



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0011437
(43) 공개일자 2012년02월08일

(51) Int. Cl.

C21B 5/00 (2006.01) C21B 7/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0073219

(22) 출원일자 2010년07월29일

심사청구일자 2010년07월29일

(71) 출원인

현대제철 주식회사

인천광역시 동구 송현동 1-10

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

오한상

제주특별자치도 제주시 오라3동 2330-11

박종인

인천광역시 남구 소성로103번길 21-30, 대성주택
가동 202호 (학익동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 5 항

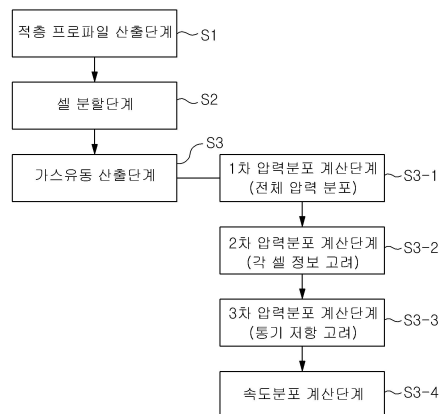
(54) 고로의 가스유동 분석방법

(57) 요약

본 발명은 고로의 가스유동 분석방법에 관한 것으로, 장입물 적층 프로파일을 산출하는 적층 프로파일 산출단계(S1)과, 상기 적층 프로파일을 다수의 셀로 분할하는 셀 분할단계(S2)와, 상기 분할된 각 셀 별로 가스유동을 산출하는 가스유동 산출단계(S3)를 포함하여 구성된다.

장입물 적층 영역의 각 셀 별로 가스 속도를 계산할 수 있으므로 노내 가스 유동을 매우 세밀하고 정확하게 파악할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정훈제

서울특별시 서대문구 북아현로11사길 5 (북아현동)

한정환

경기도 성남시 분당구 정자일로 121, 더샵스타파크
103동 701호 (정자동)

윤호준

경기도 용인시 수지구 푸른솔로 56, 현대홈타운 4
차 2단지 522동 1302호 (죽전동)

이영재

충청남도 당진군 송산면 송산로 765-18, 104동
1203호 (현대제철(주)독신자숙소)

특허청구의 범위

청구항 1

고로 장입물의 적층 프로파일을 산출하는 적층 프로파일 산출단계와;
 상기 적층 프로파일 산출단계에서 얻어진 장입물 적층 프로파일을 다수의 셀로 분할하는 셀 분할단계와;
 상기 셀 분할단계에서 분할된 각 셀의 가스유동을 산출하는 가스유동 산출단계;
 를 포함하는 고로의 가스유동 분석방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 가스유동 산출단계는 상기 각 셀의 압력분포를 계산하는 압력분포 계산단계와,
 상기 압력분포 계산단계에서 계산된 압력분포를 이용하여 속도분포를 계산하는 속도분포 계산단계
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 고로의 가스유동 분석방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
 상기 압력분포 계산단계는 고로 전체의 압력분포를 계산하는 1차 압력분포 계산단계와,
 상기 각 셀의 장입물 물성을 고려하여 상기 각 셀 별 압력분포를 계산하는 2차 압력분포 계산단계와,
 상기 2차 압력분포 계산단계에서 계산된 압력분포를 노내 통기저항으로 간주하고, 상기 각 셀의 압력분포를 계
 산하는 3차 압력분포 계산단계
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 고로의 가스유동 분석방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,
 상기 속도분포 계산단계는 상기 3차 압력분포 계산단계에서 계산된 압력분포를 이용하여 각 셀 별 가스속도를
 계산하는 것을 특징으로 하는 고로의 가스유동 분석방법.

청구항 5

고로 장입물의 적층 프로파일을 다수의 셀로 분할하는 셀 분할단계와;
 상기 셀 분할단계에서 분할된 각 셀의 가스속도를 산출하는 속도분포 계산단계;
 를 포함하는 고로의 가스유동 분석방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 고로의 가스유동 분석방법에 관한 것으로, 특히 장입물의 분포상태를 고려하여 가스유동을 분석하는 고로의 가스유동 분석방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고로는 철광석을 녹여 용선(선철)을 제조하는 설비이다.

