

안전진단용 Thermocromic 소재의 특성

강영구 · 김시석* · 이활중**

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 벤처전문대학원 첨단산업기술

**씨엠에스테크놀로지(주)

I. 서론

경쟁력강화를 위하여 생산 극대화를 위한 공정단축과 원가절감이 절실히 필요로 하며, 화학공정등 각종 산업현장에서 조그마한 부주의가 크나큰 산업재해를 유발 할 수 있다. 변색성은 외부로부터의 자극이 열인 경우를 열 변색성(Thermocromism)이라고 한다. ¹⁻²⁾ Thermocromic dye는 가역 및 비가역 특성에 의해 특정 온도에서 적색, 흑색, 청색 등으로 변색하는 성질을 가지고 있어 생균 수 측정, 생물학체재의 성분 감지, 여과기 과오염 감지 등에 다양한 용도로 활용되고 있다. 본 연구에서는 Autocrave, Steam Line, Motor, Thermal Indicator 등 각종 산업 공정의 설비에서 발생하는 열균 저하, 과부하, 온도이상, 과 수증기압 이송과 같은 화재 및 폭발 위험성, 안전성 결여 등의 단점을 개선하고, 이상 현상을 조기에 발견하고자 Microcapsulation 방법³⁻⁵⁾ 및 Microcapsulation소재 특성변화⁶⁾에 따른 다양한 특성 시험을 수행하였다. 특히 생산 현장에서 많이 사용되는 대상물에 Painting 하여 운전 조건 설정시 안전사고와 직결되는 각종 이상 현상을 변색과정을 통하여 육안으로 용이하게 판정할 수 있는 적용 시험을 수행하였다.

II. 원리

감온염료는 열에 의해서 다양한 색을 구현 할 수 있다. 이와 같은 특성을 가진 염료를 Leuco dye⁷⁻¹⁰⁾ 라고 한다. Thermocromic 은 가역적인 열 감응성 물질로 전자 Acceptor인 색상을 내는 염료와 이의 색상을 내게 하는 전자 Donor인 Sensitizer가 주 물질로 상호 온도에 의해 용해되어 발색한다. 또한 원하는 온도에서 용해하여 발색을 도와주는 산성 현색제를 혼합 하여 변하는 온도범위를 조절 할 수 있다. 이것이 감열지나 라벨지에 주로 쓰이는 형태이고 이 비가역적인 성질을 가역적인 방법으로 바꾸기 위해 Microcasulation화 한다. Fig1,2)와 같이 외부와 차단 이들 물질을 혼합하여 발색을 한 후 온도가 상승하면 용해하여 sensitizer의 전자Donor를 차단 색상을 소색 시키고 다시 온도가 내려가면 응고하여 색상을 내게 한다.¹¹⁾

