

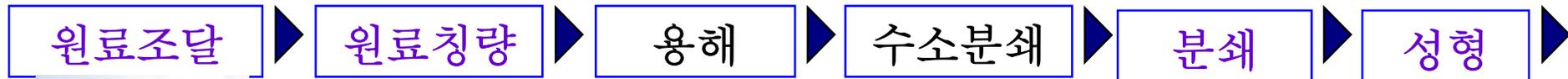
희토류(Nd)소결 자석 제조용 설비소개

- ① 유도 가열식 진공용해로
- ② 수소처리로
- ③ 소결로, Aging로
- ④ Magrise

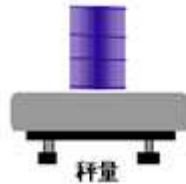
한국알박주식회사
백충렬



최신 희토류(Nd) 소결 자석제조공정
(저Dy자석제조)



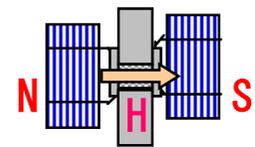
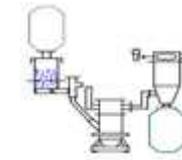
제조하는 합금조성에 맞추어서 Neodymium, 철, Boron, Dysprosium 그 외를 조달.



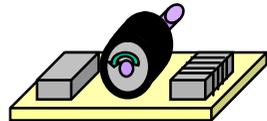
제조하는 합금조성에 맞추어서 Neodymium, 철, 그 외 첨가원소를 칭량하고, 원료를 도가니에 삽입하여 진공용해로에서 금속Flake을 제조.



주조한 원료박대를 수소분쇄로(진공로)에 투입하여 수소Gas의 흡수방출 조작으로 미세분말을 생성. 기계분쇄도 사용.



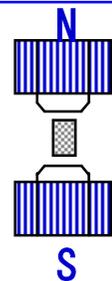
Press성형한 성형체를 진공소결로 내부에서 소결.



기계가열 완료한 소결자석에 Magrise처리®에 의한 소량의 Dy(Dysprosium)을 입계에 우선적으로 도입.

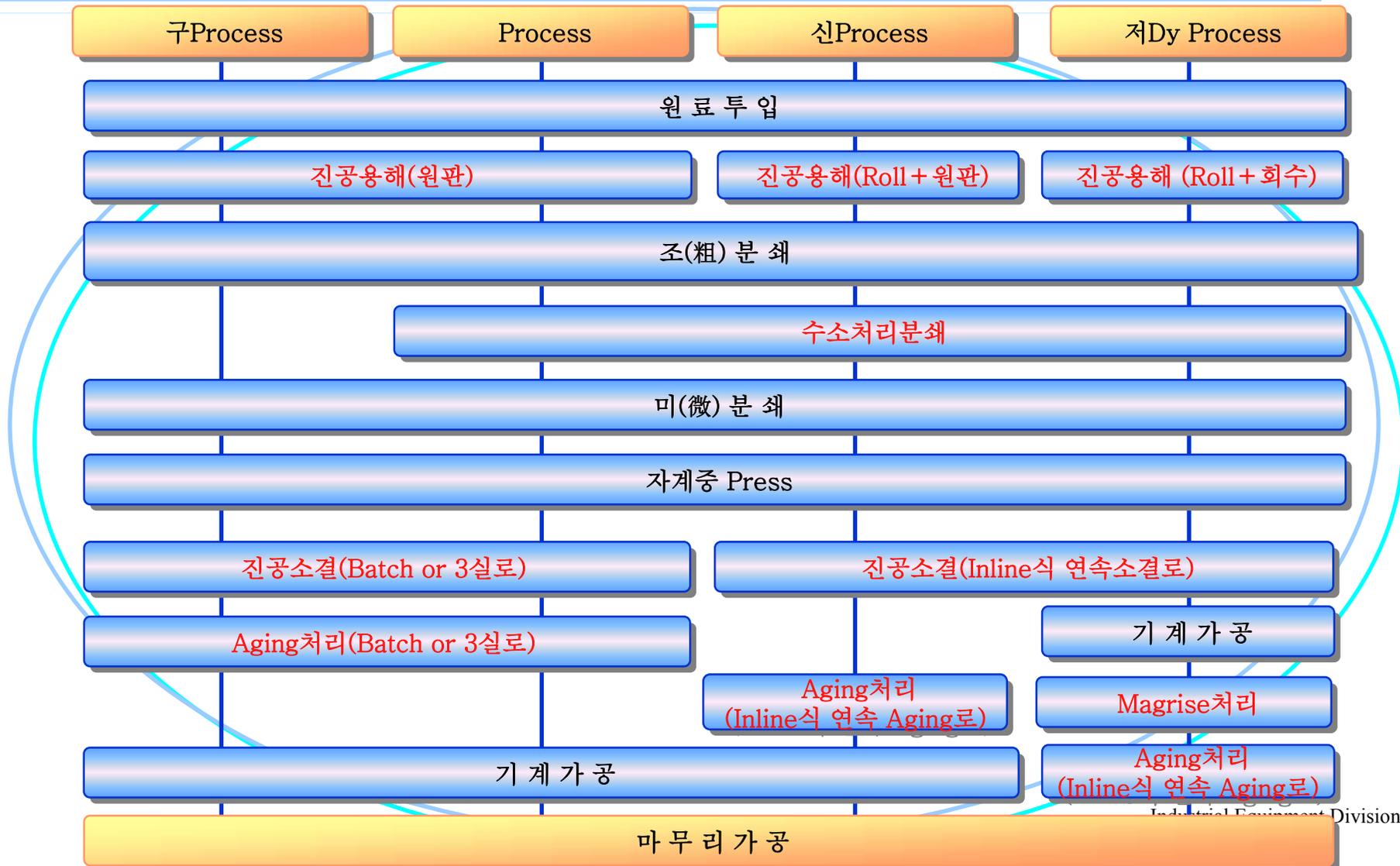


Magrise처리®후에 Aging 처리를 실시하고, 금속조직을 조정하여 고성능의 자석으로 개질.





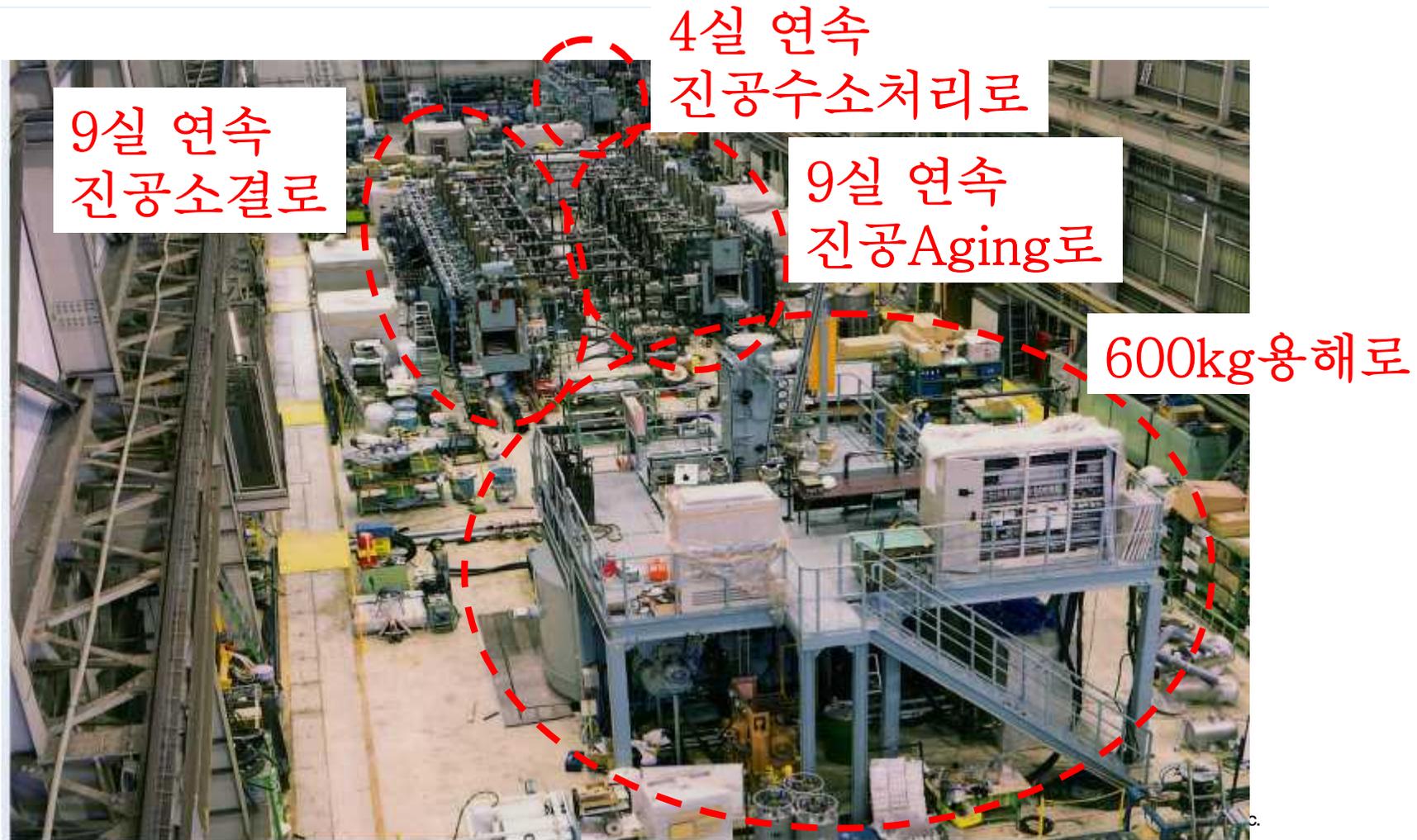
희토류(Nd) 소결자석 제조Process의 기술혁신



Industrial Equipment Division

희토류(Nd) 소결자석 제조용 장치

(용해/수소처리/소결/Aging처리)



유도 가열식 진공 용해로

《 FMI , Magcaster Series 》

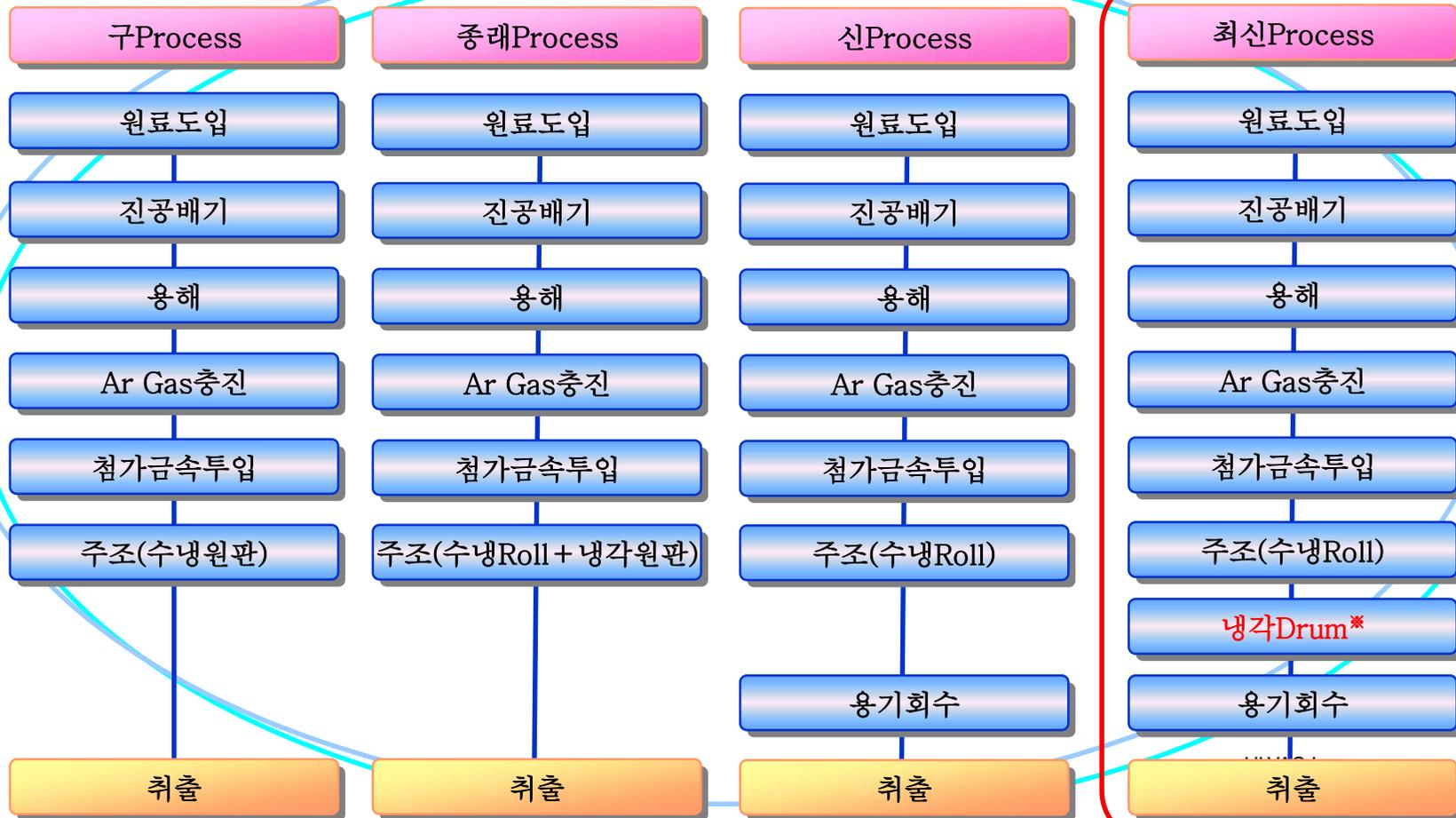
냉각방법의 차이에 대해서

- 냉각방식의 차이에 따라서 얻어지는 부가가치 .
용해한 금속재료의 냉각방법의 차이에 따라서 제품의 얻어지는
형상과 특성이 다릅니다.



