

## 플라스틱의 風口 1本 試驗吹入에 따른 高爐操業影響

許南煥 · 任昌熙

浦項製鐵 技術研究所

### Effect of Plastic Injection on the Blast Furnace Operation Under One-Tuyere Test

Nam-Hwan Heo and Chang-Hee Yim

Technical Research Labs., POSCO

#### 요 약

최근 선진국에서는 폐플라스틱을 고로의 대체연료로 이용하려는 기술개발이 시도되고 있다. 본 연구에서는 포항제철 주물선 고로 풍구 1본을 대상으로 시험취입을 실시한 결과, 플라스틱의 취입속도는 다음과 같이 나타낼 수 있었다.

$$W_s = 0.265 \frac{\Delta P A}{U_g}$$

여기서  $W_s$ ,  $\Delta P$ ,  $A$  그리고  $U_g$ 는 각각 플라스틱 수송속도(kg/sec), 공급용기내의 압력과 송풍압력의 차이(atm), 수송배관의 단면적( $m^2$ ) 그리고 총 수송공기 유속(m/sec)이다. 약 96시간의 조업기간중 최대 취입비 6.4 kg-plastic/t-p까지의 반연속 시험취입 조업결과, 치환율은 1.38 정도였다. 플라스틱이 취입됨에 따라 노정가스중 수소의 함량은 증가하였으며, 연소대 형상변화에 따라 belly부 노체의 온도는 상승하였다.

#### ABSTRACT

Recently, the new technology for the recycling of waste plastics as an alternative fuel of blast furnace has been developed. In this study, the test of plastics injection into a tuyere of the foundry blast furnace were carried out. The injection rate of plastics for this test facility was expressed as follows,

$$W_s = 0.265 \frac{\Delta P A}{U_g}$$

where,  $W_s$ ,  $\Delta P$ ,  $A$  and  $U_g$  are plastic conveying rate (kg/sec), pressure drop between feed hopper and blast pressure (atm), cross sectional area of conveying pipe ( $m^2$ ) and superficial velocity of transport air (m/sec) respectively. From the results of semi-continuous test operation during 96 hours, the replacement ratio turned out to be 1.38 according to the injection rate of 6.4 kg-plastics/t-p. With increasing the rate of plastics injection, the content of hydrogen in top gas became increased and the brick temperature at belly was also increased due to the changes of the combustion zone shape.

#### 1. 서 론

최근 철강산업은 품질과 가격의 경쟁력 확보와 수급의 안정 등의 과제와 함께, 환경문제에 대한 대처가 요구되고 있다. 에너지 다소비 산업인 철강산업은  $CO_2$ 를 다량 배출

함으로써, 이와 관련된 환경법규가 국내외적으로 강화되고 있다. 이에 대하여 제철 부문에서는 일반탄을 사용할 수 있는 COREX와 같은 새로운 생산공정의 개발뿐만 아니라, 원료 및 연료의 사용량 절감과 대체재 개발을 위한 노력이 계속되고 있다.

사용후 발생하는 폐플라스틱은 성분상 양호한 연료임에도 불구하고 대부분 소각처리 혹은 매립처분에 의해 폐기되고 있어서 큰 사회환경문제로 대두되고 있다. 1993년 일본의 경우 총 756만톤의 폐기대상 플라스틱중 재활용율은 25% 정도이며,<sup>1)</sup> 국내의 경우에는 1995년 기준으로 약 280만톤 정도의 발생물량중 15.6%만 재활용되고 있는 것으로 추정되고 있다.<sup>2)</sup>

최근 독일과 일본의 몇몇 고로사에서는 이렇게 재활용율이 낮은 폐플라스틱을 고로의 연료로 대체 활용하려는 기술개발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 포항제철 주물선 고로 풍구 1본을 대상으로 플라스틱의 시험취입을 실시하고 그 결과를 분석하였다.

### 1.1. 폐플라스틱의 고로 취입기술

폐플라스틱의 재활용방법은 최종 활용형태에 따라 material recycling, 오일 등으로 회수하는 chemical recycling 그리고 소각 등으로 연료화하는 thermal recycling으로 대별할 수 있다.<sup>3, 4)</sup> 그러나 폐플라스틱의 수거, 분리 등 그 처리공정이 매우 복잡하고 또한 재생효율이 낮은 뿐만 아니라, 2차 오염원을 발생시키는 등의 문제점으로 재활용의 한계를 나타내고 있다.

