

현장실무자를 위한 설비진단 테크닉 (13)

전기는 응용하는 기술의 발달에는 실로 눈부신 바가 있다.

전기를 깨끗하고 안전한 에너지원으로써

또, 컴퓨터나 통신에 이용되는 정보전송의 매체로서

널리 사용되어 최근에는 광이나 초음파의 분야도 포함하여

설줄 모르는 진보를 계속하고 있다.

우리들은 그 전부를 볼수는 없으나, 미래기술이라는 거대한 양상에 대하여

비록 기술의 단편이라도 많이 모아 쌓이면 많은 참고가 될 것이다.

본고에서는 이를 위해 전 13장을 번역 게재할 예정이다.

글 쓰는 순서

- | | | | |
|-----|--|-------------|-----------------------|
| 제1장 | 예지보존에의 기초기술 <ul style="list-style-type: none">• 이상예지를 위한 데이터 처리• 열화 프로세스에서의 이상예지 | 제7장 | 케이블 열화의 간이측정 |
| 제2장 | 운전감시로 되는 상태의 추정 <ul style="list-style-type: none">• 운전감시로 되는 상태의 추정• 이상 발생후의 상태진단 | 제8장 | 롤러베어링의 진단 테크닉 |
| 제3장 | 기기에 의한 외부진단 테크닉 | 제9장 | 전력전자 기기의 수명예측 |
| 제4장 | 가스절연기기의 내부진단 | 제10장 | 콘덴서 개폐와 보수유지 |
| 제5장 | 리모트 센싱에 대한 설비진단 | 제11장 | 큐비클의 방식기술 |
| 제6장 | 변압기의 예지보전 | 제12장 | 보전용 계기와 사용법 |
| | | 제13장 | 센서에 사용되는 여러가지 성질과 활용법 |

제11장 큐비클의 방식기술

역/대한전기기사협회

서 론

큐비클(Cubicle)은 3.3~33kV의 전로에 사용되는 「폐쇄배전반」 및 600V 이하의 전로에 사용되는 「저압폐쇄배전반」(과워 센터 또는 로드 센터라고도 한다), 더욱이 6.6kV, 주전 용량 500kVA 이하의 공장 전기설비 등에 사용되는 「큐비클식 고압수전실비」 등의 총칭이며 전력의 개폐, 제어, 보호를 목적으로 한 장치이다.

이러한 큐비클은 발·변전소 및 모든 산업분야의 전력설비로서 널리 사용되고 있다. 또한 설치되는 장소도 깨끗한 분위기 뿐만 아니라 부식성 가스가 존재하는 공업지대 또는 임해지대 등 다양하다.

큐비클은 그 목적보다 사용되는 환경하에서 안정된 운전이 계속되고 신뢰성이 높은 전력을 공급할 수 있어야 한다.

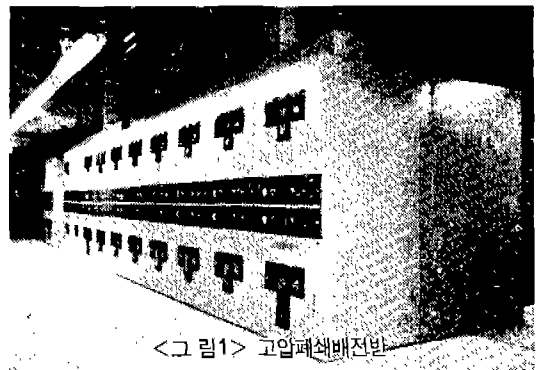
여기서는 큐비클 자체의 부식방지 대책을 중심으로 하여 그 요점과 실시한 예 등을 소개한다.

1. 큐비클의 구성

(1) 구 조

큐비클은 접지된 금속상자 안에 차단기, 단로기, 계기용 변성기, 모선 등의 주회로 기기와 감시 제어하는 데 필요한 계기, 계전기, 조작스위치 등의 기구를 집합적으로 내장한 것이다. 금속상자는 사람이 외부에서 쉽게 고전압부에 접촉되지 않도록 금속판으로 피복한 것이며 일반적으로 기기의 반출입이나

보수·점검을 위하여 문이 설치되어 있다. <그림 1>에 고압폐쇄배전반의 외관을 나타내고 있다.



