

하이브리드 데시칸트 선박도장용 제습기

박 승 태[†], 금 종 수*, 김 희 재, 김 동 혁

(주) 에이티이엔지 기술연구소, 부경대학교 기계공학부*

Hybrid Desiccant Dehumidifier for Shipbuilding Painting

Seungtae Park[†], Jong-soo Kum*, Huejae Kim, Donghyuk Kim

Air-Tech Engineering Co., Ltd, Seongnam 462-806, Korea

*Department of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Busan 608-738, Korea

ABSTRACT: For the energy's effective utilization, the mixed humidifier has been developed and popularized by combining the cooling dehumidifier with the desiccant humidifier properly. This has contributed in many ways to the industry. Hybrid Desiccant Dehumidifier that would be shown in this study could be indispensable in site due to the reduced equipment, with more than 50% reduction in energy.

Key words: Heat pump(히트펌프), Desiccant dehumidification(데시칸트 제습), Indoor air quality(실내공기질), Pre-cooling(프리쿨링), After-cooling(후단냉각)

기 호 설 명

- DB : 건구온도 [°C]
- RH : 상대습도 [%]
- x : 공기의 절대습도 [g/kg[']]
- i : 비엔탈피 [kcal/kg['], kJ/kg[']]
- DP : 노점온도 [°C]

1. 서 론

선박도장에 있어 도장의 특성상 브라스팅공정, 도장공정으로 크게 나누어지는데 도장전에 있어 용접이나 철판의 녹을 제거하는 것이 브라스팅인데, 이때는 녹의 의한 분진이나 작업자를 위해 외기도입이 필연적이며 공급되는 외기의 조건은 제습기를 사용하지 않으면 작업이 어렵게 되고 후공정으로 도장에 있어서는 도장혼합물에 의해 공기중의 Painting분말(입자)농도를 낮게 할 필요

가 있고 도장의 건조특성상 온도에 민감하며 도 크내 작업, 도장셀 작업, 안벽작업 등 다양한 형태에서 제습기가 필요로 하게 되며 낮은 습도를 요구하지는 않지만 안벽에서는 해수의 온도에 영향이 있고 우기 철에는 외기의 절대습도에 영향이 커 조선건조의 특성상 제습기가 필수적인 장비로 되어있다. 작업의 효율향상, 생산성 향상에 의해 제습기는 계속 변화되고 발전하고 있다.

2. 선박도장용 제습기의 필요성과 발전

2.1 제습기의 필요성

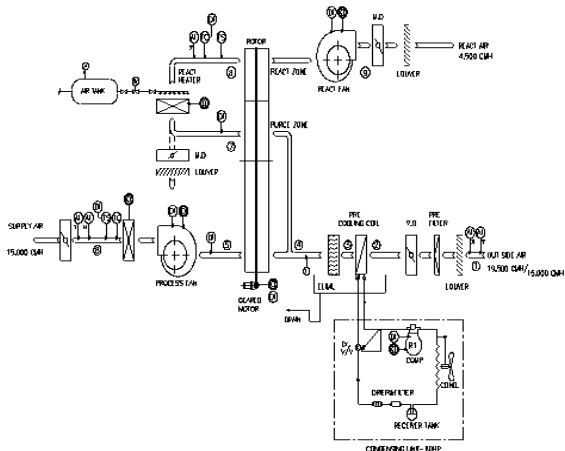
1) 선박도장(특수도장)의 필요성

선박도장에 있어 특수도장이라면 약 30년 전부터 조금씩 행해져오고 있고, 그때에는 타르에 폭시를 처음으로 하여 에폭시, 무기질이 주류였다. 최근에는 상기 이외에 에폭시 우레탄계 및 페놀에폭시등도 새롭게 늘어, 폭넓은 도장이 행해지게 되었다. 조선업계에 있어서도, Product Carrier(PC선)의 건조가 급증하였기 때문에 특수도장에 대한 인식도 깊게 되었으며, LNG선과 같은 고부가가치 선박건조의 수요가 크게 늘고, 국

