

벽지반점 발생원인 규명을 위한 현장조사 및 분석 연구
연구결과 보고

2015. 10. 26

AIK (사)대한건축학회
KFBMA (사)한국내화건축자재협회

연구기관

연구진

(사)대한건축학회

회장 김광우 / 서울대학교 건축대학 교수, 건축학박사

책임연구원

유택동 / (사)대한건축학회 건축재료시공연구센터 센터장
/ 건국대학교 건축대학 교수, 공학박사

공동연구원

황인동 / 피엠에이 대표, 무기재료, 공학박사
유동우 / 대진대학교 건축대학 교수, 공학박사

자문위원

김광우 / (사)대한건축학회 회장, 서울대학교 건축대학 교수, 건축학박사
서치호 / 건국대학교 건축대학 교수, 공학박사
홍순조 / 우석대학교 건축대학 교수, 공학박사

AIK
KFBMA

1

연구배경 및 발생현황

2

반점 발생 현장 조사

KCC & USGBORAL 현장 및 미시공 벽지

3

반점발생 사례조사

일본

4

협잡물 분석

용해 및 이염 시험

5

FT-IR 성분분석 결과
사용재료 성분분석

6

SEM-EDX분석결과
원소조성분석결과

7

TGA(열분해거동)분석
도배본드 및 도배풀

8

조사연구 결과종합
결론 및 제안

1

연구배경 및 발생현황

배경 및 현황

AIK
KFBMA

반점현상 최초발생
KCC 현장 2012. 4 경
BORAL현장 2013. 5 경

반점발생 시기
도배지 시공 후 1 ~ 수개월 후

반점상태
모양 : 둥근 형상
색상 : 빨강, 파랑, 노랑 반점



도배지 반점발생



KCC중앙연구소



고양삼송아파트

배경 및 현황

환경변화

AIK
KFBMA

반점발생 시기의 환경 변화

2011년 12월 1일

지식경제부 산하 기술표준원은 '품질경영 및 공산품안전관리법' 제19조(자율안전 확인대상공산품의 신고 등) 제2항 및 같은 법 시행규칙 제2조 제2항의 규정에 의거, PVC벽지에 들어가는 다이에틸헥실프탈레이트(DEHP), 다이부틸프탈레이트(DBP), 부틸벤질프탈레이트(BBP) 등 프탈레이트계 가소제 3종의 총 함유량을 0.1 %이하로 제한하는 **자율안전확인대상공산품 안전기준 개정 고시**

자재 생산 변화

석고보드 : 변화 없음

벽지 : **변화 있음**

프탈레이트계 가소제 규제에 따라 가소제 교체

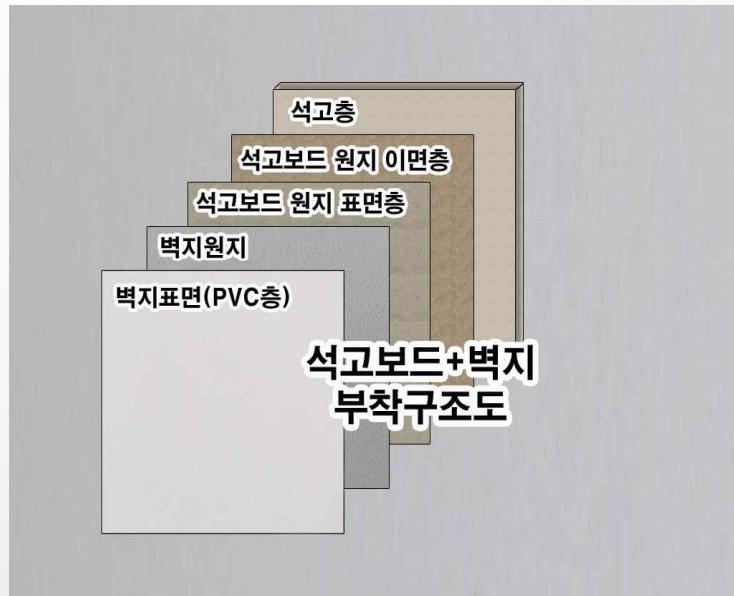
- 규제 이전 사용 가소제 : DOP(DEHP)
- 규제 이후 사용 가소제 : DINP, DOTP, GL300(2007년 출시)
- 최근 벽지 사용 가소제 : DINP, DOTP, GL500(2014년 출시)
- 최근 PVC 가소제 추세 : Non-Phthalate 가소제(친환경)

2

반점 발생 현장조사
KCC & USGBORAL 현장 및 미시공벽지

시공Detail

석고보드 + 벽지 구조



AIK
KFBMA

조사대상 및 일정

조사 대상 현장 및 조사 일정

구분	조사일자	현장명	현장주소
1	2015.02.10	KCC 중앙연구소	경기도 용인시 기흥구 마북동 83
2	2015.02.23	SK건설 수원광교 A10블럭	경기도 수원시 이의동 센트럴타운22번길 36 센트럴타운60단지
3	2015.02.26	세종시 M6 호반베르디움	세종특별자치시 도담동 187
4	2015. 03. 11	대명건설 인천서창 LH아파트	인천 서창2지구 휴먼시아 8단지
5	2015.05.12	삼성건설 탕정 트라팰리스	충청남도 아산시 탕정면 80
6	2015.05.28	이화공영 고양삼송 A18BL	경기도 고양시 덕양구 삼송동 332

시료채취

유색반점 시료채취



AIK
KFBMA

KCC 현장

가. KCC 현장 반점 발생부 시료 채취 1



KCC_704_RW_PINK



KCC 중앙연구소 직원 숙소

협잡물 핵이 작은 경우
벽지표면에 있는 반점의
속지와 석고보드원지 표면에는
이염 발생 후 증발하여
반점이 사라진 것으로 판단됨

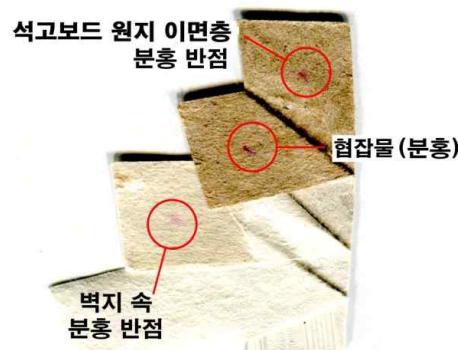
**AIK
KFBMA**

KCC 현장

가. KCC 현장 반점 발생부 시료 채취 2



KCC_704_WD_PINK

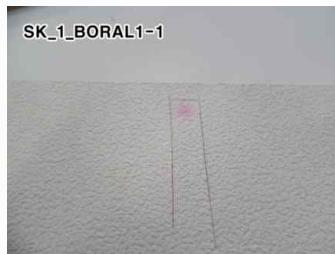


협잡물 핵이 큰 경우
벽지표면과 벽지속,
석고보드원지 표면과 속 모두
이염 발생으로 인한
반점이 존재하고 있음

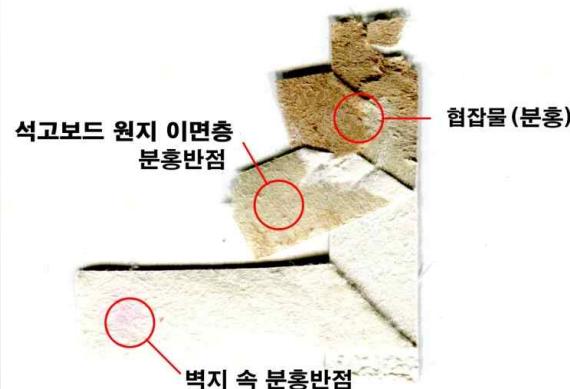
USGBORAL 현장

AIK
KFBMA

나. USGBORAL 현장 반점 발생부 시료 채취 1



BOR_SK_01_PINK



SK 건설 현장



USGBORAL 현장

AIK
KFBMA

나. USGBORAL 현장 반점 발생부 시료 채취 2



BOR_SK_02_PINK

SK 건설 현장



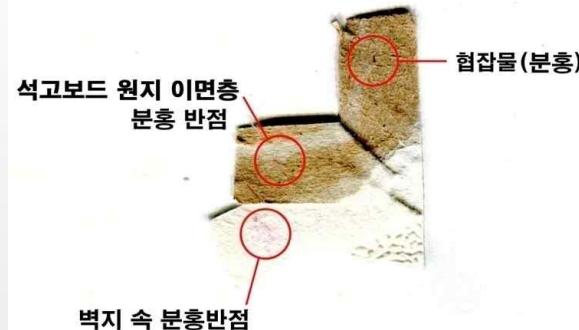
USGBORAL 현장

AIK
KFBMA

나. USGBORAL 현장 반점 발생부 시료 채취 3



BOR_SJ_M6_01_PINK



세종시 M6 호반베르디움 현장

KCC, USGBORAL 현장

AIK
KFBMA

다. KCC, USGBORAL 현장 미시공 벽지



사용하지 않은 보관 벽지 표면에 반점 발생(미 시공 벽지)

KCC, USGBORAL 현장

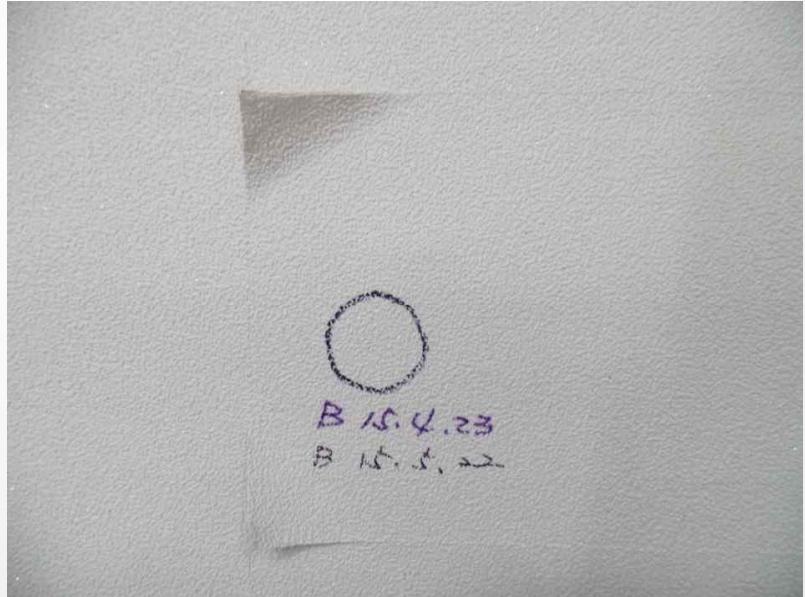
AIK
KFBMA

다. KCC, USGBORAL 현장 미시공 벽지



벽지 표면 반점 발생 부 배면에 반점 발생 없음
벽지 내부에 혼입된 협잡물에 의한 반응으로 반점 발생 추정

라. 석고보드 이음부 테이핑 부위



석고보드 이음부(네바리) 벽지표면 반점발생



석고보드 이음부(네바리) 벽지 배면

AIK
KFBMA

반점 발생 부위가 석고보드 이음부의 테이핑(네바리) 처리한 부위의
벽지 표면에 반점 발생(테이핑 처리에 의해 석고보드와 벽지는 직접
닿아 있지 않음)

3

반점발생 사례조사
일본

사례조사

일본현황

AIK
KFBMA

반점현상 최초발생
2000년 ~ 2005년경
2005년경 문제화 및 대책수립

반점발생 시기

제조 후 1 ~ 수개월 후
(국내와 동일)

반점상태

모양 : 둥근 형상
색상 : 빨강, 파랑, 노랑 반점
(국내와 동일)



백판지 반점발생



종이상자용 백판지 반점발생

배경 및 현황

일본현황

AIK
KFBMA

2005년 7월 긴급뉴스 취급

날염지에 의한 문제발생

승화 (고체가 액체가 되지 않고 증발 해 버리는 현상)형의 분산 안료를 함유 한 잉크로 인쇄 된 직물 인쇄 용지(승화 전사지)가 폐지에 훈입되면 다음과 같은 원인에서 반점이 발생된다.

원인과 문제점

승화성 잉크의 성상이 색상에 따라 크게 다르기 때문에 잉크를 세척 표백해도 염료를 제거 할 수 없다.
판지(보통 7~8층)의 중간층의 원료로 이용했다해도 인쇄시 승화성 염료가 용제에 반응하거나 또는 경시변화(1 ~ 수개월 후)로 표면에 채색 반점이 떠오른다.

2005年 7月緊急ニュース | 上ップ | 摺染紙 | 感熱性発泡紙、臭いのついた紙 | 不純物とトラブルの内容
捺染紙（昇華転写紙）

捺染紙によるトラブル発生

昇華（固体が液体にならずに気化してしまう現象）型の分散顔料を含有したインクで印刷された捺染紙（昇華転写紙）が古紙に混入すると、つぎのような原因から製品に灰色の斑点となって現れます。

原因と問題点

- ・昇華性インクの性状が、色によって大きく異なるため、インクを洗浄・漂白しても染料を取り除くことができない。
- ・板紙（通常7~8層抄き）の中間層の原料に用いたとしても、印刷時に昇華性の染料が溶剤に反応したり、又は、経時変化（1~数ヶ月後）で表面に色付斑点が浮き出でてくる。



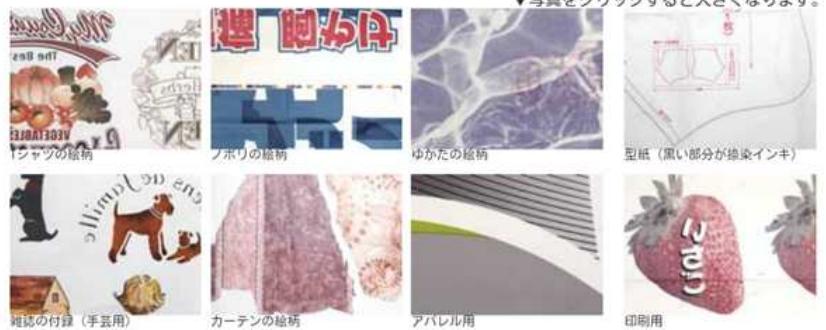
図-1 摺染紙（昇華転写紙）による斑点発生
紙箱用白板紙に出た欠点です。欠点が出ると良薬処分せざるを得ません。
▲クリックすると大きくなります。

原因となる捺染紙（昇華転写紙）の発生場所とそのサンプル例

発生場所としては、一般的には昇華転写紙を使用してアパレル・のぼり等に捺染（転写）する工場・事業所や昇華転写紙を製作する印刷関連事業所・工場、昇華転写紙を雑誌に使用して製本・出版する工場・事業所等やその周辺をあげることができます。家庭からは、雑誌の付録に付いているアイロンプリント、裁縫用の型紙があります。