따라서 최근 폐플라스틱의 재활용을 향상시키는 방법으로서 고로의 열원과 환원제로 대체 이용하고자 하는 기술이 제시되고 있다. Table 1에는 현재 세계적으로 실용화되거나 연구개발단계에 있는 폐플라스틱의 고로취입 현황을 정리한 것이다. 독일은 1995년 7월 Bremen 2고로에서 세계 최초

로 폐플라스틱을 고로에 취입하는 시험조업한 이후,<sup>5, 6)</sup> 여러 고로에서 실조업에 적용하고 있다. 특히 독일은 폐플라스틱의 재활용을 추진하기 위하여 플라스틱의 수거와 재생 및 수송작업을 전담하기 위해 DSD(Duales System Deutschland)가 플라스틱 폐기물의 발생원으로 부터 부담금을 받아 재생 및 재활용 공정에 처리비용으로 보조하고 있다.

이에 반하여 일본의 경우에는 1996년 12월 일본철강연맹은 2010년까지 철강제조 공정에서 사용되는 에너지를 10% 추가적으로 절감하는 것을 목표로 "철강업 환경보전 자주행동계획"을 발표하고, 부산물의 이용과 스틸 캔 재활용을 강화함과 아울러, 지구온난화의 대책으로서 폐플라스틱등 에너지의 효율적인 이용 등의 활동을 계획하고 있다. 1996년 10월 플라스틱의 처리공정을 포함하는 일괄설비를 日本鋼管 京浜 1고로에 설치하여 시험가동과 함께, shaft형의 scrap 용해공정인 PRISM(Process for Regenerating Iron by Scrap Melting)의 개발을 통한 폐플라스틱 활용기술을 적극적으로 개발중에 있다.<sup>7, 9)</sup> 또한 日本鋼管에서의 폐플라스틱 취입을 계기로 통산성에서는 일반 폐기물중의 플라스틱 용기 등을 고로의 대체 환원제로서 이용하는 "一般系 폐플라스틱 고로 원료화 모델 리사이클 시스템 연구조사"의 착수와 함께, 일본철강연맹, 일본화학공업협회 등은 폐플라스틱의 고로 원료화를 활성화하기 위해 8개 철강업체와 공동으로 일반계 폐플라스틱 고로 원료화 모델 리사이클 시스템 연구를 행하였다.

폐플라스틱의 고로 취입의 장점에 대하여, Janz<sup>9)</sup>는 범용성 수지인 Polystyrene의 원료인 styrene(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH=CH<sub>2</sub>, 비닐

Table 1. Status of blast furnaces injecting the waste plastics

Blast furnace	Germany			Japan	Korea
	Hamborn No. 4	Bremen No. 2	Eko No. 3	Keihin No. 1	POSCO Foundry
Inner volume of blast furnace (m <sup>3</sup> )	2100	3110	850	4907	1080
Starting date of injection facility	'95. 6	'95. 7	'96.	'96. 10	'96. 12
Injection capacity (t/hr)	4	10	5	5	0.5
Numbers of tuyeres for injection (EA)	4 (32)*	8 (32)*	8 (15)*	4 (40)*	1 (20)*
Injection mode	Intermittent injection (half day)	Continuous injection	Continuous injection	Continuous injection	Semi-Continuous injection
Future injection rate to achieve	In all blast furnaces in Thyssen, 35,000 t/y	70,000 t/y	N.A.	30,000 t/y	Increased capacity upto 4 tuyeres (2 t/hr)
Subsidy (per ton)	180 DM	~200 DM (Estimated)	200~250 DM	3000 ₩ (Estimated)	None
Remarks	To be transferred to Hamborn No.9 blast furnace	-	-	Integrated facilities (Total investment of ₩ 1.5 billion)	Not commercialized

\* Number in a parenthesis denotes the total numbers of tuyeres.

벤젠)을 소각시 약 30% 효율, 발전설비의 연료로 사용할 때에는 약 40%의 공정효율을 나타내는 반면, 고로의 경우 약 80%의 효율로 매우 높은 경제성이 있다고 하였다.

