

냉각수 시스템의 수처리 기술 및 각종 장애대책(10)

(주)프라이텍인터내셔널/전병준 이사

차례

- I. 물의 기초적 특성 고찰
- II. 냉각수계 운전상의 문제점
- III. 부식과 방지대책
- IV. 스케일과 방지대책
- V. 슬라임부착 및 슬러지 퇴적의 방지대책
- VI. 냉각수처리 약품과 기술에 대한 연구개발의 전망
- VII. 냉각수계의 Trouble shooting
- VIII. PLANT별 수처리 특성과 장애방지
- IX. 밀폐 냉각수계의 수처리

IX. 밀폐 냉각수계의 수처리

1. 냉온수계의 수처리

가. 반밀폐식 냉온수계의 수처리

최근 Heat 펌프 방식에 의한 공조 시스템의 증가에 따라 축열조를 가진 반밀폐식의 냉온수계(축열조에서는 공기와 접촉되고 있다)에서의 장애 발생은 증가하는 경향이 있다.

축열조를 가진 공조 시스템은 대부분 대형 빌딩에서 많이 채용되고 있다.

수질의 특성에 대해서 충분히 파악하여 관리하지 않으면 뜻밖의 장애가 발생하게 된다.

1) 수질특성과 장애

① 콘크리트조에서의 소석회 용출

축열조는 콘크리트로 시공된 경우가 대부분이다. 신설콘크리트조에는 소석회가 용출하기 때문에 축열수는 pH의 상승, 경도성분의 증가 등의 영향을 받는다.

축열수의 pH가 10을 넘는 경우도 간혹 있다. pH가 9 이상으로 상승하면 높아질수록 스케일화가 쉽고, 냉동기나 Fan coil unit 등의 열교환기에 부착하여 열효율을 저하시킨다든지, 배관 내에 침적하여 산소 농담 전지 형성에 의한 국부부식 발생의 원인이 된다.

② 용수(湧水, Spring water)

축열조는 지하에 건설된 경우가 대부분이기 때문에 콘크리트조에 잔금이 생겼을 경우 해수나 오염된 하수가 용수 되어 축열수 수질이 대폭적으로 악화되는 수가 있다. 또한 유기오염을 받는 용수는 축열수중에 미생물이 다량 발생되어 슬라임장애의 원인이 되는 수가 있다. 용수가 있는 곳은 콘크리트조에서의 소석회 용출에 의하여 탄산칼슘이 덩어리로 부착되는 수가 많다. 잔금이 생긴 것이 커서 용수량이 많은 경우는 육안으로 용수를 확인할 수가 있다. 콘크리트조의 잔금에 대해서는 설계, 시공

의 단계에서 충분히 검토되어야 하는데 건설 후에는 급격 시멘트의 압입이나 라이닝을 붙이는 등의 조치가 필요하다. 용수조의 설치시 용수의 영향을 받는 데는 대책이 된다.

또한 수면계를 설치하여 항상 수위의 변동을 확인하여 축열수의 보급 수 라인에 수량미터를 설치하여 보급수량을 측정하는 것은 수질관리상 중요한 것이다.

③ 잡배수의 혼입 및 오배관(誤配管)

축열조의 설계, 시공시에는 축열조의 잡배수조 및 수신조(受水槽)와 완전히 분리시키고 잡배수의 축열조에의 혼입이나 축열수의 수신조에의 혼입이 일어나지 않도록 하여야 한다.

또한 오배관이나 밸브조작상의 실수가 일어나지 않도록 해야 한다. 이러한 것은 각종 부식성 이온, 현탁물질, 미생물 등을 축열조 내의 혼입시키지 않는 것을 뜻한다.

2) 대책

① 부식, 스케일 방지 처리

축열조를 가진 반밀폐식 냉온수계에서는 축열수의 계내 체류시간이 매우 길다. 따라서 본 수계에 적용되는 약제는 양호한 방식효과 및 스케일 방지 효과를 가질 뿐만 아니라 장시간에 걸친 효과의 안정성이 요구된다. 이러한 점을 충분히 만족시키는 것으로서는 중합인산염계와 폴리머계의 스케일 방지제를 병용하는 처리가 실시되고 있다.

