

조선소 도장블록 공장 열원 최적화 및 폐열활용을 통한 녹색경영 실현

장 갑 주

삼성 중공업(주) (jabjoo.jang@samsung.com)

서론

전 세계 조선업계에서는 최근 친환경 선박 등 고부가가치선 수주에 승부수를 던지고 있다. 고부가가치선이나 특수선뿐만 아니라 모든 선박들의 건조 과정을 보면 주재료인 철판이 반드시 도장으로 시작하여 완성된 배의 도장으로 마무리하게 되는데 컨테이너선이나 유조선의 경우 선가의 10~15%를 차지하는 중요한 부분이 도장 공정이다.

조선업의 특성상 선박 건조를 위해서는 14,000 TEU(20ft 컨테이너 적재수량이 14,000개)를 보면 약 20m×22m×12m의 블록들이 400여 개가 조립되어 배 한 척을 구성하는데, 이 대형 블록 단계에서의 도장 작업은 습도 85% 이하, 철판-이슬점 온도차 3℃ 이상 및 온도 10℃ 이상의 까다로운 조건 하에 이루어지다 보니 우천 시 도장공장 내에는 온·습도 확보를 위해 이동식 제습 장비가 동하여 가까스로 기준을 통과하여 공정을 진행하는 것이 현실이었다.

국내 이동식제습기의 최대용량은 15,000 CMH로 크기가 5.8m×2.8m×3.6m로 블록 12개에 대한 조건 확보 시 제습기 23대가 소요되며 이는 설치공간 부족 뿐 아니라 전력 과다 사용(460 KWH/대)으로 에너지 효율이 현저히 떨어져 설비 채택에 한계가 있다. 당사는 도장공장의 블록 처리 용량 증대 및 365일 도장조건 확보를 위해 국내 조선업계 최초 중앙집중 공조방식 채택하여 우

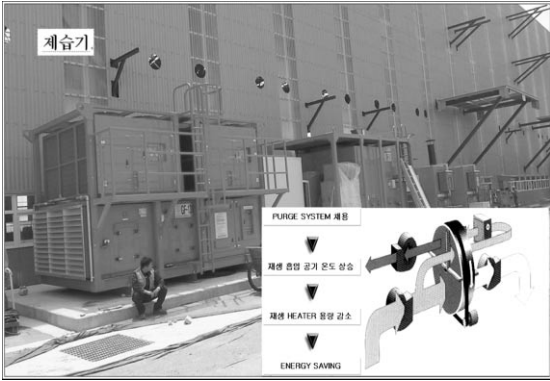
천에 의한 공정지연 방지 및 주·야간 작업 확보하고 설비 가동에 따른 제습기 사용 대비 에너지비의 획기적인 절감을 통해 이산화탄소 배출량 감소에 기여하게 된다.

도장공장의 공조는 도료의 신너, 솔벤트, 크실렌, 자일렌 등의 유독성 물질로 인하여 100% 외기 풍량을 공급하는데 블록 12개의 도장 건조를 위해 340,000 CMH(환기회수 3.5회)의 용량에 소요되는 에너지 비용은 전력과 유류가 연간 25억원 정도이다. 이를 당사의 소각로 가동에 따른 폐열(스팀 10 Ton/hr) 활용을 극대화 하여 하절기 냉동기 → 흡수식스팀냉동기 대체하여 90%의 스팀 활용, 동절기는 보일러 → 판형 열교환기 대체하여 75%의 스팀을 활용하여 온실가스 감축으로 녹색 경영 실천의 대표적인 사례로 손꼽히고 있다.

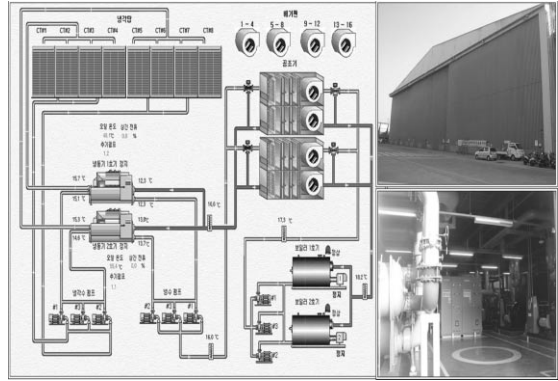
공조설비 열원 최적화

그림 1의 제습기는 회전형 고체 흡착탑과 냉각 제습방식으로 15,000 CMH 기준 냉방 및 난방 시 각 420 KWH/460 KWH의 전력을 사용하는 형태로 제습기의 공간 제약이 많아 블록 2~4개 정도의 규모가 작은 도장 SHOP에서 적용 가능하며 공장내 제습 효율 또한 도장 조건(습도 85% ↓ +이슬점-철판온도 차이 3℃ ↑)을 충분히 만족시킬 수 없어 우천시 100%의 조건 확보가 어려운 단점이 있다.