捺染紙の主な用途別サンプルは次のようなものがあり、その見分けは、字や絵が逆になっているのが特徴です。また、アセトンの溶剤を塗ると色付斑点が浮き出ます。

▼写真をクリックすると大きくなります。



2005年 7月緊急ニュース | 上ップ | 摺染紙 | 感熱性発泡紙、臭いのついた紙 | 不純物とトラブルの内容

배경 및 현황

일본현황

AIK
KFBMA

古紙ジャーナル パックナンバー

【禁忌品】雑誌 古紙の林コロナ等に苦慮

昨年度42件の製 古紙ジャーナル

カテゴリー：古紙ジャーナル パックナンバー

2013年9月7日 1047号

自治体による難がみ回収の拡がりが、回収の掘り起しに繋がった一方で、多種多様の紙が集まるようになった。そのため、古紙に禁忌品が混入する可能性も高まり、生産工程で深刻な製品トラブルを引き起こすケースが後を絶たない。古紙再生促進センターによると、関東地区から発生する古紙を使う製紙メーカー12社において、平成23年度に53件、昨年度に42件の製品トラブルが報告された。問題となる禁忌品の特性と、製品トラブルの傾向から、混入防止の有効な手立てを探ってみた。

年度	感熱性発泡紙	昇華転写紙	裏印しつき紙	その他異物	合計
2009年度(平成21年度)	-	-	-	-	23
2010年度(平成22年度)	6	15	0	6	27
2011年度(平成23年度)	32	11	8	2	53
2012年度(平成24年度)	22	12	4	4	42

メーカー12社が情報共有に協力

公益財団法人古紙再生促進センターは2009年度（平成21年度）から「古紙品質情報ネットワーク」事業で、重大な製品トラブルの事例を会員企業の間で共有してきた。主に関東地区から発生する古紙を使う製紙メーカー12社（昨年度まで13社、組織変更のため1社減）が協力。工場で製品トラブルが発生した場合、同センターが報告を受け、すぐさま各メーカーに通知報告している。同じ発生源の古紙から被写しが広大することを抑止するためだ。古紙問屋には、月1回の関東地区委員会の会合で報告している。

報告を受けるのは、古紙に混入した禁忌品が原因となって生産工程で製品ロスが生じたり、マシンが停止するような重大な損害が生じたケース。09年度は23件、10年度は27件、11年度は53件、12年度は42件が報告された。過去2年間の報告件数の増加が目立ち、禁忌品問題は後を絶たない状況にある。

반점발생

금기품	승화전사지
2009년도	-
2010년도	15건
2011년도	11건
2012년도	12건

主な原因の三大禁忌品

生産工程や製品に深刻なダメージを与えた原因是、古紙に混入した禁忌品の中で①感熱性発泡紙、②昇華転写紙、③奥いのついた紙、④その他異物の四種が代表的である。昨年度のトラブル報告では、①感熱性発泡紙が22件、②昇華転写紙が12件、③奥いのついた紙が4件、④その他異物が4件だった。また12年度の原因をみると、53件のうち①感熱性発泡紙が32件と際立っている。ここでは、特にトラブルの件数の多い①～③を三大禁忌品と位置づけ、その特性と問題点を整理したい。

①感熱性発泡紙は、熱膨張性マイクロカプセルを表面に塗布した紙のことである。点字印刷物に使用されることが多く、もともこペンやバースデーカードにも使用される。これが古紙に混入すると、パッケージ内でカプセルが紙料中に分散し、スクリーンなどで除去できずに、紙に焼き込まれる。これがドライヤーパートで加熱されて、発泡スチロール状の樹脂に膨張し、紙面に凹凸を発生させる。

②昇華転写紙は、捺染紙やアイロンプリント紙とも呼ばれる。昇華性インクを使用した紙である。絵柄やデザインを布地等に転写した後の使用済み昇華転写紙にインク成分が残り、これが古紙に混入して問題となる。最近では輸入品のカバンや靴の詰物として使用済み昇華転写紙が二次利用されるケースが増えている。古紙に混じて焼き込まれると、端縁に昇華性インクが付着し、技術的に生産工程で除去することが不可能。白板紙の表面に昇華性インクがじみ出で、赤、青、黄色の斑点が現れる。いわゆる「アジサイ現象」を発生させる。時間の経過した後に発色することがあり、カビとも間違われやすい。

③奥いのついた紙とは、梱包や包装の過程などで、柔軟剤、洗剤、石鹼、化粧品、線香などの強い奥いが付着した紙である。雑誌の付録として香水や柔軟剤の試供品が付いて、古紙に混入するケースもある。古紙処理工程で完全に脱臭することができず、製品となった紙にも異臭が残るため、商品に奥いが移るなどのトラブルが生じる。

승화전사지

날염지나 다리미프린트지라고도 불리며 승화성 잉크 사용

사용이 끝난 승화전사지 잔류 잉크성분이 폐지에 혼입 문제 발생

최근 수입품 가방이나 구두 충전물로 사용 증가

폐지에 혼입되면 승화성 잉크가 부착하여 생산 기술로 제거 불가능

백판지 표면에 승화성 잉크가 배어 나와 빨강, 파랑, 황색 반점 발생

시간이 경과한 후에 발색하므로 곰팡이로 오인

배경 및 현황

일본현황

AIK
KFBMA

しおかてんしゃり
使用済み昇華転写紙についてのお願い

昇華性インクで印刷された使用済み転写紙が、カバンや靴などの詰物(緩衝材)として使用されています。こうした転写紙は、製紙原料には使用できませんので、古紙に混入しないようにご協力をお願いします。



使用済み昇華転写紙が古紙(製紙原料)に混入すると製品(白板紙などの再生紙)に大きなトラブルが発生し、お客様や関係者に大変なご迷惑をかけすることになります。昇華転写紙は、焼却処理するようお願いします。

問合せ先
公益財團法人古紙再生促進センター
〒104-0042 東京都中央区入船3丁目10番9号
tel:03-3537-6822 <http://www.prpc.or.jp/>



混入によるトラブル

昇華転写紙が古紙に混入すると、写真のような欠点(あじさい斑点)となって現れます。A4サイズ1枚の昇華転写紙が混入すると約100トンの換紙が発生します。これまで製紙工場で、大量の白板紙が換紙として処理されています。

昇華性インクは常温でも転写します。詰物(緩衝材)として使用されると、時間の経過とともに商品(カバンや靴など)に転写することがあります。



紙箱用白板紙に現れた欠点

승화전사지 폐지 혼입 차단

승화성 잉크로 인쇄된 사용이 끝난 전사지가 가방이나 구두 등의 충전물(완충재)로 사용

전사는 제지 원료에는 사용할 수 없기 때문에 폐지에 혼입 차단

승화전사지를 폐지(제지원료)에 혼입하면 백판지 등의 재생용지에 유색 반점 발생

승화성 잉크를 사용한 승화전사는 반드시 소각 처리

승화전사지 혼입에 의한 반점발생 문제

승화전사지를 폐지에 혼입하면 유색 반점 발생

승화전사지 1장(A4 사이즈)이 혼입되면 반점발생으로 약 100톤의 파지 발생

지금까지 제지공장에서 대량의 백판지가 파지로 처리

승화성 잉크는 상온에서도 전사(転写)됨

충전물(완충재)로서 사용되면 시간의 경과와 함께 상품(가방이나 구두 등)에 전사

배경 및 현황

일본현황

AIK
KFBMA



財団法人 古紙再生促進センター

昇華転写紙(捺染紙・アイロンプリント紙)の排出方法についてのお願い

昇華性インクで印刷された転写紙は、製紙原料には使用できませんので、古紙に混入しないようにしてください。

お詫びの趣旨

昇華性インクで印刷された昇華転写紙が古紙(製紙原料)に混入すると白板紙などの製品に大きなトラブルが発生し、お客様や関係者に大変なご迷惑をおかけすることになります。昇華転写紙を取扱われます皆様が、古紙を分別排出される際、絶対に混ぜないようお願いいたします。

製品トラブル(欠点)の例

昇華転写紙が混入すると、つぎのような原因から、以下のような欠点となって現れ、トラブルを引き起します。

①昇華性インクは、洗浄・漂白など現在の古紙処理技術では完全に除去することができません。

②白板紙の中層用の墨料を使用すると、常温で徐々に昇華するため数ヵ月後に表面に現われてきます。

参考

昇華転写紙(捺染紙・アイロンプリント紙)とは

昇華(固体が液体にならず変化してしまう現象)型の分散染料を含有したインクで印刷された紙で、主にポリエチレン繊維に絵柄や文字を転写する際に利用されています。アイロンでプリントであることから雑誌の付録や手芸用の商品として販売されており、一般家庭でも使用されています。昇華転写紙の特徴は、文字が裏文字で、排出時にはロール状になっているものが多いことです。

印刷 インクジェットプリンタで昇華転写紙に印刷された状態です。
転写 升華転写紙から熱によって昇華を転写します。

廃棄 使う済みの昇華転写紙とアンダーベーパーは一束状で資源処理されます。

昇華転写紙の処理 升華転写紙は、製紙原料にはなりませんので、焼却処理(RPFなどのサーマル利用を含む)するよう処理方法をご確認ください。

財団法人 古紙再生促進センター TEL:03-3637-6822 FAX:03-3637-6823 ホームページ <http://www.ppc.or.jp>

승화전사지(날염지 / 다리미프린트지) 배출방법

승화성 잉크로 인쇄된 전사지는 제지원료에는 사용할 수 없기 때문에 폐지에 혼입 금지

승화전사지 혼입 문제 발생

승화성 잉크는 세정, 표백 등 현재의 폐지처리 기술로는 완전 제거가 불가능

백판지의 중층용 원료에 사용하면 상온에서 서서히 승화하여 수개월 후 표면에 반점 발생

승화전사지 처리

승화전사지는 제지원료로 부적합하므로 소각처리(RPF 등 열이용을 포함한다)

4

협잡물 분석
용해 및 이염 시험

협잡물 용해

잉크 추정 물질 용해 시험(석고보드 원지)



협잡물 용해 시험(아세톤 용액 사용)



협잡물 용해 시험

AIK
KFBMA

석고보드 원지 협잡물

현장에서 채취한 시료의 협잡물이 아세톤 용액 분무 후 즉시 용해되고 확산 용출됨

협잡물 용해

잉크 추정 물질 용해 시험(도배지 시료)



도배지 반점 용해 시험(아세톤 용액 사용)



아세톤 분무 후 10분 경과



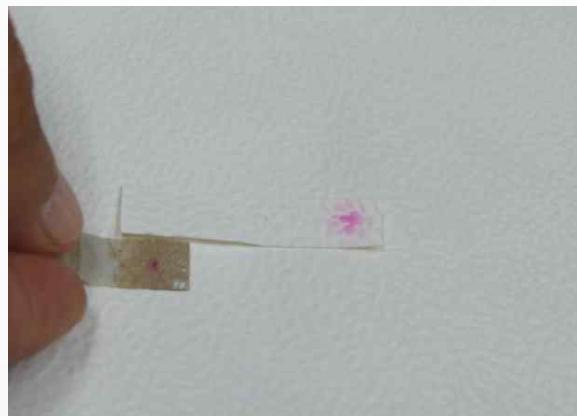
아세톤 분무 후 20분 경과

도배지 반점

도배지에 발생한 반점 위에 아세톤 용액을 분무하고 난 후 약 10분이 경과하여 반점이 열어지고 용액 분무 후 약 20분이 경과한 후 반점이 사라짐.

협잡물 이염

잉크 추정 물질 이염(석고보드 원지)



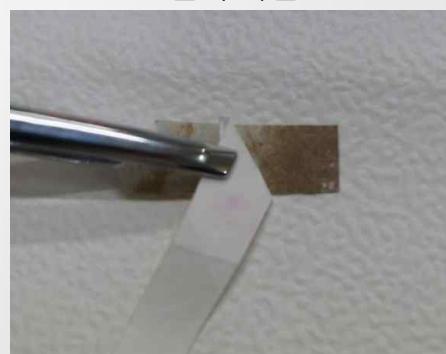
석고보드원지 협잡물 반점 이염 현상 시험



아세톤 용액 분무



붉은 반점 이염



분리 확인



건조

석고보드 원지 협잡물

원지와 도배지에 존재하는 협잡물과 반점 샘플을 분리하여 접착 후 용제를 분무한 결과 원지 협잡물 위치의 도배지 표면에 반점 이염 현상이 나타나고 원지에 존재했던 협잡물은 벽지 측으로 이염되고 사라짐

협잡물 이염

잉크 추정 물질 이염(도배지 시료)



도배지 협잡물 이염 현상 시험

도배지 반점

도배지에 발생된 반점의 이염 현상을 확인하고자 용제를 분무 후
상부에 도배지를 부착한 결과 기존의 반점이 상부 벽지로 이염되어
반점으로 나타나고 하부 석고보드원지에는 이염되지 않음



협잡물 이염

일본 및 국내 벽지 시험

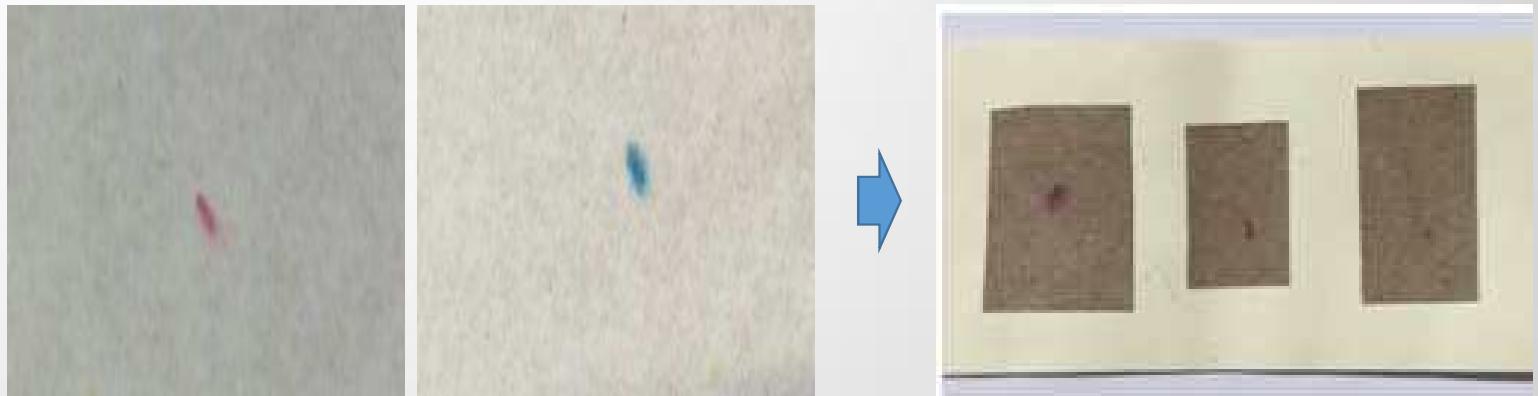
벽지별 가소제 함량 분석 및 이염시험(시험 분석 2015. 09.11~09. 25)

구 분	일본 벽지					국내 벽지				
	SP2344	SP2305	SP2319	RH 7081	WVP7510	A사	B사	C사	D사	D사 개선 후
DOP	16.8	10.9	11.5	9.5	15.2	tr.	tr.	tr.	-	-
DINP	0.07	0.03	<0.01	0.64	0.28	1.52	1.35	1.29	3.14	-
DOTP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.02

※ DOP : Diocyl-Phthalate

DINP : Diisononyl Phthalate

DOTP : Diocyl Terephthalate



석고보드 원지 속의 승화염료가 분무된 아세톤 용제에 의해 용해되어 원지 표면에 유색 반점 발현

반점 발현 석고보드 원지에 벽지 부착 후 수분 공급으로 벽지 표면의 반점 발현여부 확인

협잡물 이염

AIK
KFBMA

일본 및 국내 벽지 시험

벽지별 가소제 함량 분석 및 이염시험(시험 분석 2015. 09.11~09. 25)

구 분	일본 벽지			국내 벽지	
	SP2344 (DOP)	RH 7081 (DOP)	WVP7510 (DOP)	D사 (개선 전 DINP)	D사 (개선 후 DOTP)
벽지 표면					
벽지 표면 (반점 발현)					
현상고찰	유색반점 발현 안됨(7일차) 용해 염료 이염 없음			유색반점 발현(3일차)	유색반점 발현(7일차) (발현강도 약함)

협잡물 혼입

AIK
KFBMA

협잡물 존재 유무 시험
KCC 석고보드 원지



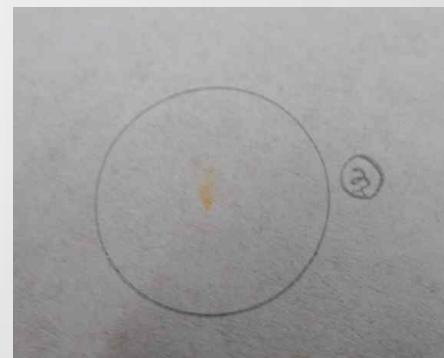
KCC 석고보드 원지

KCC 석고보드 원지

석고보드 원지에 협잡물 존재 유무를 확인하기 위해 용제를 분무 후 약 20분이 경과하여 용제의 증발과 함께 표면에 반점이 발생(빨강, 파랑, 노랑)하여 협잡물이 존재함을 확인.