<그림 1> 고압폐쇄배전반

(2) 큐비클의 사용상태

큐비클은 특히 지정이 없는 한 주위온도가 옥내형에 대해서는 $-5\sim 40^{\circ}\text{C}$, 옥외형에 대해서는 $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$, 표고 1,000m 이하의 상규사용 상태하에서 사용하는 것으로 정해지고 있으며 다음과 같은 특수한 조건하에서 사용하는 경우에는 미리 사용자와 제조자의 협의가 필요하다.

- (i) 심하게 바다 바람을 받는 장소
- (ii) 습기가 많은 장소
- (iii) 과도한 수증기 또는 기름의 증기가 있는 장소
- (iv) 폭발성이나 가연성 또는 그밖에 유해가스가 있는 장소
- (v) 지나치게 먼지가 많은 장소

이러한 장소는 부식이 비교적 잘 발생하기 쉬운 장소이며 미리 방식에 대해서도 고려하지 않으면 안

<표 1> 폐쇄배전반의 보호구조

구 분	종 별	보호의 기본분류	구 조	구 비 조 건	적 용 장 소
일반적으로 사용하는 것	옥 내 형	고형이물 및 소동물의 침입을 방지함과 동시에 잘못해서 손가락 등이 외피내의 도전부분 또는 가동부분에 접촉하지 않도록 보호하고 또한 물방울이 튀어도 정상운전을 방해하지 않게 보호한 것	외피는 전면을 폐쇄한 구조로 하나 설치바닥면이 밀판과 동등한 기능이 있다고 보는 경우에는 이 밀판을 생략할 수 있다. 외피에는 환기구를 마련해도 좋다. 또한 물방울이 튀어도 직접 내부에 들어가지 않고 간접적으로 들어가도 내부에 있는 주회로의 절연물에 떨어지지 않는 구조로 한다.	직경 125mm의 등근막대가 들어가는 구멍 또는 간극이 없을 것. 또한 바로 위에서 외피안에 있는 주회로의 절연물이 직선적으로 보이는 간극이 없을 것	일반적인 건물내
	옥 외 형	옥내형의 조건을 만족시키고 또한 비가 심하게 들어가는 것을 방지해서 정상적인 운전 을 방해하지 않도록 보호한 것	외피는 전면을 폐쇄하고 지붕, 락스사이의 접합부, 환기구는 비가와도 지장이 없도록 고려한 구조로 하고 환기구에는 소동물 등이 들어 가지 않도록 철망을 설치토록 할 것	철수는 일정한 수압하에서 비모양으로 분사하고 철수각은 수직에 대해 약 60°, 철수량 매분 2.2mm(수평위분)로 5분간 철수하고 내부의 주회로 및 제어회로의 절연물이나 기구부분에는 물이 없어야 하며 기구물이나 기외의 비절연부분에는 물이 고이지 않을 것. 또한 환기구에는 직경 12.5mm의 등근 막대가 들어가지 말 것	건물, 지붕 등이 없는 장소에서 약간의 먼지나 소동물이 존재하는 장소
특수환경 하에서 사용하는 것	방 식 형	부식성의 산, 알칼리 또는 유해가스가 들어가도 정상적인 운전을 방해하지 않도록 보호한 것	외피는 전면을 폐쇄하고 문 등의 미소한 틈이나 환기구 등은 충분히 고려한 구조로 한다. 또한 수용기 기에는 충분한 방식처리(광금, 도장 등)된 것을 사용한다.	-	부식성 가스가 많은 장소(화학공장 등) 및 인쇄공업지대
	내 식 형	부식성의 산, 알칼리 또는 유해가스가 외피내에 거의 들어오지 않도록 보호한 것	외피는 전면을 폐쇄하고 문 및 락스 사이의 접합부 등에는 패킹을 끼우고 케이블구에는 벨마우스 등을 끼워서 환기구가 없는 구조로 한다.	-	

된다.

