

야금용 코크스 품질에 미치는 석탄의 배합특성 평가(1)

최재훈, 이운재, 김동원*, 권성학*
 포항산업과학연구원, 에너지/화성연구팀, POSCO 포항제철소 화성부*

Characterization of Coal Blend for Producing Metallurgical Coke(1)

Jae-Hoon Choi, Woon-Jae Lee, Dong-Won Kim* and Sung-Hak Kwon*
 Energy/Coal and Chemical Process Research Team, RIST, POSCO Chem. Dept.*

서론

대형 용광로(고로)에 의한 선철 제조 공정에서 코크스가 사용된다. 고로는 항아리형의 반응기로서, 상부로부터 철광석과 코크스를 투입하고, 하부로부터는 고온의 공기(열풍)를 공급하면, 상부의 철광석 층이 환원되면서 점차적으로 하부로 이동하여 용융된 선철이 제조된다. 탄소가 주성분인 코크스는 철광석을 선철로 환원하기 위한 환원제, 환원반응에 필요한 온도 유지 기능을 가지고 있다. 그러나, moving bed reactor와 유사한 고로에서 선철 생산성 측면에서 가장 중요한 것은 하부로 공급되는 열풍의 통기성이라고 할 수 있다. 통기성이 양호할수록 선철 생산성이 향상되기 때문에 쉽게 미분화되어 통기성을 저해하지 않는 고강도 코크스를 투입하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 따라서, 야금용 코크스 강도는 일정한 규격에 의한 분화테스트에서 미분으로 분화되지 않은 함량을 백분율로 나타내고 있으며(DI: Drum Index), 이 값이 높을수록 코크스 강도가 높고 고로 생산성에 적합한 것으로 평가되고 있다.

한편, 야금용 코크스 제조에 적합한 역청탄은 전량 수입되고 있으며, 통상 7~10종의 석탄을 적정비율로 배합하여 사용하고 있다. 이는 역청탄 중에도 용융성과 점결성이 우수하여 고강도 코크스 제조용 점결탄이 있는 반면, 점결성이 약하거나 거의 없어 비점결탄이 있기 때문이다. 전자는 가격이 비싼 반면, 후자는 저렴하지만 코크스 제조에 적합하지 않은 것이다. 그러므로, 비점결탄을 다량 배합함으로써 제조원가를 저감하면서 코크스 강도가 높은 코크스를 제조하고자하는 기술은 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 비점결탄의 코크스화 특성을 평가하기 위하여, Test Coke Oven을 이용하여 2종의 비점결탄(미점탄) 함량변화 및 개개 특성을 평가하고자 하였다.

실험

1. 배합탄 조제 및 물성

일반적으로 야금용 코크스 제조에는 7~10종의 석탄을 배합하고 있으나, 개개 원료탄이 코크스 강도에 미치는 영향을 비교하기 위하여 3개 탄종을 배합하였으며, 비점결탄인 BG와 TH의 특성 비교를 위한 8종류의 배합탄 조성을 Table 1에 나타내었다.

한편, 실제 공정에 유사한 수준인 7탄종 배합 조성을 Table 2에 나타내었다.

2. 코크스 제조

코크스제조를 위한 건류 실험은 배합탄을 나무 박스에 충전(장입)하여 (장입 밀도: 720Kg/m³), 850°C로 예열된 Coke Test Oven에 넣고 최종 온도 1100°C까지 승온하여, 최종온도에서 2시간 유지한 후, 압출하였다. 총 건류시간은 18시간이었으며, 압출한 코크스

는 질소를 공급하면서, 서냉하였다. 제조된 코크스는 2회 shutter test 하여 입경을 측정하고, 코크스 강도(드럼강도: Drum Index, DI¹⁵⁰) 측정에는 10Kg씩 2회 측정하였다.

