

技術資料

알루미늄 합금 용탕의 비금속 개재물 제거 및 탈가스 장치

이정건* 윤덕일**

Gas Bubbling Filtration Process

J.K.Lee* D.I.Yoon**

1. 서론

Al은 주입중 공기포나 산화물이나 모래등이 유입되어 산화물이나 질화물이 형성되고 부유하기 곤란하여 결함의 원인이 될수 있다. 또한, 용융 Al은 가스 특히 수소를 다량흡수하며, 수소 흡수 정도는 PH2(대기중의 수소분압)와 용융 Al 온도에 따라 급격하고 순간적으로 변화한다. 이 수소 흡수 정도는 SIVERT 법칙인

Al 용탕중의 수소농도 = K * sqrt(PH2)

에 따르면, K는 용탕온도와 합금종류에 의하여 결정되는 상수이다.

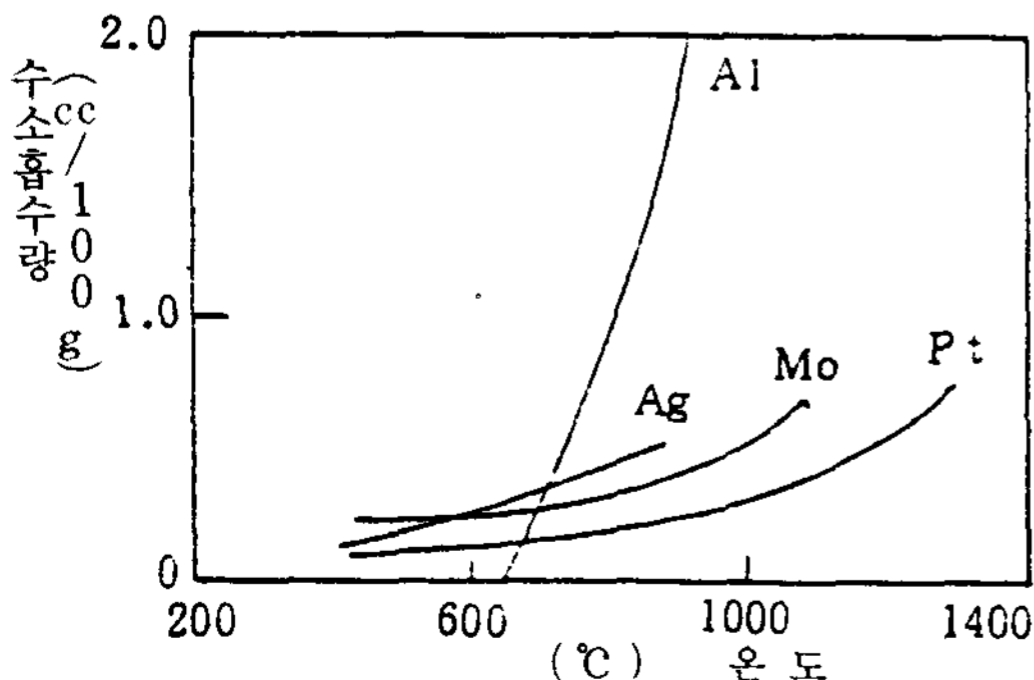


그림1. 각 금속의 1기압 수소에 대한 수소흡수량과 온도

* 두레금속(주), ** 한국 Foseco(주)

그리고, Al은 O2와 친화력이 크기 때문에 O2를 분해하여 제거한다는 것은 곤란하다. O2는 Al 용탕중에서 거의 모두가 Al2O3상으로 존재하는데 이의 비중은 3.4~4.0으로 2.6인 Al보다 크기 때문에 이러한 산화물 및 개재물은 비등작용등의 물리적 방법으로 제거시킨다.

2. 탈가스 방법

Al 용탕의 수소제거는 다음과 같은 방법이 응용된다.