조선소 도장블록 공장 열원 최적화 및 폐열활용을 통한 녹색경영 실현



[그림 1] 이동식 제습기



[그림 2] 중앙공조 시스템 계통도

당사의 선박 수주량 증가로 건조능력 향상을 위해 블록도장공정에서 우천이나 악천후로 발생되는 작업 차질을 최소화하고 365일 전천후 작업 조건과 도장 물량 확보를 위해 공장 대형화 및 실내 온습도 조절 시스템 구축을 진행 하였다.

공장내 도장 조건 확보 및 건조 공정 단축을 위해 중앙공조 시스템 구축(그림 2)하여 온·습도 자동제어를 통해 사계절 외기 조건에 상관없이 표 1의 설계 조건으로 최상의 도장 조건을 확보하고 작업자 대기 및 공정 지연 “제로화”를 달성하게 되었다.

이러한 중앙공조 방식의 도장공장이 기존의 제습기 가동에 비해 안정적인 도장조건 확보 및 설비 가동에 따른 에너지비용의 현저한 차이로 현당사에는 2003년 이후 7개의 도장공장 구축하고 총 면적 31,862 m²에 공조 풍량 2,068,000 CMH로 77개의 블록을 동시 처리할 수 있게 되었다.

중앙공조의 효율을 과거 이동식 제습기로 활용시 15,000 CMH×138기가 필요하며 연간 설비가

<표 1> 도장공장 실내 조건

| 구분 | 외기 조건 | | 공장내 조건 | |
|-----|---------------------------|---------|--------|---------|
| | 온도(℃) | 상대습도(%) | 온도(℃) | 상대습도(%) |
| 하절기 | 28~32 | 70~90 | 23~28 | 60~70 |
| 동절기 | -5~5 | 60~70 | 15~20 | 40~50 |
| 환절기 | 17~22 | 40~60 | 20~25 | 45~55 |
| 비고 | *철판 - 이슬점 온도차이 ≧ 4℃ 이상 | | | |

동에 소요되는 에너지비용은 중앙공조가 년 25억 원이고 제습기는 55억원으로 연간 30억원이 초과 된다. 중앙공조 시스템의 운영으로 연간 30억원의 에너지 절감과 온실가스 저감 실현으로 이는 이산화탄소 배출량 년 16,820 Ton을 절감(표 2)하는 녹색경영 실천의 대표적인 사례이다.