Table 1 배합탄 조성과 물성

구분	탄명	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
MF	GG	20		20		20		20	
	GY		20		20		20		20
LF	NP	40	40			40	40		
	PD			40	40			40	40
SS	BG	40	40	40	40				
	TH					40	40	40	40
합 계(%)		100	100	100	100	100	100	100	100
배합탄 물성	LMF	2.17	2.06	2.42	2.32	2.70	2.60	2.87	2.77
	TD	74	67	77	71	52	40	59	47
	SI	4.27	4.43	3.74	3.90	4.34	4.56	3.68	3.91
	CBI	1.19	1.41	0.98	1.19	1.29	1.46	1.14	1.31

Note) MF: coal having medium fluidity, LF: low fluidity, SS: semi-soft coal
 LMF: Maximum Fluidity measured by Gieseler Plastometer, TD: total dilatation
 SI: strength index, CBI: composition balance index

Table 2 7탄종 배합조성 및 배합탄의 물성

구분	탄명	C-1	C-2	C-3	C-4
MF	GG	16		16	
	GY		16		16
LF	NP	24	24		
	PD			24	24
SH	BD	17	17	17	17
	SD	8	8	8	8
	YA	10	10	10	10
SS	BG	13	13	13	13
	TH	12	12	12	12
합 계 (%)		100	100	100	100
배합탄 물성	LMF	2.48	2.40	2.58	2.50
	TD	63	53	67	57
	SI	4.31	4.49	3.92	4.10
	CBI	1.13	1.27	1.04	1.18
	VM (%)	28.4	27.0	28.8	27.4

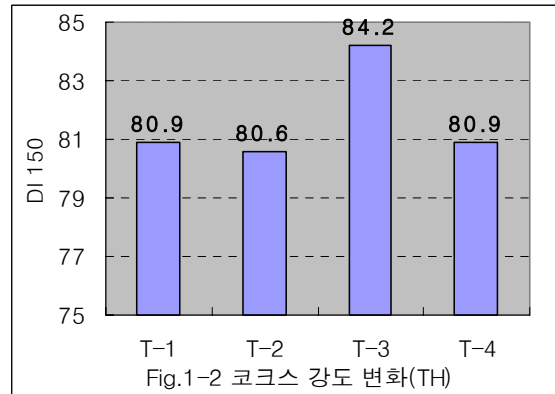
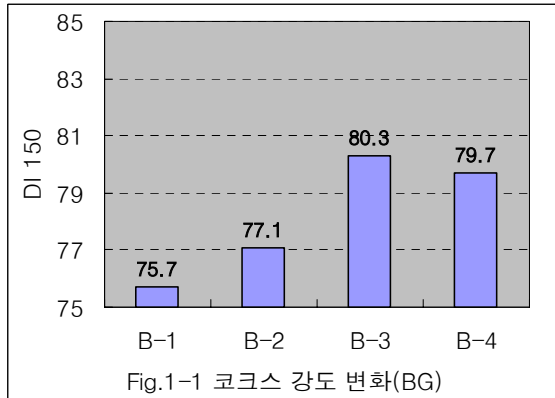
Note) SH: semi-hard coal, VM: volatile matter of coal blend

3. 결과 및 고찰

Fig.1-1은 제조된 코크스 강도를 나타낸 것이다. 미점결탄인 BG탄이 일정한 조건에서,

점결탄의 중유동도탄(MF) 계열의 GG와 GY를 점결탄의 저유동도탄(LF) 계열의 PD, NP와 각각 일정 비율로 배합하여 제조된 코크스 강도는 GG-PD(B-3) > GY-PD(B-4) > GY-NP(B-2) > GG-NP(B-1) 순으로 높게 나타났다. 이는 LF 계열의 PD가 NP보다 코크스 강도 향상에 보다 기여하고 있음을 나타낸다.

일반적으로 배합탄의 SI 지수가 높을수록 코크스 강도가 증가하는 것으로 알려져 있다^{1,2)}. 그러나, (B-3)와 같이 SI지수가 3.74로 가장 낮은 조건의 배합탄으로부터 가장 높은 강도를 가진 코크스가 제조되고 있는 것은 코크스 강도 영향인자로서 SI지수 이외의 영향인자가 존재하는 것으로 사료된다.



