주강용 아크로용해로에서 가탄재로서 목탄의 이용¹⁾

眞鍋豊士*・土居康純**・坂輪光弘***

*高知縣工業技術센터, **(株)特殊製鋼所, ***高知工科大学

Use of Charcoal to Carburizer on Arc Furnace for Cast Steel

Toyoshi Manabe*, Yasunori Doi**, and Mitsuhiro Sakawa***

*Kochi Prefectural Industrial Technology Center

Tokushuseikousyo Co.,Ltd., *Kochi University of Technology

번역 : 문병문²⁾

1. 서 론

주강이나 주철을 제조할 때 용탕에 탄소함량 조절을 위해 가탄재를 첨가한다. 가탄재는 현재 주로 석탄에서 제조한 코크스 등이 사용되고 있다. 석탄은 화석자원이고 CO₂의 발생원이 되기도 한다. 또 중국등에서 제철업종이 활발하게 성장하게 되면서 석탄가격은 10년 동안 급격하게 상승하게 되었다. 이 때문에 석탄을 원료로 하는 코크스 또한 상승하는 결과를 가져왔다. 이로 인해, 중소 제조업계에서는 가탄재로 사용하는 코크스의 가격 상승에 어떻게 대처해야 할지를 생각하지 않을 수 없게 되었다.

저자들은 목재자원을 탄소화시키는 과정에서 발생하는 가스에는 가연성가스등이 함유되어있기에 이러한 가스를 열원으로 하는 탄소화로를 개발하였다. 이 로를 이용함으로써 저가탄의 제조가 가능하였다. 이 값싼 목탄을 주물용 가탄재로써 이용하는 것을 고려하였고 이를 공동연구기업에서 주강제조에 적용을 시도하였다.

지금까지의 실험[1]에 의하면 소형 고주파로에서 충분한 가탄효과를 볼 수 있었고 그래서 여기서는 공동연구기업이 소유하고 있는 아-크 용해로에서의 실험한 결과를 보고하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 실험장치 및 실험재료

실험장치로는 (주)특수제강소가 갖고 있는 주강용 아-크로(주강3t 용량)를 사용하였다. 이 로는 경동식 교류삼상 아-크로이다. 외형 사진은 Fig. 3과 같다. 실험재료는 아래와 같은 것이 사용되었다.

· 코크스 가탄재

코크스를 원료로 하는 가탄재를 사용하였다 (탄소함량: 80%).

· 목 탄

여기서는 폐목재로 만든 목탄을 사용하였다. 폐목재로만든 목탄이란 저자들이 개발한 탄화로에서 간벌한 목재로 제조한 목탄이다 (탄소함량: 98%).

여러 가지 실험의 종류에 따라 사용량은 다르지만 약 20~40 kg정도 범위로 사용하였다 (용탕시의 용탕중의 목표탄소함량: 0.4~0.5%).

· 스크랩(강판)

두께 5~20 mm정도의 프레스 강판스크랩을 사용하였다 (탄소함량: 0.15%).

· 커버재

Fig. 1. Arc furnace for cast steel.

¹⁾일본주조공학회지 제83권(2011) 제4호 page 196~199에 게재된 자료임

²⁾한국생산기술연구원(Korea Institute of Industrial Technology) 주조공정연구그룹 수석연구원

Fig. 2. Filling of sample to arc furnace.

목탄과 대기의 접촉을 가능한 한 억제하여 가탄재의 연소가 일어나는 것을 방지하기 위해 약 10~15 cm 정도의 길이로 절단한 농기계부품제조시에 발생한 스크랩을 커버재로 사용하였다. 이 스크랩은 탄소함량이 많은 스프링강 소재이다 (탄소함량: 0.48%).

· 회수재(리턴재)

제조시에 발생하는 통상의 보통주강 리턴재를 사용하였다 (탄소함량: 0.25%).

2.2 실험순서

실험순서는 아래와 같다.