또한 일반적인 플라스틱은 고로의 연료로 이용되는 코크스나 석탄에 비하여 높은 발열량을 나타내고 있으며, 이로 인해 고로내 코크스의 절감효과가 클 것으로 예상할 수 있다.

플라스틱의 고로취입시 환경영향에 대한 평가를 위해 dioxin 발생량을 측정한 바 있다.<sup>5,6)</sup> Dioxin 화합물중 PCDD (Polychlorinated dibenzo-p-dioxin)를 대상으로 고로 열풍로의 배가스를 분석한 결과 플라스틱 취입전후 모두 환경규제치인 0.1 ng TE(Toxic Equivalent)/m<sup>3</sup> 보다 100배 정도 낮은 양으로 측정되었다.

이상과 같이 폐플라스틱을 고로에 취입할 경우 고로에 사용되는 코크스 사용량을 절감하여 석탄 자원을 절약하고 이에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량을 줄일 수 있으며, 다른 처리공정에 비해 효율이 높기 때문에 자원 및 에너지 절감 측면에서 유리하다. 그리고 플라스틱 폐기물을 감소시키는 효과와 함께 2차 환경오염문제도 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 시험취입설비 및 취입플라스틱

Fig. 1에는 포항제철 주물선고로 풍구 1분을 대상으로 한

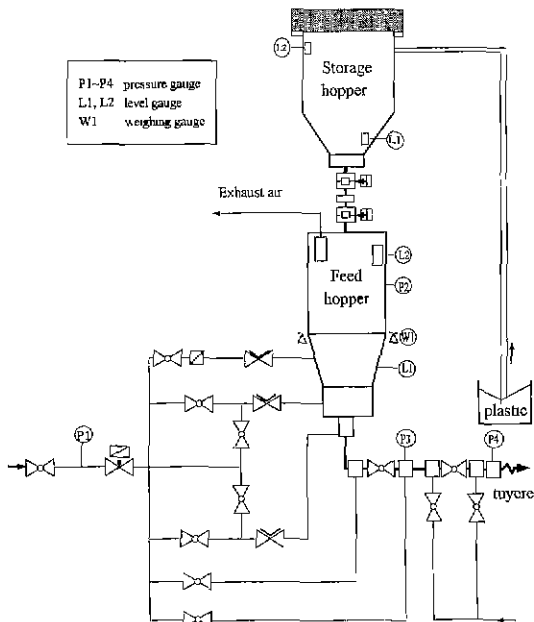


Fig. 1. Schematic configuration of pneumatic conveying facility.

Table 2. Specifications of plastics for test injection

Material	Diameter	Apparent density	Moisture content	Cl content
Polyethylene	≤6 mm	≥3.5 g/cm <sup>3</sup>	≤0.5%	≤0.5%

플라스틱 취입시험설비를 개략적으로 나타냈다. 취입용 플라스틱은 상부 저장용기(storage hopper)에 이송 저장된다. 이 플라스틱은 다시 하부 공급용기(feed hopper)에 장입 후 고로내로 기송(pneumatic conveying)된다 기송과 시험취입설비의 제어를 위해 약 6 kg/cm<sup>2</sup>의 utility air를 사용하였다. 저장용기에는 플라스틱 입자간 또는 플라스틱 입자와 용기의 내부 표면과의 부착을 방지하기 위한 유동용 공기가 공급되며, 하부 공급용기에는 압력을 상승시키기 위한 압축공기, 부착을 방지하기 위한 유동용 공기가 공급된다. 또한 상부의 저장용기에서 하부 공급용기로 플라스틱을 배출시킬 때 하부 용기의 상한 높이에 플라스틱이 차게되면 배출을 차단할 수 있는 제어용 공기가 필요하다. 그리고 저장용기 하부로 부터 플라스틱이 수송되는 데 보조 공기가 공급되며, 풍구에 삽입된 lance가 플라스틱이 공급되지 않는 동안 열풍에 의해 열화되는 것을 방지하기 위한 냉각공기가 공급된다. 본 시험 취입설비의 사양상 최대 취입속도는 500 kg/hr 였다.

본 시험취입을 위해 사용된 플라스틱은 Polyethylene(PE)계통의 재활용품이었으며, Table 2에는 본 시험취입을 위한 플라스틱의 주요사양을 나타냈다.