또한 밀폐식 냉온수계에 있어서 사용되고 있는 아질산염계의 약제는 본 수계에는 아질산이온이 질산이온으로 산화되는 수가 많으므로 안정한 방식효과를 기대할 수 없다.

중합인산염은 수중의 칼슘이온 등의 2가 금속염과 반응하여 금속표면에 인산칼슘[Ca₂(PO₄)₂] 등의 침전막을 형성함에 따라 방식효과를 얻는다.

이와 같은 방식제와 스케일방지제와의 병용 처리시의 수질관리 기준치의 예를 [표. 9-1] 에 나타낸다.

수년간 얻어진 현장 Data (약 100여 개의 현장, 총 보

유수량 80,000m³)에서 여러 종류의 처리를 실시함에 따라 냉수조(7~12℃)에 있어서는 탄소강에 1 mdd 이하, 동에서 0.1 mdd 이하의 양호한 처리 효과가 얻어지고 있다.[표. 9-2]

【표. 9-1】 중합인산염계 방식제와 폴리머계 스케일방지제 병용처리에 있어서 냉온수계의 수질관리 기준치 (예)

pH (at 25℃)	6.8 ~ 8.5
도전율 (μs/cm)	2,000 이하
Ca-경도 (CaCO ₃ ppm)	120 이하
염화물이온 + 황산이온 (Cl ⁻ + SO ₄ ²⁻ ppm)	500 이하

【표. 9-2】 중합인산염계 방식제와 폴리머계 스케일방지제 병용에 있어서의 방식효과(예)

재질	처리상황	탄소강(SPCC)		순동(TCuP-1)	
		부식감량 (mg)	부식속도 (mdd)	부식감량 (mg)	부식속도 (mdd)
냉수기 (7~12℃)	무처리	348.8	37.5	8.6	0.87
	처 리	4.7	0.5	0.9	0.10
온수기 (40~45℃)	무처리	912.3	98.1	18.2	1.96
	처 리	26.0	2.8	1.5	0.16

<보급수 : 팔당수, Test piece 표면적 : 31cm², 침적일수 : 30일>

② 기타

부식, 스케일 방지 처리에서는 중합인산염계 방식제와 폴리머계 스케일방지제의 병용처리가 효과적인데 콘크리트조에서의 소석회의 용출 대책으로서는 건물 준공전의 물의 교환이 최선의 대책이다.

통상, 물의 전량교체를 2~3회 실시하면 그후 수질변동은 적게 된다. 또한 축열조 하부에서는 건설시의 여러

가지 오염이나 배관 계통에서 반입된 부식생성물 이외에 콘크리트에서의 박리물 및 미생물 등이 침적되어 있는 경우가 많다. 따라서 정기적 (1회/1~2yr)으로 물의 교환과 축열조 내의 청소가 필요하다. 마지막으로 콘크리트 축열조를 가진 반밀폐식 냉온수계에서 발생하는 장애와 대책을 [표. 9-3]에 나타낸다.

【표. 9-3】 축열조를 갖는 반밀폐식 냉온수계의 장애와 대책

장애의 요인	장애	설계, 시공상의 대책	수처리에 의한 대책
(1) 준공전의 플러싱 부족	-오염물 부착에 의한 배관 기기의 부식	-준공전에 플러싱을 행한다 -0.3m/sec 이상의 통수속도로 한다	-방식제를 투입한다
(2) 콘크리트조에서의 소석회 용출	-열교환기에 스케일이 부식한다 열효율 저하 -스케일 부착에 의한 2차 부식	-준공전에 물의 교환을 2-3회 행한다.	-정기적으로 수질체크 를 행한다. -스케일방지제를 투입 한다.