최신의 진공용해 Process

● 진공용해 Process

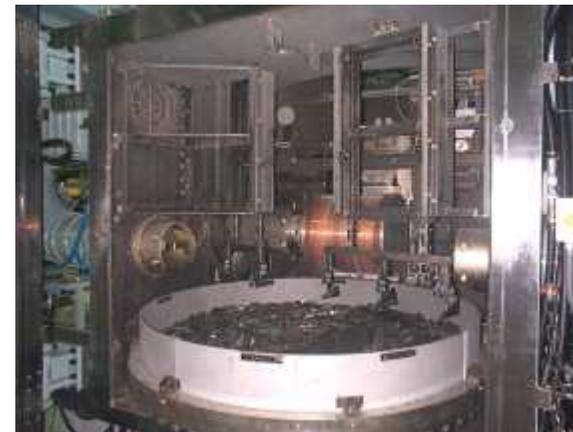
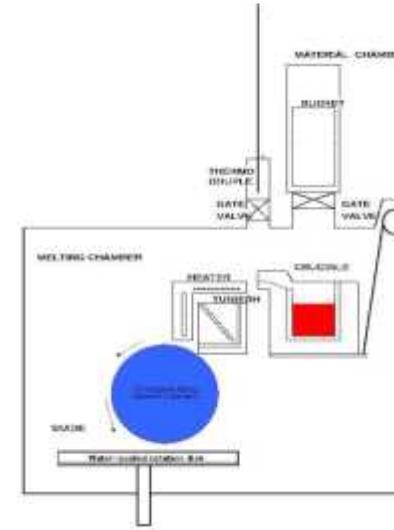


*オプション

FMI- I 형 : 수냉회전원판+수냉Roll 용해의 특징

● 우수한 특징

- ① 정량 출탕(出湯) 제어기능포함
- ② Roll회전 가변제어가능
- ③ Ar Gas강제 냉각기구부속
- ④ 수냉원판상, 제품 제반기구포함

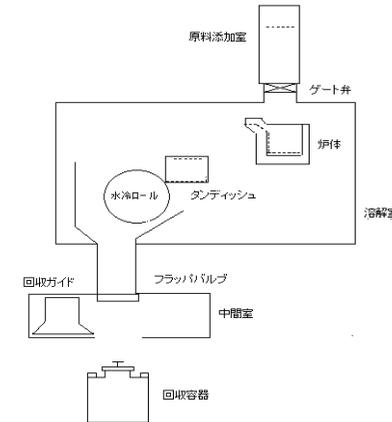


Industrial Equipment Division

FMI-Ⅱ, Magcaster형 : 회수용기형의 특징

● 우수한 특징

- ① 정량 출탕(出湯) 제어기능포함
- ② Roll회전 가변제어가능
- ③ 용기회수형
- ④ Gas사용량의 저감



SC용해에서 용기회수
기구까지의 Image그림



1ton 유도가열식 진공용해로 : Magcaster-1000

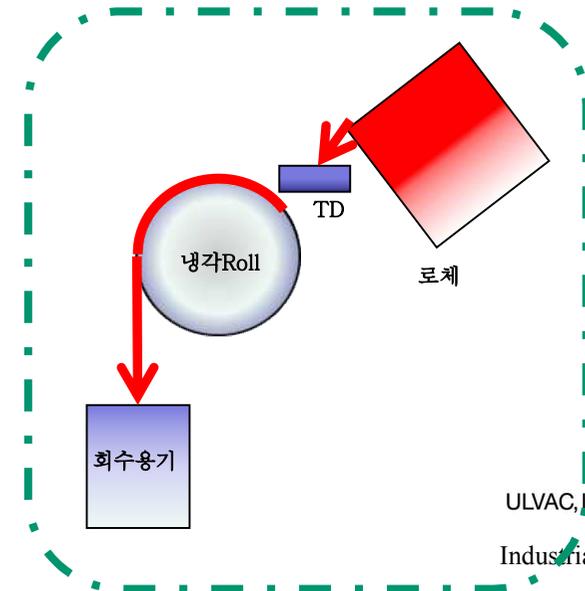
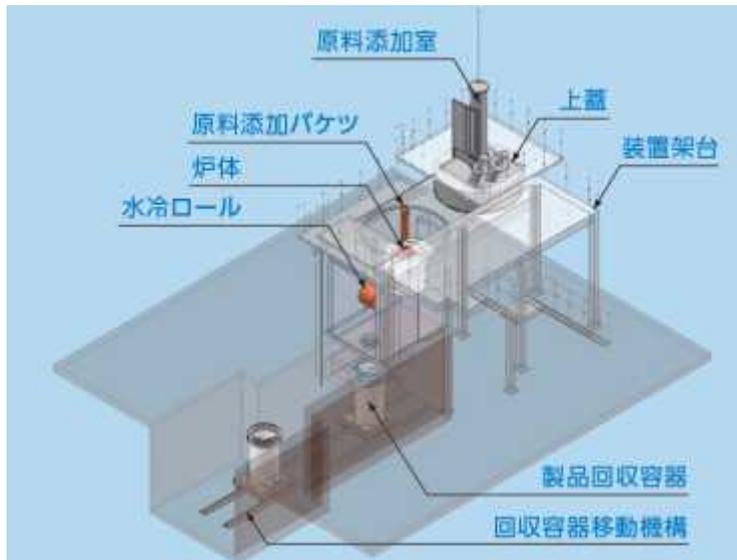
① Flake 냉각

로체에서 출탕(出湯)되는 합금은 수냉 Roll로 냉각(1차), 그 후 한번 더 회수용기로 냉각(2차)하는 것이 가능합니다.

② 회수용기 기구

냉각 Roll로 냉각된 합금(Flake)을 산소에 접촉시키지 않고, 회수하는 것이 가능합니다.

고순도 Ar Gas 분위기(감압)인 채로 용기의 뚜껑을 닫고, 다음 공정에 이동하는 것이 가능합니다.



ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

회수용기기구 (감압Ar 분위기용기)

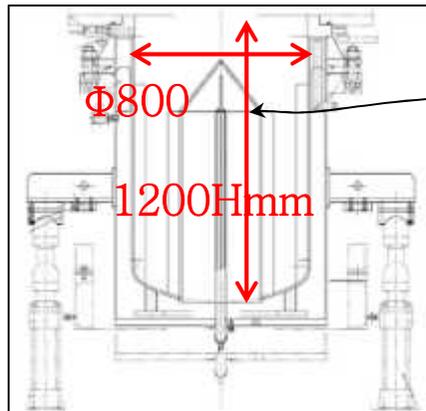
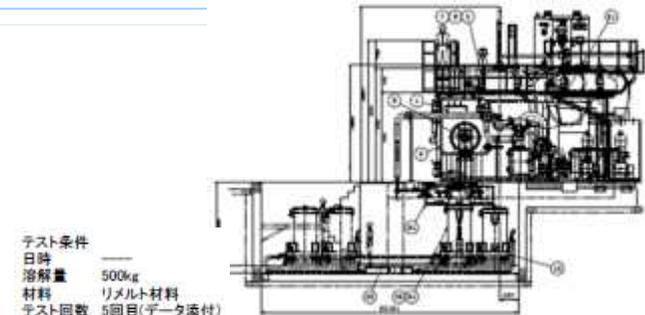
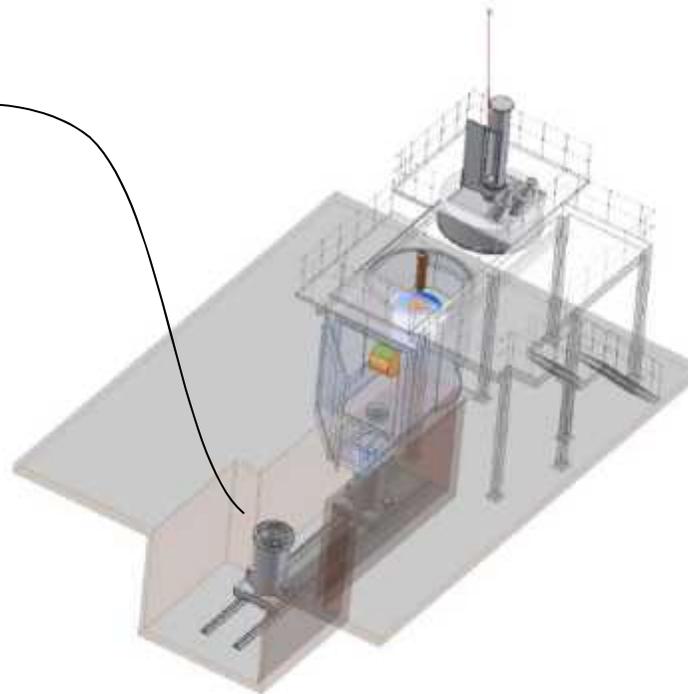


그림 : 회수용기(단면)



테스트조건
 日時
 溶解量 500kg
 材料 リニウム材料
 テスト回数 5回目(データ添付)
 使用装置
 給水温度

아래그림 : 회수용기의 Flake 온도곡선

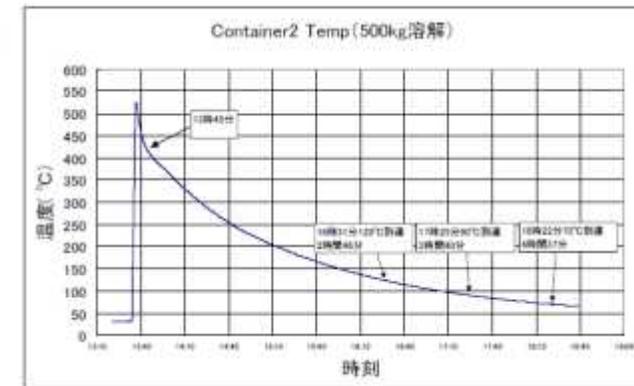


사진 : 회수용기(기구전체)

사진 : 회수용기(내부틀)

사진 : 회수용기 (외부틀)