한편, Fig.1-2는 비점결탄(미점탄: SS)계열의 석탄 중에 유동도(LMF)가 BG보다 높은 TH를 배합한 경우 제조된 코크스 강도를 비교한 것이다. 전체적으로 코크스 강도는 BG탄을 배합한 경우보다 크게 상승된 것으로 나타났다. 이는 미점탄 BG보다 TH가 유동성(LMF)이 높기 때문에, BG 대신 TH를 배합하면 배합탄의 LMF가 향상되었기 때문에 코크스 강도가 상승된 것으로 사료된다. 따라서, 저가의 미점탄 사용을 증대하면서 코크스 강도를 유지하는 방법으로 BG보다 TH를 사용하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

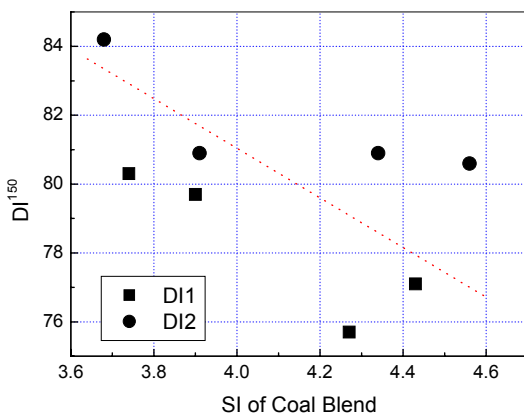


Fig.2 배합탄 SI 지수와 코크스 강도의 상관성

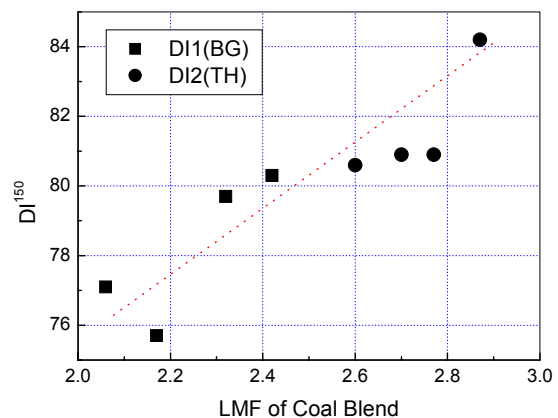
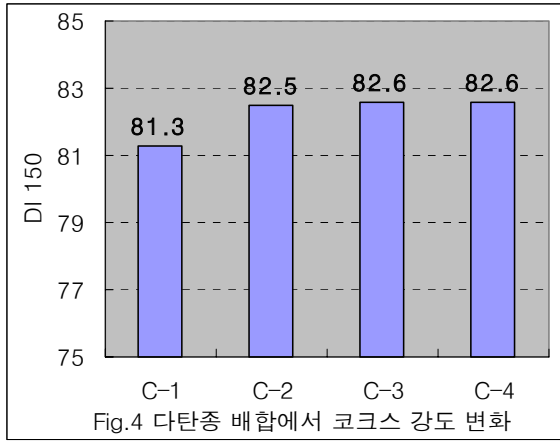


Fig.3 배합탄 LMF와 코크스 강도의 상관성

Fig.2와 Fig.3은 Table 1에 나타난 3탄종 배합탄의 SI지수와 LMF의 코크스 강도 상관성을 비교한 것이다. 배합탄의 SI 지수는 코크스 강도와 음의 상관성을(Fig.2) LMF는 양의 상관성을(Fig.3) 나타내는 것으로부터 코크스 강도 향상을 도모하기 위한 수단으로 배합탄의 LMF를 증대하는 경우가 필요함을 알 수 있다. 다공체인 코크스 강도는 기질이 되는 탄소의 이방성 조직발달과 기질의 두께와 기공특성에 의하여 결정된다. 배합탄