[0003] 고로에는 철광석과 코크스가 순차적으로 장입되어 적층되며, 하부의 풍구로부터 열풍을 불어넣어 코크스를 연소

시키고, 이때 발생하는 열과 탄소에 의해 철광석을 용해 및 환원시켜서 비중이 높은 용선을 하부로 가라앉혀 출선한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

본 발명은 고로에 장입된 장입물의 분포 특성을 고려하여 고로 내 가스유동을 정확하고 용이하게 알 수 있도록 된 고로의 가스유동 분석방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은,

고로 장입물의 적층 프로파일을 산출하는 적층 프로파일 산출단계와;

상기 적층 프로파일 산출단계에서 얻어진 장입물 적층 프로파일을 다수의 셀로 분할하는 셀 분할단계와;

상기 셀 분할단계에서 분할된 각 셀의 가스유동을 산출하는 가스유동 산출단계;

를 포함한다.

또한, 상기 가스유동 산출단계는 상기 각 셀의 압력분포를 계산하는 압력분포 계산단계와,

상기 압력분포 계산단계에서 계산된 압력분포를 이용하여 속도분포를 계산하는 속도분포 계산단계

를 포함한다.

또한, 상기 압력분포 계산단계는 고로 전체의 압력분포를 계산하는 1차 압력분포 계산단계와,

상기 각 셀의 장입물 물성을 고려하여 상기 각 셀 별 압력분포를 계산하는 2차 압력분포 계산단계와,

상기 2차 압력분포 계산단계에서 계산된 압력분포를 노내 통기저항으로 간주하고, 상기 각 셀의 압력분포를 계산하는 3차 압력분포 계산단계

를 포함한다.

또한, 상기 속도분포 계산단계는 상기 3차 압력분포 계산단계에서 계산된 압력분포를 이용하여 각 셀 별 가스속도를 계산하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명은, 고로 장입물의 적층 프로파일을 다수의 셀로 분할하는 셀 분할단계와;

상기 셀 분할단계에서 분할된 각 셀의 가스속도를 산출하는 속도분포 계산단계;

를 포함한다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같은 본 발명에 따르면,

장입물 적층 프로파일로부터 고로 내부 각 영역의 가스 속도분포를 산출할 수 있게 된다.

또한, 상기 적층 프로파일이 장입물의 광종과 그에 따른 물성을 반영하여 산출된 것일 경우, 상기 가스 속도분포는 실제 고로와 유사한 신뢰성을 확보할 수 있다.

또한, 본 발명은 적층 프로파일을 다수의 셀로 분할하고, 각 셀 별로 가스속도를 계산할 수 있기 때문에 노내 가스 유동을 보다 정확하게 파악할 수 있게 된다.

따라서, 본 발명에 따라 파악된 가스유동을 이용하여 보다 효율적인 장입물 분포 제어를 실시할 수 있으며, 이로써 고로 조업 효율이 향상되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 구성을 나타낸 블록도,

