

技術資料

순산소 버너를 이용한 회전용해로의 주철주물 용해기술

한진수*, 이용희

New Melting Technology of Oxy-Combustion Rotary Furnace for Cast Iron

J. S. Han* and Y. H. Lee

1. 서 론

주철주물의 용해설비로 가장 일반적으로 사용 해 온 큐폴라는 근래에 들어 품질의 고급화와 환경문제의 대두로 인해 고주파유도로 급속한 설 비전환이 계속되어 오고 있다.

그러나 최근 전력수요의 급증에 따른 공급의 불안정과 함께 에너지의 효율적인 이용, 쾌적한 작업환경의 요구등에 따라 유럽을 중심으로 기존 의 로타리휘네스를 보완한 획기적인 용해방식이 개발되어 에너지절감에 따른 원가절감은 물론 품 질의 고급화, 작업환경의 개선등 많은 장점을 갖 고 있어 관련주물업체로부터 주목을 받고 있다.

특히 하절기의 수급불안정으로 인한 전력사용 의 제한, 고가의 환경방지설비비, 제품품질의 불 안정등 많은 문제에 직면한 국내의 제반여건에 비추어 로타리휘네스는 우리나라의 현실에 가장 적합한 용해설비가 아닌가 생각된다.

로타리휘네스는 우리 주물업계에는 다소 생소 한 용해기술이나 유럽을 비롯한 선진공업국에서 는 이미 오래전부터 실용화되어 온 용해기술로 그동안 출탕온도가 낮고, 내화물의 수명이 짧은 점등 몇몇 단점으로 인해 그다지 보급이 확산되 지 못했으나 최근 계속적인 기술개발과 연구에 의해 새로운 산소버너를 장착하고 전공정의 자 동화 및 내화물의 개발에 따른 획기적인 로타리 휘네스가 프랑스의 Air Liquid사와 이탈리아의

Sogemi사에 의해 공동 개발되어 이미 시험가동 이 완료되었다.

국내에서는 금년초 인천의 K사에 용량 5톤 1 기기 보급되어 성공리에 정상가동을 시작하여 전 기유도로에 비해 저렴한 생산원가로 주물을 생산 하고 있으며 현재까지 450여회의 조업을 재촉로 없이 계속하여 사용하고 있는 것으로 조사되어 있다.

따라서 아직 우리주물업계에는 생소한 로타리 휘네스의 원리와 구조, 특징등 일반적인 내용 을 알아보고 국내에 설치된 로타리휘네스의 실제 자료를 중심으로 강연하고자 한다.

2. 로타리휘네스의 개요

1) 로타리휘네스의 역사

로타리휘네스가 주물용해에 처음 이용된 것은 1920년대로 이탈리아에서 처음 개발되어 주로 미분탄을 연료로 하는 용량 2-10톤의 로타리휘 네스가 가동되어 나름대로 당시로서는 대단한 호 평을 받은 것으로 기록되어 있다.

그러나 미분탄의 경우 발생분진이 많고 로체의 보수에 많은 시간이 걸리는등 문제점으로 인해 몇몇 업체에서 제한적으로 사용이 되어오다가 점 차 증유를 비롯한 액체연료로 대체되어 왔으며 근래에 들어 청정연료인 가스를 이용한 연구도 함께 진행되어 오고 있다.

*천도상사
대성산소(주)
(1994년도 추계학술발표 및 기술강연대회에서 강연한 내용)