(3) 큐비클의 보호구조

일반용의 유내형과 옥외형 및 특수 환경에서 사용하는 것으로 방식형과 내식형 등의 보호구조가 규정되어 있다<표 1 참조>.

부식 환경하에서 사용하는 경우에는 내식형이 좋다. 그러나 큐비클의 내부에 차단기와 모선 등과 같은 발열체가 있으며 이러한 발생열을 처리하지 않으면 안된다. 즉, 큐비클의 주회로에 통전할 수 있는 전류는 도전부의 온도에 의하여 제한되기 때문에 큐비클 안의 공기온도 상승을 저감시키고 도전부의 온도를 규정값 이하로 억제할 필요가 있다. 이르기 때문에 냉각방식으로서 외기를 도입하고 대류작용에 의하여 냉각하는 자연환기방식이 일반적이며 다른 장치와는 이러한 점이 방식면에서 다르고 동시에 방식대책을 복잡하게 하고 있다.

2. 큐비클의 부식요인과 부식의 영향

(1) 부식요인

큐비클의 구조부나 도전부를 부식하는 요인은 전식(Electrolytic Corrosion) 및 환경에 의한 것으로 크게 나눈다. 앞에 말한 것은 종류가 다른 금속의 접촉부식에 의한 것이며 도금이나 도장 등의 표면처리를 해서 방지할 수 있다.

뒤에 말한 것에는 온도와 습도 및 부식성의 가스가 있으며 또한 해염입자나 먼지도 부식을 촉진시킨다. 이러한 부식인자에 의한 부식량은 온도에 대하여 거의 비례적으로 증가하고 습도에 관해서는 n차 곡선으로 되는 경향이 있다. 또한 부식성 가스에 대해서는 농도와 함께 급격히 증가하고 어떤 농도를 넘으면 증가율이 둔해 지는 경향이 보인다.

주된 부식성 가스에는 자동차나 보일러의 배기에 의한 NO₂, SO₂, 지열발전소나 하수처리장 등에 존재하는 H₂S, 정수장에서 Cl₂, 또한 화학 공장에서의 NH₃이 있다. 이 부식성 가스에 대한 금속의 강약 비교를 <표 2>에 나타내고 있다.

이러한 부식인자는 일반적으로 복합 상태에서 존재하는 일이 많고 부식의 영향을 종합적으로 평가할 <표 2> 부식성 가스의 금속에 대한 강약

	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	Cl ₂	NH ₃
금	△	△	×	△	○
동	△	△	×	×	○
니켈	△	×	△	×	○
크롬	△	△	△	△	○
주석	○	○	○	○	○
SUS 304	◎	○	◎	×	◎
양백	×	○	△	×	○
황동	△	△	×	×	×

비고 ◎:우수하다 ○:좋다
△:어느정도 말할 수 없다 ×:약하다

<표 3> 부식 환경의 구분 예

구분	평가 기준	부식성
정정 환경	부식성 가스가 거의 없고 저습도의 환경	부식은 무시할 수 있다.
표준 환경	부식성 가스가 적고 온도나 습도가 비교적 낮은 환경	부식은 약간
경(輕)부식 환경	부식성 가스가 약간 있고 습도가 약간 높은 환경. 부식성 가스는 적으나 고온도의 환경	부식은 비교적 적다.
중(中)부식 환경	부식성 가스가 상당히 있으나 저온도의 환경. 부식성 가스가 약간 있는 고온도의 환경	무대책에서는 부식이 촉진
중(重)부식 환경	부식성 가스가 상당히 있으며 고온도의 환경	상당한 대책이 필요하다.

필요가 있다. <표 3>에 부식 환경을 구분한 한 가지 예를 나타내고 있다. 큐비클의 방식을 생각하는 데는 우선 부식 환경을 정확히 파악해 두지 않으면 안된다.

또한 큐비클은 공장 조립후, 곤포, 수송, 현지 보관, 설치, 운전과 여러가지 환경에 조우하므로 각각에 대한 방식 대책을 협조할 필요가 있다.

(2) 부식의 영향

큐비클이 부식하는 영향은 미관적인 것과 기능적

인 것으로 크게 나눈다.

