

기술자료

자동차 주물 제조용 선철 대체 Chip Briquette 개발 적용 사례

장철현[†] · 이창섭

현대자동차(주)

The Application Results of Chip Briquette Substituted for Pig Iron in Automotive Castings Production

Cheol-Heon Jang[†] and Chang-Seop Lee

Hyun Dai Motor Co., Ulsan, 683-380, Korea

1. 서 론

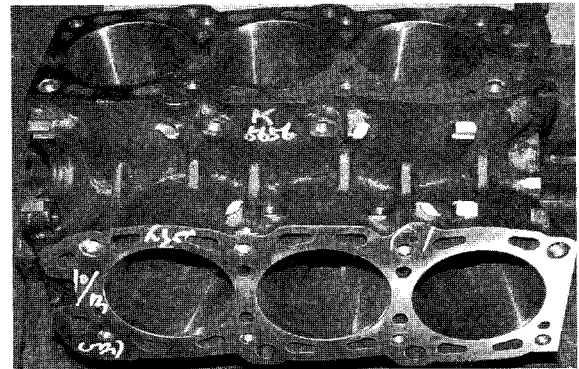
자동차 생산능력의 증대와 더불어 자동차용 주조품의 생산량은 최근 꾸준히 증가하고 있다. 지난해 현대자동차는 1976년에 과도르에 포니 6대를 수출한 이래 27년 만에 국내 최초로 자동차수출 100만대를 기록하였는데 이는 전사적으로 지난 수년간 국제경쟁력 강화를 위한 원가절감, 품질향상 등 제반 활동에 심혈을 기울인 결과라고 할 수 있다.

엔진, 트랜스미션의 핵심부품인 실린더 볼력, 실린더 헤드 등 주조, 단조부품을 생산하고 있는 당사 소재생산 부문에서도 「재료 및 가공 코스트」 「재료의 품질 안정성」 「재료의 공급 안정성」 「폐기처리 및 리사이클(Recycle)문제」 등을 고려 본 활동에 적극 참여하여 왔다.

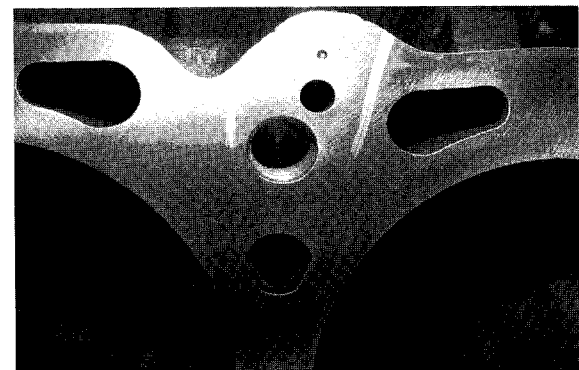
회주철과 구상흑연주철 재료의 주조품을 생산하고 있는 주조 공장에서는 초기에 강고철(Steel Scrap) 과 회수고철(Return Scrap)의 「50:50 장입비(Charge Ratio)」로 조업하여 왔으나 매년 주조품의 회수율(Yield Rate)이 증대되고 불량률 감소하여 회수고철이 부족한 상황에 직면하여 「60:40 장입비」까지 조업하게 되었고 부족 현상은 계속되었다.

주요 용해 원자재인 강고철, 회수고철, 선철(Pig Iron)은 장입비에 따라 용해 작업성, 용해로 수명, 부자재 사용량, 주조불량 등에 영향을 미치므로 선철 사용을 고려하였으나 용해 원가의 상승과 더불어 안정적인 지속적인 수급의 어려움이 예상되었다.

이에 1996년부터 엔진공장에서는 주조부품 가공시 대량으로 발생하는 「가공 절삭분(Chip)을 압축괴(Briquette)」로 개발하여 현재 큐폴라(Cupola) 및 전기로(Induction Furnace)에서 양산 조업 중에 있는데 그 개발 사례를 소개 하고자 한다.