용제 분무 후 20분 경과 반점 발생



협잡물 혼입

AIK
KFBMA

협잡물 존재 유무 시험
USGBORAL 석고보드 원지



USGBORAL 석고보드 원지



용제 분무 후 20분 경과 후 발생



USGBORAL 석고보드 원지

석고보드 원지에 협잡물 존재 유무를 확인하기 위해 용제를 분무 후 약 20분이 경과하여 용제의 증발과 함께 표면에 반점이 발생(빨강, 파랑, 노랑)하여 협잡물이 존재함을 확인.



협잡물 혼입

AIK
KFBMA

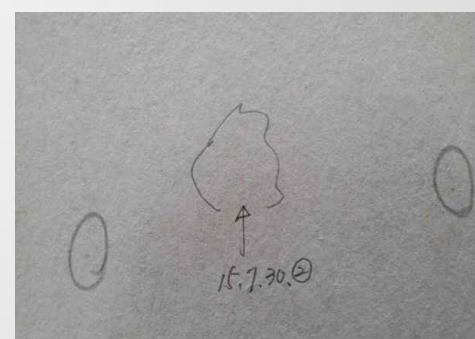
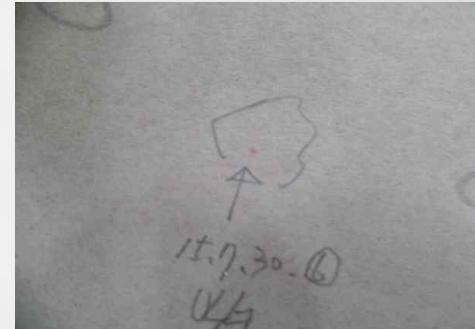
석고보드 원지 경시변화(승화)

2015년 7월 생산
석고보드 원지



약 10개월 차이

2014년 8월 및 10월 생산
석고보드 표면



석고보드 원지 협잡물 경시변화

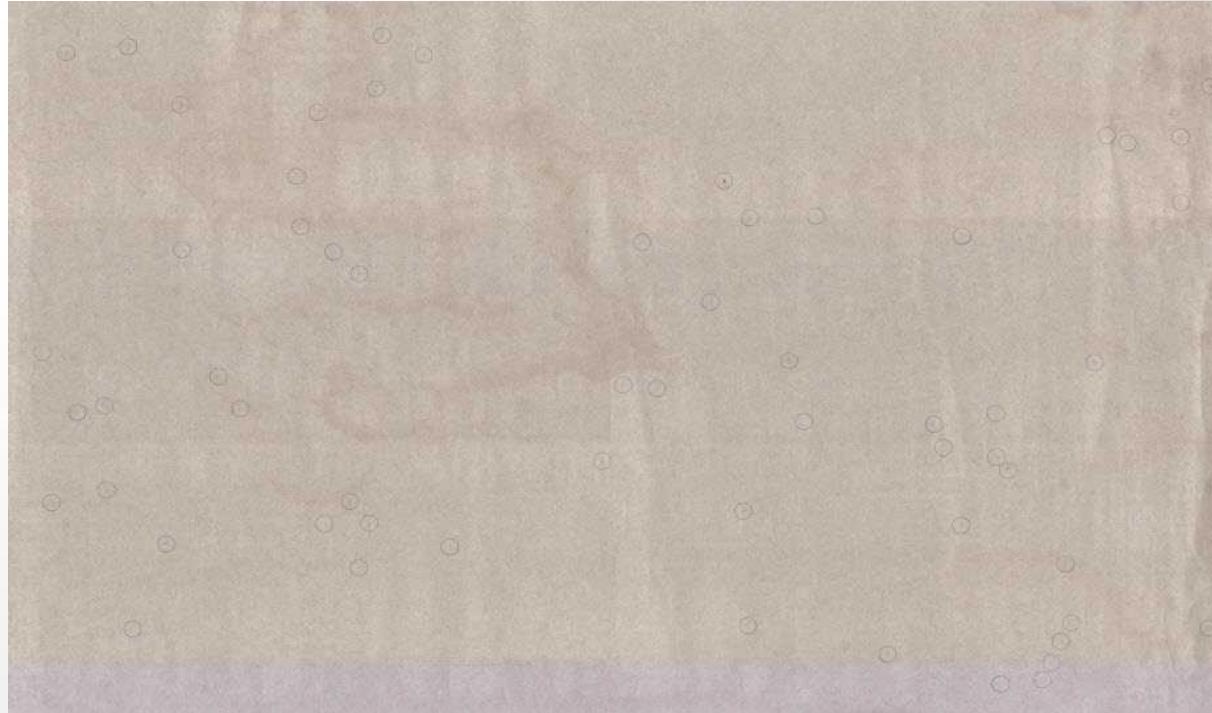
석고보드 원지에 존재하는 협잡물이 시간이 경과하며 상온에서 승화하여 협잡물의 크기와 색상이 확연히 열어지는 것을 확인

석고보드 생산 후 경시변화에 따라 유색반점 발생 이력 없음(염착 없이 승화)

협잡물 혼입

AIK
KFBMA

협잡물 존재 유무 시험
USGBORAL 석고보드 원지(600x900)



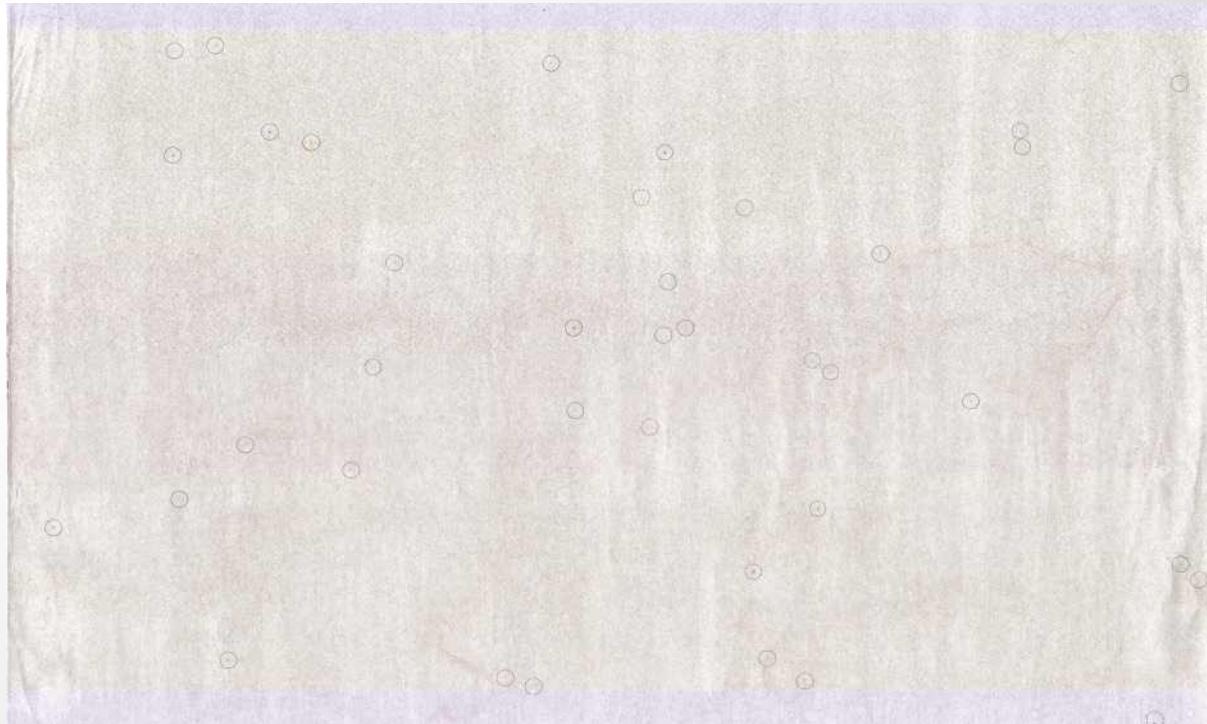
USGBORAL 석고보드 원지

석고보드 원지에 협잡물 존재 유무를 확인하기 위해 용제를 분무 후 약 20분이 경과하여 용제의 증발과 함께 표면에 반점이 발생(빨강, 파랑, 노랑)하여 협잡물이 존재함을 확인.

협잡물 혼입

AIK
KFBMA

협잡물 존재 유무 시험
KCC 석고보드 원지(600x900)



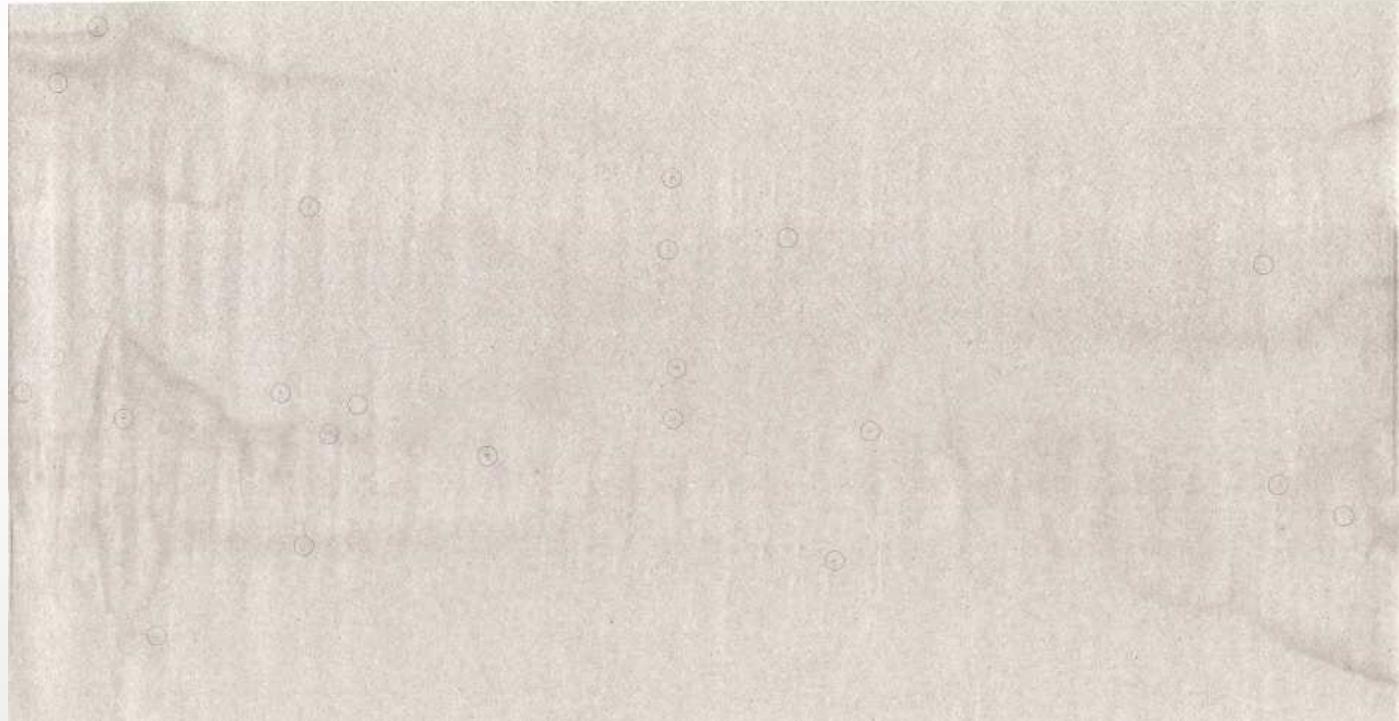
KCC 석고보드 원지

석고보드 원지에 협잡물 존재 유무를 확인하기 위해 용제를 분무 후 약 20분이 경과하여 용제의 증발과 함께 표면에 반점이 발생(빨강, 파랑, 노랑)하여 협잡물이 존재함을 확인.

협잡물 혼입

AIK
KFBMA

협잡물 존재 유무 시험
일본 CHYODA 석고보드 원지(500x900)



CHYODA 석고보드 원지

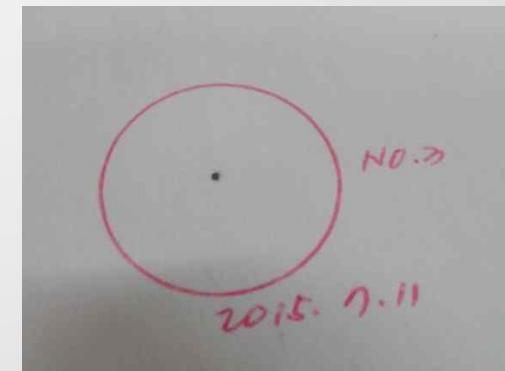
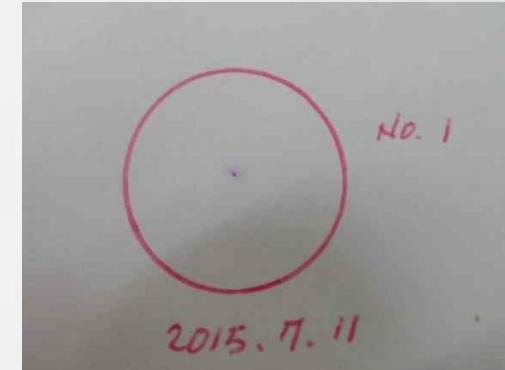
석고보드 원지에 협잡물 존재 유무를 확인하기 위해 용제를 분무 후 약 20분이 경과하여 용제의 증발과 함께 표면에 반점이 발생(빨강, 파랑, 노랑)하여 협잡물이 존재함을 확인.