도 2는 장입물 적층 프로파일과((a),(b)), 상기 적층 프로파일이 다수의 셀로 분할된 모습((c))이 도시된 도면,
 도 3은 장입모드와 장입량 변경에 따른 장입물의 적층 프로파일 예시도,
 도 4는 고로 반경방향에 따른 광석과 코크스의 층후비(L_o/L_c)를 나타낸 그래프,
 도 5는 상기 도 3의 적층 프로파일에 따른 가스속도분포가 나타난 도면,
 도 6은 고로 상부의 반경방향 가스속도분포를 나타낸 그래프,
 도 7은 고로 하부의 반경방향 가스속도분포를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0028] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명은 고로 내 장입물의 적층 프로파일을 산출하는 적층 프로파일 산출단계(S1)와, 상기 적층 프로파일 산출단계(S1)에서 얻어진 장입물 적층 프로파일의 각 영역을 다수의 셀로 분할하는 셀 분할단계(S2)와, 상기 셀 분할단계(S2)에서 분할된 각 셀의 가스유동을 산출하는 가스유동 산출단계(S3)를 포함한다.
- [0029] 또한, 상기 가스유동 산출단계(S3)는 노내 전체의 압력분포를 계산하는 1차 압력분포 계산단계(S3-1)와, 상기 각 셀의 장입물 물성을 고려하여 상기 각 셀 별 압력분포를 계산하는 2차 압력분포 계산단계(S3-2)와, 노내 통기저항을 고려하여 상기 각 셀의 압력분포를 계산하는 3차 압력분포 계산단계(S3-3) 및, 최종 계산된 압력분포를 이용하여 각 셀 별 가스속도를 계산하는 속도분포 계산단계(S3-4)를 포함한다.
- [0030] 고로의 조업 효율은 장입물 충전(장입)에 의한 가스흐름에 좌우되고, 환원가스의 유동제어를 위해서는 고로 상부 장입물 분포의 예측 및 제어가 필요하다.
- [0031] 상기 적층 프로파일 산출단계(S1)에서 고로 장입물의 적층 프로파일은 고로 장입물 분포 해석모델로부터 산출될 수 있다.
- [0032] 또한 상기 적층 프로파일은 고로축소모델을 이용한 장입실험을 통해서도 얻을 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 장입물 분포 해석모델이 어떤 형태의 것인지는 제한을 두지 않는다.
- [0034] 그러나, 상기 고로 장입물의 적층 프로파일은 장입물의 낙하궤적(안식각 포함)으로 부터 얻어진 적층라인을 누적 생성하고, 그에 장입물의 강하현상을 반영하여 강하 적층라인을 생성함으로써 획득된 것이 바람직하다.
- [0035] 또한, 상기 적층 프로파일 생성시, 장입물 광종에 따른 물성과 코크스와 광석이 혼합되어 생성된 혼합층의 존재도 반영되면 더욱 바람직하다.
- [0036] 상기와 같은 과정을 통해 장입물의 적층 프로파일이 산출되면, 고로 내 영역을 다수의 셀(cell)로 분할한다.(셀 분할단계(S2))
- [0037] 도 2에는 적층 프로파일((a),(b))이 다수의 셀로 분할된 모습이 도시되어 있다.
- [0038] 상기 셀 분할은 각각의 적층라인으로 구분된 특정 구역에 한정되어 수행될 수도 있다. 이는 이후의 과정에서도 마찬가지이다.
- [0039] 다수로 분할된 각각의 셀은 각 셀에 해당되는 장입물의 광종에 따라 특징적인 물성을 가진다.
- [0040] 도 2에서도 적층영역에 따라서 서로 다른 광종(C;코크스베이스, OL;대립광, OS;소립광, CC; 중심코크스)에 해당되는 다수의 셀을 확인할 수 있다.
- [0041] 즉, 각 셀 별로 해당 장입물에 따라 입자의 입도, 공극률, 형상계수 등의 정보를 가지게 된다.
- [0042] 상기 가스유동 산출단계(S3)는 전술한 바와 같이, 1,2,3차에 걸친 압력분포 계산단계(S3-1 ~ S3-3)들과, 최종적인 속도분포 계산단계(S3-4)로 구성될 수 있다.
- [0043] 상기 1차 압력분포 계산단계(S3-1)에서는 셀을 기반으로 하는 유한요소법(유한차분법)으로 고로 내의 전체적인 압력분포를 계산한다.
- [0044] 이어, 상기 2차 압력분포 계산단계(S3-2)에서는 입자 충전층을 통과하는 유체흐름의 압력손실 계산에 사용되는

Ergun' equation을 사용하여, 상기 각 셀의 정보(해당 장입물의 물성; 이하 수식의 각 인자 설명 참조)를 반영한 압력분포를 각 셀별로 계산한다.