V-6 실린더 볼력 가공품



기포 불량 발생부

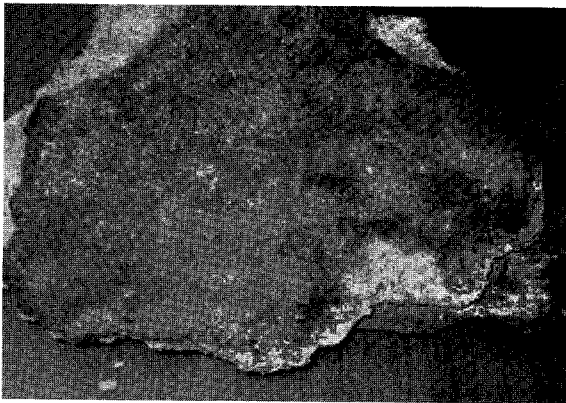
Fig. 1 실린더 볼력 주조품 에서의 기포불량

2. 개발 배경

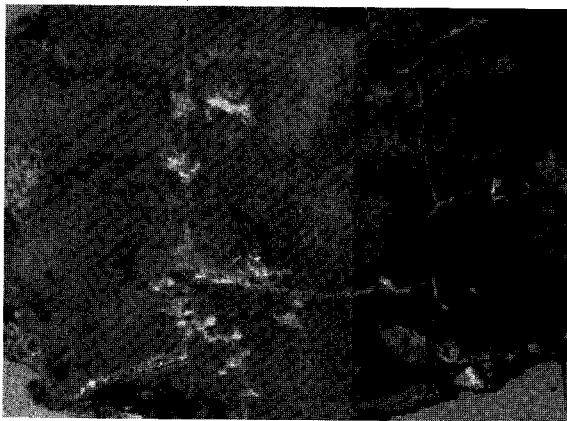
회수고철(Return Scrap) 부족에 따른 강고철 장입비의 증가

[†]E-mail: jchksu@yahoo.co.kr

"본 기술자료는 2004년 춘계학술발표 및 기술강연대회에서 발표된 내용임"



용해로 라이닝 부분



용해로 단열지 부분

Fig. 2. 아연가스에 의한 용해로 로벽 침투

는 「라이닝(Lining) 부의 손상」 「가탄(Carburizing) 시간의 증가」 「전력비 상승」 등의 문제점 및 「가탄제 사용량 증가」에 따른 질소가스에 의한 기포발량의 증가를 유발하였다.(Fig. 1)

또 자동차용 프레스 강판(Press Scrap)은 아연도금(Zinc Plating) 처리가 되어 있어 용해 조업 중 「아연 가스에 의한 라이닝부 손상」이 발생하므로 용해로의 정상적인 수명을 보장할 수 없는 형편이었다.(Fig. 2)

이러한 문제점을 해소하기 위하여 대부분의 주조공장에서와 같이 선철 사용을 적극 검토하였으나 「주조품 원가상승」 및 「지속적이고 안정적인 선철 공급선 확보 불가능」 등을 감안 국내, 구미, 일본의 일부 주조공장 적용사례를 벤치마킹(Benchmarking)하여 「가공 절삭품 압축괴(Chip Briquette)」를 개발하게 되었다.

1996년 압축괴(Briquette) 개발에 착수하여 1997년 큐폴라(Cupola) 용해조업에 적용하였으며, 2002년에 이르러서야 전기로에서의 양산 적용이 가능 하였는데, 「큐폴라」는 밀폐된 샤프트(Shaft) 내에서 용해되므로 작업자와 격리되어 절삭분 압축괴 내부에 함유된 유분, 수분, 바인더(Binder)로 인한 폭발, 끓음,매연 발생 등에 상관없이 적용이 가능하였으나, 「전기로」의 경우에는 이러한 문제점들이 용해 작업자의 안전과 작업환

경에 직결되기 때문에 한층 압축괴의 품질요건이 까다로울 수밖에 없었다.

2.1 압축괴 (Briquette) 제조방식

일반적으로 적용중인 압축괴(Briquette) 제조방법을 조사한 결과 압축 재질에 따라 다음과 같이 4가지로 분류되었다.

