

製鐵 dust를 활용한 非燒成 펠릿의 高溫特性

†李相皓 · 金奭基* · 李昌喜**

浦項綜合製鐵(株) 技術研究所, 浦項綜合製鐵(株) 製鐵部(光陽)

**浦項工科大学校 材料金屬工學科

High Temperature Properties of Cold Bonded Pellets Based on Dusts from Steel Plants

†Sang-Ho Yi, Seok-Ki Kim* and Chang-Hee Rhee**

KwangYang Iron & Steelmaking Research Group, POSCO

*KwangYang Ironmaking Department, POSCO

**Department of Materials Science and Metallurgical Engineering, POSTECH

요 약

제철공정의 더스트류로부터 제조된 비소성펠릿의 고로 조업의 가능성을 파악하기 위해서 다음과 같은 고온특성을 조사하였다. 고로용 CBP는 상온강도 외에 고온특성기준을 추가하여 검토한 결과, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. CBP의 염기도는 1.7 전후가 적절한 고온특성을 나타내었으며, 결합제로서 포틀랜드계 보다는 수제 슬래그계 시멘트가 우수한 용융특성에 적절함을 확인하였다 또한 연화-용융사이의 압축누적량 기준으로 볼 때 염기도 2.6이상의 CBP는 노내에서의 통기성 악화 가능성을 나타내었다 따라서 결합제의 종류보다는 기본적으로 염기도 관리가 중요하며 결합제는 펠릿의 압축강도 및 양생시간등을 고려하여 선택할 필요가 있음을 확인할 수 있었다.

주제어: 비소성 펠릿, 고온특성, 염기도 제철 더스트

Abstract

High temperature properties of cold bonded pellet based on iron bearing dusts were investigated prior to using as a burden in blast furnaces. Major conclusions could be summarized as follows: the cold bonded pellet needed to be produced by the characteristic criterion on high temperature properties as well as a compressive strength. Basicity of cold bonded pellet should be limited to be approximately 1.7 in order to maintain appropriate softening and melting properties. On the other hand, basicity greater than 2.6 showed excessive pressure drop due to powder generation. Potentiality of blast furnace slag as binding material in making cold bonded pellets was also certified in viewpoints of high temperature property.

Key words: cold bonded pellet, basicity, iron and steelmaking dust

1. 서 론

CBP(Cold Bonded Pellet)는 1970년부터 일본 주요제철소에서 실용화된 공정으로 제철소내 발생 분진(dust),

슬러지(sludge)류를 결합제와 함께 수화물을 형성하여 피상화 하는 방법이다. 이러한 CBP는 주로 제선, 제강공정에서 발생하는 함철 및 함CaO 폐기물(dust류, sludge류 등) 등을 재 사용하는 자원재활용공정으로서, 주로 철합유CBP는 제선(ironmaking)공정에서, CaO를 다량 함유한 것은 제강공정(steelmaking)에서 사용되고 있다. Fig. 1은 CBP 제조공정의 개략도를 나타내고 있다.

† 1999년 3월 2일 접수, 1999년 5월 14일 수리

† E-mail: yish@pmail.posco.co.kr

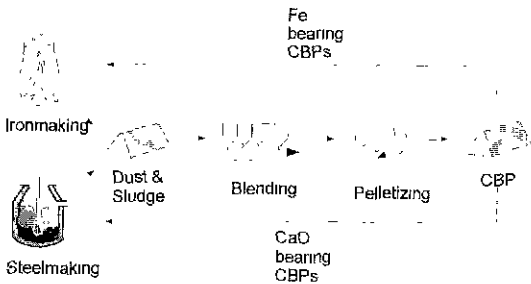
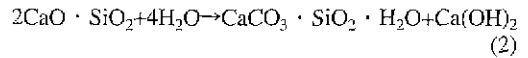
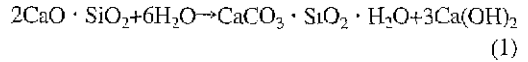


Fig. 1. Manufacture and use of CBPs in steel works.

CBP 사용에 따른 장점으로서는 폐기물 자원 재활용을 증가에 따른 내립비용 절감뿐만 아니라, 소결공정에서의 폐기물 미사용으로 소결 생산성 증대, 품질개선, 환경공해 저감 등의 부수적 이점이 있다.¹⁾ 또한 분진류의 소결 사용시 유해 성분에 의한 소결광 품질 악화 및 소결 배가스 집진 효율의 저하 등을 유발하므로 이러한 분진류나 미분 TiO₂광을 cold pellet화하여 고로 공정에 직접 사용하여 소결광 생산성 및 품질개선의 효과를 가져온다고 알려져 있기도 하다.³⁾ 이러한 CBP의 고로 장입원료로서의 특성은 제선 및 제강공장 등 여러 공정에서 생성되는 Dust류(DC dust, EP dust, B/F dust)와 sludge, 그리고 TiO₂ 사하분 등으로 제조되므로, 물리화학적 성상이 Table 1과 같이 다른 장입원료에 비해 불 균일하다. 따라서 물리화학적 성상은 다른 장입물보다 열악하고 T-Fe가 낮으며 불순성분(Al₂O₃, TiO₂, 알칼리 등)이 많은 단점도 있으나, 환원율의 상대적 우위와 탄소 다량 함유로 연료비 절감이 가능하다. 지금까지는 고로 원료로서 다량의 Zn를 함유하기 때문에 노환에 대한 영향을 주로 검토하여 왔는데 순환 과정 중 가스화된 Zn는 연외표면과 크랙(crack)부위에 석출되어 열팽창에 의한 연외 파손원인으로 작용하며, 또한 샤프트 상단벽부에 부착물을 형성하여 장입물의 균일한 하강을 방해하기 때문이다.³⁾ 따라서 타 원료에 비해 높은 Zn를 함유하는 CBP를 고로에 장입하면 노내 축적 Zn량이 많아 지므로 사용시 알칼리화합물과 함께 일정 기준에 준하

