사한 값을 나타내었으며 결과적으로 내부구조물 사용에 의한 CO 전화율 감소는 크지 않은 것으로 나타났다.

한편, 이후 실험에서는 WGS 촉매의 CO 전화율에 미치는 기체유속 및 CO 농도의 영향을 세밀하게 살펴보고자 하였으며, 동일한 steam/CO 비 조건에서 실험을 수행하고자 하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 steam/CO 비 3.05인 경우의 CO 전화율이 가장 높게 나타났으나 2.29인 경우와의 차이가 크지 않았으므로 steam/CO 비 2.29인 조건에서 실험을 수행하였다.

Fig. 3에 나타난 결과에서 steam/CO 비가 지속적으로 증가할 때 CO 전화율이 다소 감소하는 이유를 기체유속 증가에 따른 기체 체류시간의 감소와 CO 농도 감소 때문으로 해석하였는데, 이를 재확인하기 위해 Table 3에 나타낸 바와 같이 동일한 합성가스 유량과 스팀유량 조건에서(즉 동일한 steam/CO 비 조건에서) 불활성기체인 질소의 유량을 변화시키면서 기체유속 변화에 따른 CO 전화율의 변화를 측정 및 고찰하였으며 실험결과를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 동일한 steam/CO 비 조건에서 기체유속이 증가함에 따라 CO 전화율이 감소하는 경향을 나타내었다. 하지만 이 경우에는 steam/CO 비가 동일하지만 기체유속이 증가하면서 합성가스의 농도(즉, CO의 농도)가 감소하였으므로 반응물(CO) 농도변화의 영향이 함께 작용했을 수 있다. 따라서

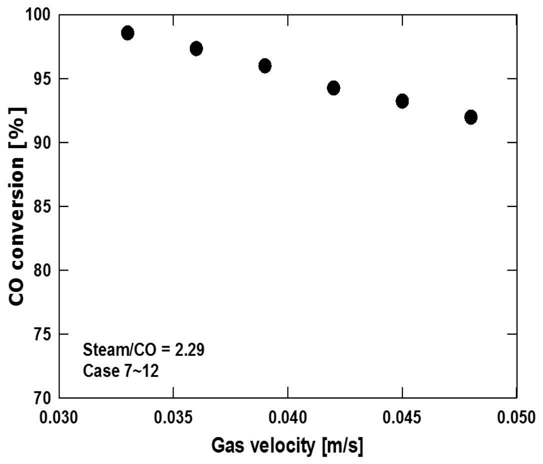

Fig. 4 Effect of gas velocity and CO concentration on CO conversion of WGS catalyst(increasing of gas velocity and decreasing of CO concentration, syngas flow rate=0.913 Nl/min, steam flow rate=1.358Nl/min, steam/CO ratio=2.29)

Table 4 Summary of experimental conditions(increasing of gas velocity and increasing of CO concentration)

Case	13	14	15	16	17
Syngas flow rate [Nl/min]	0.261	0.521	0.782	1.043	1.304
N_2 flow rate [Nl/min]	0.8	0.6	0.4	0.2	0
Steam flow rate [Nl/min]	0.388	0.776	1.164	1.552	1.941
Steam/CO ratio [-]	2.29				
Gas velocity [m/s]	0.021	0.028	0.035	0.041	0.048
Gas residence time [sec]	19.0	14.3	11.4	9.76	8.3
CO conc. [vol. %]	11.7	17.9	21.7	24.3	26.1

이 경우에도 기체유속의 영향과 CO 농도의 영향을 분리하여 명확하게 해석하기는 어려웠다.