- ① 단순 압축 : 석회석이나 염화칼슘(Calcium Chloride)
- ② 열간 압축 (Hot Briquetting) : 가공 절삭분(Chip), 철 원광석
- ③ 바인더 결합압축 (Cold Briquetting) ; 석탄, 철, 합금철, 크롬원광
- ④ 압축 및 입상화 (Granulating) : 폐늘, 레진, 음식, 비료

2.2 가공 절삭분 압축괴 (Chip Briquette)

현재 일본에서 적용중인 「가공 절삭분 압축괴」는 압축시 성형온도에 따라 「냉간 압축괴 (Cold Briquette)」와 「열간 압축괴 (Hot Briquette)」로 분류할 수 있는데 「냉간 압축괴는 상온」에서 「열간 압축괴는 약 600~700°C」에서 압축성형 된다.

각 주조업체의 조업여건에 따라 냉간 및 열간 압축괴 공히 큐폴라 조업에서 널리 사용되고 있었으며 전기로 에서도 소량 혹은 제한적으로 사용하고 있었다.

- ① N-자동차의 경우 「큐폴라 조업」시 「열간 압축괴」를 5~7% 사용.
- ② M-자동차의 경우 「전기로 조업」시 「냉간 압축괴」를 8% 사용.
- ③ K-주조의 경우 「큐폴라 조업」시 「열간 압축괴」를 25%까지 사용

전기로 조업용 가공 절삭분 압축괴 적용시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 절삭유 및 수분 잔류에 따른 매연,불꽃 발생,폭발 등의 환경적 요인
 - ② 압축괴의 낮은 비중으로 인한 용탕 상부로의 부상과 미용해
 - ③ 흑연형상 불량,기계적 성질 등의 품질적 영향
- 전기로 조업용 「압축괴의 유분 및 수분 함유량을 0.5% 이내로 관리」하기 위해 M-자동차에서는 냉간 압축 성형 후 후열처리를 해주고 있으며 그 제조공정은 다음과 같다.
- ① 절삭분(Chip)에서 이물질 제거 ② 원심분리
 - ③ 압축성형 (Press) ④ 후열처리 (700°C)

3. 냉간 절삭분 압축괴의 개발

3.1 압축괴 제조기준

엔진공장에서는 당사 주조공장에서 생산된 제품뿐 만 아니라 협력업체에서 생산된 다양한 재질의 주조품도 가공 되고 있으므로 가공 절삭분(Chip) 을 수거하여 시험용 압축괴(Briquette)를 만든 후 「성분 분석」 「회수율」 「유수분 함량」 등의 검사를 실시하였다.

Table 2. 철삭분 압축괴 치수

중량 (Kg)	지름 (mm)	높이 (mm)	비중
6 (±1)	130 (+10)	80 (±1)	5 (±1)

Table 3. 철삭분 성분분석 결과

항목	C	Si	Mn	P	S
(%)	3.13	2.55	0.55	0.021	0.078

(1) 철삭분 압축괴 크기 및 성분

압축괴의 크기는 벤치마킹 결과와 성형프레스능력 및 운반중 파손등을 고려하여 선정하였으며 가공 공장 에서 수집되어진 가공 철삭분의 평균 화학성분을 분석 조사하였다. (Table 2 및 Table 3)

(2) 철삭분 압축괴의 제조

제조된 압축괴는 Fig. 3과 같으며 내부조직을 현미경 (×100배) 관찰한 조직사진은 Fig. 4와 같다.

(3) 철삭분 압축괴의 용해 회수율

용해회수율을 확인하기 위하여 공인기관에서 2차에 걸친 시험을 시행한 결과 96%의 회수율을 보여 「철삭 미분」 함유에 따른 회수율 저하의 우려를 불식할 수 있었다. (Table 4)