협잡물 혼입

협잡물 존재 유무 시험(실크 도배지)



지물포에서 구입한 실크 도배지 대상 시험



실크 도배지

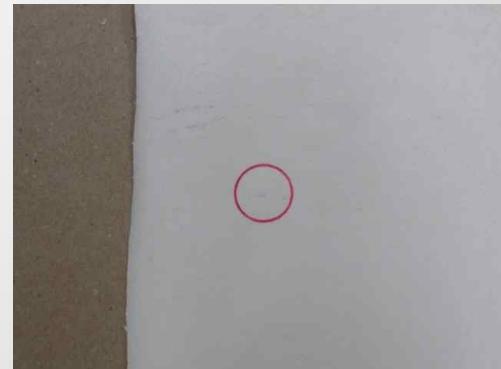
지물포에서 구입한 실크 도배지에 협잡물의 존재 유무를 확인하고자 실시한 시험에서 용제를 분무 후 약 20분이 경과하여 반점이 발생함

협잡물 혼입

○ ○ 아파트 주방 벽체 도배지



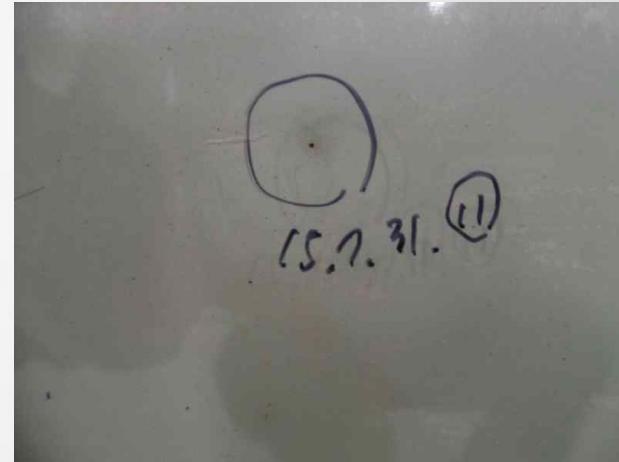
도배지 배면 아세톤 용제 분무



주방 벽체에서 채취한 도배지 배면에 아세톤 용제 분무
후 20여분 경과하여 유색반점이 발생되지 않은 부분에
승화잉크 용해 유색 발현

협잡물 혼입

유리바탕 도배지



유리 바탕에 도배지 부착

유리 바탕에 지물포에서 구입한 도배지를 시공한 경시변화용 시험체의
도배지 표면에 아세톤 용제 분무 후 20여분 경과하여 승화염료 용출 유색 발현

AIK
KFBMA

협잡물 추정

AIK
KFBMA

도배지와 석고보드 원지 속 협잡물 추정



도배지와 석고보드 원지에 존재하는 협잡물은 승화성
잉크로서 고지 원료인 폐지에 혼합된 **승화전사지 표면에
잔류하는 승화(고체가 액체가 되지 않고 기화하는 현상)형
분산염료**로 확인됨



협잡물 추정

승화성 잉크 전사지 폐지 유입 경로



AIK
KFBMA

- 날염인쇄에 사용되는 승화전사지 폐지(제지 원료)가 미분류되어 혼입
- 가방 및 구두 상품 등의 충전재로 사용후 미분류 폐지 혼입 수거
- 미국, 영국, 중국의 폐지는 혼재수집, 일본은 분류수집 후 소각

아세테이트 및 승화염료

AIK
KFBMA

아세테이트(acetate)

- 1894년 영국인 클로스와 비번에 의해 발명
- 1918년 브리티시 세라니즈사에서 공업화
- 염색성에 문제가 있었는데 1924년 아세테이트용의 염료가 발명
- 미국에서는 석유 화학 공업의 발달로 인하여 원료약품이 싸게 공급 가능
- 아세테이트의 가격이 레이온보다 같거나 싸서 미국에서는 현저하게 소비가 증가
- 면린턴(면실에서 채취한 짧은 섬유) 또는 질이 좋은 목재 펄프에 초산을 화합시켜
아세테이트 프레이크를 만들고 이것으로 방사(紡絲)
 - 장섬유로 만들어진 직물은 견과 성질이 비슷하여 촉감이 부드럽고
광택이 우아하기 때문에 여성복지나 안감으로 사용
 - 흡습성이 좋아 블라우스, 셔츠감으로 알맞고 열가소성이 있어
기계주름과 같은 퍼머넌트 세트의 효과가 우수
- 아세테이트는 세리톤 염료(승화성 분산염료)로만 염색이 가능

아세테이트 및 승화염료

AIK
KFBMA

승화염료/분산염료(disperse dye)

- 물에 녹지 않는 염료로 폴리에스테르 섬유나 아세테이트 섬유 등의 염색에 사용
- 초기 단계에는 아세테이트 섬유의 염색용으로 개발
- 폴리에스테르 섬유의 출현으로 염착성이나 견뢰도가 우수한 폴리에스테르용 개발
- 현재는 폴리에스테르 섬유가 합성섬유 가운데 가장 생산량이 많은 섬유로 발전하여 90% 이상을 폴리에스테르용 분산염료가 점유
- 화학 구조에 따라 벤젠아조계, 복소환아조계, 아조트라퀴논계, 축합계 등 다양 생산량으로 보면 아조계 염료가 전체의 약 70% 이상 차지
- 분산염료는 수용성기가 없어 염료 사용 상 분산제를(계면 활성제)를 사용
- 직경 1마이크로미터(μm) 이하 정도의 미입자로 분산화한 제품으로 시판

아세테이트 및 승화염료

AIK
KFBMA

종이/섬유류 승화오염

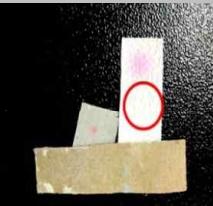
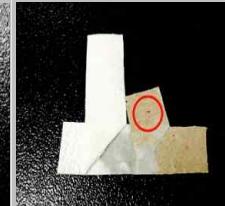
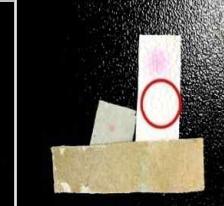
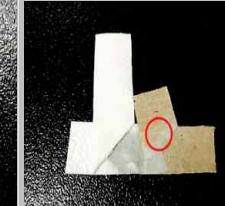
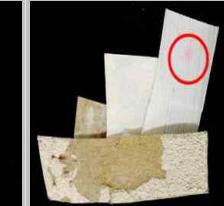
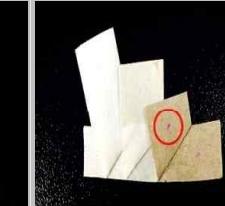
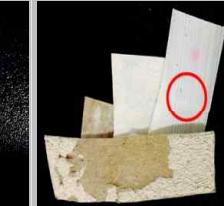
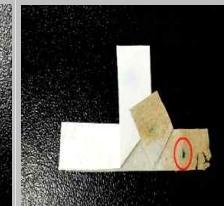
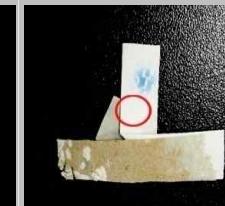
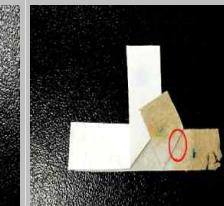
- 섬유 제품 포장 상자나, 라벨 등에 염료가 이염되어 오염
- 폴리에스터 직물에 분산 염료로 염색되어 있는 경우 분산염료가 열에 의하여 염료 고체가 액체를 거치지 않고 바로 기체로 승화되는 현상
- 종이류 백도 향상이나 인쇄가 잘되도록 백색 무기 안료(白色無機顏料)를 코팅한 경우 각종 수지 등의 바인더 고분자물질은 분산 염료와 친화성 우수 이염
- 여름의 외기 온도나 실내 온도 등으로 인하여 승화된 분산 염료는 증발하여 흩어지는 증산 현상과 증발된 염료가 다른 곳에 이염되는 증착 현상 반복
- 특히 점성이 있는 곳에 이염된 염료는 그 자리에 고착되어 오염 발생
- 분산염료의 승화성으로 인한 승화오염은 섬유 내부에 분산되어 있던 염료 분자가 열에 의해 표면으로 나와 이염되는 서모블리딩(thermo-bleeding) 현상 발생
- 승화성 분산염료는 특히 지속적인 핫볕이나 조명 등에 의한 열에 노출되는 경우 열이력(熱履歷)에 의해 부분적인 서모블리딩 현상 발생

5

FT-IR 성분분석
도배지 / 석고보드지

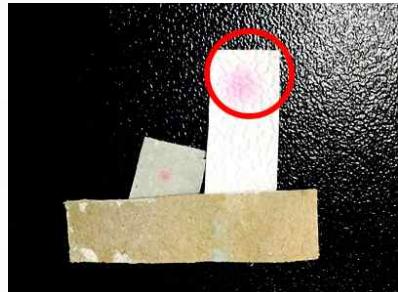
FT-IR분석

성분분석 시료

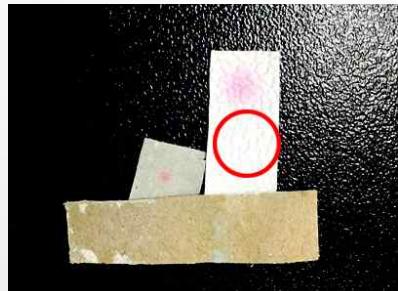
NO.	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7
시료명칭	BOR_SJ_M6_02_PINK 1.도배지반점	BOR_SJ_M6_02_PINK 2.석고보드원지반점	BOR_SJ_M6_02_PINK 3. 도배지	BOR_SJ_M6_02_PINK 4. 석고보드원지	KCC_704_WD_PINK 1. 도배지 반점	KCC_704_WD_PINK 2. 석고보드원지 반점	KCC_704_WD_PINK 3. 도배지
시료사진							
NO.	NO.8	NO.9	NO.10	NO.11	NO.12	NO.13	NO.14
시료명칭	KCC_704_WD_PINK 4- 석고보드원지	NO.5 고양삼송 A18BL 1.도배지 반점	NO.5 고양삼송 A18BL 2.석고보드원지 반점	NO.5 고양삼송 A18BL 3.도배지	NO.5 고양삼송 A18BL 4.석고보드원지	석고보드원지 (무)	석고보드원지 분홍
시료사진							

분석결과

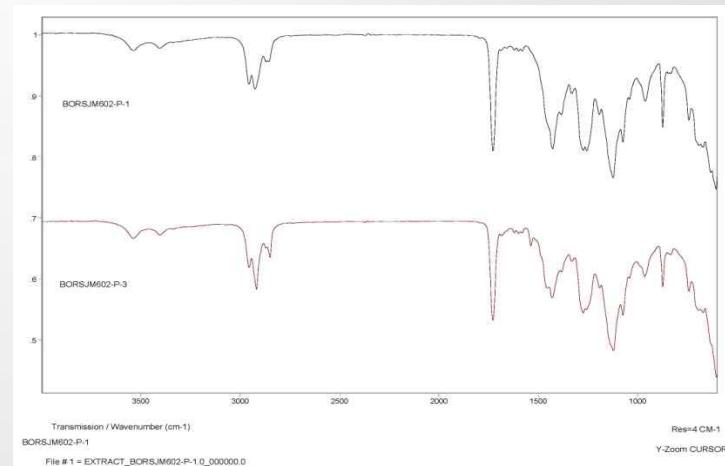
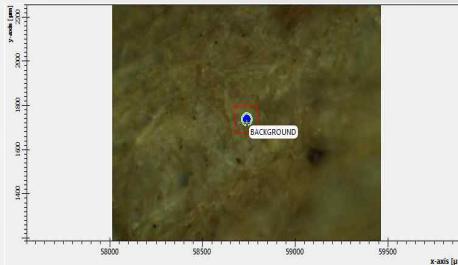
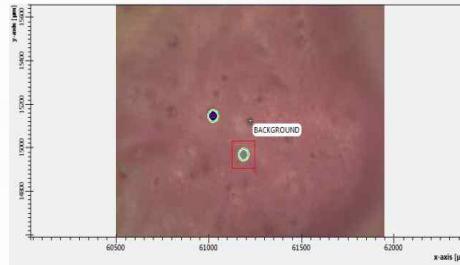
FT-IR / 분석결과



BOR_SJ_M6_02_PINK
1. 도배지 반점

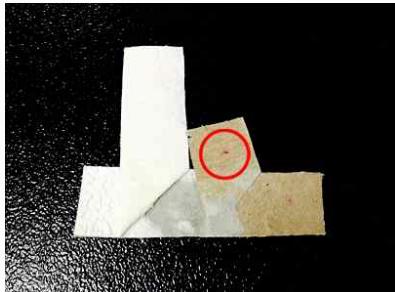


BOR_SJ_M6_02_PINK
3. 도배지

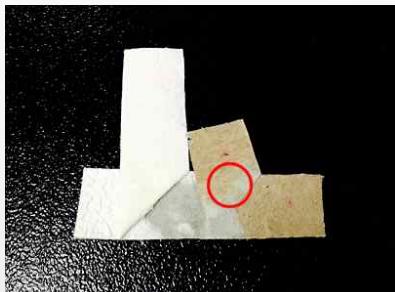
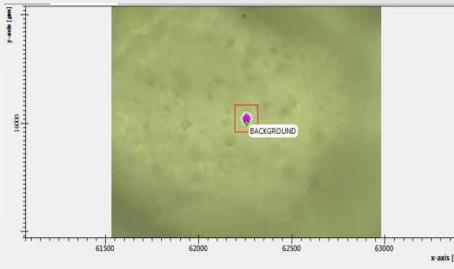