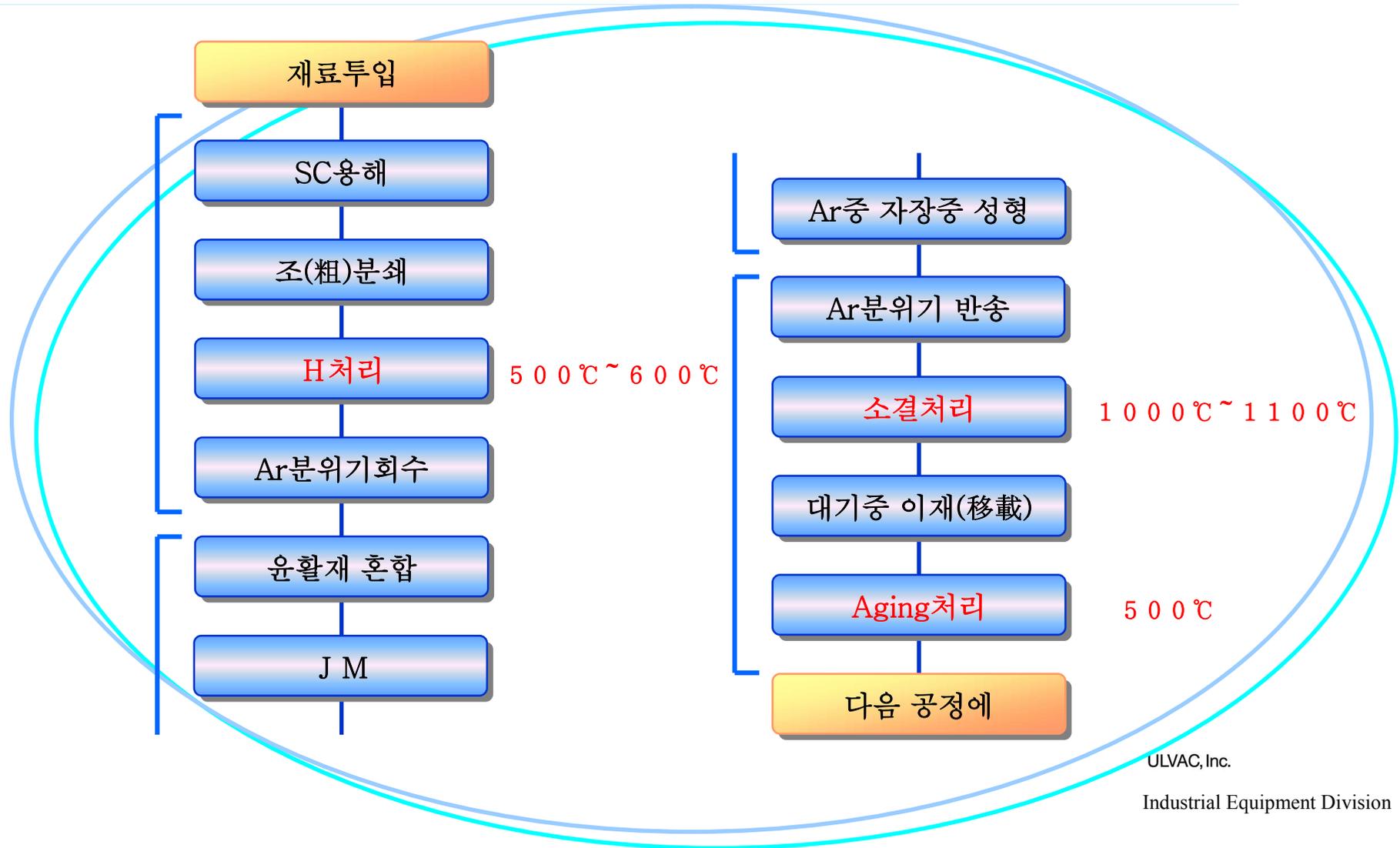
사진 : 제품회수상태 1

사진 : 제품회수상태 1

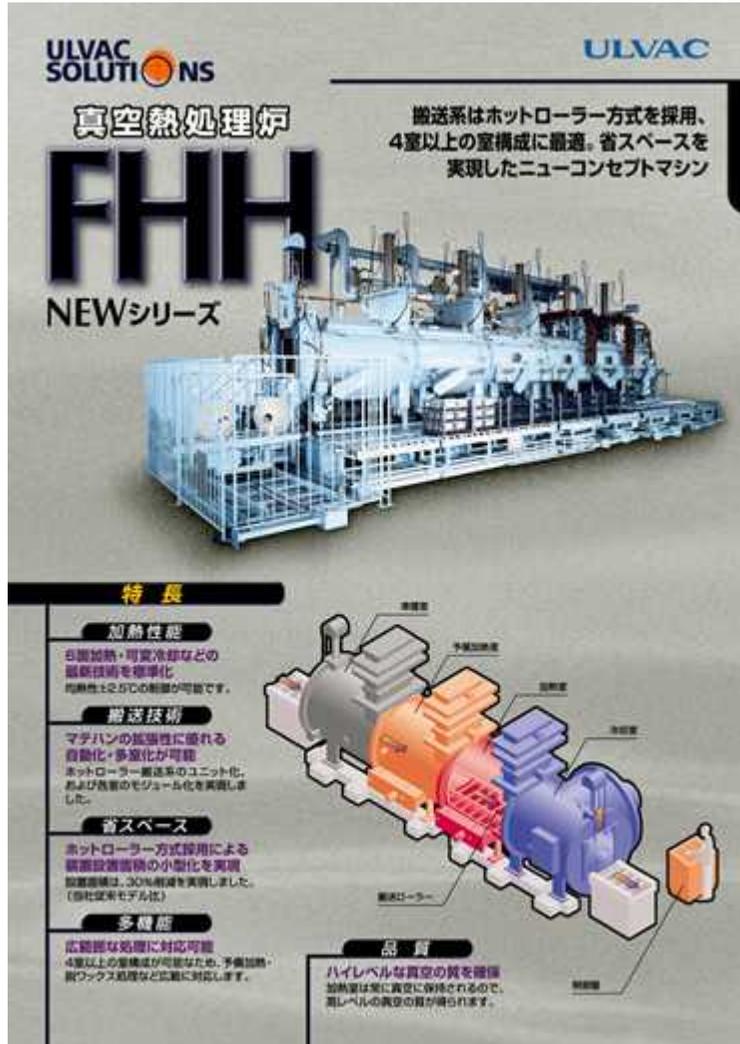
진공수소처리로

《 FHH Series 》

Nd소결자석제조 Process 예



진공열처리로 (수소분쇄 · 소결 · Aging처리)

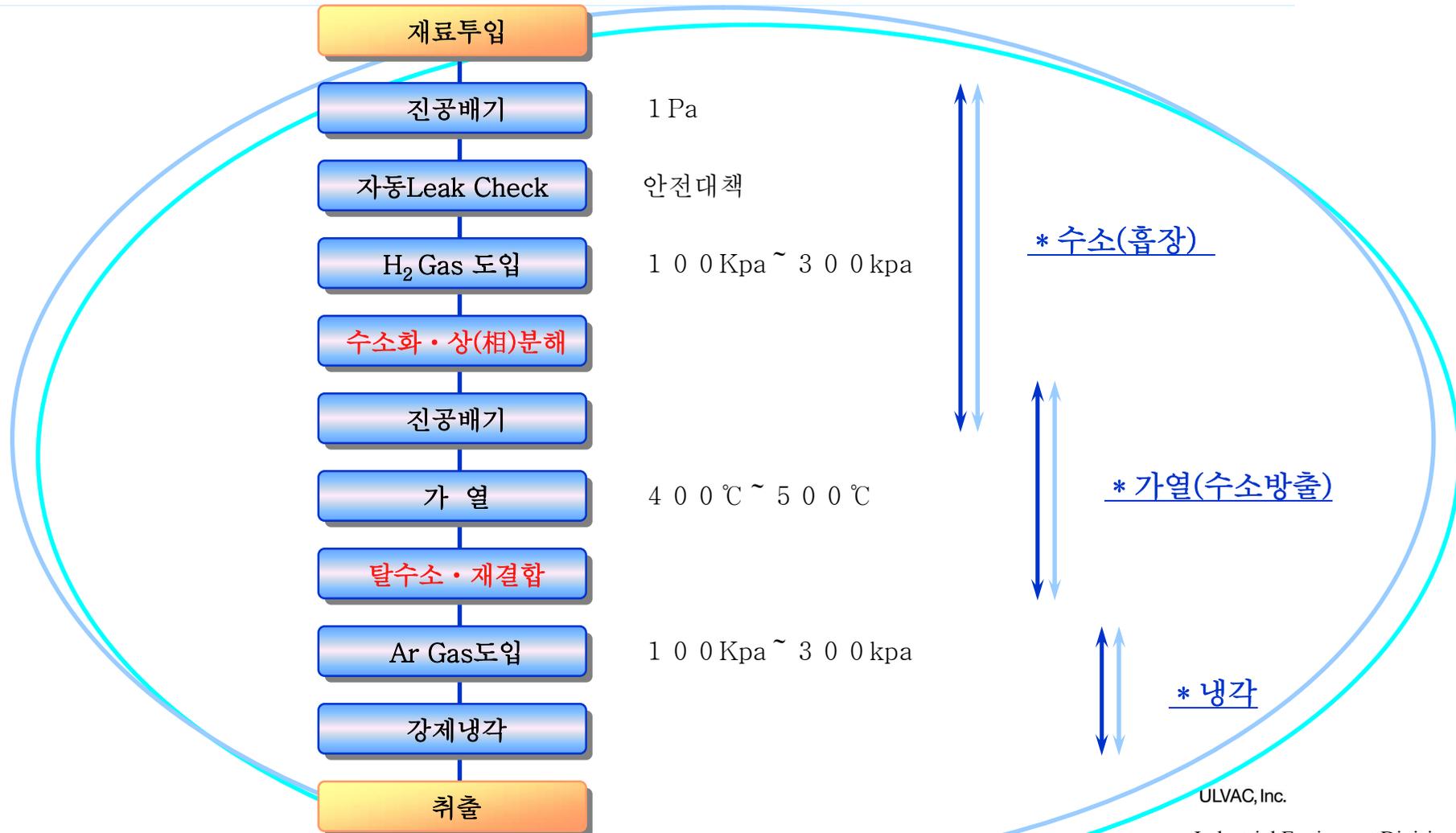


FHH Series의 특징

- Nd소결자석 제조에 필요한 열처리 Process을 FH Series에서는 Module & Unit방식을 채용하여 모든 대응이 가능합니다.
- Carrier Gas법과 연속로 채용으로 로내는 항상 청정한 진공이 유지되어서, 로내 재료의 장수명화를 실현하고 있습니다.
- Hot Roll방식을 도입하여 4실이상의 Module구성이 가능하며, 이에 따른 연속적인(소결 + Aging) 처리도 가능합니다.

ULVAC, Inc.
Industrial Equipment Division

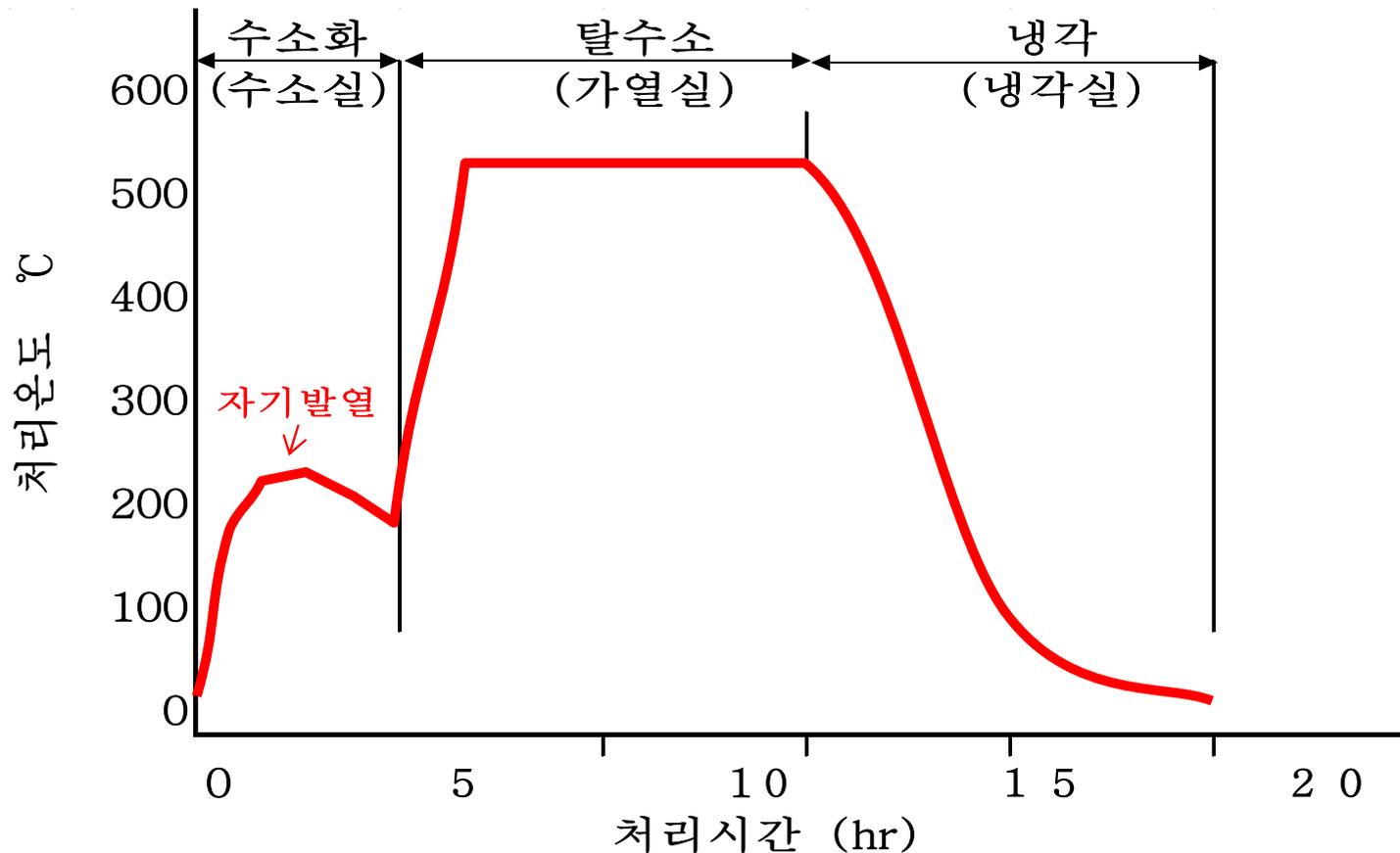
수소처리 Process



ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

참고수소처리 Pattern



수소실 외벽에 가열기구를 마련하여 자기발열 후의 열Loss를 제어

ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

5실식 연속 수소처리로 (FHH5-6130H)