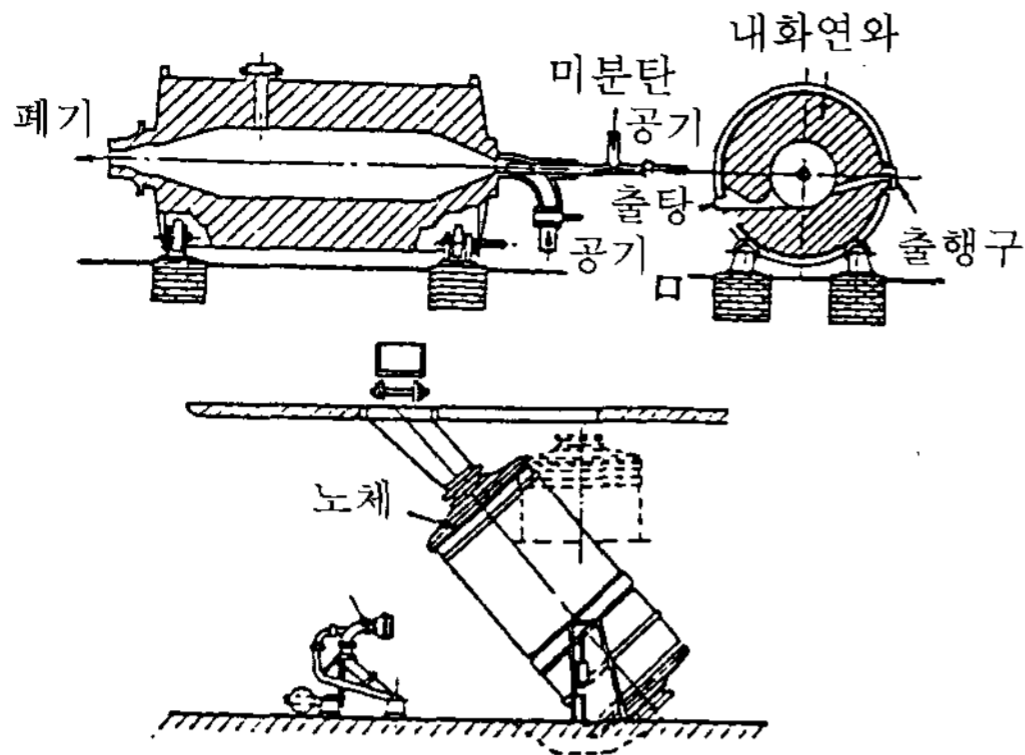


그림 1. 초기의 로타리휘네스

2) 기존 로타리휘네스의 문제점

한편 기존의 로타리휘네스는 고온의 용탕을 얻기가 어려우며 로체의 내화물의 마모가 심하고 배기가스로부터 인체에 유해한 Sox가 배출되어 환경문제를 유발시키는 동시에 용탕내에 S나 수소의 침투로 인한 주물결함을 발생시키는 요인이 되고있어 주철주물의 용해에 있어서 많은 장점을 갖고 있음에도 불구하고 주물현장에서의 사용이 극히 제한되어 온것이 사실이다.

그동안 인식되어 온 기존의 로타리휘네스의 문제점을 다시 정리하면,

- 용탕의 고온 출탕이 어렵다.
- 로체의 내화물의 마모가 심하다.
- 용해시간이 길다.(저주파유도로와 비슷함)
- 배기가스중에 Sox가스의 배출로 인한 환경문제
- 용탕내에 S나 수소의 침투로 인한 주물결함의 발생

3) 새로운 로타리휘네스의 개발경위

이와같은 문제점으로 인해 로타리휘네스의 사용이 거의 중단되어 왔으나 한편으로는 용해용 연료로서 메탄이나 프로판가스와 함께 순산소를 겸용하고 조업관리의 자동화, 구조상의 개량등 꾸준한 연구에 따라 새로운 형식의 로타리휘네스가 프랑스의 Air Liquid사와 이탈리아의 SOG-EMI사의 공동연구에 의해 1983년 개발되었으며 이후 몇가지 문제점을 추가로 보완한 획기적인 로타리휘네스가 완성되어 오늘에 이르고 있다.

또한 최근에는 기존의 순산소버너를 보완한

고효율의 버너를 개발장착함으로써 용해시간을 획기적으로 단축하였을 뿐 아니라 산소와 가스의 사용량을 줄이는 방법이 계속적으로 연구, 시운전중에 있어 차세대의 주철주물용해설비로 각광을 받고 있다.

3. 로타리휘네스의 원리 및 구조

1) 로타리휘네스의 원리

- 가스(LPG나 LNG)와 순산소를 혼합후 버너로 연소하여 로내에 화염을 투입
- 최대 2850°C의 화염이 장입물 및 로벽을 가열
- 로체의 회전에 따라 가열, 대류, 복사열을 이용한 용해