3. 시험취입 결과 및 고로조업영향

3.1. 수송 특성

미국 IGT(Institute of Gas Technology)에서는 희박상(dilute-phase)의 수평기송시스템에 대한 연구결과<sup>10)</sup>에 의하면, 석탄과 관련된 수송문제에서는 다음과 같은 Hinkle이 제안한 모델<sup>11)</sup>을 수평수송에 대하여 적용하여도 수송시 압력강하를 잘 모사할 수 있다.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{U_g^2 \rho_g}{2L} + \frac{W_s U_s}{LA} + \frac{2f_g \rho_g U_g^2}{D} + \frac{2f_s U_s W_s}{DA} \quad (1)$$

여기서 ΔP/L은 수송거리당의 압력강하이며, U는 표면유속(m/sec). W는 유량(kg/sec)이며, D, A, f, ρ는 각각 입자 크기(m), 수송단면적(m<sup>2</sup>), 마찰계수(-) 및 밀도(kg/m<sup>3</sup>)를 나타낸다. 그리고 하첨자 g는 기체를 그리고 s는 고체를 뜻한다. 식(1)은 분체의 수송시 배관의 압력손실은 기체와 고체의 관성력(inertia force)과 항력(drag force) 및 마찰력의 합

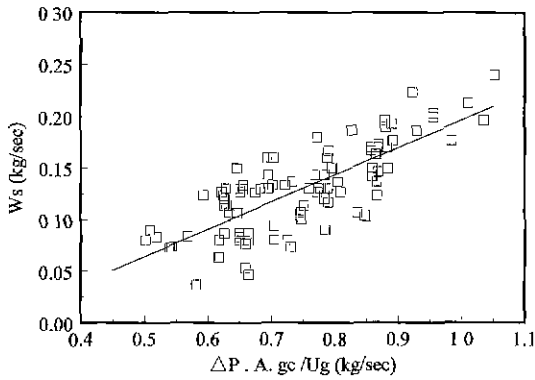


Fig. 2. Relationship between plastic transport rate and operating factors of pneumatic conveying system.

으로 나타남을 알 수 있다. 식(1)을 플라스틱 수송문제에도 적용가능하며 입자의 속도와 공기의 속도가 비례한다고 가정하면, 다음과 같이 압력차이, 수송공기의 표면유속 그리고 플라스틱 수송속도와의 간략한 관계를 도출할 수 있다.

$$W_s = k \frac{\Delta P A g_c}{U_g} \quad (2)$$

여기서 k는 비례상수이며,  $g_c$ 는 conversion factor이다. Fig.

2에 나타난 바와 같이 플라스틱 수송특성을 분석한 결과, 식(2)를 잘 만족함을 알 수 있으며, 본 시험취입 조건에서는  $k=0.265$  였다.

### 3.2. 고로 영향분석

약 96시간의 단속조업을 연속시킨 반연속취입 시험조업을 통해, 모두 39.7 ton의 플라스틱을 취입하였다. 또한 플라스틱을 시험취입한 결과 고로 연료비, 노정가스, 노체온도 변화에 미치는 영향을 분석하였다. Table 3은 반연속취입의 개요를 정리한 것이다.

Table 4에는 96시간 동안의 플라스틱 취입중 주요 고로조업 인자의 변화를 정리한 것이다. 이때 플라스틱을 취입하기 전 72시간 조업실적의 평균을 기준 조업실적으로 하였다. 플라스틱 취입비는 1.1 kg/t-p~6.4 kg/t-p의 범위였으며, 기간중 송풍량과 송풍온도는 각각 1840 Nm<sup>3</sup>/min, 1030°C로 유지하였다.