분석결과

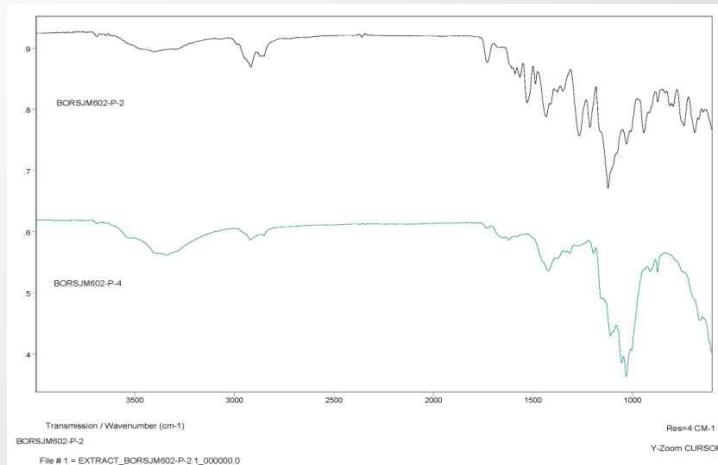
FT-IR분석결과



BOR_SJ_M6_02_PINK
2. 석고보드원지 이면층 반점

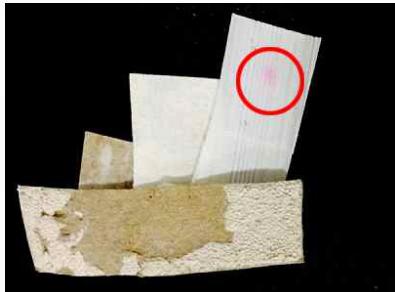


BOR_SJ_M6_02_PINK
4. 석고보드원지 이면층

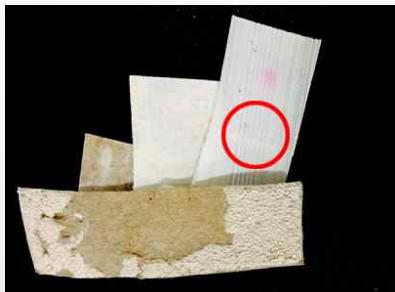
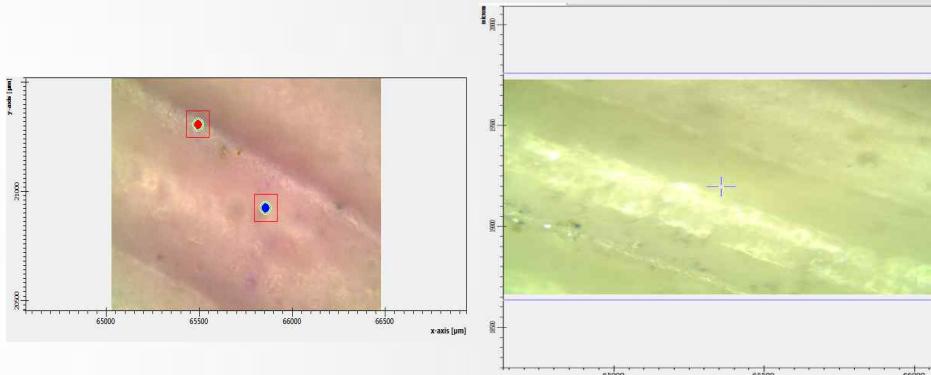


분석결과

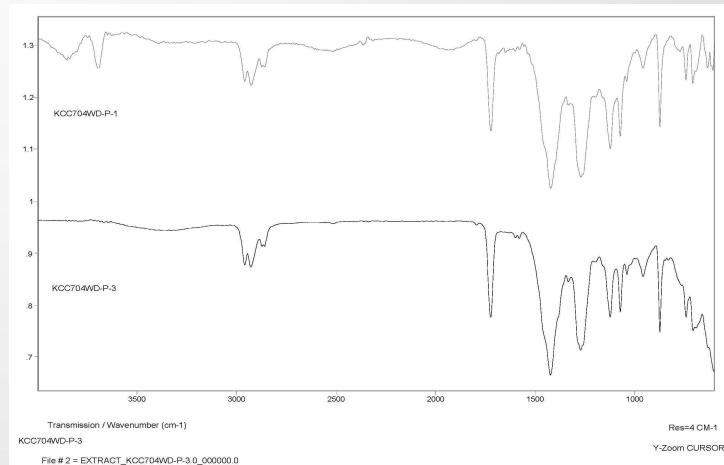
FT-IR분석결과



KCC_704_WD_PINK
1. 도배지 반점



KCC_704_WD_PINK
3. 도배지

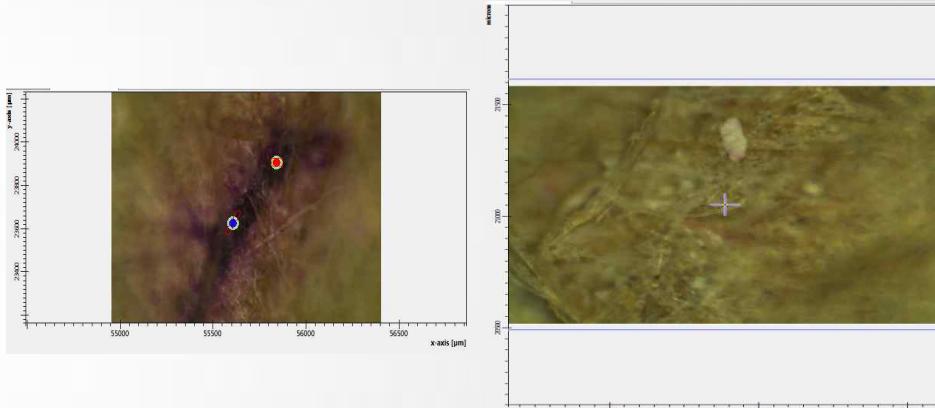


분석결과

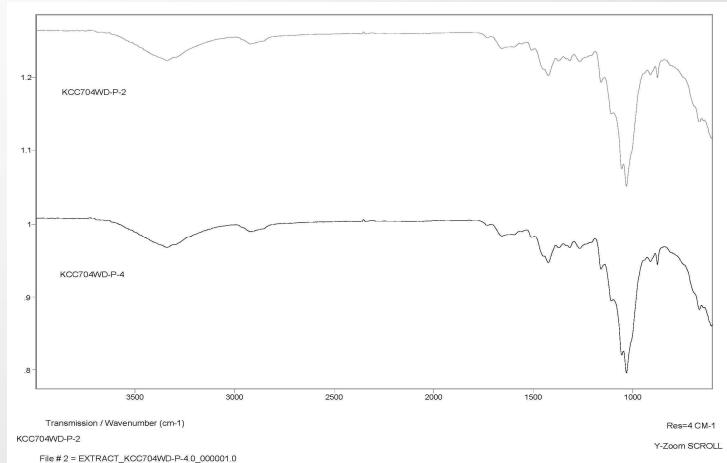
FT-IR분석결과



KCC_704_WD_PINK
2. 석고보드원지 이면층 반점



KCC_704_WD_PINK
4. 석고보드원지 이면층

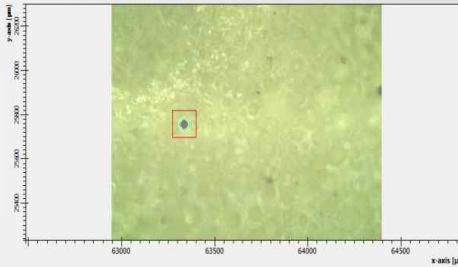
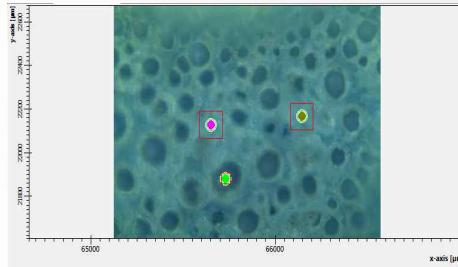


분석결과

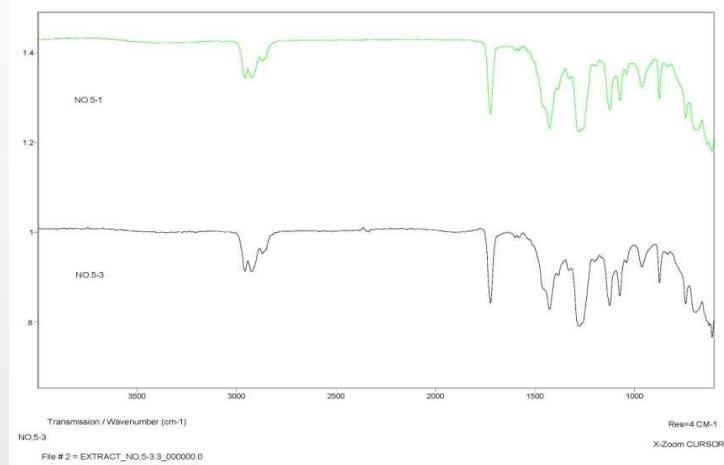
FT-IR분석결과



NO.5 고양삼송 A18BL
1.도배지 반점

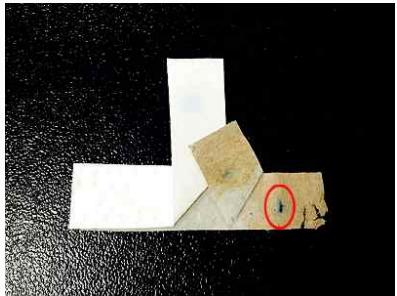


NO.5 고양삼송 A18BL
3.도배지

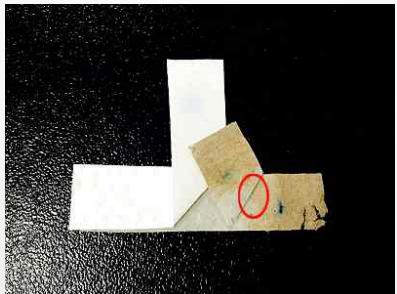
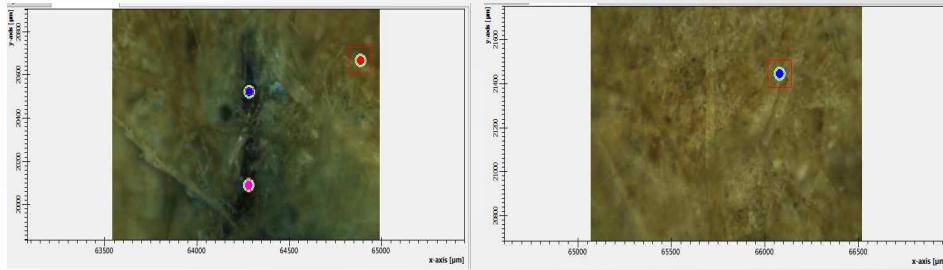


분석결과

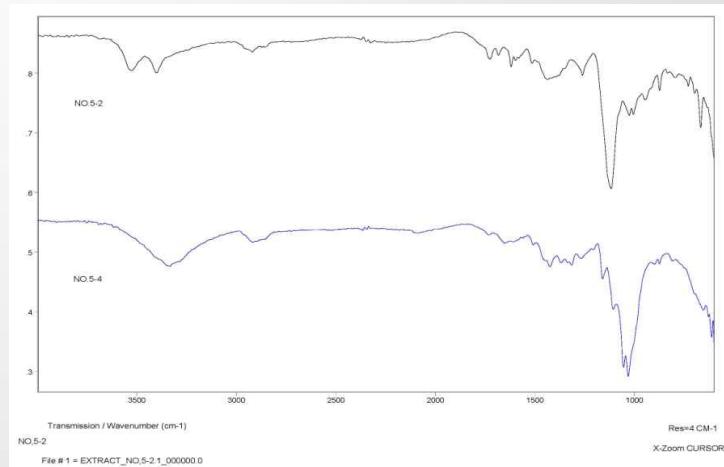
FT-IR분석결과



NO.5 고양삼송 A18BL
2. 석고보드원지 이면층 반점



NO.5 고양삼송 A18BL
4. 석고보드원지 이면층

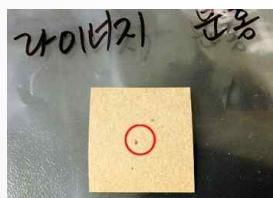
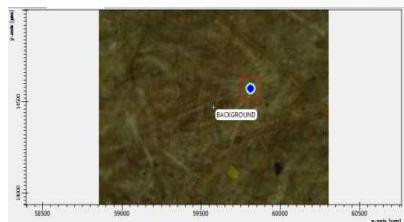


분석결과

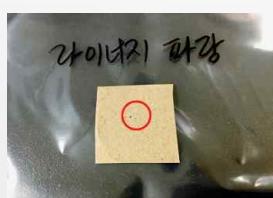
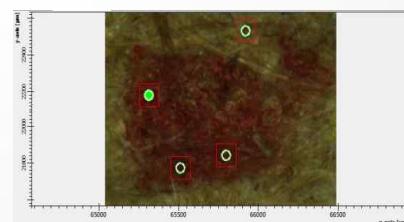
FT-IR분석결과



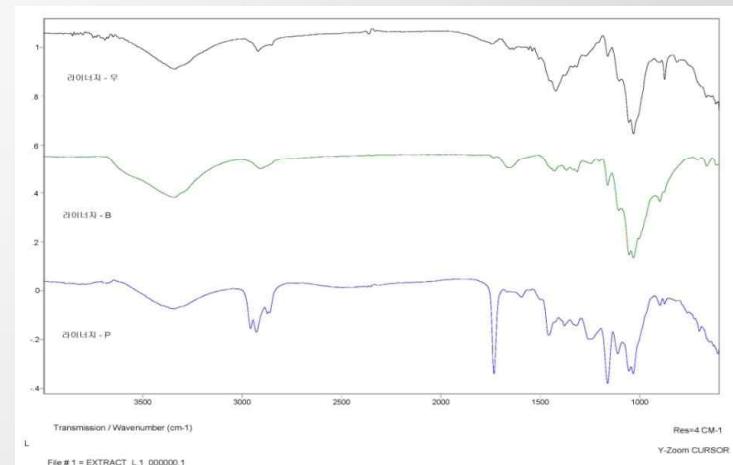
석고보드원지 이면층(무)