< 계속 >

장애의 요인	장애	설계, 시공상의 대책	수치리에 의한 대책
(3) 용수	-배관, 열교환기의 부식 증대 및 슬라임 발생에 의한 2차 부식	-축열조에 라이닝을 행한다 -용수조를 설치한다 -급수계 및 수위계를 설치한다 -속성시멘트의 압입 라이닝을 실시	-정기적으로 수질체크를 행한다.
(4) 잡배수의 -혼입 -오배관 기타	상동	-수수조, 잡배수조를 축열조와 분리한다 -축열조내에 냉온수 이외의 배관을 없앤다 -냉각수 펌프 등의 봉입수를 축열조에의 유입을 방지 -기계실 사용수의 축열조에의 유입을 방지	-정기적으로 수질체크를 행한다.
(5) 축열조내의 청소가 불충분	-탁질의 퇴적에 의한 2차 부식	-축열조 저부에 탁질을 퇴적 시키기 위한 피트를 설치 -축열조 최하부에 집수용의 연통관을 설치 -맨홀을 많이 설치한다	-탁질은 대부분의 경우 부식 생성물이기 때문에 방식제의 투입에 의해 탁질은 상당히 절감된다.
(6) 기타		-축열조 상부에 통기공을 설치 -Foot 밸브에 체인이 걸리지 않도록 한다 -축열조 인입배관에의 방청도장은 부착스케일을 완전히 제거하고 행한다 -축열조를 가슴에는 사용하지 않는다	

나. 밀폐식 온수계의 수치리

종래 공조방식에서 냉방은 Turbo 냉동기, 흡수식 냉동기, 팩케이지형 공조기 등으로 난방은 증기, 온수(온수보일러) 등에 의해서 행해진다. 최근 성에너지를 위하여 Heat 펌프방식에 의한 냉난방 방식이 많이 채용되기에 이르렀다.

대부분의 소형 냉난방 설비에 대해서는 대부분이 이런 방식을 택하고 있고, 대형에서는 수냉식 Heat 펌프가 많다.

소형의 것에서는 보통 Chilling unit라 부르고 있으며, 수냉식 Chilling unit 및 공냉 Heat 펌프식 Chilling unit 가 있다. 각각은 냉난방을 겸하고 있는데 공냉 Heat 펌프식 Chilling unit가 주류를 점하고 있다. 냉난방 방식을[표. 9-4]에 나타낸다.

【표. 9-4】 냉난방 방식과 수처리법

냉난방 방식		항 목	대상수계	물에 의한 장 해	수처리 약품에 의한 대책	비 고
수냉식 Heat 펌프방식	밀폐식 냉각탑	밀 폐 냉각수계	부식, 슬라임	방식제, 슬라임 컨트롤제	-약주장치 -자동블로우 관리장치	
		열원수계	부 식	방식제		
	개방식 냉각탑	개 방 냉각수계	부식, 스케일, 슬라임	방식제, 스케일 방지제, 슬라임 컨트롤제		
Chilling unit	수냉식 Chilling unit	개 방 냉각수계	부식, 스케일, 슬라임	정제타입 냉각수처리제		-정기적 투입
		밀 폐 냉온수계	부 식	방식제	-약주장치 또는 정기적 투입	
	공냉식 Chilling unit	밀 폐 냉온수계	부 식	방식제	상 동	
	공냉 Heat 펌프식 Chilling unit	밀 폐 냉온수계	부 식	방식제	상 동	

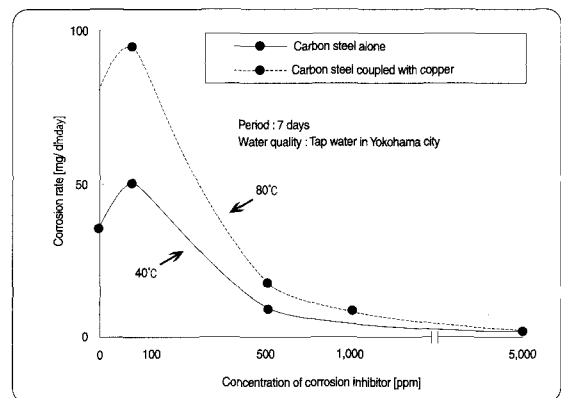
밀폐식 냉온수계의 경우(수냉식 Heat 펌프 방식으로 냉각탑을 사용하는 경우는 제외) 냉온수의 수질은 외적 요인에 의해 악화되지 않는다.