- 1) N2, Ar등의 불활성 가스 취입
2) Cl2 가스 취입
3) 탈가스 정제 투여
4) 재용해
5) 진공 혹은 불활성 분위기 용해
6) 용탕에 초음파 사용

상기의 방법중 4) 5) 6) 항은 원가면이나 적용성에 있어 다량생산으로의 응용은 시기상조이며 1) 2) 3) 항은 현재까지 통상적으로 사용되어온 방법이나 작업능률이 낮거나, 과도 처리시간, Dross 다량발생 등으로 불편한 점이 많았다. 더구나, Al 용탕중의 개재물과는 무관한 상당량의 dross를 생성하여 유가금속의 손실 및 내화재의 수명을 감소시킨다. 최근 이러한 단점들을 보완하여 세계적인 Al 생산업체인 Showa Al.Co.에 의하여 GBF (Gas Bubbling Filtration) Process가 소개되어 그 우수성을 인정받고 있으며, 회전자를 통하여 확산되는 많은 Ar기포들에 의하여 수소가스와 비금속 개재물을 동시에 제거한다.

3. GBF Process 특성

3-1 기구

500~600RPM 으로 회전하는 흑연관 (graphite tube) 을 통하여 Al 용탕속에 분산된 Ar가스 속으로 수소 가스가 확산되어 용탕표면으로 부상하여 제거된다. (그림2) 동시에 용탕중에 부유하고 있는 비금속 개재물도 수 많은 불활성 가스 방울위에 흡착되어 Al 용탕 상부로 부상한다.(그림3)

효능을 최대한으로 높이기 위해서는 취입되는 Ar 가스 방울의 크기를 가능한한 작게하여 (1~4mm) 격렬한 교반 작용이 없도록 해야한다.