여 사용함을 원칙으로 하고 있다. 이외에 상온강도의 영향에 관심을 두어 관리하는데 소성 펠릿은 소성온도 및 원료조성에 따라 강도가 결정되나, CBP는 아래 식 (1), (2)과 같이 결합체의 수화물에 의한 결합력(결합체의 종류, 첨가량, 양생조건 등)에 따라 좌우되며, 양생과정 중 강도에 대한 반응은 calcium-silicate-hydrate를 주체로 하는 수화물 조직의 형성에 따른다.⁴⁾



따라서 고로 장입물로서 CBP의 압축강도는 150~170 kg/cm²로 유지하고 있으며, 시멘트 10% 첨가 후 14일 동안 양생한 것이 소성펠릿 대비 우수한 것으로 측정되어 이 기준으로 사용되고 있다.⁵⁾ 본 연구에서는 이러한 CBP의 특성중 지금까지는 상온특성에 국한하여 제조 관리된 CBP를 최근 고로 조업이 고미분탄주입(high pulverized coal injection) 조업으로 이행됨에 따른 노내 통기악화 유발 물질에 대한 사전 제어 필요성이 더욱 커지게 되어 고온에서의 환원용융성상의 재검토가 필요하였다. 이에 따라 장입물에 대한 고온특성은 고로장입물이 노정으로 장입후 용융되기 까지를 온도와 가스조성 등으로 모사 시킨 SUL(Softening Under Load) 시험기를 통해 검토되므로, 이를 동일한 조건에서 비교하여 적절한 성상을 가지는지 검토하였다. 또한 현행 CBP에 대한 결과 분석을 통해 고온특성을 개선시킬 수 있는 방법을 도출하고 고로장입물로서 적절한 고온성상을 갖는 CBP의 성상에 대하여 조사하였다

2. 실험방법

2.1. 실험장치 및 조건

2.1.1. 실험장치 및 조건

실험장치는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 고로내 현상

Table 1. The chemical analysis of various steel dusts for CBP (wt.%)

	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Alkali	C	Zn
BF sludge	40.6	6.72	2.03	0.65	0.57	22.2	0.92
sinter DC dust	36.5	6.72	1.99	1.19	0.41	29.2	0.12
BF dust	72.0	1.78	0.64	0.64	0.11	11.5	0.37
sinter E.P dust	39.0	6.50	1.64	3.92	0.23	22.4	0.03
LD dust	75.3	2.40	0.50	10.6	0.17	0.60	0.15

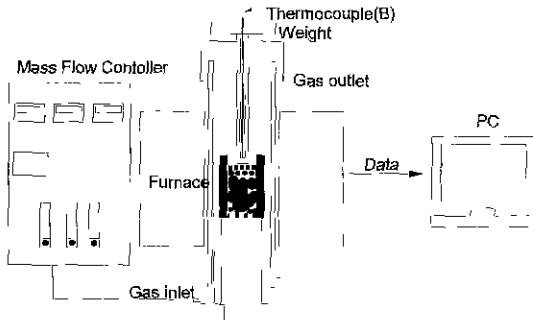


Fig. 2. Schematic diagram of SUL (softening under load) tester.

을 모사한 실험조건으로 가스 조성, 반응 온도 및 하중을 변화시켜 고온에서의 장입물의 하중연화현상을 해석하며, 주로 소결광의 고온 연화거동 해석과 내화물의 연화거동해석, 선팽창률등을 측정하는 고온하중실험장치 (Softening Under Load)이다. 차압측정 범위는 0에서 1.0 kg/cm²로 실험데이터를 자동으로 파일 저장한다. 실험은 시료를 담은 도가니를 가열로에 장착하고, 승온개시와 동시에 하부 쪽으로부터 N₂ 가스를 300°C까지 공급하고 그 이상의 온도부터는 N₂와 CO+H₂를 7:3 비율로 혼합한 가스를 공급하여 환원을 진행시키면서 시료의 온도, 시료의 팽창 및 수축에 의한 변위, 유입·배출가스의 압력차 등을 측정한다. 시료를 담은 도가니는 흑연체(40φ×80H mm)이며 시료를 100g 넣은 후 상하를 8~10 mm인 입상의 코크스를 장입하여 환원가스의 균일 분포를 유지하였다 용락이 시작되면 용융급속과 슬래그는 하부의 시료 포집 장치에 시간대별로 채취된다. 고온에서 장입물의 연화, 용융과정을 직접 관찰할 수 있는 X-ray fluoroscope(Max. 225KV)를 사용한 시험에서는 SUL test와 동일한 반응용기의 크기를 사용

하였으며 SUL에서의 반응과정을 관찰하기 위해서 승온 및 단계별 환원가스를 동일한 형태로 유지시켰으며 이 장치의 모식도는 Fig. 3과 같다.