따라서 스케일 부착에 의한 영향도 대부분 인정되지 않는데(백가스 관에서 용출한 아연이 재 석출하기는 한다.) 탄소강 배관이 부식하면 축열조와 같이 침적할만한 장소가 없기 때문에 부식 생성물이 부착된 하부에서 2차 부식이 일어나는 경우가 있다. 밀폐식 냉온수계의 방식 처리로서는 아질산염계의 방식제가 적용되는 경우가 많다. 아질산염은 철표면에 철의 산화피막을 형성함에 따라 부식을 방지한다. 또한 통상 동계재질이 존재하기 때문에 동계 재질의 방식제가 배합되어 있다.

아질산염계 방식제의 탄소강 및 동에 대한 방식효과

일례를[그림. 9-1, 9-2]에 나타낸다.

【그림. 9-1】 아질산염계 방식제의 탄소강에 대한 방식효과

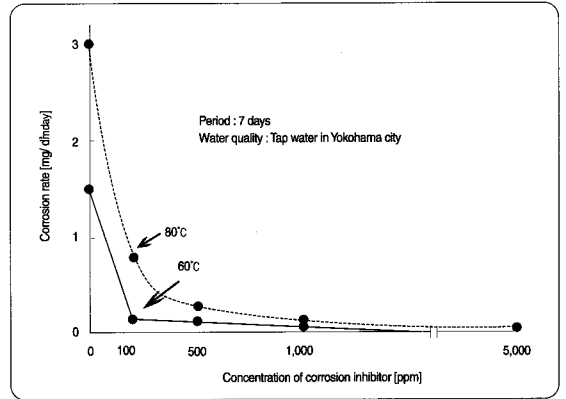


이와 같이 아질산염계 방식제를 사용하면 부식속도는 거의 무시할 수 있는 값으로 된다.

밀폐식 냉온수계에서는 순환수량에 대하여 보유수량이 적기 때문에 누수가 많은 시스템에서는 계내 체류시간이 짧게 된다.

따라서 물질 수지에 대응한 약주관리를 실시할 필요가 있다.

[그림. 9-2] 아질산염계 방식제의 동에 대한 방식효과



2. 각 냉난방 방식의 특징과 수처리 방법

가. 개요

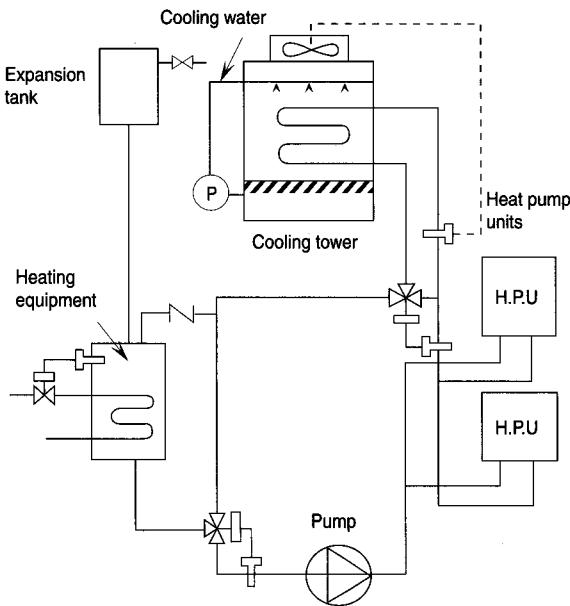
수냉식 Heat 펌프 방식(대형) 수냉식 Heat 펌프 방식의 개략 플로우는 [그림. 9-3]과 같다. 열원수(냉온수)

의 온도는 통상 15~45°C이다.

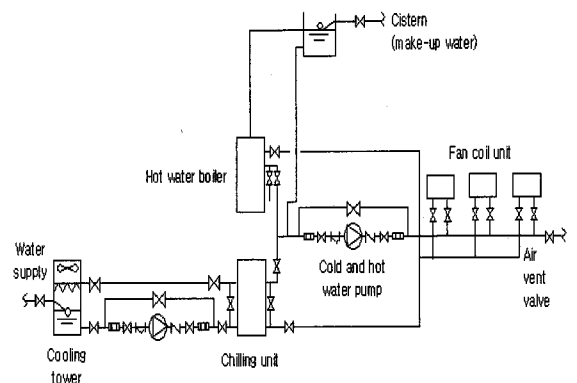
냉각탑은 밀폐식과 개방식이 있다. 열원수계의 방식을 위해서는 아질산염계 방식제를 1,000~1,500 ppm정도 유지한다.