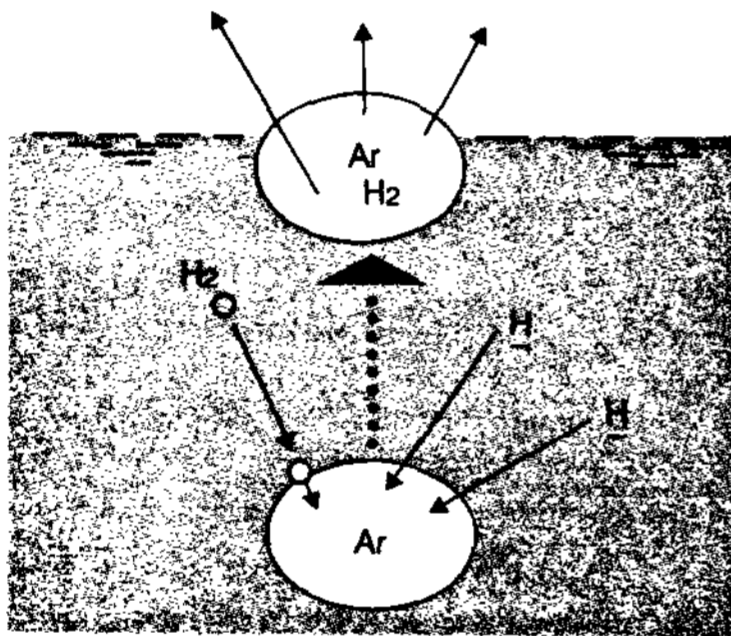


그림2. 탈가스기구

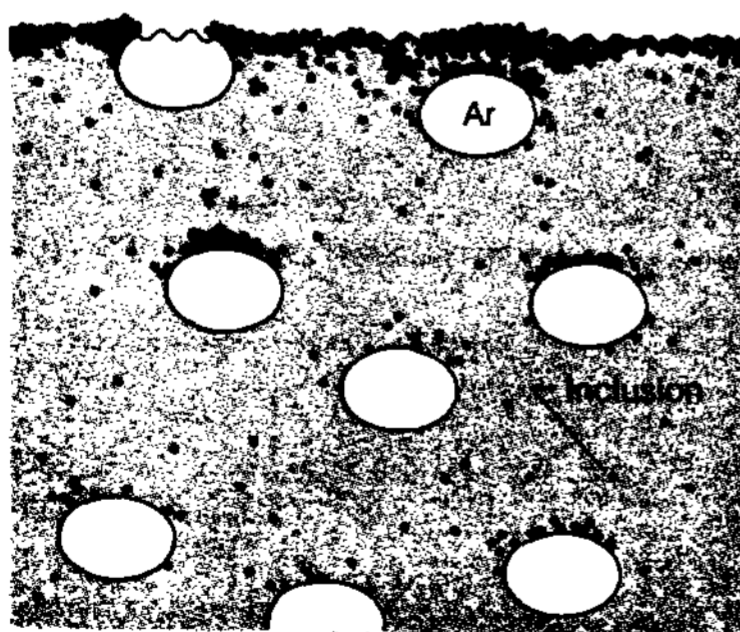


그림3. 개재물 제거기구

3-2 GBF Process 의 효능을 좌우하는 요소.

- 1) Ar 기포의 크기
- 2) Ar 기포의 수
- 3) Ar 기포와 Al 용탕과의 접촉시간
- 4) 와류여부



그림4. GBF Process 에 의한 용탕내의 Ar 기포 분산모습 (용기 size 535×535×700)

4. GBF 설비의 형태 및 종류

4-1 주조공장형 (Foundry Type)

주조공장 여건에 따라 5 종류로 되어있다.

	Model	적 용
고정형	F, FS	이동레들-저압주조
이동형	FH, FF, FC	고정형도가니-중력주조나 사형주조

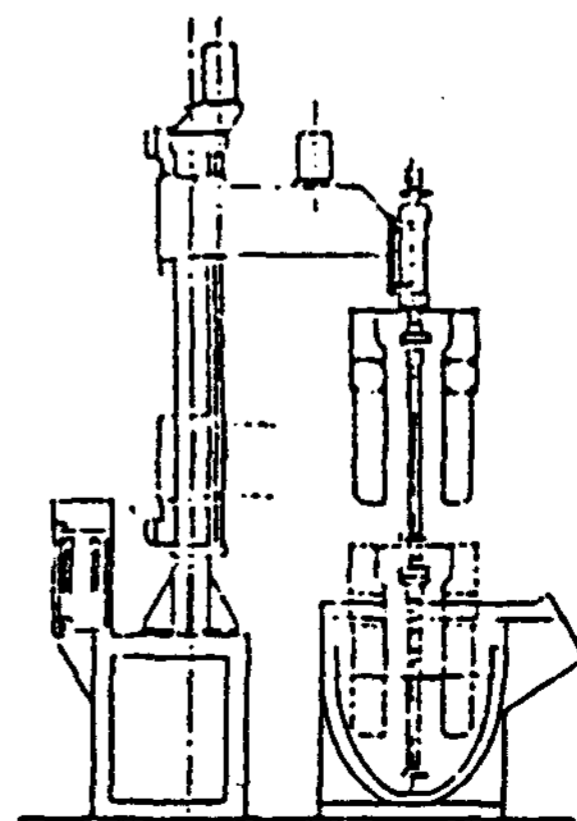


그림5. GBF-F (fixed) type

4-2 IN-LINE TYPE

Slab 및 Billet 등의 연속주조 작업에 적용할수 있도록 고안 되었으며 주조속도(kgAl/분)에 따라 1WS, 2WS 로 분류된다. 그리고, tap to tap 중의 처리를 위하여 용탕보온 장치, 가스공급장치, 자동제어장치 등이 추가된다. 그림 6은 IN-LINE TYPE 처리로 단면도이다.