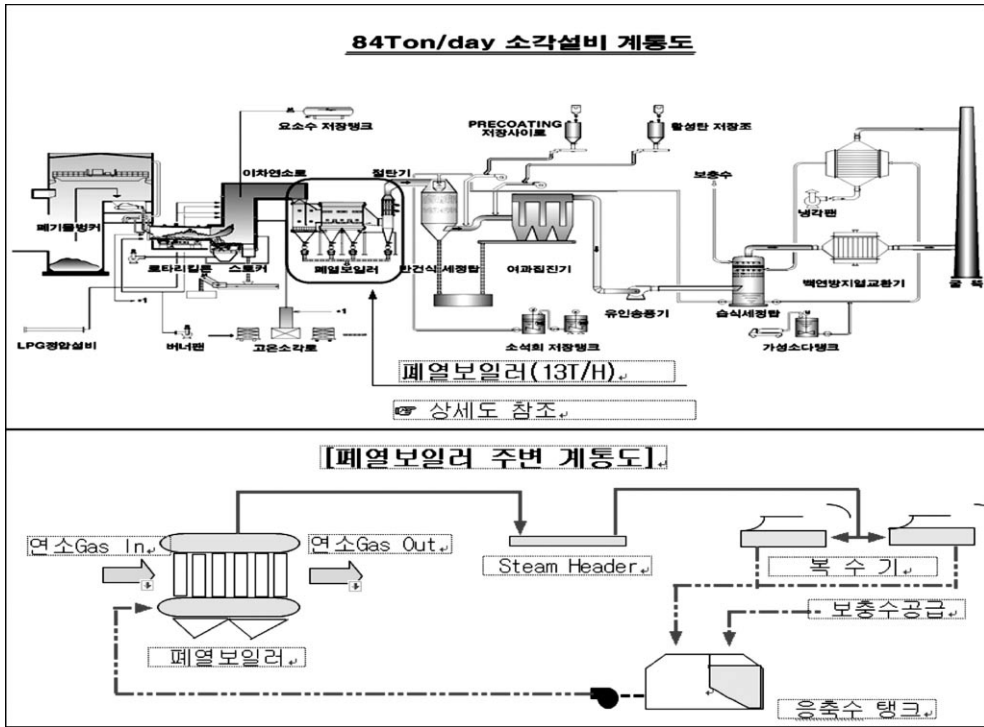
소각로 폐열활용 극대화

당사에서는 2007년 소각설비(그림 3) 가동으로

<표 2> 제습기 및 중앙공조시스템 연간에너지 사용 비교

| 구분 | 단위 | 제습기(138대) | 중앙공조시스템 | 효 과 | |
|------------------|------|------------|------------|------------|---------|
| | | | | 열량 | 금액(백만원) |
| 냉방 | Mcal | 19,938,240 | 7,616,504 | 12,321,736 | 1,289 |
| 난방 | | 32,755,680 | 17,257,500 | 15,498,180 | 1,702 |
| 계 | | 52,693,920 | 24,874,004 | 27,819,916 | 2,992 |
| TCO ₂ | Ton | 26,000 | 9,180 | 16,820 | |

* 설비 가동시간은 중앙공조 1,700 hr 실적 기준하고 제습기는 60% 적용함.



[그림 3] 소각로 폐열 발생 계통도

일 84톤의 산업폐기물 소각 처리에 따라 폐열 보일러로부터 시간당 10톤, 연간 67,000 Ton의 스팀이 발생한다.

소각로의 스팀을 활용(그림 4)하기 위해 인근 지역 도장공장 3개소에 냉·난방 열원을 기존의 냉동기와 보일러에서 흡수식스팀냉동기, 판형 스팀 열교환기로 전환하여 전체 스팀발생량 67,000 Ton 중 난방열원으로 30,000 Ton, 냉방열원으로 20,000 Ton 사용함으로써 하절기 90%, 동절기 95%, 환절기 48%로 전체 75% 폐열 활용으로 냉동기와 보일러의 전력 및 유류 11억원을 절감하고

온실가스 감축(이산화탄소 3,760 Ton절감)에 기여하였다.(표 3, 4)

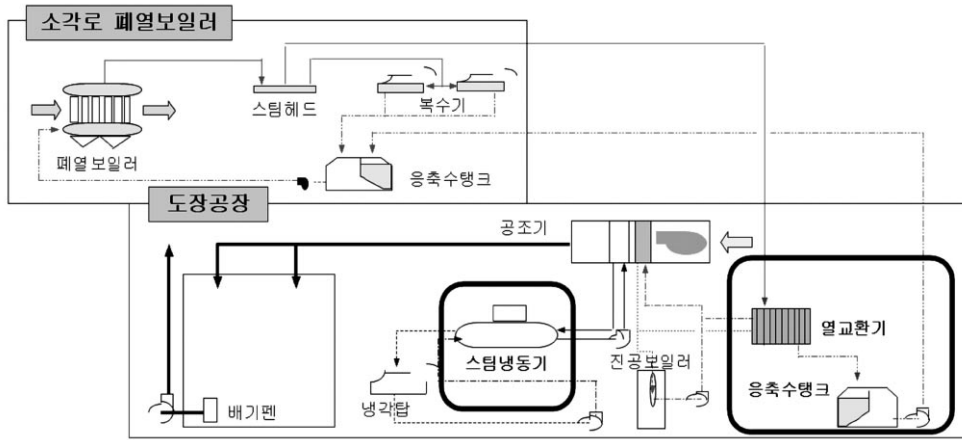
폐열이 주로 사용되는 동절기(12~2월), 하절기(6~9월)는 90% 이상 사용하고 있으며 봄, 가을철은 가열 제습으로 도장 조건 확보가 충분하므로 일부 난방 열원으로 전체 생산량의 48%를 활용(그림 5)하고 있다.