상기 Ergun' equation은 가스의 운동에너지와 점성에너지에 관한 항으로 구성되어 있으며 다음 식(1)과 같다.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150(1-\varepsilon)^2 U \mu}{\varepsilon^3 \Phi^2 (D_p)^2} + \frac{1.75(1-\varepsilon) U^2 \rho}{\varepsilon^3 \Phi (D_p)} \quad \text{-----}(1)$$

(D_p는 입자지름, U는 가스속도, ΔP는 압력강하, ε는 공극률, μ는 가스점도, Φ는 형상계수, ρ는 가스밀도로써 각 셀에 해당하는 값이 입력된다.)

이어, 상기 3차 압력분포 계산단계(S3-3)에서는 상기 2차 압력분포 계산단계(S3-2)에서 계산된 결과를 통기저항으로 간주하고, 상기 제1차 압력분포 계산단계(S3-1)에서 계산된 압력분포와 접목하여 각 셀의 압력분포를 재계산한다.

마지막으로, 상기 속도분포 계산단계(S3-4)에서는 상기 3차 압력분포 계산단계(S3-3)에서 계산된 압력분포를 상기 Ergun' equation을 이용한 속도에 관한 2차 방정식에 적용하여 각 셀 별 가스속도를 계산한다.

즉, 본 발명에 따른 장입층내 속도분포 계산은, 광석과 코크스층의 통기저항을 고려한 압력강하에 유한요소법을 사용한 유동함수를 적용시키고, 이를 속도에 관한 이차방정식으로 계산한 것으로 요약할 수 있다.

상기한 바와 같은 본 발명은, 장입물의 적층 프로파일에 대립광, 소립광, 코크스베이스, 중심코크스 등의 광종과 코크스와 대립광의 혼합층을 고려할 수 있고, 그러한 적층 프로파일을 다수의 셀로 구분하여 각 셀 별 장입물의 물적 특성까지 고려할 수 있으므로 장입물을 통과하는 가스의 유동을 보다 세밀하고, 정확하게 분석할 수 있게 된다.

가스유동은 장입물의 적층 프로파일에 따라 큰 영향을 받는다. 이를 비교하기 위해 장입조건에 변화를 주고, 각 case(장입조건) 별로 적층 프로파일을 도출한 후 가스유동을 분석하였다.

적층 프로파일 생성을 위한 장입모드는 다음 표와 같다.

	Mode														Batch weight(ton)				O/C				
Case 1	C	4	5	6	7	8	OL	2	3	4	5	6	Cc	11	Os	1	2	3	OL	Os	C	CC	4.61
		2	2	2	2	2		4	3	2	1	1		2		2	2	2					
Case 2	C	2	3	4	5	6	OL	4	5	6	7	8	Cc	11	Os	1	2	3	OL	Os	C	CC	4.61
		2	2	2	2	2		4	3	2	1	1		2		2	2	2					
Case 3	C	2	3	4	5	6	OL	4	5	6	7	8	Cc	11	Os	1	2	3	OL	Os	C	CC	2.83
		2	2	2	2	2		4	3	2	1	1		2		2	2	2					

도 3은 상기 각 케이스별 장입물의 적층 프로파일을 산출한 결과로서, 장입모드와 장입비의 변경으로 인해 각 케이스별로 적층 프로파일이 다른 형상으로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 상기 case1은 상기 case2와 case3의 비교 대상이다.

도 4는 고로 반경방향에 따른 광석과 코크스의 층후비(L_o/L_c)를 나타낸 그래프이다.

상기 case2의 경우, 코크스는 비교적 노벽부의 노치가 사용되고 광석은 노 중심 부근의 노치가 사용됨으로써 광석의 층후비가 가장 높게 나타난다.

case3의 경우는 장입모드가 case2와 같지만 코크스의 장입비가 높으므로 광석의 층후비가 상대적으로 작게 나타나는 것을 알 수 있다.

상기와 같은 장입물 분포(적층 프로파일)로부터 계산된 가스 속도분포는 도 5와 같다.

상기 도 5에 도시된 바와 같이, 광석과 코크스층의 가스속도가 확연히 구분되는 것을 알 수 있다.