① 시료충진, 즉 로바닥에 목탄을 깔다. 그 위에 커버재, 리턴재, 스크랩 순으로 충전한다. 충전된 시료의 모양은 Fig. 2에 나타내었다.

② 시료충진 후 아크로의 전원을 넣고 용해작업을 개시한다.

Fig. 3. Temperature measuring point.

③ 가탄효과를 확인하기 위해 용탕 중 탄소함량측정은 분광분석장치를 이용하여 로내의 원료가 완전히 용락직후 시료를 채취하여 실시하였다.

2.3 실험조건

① 용해로가 실온인 경우

즉, 로가 완전히 냉각되어 실온인 상태에서 실험을 실시하였다. 목탄을 가탄재로 투입하여도 연소될 걱정은 하지 않아도 되었다. 투입시료는 Table 1에 나타내었다.

② 용해로가 뜨거울 경우

바로 전날 용해작업을 했을 경우 등 로내의 온도가 뜨거운 상태(가탄재 충전시 약 300°C)에서 실험을 실시하였다.

본 실험의 과제로서는 가탄재 충전시에 용해로내 온도가 상승하는 것이다. 이번 실험에서는 심야전력을 사용하여 작업하였다. 통상적으로 하루 3번 용해하기 위해 제일 마지막 출탕이 오전 7시 전후가 된다. 그 때문에 주간에 가탄재를 충전할 때처럼 가탄재의 발화는 일어나지 않은 것으로 생각되었지만 그 래도 본 실험에서는 용해로 내부의 온도변화를 매시간 추적조사 하였다. 온도측정방법은 아래와 같이 하였다.

온도측정은 적외선방사온도계를 사용하여 측정시간은 9:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00에 각각 하였다. Fig. 3에

Table 1. Testing material at arc furnace in room temperature.

adding Carburizer	Steel scrap (kg)	Steel plate (kg)	Return scrap (kg)	Carburizer (Kg)	Molten metal (kg)	Carbon content (%)
Coak	3330	1040	2120	40	6530	0.72
Coak	4070	370	2570	40	7050	0.66
Waste wood charcoal	1320	680	2740	20	4760	0.67
Waste wood charcoal	3320	1040	2120	50	6530	0.98

Table 2. Testing material at arc furnace in high temperature.

adding Carburizer	Steel scrap (kg)	Steel plate (kg)	Return scrap (kg)	Carburizer (Kg)	Molten metal (kg)	Carbon content (%)
Coak	2700	0	1500	40	4240	0.94
Coak	3130	740	2550	40	6460	0.72
Waste wood charcoal	2100	880	800	27	3807	0.94
Waste wood charcoal	2620	730	1270	35	4655	0.96

Table 3. Testing material at arc furnace in continuous temperature.

adding Carburizer	Steel scrap (kg)	Steel plate (kg)	Return scrap (kg)	Carburizer (Kg)	Molten metal (kg)	Carbon content (%)
Coak ①	4000	980	1520	40	6540	0.71
Coak ②	2640	800	900	40	4380	0.96
Waste wood charcoal 1-①	2370	800	1100	50	4320	1.37
Waste wood charcoal 1-②	2690	800	1280	30	4800	0.84
Waste wood charcoal 2-①	2730	1160	840	30	4760	0.87
Waste wood charcoal 2-②	2900	1100	1000	33	5033	0.88

Table 4. Results at arc furnace in room temperature.

adding Carburizer	Total additive Carbon content (%)	Carbon content at mely down (%)	Yields (%)	Carburizer / Steel plate
Coak	0.72	0.57	79.2	26
Coak	0.66	0.29	43.9	9
Waste wood charcoal	0.67	0.28	41.8	34
Waste wood charcoal	0.98	0.57	58.2	21

로내의 온도측정위치(5개소)를 표시하였다. 본실험에 투입된 장입재는 Table 2와 같다.