2.2. 실험조건

CBP가 고로 내에서 사용되는 것을 전제로 최근 고로 조업이 미분탄을 150 kg/T-pig수준으로 취입되고 있는 것을 고려하여 노내 가스 중 H₂를 증량 시킨 환원조건을 설정하였으며, 철광석 환원패턴의 변동과 철광석의 고온 연화용융특성 변동에 미치는 영향을 검토하였다.

미분탄 취입비를 고려한 온도분포와 환원가스분포를 모사 시킨 본 실험에서는 1000°C구역에서 30분을 유지시켜 저온환원정체구역을 설정하였고, 환원가스로 그 동안 CO+N₂가스로 표현되는 코크스만 사용하는 조업(All coke조업)과 비교하기 위해 평균 7%의 H₂가스를 혼합시킨 고미분탄 조업조건⁶⁾하에서 고온연화용융특성을 측정하였다. 상세한 실험조건을 Table 2와 Table 3에 각각 나타내었다.

한편, 사용되는 시료의 크기는 일반적인 소성펠릿의 입도 분포를 고려하여 시료 입자크기를 10~12 mm로 사용하였고 부가된 하중(load)은 0.5 kg/cm²의 값을 중심으로 비교하였다. 사용된 CBP는 제철소내의 더스트류의 재활용을 고려하여 고로더스트(17%), E.P 더스트(7%), 고로 슬러지(20%)와 소결 R.E.P(Room E.P) 더스트(12%), 제강 E.C 더스트(6%), 그리고 열연슬러지(20%)에 결합제(10%)로 혼합 제조하였다. 결합제로는 포틀랜드계 시멘트와 고로 시멘트 및 수재슬래그 등을 사용하였다. 이를 위해서 현재 고로 조업에서 사용중인 CBP를 적치장에서 채취 후 건조하여 고온하중연화 시험을 실시하고, X-ray fluoroscope에 의한 CBP의 연화 용융 과정 등을 관찰하였다.

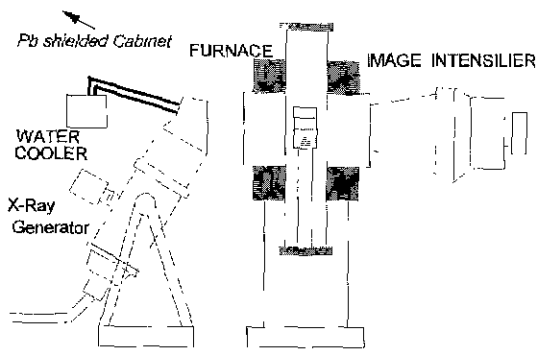


Fig. 3. Schematic feature of X-ray fluoroscope.

Table 2. The heating pattern of the experiment for high temperature properties of CBPs.

Temperature(°C)	~ 1000	1000	1000 ~
Heating Rate (°C/min)	10	0	5
Holding Time (min)	-	30	-

Table 3. The gas pattern of the experiment for high temperature properties of CBPs. (vol.%)

Temperature Range(°C)	CO	CO ₂	N ₂	H ₂	H ₂ O
> 700	20	20	50	5	5
700 ~ 1000	30	10	50	6	4
< 1000	40	0	50	10	0

Table 4. The chemical analysis of cold bonded pellet without considering high temperature properties (wt.%)

	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	C	C/S	binder
ordinary CBP	48.26	3.23	1.92	10.11	0.61	10.85	3.13	portland cement

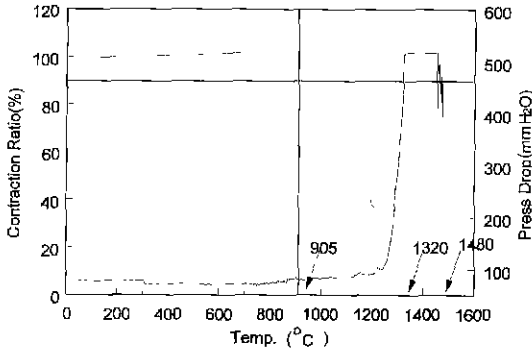


Fig. 4. High temperature properties of currently used CBP.