나. 수냉식 Chilling unit

[그림. 9-3] 수냉식 Heat 펌프 방식의 플로우 예



[그림. 9-4] 수냉식 Chilling unit + 온수보일러 + Fan coil unit의 예



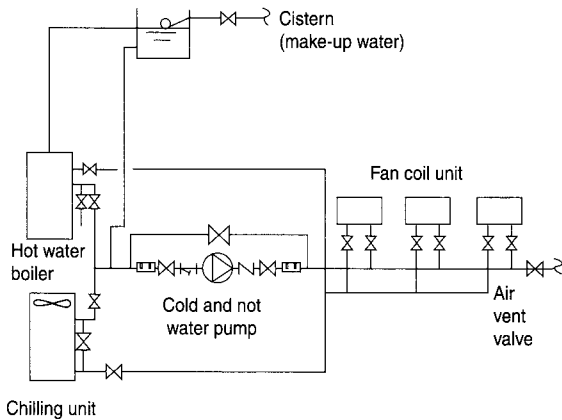
수냉식 Chilling unit의 개략 플로우는 [그림. 9-4]에

나타낸다. 이 방식에서는 하기의 냉수에 의해 냉방을 실시하며, 동계에는 온수(온수 보일러)에 의해 난방을 행한다.

따라서 동일 배관이나 Fancoil unit를 냉수 및 온수가 순환한다. 이런 수계에서 특히 문제가 되는 장애는 온수 순환시의 부식장애이다. 부식 대책으로서는 아질산염계 방식제를 3,000~5,000 ppm 순환수중에 유지하면 좋다.

다. 공냉식 Chilling unit

【그림. 9-5】 공냉식 Chilling unit + 온수보일러 + Fan coil unit의 예



공냉식 Chilling unit의 개략 플로우를 [그림. 9-5]에 나타낸다. 이 방법은 수냉식 Chilling unit와 거의 비슷하나, 냉매(Fron)의 응축을 공냉으로 한다.

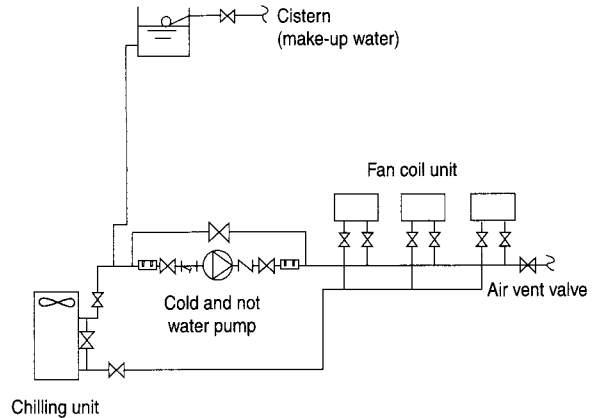
3. 고온수계의 처리

고온수는 지역 냉난방 플랜트의 1차측 열원수로 사용되는 경우가 많고, 기타 생산 플랜트의 1차측 열원수로 사용되는 경우도 있다.

따라서 냉온수계의 수처리 방식은 수냉식의 경우가 같다.

라. 공냉 Heat 펌프식 Chilling unit

【그림. 9-6】 공냉 Heat 펌프식 Chilling unit + Fan coil unit의 예



공냉 Heat 펌프식 Chilling unit의 개략 플로우 예를 [그림. 9-6]에 나타낸다. 이 방법은 Heat 펌프 장치에 의해 냉수 및 온수를 만들고 각 Fan coil unit에 보내어 냉난방을 실시한다.