상기 코크스층의 경우 평균입도가 커서 입자 전체의 표면적이 작고 공극률이 광석층보다 크므로 비교적 가스속도가 빠르게 나타나고 있다.

도 5의 -3m와 -23m에서의 반경방향에 따른 속도분포를 도 6과 도 7에 각각 나타내었다.(도 5에서 최상부 적층라

인 = 0m 임)

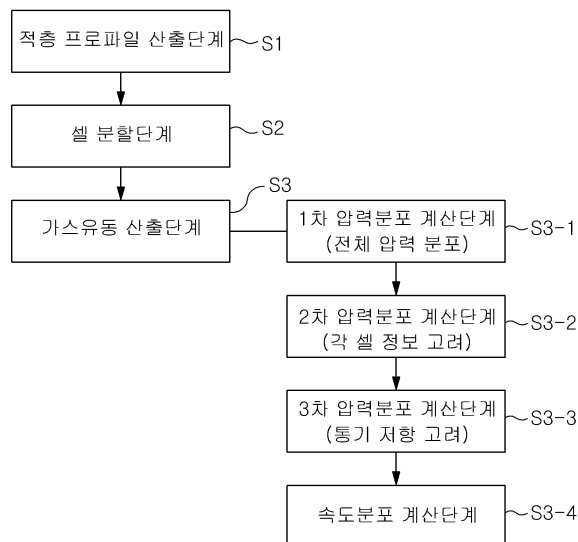
- [0063] 그래프에서 변화폭이 큰 지점은 광중이 변화하는 지점으로 볼 수 있다.
- [0064] 도 6을 보면 case3에서 비교적 가스속도가 빠르게 나타나는 것을 볼 수 있다.
- [0065] 이는 case3의 적층 프로파일에 나타나듯이 통기도가 좋은 코크스의 장입비가 증가하였기 때문이다.
- [0066] case2의 경우는 광석층이 반경방향에 따라 넓게 분포되어 가스속도가 가장 느리게 나타나고 있다.
- [0067] 비교대상인 case1의 경우 case2와 case3의 중간 정도의 가스속도를 가진다.
- [0068] 상기와 같이 본 발명에 따른 가스유동 분석(가스속도 분포 계산)에 의하면, 노내 장입물 분포가 가스유동에 미치는 영향을 정확하고 용이하게 파악할 수 있다.
- [0069] 따라서, 노내의 전반적인 가스유동을 고려하여 장입물의 분포제어를 수행할 수 있으므로 고로 조업 효율이 보다 향상된다.
- [0070] 또한, 가스속도 파악에 더하여 셀 별 열에너지 계산이 추가된다면 연화융착대의 위치와 반응영역을 계산하는데도 매우 유용할 것이다.

부호의 설명

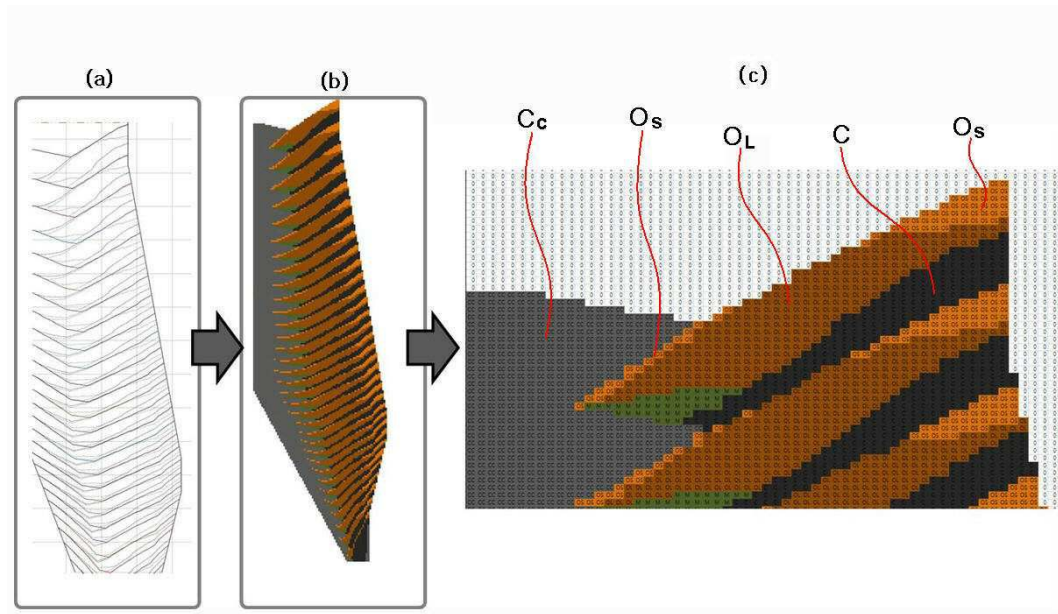
- [0071] C : 코크스(베이스) C_c : 중심코크스
- O_L : 대립광 O_s : 소립광