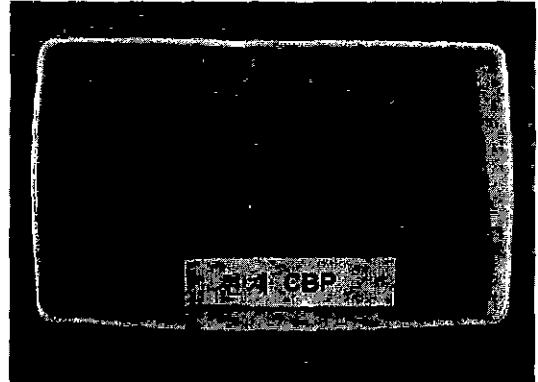


Photo. 1. Powdered CBP after reaction.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 고온성상을 고려치 않은 CBP(Cold Bonded Pellet)의 고온특성

Table 4에 상온강도 및 Zn함량만을 고려한 기존 CBP의 화학성분을 나타내었다. 이러한 CBP의 고온특성 실험결과를 Fig. 4에 나타내었는데 재현성 확인을 위해 2회에 걸쳐 실험한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 1300°C를 넘어선 온도에서 압손의 급격한 상승을 보이고 있는데, 이 현상은 압손의 최대치를 500 mmH₂O로 설정한 본 실험장치의 상한선을 넘은 것으로 실험 종료시까지 지속되었다. 이같은 급격한 차압 상승의 원인이 기존 장입물에서 관찰되는 연화, 용융에 의한 것으로는 보기 어려운데 실험종료 후 장치 내에 잔존하는 장입물을 확인한 결과, 모두 분체 상태로 존재하고 있었기 때문이다(Photo. 1). 이것은 장입물의 연화점의 기준인 10% 수축하는 온도를 고려할 때, 이 실험에서 관찰되는 용융 및 압손등이 모두 분화에 의한 것으로 시료의 연화개시온도로 측정된 820°C영역부터 분화가 시작됨을 의미한다. 이러한 사실은 2차 실험에서 배가스 line을 통해 배출되는 분말을 확인할 수 있었으며, X 선에 의한 연화용융 실험에서도 관찰되었다. 실험 후 채취한 시료의 대부분은 분체와 환원·용융된 메탈 및 슬래그로 구성되었으며, 분체의 화합물을 XRD에 의해 분석한 결과, Fig. 5와 같이 대부분이 C₂S(dicalcium silicate)로 구성되어 있었다.

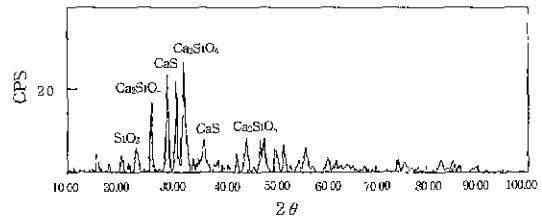


Fig. 5. XRD image of yard CBP after SUL test.

C₂S상의 분말은 고융점(2000°C이상)화합물로서 본 실험온도에서는 용융이 불가능한 것임을 알 수 있다.⁷⁾ 이러한 고융점물질은 Table 3에 나타낸 대로 맥석류의 염기도(CaO/SiO₂)가 3으로서, 포틀랜드계 시멘트 결합제(CaO 60.6%, SiO₂ 20.6%)의 성분에 기인된 것으로 염기도의 재조정이 필요함을 의미한다. 분화 등에 의한 차압상승은 결국 고융점 시멘트 결합제 때문이며 적절한 연화, 용융은 염기도의 하향화를 통해 가능하다는 사실을 추정할 수 있다. 이러한 CBP의 고온특성은 하중은 부가하지 않고 X-ray fluoroscope 실험조건에서 실시한 결과 Fig 6과 같이 일반적인 장입물의 연화용융에서 관찰되는 펠릿 접촉면에서 융착이 일어나는 것이 아니라 topochemical 적 분화거동으로 일정한 온도에서 붕괴되어 분이 발생하는 것으로 관찰되었다. 즉 CBP가 1350°C에서 시료층의 절대높이가 감소되어 SUL test에서 측정된 1300°C에서의 압손 급상승 현상을 재현시킨 결과로 추정된다. 현재 측정된 CBP