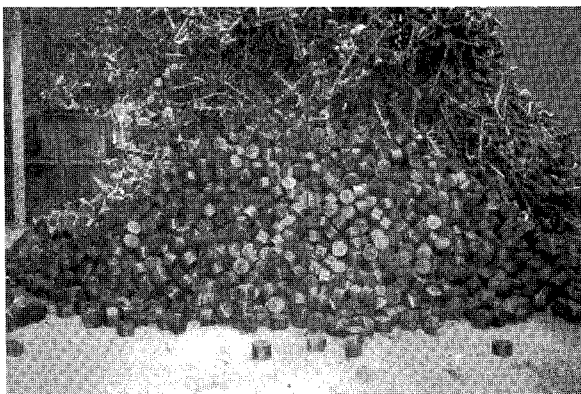


Fig. 3. 제조된 압축괴

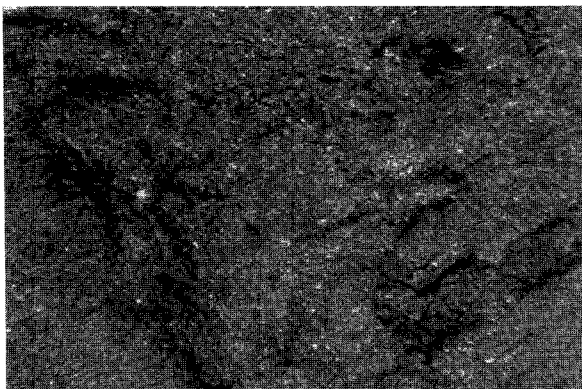


Fig. 4. 압축괴 조직사진

Table 4. 철삭분 압축괴의 용해 회수율

구분	압축괴 중량 (Kg)	용탕 중량 (Kg)	회수율 (%)
1차	72.0	70.65	98.1
2차	53.0	49.61	93.6
평균 값	125.0	120.26	96.2
시험방법	● 알루미늄 도가니의 고주파 유도로 이용 (100 kg용량, 125 KW, 3000 Hz : Inductotherm제) ● 1500°C 에서 출탕 후 슬래그(Slag) 제거 후 중량 측정 (생산기술연구원)		

Table 5. 철삭분 압축괴 유, 수분 함유량

시험 항목	결과치	시험 방법
유분 및 수분 함유비	0.29 %	KSM 0009-91
(한국화학시험연구소)		

(4) 철삭분 압축괴중의 유,수분 검사

철삭유로 오염된 철삭분의 제거과정 및 압축괴 성형시 혼입 될 수 있는 유분 및 수분 함유량을 검사한 결과 0.3% 이내로 제거 되었음을 알 수 있었다. (Table 5)

3.2 압축괴 제조공정

압축괴 제조의 주요 공정구성은 「유,수분 분리를 위한 300°C 전후에서의 1차 열처리」 「바인더 혼련」 「프레스에서의 압축」 그리고 「700°C 전후에서의 2차 열처리」로 구성된다. (Table 6)

Table 6. 냉간 철삭분 압축괴 제조 공정

처리 공정	처리 목적
1 공정 : 이물질 분리	이물질 제거
2 공정 : 1차 열처리	유,수분 제거
3 공정 : 냉각	혼련을 위한 준비
4 공정 : 혼련	바인더와 혼련
5 공정 : 압축 성형	프레스로 성형
6 공정 : 2차 열처리	유,수분 제거 및 강도 상승

3.3 큐폴라 조업

조사결과 일본의 경우 「냉간형 및 열간형 압축괴」 공히 큐폴라 및 전기로에 일반적으로 적용하고 있으나, 전기로에서 압축괴로 조업시에는 압축괴 내부에 잔류하는 유분 및 수분을 가장 중요하게 관리하고 있었는데 「열간 압축괴」 만을 사용하는 업체들은 이러한 점을 고려한 것으로 생각된다.

당사는 「열간형 철삭분 압축괴」 공법에 대한 상세한 정보 입수의 어려움으로, 큐폴라(Cupola)에서의 「냉간형 철삭분 압축괴(Cold Type Chip Briquette)」 적용을 우선 검토하고 국내 전문업체를 선정하였는데, 이는 큐폴라에서는 자체의 열적 화학반응에 의해 강고철(Steel Scrap)이나 회수철(Return Scrap)이외의 원자재 투입에 따른 주조품 재질 특성 변화가 적을 뿐만 아니라, 전기로에 비해 상대적으로 안전 작업이 가능하

였기 때문이다.