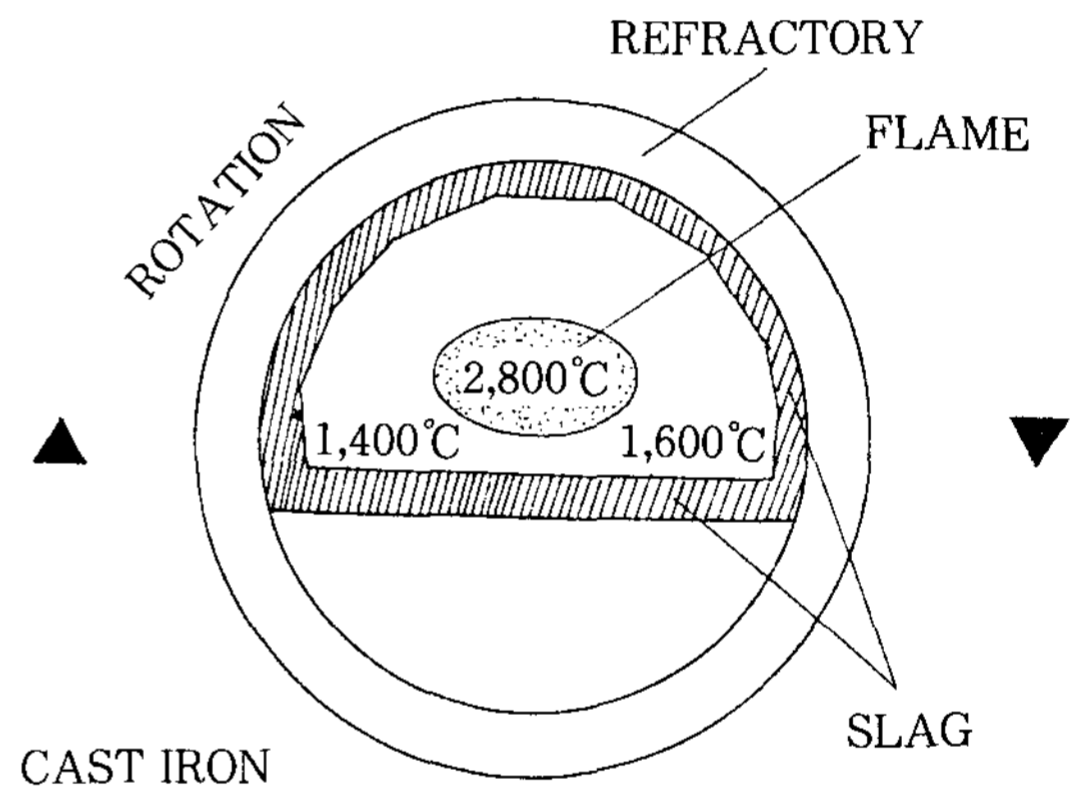


그림 2. 로타리휘네스의 기본원리

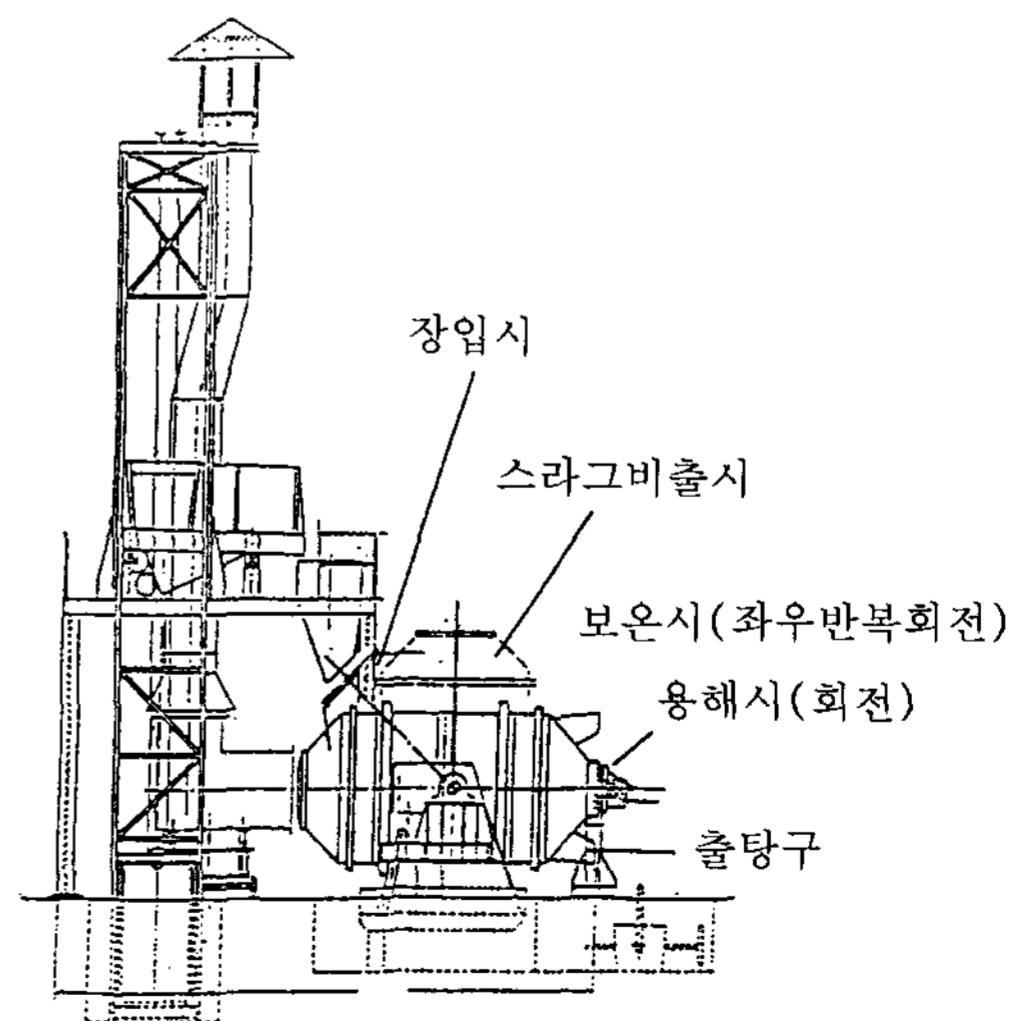


그림 3. 로타리휘네스의 구조

2) 로타리휘네스의 구조

- 로체 : 원통부와 원추부
- 회전 및 경동장치 : 전동기-어 및 유압장치
- 연소버너 : 순산소버너 및 냉각장치
- 장입장치 : 콘베어식 혹은 버켓식
- 콘트롤 판넬 : PLC시스템에 의한 완전자동관리
- 산소 및 연료공급장치 : Tank 및 on Site시스템

4. 로타리휘네스의 특징 및 효과

1) R.F.의 특징

- 고온의 화염

특수하게 개발된 순산소버너에 의해 고온(2800°C)의 화염을 로내에 투입하여 용해시간의 단축과 높은 용해온도의 출탕이 가능하며 PLC의 자동콘트롤에 의한 화염의 조정에 따라 로내의 분위기 제어가 용이하여 저급의 스크랩이나 자동차용 아연도강판의 스크랩 사용이 가능하다.