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-777-9241; fax: +82-31-777-9240

E-mail address: stpark1542@naver.com



조립형 SYSTEM FLOW DIAGRAM
(PRE COOLER + DEHUMIDIFIER)

Fig.3 프리쿨러+데시칸트제습기 흐름도



Fig.4 프리쿨러 60HP+데시칸트제습기 외형사진

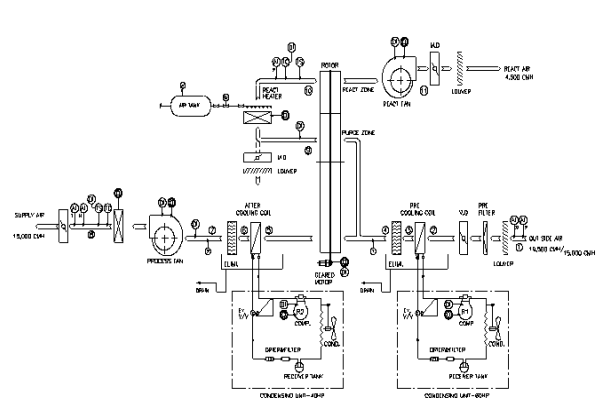
3) 2000년대 성숙기

(1) 2000년에는 데시칸트 로터의 개량으로 400t 두께가 주류를 이루던 것을 200t로 하여 로터의 압력손실을 대폭으로 줄여 급기송풍 동력을 40HP에서 30HP으로 줄였다.

(2) 2007년에는 당사에서 히트펌프+데시칸트 제습기(사계절외조기)를 개발하여 보급 중에 있다.

(3) 2008년의 유가급등, 세계적인 불황으로 모든 산업에 있어서 어려움이 가중되고 있어, 기존의 보급중인 데시칸트제습시스템의 개선점을 찾아 20% 이상절감 되도록 변경을 추진하고 있다.

(4) 현재 정부가 추진 중인 아젠다로 녹색환경, 에너지절약 등에 발맞추어 하이브리드 데시칸트 제습기가 개발하여 보급하고자 한다.



복합형 SYSTEM FLOW DIAGRAM
(PRE COOLER + DEHUMIDIFIER + AFTER COOLER)

Fig.5 프리쿨러+데시칸트제습기+애프터쿨러 흐름도



Fig.6 프리쿨러60HP+데시칸트제습기 +애프터쿨러40HP 외형사진

2.3 사계절외조기

1) 사계절 외조기 개발동기

① 프리쿨러 + 데시칸트 제습기+애프터쿨러 = 고가시스템 관념

② 공기조화시스템 외기도입 에너지낭비관념 => 외기유입 에너지낭비

③ 제습냉방시스템(트윈로터 시스템) => 고가 + 넓은 설치면적 => 사용목적은 배열(폐열)이용시 효과적임, 소형열병합의 배기가스

④ 데시칸트 제습기 단점 => 장점 부각 냉각 건코일에 의한 세균오염방지

=> 고온재생이 살균을 도와줌, 퍼지도입 기존시스템 50% 재생열원 절감

∴ PRE COOLER + 데시칸트제습기 이용 보급 쉬운 제품개발

(1) Pre cooler(하계)=> Heat pump 적용

(하계+동계=연간운전)

(2) After cooler => P/C by pass air 이용
(제습기출구온도와 혼합)