실제로 전기로에 소량의 「냉간형 철삭분 압축괴」를 수작업으로 투입 테스트한 결과, 용탕중에서 「압축괴의 끓음(마치 뜨거운 기름에서 튀김시 발생되는 것과 유사함) 현상」이 발생하고 「심한 매연」으로 정상적인 용해 작업이 불가능할 뿐만 아니라 작업자의 안전이 우려되어 전기로에서의 적용은 곤란한 상황이었다.

당사 주조공장에서 생산되고 있는 주조품의 80%를 차지하고 있는 실린더 볼트의 경우 가공시 발생하는 철삭분(Chip)은 제품에 따라 소재중량의 15~20%를 점유하며, 사내 엔진공장에서 가공되기 때문에 「철삭분 압축괴」용 「가공 철삭분(Chip)」은 충분히 확보할 수 있는 상태이며 국내에 냉간형 압축괴 성형 기술과 제조경험을 보유한 전문업체가 있었다.

(1) 적용 테스트

벤치마킹 결과 일본의 경우 큐플라 용해시 「철삭분 압축괴(Chip Briquette)」를 최고 25%까지 사용하고 있음을 알 수 있었는데, 처음 적용하는 당사로서는 압축괴 적용시 조업상의 안전 문제, 주조불량, 출탕온도의 변화, 코크스비 변화 등을 관찰하기 위하여 2차에 걸쳐 「기존 양산조건(강고철 : 회수고철 = 60 : 40)」과 「압축괴 적용조건(강고철 : 회수고철 : 철삭분 압축괴 = 50 : 40 : 10)」 간의 비교 테스트를 실시하였다.

① 1차 테스트

총 21.6톤의 「철삭분 압축괴」를 15 Ton/Hr 큐플라에서 1일 장입하여 조업 테스트를 실시하여

- 출탕 온도가 적용 전 1477°C에서 1469°C로 8°C 저하
- 코크스 가탄율이 1.97%에서 1.78%로 저하
- 코크스비가 13.8%에서 13.54%로 감소

등의 결과를 얻었는데, 이는 압축괴 장입에 따른 회수철(Return Scrap) 증가로 베드 코크스(Bed Cokes)가 낮아져 용탕 방울(Melt Droplet)의 코크스 접촉시간이 감소됨에 따른 것으로 추정된다. (Table 7, 8)

Table 7. 큐플라 장입 조건

Cupola (G.H.W) : 15 Ton/Hr		재질 : FC 25		
1. 용해로	송풍량 : 12,000 N/Hr, 송풍온도 : 450°C	성분	(%)	
2. 장입조건 (Kg)	Press Scrap	990	C	3.3 ~ 3.4
	Return Scrap	750	Si	1.7 ~ 1.9
	Chip Briquette	200	Mn	0.5 ~ 0.6
	Fe-Si (75%)	25	S	0.15 Max.
	Fe-Mn (60%)	14	P	0.15 Max.
	Cokes	250	Cu	0.2 ~ 0.3
	Limestone	55	Cr	0.05 ~ 0.15
	Pebble	10	Sn	0.02 ~ 0.05
	Total (Kg/Charge)	1,979		

Table 8. 1차 테스트 결과

구분	항목	기존	압축괴 10%
코크스	가탄율 (%)	1.97	1.78
	코크스비 (%)	13.8	13.54
부자재 회수율 (%)	Fe-Si	63.37	63.04
	Fe-Mn	55.79	59.62

② 2차 테스트

1차 테스트후 3일간에 걸쳐 「압축괴 10%장입」 준양산을 실시하였다. 이때도 1차 테스트때와 비슷한 양상을 보였다. (Table 9)

출탕온도 저하는 미미하나 코크스비가 기존보다 11% 감소되고 가탄율이 14% 낮아졌으며 기타 부자재의 회수율은 동일 수준을 보였다.