#### 3.2.1. 치환율

플라스틱의 고로 취입에 따른 경제적 효과는 코크스의 치환율(replacement ratio)로 표현될 수 있다. Table 4에서 볼 수 있듯이, 기준조업실적과 비교할 때 플라스틱을 6.4 kg/t-p까지 취입함에 따른 겉보기 치환율은 증가하고 있으나, 이

Table 3. Operating results for semi-continuous test injection

Test period	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day
Amount of injectant (ton/day)	4.59	7.49	10.58	14.57	2.47
Cumulative amount of injectant (ton)	4.59	12.08	22.66	37.23	39.70
Injection time per day (hr)	18.5	20.65	20.58	20.57	3.4
Cumulative injection time (hr)	18.5	39.15	59.73	80.30	83.7
Injection rate (kg/hr)	248.5	362.7	513.9	708.2	723.5

Table 4. Operating results of blast furnace during semi-continuous injection

Items	Base	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day
Plastic injection rate (kg/hr)	0	191	312	441	607	103
Plastic injection ratio (kg/t-p)	0	2.0	3.3	4.7	6.4	1.1
Production (t-p/d)	2280	2283	2245	2250	2290	2311
Coke ratio (kg/t-p)	524.3	530.9	525.6	524.0	525.3	524.0
Blast volume (Nm <sup>3</sup> /min)	1840	1839	1840	1840	1839	1843
Blast temperature (°C)	1030	1030	1030	1029	1030	1029
O <sub>2</sub> enrichment (Nm <sup>3</sup> /hr)	1647	1727	1553	1762	1800	1672
Moisture in blast (g/Nm <sup>3</sup> )	34	38	36	38	41	41
Blast pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	2.33	2.32	2.33	2.33	2.37	2.38
Permeability index (-)	10.56	10.39	10.60	10.44	10.84	11.14
[Si] in hot metal (%)	0.60	0.63	0.61	0.66	0.61	0.62
Hot metal temperature (°C)	1495	1504	1505	1499	1500	1513
H <sub>2</sub> in top gas (%)	3.3	3.7	3.7	3.7	4.2	4.1
Top gas utilization (%)	49.33	49.31	49.22	49.40	49.43	49.92
Corrected coke ratio(kg/t-p)	524.3	521.4	520.1	513.8	517.2	512.9

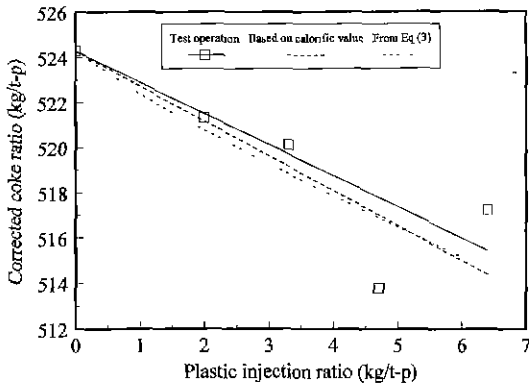


Fig. 3. Relationship between plastic injection rate and corrected coke rate

는 기간중 調濕量의 증가와 용선온도와 용선중 [Si] 농도가 변화에 기인한 것으로 사료된다.

따라서 조업인자가 코크스비에 미치는 효과를 정량화하기 위해 보정 코크스비를 도입하였다. 송풍온도, 조습, [Si], 슬래그비, 코크스 회분, 노정가스 이용률, 용선온도 등 모두 7가지의 인자의 열보상 기준에 의해 보정 코크스비를 적용한 결과, Table 4에서 볼 수 있듯이 플라스틱 투입비가 증가함에 따라 보정 코크스비는 감소하는 경향을 나타내고 있다.

Fig. 3에는 플라스틱 투입량 변화에 따른 보정 코크스비의 변화를 나타낸 것으로, 직선의 기울기로 부터 치환율을 구할 수 있으며, 본 시험취입의 경우 1.38이었다. 본 시험조업시 취입했던 플라스틱인 PE의 발열량은 11040 kcal/kg-plastic 이고 코크스의 경우 7100 kcal/kg-coke인 점을 고려하면, 코크스와 플라스틱의 열량만을 기준으로한 이론적 치환율은 1.55 정도로 양호한 일치를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 플라스틱 투입비가 매우 낮은 영역에서는 플라스틱이 고로내에서 거의 100%에 가까운 이용율을 나타내고 있음을 시사하고 있다 이는 미분탄 취입의 경우에도 투입비가 낮을 수록 치환율은 상대적으로 높은 점과 정성적으로 잘 일치하고 있다. 미분탄 투입비에 따른 치환율의 경우, 미분탄 투입비가 증가할 수록 감소하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$RR = 1.903 - 0.4866 \log PCR \quad (3)$$

여기서 RR과 PCR은 각각 치환율(-)과 미분탄 투입비(kg-coal/t-p)를 뜻한다. Fig. 3에는 시험조업결과와 발열량을 기준으로한 치환율과 식(3)에 의해 계산한 치환율도 함께 나타냈다.