- 연속수소로의 Concept
 - 수소Gas중 처리에 의한 안정성
 - 안정한 품질
 - 생산량에 맞춘 확장성
 - 전후 공정과의 자동화 대응
(Material Handling · 반송 외)

Module구성	수소처리실	제1가열실	제2가열실	제1냉각실	제2냉각실
1Tray 삽입량	800Kg (용기, Tray중량포함) 600WX1300LX650H				
처리목적	H ₂ 흡장	H ₂ 방출	H ₂ 방출	강제냉각	강제냉각
처리분위기	H ₂ Gas	진공	진공	Ar Gas	Ar Gas
최고온도	200℃	600℃	600℃	상온	상온
처리온도	~200℃	550℃	550℃	-	-
처리압력	0. 3MPa	4~8KPa	4~8KPa	0. 3MPa	0. 3MPa
도달압력	7Pa				
반송Roller재질	SUS316L	CCM	CCM	SUS304	SUS304



ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

수소처리로의 안정성

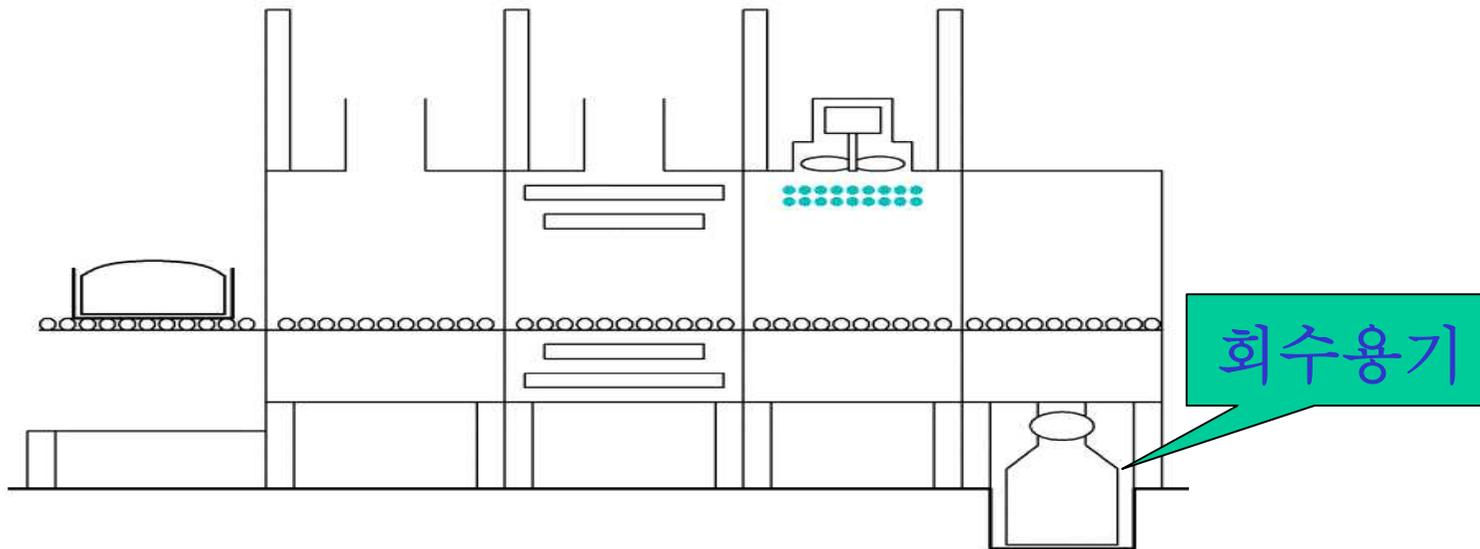
● 수소로의 안전성

1. 자동압력 상승 Check →(진공측 Leak 자동 Check)
2. 자동압력 하강 Check →(가압측 Leak 자동 Check)
3. 2중 Seal구조 →(구동, 회전, 개폐부)
4. 삽입 Door의 2중 Seal Packing구조 →(Packing간의 Ar Gas Seal구조)
5. 압력 이상 검지 →(Teaching Setting설정)
6. Back Up전원 (무정전 전원) →(Sequencer, 전자변 외)
7. He Leak용 진공Pump →(Rotary Pump : PKS-070H)
8. 희석Gas 도입회로 →(Rotary Pump Discharge Side)



사진 : 삽입Door의 2중Seal Packing구조

수소처리로의 회수기구



- Closed system에 필요한 수소로의 밀폐 용기회수가 필요.

진공수소처리로(5실Type)



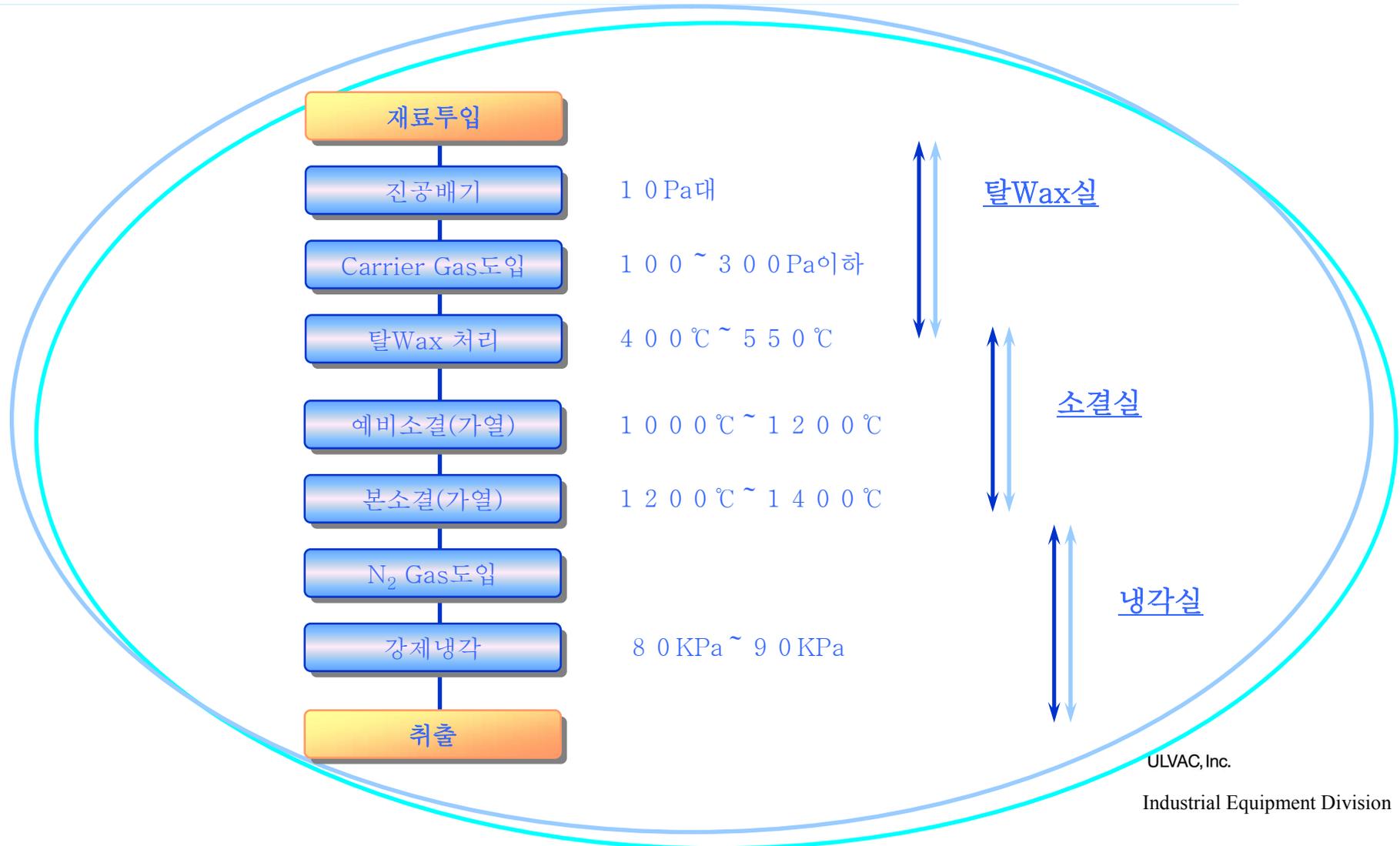
진공수소처리가 사용되는 Point

- 다음 공정에서 분쇄공정 결정의 Damage경감이 가능하다.
- 자장 성형시의 배향도가 개선된다.
- 산소 함유량을 감소시킨다.

소결로, Aging로

《 FSC, FHH Series 》

진공소결처리 Process



진공소결로(4실 Type)

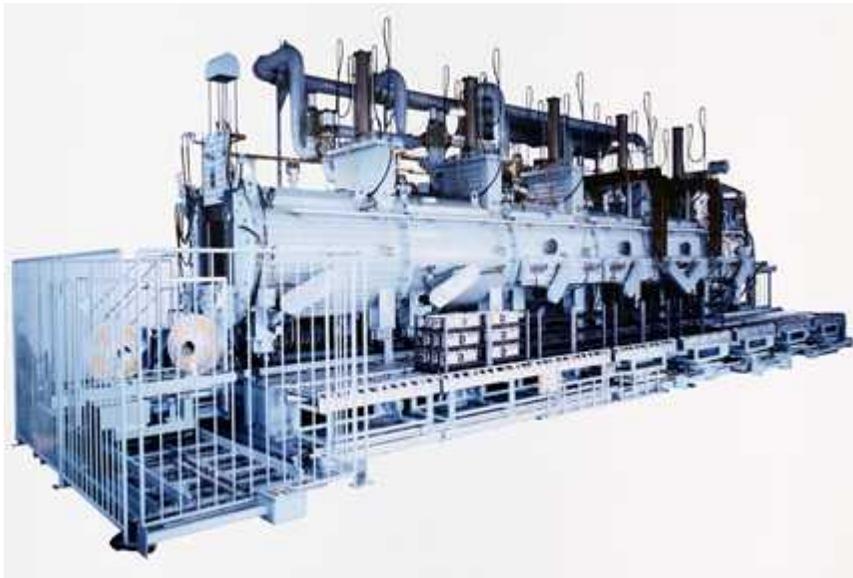


사진 : 6실 Hot Roller실 진공 소결로
(형식 FHH6-6150)