(3) Heat pump heating + 기화식 가습기
=에너지절약

(4) 소형데시칸트 제습기 퍼지시스템 적용 /
전외기 공조유닛 개발



Fig.7 사계절 외조기(NET) 40HP 사진

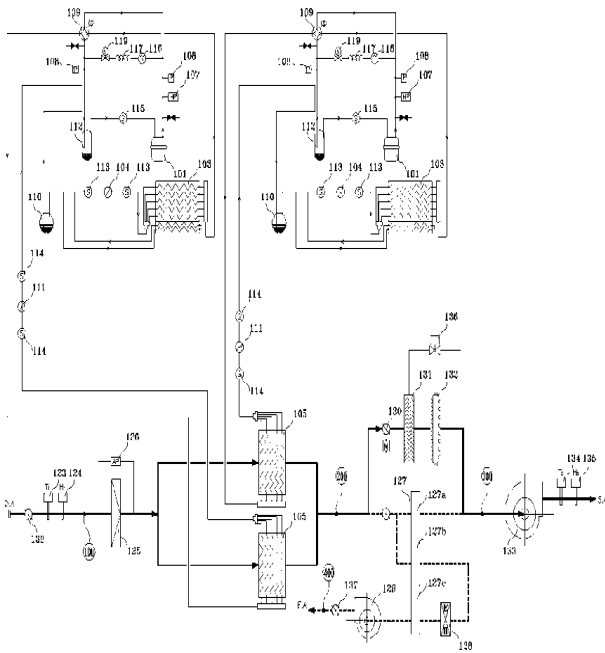


Fig.8 사계절 외조기 흐름도

*** 데시칸트 외기공조기 NET(신기술인증) 제품**

2.4 데시칸트제습기의 유효이용

- ①처리풍량 ②Pre cooler 이용
- ③Purge system 이용 ④재생온도
- ⑤Rotor 회전수

1) 처리풍량을 증가시키면 절대적인 제습능력이 커짐. (단위 재생가열 열량당 제습량 작아짐.)
처리입구조건 DB 20℃ X 10g/kg'

2m/s 3.1g/kg' 52℃,ΔX 6.9g/kg' x 2,000CMH
x 1.2kg/m³ = 16,560g/H(100%)

3m/s 3.5g/kg' 49℃,ΔX 6.5g/kg' x 3,000CMH
x 1.2kg/m³ = 23,400g/H(141.3%)

4m/s 3.8g/kg' 46℃,ΔX 6.2g/kg' x 4,000CMH
x 1.2kg/m³ = 29,760g/H(179.7%)

* 제습기 Rotor 풍속을 크게 하면 제습능력이 커지나 반대로 재생 Heater 용량이 커져 실질적인 제습 효율은 떨어짐.

2m/s 재생HEATER=2,000CMH÷3 x 0.29kcal/m³ x 120℃÷860kcal/kw≒27kw 613g/kw(100%)

3m/s 재생HEATER=3,000CMH÷3 x 0.29kcal/m³ x 120℃÷860kcal/kw≒40.5kw
578g/kw(94.3%)

4m/s 재생Heater=4,000CMH÷3 x 0.29kcal/m³ x 120℃÷860kcal/kw≒54kw 551g/kw(90%)

※ 기종 선정시는 제습효율을 고려하여 Rotor 전면풍속을 3m/s 내외에서 선정.

2) Pre cooler 이용

Rotor 성능표에서 Zone area ratio 3:1 , 2m/s

10g/kg' 15℃DB → 2.6g/kg' Δx 7.4g/kg'

10g/kg' 20℃DB → 3.1g/kg' Δx 6.9g/kg'

10g/kg' 25℃DB → 3.55g/kg' Δx 6.45g/kg'

10g/kg' 30℃DB → 4.0g/kg' Δx 6.0g/kg'

상기와 같이 처리입구온도가 올라가면 제습능력은 떨어지고 처리입구 온도가 내려가면 제습능력이 커짐. (단, 10g/kg'의 노점온도가 14℃.)

∴Pre cooler를 사용하게 되면 제습기 처리입구 온도를 낮출 수 있어 제습기의 효율을 높이게 되어 재생히터용량이 작게 운전되어 에너지절약됨.