또한 스톱의 발생이 감소하여 산업폐기물의 처리량도 줄어든다.

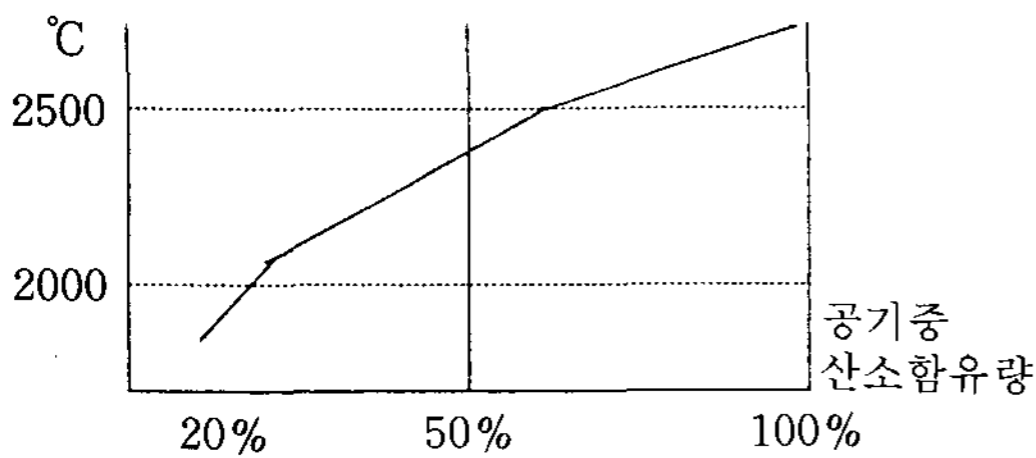


그림 4. 공기중 산소함유량에 따른 화염의 온도변화

- 전력

로타리휘네스는 가스를 연료로 사용하기 때문에 로체의 회전 및 경동용 유압장치에 필요한 모터와 연소버너의 냉각장치용 모터의 극히 적은 전력만으로 충분하기 때문에 대형의 전기적

표 1. 로타리휘네스의 용량에 따른 전력사용량

로체용량	본 체	냉각장치	장입장치	합 계
3톤	8.5Kw	3.3Kw	4Kw	15.8Kw
5톤	8.5Kw	3.3Kw	4Kw	15.8Kw
8톤	15Kw	3.3Kw	4Kw	22.3Kw

사고위험이 전혀 없으며 기존의 공장에서도 대량의 전력설비를 추가하지 않아도 로타리휘네스의 설치, 가동이 용이하다.