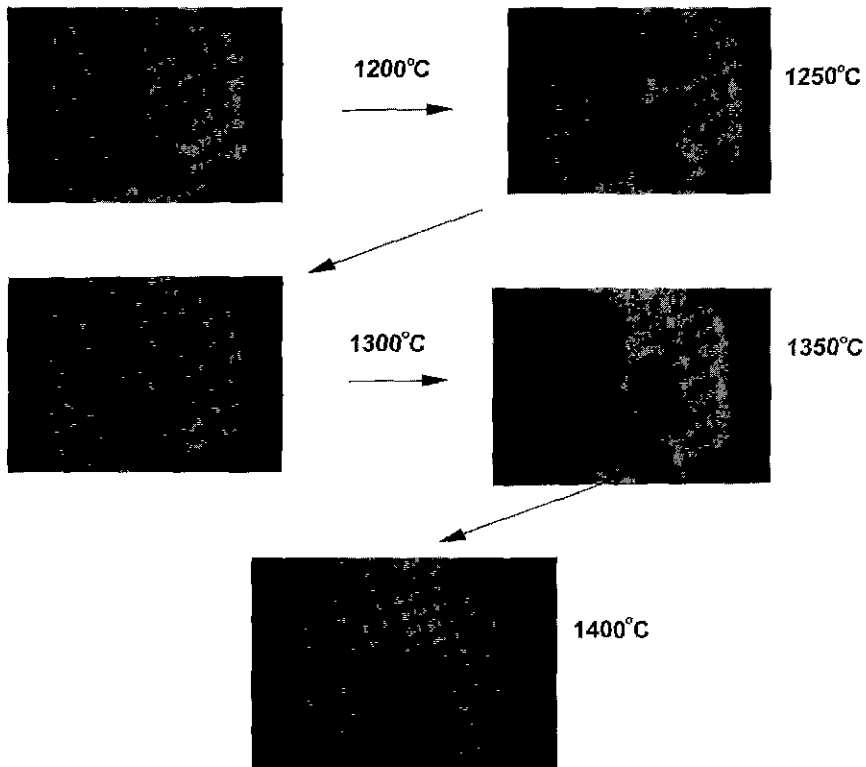


Fig. 6. X-Ray fluoroscopic image of CBP during reduction and melting

의 경우 연화점이 800~820°C이고 용융점이 1400°C로서 연화점이 일반 소성펠릿⁷⁾에 비해서 약 300°C가량 낮은($\Delta T_{CBP}=600$, $\Delta T_{소성펠릿}=300^\circ\text{C}$) 특성치가 측정되었으며, 이러한 연화점의 저하는 조기 분화성 외에도 산화철 환원시 잔류하는 백석류의 결합력이 저하되어 고온에서 분화가 가속되는 것으로 추정된다. 한편, 1350°C 이후 잔류하는 시료가 건전한 형태로 존재하고 절대량만 감소된 결과는 외각으로부터의 분화에 의한 입경의 감소(17 mm → 15 mm)때문인 것으로 추정된다. 따라서 현재의 CBP조성으로는 분화에 의한 고온성상이 불안정하므로 이를 적절한 범위로 조정할 필요가 있고, 이러한 조성에서는 C_2S 혹은 C_3S 가 생성될 수 있으므로 슬래그 조성 개선(eg. 염기도 조정)에 의해 조정할 필요가 있다. 또한 CBP제조용 제철소발생 더스트류는 이미 고융점 화합물상태로 존재하고 있을 가능성과, 환원이 이루어지면서 백석류만 잔류하여 결합력이 줄어들어 분화가 심화될 가능성이 있으므로 이를 승온 단계에서 저융점화시킬 수 있는 성분 고려가 필요하다.

3.2. CBP의 고온성상개선

3.1절에서 검토된 대로 상온강도 등의 특성만을 고려한 품질기준 외에 고로에서의 사용성을 고려하여 분화에 의한 차압의 상승 등을 억제하기 위해 염기도를 하향화시키고 적절한 백석량 범위에 대한 수준을 재정의할 필요가 있다. 佐藤勝彦 등⁸⁾은 NSC의 철광석계 CBP고온특성을 개선시키기 위해 분화를 방지할 적절한 백석량, 염기도 등을 조정하여 개선사례를 제시한 바 있고, Yamada⁹⁾ 등은 MgO성분을 추가시켜 슬래그의 고온성상을 개선하려는 연구를 수행한 바 있다. 본 연구에서는 시멘트계 결합제에 의한 고융점화를 지양하기 위해서 수계(水津)슬래그계 시멘트를 사용하여 백석류의 염기도를 낮추고 CBP를 구성하는 더스트중에서 고 CaO에 기여하는 더스트류의 사용을 줄여서 고온성상을 개선하고자 하였다. 이를 위해서는 사용 결합제에 따른 적정 염기도와 총 백석량의 적정범위를 설정하여 고로 조업에 맞는 고온특성 확보가 필요하며 이에 따라 아래 Table 5와 같은 배합을 제안하여 고온성상의 개선을 시도하였다.

Table 5. The chemical analysis of CBPs for improving high temperature properties. (wt.%)

	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	C	C/S	Binder/Additives
Mix 1	47.15	3.95	1.73	6.98	1.03	9.37	1.77	portland cement
Mix 2	47.08	3.71	2.05	6.45	1.10	9.36	1.74	BF cement
Mix 3	46.71	4.30	2.06	9.70	1.08	10.59	2.26	" /DC dust(5%)
Mix 4	46.34	4.84	2.07	10.22	1.06	11.81	2.11	" /DC dust(10%)
Mix 5	46.34	4.84	2.07	9.17	1.06	11.81	2.10	granular BF slag

3.2.1. 용융특성

Table 4에 나타난 조성의 CBP에 대한 용융특성을 측정된 결과 대체적으로 10%수축 시점인 800°C에서 연화가 시작되며 1350~1450°C에서 용융되었고 이를 Fig. 7에 나타내었다. 각 시료의 용융온도는 정확히 측정하기 곤란하며 차압의 급상승온도와 시료층의 높이가 0이 되는 점이 불분명하기 때문에 그 편차를 고려해서 압승급상승 온도기준으로 표현하였다. 연화온도가 낮은 것은 환원 과정 중에 topochemical 반응에 따른 금속 shell이 형성돼서 환원정체가 발생되는 것으로 생각되지만, 본 연구에서와 같이 제철 dust류에 의한 비소성펠릿은 부분적인 분화에 일부 기인되는 것으로 추정된다(加太¹⁾ 등은 코크스분(粉)을 5~7 wt.%혼합하여 사용한 결과 이러한 연화온도 저하를 방지 할 수 있다고 보고하였으나 본 연구에서는 사용 CBP가 자체적으로 10 wt.%정도의 탄소를 함유하고 있음에도 불구하고 연화온도의 상승은 관찰되지 않았다. 그러나 용융온도는 타 장입물(소결광, 소성펠릿 및 정립광)이 대개 1400~1500°C에서 용융되는 것을 고려하면 이 범위에서 용융이 이루어지는 것이 고로 하부에서의 통기성 악화 방지에 기여할 것으로 예상된다. 저 염기도에서는 용융이