WGS 촉매의 CO 전화율에 미치는 기체유속과 CO 농도의 영향을 분리하여 해석하기 위해 Table 4와 같이 동일한 steam/CO 비 조건에서 기체유속이 증가하면서 CO 농도가 증가하는 경우에 대해 CO 전화율을 측정하였으며 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5에 나타난 바와 같이 기체유속이 증가하면

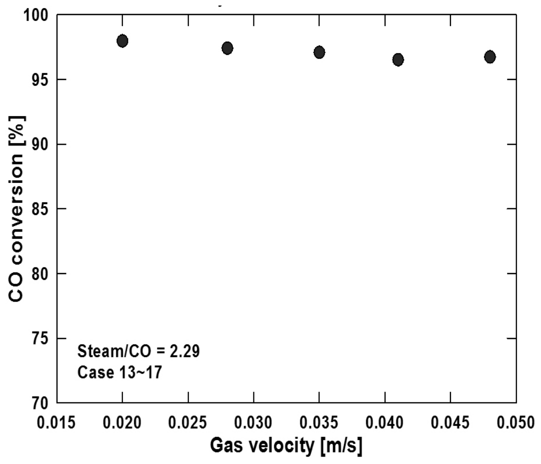

Fig. 5 Effect of gas velocity and CO concentration on CO conversion of WGS catalyst(increasing of gas velocity and increasing of CO concentration, steam/CO ratio=2.29)

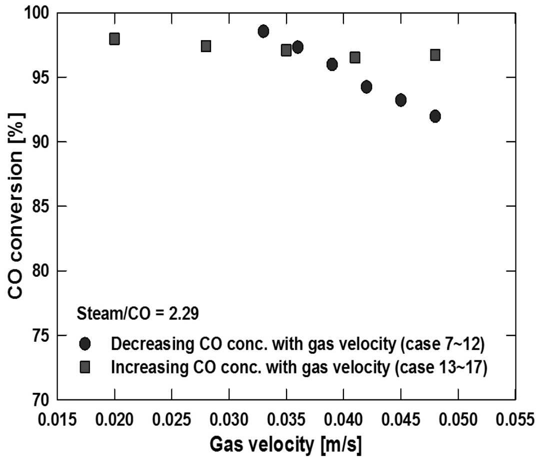

Fig. 6 Effect of gas velocity and CO concentration on CO conversion of WGS catalyst

CO 농도가 증가함에도 불구하고 CO 전화율이 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 결과적으로 기체유속이 증가할 경우 기체의 체류시간 감소에 의해 CO 전화율이 감소한다는 가설을 입증할 수 있었다.

Fig. 6에는 Fig. 4와 Fig. 5의 결과를 기체유속 변화에 대해 함께 비교하여 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 기체유속 증가와 CO 농도 감소가 함께 일어나는 경우(Fig. 4의 결과)에 비해, 기체유속이 증가하면서 CO 농도가 증가하는 경우(Fig. 5의 결과)에

Table 5 Summary of experimental conditions(with narrow variation of CO concentration)

Case	18	19	20	21	22	23	24
Syngas flow rate [Nl/min]	0.521	0.652	0.913	1.043	1.304	1.434	1.695
N_2 flow rate [Nl/min]	0.3						
Steam flow rate [Nl/min]	0.776	0.970	1.358	1.552	1.941	2.135	2.523
Steam/CO ratio [-]	2.29						
Gas velocity [m/s]	0.024	0.028	0.038	0.043	0.052	0.057	0.066
Gas residence time [sec]	16.7	14.3	10.5	9.3	7.7	7.0	6.1
CO conc. [vol. %]	21.2	22.0	23.1	23.4	23.9	24.1	24.4

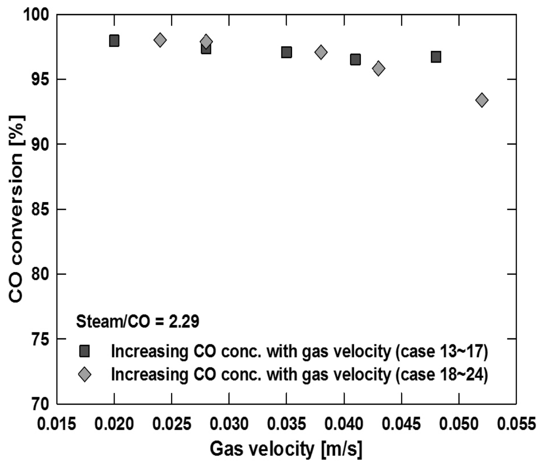

Fig. 7 Effect of gas velocity and CO concentration on CO conversion of WGS catalyst