③ 연속조업실험

한번 출탕할때마다 출탕직후에 장입재를 장입하는 연속조업식으로 실험하였다. 연속조업실험에서는 장입시 용해로 내의 온도가 1000°C 이상을 유지하여 장입하였다. 각각 첫 번째 용해시에는 ①, 두 번째 용해시에는 ②로 표기하였다. 연속조업시의 장입재는 Table 3에 나타낸 바와 같다.

3. 실험 결과

① 용해로가 실온일 경우

용락시에 채취한 시료에서 측정한 탄소함량과 첨가원료의 총 탄소함량으로부터 회수율을 계산한것이 Table 4이다. 또 커버재의 효과를 확인하기위해 커버재와 가탄재의 중량비에 대해서도 명기하였다. 이 결과 가탄재로서의 목탄은 코크스가탄재와 동일하게 실험 용해로에서도 실용적인 범위 안에서도 사용가능한 것을 알 수 있었다.

② 용해로가 뜨거울 경우

로내온도 측정 결과를 Table 5에 표시하였다.

온도측정결과 12:00시점에서는 최고온도부위에서 318°C가 됨

을 알 수 있었다. 이 때문에 폐목재탄의 발화온도인 342°C를 밑돌고 12:00이후의 가탄재 충전시에는 발화가 일어나지 않는 것을 알 수 있었다. Table 6에 실험결과를 나타내었다. Table 6에서 알 수 있는 것처럼 용해로 온도가 뜨거운 상태에서도 목탄가탄재의 사용이 가능함을 알 수 있었다. 단, 목탄을 쓸때에는 커버재를 충전하므로써 공기와의 접촉을 피하는것이 필수적이라고 생각된다.

③ 연속조업일 경우

Table 7에 연속조업실험 결과를 나타내었다. 이를 보면 연속조업시에는 첫 번째 용해시보다 두 번째 용해할때에 회수율이 악화되는 것을 확인할 수있다. 단, 이 회수율 저하는 종래의

Table 5. Measured temperature in arc furnace. (%)

measuring point	time					
	9:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
1	500	360	318	300	270	243
2	447	300	250	242	240	222
3	409	305	267	241	230	213
4	451	270	263	230	219	209
5	419	325	296	268	246	228

Table 6. Results at arc furnace in high temperature.

adding Carburizer	Total additive Carbon content (%)	Carbon content at mely down (%)	Yields (%)	Carburizer / Steel plate
Coak	0.94	0.54	0.57	0
Coak	0.72	0.40	0.56	19
Waste wood charcoal	0.94	0.51	0.54	33
Waste wood charcoal	0.96	0.50	0.52	21

Table 7. Results at arc furnace in continuous temperature.

adding Carburizer	Total additive Carbon content (%)	Carbon content at mely down (%)	Yields (%)	Carburizer / Steel plate
Coak ①	0.71	0.42	0.59	25
Coak ②	0.96	0.45	0.47	20
Waste wood charcoal 1-①	1.37	1.19	0.87	16
Waste wood charcoal 1-②	0.84	0.67	0.80	27
Waste wood charcoal 2-①	0.87	0.61	0.70	39
Waste wood charcoal 2-②	0.88	0.47	0.53	33

코크스 가탄재를 쓸때에도 동일한 양상을 나타내기 때문에 목탄을 사용하기 때문에 불리한 점이라고는 말할 수 없다.

연소 손실을 방지하기 위해서는 커버재를 충전하므로써 공기와 의 차단이 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

참고문헌

이상의 결과를 보면 실제 사용하는 대형용해로에 있어서도 소형실험로와 같은 양상으로 목탄을 코크스 대용으로 사용하는 것이 가능하다고 할 수 있다. 또 목탄은 탄소함량이 높고 용해조건에 따라서는 종래의 코크스가탄재보다도 회수율이 양호한 경우도 있기 때문에 사용량을 저감할 수 있는 가능성도 있다. 단, 목탄의 낮은 연소온도에 기인한 용해로의 잔류열에 의한

- [1] 眞鍋豊士, 坂輪光弘, 土居康純: 鑄造工学 **82** (2010) 491