기능적인 것으로는

(i) 조작장치, 서터(자동연결형 차단기를 인출할 때에 큐비클측의 고정 접촉자를 피복한 것) 등의 기구부에 녹이 나서 회전 또는 섭동이 불량한 것

(ii) 부식에 의한 통전부의 접촉 저항 증대 또는 단선

(iii) 스프링류의 발청, 용접부의 침식 등에 의한 기계적인 강도의 변화

(iv) 항상 사용할 때 또는 성형할 때의 응력이 남아 있는 부분의 가스 환경하에서 부식 균열에 의한 통전 불량 등을 들 수 있다.

큐비클에는 주회로의 용품과 같이 비교적 대형서부터 제어 회로의 용품과 같이 소형인 것까지 여러 가지 용품을 사용하고 있으며 소형 부품의 부식 사고에서도 큐비클 전체의 기능을 유지하는 데 불가능하게 하는 일이 있으므로 부식 환경에 대한 배려가 중요하다.

3. 큐비클의 방식

큐비클의 부식을 방지하는 데는 다음 3가지 방법이 채용되고 있다.

(i) 깨끗한 환경으로 한 전기실 또는 건물 안에 큐비클을 설치하고 큐비클 자체를 부식 환경에 접촉시키지 않는다. 가장 확실한 효과를 얻게 된다.

(ii) 큐비클의 금속상자 외피는 방식도장을 하고 내부에 부식성 가스나 습기가 들어 오지 않도록 밀폐화 한다. 이 방법은 냉각이 문제로 되기 때문에 실용상 곤란한 일이 많다.

(iii) 환기구는 만드나 에어 필터 등을 설치하고 가능한 한 부식성 가스나 먼지가 들어 가는 것을 억제한다. 또한 큐비클 안의 습도를 개선하기 위하여 스페이스 히터 등을 설치한다. 더욱이 내부에서 필요한 부분은 표면 처리를 한다.

(i)은 설치장소의 환경개선이며 큐비클은 표준품을 적용하는 것이 이점이다. 또한 보수할 때에 큐비

클의 문을 개방하는 데 따른 영향도 없다. 이에 대하여 (ii)와 (iii)은 큐비클 자체의 대책이 된다.

어떤 방법을 채용하는 가는 경제성, 입지조건, 큐비클측의 조건 또는 설비의 중요성 등을 종합적으로 판단해서 결정한다.

이 항에서는 (ii)와 (iii)의 큐비클 자체에 대한 사례를 소개한다.

(1) 외피의 방식

큐비클의 외피(커버, 문)는 전기적인 접지의 필요성과 경제성 및 작업성의 면에서 강판을 사용하고 있다. 외피의 방식은 미관도 겸해서 도장을 하고 있다.

큐비클의 도장은 작업성이나 보수성의 면에서 상온 건조형의 프탈산이나 래커 등과 같은 알키드 수지계의 도료를 많이 사용하고 있다. 부식 환경에 대해서는 도막의 두께를 일반적인 환경보다 크게 해서 방식을 기하고 있다. 이것은 도막의 편후를 없앤다는 의미에서도 효과적이다. 더욱이 심한 부식 환경에 대해서는 에폭시계나 폴리우레탄계 등의 도료를 사용하는 일도 있다.

또한 큐비클의 문에는 개폐용의 핸들이 있다. 이 핸들도 일반적인 크롬, 도금 등은 환경에 따라 부식하는 일이 있으며 재질이 스테인리스인 것이나 플라스틱 코팅한 것 또는 증방식 도장을 한 것들을 사용 환경에 따라 구분해서 사용한다.