3) Purge 시스템 이용

1994년 조선소의 요구와 업체의 연구개발 의지에 의해 세계 최초로 Pre cooler +건식제습기(에너지절약 퍼지형) 일체형이 개발되어

①제습기 에너지절약 ②장비규격축소(중량감소)

③제습기 Heater 재생·가온별도 채용

④제습기 능력증대(Rotor 재질향상)

⑤DDC 채용에 의해 사용자 취급이 쉽게 설계 보급되어 국내 조선소 보급에 일대 전환기를 마련 하였으며, 현재 범용으로 제일 많이 보급 및 사용되고 있고, 2000년 초에는 울트라 로터를 채

용하였다.

상기 제습장비로 하여 사계절 전천후형으로 하여 유닛형은 운전 Mode는 ①송풍 ②냉각 ③냉각 + 제습 ④제습 ⑤제습 + 가온 ⑥가온 ⑦Off 로 구성되어 있으며, 복합형은 운전 Mode는 ①송풍 ②냉각 ③냉각 + 제습 ④제습 ⑤ 냉각 + 제습 + 냉각 ⑥ 냉각 + 냉각 ⑦ 제습+가온 ⑧가온 ⑨Off 로 구성되어 있음.

3. 하이브리드 데시칸트 선박도장용 제습기

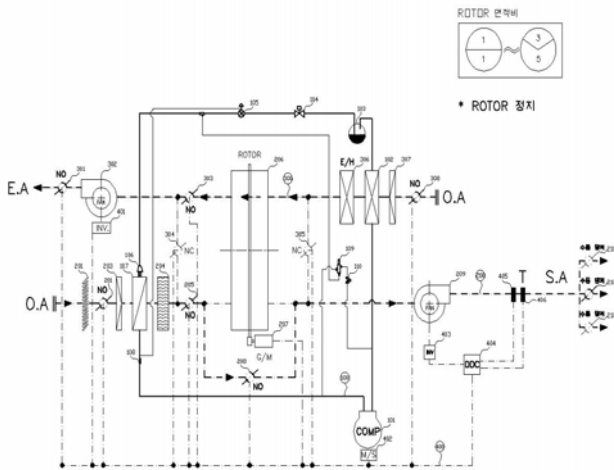


Fig.9 하이브리드 데시칸트제습기 흐름도



Fig.10 소형 하이브리드 데시칸트제습기 사진

1)하이브리드 데시칸트 제습기 특징

압축기에서 재생열원으로 하여 응축기배열을 사용하고 응축된 냉매는 팽창변을 걸쳐 프리쿨러에서 외기공기를 냉각하여 데시칸트제습기를 통과하여 급기 함으로서, 냉각열과 응축배열을 모두 사용하는 하이브리드 데시칸트 제습기이다.

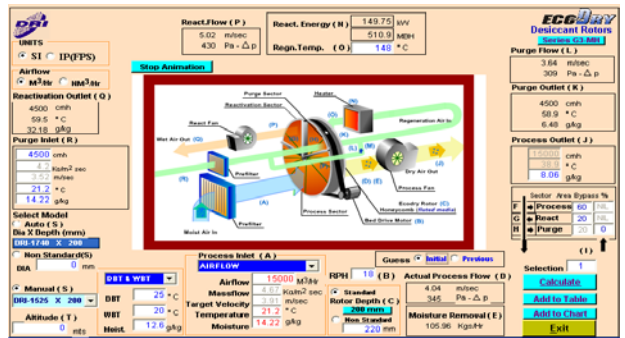
2)외기를 냉각제습 할 때의 운전효율 검토

①하절기 최대부하-기존퍼지제습기

-공냉식 냉동기 60HP 제습로터 ø1,525*200t

품명	공기	냉각열량 kcal/h	냉매량 kw	풍량 CMH	DB °C	RH %	x g/kg'	I kcal/kg	비고
프리쿨러	입구	162,000		19,500	32.0	70.0	21.1	20.6	
프리쿨러	출구			19,500	21.2	90.0	14.2	13.6	
제습기	출구			15,000	38.9	18.6	8.1	14.3	
퍼지	출구			4,500	58.9		6.5		
재생	입구		150	4,500	148.0		6.5		
재생	출구			4,500	59.5		32.2		