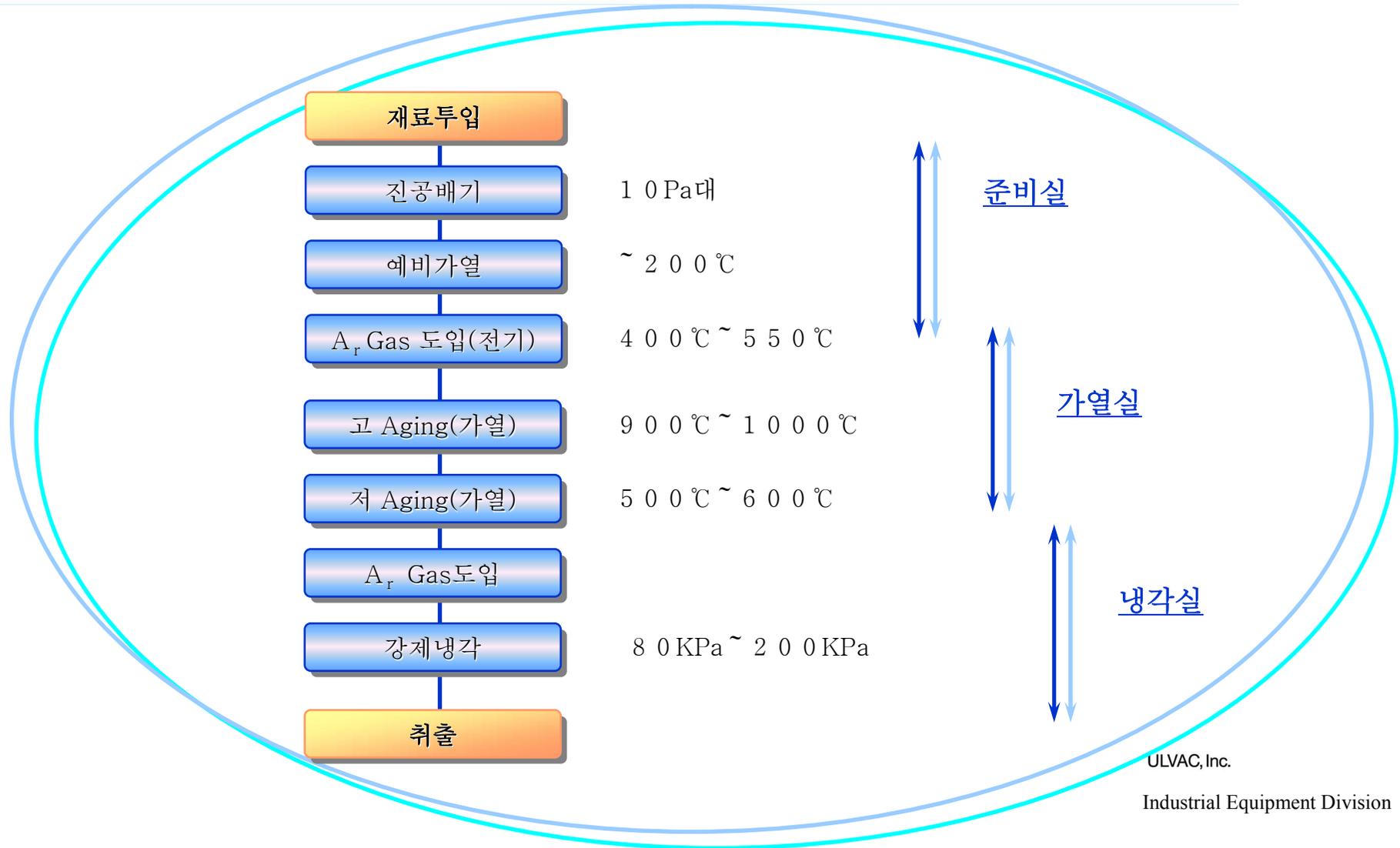
진공소결 처리에 다실형이
사용되는 Point

- 탈Wax, 탈Gas, 소결의 Process마다 공간이 나누어져 있기 때문에 소결실의 오염이 없음.
- 소결실의 전후에 처리실이 있어서 항상 진공이 유지되어 산소와 수분의 반입이 없음.
- 산화증가를 방지가능하므로 Nd의 사용량을 삭감가능.

ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

진공 Aging처리 Process



진공 Aging로 (6실 Type)

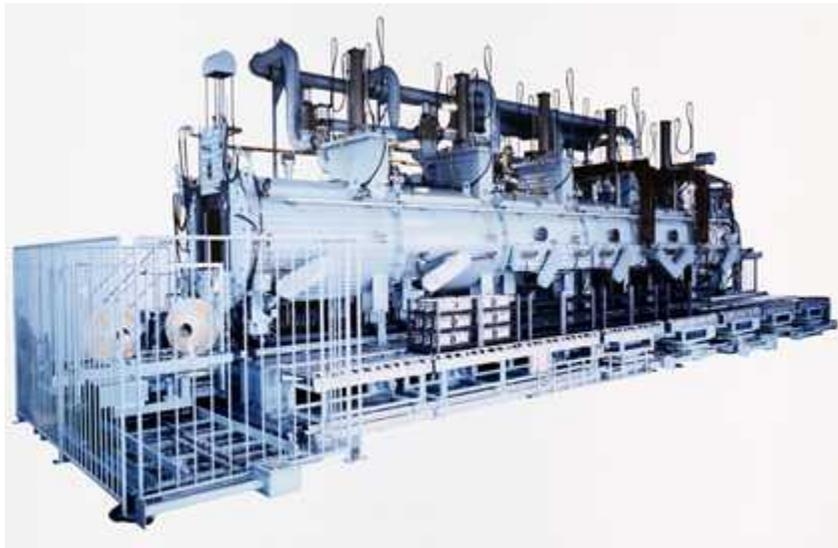


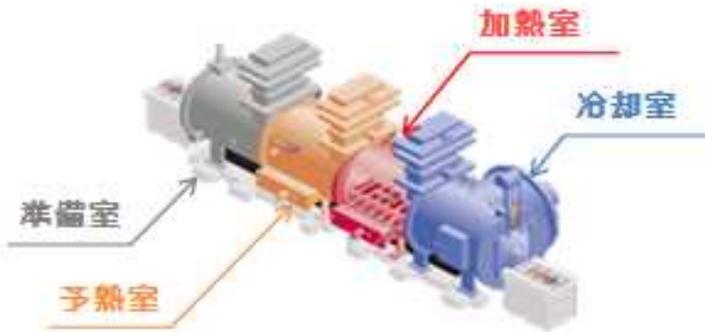
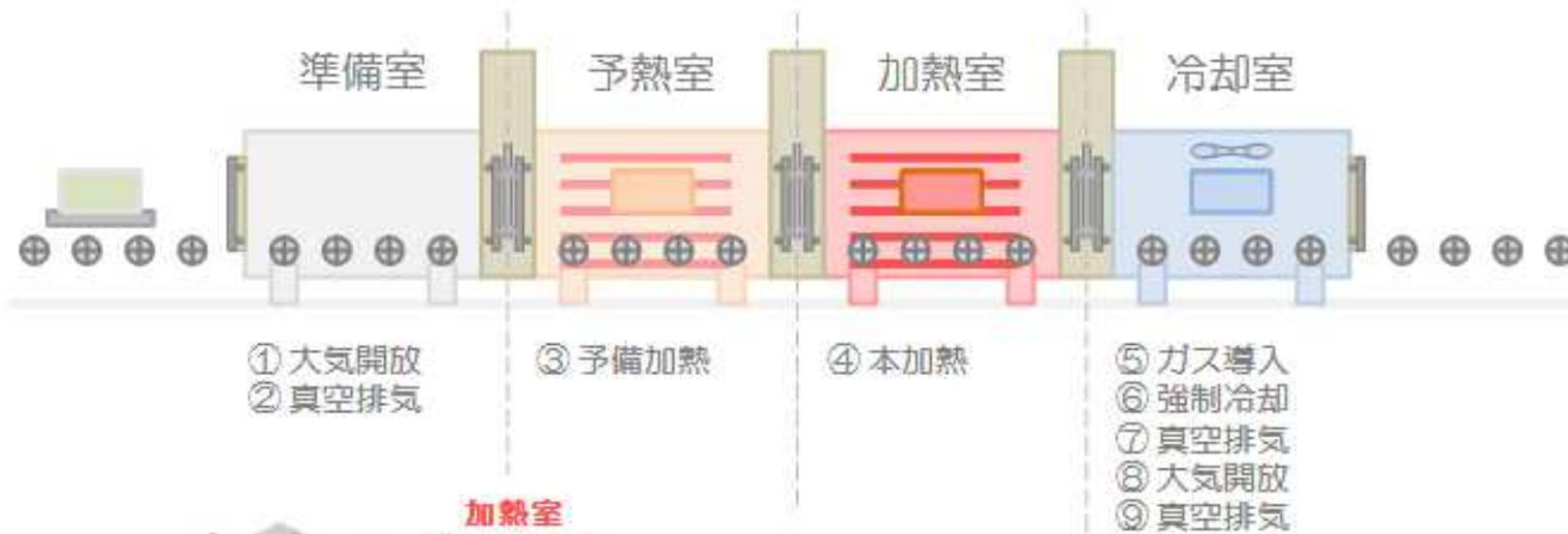
사진 : 6실 Hot Roller식 진공 Aging
(형식 FHH6-6150)

진공 Aging처리에 연속로가 사용되는 Point

- 예비가열, Aging의 Process마다 공간이 나누어져 있기 때문에 Aging실의 오염이 없음.
- 연속로이기 때문에 고온Aging과 저온 Aging의 Process가 1℃에 1대의 장치로 처리가능.
- 소결로와 Docking도 가능하며, Running Cost삭감.

완전 Module / Unit설계

■ 構成例=4室構造 (眞空置換→予熱→加熱→冷却)



∞ 각Module Unit 구조 ∞

- 준비실
제품을 Chamber내에 삽입하여 대기압부터 진공분위기를 만듭니다.
- 예열실
500℃부근에서의 예비가열을 실시합니다.
- 가열실
1100℃부근에서 가열처리를 실시합니다.
- 냉각실
불활성 Gas에 따른 냉각을 실시합니다.

- 최소Module구성은 3실
- Module구성의 확장성

각 실이 Gate Valve에 의해서 완전 독립구조이기
때문에 생산량에 맞추어서 Module수를 추가가능.