관찰되기는 했지만 압승기준과 수축기준이 서로 상이하여 편차가 크게 나타났다. 또한 Mix 3(염기도 2.26)을 제외하고는 대부분 용융이 이루어졌으나 분화도 상당히 진행되어 차압의 상승을 초래하였다.

3.2.2. 압력손실 특성

대부분의 장입 원료는 용융 시점에 압승의 급상승이 발생한다. 하지만 CBP의 경우는 일반적으로 분화의 경향이 있기 때문에 급격한 압승 증가와 용융시점이 일치하지는 않는다. Fig. 8에서와 같이 저 염기도 영역에서는 최대 압승값이 300 이하에 머물지만 염기도 2.1을 넘는 영역에서는 결합체의 종류와 구성 시료의 특성에 크게 구애 받지 않고 최대압승값이 설정치까지 상승하는 것이 관찰되었다. 또한 저 염기도에서는 결합체 종류에 관계없이 낮은 압승치를 보였으나 고염기도에서는 대부분 400 mmH₂O이상으로 절대 압승값이 염기도에 크게 의존함을 확인하였다. 이는 기존의 비소성 펠릿과 유사한 경향으로 적정 염기도 영역을 2.0이하로 관리해야 함을 알 수 있다. 반면에 고염기도에서는 압승급상승이 모두 낮은 온도에서 높은 절대 값을 나타내므로 고온분화는 조기에 발생됨을 추정할 수 있다. 한편, 최

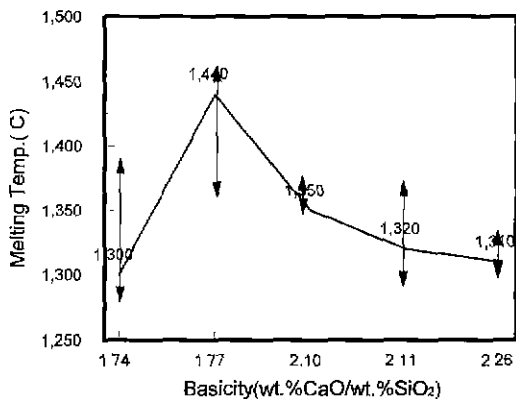


Fig. 7. Melting temperatures of CBP with different basicities.

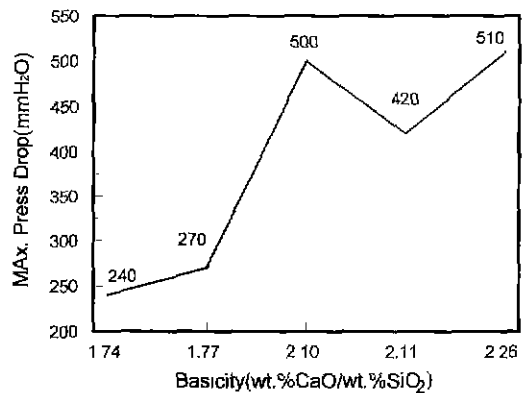


Fig. 8. Maximum pressure drop values with change of basicity of CBP.

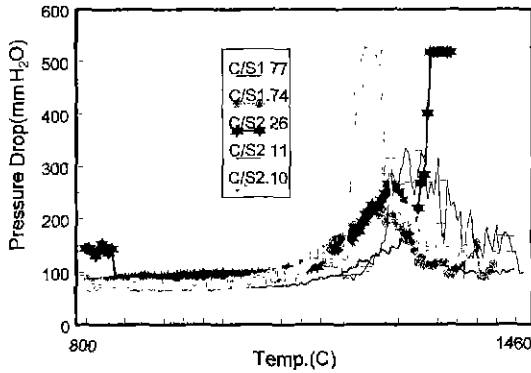


Fig. 9. Trends of pressure drops between softening and melting temperatures

대압손값의 분포는 염기도 2.0이상에서는 거의 500 mmH₂O수준으로 높았으나, 염기도 1.7전후에는 통기성 측면에서 적절한 수준인 것으로 관찰되었다. 또한 연화~용융점사이의 압손분포를 전체 대상시료의 차압패턴과 최대차압등의 차이를 Fig 9에 비교하여 나타내었다. 그림과 같이 연화~용융사이의 절대압손이 200 mmH₂O수준으로 분포된 염기도 1.77의 경우가 가장 통기저항을 적게 받았고, 이어 염기도 1.74가 적절한 압손분포를 보였다. 염기도 1.77은 기존의 일반시멘트 결

합제를 사용한 경우이지만, 분화발생정도와 통기저항값 등의 고온특성은 양호하여 고온특성이 결합제의 종류보다는 염기도에 의존함을 추정할 수 있다. 한편, 염기도 2.26과 2.10으로 조성된 Mix 3,4는 최대압손값이 과다할 뿐 아니라 누적량분포도 상대적으로 커서 통기저항이 큰 것이 확인되었다. 이러한 조성의 CBP를 사용하면 고로 하부에서 큰 통기장애를 가져와 노환악화의 원인이 될 수 있다.