맺음말

도장공장의 효율적인 냉·난방 시스템 구성으로

<표 3> 도장공장 폐열 활용 전·후 에너지 사용량 비교

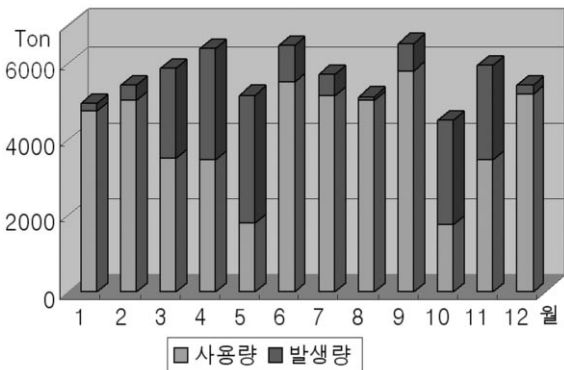
| 구분 | 폐열활용 전 | | 폐열활용 후 | | 차 이 | | |
|--------|----------|---------|--------|-------|----------|------------------|---------|
| | 사용량 | 금액 | 사용량 | 금액 | 절감량 | TCO ₂ | 절감금액 |
| 난방(유류) | 1,238 kℓ | 1,114백만 | 115 kℓ | 103백만 | 1,123 kℓ | 3,340 | 1,011백만 |
| 냉방(전력) | 1,405 MW | 126백만 | 420 MW | 38백만 | 985 MW | 420 | 88백만 |



[그림 4] 소각로 폐열 활용 계통도

<표 4> 월별 폐열 활용 실적

| 구 분 | 월 사용량(톤/월) | | | | | | | | | | | | 계 | |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 발생량 | 4,932 | 5,408 | 5,857 | 6,362 | 5,152 | 6,453 | 5,702 | 5,115 | 6,508 | 4,510 | 5,931 | 5,408 | 67,338 | |
| 폐열 활용 | 도장 | 4,369 | 4,665 | 3,095 | 3,089 | 1,429 | 5,101 | 4,747 | 4,610 | 5,444 | 1,382 | 3,067 | 4,825 | 45,823 |
| | 기타 | 369 | 355 | 395 | 370 | 361 | 384 | 384 | 399 | 348 | 381 | 389 | 357 | 4,492 |
| | 계 | 4,738 | 5,020 | 3,490 | 3,459 | 1,790 | 5,485 | 5,131 | 5,009 | 5,792 | 1,763 | 3,456 | 5,182 | 50,315 |
| 사용비율 | 96% | 93% | 60% | 54% | 35% | 85% | 90% | 98% | 89% | 39% | 58% | 96% | 75% | |



[그림 5] 월별 스팀 활용 현황

온실가스 저감 연간 16,820 tCO₂ 달성하고, 2008년 이후 소각로 폐열보일러의 스팀을 최대한 활용

하여 매년 3,740 tCO₂의 온실가스 저감으로 총 20,560 tCO₂ 감축을 실현하였다. 향후 폐열 부문에서의 현 스팀발생량의 75% 활용을 터빈 발전을 통한 압축공기 생산으로 폐열을 전량 활용할 수 있도록 설비 구축 예정이다. 저압 터빈 발전 적용으로 환절기 스팀(10 Ton/hr@5 kg/cm²) 활용율 48%에서 100%달성하여 연간 133 tCO₂(315 MW)의 온실가스 추가로 감축할 계획이다.

당사의 2010년 1월 조선업계 최초로 선포한 녹색 경영 방침에 따라 에너지 부문에서의 폐열 활용, 자동제어 시스템에 의한 공급 최적화 등으로 온실가스 저감 확대 실시함으로써 글로벌 규제 및 기후협약에 능동적으로 대응하고 세계 초일류 기업으로서의 친환경 선박에 대한 경쟁력 확보에 선두적인 역할을 하고 있다. (🌱)