3.2.2. 노정가스

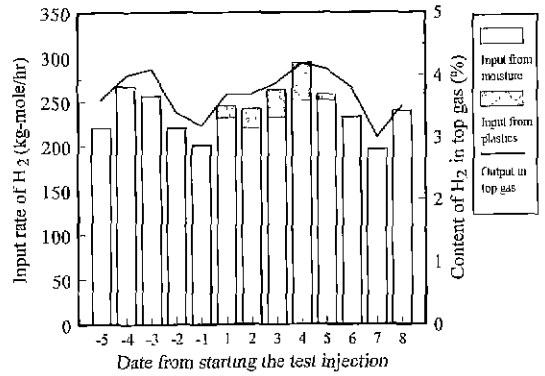


Fig. 4. Changes of input H<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> content in top gas

플라스틱은 미분탄과 같이 탄화수소 화합물로서 건류과정에서 휘발분이 방출된 코크스에 비해 수소의 함량이 높다. 이로 인해 플라스틱 투입량이 증가함에 따라 노정가스 중 수소의 함량은 증가할 것으로 예상할 수 있다. 일본의 실험결과에 따르면 플라스틱 투입비가 3 kg/t-p 일 때 노정가스중 수소의 함량은 플라스틱을 취입하지 않을 때보다 0.3% 증가하였다고 보고한 바 있다.<sup>1)</sup> Table 4에서 볼 수 있듯이 본 시험조업 기간중에도 노정가스중 수소의 함량은 최대 0.5% 증가한 것으로 나타났다. 그러나 플라스틱을 반 연속 취입할 때 열보상을 위해 조습량을 증대시켰으므로 노정가스중 수소농도에 미치는 조습량의 변화를 동시에 고려하였다. Fig. 4에는 수소의 유입원을 플라스틱과 수분으로 구분하여 시험조업기간 및 전후의 조업결과를 이용하여 그 일별 변화추이를 노정가스중 수소함량의 변화와 함께 나타낸 것이다. 노내 수소의 유입원은 대부분 조습에 의한 것이지만, 플라스틱이 취입됨에 따라 총 수소 유입량이 증가되었으며 이로 인해 노정가스중 수소의 함량이 증가함을 뚜렷이 알 수 있다. Fig. 5에는 조습 및 플라스틱에 의해 고

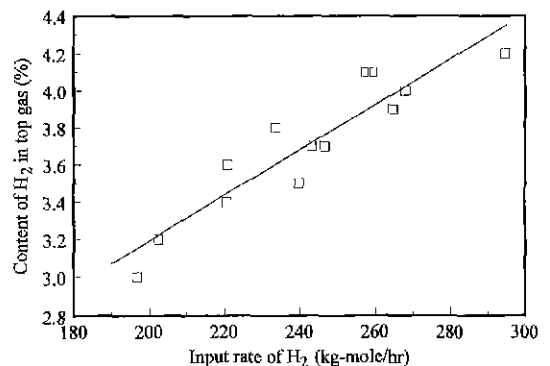


Fig. 5. Relationship between input and output rate of H<sub>2</sub>.

Table 5. Properties of water used for Bischoff scrubber

Items	pH (-)	Conductivity (μS/cm)	Total hardness (ppm)	Cl (ppm)	Turbidity (-)	Zn (ppm)
Before plastic injection	6.70	2750	590	1120	16	102
During plastic injection	6.86	3150	588	795	8	95
After plastic injection	6.68	3020	545	615	8	260

로내로 유입된 수소량의 변화와 노정가스로 배출되는 수소량의 관계를 나타낸 것이다. 노내에 유입된 수소는 노내를 상승하면서 환원과정에 참여하지만 총괄적으로는 노정가스 중 수소의 조성에 영향을 미칠 수 없다.

Table 5에는 플라스틱 시험 취입전후에 노정의 가스청정 설비인 Bischoff scrubber를 거친 순환수의 수질을 분석한 결과를 나타낸 것으로, 플라스틱의 취입에 따라 큰 영향이 없는 것으로 판단할 수 있었다.