품명	단위	합계	비고	구분	동력kw	비고
냉각제습량	kg/h	124.6		급기팬	30.0	
데시칸트제습	kg/h	110.9		재생팬	5.5	
제습량합계	kg/h	235.4		로터모터	0.1	
제습효율 전체	g/kw	942		냉동기	60	
냉동+히터	g/kw	1,099		응축모터	4.5	
				재생히터	149.8	
				전체합계	249.9	
				냉동+히터	214.3	

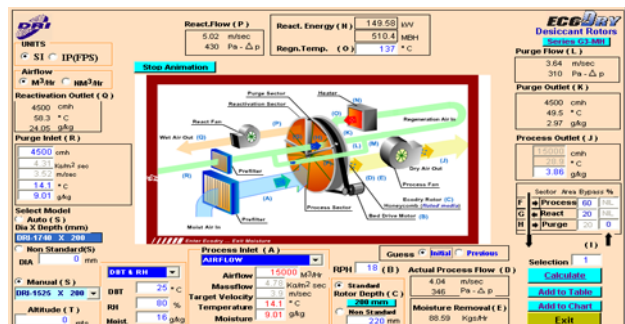


②하절기 평균부하-기존퍼지제습기

-공냉식 냉동기 60HP 제습로터 ø1,525*200t

품명	공기	냉각열량 kcal/h	냉매량 kw	풍량 CMH	DB °C	RH %	x g/kg'	I kcal/kg	비고
프리쿨러	입구	162,000		19,500	25.0	80.2	16.0	15.7	
프리쿨러	출구			19,500	14.1	90.0	9.0	8.8	
제습기	출구			15,000	28.9	15.7	3.86	9.3	
퍼지	출구			4,500	49.5		3.0		
재생	입구		150	4,500	137		6.5		
재생	출구			4,500	58.3		24.1		

품명	단위	합계	비고	구분	동력kw	비고
냉각제습량	kg/h	124.6		급기팬	30.0	
데시칸트제습	kg/h	110.9		재생팬	5.5	
제습량합계	kg/h	235.4		로터모터	0.1	
제습효율 전체	g/kw	942		냉동기	60	
냉동+히터	g/kw	1,099		응축모터	4.5	
				재생히터	149.8	
				전체합계	249.9	
				냉동+히터	214.3	

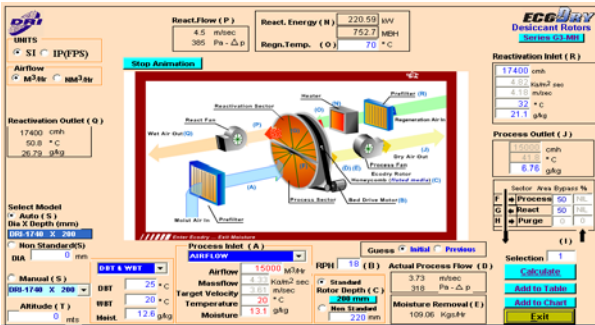


③ 하절기 최대부하-하이브리드제습기

-공냉식 냉동기 60HP 제습로터 ø1,740*200t

품명	공기	냉각열량 kcal/h	제습량 kw	풍량 CMH	DB °C	RH %	x g/kg'	I kcal/kg'	비고
프리쿨러	입구	142,800		15,000	32.0	70.0	21.1	20.6	
프리쿨러	출구			15,000	20	90.0	13.1	12.7	
제습기처리	출구			15,000	41.8	12.4	6.8	13.8	
재생	외기			17,400	32.0		21.1		
재생	입구		232	17,400	70.0		21.1		
재생	출구			17,400	50.8		26.8		