도면

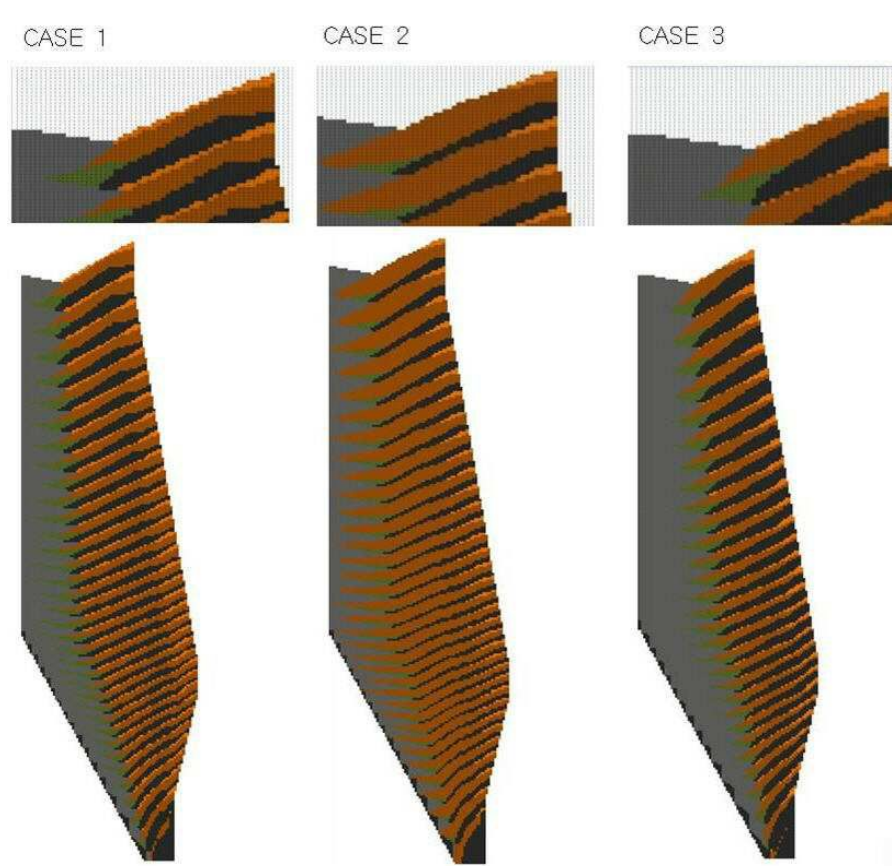
도면1



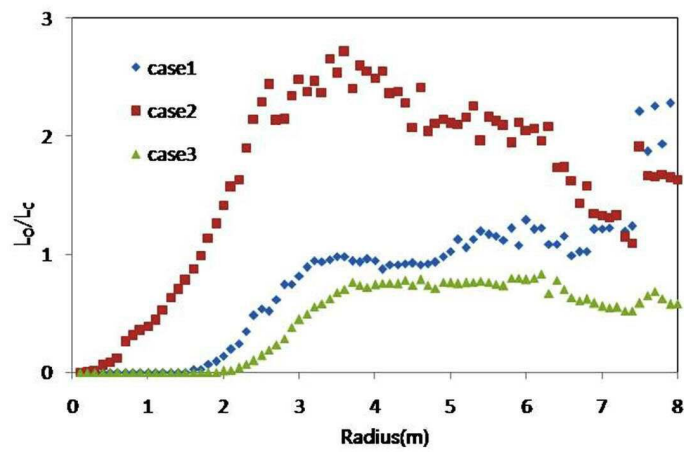
도면2