(2) 내부의 방식

(a) 큐비클의 밀폐화 : 이 방법은 비교적 소용량인 것에 채용되고 습기나 부식성 가스 또는 먼지나 큐



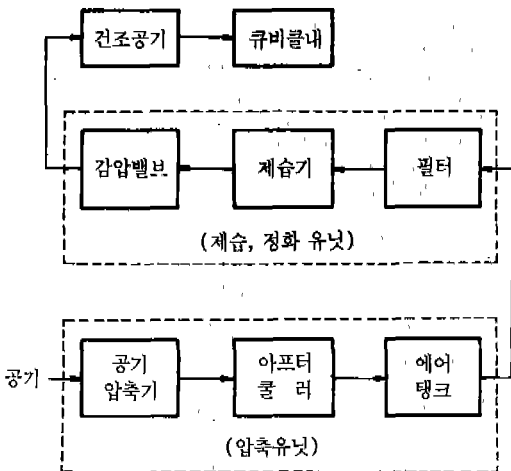
<그림 2> 케이블의 인입구를 밀폐한 예

비클 안으로 들어 가는 것을 완전히 없애기 위하여 문과 상자 본체의 간극을 패킹으로 막는 것이다. 대개 환기구는 만들지 않는다.

패킹의 재질은 내약품성이 비교적 좋은 클로로프렌 고무나 니트릴 고무 등을 사용한다.

또한 잊어서는 안될 것은 케이브 인입부의 밀폐이다. 케이브 피트를 통하여 습기나 가스가 들어 가는 경우가 많고 또한 이 부분은 현장공사가 되는 일이 보통이며 제조자의 취급설명서 등에 의하여 충분히 주의해서 시공하는 것이 바람직하다. <그림 2>는 밀폐한 예이다.

더욱이 건조한 공기에 의하여 소기방식을 취하는 일이 있다. 이것은 <그림 3>의 블록도와 같이 압



<그림 3> 소기방식의 블록도

축된 공기를 애프터 쿨러로 냉각하고 제습기에 의하여 제습시킨 깨끗한 공기를 큐비클 안으로 보내서 내부의 공기를 밖으로 내보내는 것이다. 또한 기밀성을 더 증가시켜서 내부의 압력을 외기보다 약간 높게 하는 방법도 채용하는 일이 있다. 그러나 이러한 방법은 압축공기 발생장치 등과 같은 부대설비가 필요하다.

밀폐화 방식은 큐비클의 냉각이 외피표면을 통해

서만 되고 효율이 저하한다. 따라서 내부발열량이 적은 소용량의 큐비클에 적용하거나 통전전류를 저

<표 4> 공기정화의 원인

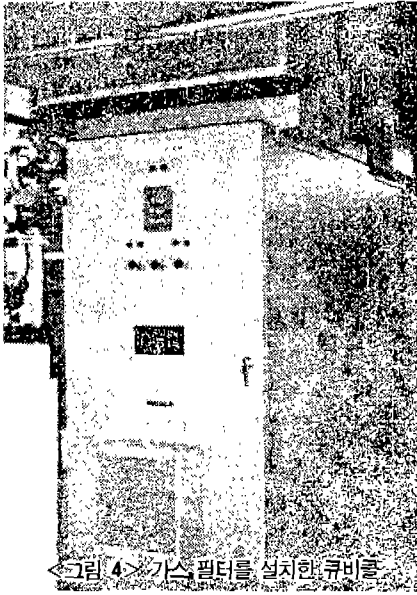
원 리	설 명
중 력	큰 먼지는 중력으로 점점 가라앉는 것을 이용한 것이며 40 μ m정도 이상의 먼지를 제거하는 데 사용된다.
관성력	오염공기의 흐름방향을 갑자기 바꾸고 먼지의 관성력을 이용하여 분리한다. 또한 공기를 고속으로 회전시켜서 원심력으로 먼지를 외측에 모이게 하는 일도 있다. 5~10 μ m 이상의 먼지에 대해 사용된다.
충 돌 확 산	공기를 좁은 간격을 통해 지그재그로 보내서 큰 먼지는 충돌에 의해, 작은(0.1 μ m정도 이상) 먼지는 확산으로 여과재에 흡착시킨다. 여과재에 기름을 바른 습식과 바르지 않은 건식이 있다.
화 학	약품 또는 촉매속에서 가스를 통과하고 화학반응으로 제거하는 방법이다. 냄새도 제거할 수 있다.
흡 착	활성탄, 실리카겔 등은 통과하는 가스안의 유해 가스를 물리적으로 흡착한다. 냄새도 제거할 수 있다.
대 전	먼지를 대전시켜서 강한 전계속을 통하여 한쪽의 극에 모으는 방법이며 압력 손실이 낮고 작은 입자의 집진율도 좋다.