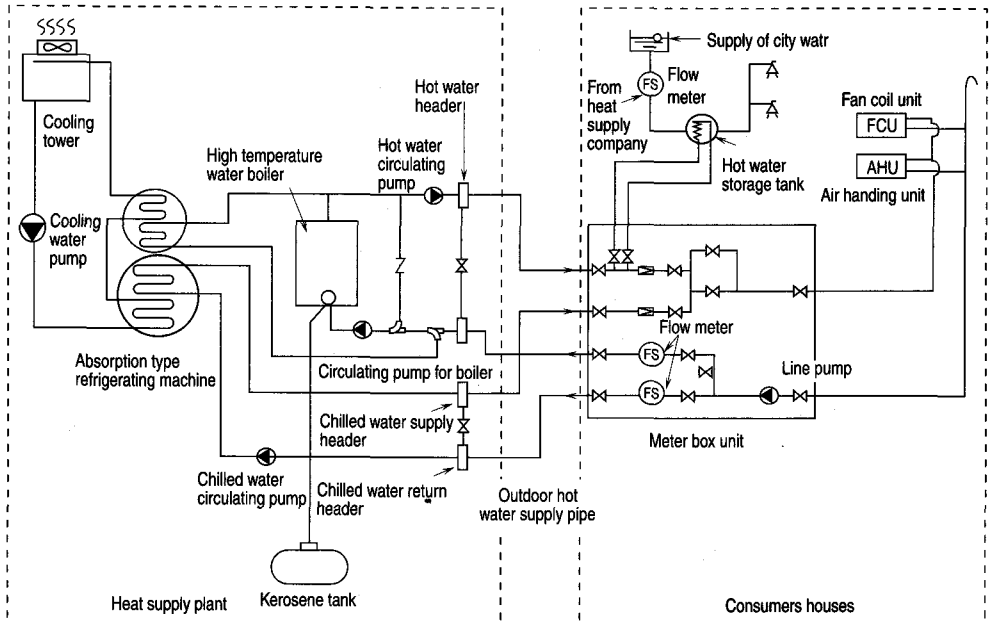
이 수계에서 물에 의한 주된 장애는 부식장애이다.

수처리로는 아질산염계 방식제를 3,000~5,000ppm 순환수중에 유지하면 좋다.

여기서는 지역 냉난방 플랜트의 개략 플로우 [그림. 9-7]에 의하여 고온수계의 위치를 나타낸다.

본 수계에서 사용되는 설비로서는 고온수 보일러, 배관, 2차측의 열교환기로 되어 있으며, 대부분 배관 라인 은 길어서 보유수량도 많아진다. 또한 계내에서 사용되

【그림. 9-7】 지역 냉난방 플랜트의 개략 플로우



는 재질은 주로 탄소강과 동계 재질이다.

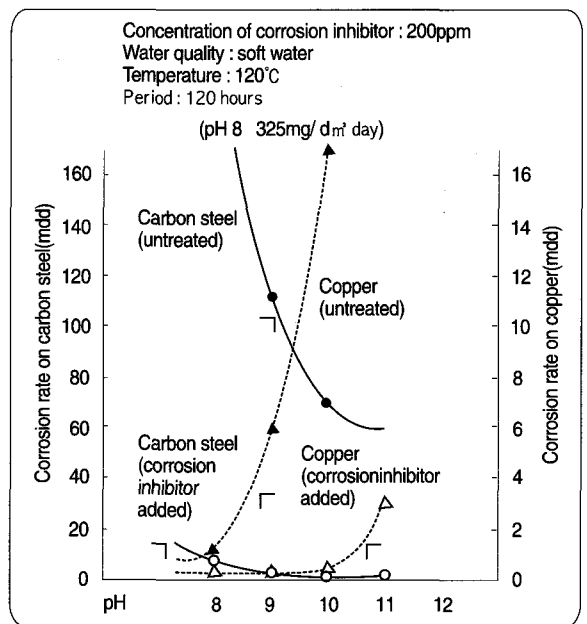
본 수계의 온수 온도가 70~160℃의 범위에 있기 때문에 상수도 등의 원수를 그 상태로 사용하면 탄산칼슘의 스케일이 부착한다. 따라서 급수는 스케일 부착이 일어나지 않는 연수나 순수를 사용할 필요가 있다.

다른 하나의 장애로서는 부식장애가 있다. 본 수계에서는 용존산소에 의한 탄소강과 동계 재질의 부식 및 고온수의 pH 상승에 의한 동계 재질의 부식이 발생한다.