Table 9. 2차 테스트 결과

구분	항목	기존	압축괴 10%
코크스	가탄율 (%)	2.02	1.74
	코크스비 (%)	14.17	12.57
부자재 회수율 (%)	Fe-Si	61.25	63.04
	Fe-Mn	64.76	63.30

(2) 양산 적용

적용 테스트 결과 철삭분 압축괴(Chip Briquette) 10% 사용은 양산 가능 할 것으로 판단하고 1개월간의 양산을 실시하여 「큐플라 조업상의 문제」 「주조 및 가공 공장에서의 가스 불량 상승유무」 「가공시 철삭성 문제」에 대하여 추적 확인 하였으나 문제점을 발견 할 수 없었다. 현재 당사는 1997년부터 압축괴 10%로 초기 양산 적용 후 2001년부터 15%의 장입비로 양산 조업중에 있다.

큐플라 용해시 철삭분 압축괴의 투입은 미세하지만 「송풍압력」을 상승시켜 「큐플라 내부의 열효율 증대」에 따른 「코크스비(Coke Ratio)감소효과」를 볼 수 있었는데, 이는 철삭분 압축괴가 기존의 강고철(Steel Scrap)에 비하여 크기가 작으므로 큐플라 샤프트내의 고철 충전 밀도를 높였기 때문인 것으로 생각되어진다. 코크스비 감소효과는 양산 조업 결과에서도 확인할 수 있었다. Table 10은 양산시의 코크스 절감효과로서 큐플라 내부 라이닝(Linings) 침식이 많은 1주차와 베드 코크스(Bed Cokes) 높이가 급격히 변화하는 4주차를 제외한 2주 및 3주차 조업 평균치를 비교한 것이다.

철삭분 압축괴 사용량을 10%에서 15%로 증가함에 따라 코크스비가 13.7%에서 12.6%로 8% 감소되었는데 선철 대체 효과와 더불어 코크스 사용량 절감에 따른 원가절감 효과를 함께 볼 수 있었다.

가공 철삭분(Chip) 회수 후 압축괴를 생산하는 과정에서의 회수율은 약 80%로 조사되었는데 가공 철삭분에 묻어있는 철삭유 건조에 따른 중량감소와 미세 철삭분의 손실(Loss)등에 기인한 것으로 추정된다.

Table 10. Chip Briquette 사용량에 따른 코크스비 변화량

년 월	주차	일	용 해 량 (Kg)	Chip Briquette 10%				
				Chip (Kg)	%	Cokes(Kg)	%	
2001.7	2	(월)	280,869	26,536	9.4	39,590	14.1	
		(화)	255,139	25,773	10.1	34,232	13.4	
		(수)	265,448	26,708	10.1	36,987	13.9	
		(목)	300,932	30,215	10.0	41,188	13.7	
		(금)	247,994	24,334	9.8	32,913	13.3	
	3	(월)	285,513	27,104	9.5	42,327	14.8	
		(화)	319,566	31,936	10.0	44,673	14.0	
		(수)	271,540	27,400	10.1	37,236	13.7	
		(목)	256,322	25,492	9.9	33,683	13.1	
		(금)	253,792	25,069	9.9	32,921	13.0	
	합 계			2,737,115	270,567	9.9	375,750	13.7
	년 월	주차	일	용 해 량 (Kg)	Chip Briquette 15 %			
					Chip (Kg)	%	Cokes (Kg)	%
	2001.10	2	(월)	283,132	34,968	12.4	41,108	14.5
(화)			289,226	44,119	15.3	37,832	13.1	
(수)			270,164	40,824	15.1	33,908	12.6	
(목)			259,064	38,722	14.9	32,200	12.4	
(금)			288,185	43,290	15.0	35,405	12.3	
(토)			296,041	43,354	14.6	36,171	12.2	
3		(월)	281,330	39,684	14.1	38,382	13.6	
		(화)	305,350	45,944	15.0	36,499	12.0	
		(수)	271,815	40,866	15.0	32,921	12.1	
		(목)	290,001	43,623	15.0	34,629	11.9	
		(금)	286,372	42,882	15.0	34,445	12.0	
합 계			3,120,680	458,276	14.7	393,500	12.6	

3.4 전기로 조업

전기로용 압축괴는 1996년 큐플라용 개발과 병행하여 실시 하였으나 폭발사고가 발생하였고 1998년 개선된 압축괴로 「8 톤 중주파 유도로(Intermediate Frequency Furnace)」에서 장 입 테스트시 화염발생이 심하고 다량의 슬래그가 발생하는 등 조업상 문제로 큐플라용 양산 개시 5년 뒤인 2002년에 비로서 전기로에서의 양산이 가능하였다.