감시켜서 사용하지 않으면 안되는 일이 있다. 또한 고습도하에서 문을 열고 점검한 다음 다시 문을 닫은 직후에 기온이 저하하면 이슬이 맺히는(결로) 일이 있으므로 주의해야 한다.

(b) 에어 필터 : 환기 냉각하는 경우에 환기구에는 공기정화용의 에어 필터를 설치한다. 대표적인 공기정화의 원리에는 <표 4>와 같은 것이 있으며 큐비클에는 주로 분진 대책용으로서 충돌확산방식, 가스에 대해서는 화학반응방식 또는 흡착방식을 사용한다.

충돌확산방식의 필터구성은 글라스울이 함성 수지의 네트를 여러장 겹쳐서 제진효과를 내고 있다.

화학반응식의 필터는 활성화 이산화망간 등을 부착시키고 가스가 통과할 때에 접촉산화반응에 의하



<그림 4> 가스 필터를 설치한 큐비클

여 제거하는 것이다. 또한 흡착식은 가스를 활성탄으로 흡착시키는 것이나 상대적으로 값이 비싸다.

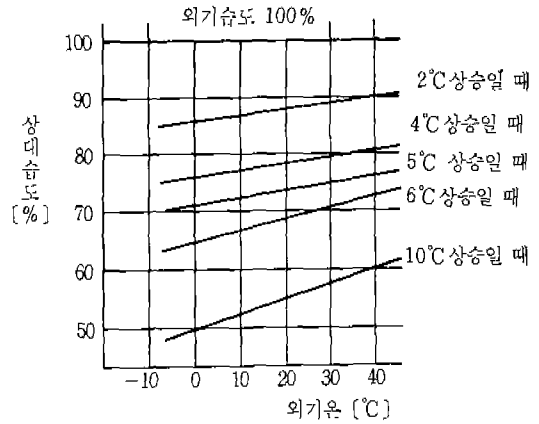
에어 필터는 분진이나 가스를 포집해서 환기효율이 저하하지 않도록 정기적인 보수 또는 교환을 해야 한다. 이 시기는 주위 환경에 따라 결정된다.

재생 방법으로서 분진용은 일반적으로 물로 세척되는 것이 많으나 가스용은 다시 사용할 수 없는 것이 많다. 재생방법은 제조자의 취급설명서 등에 명시되어 있으므로 참조하면 좋다.

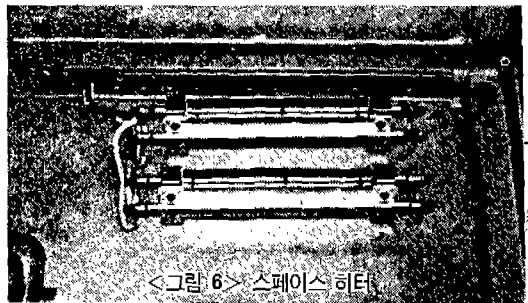
<그림 4>는 가스용의 필터를 설치한 큐비클의 예이며 필터의 바깥 둘레에서 외기가 들어 가지 않도록 밀폐되어 있다.

(c) 스페이스 히터 : 스페이스 히터는 큐비클 안의 결로현상을 간편하게 방지하는 수단으로 옥외 큐비클 및 고습도의 장소에 설치되는 큐비클 안에 설치한다. 이것은 스페이스 히터에 의하여 큐비클 안의 공기 온도를 상승시키고 상대습도를 저하시키는 것이다. <그림 5>에 외기습도를 100%로 한 경우에 큐비클 안의 온도상승에 의한 상대습도 변화를 나타낸다.