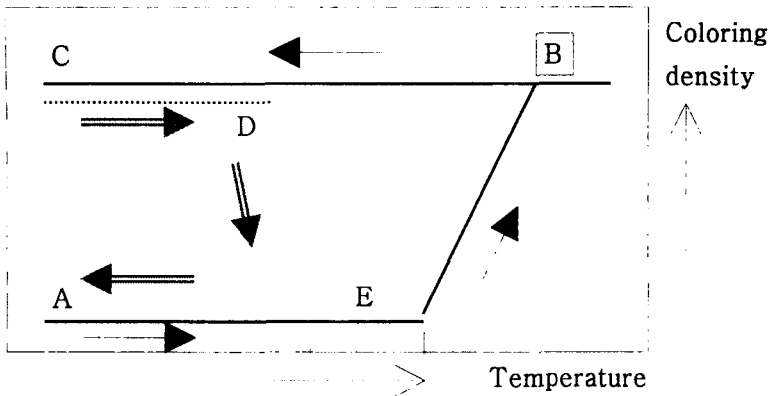


Fig. 1) Coloring / Decoloring process

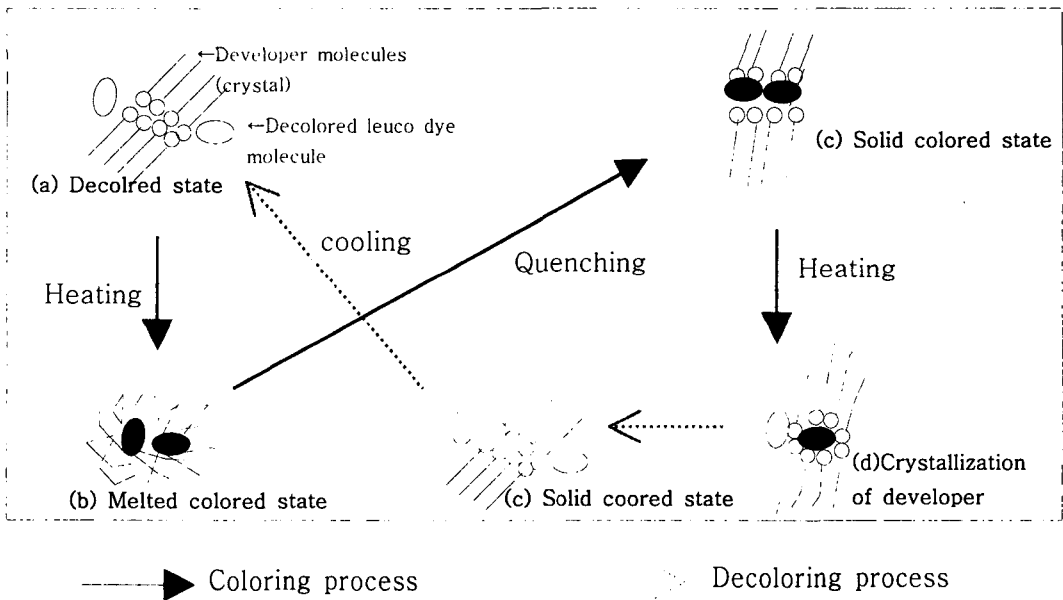


Fig 2)Coloring/Decoloring Mechanism

III. 실험방법

1. Micro-capsulation 화제법

Water 1,000ml에 분산제(SMA-Stylene Maleric acid Anhydride) 40gr을 분산하고 10% NaOH로 pH를 (4.2 ~ 4.6)에 맞추고 온도를 90 °C까지 올린 후 20시간동안 교반하고, 염료(leuco dye, CVL) 10gr, Sensitizer(D-8)20gr, Developer(wax) 20gr을 혼합 가열하여 용해시킨다. 이후 분산제 용액을 Homomixer or Homogenizer에서 2500 RPM 이상 교반하면서 염료 수용액을 2번에 걸쳐 투입하고 Emulsion화 시킨다 .

urea or Melamin(수지 용해) 60g을 물 300gr, 33% formalin수용액 330gr에 온도 65~70℃, 15분간용해 하여 emulsion화 된 용액에 붓고 약 20분간 교반한 후 Stirrer를 교체하고, 서서히 저어주면서 혼합하고 65~70℃로 온도를 고정하여 4시간 이상 숙성 하면 Thermochromic dye 용액이 된다. 이용액을 Spray Dryer에 입구 온도 150℃ 출구온도120℃, 투입량 25ml/min으로 건조하여 Thermochromic Pigments(powder)를 얻었다.

2.Coating

수성Binder(PVA, EVA, PVAC), 유성 Binder(Alkyl Varnish Resin)를 혼합하여수성과 유성으로 둘로 나누어서 사용이 가능하고 소재에 맞는 Binder를 혼합하여 원하는 곳에 바로coating하여 사용을 한다. 또한 미리 스티커의 형태로 만들어서 필요한 부분이 나타나면 붙여서 임시적인 상태로 사용한다.

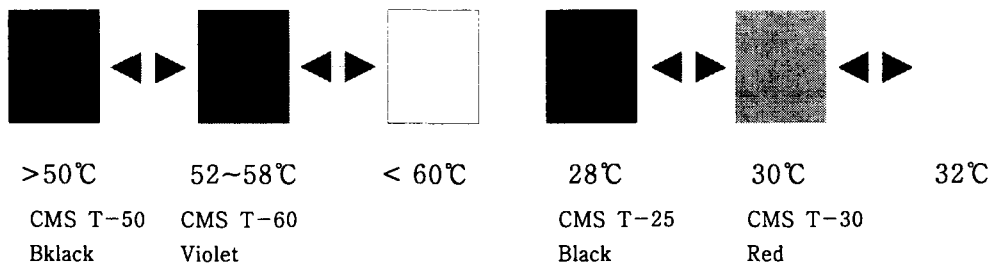
3.플라스틱가공

powder를 PET, PS등의 플라스틱물질과 혼합하여 Masterbatch를 만든 후에 파이프, 필름, 사출물 등을 만들어서 필요로 한곳에 설치하여 사용한다. 이는 여러 열매체가 있을 때 사용을 하면 과열되는 부분이 어느 위치에서부터 나오는지 변색된 색상, 농도 및 색깔을 가지고 위치의 추적도 가능하다