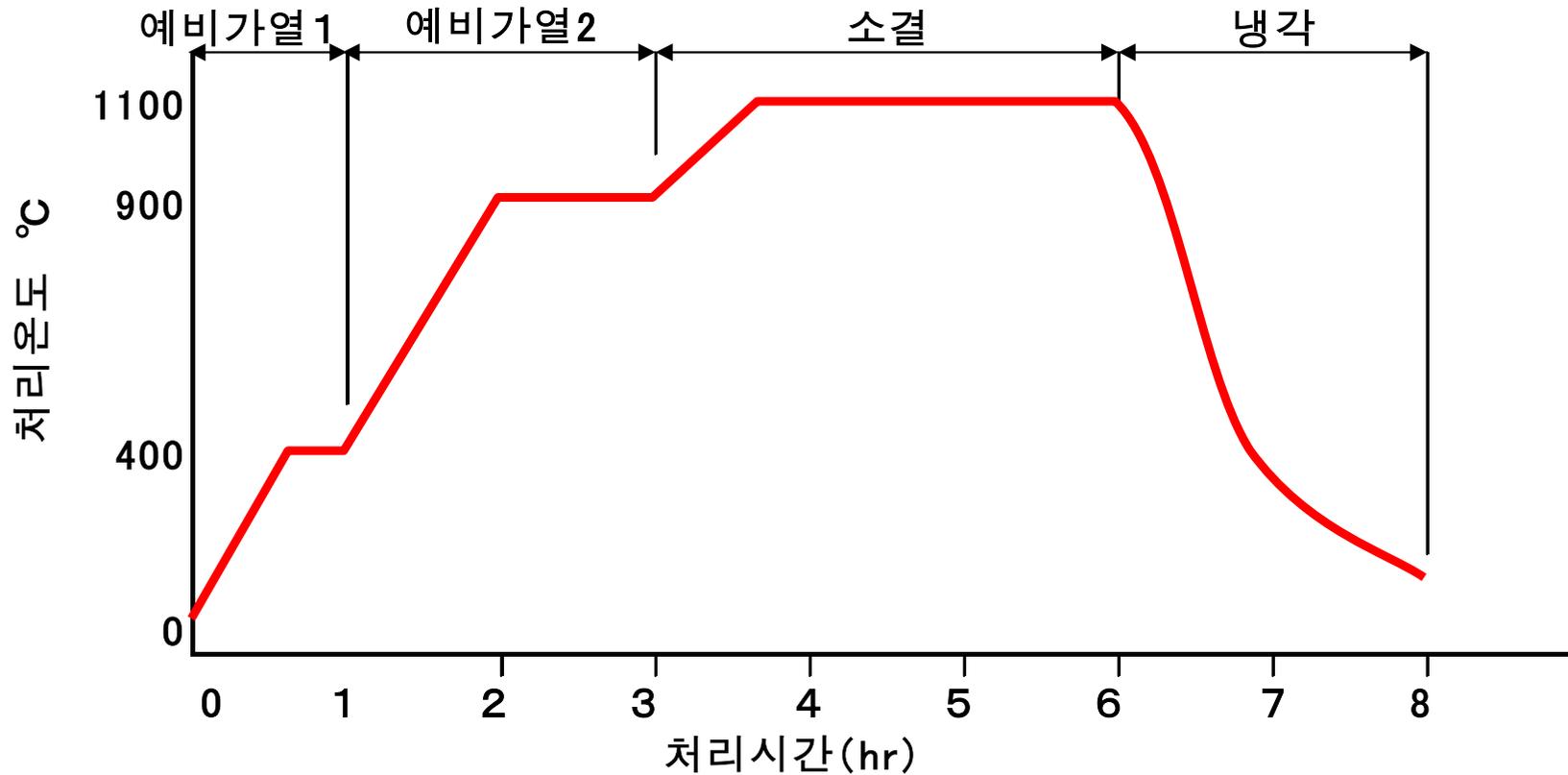
① 3실 $P + H + C$

② 4실 $P + H1 + H2 + C$

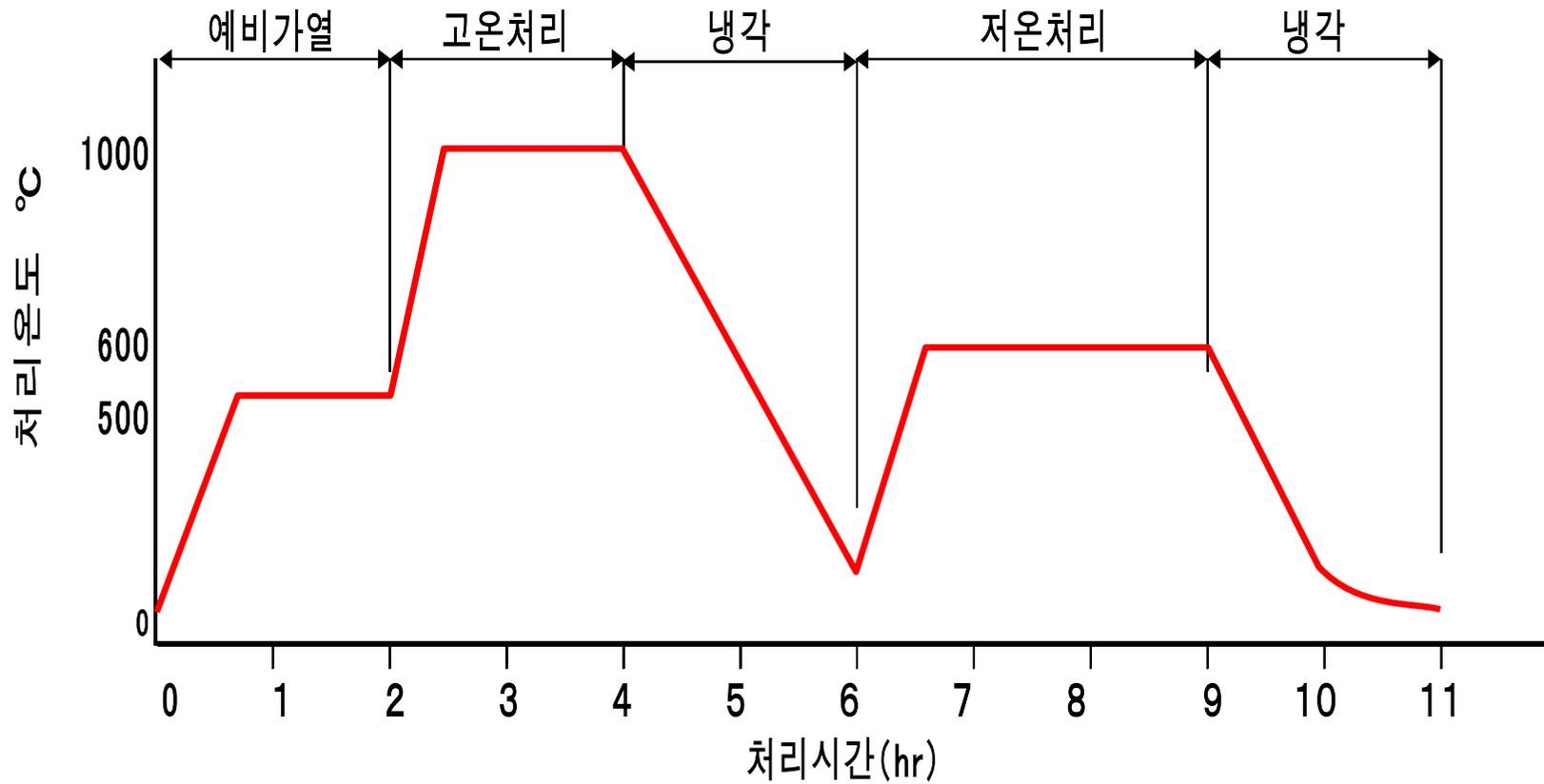
③ 6실 $P + H1 + C + H2 + H3 + C$

고객의 Process, 생산량에 따른 자유롭게 조합이 가능.

참고처리 Pattern 1



참고처리 Pattern 2



다실형 진공 열처리로의 특징

◎다실형 열처리로의 특징◎

가열실과 냉각실을
완전 분리한 다실형 진공로
「Gate Valve」에 의해



1. 품 질 가열실이 상시 진공유지 → 분위기 안정

2. 가 열 가열실 → 단시간 가열, 저전력

3. 냉 각 냉각실 → 급속냉각, 고효율

4. 조작성 삽입대에 Work을 Set → 취출까지 자동운전

5. Maintenance 진공Pump, Valve, 진공계가 자사제.
납입 실적이 풍부

6. 로재 내구성 가열실은 상시 진공을 유지하기 때문에 산화하지 않음.
또는 수분, 대기 흡착없음.

Gate Valve 특징

◎기본구조

- 각 실의 분위기를 완전히 독립시킨다.
- Module구성의 확장성을 넓힌다.

◎확장기구=Double Gate구조

- 분위기(Carrier Gas · 불활성Gas 등)
압력이 다른 Process를 연속적으로
실시하는 장치구성이 가능.



사진 : Gate Valve
(좌=Carbon 단열구조, 우=금속 Reflector구조)

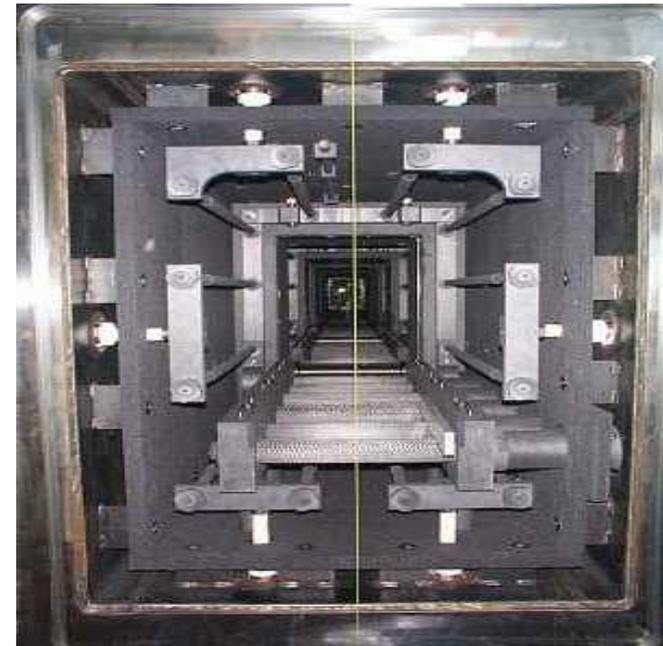
가열실(소결/Aging실)의 특징

◎로내 구조

- 상, 측, 하의 4면 가열구조
- Carbon Heater/Carbon 단열재구조
- 이경(異徑)구조 Heater(단면적이 다른 구조)
- 반송Roller는 CC Roller을 사용
※CC = Carbon Composite재

◎특징

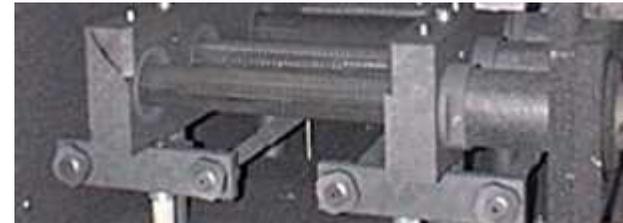
- 표준 : 상용 1100 ± 5 °C, 최고 1250 °C사양. 사진 : 가열실 내부 (형식 FHH6-6090)
- 반송 Roller축 Bearing 구조부를 가열Zone에 넣어서 균열특성을 향상.
- 이경(異徑)구조 Heater채용에 의한 고균열 특성을 얻으면서
Maintenance성 향상.



Hot Roller 반송방식의 특징

◎기본기구

- Carbon 함유재로 된 Roller를 회전시켜서 제품을 반송.



◎특징

- Hot Zone내에 반송기구를 넣어서 열손실을 최소한으로 제어.
- 반송구조재는 모두 Carbon제를 사용하여 열에 의한 변형을 방지.
- 반송면은 Roller상면의 전면에 받치므로 안정된 반송을 실현.



사진 : Hot Roller반송기구
(상 = 반송Roller조립상황, 하 = CCM제 반송Roller)

ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

예열실(탈Wax실)의 특징

◎로내 구조

- 상, 측, 하의 4면 가열구조
- 금속Heater/Reflector구조
- Heater/Reflector는 Panel구조
- Fe-Cr Heater는 Ribbon형상
- 반송Roller는 SUS Roller를 사용

◎특징

- 표준 : 상용 500±5 ℃, 최고 600℃사양.
- Panel구조에 의해서 교환 작업성 향상.
- SUS Roller는 Oscillation 기구(요동동작)에 의해서 변형방지.
- 제1실 (대기/진공)으로서도 사용가능.

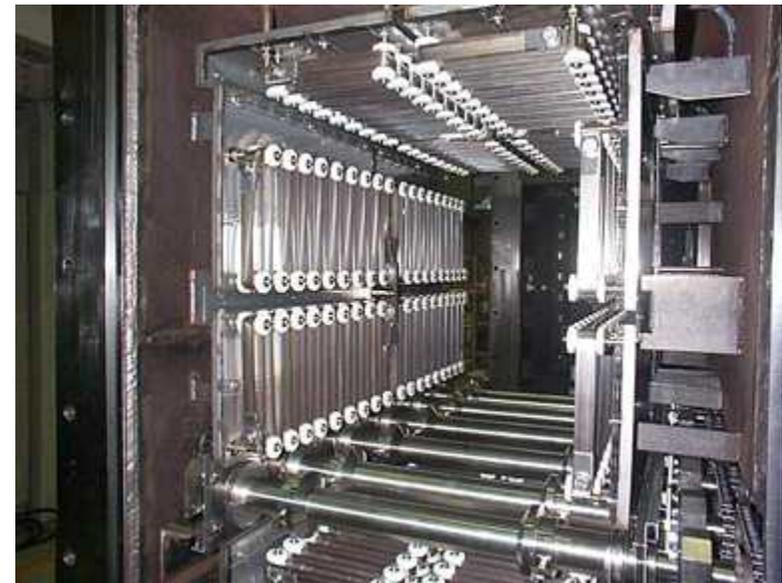


사진 : 예열실 내부(형식 FHH6-6090)

냉각실의 특징

◎로내구조

- 냉각Gas압(66k ~ 290kPa)설정가능
- 냉각 Fan Motor는 진공용기내
- 측부에 열교환기를 배치
- 횡방향으로 냉각Gas가 흘러서 균일 냉각
- 반송Roller는 SUS Roller를 사용



사진 : 냉각실내부 (형식 FHH6-6090)

◎특징

- 냉각Gas압의 설정에 의해서 냉각Speed를 선택.
- 측부 열교환기는 Maintenance시에 Frame별 Slide하여 작업성을 향상.
- Fan Motor축으로부터의 Leak無. (진공용기식이기 때문에)