3.2.3 용락 후 잔류시료조사

SUL test에 의한 반응 종료 후 하단 용락시료 채취구를 통해 얻어진 용락시료를 비교하여 각 Mix에 대한 고온특성을 검토하였다. 저 염기도 시료의 용락후 잔류시료 검토결과 염기도 1.7수준에서는 결합제에 상관없이(포틀랜드계 및 수재슬래그계) 모두 용락성이 우수하여 슬래그와 메탈이 적절히 분리되었다. 즉, Photo 2에서 관찰한 결과 포틀랜드계 시멘트 결합제를 사용한 Mix 1시료의 경우 약간의 분화시료만 부분적으로 관찰되었고(a), Photo 2의 (b)에 나타난 Mix 2의 경우는 거의 소성 펠릿이나 소결광수준의 용락시료의 형상을 보였다. 이는 환원,용융과정이 양호하여 일반적인 고로 정입물과 같은 고온성상을 가지고 있음을 추정할 수 있다. 고 염기도 이면서 결합제가 수재슬래그계로 구성된 염기도 2.6인 Mix 3의 용락후 잔류시료는 염기도의 과

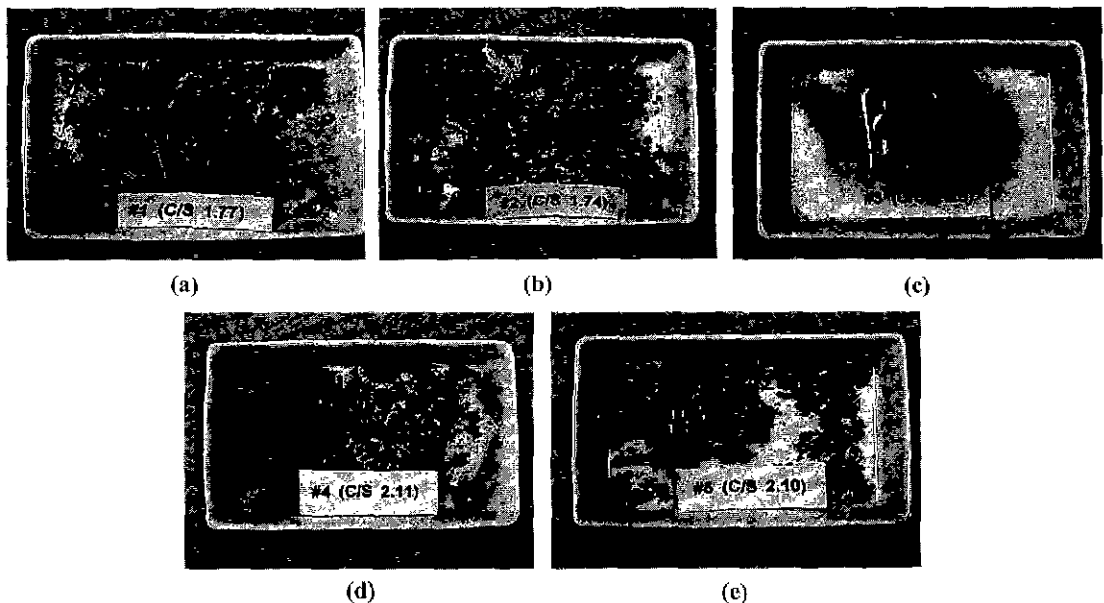


Photo. 2. Slag and metals sampled after reaction for basicity-controlled CBPs.