석고보드원지 이면층 분홍



석고보드원지 이면층 파랑

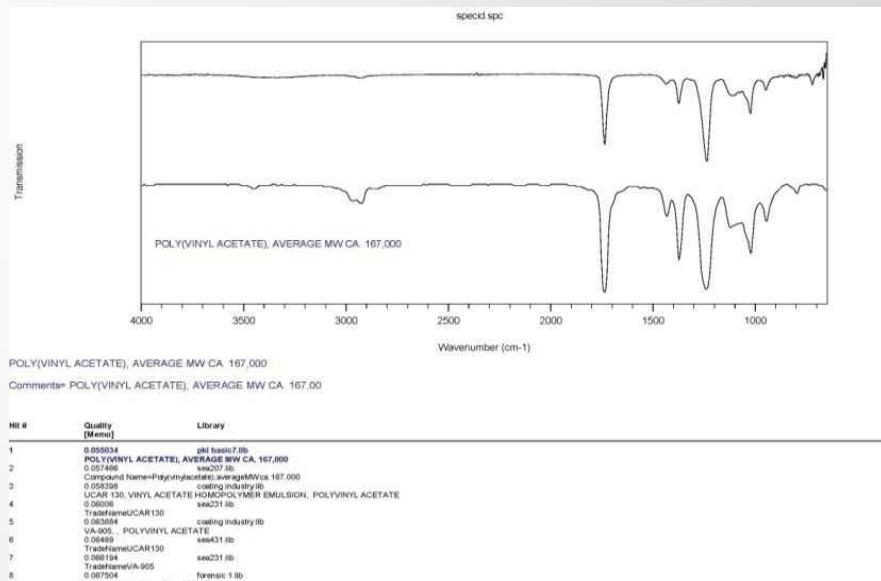


분석결과

FT-IR분석결과



205 본드



205본드

용매는 수분(water), 함유된 바인더의 주성분은 Poly(vinyl acetate)로 확인됨

분석결과

FT-IR분석결과

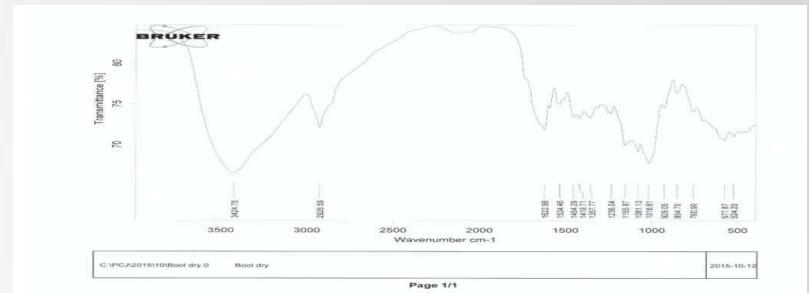


도배풀

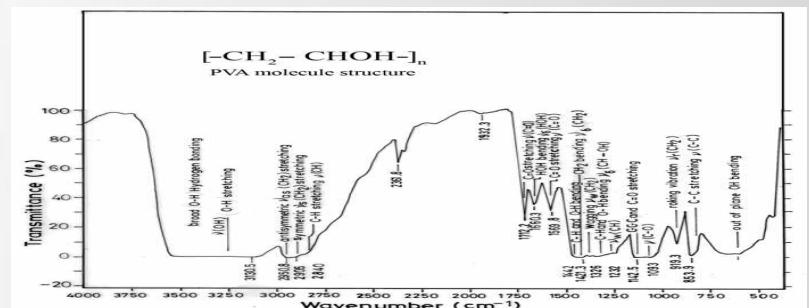
도배풀

용매는 수분(water), PVA(Polyvinyl Alcohol)와 PVAc(Polyvinyl Acetate)가 혼합된 것으로 분석됨

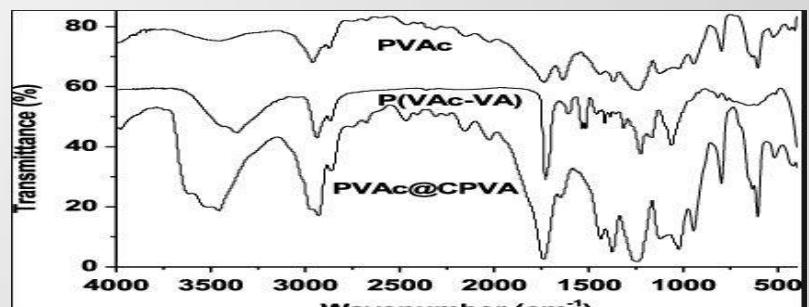
AIK
KFBMA



도배풀 IR spectrum



PVA IR spectrum



PVAc의 IR spectrum

본드성분 협잡물 용해

AIK
KFBMA

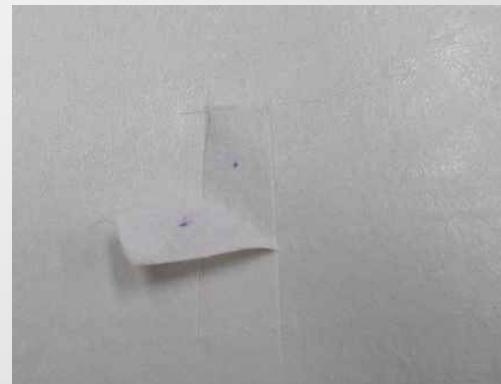
석고보드원지 + 본드(Polyvinyl acetate)



석고보드 원지 위 본드 바름

석고보드원지 + 본드

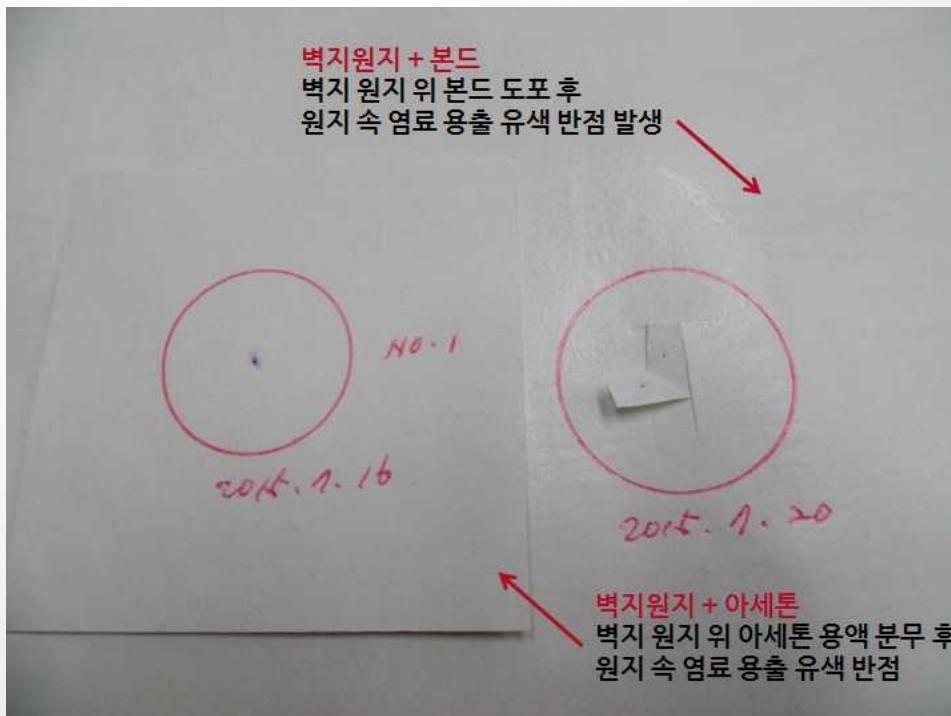
석고보드 원지 위에 도배풀 혼합재인 본드 도포 후
본드 건조와 동시에 석고보드 원지 속 염료가 용해되어
본드 표면에 유색 반점으로 염착됨



본드성분 협잡물 용해

AIK
KFBMA

벽지원지 + 본드 및 벽지원지 + 아세톤



벽지원지 + 본드
지물포에서 구입한 벽지 원지 위에
본드 도포 후 건조와 동시에 원지 속
염료가 본드의 성분에 의해 용해되어
본드 표면에 유색 반점으로 염착됨

벽지원지 + 아세톤
지물포에서 구입한 벽지 원지 위에
아세톤 분무 후 약20분이 경과하여
벽지 원지 속 염료가 용해되어 벽지
원지 표면에 유색 반점으로 염착됨

위의 두 가지 경우 모두
본드와 아세톤 모두 벽지 원지 속
염료를 용해시키고 용해된 염료는
이염되어 표면에 유색 반점으로
나타나는 현상이 동일함

분석결과

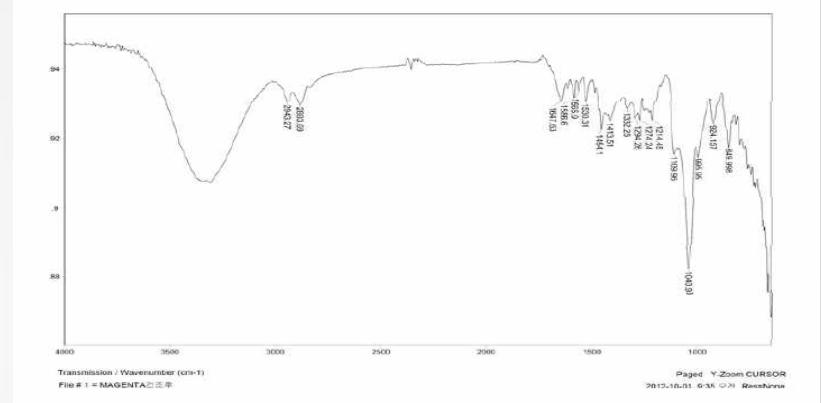
FT-IR분석결과



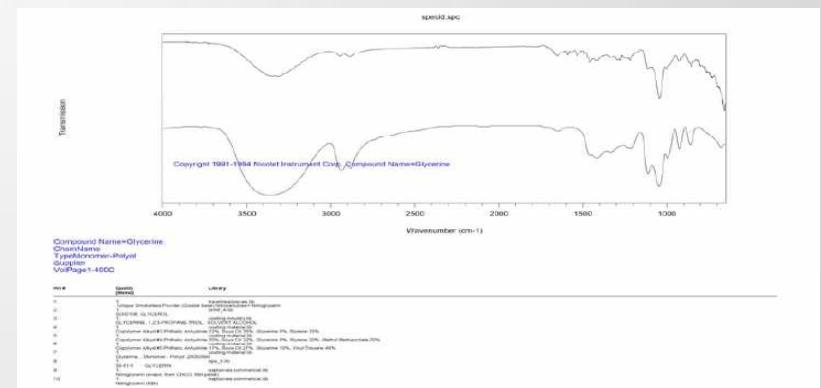
승화염료

승화염료 (승화잉크)

FT-IR Library search 결과 Glycerol과 유사하고 상용되는 아조계염료로 판단됨



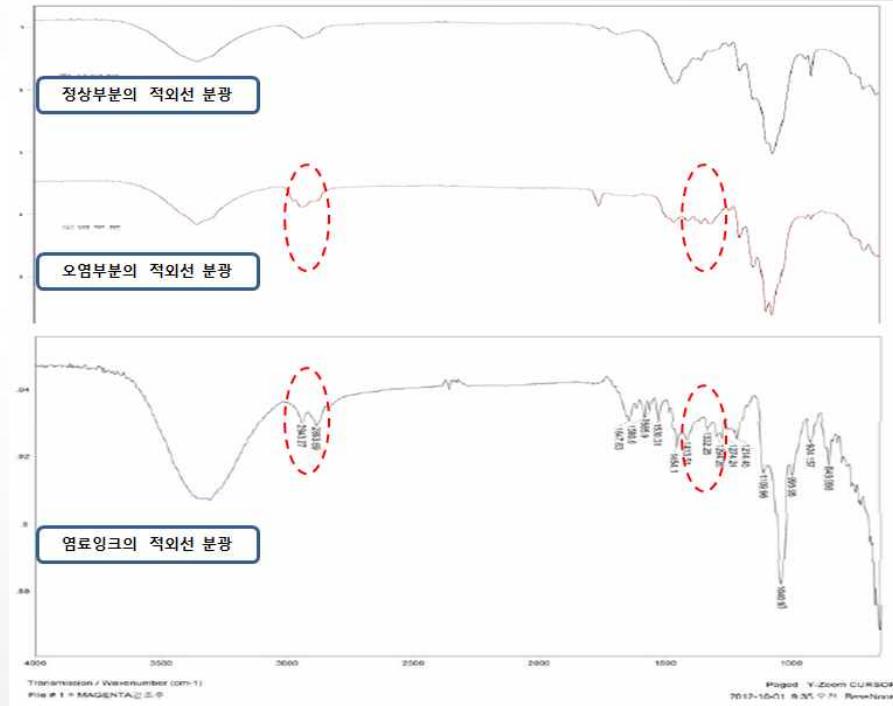
승화염료 IR spectrum



분석소결

AIK
KFBMA

FT-IR분석 결과의 해석



정상 부분과 요염 부분 및 염료 잉크의 적외선 분광 스펙트럼

요염 부분은 2800~2900cm⁻¹ 및 1300~1400cm⁻¹부근의 염료에서 발생된 특성 피크가 발생하여 소재는 유사한 계열의 염료 잉크에 의한 요염으로 판단된다. 다만 염료의 약 1300~1400cm⁻¹에서 발생하는 특성피크는 아조계 염료의 -N=N-의 특성 피크로 추정됨

6

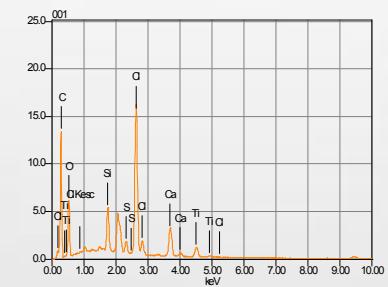
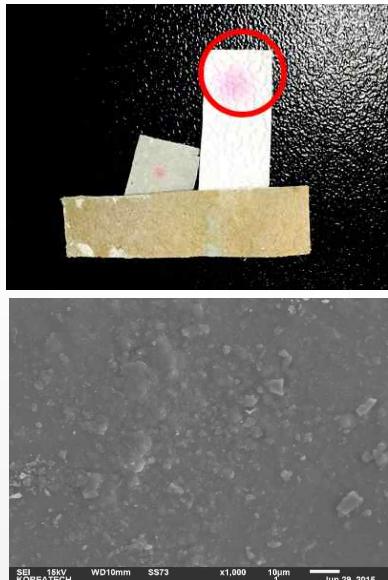
SEM-EDX분석
원소조성분석

SEM-EDX 분석결과

SEM-EDX 분석결과

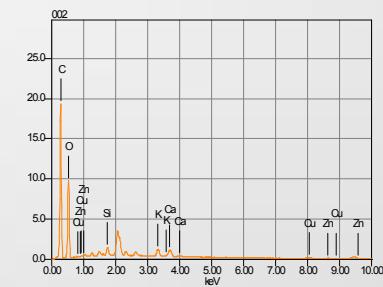
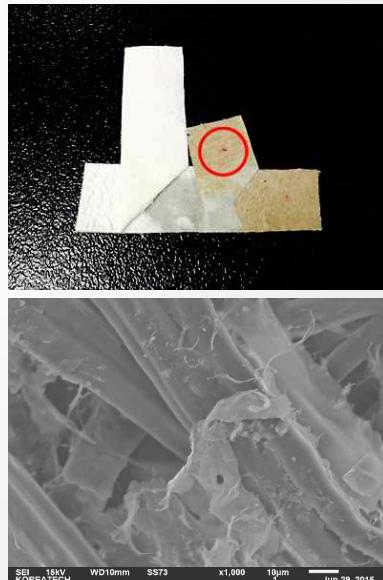
BOR_SJ_M6_02_PINK