3.2.3. 노내 통기성

3번 풍구 1본을 통해 플라스틱을 4일간 연속 시험취입한 결과, Table 4에서 보인 바와 같이 풍압이 다소 상승하고 이에 따라 노내 통기저항지수가 상승하는 경향이 나타났다. 플라스틱이 취입됨에 따라 3번 풍구 연소대의 변화가 예상되며, 이로 인해 고로 전체에 영향을 미칠 것으로는 예상될 수 있다. Fig. 6에는 일별 통기저항지수의 변화를 나타냈다. 그림에서 볼 수 있듯이, 플라스틱이 취입되기 전에도 높은 통기저항 지수값을 보이기도 하였지만, 플라스틱 취입기간만을 볼 때는 하부 통기저항지수(K-L)가 다소 상승함에 따라 전체 통기저항지수(K)가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 특히 플라스틱 취입후 중부 통기저항지수(K-M)가 상부 통기저항지수(K-H)보다 다소 높은 상태를 유지하고 있었다.

주물선 고로에는 풍구 상부 2.3 m 부터 노구부까지 설치

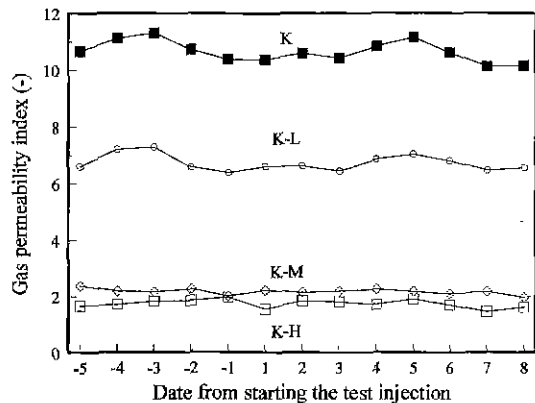


Fig. 6. Trends of gas permeability indexes during test injection of plastics.

된 8단의 온도계(각 단에서는 원주방향으로 4개소에서 8개소에 설치)로 부터 플라스틱 취입전후 각 위치에서의 온도 변화를 검토한 결과, 대부분의 온도값은 큰 변화가 없거나 또는 주기적인 변화를 나타내었다. 그러나 1번 풍구를 기준으로 36° 각도를 이루고 있는 3번 풍구와 인접한 위치인 0° 및 45° 방향의 bosh부에 설치된 노체1단 온도가 플라스틱이 취입됨에 따라 다소 상승하는 경향이 나타났다.

일반적으로 풍구선단부에서 반경방향으로 노심부까지는, raceway, birds nest 및 deadman으로 구성되어 있다고 보고되고 있다. 許登<sup>12)</sup>은 coke sampler를 이용하여 휴풍중 고로 풍구 level 반경방향으로 최대 2.5 m 삽입하여 그 구성물질을 분석한 결과, 미분탄 취입량이 증대됨에 따라 연소대의 심도가 저하되며, 이에 따라 연소지점이 풍구쪽으로 이동하며 연소대내 최고온도를 나타내는 지점의 위치가 변화한다고 보고한 바 있다. 그들은 미분탄 취입비의 변화에 따라 노체온도변화를 분석한 결과, 미분탄 취입량이 증대될수록 연소대의 깊이는 줄어드는 반면 연소대는 높이방향으로 발달하여, 노체 하부의 열부하를 증대시키는 가스흐름이 형성되는 것을 지적하였다. 한편 鄭동<sup>13)</sup>도 냉간모형을 이용하여 미분탄 취입량과 송풍조건의 변화에 따라 연소대 형상 변화에 관한 연구를 수행하였으며, 유사한 현상에 대해 보고한 바 있다.

플라스틱이 취입되면 취입된 플라스틱은 완전히 연소될

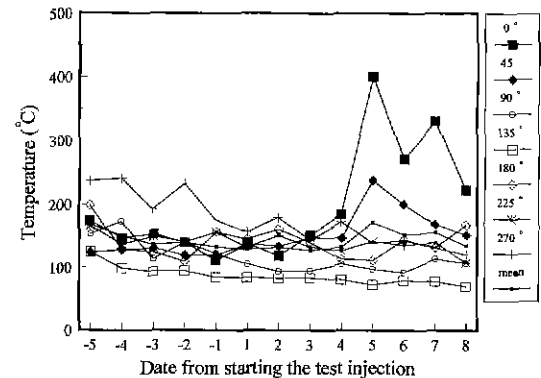


Fig. 7. Variations of bosh brick temperatures during test injection of plastics.