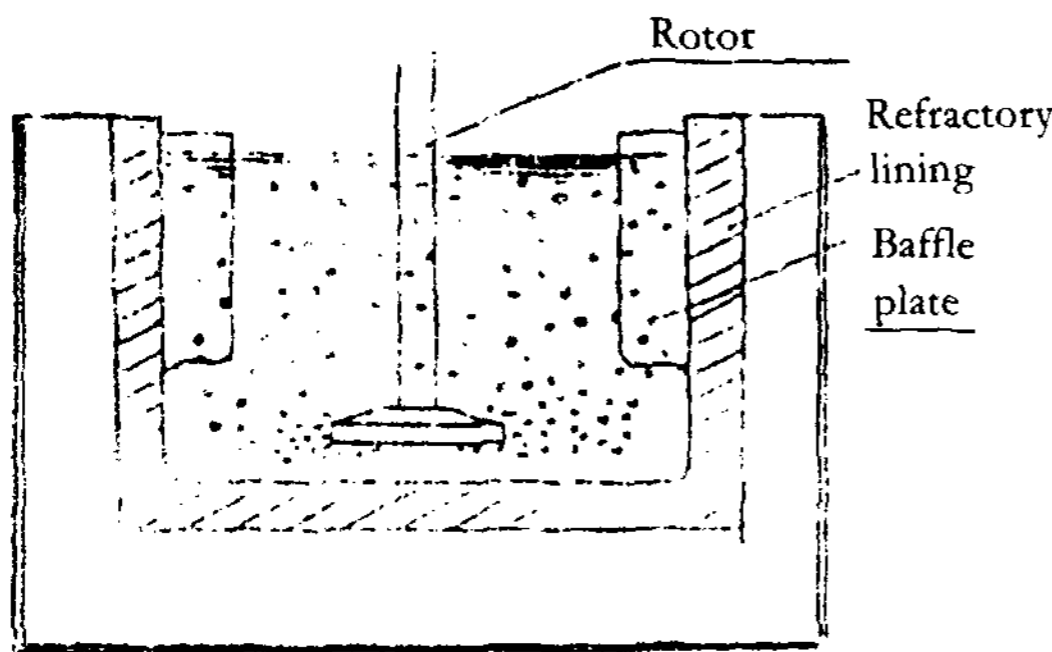


그림 6. SiC-Si₃N₄ 로 lining 된 처리로 내부

5. GBF의 특징

5-1 탈가스 및 비금속 개재물 제거효과.

기존의 통상적인 탈가스 방법으로는 수소함유량 0.18~0.30cc/100g Al의 수준이하로는 불가능하나 GBF는 이를 0.08~0.12cc 수준까지 가능케 한다. 동시에 비금속 개재물도 ceramic filter 작업수준과 같은 수준으로 제거된다. 실제로 Showa, YKK, Toyo sash, Nihon Atsueu 과 Almetax 에서는 ceramic filter를 사용하지 않고 있다.

표 1. In-Line Type의 탈가스 효과

합 금 명	용 탕 유 량 (kg / 분)	Ar 류 량 (ℓ / 분)	수소농도(cc / 100g · Al)	
			처 리 전	처 리 후
A 1100	210	40	0.23	0.11
A 3003	200	40	0.20	0.08
A 5052	208	40	0.20	0.18
A 5083	186	40	0.24	0.10
A 6063	150	40	0.29	0.11
A 7003	150	25	0.25	0.09

5-2 처리시간

GBF Process의 용탕 처리시간은 3~5분이며 진정시간을 필요로 하지 않는다. 기존 방법에 의한 탈가스 시간은 약 15~40분이며 이에 진정시간 15분 정도 추가된다. 따라서 GBF Process 는 생산성 향상에 기여하게 된다.

5-3 유가금속 손실

통상적인 fluxing 방법으로는 격렬한 반응과 용탕의 비산에 의하여 약 2%의 유가금속 손실이 발생한다. GBF Process 는 처리중 탕면의 변동이 거의 없으므로 유가금속 손실이 적다.

Type	기존방법과 비교시 Dross 생성량
Foundry	30~50%
In-line	3~6%

5-4 운용 경비 및 보수

운용경비는 국내 두레금속 사용예를 7항에서 언급하기로 하며, GBF rotor 및 Baffle 교환작업은 한 사람이 5분이내에 교체할 수 있다.

5-5 공해문제

Ar가스만을 사용하므로 매연, 냄새등이 없고, flux를 사용하지 않아 내화물 손상이 없다.