1. 도배지 반점



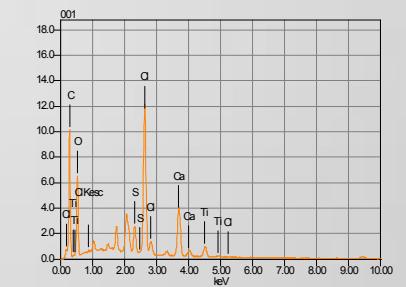
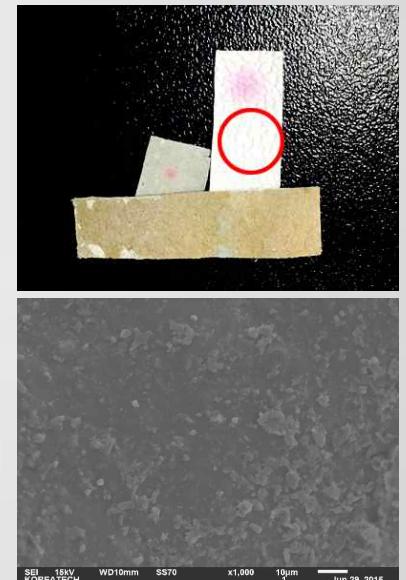
BOR_SJ_M6_02_PINK

2. 석고보드원지 이면층 반점



BOR_SJ_M6_02_PINK

3. 도배지

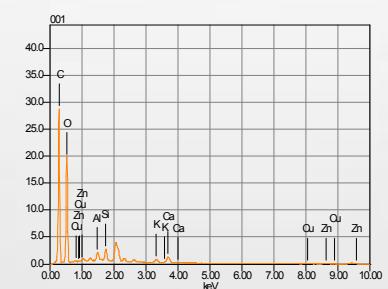
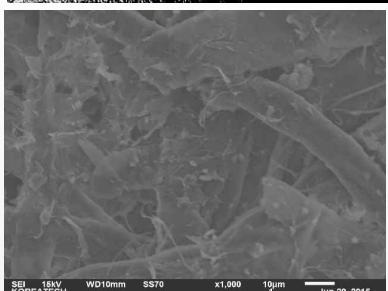
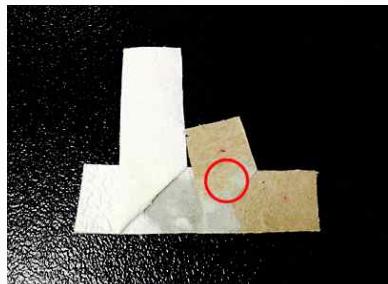


AIK
KFBMA

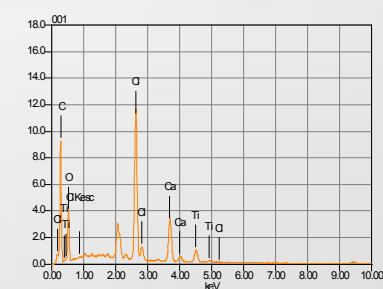
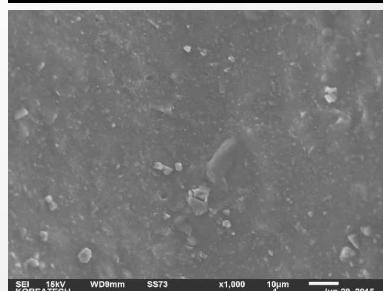
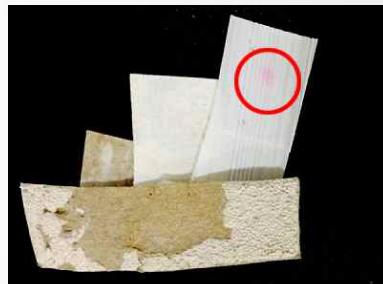
SEM-EDX 분석결과

SEM-EDX 분석결과

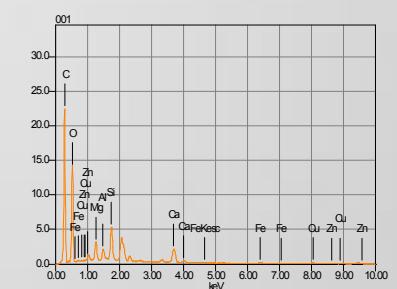
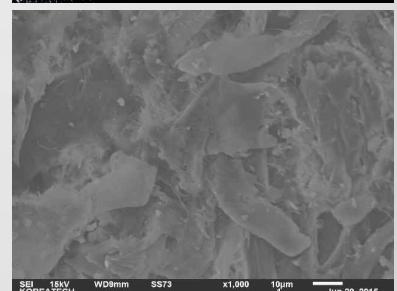
BOR_SJ_M6_02_PINK
4. 석고보드원지 이면층



KCC_704_WD_PINK
1. 도배지 반점



KCC_704_WD_PINK
2. 석고보드원지 이면층 반점



AIK
KFBMA

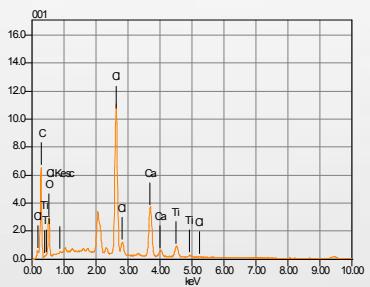
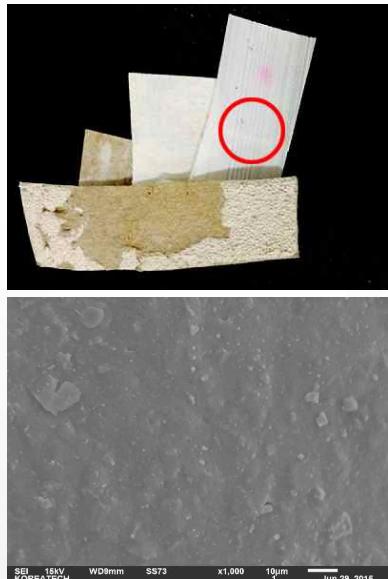
SEM-EDX 분석결과

AIK
KFBMA

SEM-EDX 분석결과

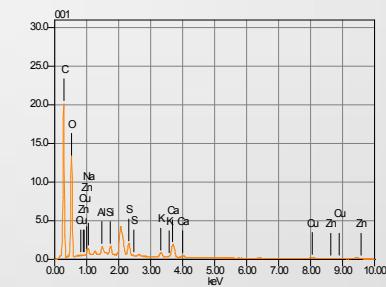
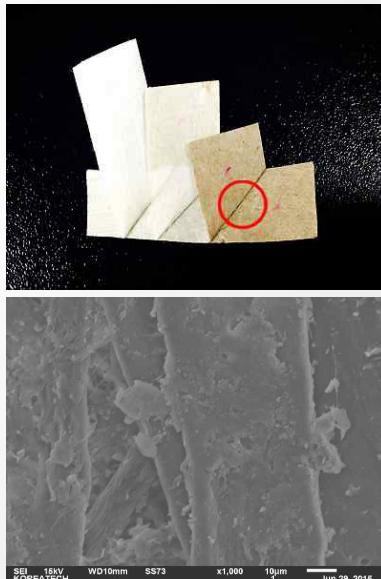
KCC_704_WD_PINK

3. 도배지



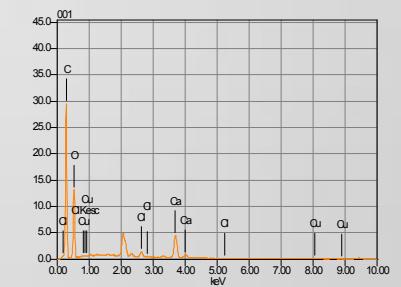
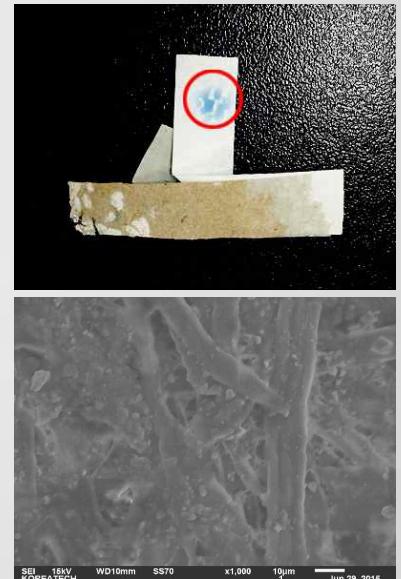
KCC_704_WD_PINK

4. 석고보드원지 이면층



NO.5 고양삼송 A18BL

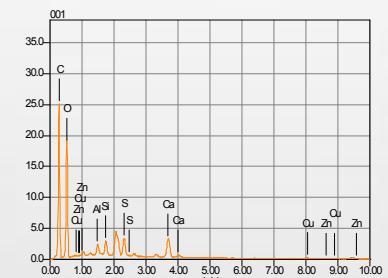
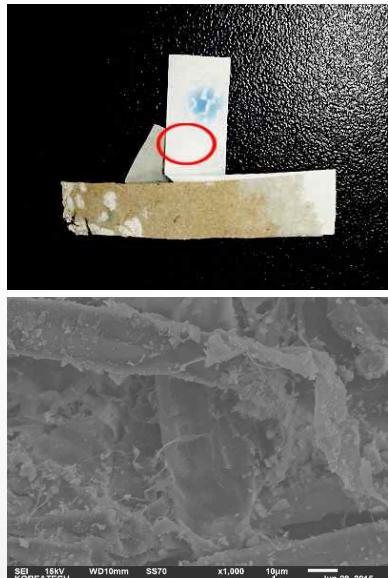
1. 도배지 반점



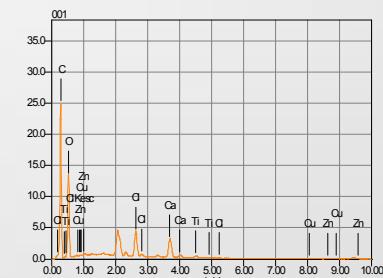
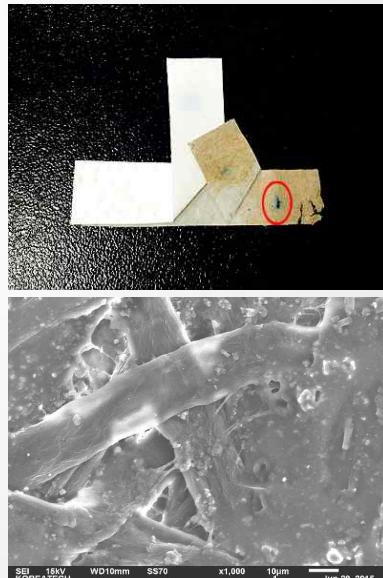
SEM-EDX 분석결과

SEM-EDX 분석결과

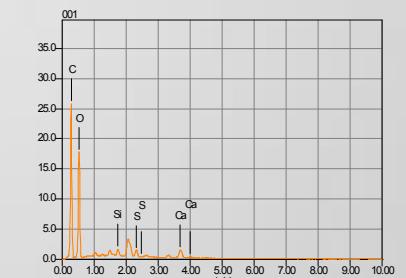
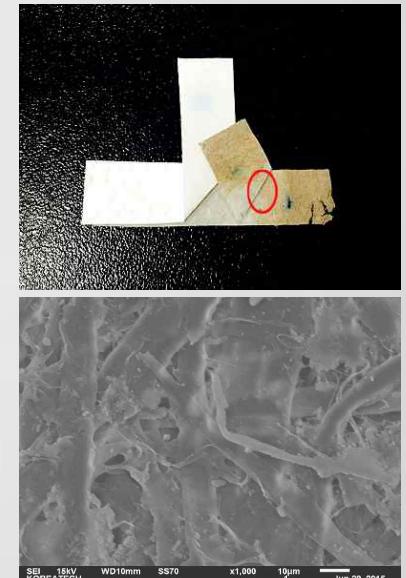
NO.5 고양삼송 A18BL
3. 도배지



NO.5 고양삼송 A18BL
2. 석고보드원지 이면층 반점



NO.5 고양삼송 A18BL
4. 석고보드원지 이면층



AIK
KFBMA

7

TGA(열분해거동)분석
도배본드/풀/잉크

TGA분석결과

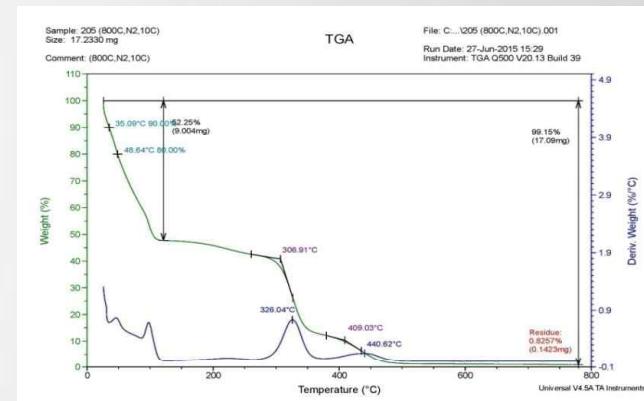
TGA(열분해거동)분석결과



205 본드



도배풀

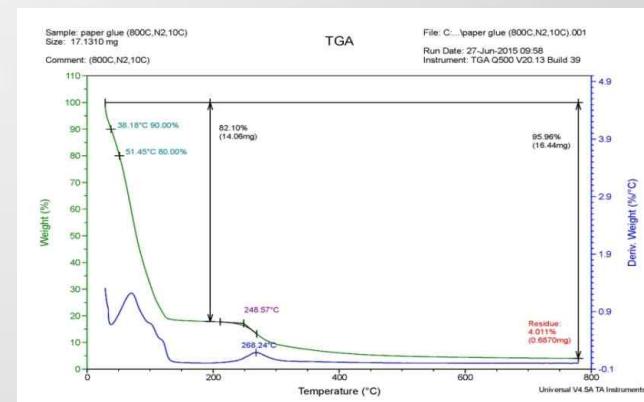


205본드

고형분 함량분석 결과 본드의 고형분은 41.5wt%로 분석됨

도배풀

고형분 함량분석 결과 도배풀의 고형분은 16.4wt%로 분석됨



8

조사연구 결과종합
결론 및 제안

시공 및 재료



시공재료 변경 이력

구성재료	2012년 이전	2012년 전후 유색반점발생시기	2015년 현재
석고보드 원지	없음 승화염료 혼입	없음 승화염료 혼입	없음 승화염료 혼입
벽지시공(풀, 본드)	없음	변화추정 (강도보강제 사용량 증가)	변화추정 (강도보강제 사용량 증가)
벽지(PVC, 원지)	가소제 승화염료 혼입	가소제 변경 승화염료 혼입	가소제 변경 승화염료 혼입
환경 (Bake Out)	없음	증대	증대

승화염료 용해요인

승화염료 용해 요인



구성재료	2012년 이전	2012년 전후 유색반점발생시기	2015년 현재
석고보드(원지)	승화염료 혼입	승화염료 혼입	승화염료 혼입
벽지시공 (풀, 본드)	풀(전분+PVA) 본드(PVA)	풀(전분+PVA) 본드(PVA)	풀(전분+PVA) 본드(PVA)
벽지(원지)	승화염료 혼입	승화염료 혼입	승화염료 혼입
환경	무	무	무

AIK
KFBMA

풀 : Polyvinyl alcohol, vinyl acetate emulsion
본드 : Polyvinyl acetate

용해염료 이염요인

AIK
KFBMA

용해염료 이염 요인



구성재료	2012년 이전	2012년 전후 유색반점발생시기	2015년 현재
석고보드(원지)	무	무	무
벽지시공 (풀, 본드)	용해	용해	용해
벽지(PVC)	DOP	DINP, DOTP (알코올, 아세톤에 용해)	DINP, DOTP (알코올, 아세톤에 용해)
환경 (Bake Out, 전등)	열이력	열이력	열이력