품명	단위	합계	비고	구분	동력kw	비고
냉각제습량	kg/h	144.0		급기팬	30.0	
데시칸트제습	kg/h	113.4		재생팬	22.0	
제습량합계	kg/h	257.4		로터모터	0.1	
제습효율 전체	g/kw	2,180		냉동기	66	
냉동+히터	g/kw	2,925		용축모터	0	재생
				재생히터	0	배열
				전체합계	118.1	
				냉동+히터	88.0	

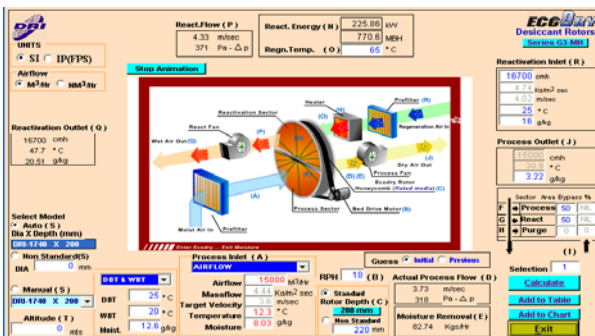


④ 하절기 평균부하-하이브리드제습기

-공냉식 냉동기 60HP 제습로터 ø1,740*200t

품명	공기	냉각열량 kcal/h	제습량 kw	풍량 CMH	DB °C	RH %	x g/kg'	I kcal/kg'	비고
프리쿨러	입구	142,800		15,000	25.0	80.2	16.0	15.7	
프리쿨러	출구			15,000	12.3	90.0	8.03	7.8	
제습기처리	출구			15,000	30.9	9.2	3.22	9.2	
재생	외기			16,700	25.0		16.0		
재생	입구		235	16,700	65.0		16.0		
재생	출구			16,700	47.7		20.5		

품명	단위	합계	비고	구분	동력kw	비고
냉각제습량	kg/h	143.4		급기팬	30.0	
데시칸트제습	kg/h	86.5		재생팬	22.0	
제습량합계	kg/h	229.9		로터모터	0.1	
제습효율 전체	g/kw	1,946		냉동기	60	
냉동+히터	g/kw	2,612		용축모터	0.0	
				재생히터	0.0	
				전체합계	118.1	
				냉동+히터	88.0	



3) 결론

구분	단위	현재 퍼지기준		하이브리드		퍼지개선/신규 비교	
		최대	평균	최대	평균	최대	평균
동력합계	kw/h	250	250	118	118	190	190
제습량	kg/h	235	235	257.4	229.9	235	235
효율	g/kw	942	893	2,180	1,946	1,237	1,237
비율	%	100	95	231	217	130	130

① 하이브리드 타입은 기존의 퍼지형보다 2배의 성능을 나타내므로 실증실험을 통해 결과에 대해 산정토록 한다.

② 기존 퍼지도 제품을 개량하면 20% 이상 에너지 절감이 가능하며 이에 대한 구체적 내용에 대해서는 현재 단계에서는 발표할 수 없습니다.

③ 해외의 메이커에서 에너지절감 50%에 대한 입증은 가능하다.

④ 국내에서도 충분히 선진기술을 능가하는 시스템을 개발할 수 있으며, 이는 사용자에 게 이익이 되는 시스템입니다.

⑤ 데시칸트로터는 저온재생을 이용하므로 커지며 팬은 가급적 인버터를 사용하는 것이 에너지절약에 유리하며, 취급에 필요한 외형 크기를 줄이므로 효과적이다.



Fig. 11 ASHRAE 2008.12월 호 광고자료

후기

본고는 중소기업청 중소기업기술혁신과제인 “제습 소재(Desiccant)이용 고효율 건조기 (제습공조) 기술개발”의 일환으로 작성되었습니다.

참고문헌

1. Dehumidifier for painting tanks of product carries, HIROSHIMA GAS KAIHATSU.co., Ltd, 1980.5.20
2. ASHRAE Journal, 2007, January, pp.34-49.