또한 전력비의 상승에 따른 원가부담은 물론 하절기의 고가의 전력비를 걱정할 필요가 없다.

- 연 료

로타리휘네스에서 사용되는 순산소버너시스템은 공기연소에 비해 연료의 소비량을 대폭 감소시키며 용해성능을 향상시켜 각종 연료에 대해 충분한 효율을 발휘한다. 로타리휘네스에서 사용되는 연료로는,

- 천연가스
- LPG
- Oil(점차 LPG나 LNG로 대체되고 있음)
- 내화물
- 성분 : 산성내화물(SiO₂ : 93~95%)
- 입도 : 10mm이하
- 축로 : RAMMING후 1600°C 이상으로 가열하여 건조소성한다. 로체의 가동상황 및 출탕량에 따라 다르나 일반적으로 년1회 축로를 한다.

2) 로타리휘네스의 효과

- 생산원가절감 효과

로타리휘네스는 고효율의 순산소버너를 사용하여 연료의 사용량을 대폭 절감하였을 뿐 아니라 보수·유지비에 있어서도 다른 용해설비에 비해 저렴하여 생산원가를 절감할 수 있다.

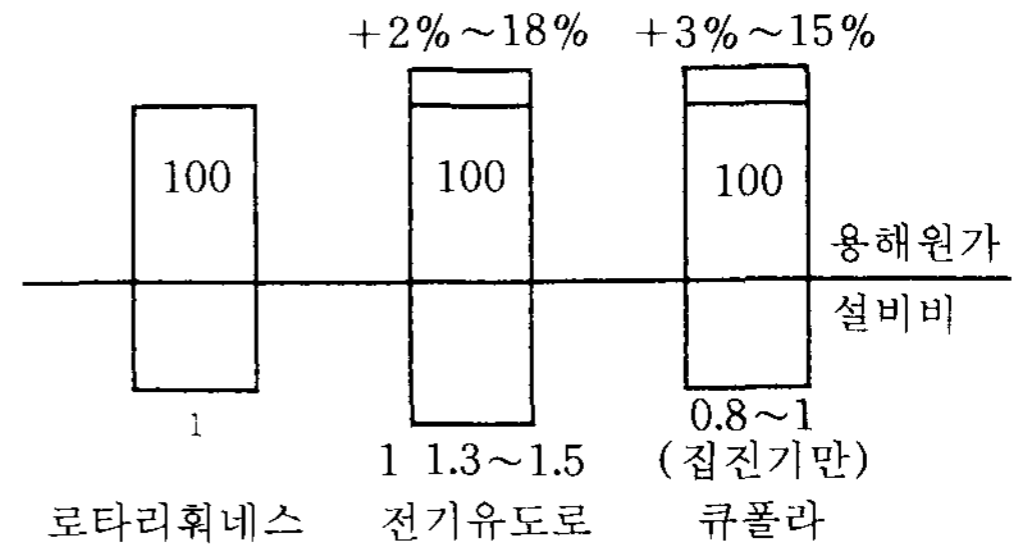


표 2. 설비별 용해원가 및 설비비 비교

- 품질향상 효과

특수하게 설계된 순산소버너를 사용하여 고온의 용탕을 얻을 수 있으며 고품질의 구상흑연 주철, 내마모합금주철의 생산에도 적용할 뿐 아니라 항상 일정한 로내 분위기를 유지하여 품질의 안정화에도 기여할 수가 있다.

(OHP)로타리휘네스에서 생산한 여러가지 제품

- 작업환경개선

내화물의 수명이 다른 용해설비에 비해 월등히 길어 로의 보수 및 축로에 따른 작업시간을 단축할 수가 있으며 용해찌꺼기인 슬라그의 제거작업도 로체의 회전 및 경동에 따라 자동 배출되도록 되어 있어 고온의 용해작업현장의 환경을 개선할 수가 있다.

특히 최근의 용해설비의 주종을 이루고 있는 유도로의 경우 고전압사용으로 인한 인사사고와 함께 강한 전기장의 발생으로 인한 소음과 작업환경측면에서도 개선효과가 크다.

- 공해방지 효과

로타리휘네스는 순산소와 청정연료인 LNG 혹은 LPG를 사용하며 특수설계된 순산소버너에 의해 로내에서 완전연소를 진행시킴으로써 분진이나 유해 배기가스가 획기적으로 감소하여 공해방지효과를 얻을 수가 있다.