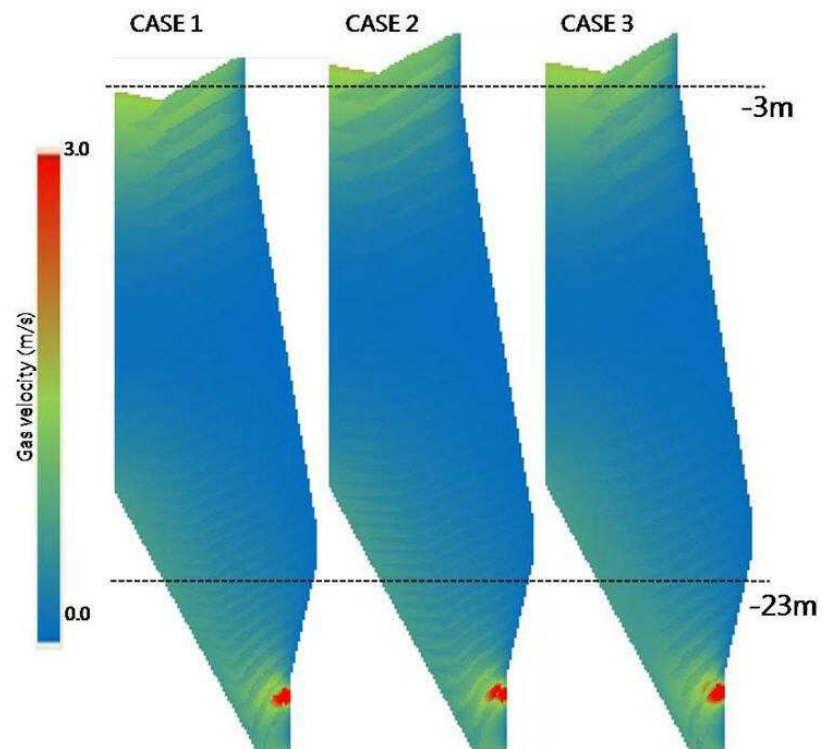
도면3



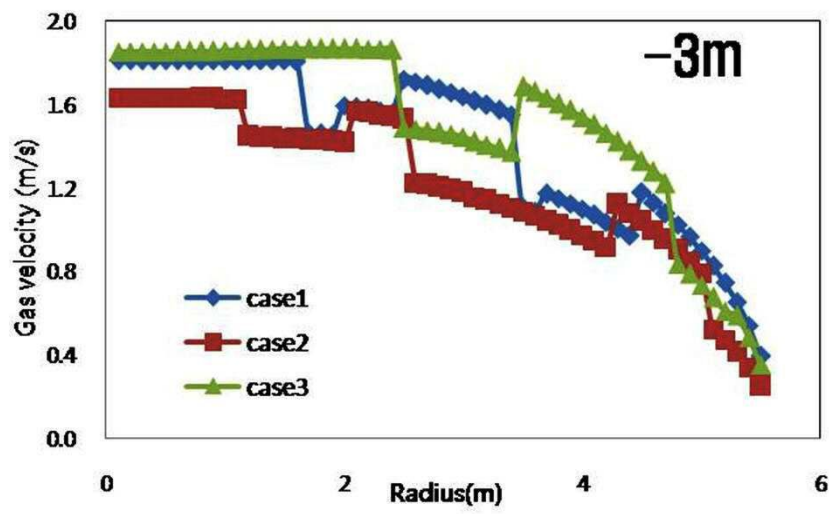
도면4



도면5



도면6



도면7