때까지 연소대내를 선회하게 된다.<sup>14)</sup> 그러므로 플라스틱이 취입되지 않을 때와 비교하여 연소대내 코크스는 입경이 큰 상태로 존재하게 된다. 입경이 큰 코크스에 의해 송풍에너지는 감소하고 이로 인해 연소대의 심도는 감소하게 되어 노체 하부의 열부하는 증가하는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 향후 플라스틱 취입조업이 실 조업에 적용될 경우에는 장입되는 코크스의 량이 상대적으로 작아지고 또한 노내 체류시간이 상승되기 때문에 연소대내로 유입되는 코크스의 입경이 플라스틱 취입량의 증대에 따라 단순하게 증가한다고 단정적으로 말하기는 어렵다. 이러한 연소대 형상의 특징과 기타 고로조업에 미치는 영향은 보다 심도있게 조사하여, 적절한 송풍조건 및 원, 연료 품질관리도 병행해야 할 것으로 추정된다.

#### 4. 결 론

주물선 고로 풍구 1본을 대상으로 플라스틱을 시험 취입하여, 이에 따른 고로조업에 미치는 영향을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시험취입장치를 이용한 플라스틱의 수송속도는 다음과 같은 조작변수와의 관계를 나타냈다.

$$W_s = 0.265 \frac{\Delta P A}{U_g}$$

여기서  $W_s$ 는 플라스틱 수송속도(kg/sec),  $\Delta P$ 는 공급용기내 압력과 송풍압과의 압력차(atm)이며,  $A$ 는 수송매관의 단면적( $m^2$ )이고  $U_g$ 는 총 수송공기의 유속(m/sec)이다.

2. 취입비 6.4 kg/t-p 까지의 시험조업결과 플라스틱의 치환율은 1.38로 계산되었다.
3. 플라스틱의 취입에 따라 노정가스중 수소의 함량이 증가하였으며, 연소대 형상의 변화로 인하여 노체 belly 부의 온도가 상승하는 것을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. 脇元一政 外: "高爐原料化リサイクルシステム", *プラスチック*, 47(7), 49-53 (1996).
2. 이영우, 선도원: "페플라스틱의 발생 및 처리현황 분석", *Energy R&D.*, 17(384), 129 (1995).
3. 여종기: "페플라스틱 재활용 기술", *資源리사이클링*, 6(2), 22-28 (1997).
4. 김경태: "제철산업에서의 페플라스틱 재활용 기술", *ibid.*, 6(2), 29-41 (1997)
5. J. Janz: "Injecting Plastic Scrap into the Blast Furnace", *Steel Times*, 216 (June, 1995).
6. J. Janz and W. Weiss: "Injecting of Waste Plastics into the Blast Furnace of Stahlwerke Bremen", *Proceedings of 3rd International Ironmaking Congress*, 114-119 (1996).
7. 有山達郎 外: "新シャフト爐型スクラップ溶解プロセスの概念と基本特性", *CAMP-ISIJ*, 9, 241 (1996).
8. 松浦正博 外: "新シャフト爐型スクラップ溶解プロセスの實証試験", *ibid.*, 9, 242 (1996).
9. 松浦正博 外: "シャフト爐型スクラップ溶解プロセスにおける廢プラスチック利用技術", *ibid.*, 9, 752 (1996).
10. G.E. Klinzing: "Gas-Solid Transport", 103. McGraw-Hill Book Co., New York (1981).
11. B.L. Hinkle: "Acceleration of Particles and Pressure Drops Encountered in Horizontal Pneumatic Conveying", Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology (1953).
12. 許南煥 外: "微粉炭 吹入時 코크스의 粉化暴動 解析 (II)", 연구결과보고서 92008A (RIST., 1992).
13. 鄭錫光 外: "高爐 風口 損傷機構 解析", 연구결과보고서 0009A (RIST, 1990).
14. 淺沼 稔 外: "レ-スウェイ内における 廢プラスチックの 燃焼ガス化舉動". *鐵と鋼*, 83, 617-622 (1997)