이밖에 부착물(건설 당시의 부식 생성물이나 오염물)의 하부에 금속의 2차 부식이 있다. 앞에 기술한 바와 같이 탄소강 및 동계 재질에 대해서는 고온하에서 방식효과가 있는 것을 사용할 필요가 있다. 건설 당시에 있어서는 누수 테스트 중에 배관 등이 부식되어 극단적인 경우에는 보유수량이 적갈색의 오염수 상태로 되는 수도 있다. 이러한 조건을 고려하여 다음과 같이 대책을 서술한다.

가. 운전중의 처리방법

【그림. 9-8】 탄소강, 동 공존하에서 고온수 방식제의 효과



고온수계에서는 아민과 아졸계의 동용 방식제의 사용이 유효하다. 탄소강에 대해서는 아민이 흡착피막을 생성하며, 동에 대해서는 아졸계 약제가 동표면에 착화합물을 형성하여 부식을 방지한다. 이러한 방식제의 탄소강과 동에 대한 효과를 [그림. 9-8]에 나타낸다.

또한 실제 기기에서의 처리효과를 [표. 9-5]에 나타낸다. 이 결과에서 아민, 아졸계 방식제는 고온수계에서 충분한 방식효과가 나타내는 것을 알 수 있다.

[표. 9-5] 고온수계용 방식제의 실기 시험 결과

플랜트명		A	B
시험기간 (Month)		5	4.5
고온수 온도 (°C)		129~150	70~140
방식제 농도(ppm)		200	500
부식속도 (mdd)		탄소강 : 3~7 동 : 0.22~0.64 표면상태 : 피팅이 없다	탄소강 : 1~5 동 : 0.1~0.35 표면상태 : 피팅이 없다
수	pH	8.3~9.3	7.8~9.1
	도전율(μs/cm)	150~200	300~450
질	전 철(ppm)	1.0 이하	1.0 이하
	전 동(ppm)	0.05 이하	0.05 이하

1) 방식제의 주입량

고온수 순환라인은 밀폐 순환계인데 순환펌프 봉입수의 누출이 있으며, 그양은 설계상으로 순환수에 대하여 0.02% 정도로 되어 있다. 그러나 누수량은 현장에 의하여 다르므로 그 양을 실제로 확인하여 그 양에 대하여 유지농도에 상당하는 방식제를 주입할 필요가 있다.

2) 방식제의 주입방법

방식제의 주입은 고온수 순환라인에 주입구를 설치해

서 정량 펌프로 연속 주입하는 것이 바람직하다.

3) 수질 분석

순환수의 수질분석은 정기적으로(월1회 이상) 실시하고 사용 약제의 적용 기준치에 있는지를 확인하며, 기준치에 미달할 경우에는 약제를 증가시키는 대처가 필요하다.

나. 시공시의 배관 방식 및 플러싱

대부분 지역 냉난방 플랜트의 배관 시공에 임해서는 공사기간이 길어지는 것과 공정중에 누수 테스트를 행하는 것에 의해 공사 기간중에 배관의 부식이 진행된다. 따라서 이 기간의 부식 방지법으로는 다음에 나타나는 보관처리를 행할 필요가 있다.

보관 처리를 실시하지 않는 경우는 운전 개시 전에 계내의 플러싱을 충분히 실시해야만 한다.

1) 누수 테스트시의 보관방법

보관 방법으로는 아질산염계 방식제 8,000~10,000ppm과 아질산산화세균억제제 100ppm을 보유수량에 대하여 첨가하는 방법이 일반적이다.

보관용 약제의 주입은 약주펌프를 이용하여 보급수량에 비례 주입한다.

2) 계내의 플러싱법

계내를 플러싱하는 경우 물만을 사용하면 계내는 깨끗해지지 않는다. 따라서 플러싱 약제로서 하이드라진과 동용 방식제를 주성분으로 하는 약제를 첨가하여 3~4시간 순환시키며, 그후 순환수의 전철 값이 1.0ppm이하 될 때까지 수세시키면 양호한 플러싱 결과가 얻어진다. 