는 기체유속 증가에 따른 CO 전화율의 감소 기울기가 낮게 나타났으며, 이로 미루어 동일한 기체유속에서 CO 농도가 증가하면 CO 전화율이 증가할 것을 짐작할 수 있었다.

다음으로 CO 전화율에 미치는 기체유속과 CO 농도 영향의 민감도를 비교하기 위해 Table 3의 실험조건에 비해 기체유속의 변화 범위는 넓게 선정하고, Table 4의 실험조건에 비해 CO 농도의 변화 범위는 좁게(단, Table 4와 마찬가지로 유속이 증가함에 따라 CO 농도는 증가하도록) 실험조건을 선정하였으며(Table 5 참조) 이 때 측정된 CO 전화율의 변화와 Fig. 5의 실험결과를 비교하여 Fig. 7에 나타내었다.

그림에 나타난 바와 같이 두 조건 모두 기체 유속이 증가함에 따라 CO 농도가 증가함에도 불구하고 CO 전화율이 감소하는 것으로 나타났으며, 기체유속 증가에 따른 CO 농도의 증가폭이 적은 case 18~24의 경우, 기체유속 증가에 따른 CO 농도의 감소 기울기가 크게 나타났다. 결과적으로 본 연구의 실험범위 내에서는 CO 농도 변화 보다 기체유속의 영향이 더 크게 작용하는 것으로 사료되었다.

Fig. 3부터 7까지를 종합적으로 고려하면, 높은 CO 전화율을 얻기 위해서는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 steam/CO 비 3인 조건이 유리하며, Fig. 4부터 7에 나타난 바와 같이 기체유속이 낮고, CO 농도가 높은 조건이 유리한 것으로 나타났다.

스프링 형태 내부 구조물의 적용 가능성에 대한

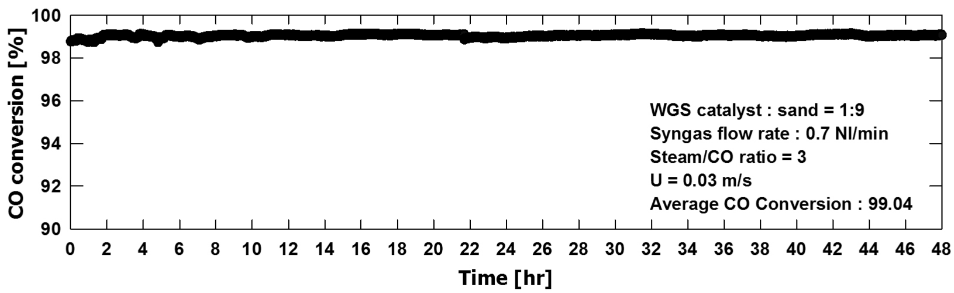

Fig. 8 Trend of CO conversion during continuous operation up to 48 hours(2 days)

최종 확인을 위해 앞서 선정한 최적조건에서 48시간 동안의 연속운전을 통해 반응성 변화 또는 촉매의 활성저하 여부를 확인 및 비교하였다.