스페이스 히터의 용량은 큐비클의 구조에 따라 변

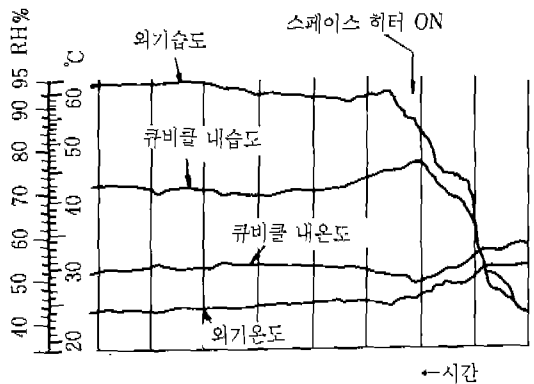


<그림 5> 큐비클내의 온도상승과 상대온도 변화



<그림 6> 스페이스 히터

화하는 데 보통 200~수백W이며 <그림 6>과 같이 큐비클 아래쪽에 설치하는 일이 많다. 이것은 큐비클 내부의 대류작용을 촉진시키고 공기의 온도를 평균화하기 위한 것이며 이 결과로 스페이스 히터에



<그림 7> 스페이스 히터에 의한 큐비클내의 온도개선효과

의한 과열은 거의 염려할 필요가 없다.

또한 스페이스 히터의 제어는 조작원이 기온이나 습도 또는 기후조건 등을 판단하여 수동으로 투입·차단하는 방식이 많았으나 최근에는 센서기술의 발달에 따라 습도와 온도를 검출하여 자동제어를 하고 운전착오 방지나 전력·절약화를 기한 방식도 채용되고 있다. <그림 7>은 자동제어식 스페이스 히터에 의한 큐비클내의 상대습도를 개선한 효과이다.

(d) 표면처리·재료 : 큐비클에 사용하는 주재료에는 구조용의 철강, 전기용의 동, 알루미늄이 있으며 이러한 것을 방식하는 데는 도금 또는 도장을 한다. 아연도금은 철강의 방청방지를 목적으로 하여 방청력이 우수하고 값이 싸며 쉽게 할 수 있는 것을 광범위하게 이용하고 있다. 일반환경에 대해서는 인산염 처리 또는 클로메이트 처리에 의한 보충처리를 해서 대응하는 일이 많다. 또한 나쁜 환경에서는 아연도금한 위에 클리어 도료를 칠하거나 용융 아연도금에 의하여 아연의 부착량을 증가시켜서 적용하는 경우도 있다.

도전용의 재료는 특정한 부식성 가스에 대하여 약한 일이 있다(H_2S , Cl_2 에 대한 동, Cl_2 에 대한 알루미늄 등). 그러나 도전율과 가공성 또는 경제성의 관점에서 동이나 알루미늄을 대신하는 재료가 없기 때문에 부식 환경에 대해서는 에폭시 도장 등과 같

은 표면처리를 하여 적용시킨다.

주도전부의 접촉, 접속부에는 도전율과 내열성의 면에서 온도금을 사용한다. 이 온도금은 H_2S 에 대해서는 특히 약하므로 통전하는 데 영향받지 않는 범위에서 접촉부에 대해서는 그리스(Grease), 접속부에 대해서는 접속 작업후 에폭시 도료를 칠해서 부식성 분위기와 차단하는 방식을 기하고 있다.

이밖에 제어회로 용품 등에 사용되는 황동재에는 NH_3 환경하에서 성형할 때의 잔류응력 또는 사용할 때의 응력에 따라 응력부식균열이 생긴다는 것은 잘 알려진 사실이다. 이의 방지책으로는 잔류응력의 제거나 인청동을 사용하는 방법을 취하고 있다.

결 론

큐비클을 방식하는 데는 설치 환경의 개선과 큐비클 자체의 대책이 있는데 주로 뒤에 말한 것에 대하여 실례를 중심으로 소개하였다. 방식 대책은 우선 큐비클이 설치되는 환경의 파악부터 시작하여 사용자와 제조자의 제휴하에서 그 효과가 발휘된다고 할 수 있다. 이 본문이 조금이라도 큐비클을 계획할 때에 참고가 되고 큐비클의 신뢰성을 향상하는 데 도움이 된다면 다행으로 생각한다.

<다음호에 계속...>

자원이 따로없다 절약이 자원이다