설비도입 예

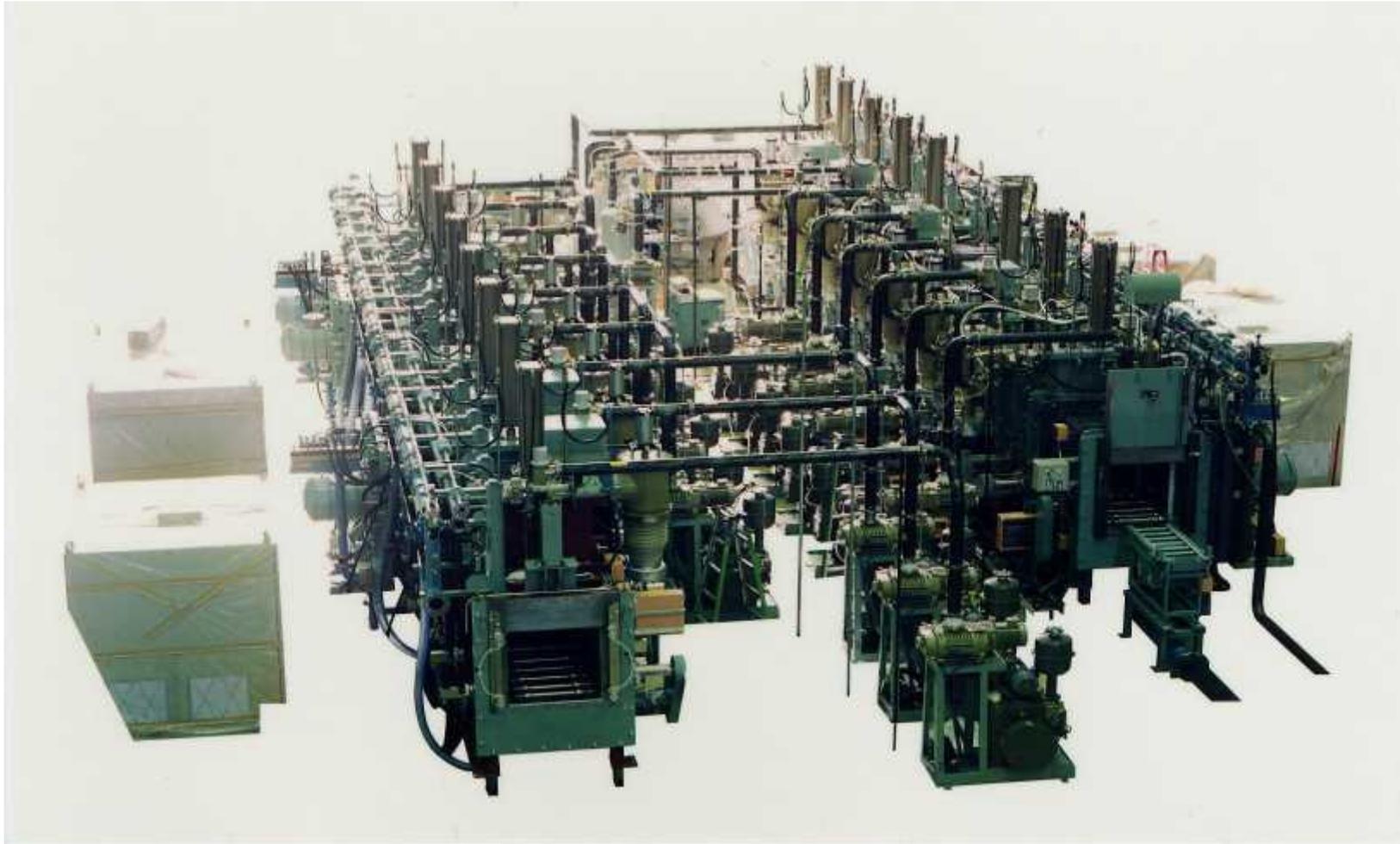


사진 : FSC9 Series + FHH9 Series

Magrise

저Dy형 고Grade 희토류(Nd) 자석 제조장치

《 Magrise Series 》

【한국자기학회 특별초청강연】



저Dy형 자석 성능 향상장치

(Magrise : Magrise-500)



● 희소 금속원소(Dy)사용량 저감 권장장치

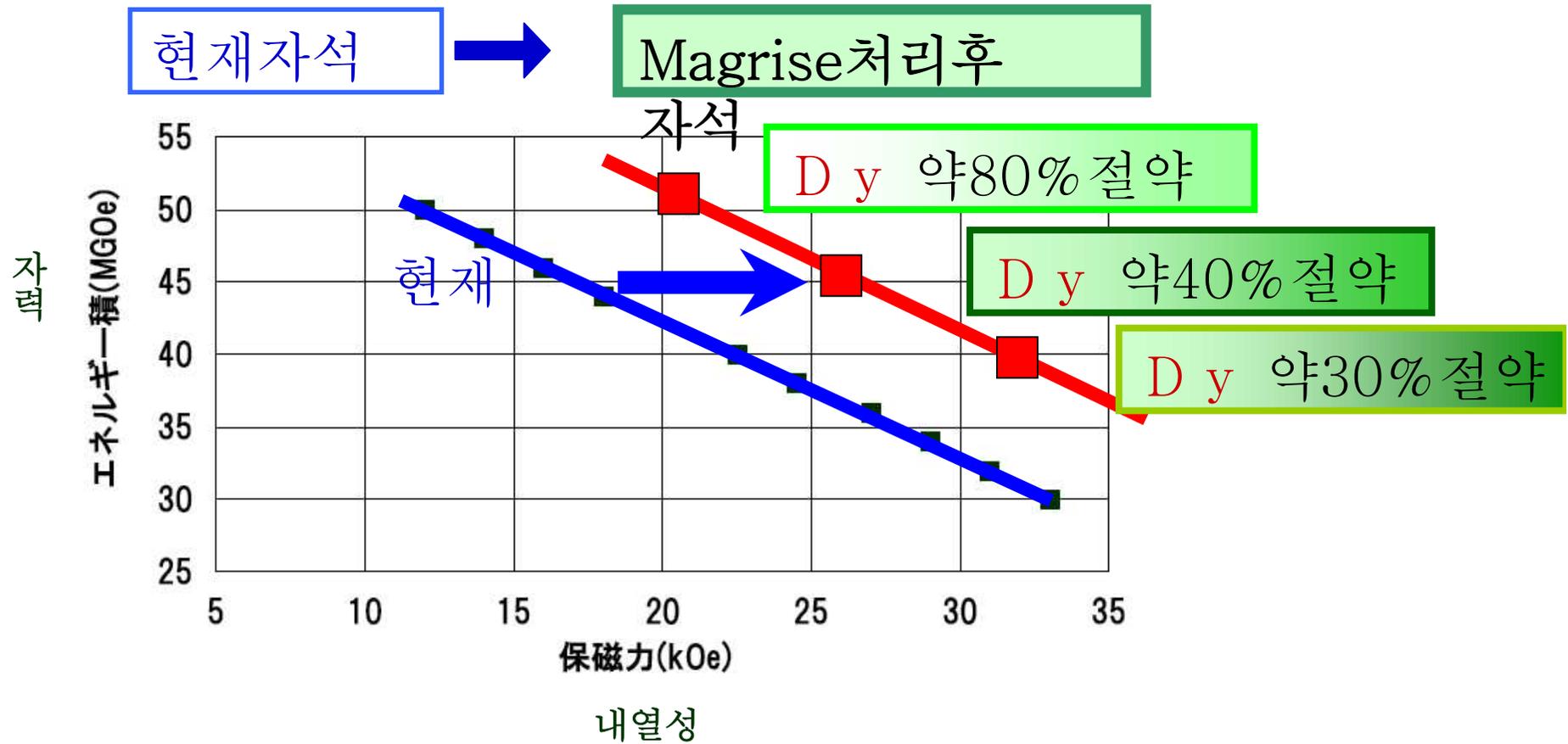


사진 : Magrise = Magrise-500

ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division

Magrise장치로 자석을 Upgrade



⇒Dy가 결정입계에 확산한다.