특히 대기환경 오염의 주범으로 문제시되고 있는 NO_x 및 SO₂가스의 배출이 극히 적으며 분진량 또한 간단한 건식집진기의 설치로 6mg/Nm³ 이하로 관리할 수가 있다.

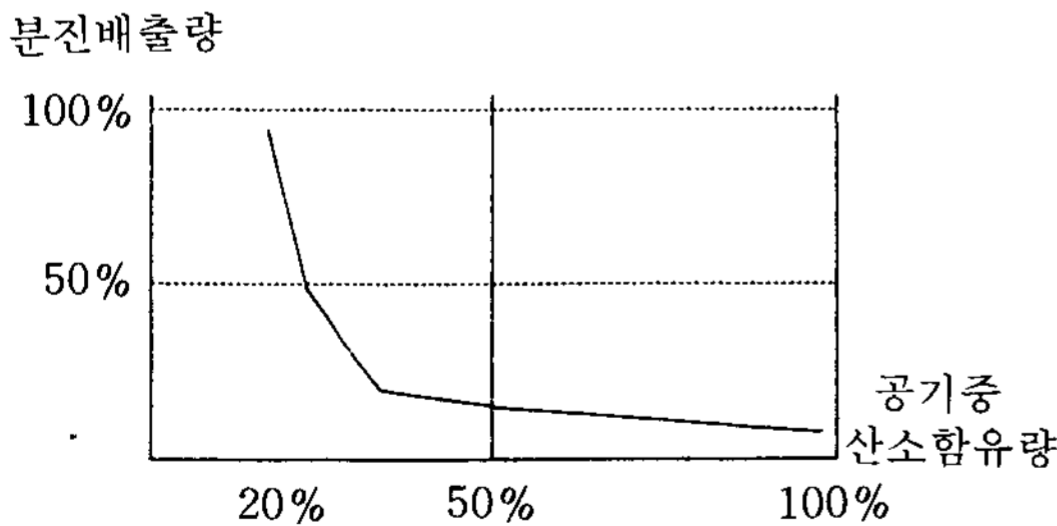


그림 5. 공기중 산소함유량에 따른 배출가스량의 변화

5. 로타리휘네스의 작업관리

1) 로타리휘네스의 조업순서

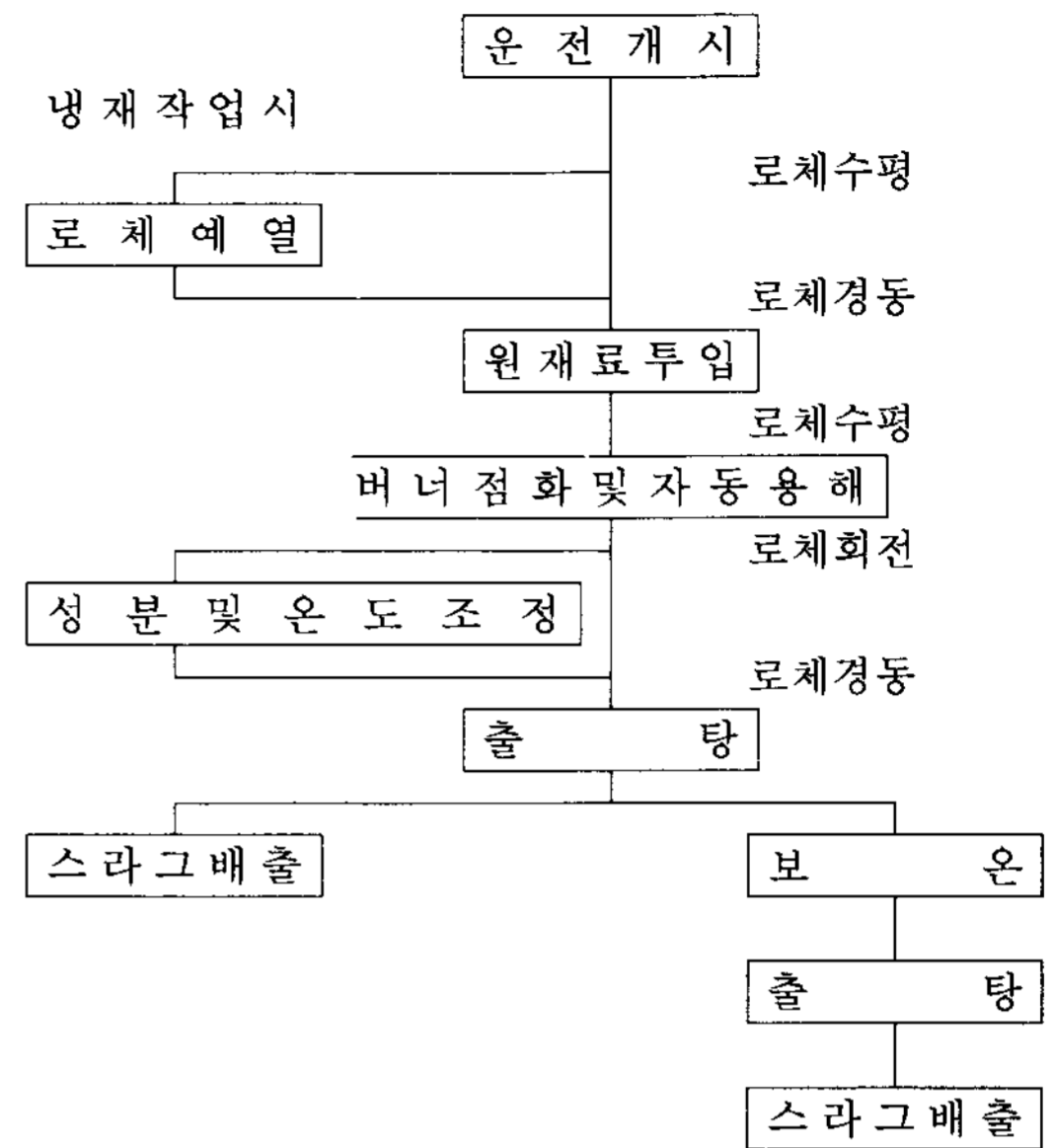


그림 6. 로타리휘네스의 작동순서

2) 로타리휘네스의 작업관리

로타리휘네스는 장입, 용해 및 출탕등 모든 작업공정이 신뢰도가 높은 PLC에 의해 제어되며 입력된 조건에 따라 자동운전되므로 1인이 2대의 로타리휘네스를 관리할 수가 있다.

자동 PLC시스템의 작업관리 내용으로는,

- 모든 공정의 자동화
- 자동 장입장치의 구동
- 용해 단계별로 화염의 크기 및 로내 분위기의 자동 콘트롤
- 연해중 로체의 자동 회전 및 경동
- 안전장치의 사전 신호, 경보 및 자동 대응

3) 로타리휘네스의 적용 예

로타리휘네스는 각 주물공장의 작업 여건에 따라 유효적절히 응용하여 사용할 수가 있으며 현재 몇몇 업체에서 적용되고 있는 예를들면,