(1) 압축괴의 유,수분 함유량

냉간 압축괴의 큐플라 적용과 함께 개발 초기에 프레스 (Press) 압축만으로 「가공 절삭분 압축괴」 5톤을 제조한 후 전기로에서 장입 테스트를 실시하였는데 폭발사고가 발생하여 안전사고의 위험성이 대두 되었고, 압축괴를 공인기관에 분석 의뢰한 결과 유,수분 함유량이 2.6%로 밝혀졌다.(Fig. 5)

따라서 전기로에서 조업하기 위해서는 유, 수분의 제거 및 관리가 필수적임을 인식하게 되었고 일본업체에서의 조업상황을 조사한 결과 0.3% 이내에서 관리하고 있음을 알았다.

(2) 전기로 내 끓음 현상

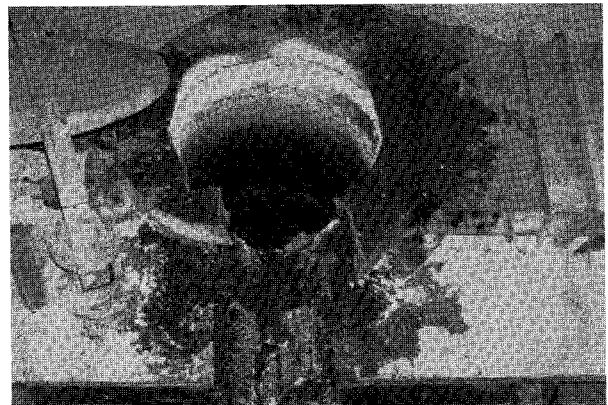


Fig. 5. 압축괴의 전기로 투입으로 발생한 폭발 모습

다음으로 유,수분이 충분히 제거되어도 절삭분 압축괴의 강도를 유지하기 위하여 투입된 바인더(Binder) 때문에 전기로 투입시 용탕의 끓음,매연등이 심하게 발생되었다.

이런 현상을 제거하기 위하여 큐폴라용 철삭분 압축과보다 바인더 배합비를 감소시키면서 전기로내 용탕 상부에서 압축과 투입 테스트를 진행하였다.

- 바인더로 당밀(Molasses)을 사용한 압축과는 끓음은 약간 감소하였으나 매연이 심하고 화염이 크게 발생하여 양산에 적용할 수 없었다.
- 바인더를 규산소다 계열로 바꾼 압축과는 당밀 사용 압축과 보다는 매연 및 화염이 감소되었으나 양산에 적용하기에는 개선이 필요하였다.
- 바인더 혼합비, 후열처리 온도 및 시간 등, 압축과 제조조건을 개선을 총 8차에 걸쳐 실시한 결과 전기로내에서의 끓음 현상을 최소화 시킬 수 있었다.

(3) 압축과 강도

바인더 혼합비를 줄인 결과 전기로내 용탕 끓음 및 매연은 감소하였으나 철삭분 압축과가 「장입 시스템」 즉 고철장 스킵 호이스트(Skip Hoist), 버킷(Bucket), 로전 대차 등에 옮겨지는 과정에서 낙하충격으로 약 50% 가까이 파손되는 현상이 발생되었다.(Table 11)

철삭분 압축과의 파손 문제 해결을 위해 제조업체와 협의, 약 6개월간에 걸친 개선 활동을 전개한 결과 「초기 50%의 파쇄율이 현재 3% 미만으로 감소」되었는데 개선 내용은 다음과 같다.