Fig. 8에는 기체유속 0.03m/s(합성가스 유량 0.7 Nl/min), steam/CO 비 3이고, CO 농도 증가를 위해 질소로 희석하지 않은 조건에서 tablet 형태의 촉매를 스프링 형태의 내부 구조물에 설치하고 WGS 촉매와 모래의 무게비가 1:9인 경우에 총 48시간 동안 측정된 배출기체의 농도를 기준으로 계산된 CO 전화율의 변화를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 초기의 CO 전화율은 98.73%였으나 시간이 경과함에 따라 반응성이 다소 개선되어 최대 99.15%를 나타내었으며, 48시간 동안의 평균 CO 전화율은 99.04%를 나타내었다. 결과적으로 스프링 형태의 내부구조물을 사용하여 WGS 촉매를 지지하는 경우에도 촉매의 활성저하 없이 높은 CO 전화율 조건을 연속적으로 유지할 수 있는 것으로 결론지을 수 있었다.

4. 결 론

SEWGS 공정의 효율증대를 위해 개발된 스프링 형태의 내부구조물을 사용하는 경우에 WGS 촉매의 반응성에 미치는 조업변수들의 영향을 측정 및 해석하였으며 최적 조업조건에서 연속운전을 수행하였다. 본 연구에서 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) Steam/CO 비가 증가함에 따라 CO 전화율은 증가한 후 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 기체유속이 낮고 CO 농도(합성가스 농도)가 높은 경우에 더 높은 CO 전화율을 나타내었다.
2) 높은 CO 전화율을 얻기 위해서는 steam/CO 비 3인 조건이 유리하며, 기체유속이 낮고, CO 농도가 높은 조건이 유리한 것으로 나타났다.
3) 48시간 동안의 연속운전을 통해 스프링 형태 내부구조물의 적용 가능성을 최종 확인하였다. 48시간 동안의 평균 CO 전화율은 99.04%를 나타내었으며 시간 경과에 따른 WGS 촉매의 반응성 저하는 나타나지 않아 높은 CO 전화율 조건을 연속적으로 유지할 수 있는 것으로 결론지을 수 있었다.

후 기

본 연구는 2011년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(2011201020004B). 연구비 지원에 감사드립니다.

References

1. H. J. Ryu, “Selection of Process Configuration and Operating Conditions for SEWGS System”, Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 20, No. 2, 2009, pp. 168-178.
2. H. J. Ryu, J. S. Hyun, H. Kim, and T. S. Hwang, “Reaction Characteristics of WGS Catalyst with Fraction of Catalyst in a Batch Type Fluidized Bed Reactor”, Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 22, No. 4, 2011, pp. 465-473.
3. O. Maurstad, “An Overview of Coal Based Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) Technology”, MIT report, Publication No. LFEE 2005-002 WP, 2008. pp. 1-43.
4. H. J. Ryu, H. S. Kim, S. Y. Lee, D. H. Lee, and J. C. Kim, “Effects of Operating Variables on Sorption Capacity of CO_2 absorbents for SEWGS Process”, Korean Chem. Eng. Res., Vol. 50, No. 6, 2012, pp. 994-1001.
5. H. Kim, D. H. Lee, S. Y. Lee, T. S. Hwang, and H. J. Ryu, “Reaction Characteristics of WGS Catalyst for SEWGS Process in a Pressurized Fluidized Bed Reactor”, Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 23, No. 4, 2012, pp. 337-345.

6. H. J. Ryu, H. Kim, D. H. Lee, D. H. Bae, and T. S. Hwang, “Effect of Bed Insert Geometry and Shape of WGS Catalysts on CO Conversion in a Fluidized Bed Reactor for SEWGS Process”, Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 24, No. 2, 2013, pp. 150-159.
7. H. J. Ryu, H. N. Kim, D. H. Lee, G. T. Jin, Y. C. Park, and S. H. Jo, “Effect of Bed Insert Geometry on CO Conversion of WGS Catalyst in a Fluidized Bed Reactor for SEWGS Process”, Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 24, No. 6, 2013, pp. 535-542.
8. G. B. Han, N. K. Park, S. O. Ryu, and T. J. Lee, “The Reactivity for SO2 Reduction with CO and H2 over Sr-Zr Based Catalysts”, Korean Chem. Eng. Res., Vol. 44, No. 4, 2006, pp. 356-362.