다함으로 용락이 되지 못하여 층내에 미용해 상태로 남고, 나머지는 분화되어 배가스라인 등으로 퇴적되어 소모되었다(c). 사진에서 보듯이 원형도가니 상부 cap에 부분적으로 용해된 슬래그만 일부 존재하는데, 이는 앞서 연화~용융온도 사이의 압손 분포검토에서도 확인된 대로 층내의 통기 저항을 유발시켜 통기성 악화의 원인이 된 것으로 생각된다. 이 같은 결과를 통해 슬래그 용점저하에 기여할 것으로 생각된 고로슬래그계 결합제를 사용하였지만 전체 염기도의 상승은 본 실험조건에서 고온성상의 개선을 기대할 수 없음을 확인되었다. 한편, Mix 4의 경우 고염기도 시료이지만 Mix 3에 비해 낮은 염기도로 인하여 용락 되었고(d), 슬래그시료중 석회부분이 집중 관찰된 것으로 미루어 적절한 슬래그화가 이루어지지 못한 것으로 추정된다. 결합제 전부가 수제슬래그로 구성된 Mix 5의 경우 용락량이 줄어들어 사진 중 (e)과 같이 부분적인 분화가 있었음을 확인하였다. 이는 수제 슬래그만을 사용하였을 때 상온강도 발현용 알칼리 촉진제(activator)가 첨가되지 않아 양생이 잘 이루어지지 못하였고, 승온과 하중 부가상태에서 부분적인 분화가 발생하여 잔류시료의 부족을 초래한 것으로 생각된다. 따라서 적절한 고온성상을 위해서는 비소성펠릿의 구성물질의 겔보기 염기도(CaO/SiO₂)가 2.0보다 적은 값을 가져야 하고 본 실험의 경우에서 보면 약 1.7전후가 가장 우수한 특성을 나타내고 있었다. 일반적으로 자용성소결광의 특성 평가시 염기도 1.6이하의 피원원성 및 연화 용융성이 불리하다고 알려져 있으며 비소성펠릿 구성물질의 특성상 최소 1.5이상은 불가피하게 됨을 고려할 때 본 실험을 통해 확인된 염기도 1.7전후의 조성영역은 적절한 고온특성을 가질 것으로 사료된다. 이같은 사실은 고로에서 사용되고 있는 자용성 소결광이 오랜 세월동안 염기도 1.5~1.8수준으로 최적화된 사례¹⁰⁾를 볼 때 노내에서 적절한 연화,용융 및 슬래그화를 위해서는 이런 조성영역의 설정은 의미가 있다. 또한 미소한 차이지만 같은 염기도를 기준으로 할 때 일반시멘트보다는 고로 시멘트를 사용하는 것이 고온성상에 유리할 것으로 추정된다.

4. 결 론

제철공정에서 발생하는 더스트류를 이용하여 제조한 비소성 펠릿을 고로 조업에 사용하기 위해 고온특성을

고려하여 최적화 시킨 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고로용 CBP는 상온강도 외에 고온특성기준을 추가하여 제조, 사용되어야 한다.
2. CBP의 염기도는 고온특성을 고려하여 1.7 전후가 적절하며 결합제로서 포틀랜드계 보다는 수제 슬래그계 시멘트가 용융특성이 우수하였다.
3. 연화-용융사이의 압손 누적량 기준으로 볼 때 염기도 2.6이상의 CBP는 노내에서의 통기성 악화 가능성이 있다.
4. 결합제의 종류보다는 기본적으로 염기도 관리가 중요하며 결합제는 펠릿의 압축강도 및 양생시간 등을 고려하여 선택할 필요가 있다.

참고문헌

- 1 加太 茂久, 西川 潔, 吉田 均, 松永 伸一, 小林 政徳 : “ドコルドペレットによる製鐵ガスの有効利用技術”, CAMP-ISIJ, Vol 10 討-4 (1997).
- 2 上野英生, 館 充, 大藏明光 : “セメントボン系ドコルドペレットの 脫水・還元舉動 および 熱間強度に 關する研究”, 鐵と鋼, 66, p317 (1980).
- 3 神原健二郎, 重見影利 : “高爐の 解體調査” 製鐵研究 No. 229, p37-45 (1976).
- 4 宮下恒雄, 吉越英之, 松井正治, 嶋島 治, 福 寛 : “ドコルドペレットの連續急速養生プロセスの開発および成品の性状評價”, 鐵と鋼, 69, p1974 (1983)
- 5 김태등, 김성완 등 : “비시멘트계 더스트 비소성펠릿의 강도특성”, POSCO 연구결과보고서, POSCO, p9 (1997)
- 6 이상호 등 : “미분탄 다량취입기술개발(II)” Chap.III, POSCO 연구결과보고서, POSCO, p35 (1998).
- 7 Verln Deutcher Eisenhüttenleute (VDEh) : “Slag Atlas. 2nd Edition” Verlag Stahleisen GmbH, D-Dusseldorf, p105 (1995).
- 8 佐藤勝彦, 神原 健二郎, 古井健夫 : “セメントボン系ドコルドペレットの 荷重 軟化性状”, 鐵と鋼, 65, p.1673-1682 (1979).
9. H. Yamada, J. Haruna, A. Suzuki, K. Kajima and T. Oguchi “High temperature properties of cold bonded pellets with coke”, Trans. ISIJ. Vol.25, B-141 (1985).
10. Cyro Takano, Marcelo B. Mourao: “Self Reducing Pellets of Wastes from Iron Ore Sintering Plant”, Second Int'l Symposium on Extraction and Processing for the Treatment and Minimizaton of Wastes, TMS. p.791-799 (1996).



李相皓

- 1983 고려대학교 공과대학 금속공학과 학사
- 1985 고려대학교 대학원 금속공학과 석사
- 1998 포항공과대학교 대학원 재료금속공학과 박사
- 1985~ 현재 포항종합제철 (주) 기술연구소 책임연구원



李昌熹

- 1957 서울대학교 금속공학과 학사
- 1964 독일 아헨공대 철야금학과 (Dipl.-Ing)
- 1968 독일 아헨공대 야금학부 (박사)
- 1986년 ~ 현재 포항공과대학교 재료 금속공학과 교수

金奭基

- 1988 홍익대학교 공과대학 금속공학과 학사
- 1988~ 현재 포항종합제철 (주) 평양제철소 제선부 대리

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技術 報告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會議의 報告, 國內外의 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.