- 용해용
가장 일반적으로 사용되고 있는 관리방법으로 큐폴라 및 전기유도로의 대체용 용해설비로 가장 많이 적용되고 있다.

- 용해용
가장 일반적으로 사용되고 있는 관리방법으로 큐폴라 및 전기유도로의 대체용 용해설비로

가장 많이 적용되고 있다.

-보온 및 승온용

로타리휘네스를 2기 설치하여 1기는 용해용, 1기는 보온 및 출탕용으로 사용하고 있으며 주로 자동조형라인이 설치된 업체에서 연속적인 출탕을 위해 적용하고 있다.

- 현재 로타리휘네스를 가동하고 있는 업체의 자료로는 로체내에서 2시간가량 보온해도 성분의 산화에 의한 변화는 거의 없다.

-성분조정용

상황에 따라 큐플라에서 용해를 하고 전기보온로 대신에 로타리휘네스를 이용하여 성분조정, 승온하여 출탕을 하는 경우가 있다.

(OHP) 로타리휘네스의 적용 예

4) 로타리휘네스의 성분관리

-로타리휘네스의 성분조정은 1차로 장입계산에 의해 성분을 관리하고 용해한후 로전시험의 결과에 따라 부족한 원소는 에어슈터를 이용하여 첨가해 주도록 되어있다.

기본적으로는 전기유도로와 동일한 요령으로 관리를 하고 있으나 로타리휘네스의 경우 로내분위기가 항상 일정하게 유지되어 대부분의 회사에서 장입비율에 따라 관리를 해주고 있다.