LMF 증대는 건류 중에 동반되는 석탄의 용융단계에서 석탄 구성분자의 중합반응을 촉진하여 코크스의 이방성 조직 발달을 촉진하는 효과를 부여하여 코크스 강도가 향상되는 것으로 평가된다. 이러한 결과는 점결탄의 MF계열의 GG를 사용하는 것이 강도 향상에 불리함을 의미한다



. Fig.4는 7탄종 배합에 있어 코크스 강도 변화를 나타낸 것이다. 배합 탄종 수가 많을수록 개개 탄종이 코크스 강도에 미치는 영향이 감소되기 때문에, 코크스 강도 변화가 크지는 않으나, 3탄종 배합의 결과와 유사하게 GG와 PD를 사용한 배합패턴(C-3, B-3, T-3 계열)에서 가장 높은 강도의 코크스가 제조되고 있으며, GG와 NP를 사용한 경우(C-1, B-1, T-1 계열)에는 가장 낮은 강도의 코크스가 제조되는 경향은 유지되고 있음을 알 수 있다

Fig.5와 Fig.6은 7탄종 배합탄의 SI와 LMF에 대한 코크스 강도 변화를 나타낸 것이다.

다탄종 배합에 있어 배합지수인 SI와 LMF 변화에 대하여, 코크스 강도 변화는 현저하게 나타나지 않으나, 3탄종배합의 경우와 동일한 경향으로써 배합탄 SI지수와 코크스 강도는 음의 상관성, LMF는 양의 상관성을 나타내었다. 이러한 결과는 SI지수가 높은 고가의 석탄을 다량으로 사용하는 것보다는 배합탄의 LMF 조정에 의하여 저가의 원료탄으로부터 고강도 코크스를 제조할 수 있는 것으로 사료된다.

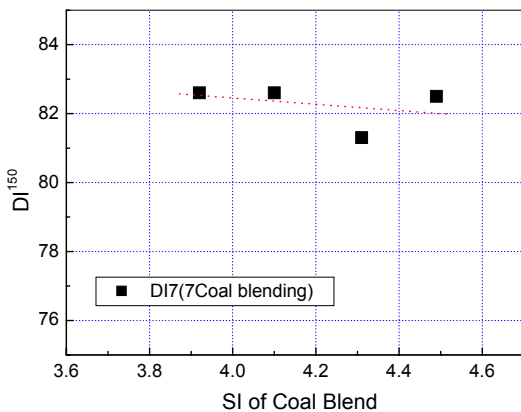


Fig.5 다탄종 배합탄의 SI지수와 코크스 강도

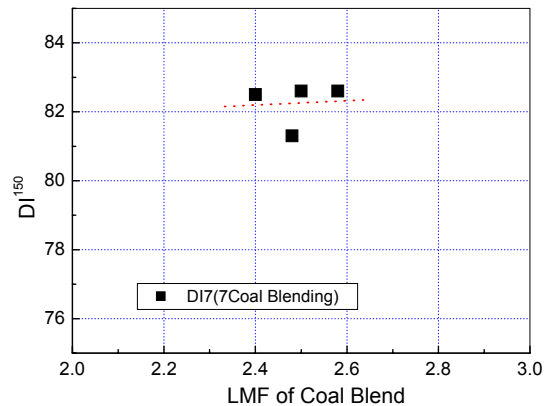


Fig.6 다탄종 배합탄의 LMF와 코크스 강도

결론

코크스 제조 원가 저감 측면에서 LMF가 높은 미점탄 사용 및 배합탄 LMF 상향 조정으로 저가의 미점탄 사용 증대와 코크스 강도 유지를 동시에 확보할 수 있다.

참고문헌

1. N. Schapiro and R. J Gray. J. Institute of Fuel, 234 (1964)
2. N. Schapiro et al " Blast Furnace, Coke Oven, and Raw Materials Conference", 89 (1961)