필요 최소량을 D y 금속

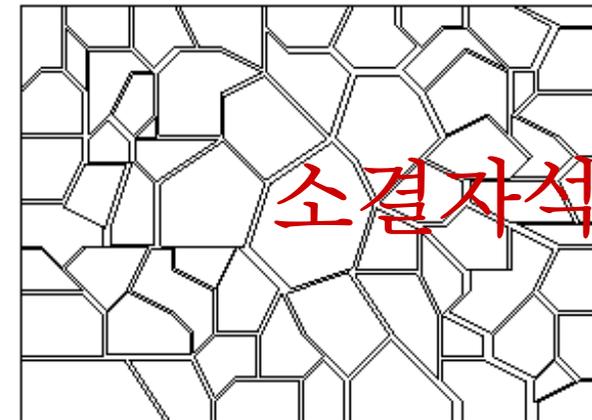
증기공급

⇒Control증기처리

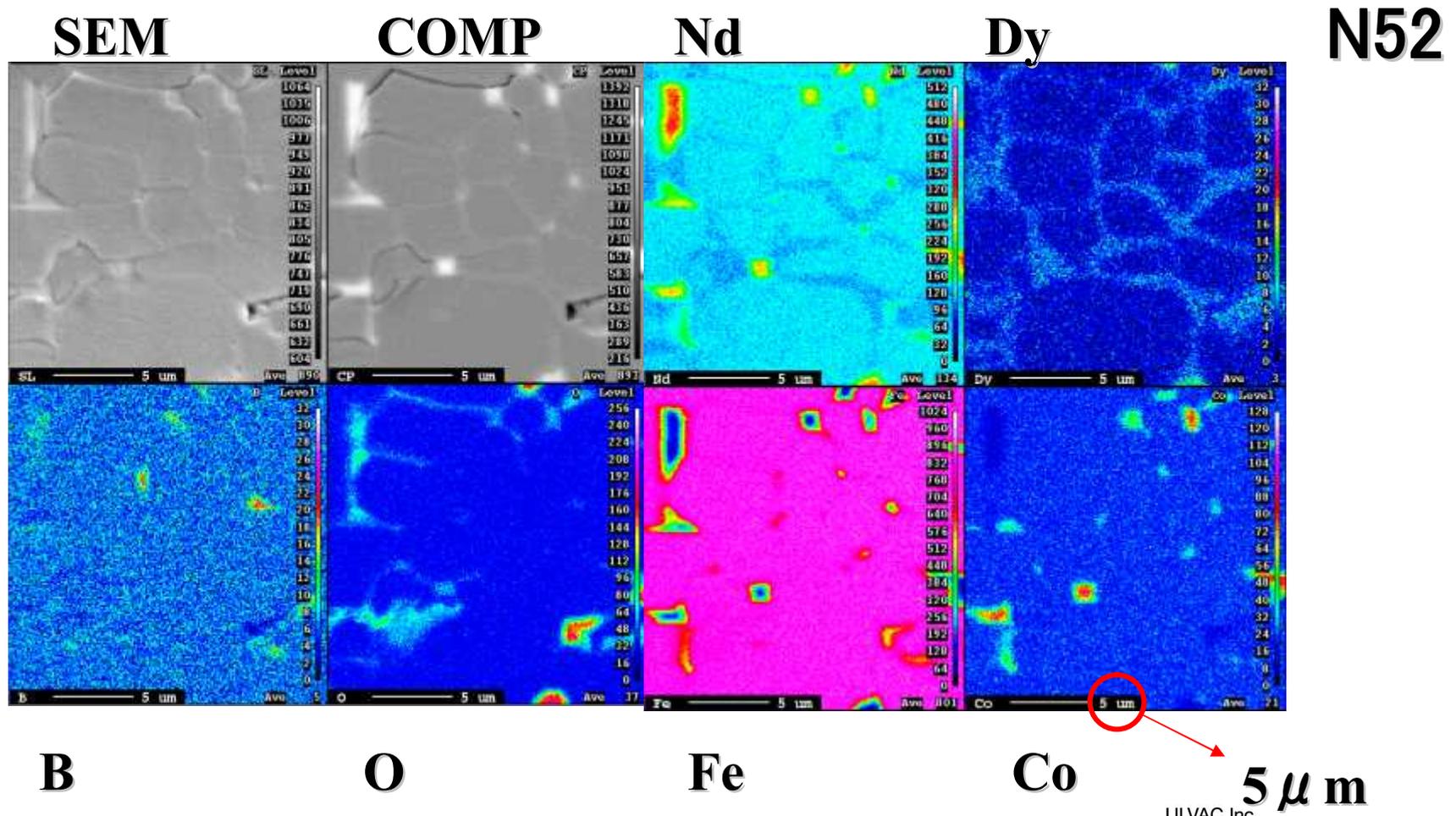
Magrise특허

•P4860491、P4999661

•CN101512036B、CN101563738B

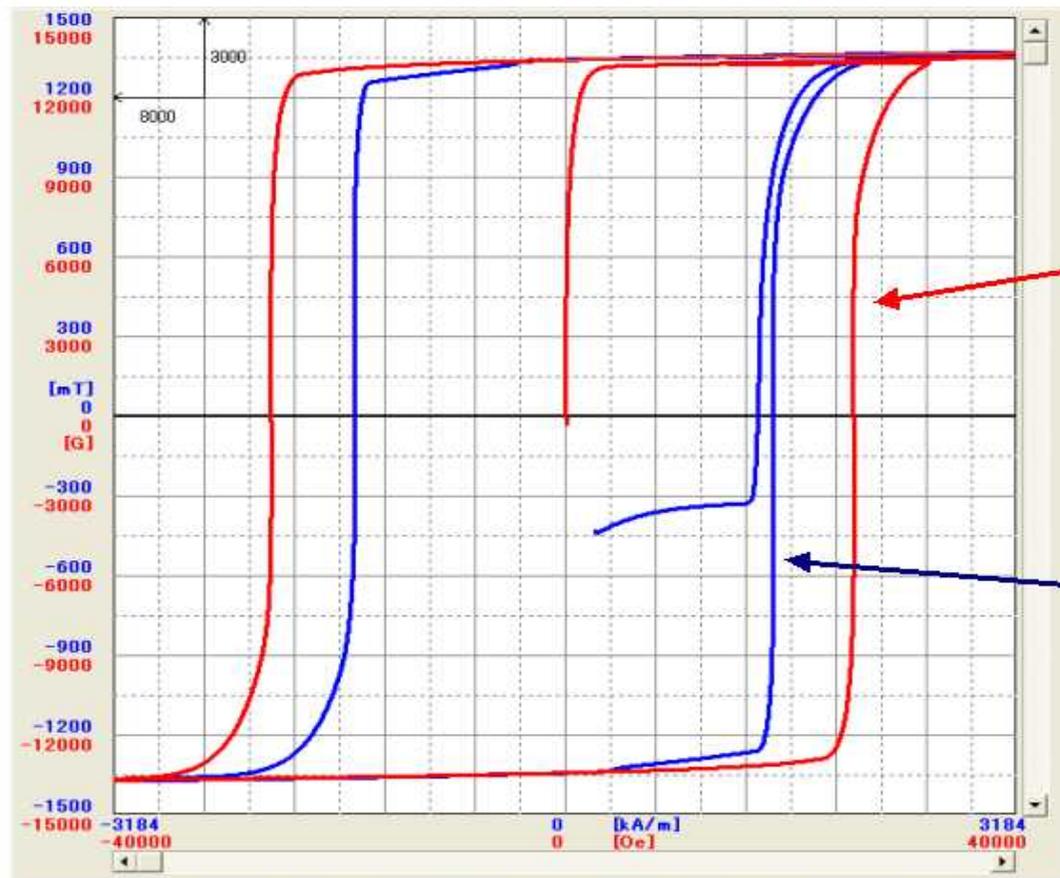
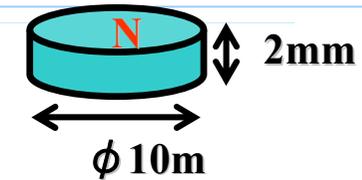


Magrise처리한 자석의 EPMA像



Dy가 결정입계에 편석

45 Magrise(M)처리 전후의 JH Curve



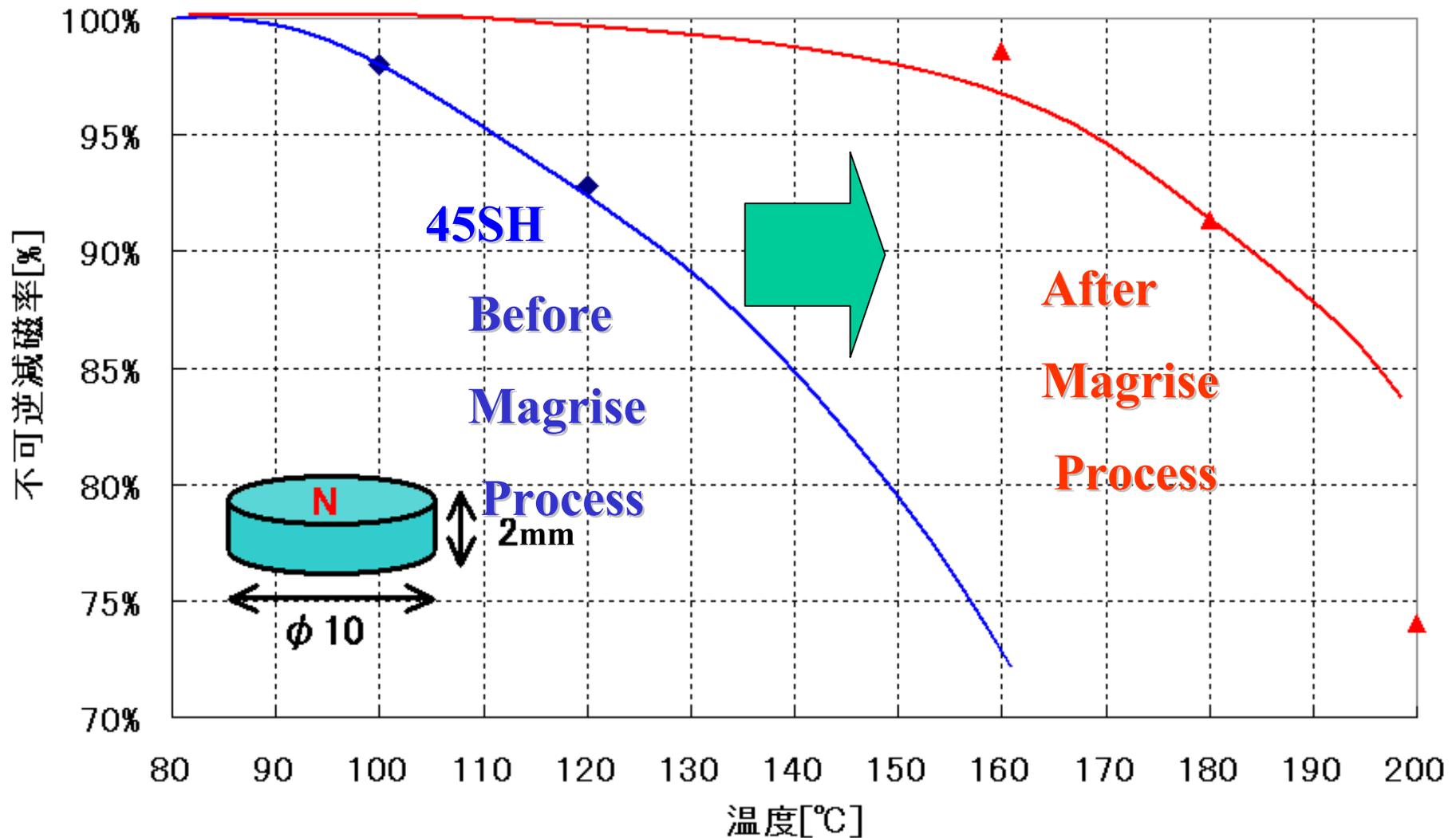
ULV-45SH(Magrise处理後)

CGS單位	
Br	13412 G
HcB	13230 Oe
HcJ	26070 Oe
BHmax	44.46 MGOe
Bs	14199 G
Br/Bs	94.5 %
HK	24854 Oe
Hk/HcJ	95.3 %

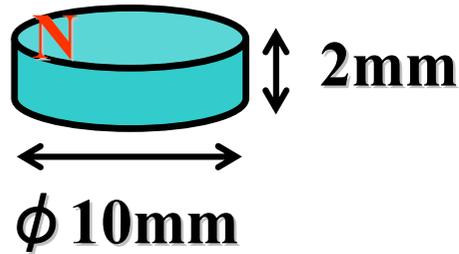
ULV-45SH(Magrise处理前)

CGS單位	
Br	13424 G
HcB	12826 Oe
HcJ	18662 Oe
BHmax	43.16 MGOe
Bs	14199 G
Br/Bs	94.5 %
HK	17910 Oe
Hk/HcJ	96.0 %

Magrise처리전후의 불가역 감자(減磁)율



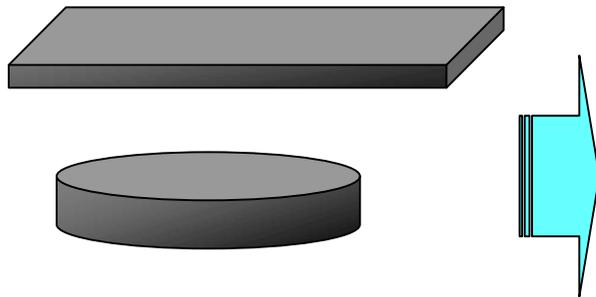
Magrise처리전후의 자기특성



		Br [kG]	(BH)max [MGOe]	Hcj [kOe]
50	M처리전	14.26	48.53	12.52
	M처리후	14.20	49.47	19.29
	차	-0.06	+0.94	+6.77
45	M처리전	13.42	43.16	18.66
	M처리후	13.41	44.46	26.07
	차	-0.01	+1.30	+7.41
40	M처리전	12.74	39.08	25.13
	M처리후	12.73	40.12	31.46
	차	-0.01	+1.04	+6.33

Magrise-500 장치개요

저 Dy 소재자석



미Coating자석

INTERBACK식 고진공형 배기장치탑재



최대적재 : 500kg (치구포함)
적재Size : W450×H300×L650
장치Size : 2.3W×5.4L×3.5mH
본체중량 : 15Ton이하
처리시간 : 24 ~ 60시간

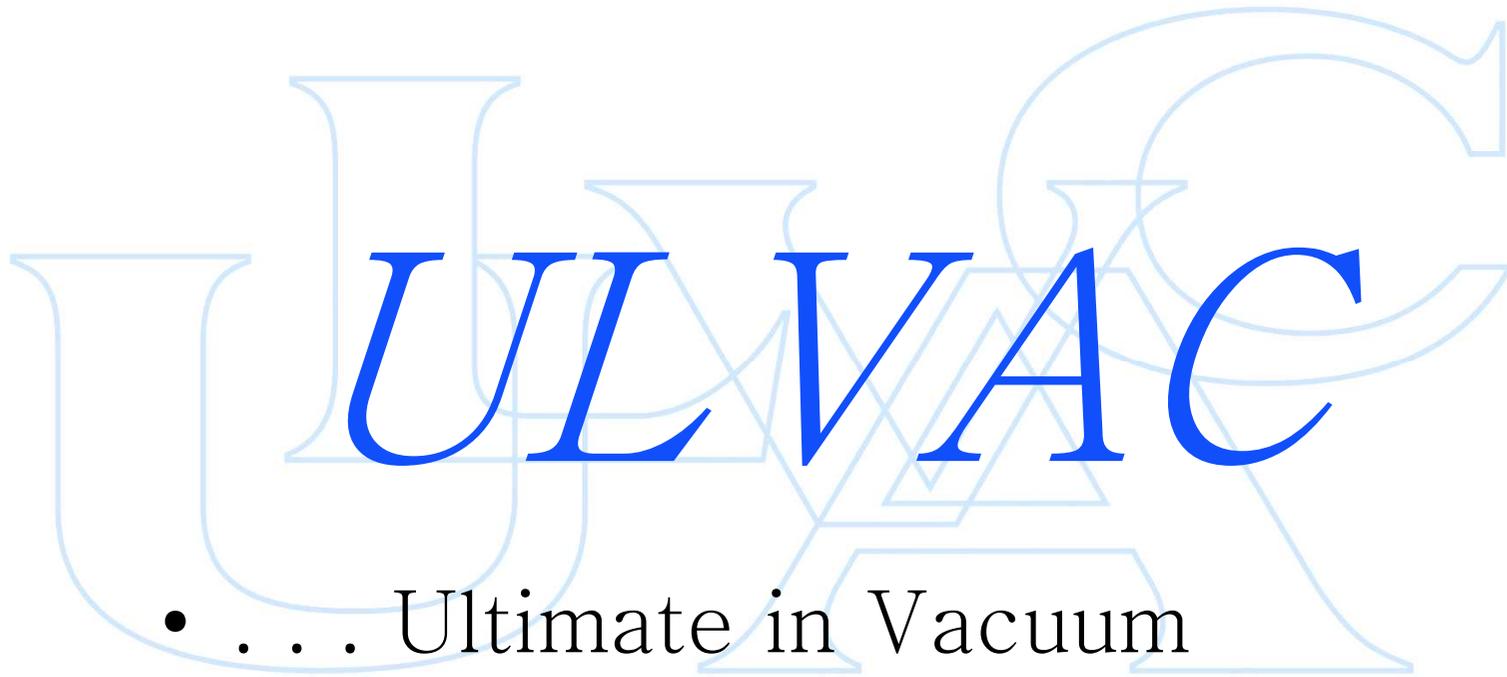
<주의 : 제조조건은 Work형상, Size의존성이 크다.>
Dy 약 0.3wt%의 소비량에서 약6 ~ 7kOe보자력Up

Dy, Tb절약량

Dy 3wt%분에 상당

Tb 1.4wt%분에 상당

소물품의 제품 수율손실을 고려하면 효과는 절대적



대단히 감사합니다.

한국알박주식회사

ULVAC, Inc.

Industrial Equipment Division