-로타리휘네스의 조업기록에 의한 각 장입재의 용해손실은 작업조건에 따라 다르나 일반적으로,

- C : 7~10%
- Si : 15~20%
- Mn(저) : 30~35%
- Cr(30%) : 2% 이하
- Cr : 10%
- Mo : 10~15%
- Ni : 0%

-2차 성분조정후의 Loss

- Graphite : 50%
 - Fe-Si(45%) : 15%
 - Fe-Mn(75%) : 40%
- 스러그의 조성
- SiO₂ : 77%
 - Al₂O₃ : 5%
 - MnO : 8%
 - Fe total : 10%
 - C : 1.7%

5) 로타리휘네스의 유지·보수관리

-전기장치

적은 전력 사용으로 인해 거의 유지·보수관리를 할 필요가 없다.

-내화물의 보수

- 원통부 : 축로후 약 250회까지는 보수가 전혀 필요없으며 이후 손상된 부분에 대해 내화물을 로내에 투입하여(1회 약 30kg)1시간가량 소결한다.
- 원추부 : 축로후 약150회까지는 부수가 필요없으며 이후에는 손상된 부분에 대해 보수한 후 자체 버너로 약30분간 건조한다.
- 축 로 : 로의 가동상황, 출탕온도에 따라 다르나 일반적으로 1-2년에 1회 축로를 하고 있다.

6. 로타리휘네스의 품질관리

1) 화학성분 및 기계적 성질

-강재의 배합을 20-50%까지 변화시켜 화학성분, 경도, 인장강도를 Test한 결과 전기유도로에 의한 제품의 품질과 비교하여 전혀 차이가 없었다.

표 3. 장입비율에 따라 화학성분 및 인장강도

강재배합비	C	Si	CE	HB	인장강도
20%	3.20	2.47	4.06	220	32.6
30%	3.30	2.60	4.10	206	30.6
40%	3.34	2.29	4.13	214	27.3
50%	3.25	2.60	4.13	220	29.5

표 4. 화학성분의 오차한계

화학성분	오차범위
C%	3.30% ± 0.05%
Si%	2.22% ± 0.04%

<요인>로타리휘네스의 작업과정 : 30%
장입재의 성분오차 : 70%

2) Chill test

장입원료중의 강재의 배합비율을 변화시켜도 Chill깊이에는 영향이 없었으며 3-5mm로 다른 용해로와 동일한 결과를 보이고 있다.

3) 주철중의 GAS함유량

- 산소 : 40ppm(극히 일부 50ppm)
- 질소 : 40ppm(극히 일부 50ppm)

4) 탕류시험

용탕의 흐름성을 Test한 결과 강재의 배합비율에 관계없이 다른 용해로와 비교하여 특히 다른 현상은 없었다.

7. 용해설비별 비교

주철주물의 용해설비로서 가장 일반적으로 사

용되고 있는 큐폴라, 전기유도로, 로타리휘네스의 장단점을 비교한다.

8. 결 론

최근 자동차를 위시한 산업기계 전반에 걸쳐 모든 중량물의 경량화, 박육화가 진행되어 경합금이나 플라스틱, 세라믹등의 비철금속재료로 점차 재질변화를 보이고 있다. 그러나 주철주물의 여러가지 금속적 특성에 따라 자동차와 많은 산업기계의 주요한 구성부품으로서 아직도 부동의 위치를 차지하고 있으며 한편으로 구상흑연주철, CV흑연주철등 고강도의 합금주철이 점차 확대되고 있는 실정이다.

이와함께 주철주물을 생산하기위한 용해설비도 시대의 필요에 따라 변천을 해오고 있으며 특히 최근에는 단순한 주물제품의 품질이나 원가측면 이외에 중요시되고 있는 대기환경문제나 작업환경의 개선을 고려한 새로운 용해설비의 개발이 시급한 시점에 세계적으로 권위있는 불란서의 Air Liquid의 연구소(유럽의 차세대 우주항공연구팀의 일원)에 의해 획기적인 연소이론을 바탕으로 한 차세대의 로타리휘네스가 개발되어 보다 많은 국내의 주물업체에 보급되기를 기대한다.

관리	설비종류	큐 폴 라		전기유도로		로타리휘네스	
		일 반	장기조업	고주파	저주파	구형	신형
출	탕 온 도	×	×	○	○	○	○
성	분 관 리	×	×	△	△	○	○
용	해 시 간	△	△	○	×	×	○
축	로	×	○	△	△	○	○
유	지 보 수	×	△	△	△	○	○
설	비 비	△	×	×	△	○	○
용	해 원 가	△	△	△	△	○	○
안	전 성	△	△	△	△	○	○

주 1) ○, △, ×는 상대적인 비교를 나타내며 ○는 우수 내지는 양호, △는 보통, ×는 불리 혹은 열악한 상태를 표시함.