구 분	일본 벽지(단위 wt%)				
	SP2344	SP2305	SP2319	RH 7081	WVP7510
DOP	16.8	10.9	11.5	9.5	15.2
DINP	0.07	0.03	<0.01	0.64	0.28
DOTP	-	-	-	-	-

국내 벽지 : 가소제(DINP, DOTP) 변경(유색반점 발생)
일본 벽지 : 현재 DOP, DINP 사용(유색반점 발생 없음)

반점발생 상관성

유색반점 발생 상관성



구성재료	2012년 이전	2012년 전후 유색반점발생시기	2015년 현재
석고보드(원지)	무	무	무
벽지시공 (풀, 본드)	용해	용해력 증대 (강도보강제 사용량 증가)	용해력 증대 (강도보강제 사용량 증가)
벽지(PVC)	DOP	DINP, DOTP (알코올, 아세톤에 용해)	DINP, DOTP (알코올, 아세톤에 용해)
환경 (Bake Out, 전등)	열이력	열이력	열이력

- DOP : 가소제의 분자량이 작아 쉽게 증발하여 오염원 발생 적음
- DOTP : 분자량이 큰 경우 증발하지 못하고 표면에 잔류하고 분자구조내 추출된 염료를 이염시킴
(점도 상승, 겔링성 저하, 가소화 효율저하, 원지뒷면 이행성)
- DINP, DOTP 가소제 용해성 및 이행성 → 부착력 저하 → 풀 강도보강제량 증가 → 용해력 증대
- DINP, DOTP 가소제 용해성 및 이행성 → PVC 분자구조 변화 → 이염 용이 → 표면 염착

가소제 용해도

AIK
KFBMA

가소제 용해도 파라메타에 의한 검토

- DOP 가소제의 용해도 파라메타는 8.90, DINP는 8.61로 DOP의 극성 파라메타가 3.42인 반면 DINP의 경우 극성도 2.72로 낮은 편이어서 DOP는 완전한 비극성 용매인 n-hexane과 용해성이 우수하나 극성 용매인 acetone에는 잘 용해되지 않을 것으로 판단됨
- 염료는 시험 결과 극성이 매우 높은 글리세롤을 포함하고 있는 것으로 보아 극성이 우수한 PVA나 PVAc에 잘 용해되는데 이는 PVAc와 PVA의 극성 용해도 파라메타가 5.52와 6.36으로 극성이 크기 때문인 것으로 해석되며, PVC의 경우 극성이 낮고 내수성이 매우 우수한 Polymer이기 때문에 염료잉크의 투과가 불가능한 것으로 판단됨



물질명		용해도 파라메타($\text{cal}^{1/2}\text{cm}^{-3/2}$)			
		δ_d	δ_p	δ_h	δ_t
Plasticizer	DOP	8.12	3.42	1.52	8.90
	DINP	8.22	2.72	1.91	8.61
	DOTP				8.85
solvent	Acetone	7.58	5.08	3.42	9.77
	n-hexane	7.28	0.00	0.00	7.24
	Glycerol	8.51	5.92	14.32	21.10
	water	7.63	7.82	20.68	23.5
Polymer	PVA	8.31	6.36	4.89	10.76
	PVAc	10.22	5.52	4.69	9.40
	PVC	8.90	3.67	4.06	9.57
$\delta/\text{cal}^{1/2}\text{cm}^{-3/2} =$				$0.48888 \times \delta / \text{MPa}^{1/2}$	
$\delta/\text{MPa}^{1/2} =$				$2.0455 \times \delta / \text{cal}^{1/2}\text{cm}^{-3/2}$	

출처 : Polymer handbook

Beth A. Miller-Chou, Jack L. Koenig, A review of polymer dissolution, Progress in Polymer Science, 28, 1223–270, (2003)

반점발생 메커니즘

AIK
KFBMA

유색반점 발생 메커니즘



- 2011년 12월 Phthalate계 가소제 규제에 의해 DOP가소제를 DINP, DOTP로 변경됨
- DOP 가소제는 비극성 용매인 n-hexane과 용해성이 우수하나 극성 용매인 acetone에는 잘 용해되지 않는 것으로 확인됨
- DINP, DOTP 가소제는 DOP에 비하여 극성 파라메타가 낮아 유기용제인 아세톤에 잘 용해됨
- DINP, DOTP 가소제 분자량 변화와 내이행성 저하 등의 영향으로 도배지 부착력이 저하하여 도배지 부착력 증대를 위해 도배풀에 강도보강제 혼입량이 증가하였을 것으로 추정됨
- 도배풀에 첨가되는 PVA와 PVAc 혼합물은 용해도 파라메터 검토 결과 염료 잉크를 용해하기 적당한 파라메타로 승화염료 잉크를 용해시키는 것으로 확인됨
- 승화염료 잉크는 용해도 파라메타 검토 결과 DOP에 용해되나 DINP등에는 용해되지 않아 소지내 존재할 것으로 추정되며, 이때 소지물에 적당한 용매(Solvent)로써 Acetone과 같은 극성 용매 성분이 가해질 경우 추출됨
- PVA 및 PVAc는 염료 잉크를 용해하여 PVC로 전이하나 PVC의 용해도 파라메타 검토 결과 극성이 낮고 내수성이 우수하여 Polymer 친화성 승화염료를 흡착 보존하므로 도배지 표면에 발색됨
- 열에 의해 이염되고 염착되는 특성의 승화염료는 실내 유해물질 배출을 위해 실시하는 Bake out과 조명기구 및 주방 열, 열교현상, 직사광선 유입 등의 열이력이 발생하는 천정과 창호주변, 주방 천정, 단열성능 저하부 벽체 등에 집중적으로 유색반점이 발생됨

반점발생 방지방안

유색반점 발생 방지 방안



가소제 및 도배지

- 가소제 물성을 DOP 수준 이상으로 확보하는 가소제 물성 개선이 필요함
- 가소제의 구성 성분이 알코올, 아세톤 등의 유기 용제에 용해되지 않도록 개량
- 가소제가 도배지 원지 배면으로 이염되지 않도록 내이행성능 향상
- Poly vinyl과 친화성인 승화염료의 이염이 어렵도록 도배지 원지 두께 증대
- 도배지 원지에 고지를 사용할 경우 **승화전사지 혼입 차단(완전 차단 현실적으로 불가)**

도배풀

- 풀에 혼합하는 강도보강제(PVA 및 PVAc)를 가소제와 승화염료 비반응성으로 변경 필요함

석고보드 원지

- 석고보드 원지에 고지를 사용할 경우 **승화전사지 혼입 차단(완전 차단 현실적으로 불가)**

소색제 사용

- 현재 실시되고 있는 석고보드 위 벽지 마감의 재료 및 시공 조건을 유지하면서 최종 마감층 도배지 PVC 코팅층에 소색제(유기과산화물)를 사용하여 발색 염착하는 승화염료의 유색 제거

개선주체 개선방향

개선 주체 및 방법



가. 유색 반점 발생 개선 주체

- : 벽지사(자재) → 원지 승화염료 존재(**염료**), 가소제 변경(**이염**)
- : 벽지시공사(시공) → 도배풀, 본드 강도증가제(**용해**)
- : 석고보드사(자재) → 원지 승화염료 존재(**염료**)
- : 건설사(아파트시공사) → 공사에 대한 총괄 주체

나. 유색반점 발생 원인 제거 및 개선 방향

- : 벽지 PVC 코팅 배합재료(가소제) 변경 → 가소제 성분, 물성 변경
- : 벽지 생산 현재 조건 유지 → 소색제(유기과산화물) 사용
- : 도배풀 강도증가제 변경 → 사용 제한 불가, 성분변경
- : 석고보드원지 및 벽지원지 승화염료 혼입 차단 → 완전 차단 현실적으로 불가

보수시공 개선방법

AIK
KFBMA

반점 제거 및 보수 방법



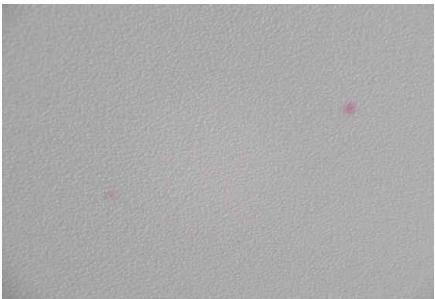
가. 아세톤 용제 함침법(1년차 이상 하자 현장에 적용)

- 아세톤 용제 함침법은 경시변화 이염을 고려하여 1년차 이상 경과한 하자 현장에 적용한다.
- 유색반점 발생부 벽지 속지 내부에 주사기를 사용하여 아세톤 함침 후 건조시켜 이염된 유색반점을 증발시킨다.(20~30분 소요)
- 1회 시행으로 반점이 사라지지 않고 잔류하는 경우 건조 후 2~3회 아세톤 주입을 반복한다.
- 석고보드 원지와 벽지원지에 존재하는 승화염료가 벽지 표면으로 완전하게 이염된 경우 2~3회 아세톤 주입을 반복하여 반점 제거가 가능하나 석고보드 원지의 염료 크기가 크거나 용해 이염되지 않았던 새로운 염료가 용해되어 벽지 표면 반점의 색이 짙어지거나 크기가 커지는 부위는 벽지를 재시공한다.
- 1년차 이상의 현장에 재시공하는 경우 벽지 제거 전 반점부위(최소50mm)의 벽지를 제거하고 드러난 속지 표면에 이염방지제를 부분 도포하여 건조 후 전체 벽지를 제거하고 개선된 벽지로 재시공한다.

보수시공 개선방법

AIK
KFBMA

이염방지제 부분 도포 방법



반점발생 부위



벽지제거 후 반점부위 확인 불가



반점 주변 50*50mm



반점 주변 벽지 제거



제거 부위 이염방지제 도포



건조 후 전체 벽지 제거

보수시공 개선방법

반점 제거 및 보수 방법



나. 벽지 재시공 방법(준공 이전 및 1년 이내 하자 현장 적용)

- 유색반점 발생 시기가 벽지시공 후 **1년 이내**인 현장은 벽지 아세톤 용제 함침 방법을 사용할 경우 유색반점이 확대되거나 신규 이염이 발생할 우려가 있으므로 개선 벽지로 **전면 재시공**한다.

- 유색반점 발생 부위를 대상으로 벽지를 제거한 후 석고보드 원지에 잔류하는 승화염료가 벽지 재시공 후 용해되어 재이염되지 않도록 **이염 방지제**를 도포한 후 개선 벽지로 재시공 한다.

이염방지제(아크릴에멀젼계) : 제조사 Magic Pro

- 승화염료 비반응성
- 무해성으로 친환경
- 건조 전 후 냄새 없음
- 시공 후 건조 빠름
- 용제 흔입량 작음
- 벽지 부착력 양호
- 뿐칠 및 붓칠 시공 가능



AIK
KFBMA

보수재료 시험시공

이염방지제 시험 시공

가. 용매 침투 시험(석고보드)



<이염방지제(PM 101)>



<이염방지제(PM 201)>

AIK
KFBMA

석고보드 표면에 이염방지제(PM 101, PM 201) 도포 후 아세톤 용액 분무 시 침투 불가

보수재료 시험시공

이염방지제 시험 시공



나. 염료 이염 시험(시험시료제작)



<석고보드원지 승화염료>



<벽지원지 승화염료>

이염방지제 도포 후 원지 배면에 아세톤 용제 분무
원지 배면의 승화염료는 용해되나 표면 **이염 현상 없음**

나. 벽지 부착 시험



이염방지제 도포면 벽지 시공 건조 후 벽지 제거 **부착력 양호**

종합결론 및 제안



AIK
KFBMA

종합결론



- 2011년 12월 Phthalate계 벽지 가소제 규제로 인해 기존에 사용하던 DOP 가소제를 DINP 또는 DOTP 가소제 변경으로 용해된 승화염료가 이염되어 벽지 PVC층 표면에 유색 반점으로 염착됨
- 유색반점 물질은 용해시험과 이염 분석, 화학성분분석과 적외선 분광 스펙트럼 분석의 해석결과 승화염료인 것으로 확인되었으며, 승화염료는 폴리에스테르 섬유나 아세테이트 섬유 등의 염색에 사용되는 Polymer 와 친화성이 우수하고 열이력에 의해 이염되는 특성이 있음
- DOP 가소제는 비극성 용매인 n-hexane과 용해성이 우수하나 극성 용매인 acetone에 잘 용해되지 않고 DINP, DOTP 가소제는 DOP에 비하여 극성 파라메타가 낮아 유기용제인 아세톤 성분에 잘 용해됨
- DINP, DOTP 가소제의 물성변화와 내이행성 저하로 부착력이 저하하여 도배풀에 강도보강제 혼입량이 증가하였을 것으로 추정되며, 도배풀에 첨가되는 PVA와 PVAc 혼합물은 용해도 파라메타 검토결과 염료잉크를 용해하기 적당한 용해도 파라메타 범위로 승화염료 잉크를 용해시키는 것으로 확인됨
- 용해된 염료는 DOP에 용해되나 DINP등에는 용해되지 않아 소지내 존재할 것으로 추정되며, 이때 소지울에 적당한 용매(Solvent)로써 Acetone 과 같은 극성 용매 성분이 가해질 경우 추출됨
- PVA 및 PVAc는 염료 잉크를 용해하여 PVC로 전이하나 PVC의 용해도 파라메타 검토 결과 극성이 낮고 내수성이 우수하여 Polymer 친화성 승화염료를 흡착 보존하므로 도배지 표면에 염착 발색됨

종합결론 및 제안



AIK
KFBMA



- 열이력에 의해 이염되고 염착되는 특성의 승화염료는 실내 유해물질 배출을 위해 실시하는 Bake out과 조명기구 및 주방 열, 열교현상, 직사광선 유입 등의 열이력이 발생하는 천정과 창호주변, 주방 천정, 단열성능 저하부 벽체 등에 집중적으로 유색반점이 발생됨

제안

- 벽지와 석고보드에 고지를 사용할 경우 승화염료를 가진 승화전사지의 완전한 차단은 각국 모두 현실적으로 불가능할 것으로 사료됨
- 유색반점 발생 방지를 위한 개선 가능한 현실적 방안은 벽지 가소제를 반점 발생이 없었던 가소제 변경 이전의 DOP 수준으로 물성을 개선하고 도배풀에 혼합하는 강도보강제는 벽지 PVC 가소제와 승화염료에 반응하지 않는 비반응성으로 변경하거나 벽지 부착력을 향상시켜 강도보강제 사용량을 줄여 용해력을 약화시킬 필요가 있음
- 기 발생된 반점의 보수는 제안된 보수방안과 같이 아세톤과 이염방지제를 사용하여 재시공 후 유색반점 재발생이 없도록 정밀한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

THANK YOU
For your attention

**MADE IN
AIK**