6. GBF 효과

6-1 탈가스 효과.

In-line 과 Foundry type의 탈가스 효과는 표 1, 2와 같다. 표3은 일본의 실제 사용시 탈가스 결과이다.

표2. Foundry Type의 탈가스 효과

(AC4C)

가스량(cc / 100 g)		처리시간(분)	용량 온도 (°C)		처리 용 기
처 리 전	처 리 후		처 리 전	처 리 후	
0.36	0.11	5	740	718	crucible
0.34	0.11	5	735	721	"
0.42	0.08	4	733	715	"
0.24	0.09	4	710	667	ladle
0.27	0.09	4	730	702	"
0.21	0.08	5	723	703	crucible
0.24	0.09	5	727	712	"

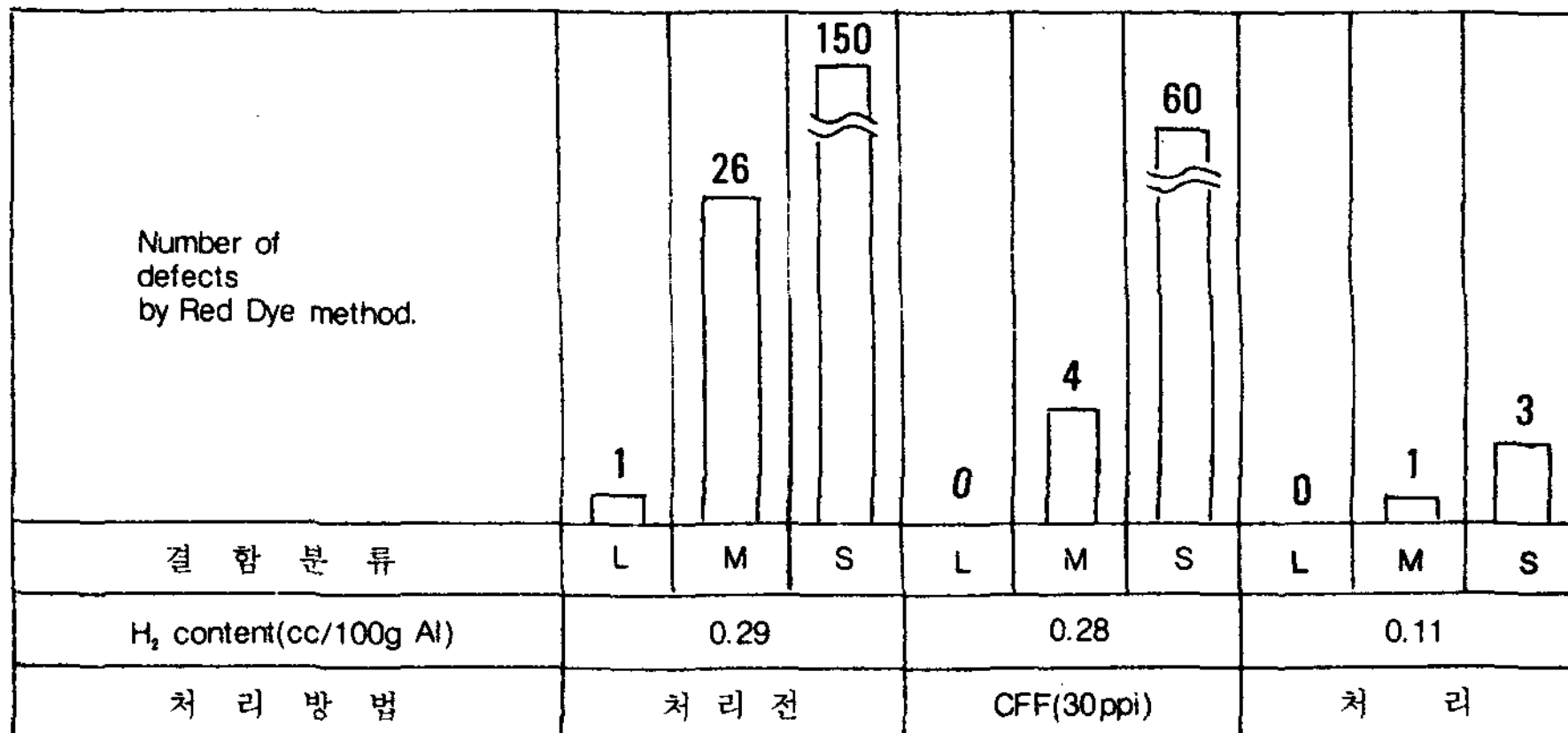
표3. 일본업체 사용결과

업 체	Type	용 탕 유 량 (kg / 분)	수소농도(cc / 100 g Al)		합 금 명
			처 리 전	처 리 후	
Toyo Sash	2WT	200	0.30~0.35	0.08~0.09	6063
Nihon Atsuen	1WS	150	0.20~0.23	0.09~0.11	Pure Al
Y K K	2WT	240	0.35~0.40	0.10~0.11	6063
Tokyo AL Senzai	1WS	140	0.20~0.22	0.11~0.13	1070

* Ar 소모량 0.2ℓ / kgAl , Rotor수명 3000T~3600T / 2rotor

6-2. 비금속 개재물 제거효과

재질 : A6063



S (Small) 0.1~0.3mm M (Middle) 0.3~1.0mm L (Large) over 1.0mm

그림7.

7. 국내업체의 GBF 적용효과

1988년 4월 부터 wheel 및 일반주물을 생산하고 있는 창원소재 두레금속에서의 GBF 적용 결과를 살펴보면 다음과 같다.

7-1 사용조건.

GBFtype ; GBF-FH
 Ar소모량; 0.2ℓ / kgAl (12ℓ / min)