IV. 적용시험

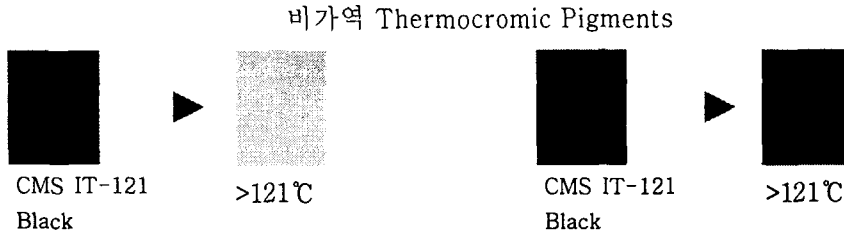
1.온도감지

정해진 온도범위를 벗어나 과열, 냉각시에 온도계를 직접 측정 할 수없는 곳에 실험했다. Thermocromic이 소색되는 것을 이용하는데 서로 보색이 되는 색을 혼합하여 쉽게 활용할 수 있다. 50~60℃ 사이를 유지, 30℃를 유지 하였을때 를 나타낸다. 각기 소색되는 온도의 편차를 두어 사용을 하면 원하는 온도대를 눈으로 쉽게 발견 할 수 있다.



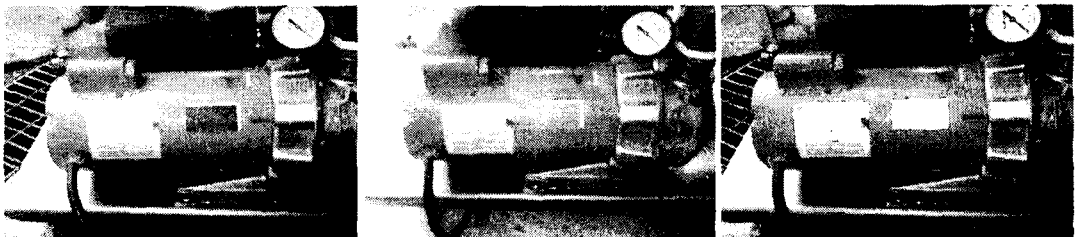
2. 과열 방지

Autoclave, Steam Line 등에 갑자기 높은 온도로 승온이 될 때, 비가역 Thermocromic Pigment를 coating 하여 실험 하였다. 온도범위 이상 상승 되었을 때 위험 신호인 오렌지와 적색으로 바뀌었다.



V. 결과 및 고찰

과열이나 특정온도를 유지하기 위하여 각 부품에 온도 감지Sensor나 온도계를 표면에 근접시켜 검사를 하여 왔으나 작업의 위험성이나 sensor의 고장 등으로 인하여 감지를 못하는 경우가 종종 발생을 한다. 이는 순간의 실수를 유발하고 감지 할 때의 위험성을 감수해야 한다. 이런 사항을 Thermocromic Pigment로 교체 하여 coating, 사출, 스티커 등으로 사용을 하면 쉽게 색상의 변화에 의하여 작업자가 구별을 할 수 있고 sensor를 근접시킬 수 없는 작업 위치, 장소에 미리 사용하여 먼 곳에서도 위험요소를 바로 쉽게 발견 할 수 있다. 또한 임기응변적으로 스티커 형태로 여러 곳에 붙여 놓고 사용을 할수 있어 안전한 작업환경과 반영구적인 온도 지시계로 사용할 수 있다. 실지로 120°C 이상의 뜨거운 Autoclave, Steam Line에 부착 사용을 하였을 때 안전하게 과열이 되는 상황을 볼 수 있었다. 대부분이 과열 되는 부분에 적용하는 온도에 맞추는 지정 온도에서 사용하는 Fig.3의 예 처럼 기계, 파이프라인, 멸균기기, 모터, 전열기등 열을 이용하는 기계장치등에 Thermocromic Pigment를 coating 또는 사출 부착하여 외부에서 적정온도를 쉽게 확인한다.



50°C 이하 (흑색)

52 ~58°C (보라색)

60°C 이상(노란색)

Fig 3) Motor에 가역 Thermocromic pigment Sticker 부착 실험

참고문헌

- 1)日本 特許 公開 平4-40230
- 2)日本 特許 公開 昭 63-189467
- 3)日本 特許 公開 平 4-290538
- 4)田口佳成, 田中?人. 分散重合による着色マイクロフェアの調製
- 5)대한민국 특허 2003-0048122
- 6)今井建雄. W/O emulsion을 사용하는 顔料의 형상억제. 色材, 71 [4] 232-238(1998)
- 7)김성훈, 임용진 편저. 기능성 색소, 경북대학교 출판부 p 85 ~91
- 8)時田燈男 Oranic Colorants for Electronics. CMC p 14
- 9)松岡賢 著. 色素の化學と應用 日本化學會 p 142
Hitoshi Hattori, Kyohji Tねtsui. Development of Rewriteable Paper and Print System 色材, 71[3], 194-203(1998)