- 압축과 직경을 축소(φ110)시켜 단위 면적당 압축 압력을 증가시킴



Fig. 6. 장입 도중 파손된 압축과

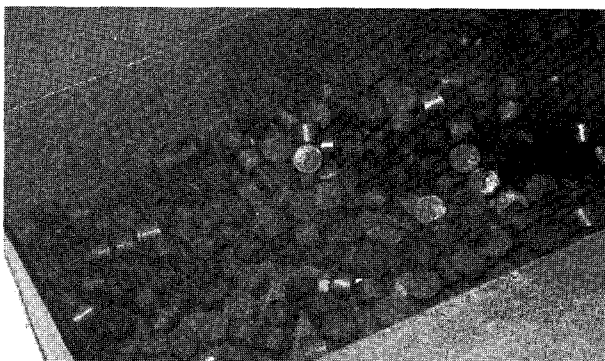


Fig. 7. 개선된 압축과

Table 11. 압축과 파손 요인 분석

경로	충격 파손 발생 장소	낙하 높이 (m)	파쇄 정도
1 차	덤프차에서 고철장 바닥에 하차	1.0	소
2 차	Magnet으로 Hopper에 투입	4.0	대
3 차	Hopper에서 계량대차 투입	3.0	중
4 차	계량대차에서 장입 Hoist 투입	1.5	소
5 차	장입 Hoist에서 로전 대차 투입	0.5	미미

Table 12. 슬래그 성분분석 결과

항목	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O
테스트 전	77.74	-	2.55	2.28	0.41	2.1	0.33
테스트 후	66.8	7.1	12.13	2.6	1.3	4.46	2.35

- 제반 압축과 제조조건(바인더 배합비, 후 열처리 온도 및 시간)의 조정

(3) 슬래그(Slag) 성상의 변화

전기로에서 철삭분 압축과를 적용하면서 슬래그 점도가 높아져 작업이 불편하다는 용해 작업자의 호소가 있어 확인한 결과 슬래그 전체의 점도가 높아진 것이 아니라 슬래그 일부가 용해로 벽에 늘어 붙는 현상을 발견하게 되었다.

이 슬래그를 채취하여 성분을 분석한 결과 Fe₂O₃: 12.13%, Na₂O: 2.35%로 철삭분 압축과 사용전 조성 Fe₂O₃: 2.55%, Na₂O: 0.33% 보다 높음을 알 수 있었는데 이는 철삭분 압축과 중의 Fe분말과 바인더 성분의 영향에 기인된 것으로 추정된다.(Table 12)

또 슬래그 발생량이 「8톤 전기로 1회 장입(Charge) 용해」시 압축과 사용 전에는 약 72 kg이었으나 사용 후에는 약 84 kg으로 16% 정도 증가하였다.

4. 결 론

당사는 1997년 12월 큐폴라 및 2002년 6월 전기로에서 장입비의 10%~15%의 가공 철삭분 압축과(Chip Briquette)를 사용하여 양산 중이며 2003년 조업 실적을 분석한 결과

- ① 큐폴라에서 가공 철삭분 압축과 15%를 적용하여 조업한 결과 코크스비가 감소(적용 전 : 16.13%, 적용 후 : 13.88%)하였다.
- ② 전기로에서 10%적용 조업시 슬래그(Slag) 발생량이 16% 증가하였으며, 슬래그 성분 중 Fe₂O₃는 2.55%에서 12.13%로, Na₂O는 0.33%에서 2.35%로 각각 증가하였다.
- ③ 연간 15,000톤 (큐폴라 : 10,000톤, 전기로 : 5,000톤)의 압축과로 조업한 결과 전기로의 경우 14.8%, 큐폴라의 경우 11.3%의 톤(Ton) 당 용해원가가 감소되어 년 30억 원의 원가절감 효과를 얻었다.

최근 우리나라 주물업계는 젊은 사람이 사라져 외국인 근로자와 50~60대 고령층 근로자가 생산현장을 메우는 등 극심한

인력난에 시달려 왔고 게다가 선철, 고철, 코크스 가격이 지난 1년 새 두 세배로 뛰어 오르는 등 원자재 가격의 폭등과 원자재 부족으로 인한 주물업체의 피해는 날로 확산되어 위기에 처해 있는 현실이다.

안정적 원부자재의 수급과 원가절감이 모든 주조공장의 당면

과제로 부상하고 있는 현실점에서 주조 기술자들의 원가 절감 활동이 더욱 필요한 시기로 생각된다.

끝으로 본 압축괴(Chip Briquette) 개발에 유진소재산업(주)의 기술협력이 있었음을 밝힌다.