 처리용탕량 / 시간; 250kg / 3.5~4분
 Rotor RPM ; 550
 Rotor / Baffle 수명; 320 / 500회 사용
 처리 합금명; AC4CH
 주생산품: WHEEL.

7-2 사용 결과.

7-2.1 탈가스 효과

한도 시험편 비교 (mini porotec 10 torr)
 결과 0.15 cc / 100g Al 이하로 판단된다.

7-2.2 유가 금속 손실

그러므로 과거 방법에 비하여 ton 당 약 4kg의 유가금속 손실이 줄어든다.

	기존의정제탈가스법	GBF 처리
Dross 생성량	14kg / ton	4.0kg / ton
20 % 회 수	2.8kg	0.8kg
Dross 중량	11.2kg	3.2kg
Metal 손실 (Dross의 50%)	5.6kg	1.6kg

7-2.3 총 운용경비 절감 효과

기존의 방법과 비교시 GBF Process 를 사용후에 2955₩ / ton이 절감되며 Al 가격은 ₩1800 / kg로 계산하였다.

7-2.4 불량율 감소.

전체적인 불량율은 표면결함. 수압test 등의 항목에서 GBF process 사용후 6%이상 불량율을 감소가되었다.

7-2.5 환경문제

과거의 flux 사용시 탈가스 처리중의 연기, 냄새 등의 문제가 GBF process 사용후 부터 제거되었으며 특히 Dross 감소에 의한 원가 절감 효과 뿐 아니라 작업장 분진, Dross 처리문제 등에 상당한 환경개선 효과를 보이고 있다.

8. 결론

비록 Al 업계에 국한되는 문제는 아니지만, 여러 분야에 걸쳐서 고품질의 제품 수요가 날로 증대되어 가고 있으나 기존의 탈가스 방법으로는 이러한 요구에 부응하기 어렵다. 그리고 사람에 의한 제품의 품질 저하를 가능한 한 방지하려는 시점에서 GBF process와 같은 팔목할 만한 성능의 설비가 Al 제품 특히 Foil, Can-stock, computer disc-sheet, Al wheel 및 방산품에 품질, 생산성, 원가 절감 효과에 기여하는 바가 크리라고 기대된다.