

PDP 투명유전체 형성용 Green Sheet 제조

허성철*** · 최덕균** · 오영제*†
*한국과학기술연구원 박막재료연구센터
**한양대학교 세라믹공학과
(2003년 11월 5일 접수; 2004년 3월 8일 승인)

Fabrication of Transparent Dielectric Green Sheet for Plasma Display Panel

Sung-Cheol Heo,*** Duck-Kyun Choi,** and Young-Jei Oh*†

*Thin Film Materials Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

**Department of Ceramic Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received November 5, 2003; Accepted March 8, 2004)

초 록

Plasma Display Panel (PDP) 상판용 투명유전체의 green sheet를 제조코자 투명유전체 슬러리의 분산특성 및 유기물의 함량과 조성비에 따른 밀도와 기계적 특성을 연구하였다. 비수계 시스템에서 슬러리의 완전분산을 위한 분산제의 종류와 분산제의 양을 결정하기 위해 침강실험, 점도측정을 행하여 최적의 분산조건을 구하였다. 조성물 변수로서 투명유전체 조성 분말(투명유전체 조성 분말 + 유기물)의 비와 결합제(결합제 + 가소제)의 비를 각각 변화시켜 green sheet를 제조하였다. 제조된 tape casting 슬러리의 대부분은 의가소성(pseudoplastic) 거동을 보이는데, 의가소성 거동은 shear thinning의 효과를 가지는 것으로 기술 할 수 있다. 각각의 조성을 가지는 슬러리는 모두 전단속도가 증가함에 걸보기 점도가 감소하는 shear thinning 효과를 보여 주었다. Green sheet의 특성을 조사한 결과 유기물의 함량 및 조성이 green sheet의 밀도와 기계적 특성을 결정하는 중요한 인자가 되었다.

ABSTRACT

To fabricate green sheet of transparent dielectric for PDP front panel, dispersion of transparent dielectric slurry, density, and mechanical properties of green sheets have been investigated as a function of amount and composition of organic additives. Measurements of sedimentation and viscosity were employed to determine a proper dispersant and its amount for a well dispersed transparent dielectric powders in non-aqueous system. Green sheets, having various ratios of transparent dielectric powders to transparent dielectric powders + binder + plasticizer and binder to binder + plasticizer, were fabricated. All the tape casting slurries showed shear thinning effect, that is, the apparent viscosity decreased with the increase of shear rate. It was found that the amount and composition of organic additives were main variables to affect densities and mechanical properties of transparent dielectric green sheets for PDP.

Key words : PDP, Transparent dielectric, Green sheet, Tape casting

1. 서 론

PDP (Plasma Display Panel)이란 플라즈마가 기체 방전에서 발생하는 진공 자외선으로부터 형광체를 여기 시키고 이로부터 생성되는 가시광을 이용하여 문자 또는 그래픽을 표시하는 장치이다. PDP 소자는 구조가 매우 간단하고 대형화가 용이한 특징을 지니고 있어 현재 벽걸이 TV, HDTV와 같은 표시소자 분야로 많은 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 PDP 소자의 패널 구조를 모식적

으로 나타낸 것이 Fig. 1이며, front panel에 들어가는 투명 유전체는 전류 제한 capacitor 역할로 패널에 charge memory 기능을 부여한다.

이와 같은 투명 유전체 형성방법으로는 스크린 프린팅 (Screen Printing)법이 이용되어지고 있다. 이 공정은 여러 번의 반복에 의한 막을 형성시켜야 하기 때문에 쉬운 기포발생과 표면의 불균일성에 의한 고르지 않은 유전 특성 등의 결점이 나타나기 때문에 이 공정을 대체 할 수 있는 새로운 제조 공정의 개발이 요구되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 dry film법이 사용되는데, 본 연구에서는 dry film법에 사용되는 green sheet(tape)를 제조하고자 한다.

테이프 캐스팅 공정은 얇은 두께 조절과 고품질 대면

Corresponding author : Young-Jei Oh
E-mail : cheol95@kist.re.kr
Tel : +82-2-958-5557 Fax : +82-2-958-6720

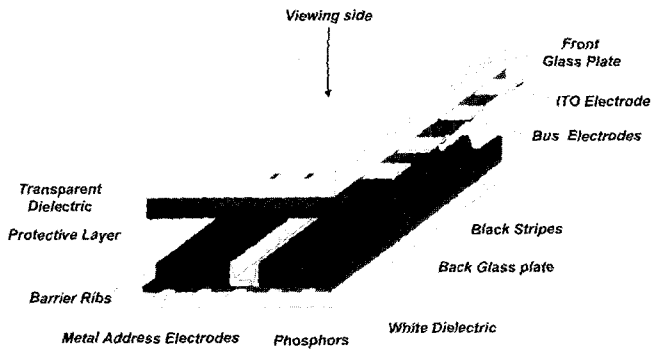


Fig. 1. AC PDP structure.

적의 세라믹 sheet를 제조하기 위한 저 비용 공정이다. 테이프 캐스팅은 일반적으로 수십에서 수백 마이크로 정도 두께의 그린 테이프를 제조하며 성형된 테이프의 밀도, 표면상태, 유연성 이외에 두께 조절도 중요하므로 이러한 특성에 영향을 미치는 슬러리의 성질을 조절하는 것이 매우 중요하다.

먼저 테이프 캐스팅 공정에서 물성의 최적화를 위해서 액상 매체에 세라믹 분말들의 적절한 분산을 요구한다. 이는 세라믹 공정시 분말의 높은 비표면적과 반데르발스 인력, 브라운 운동(Brownian motion)으로 인한 충돌로 인하여, 슬러리 내에서 입자들의 자발적인 응집이 일어나 성형체 내 결함의 원인이 되기 때문에, 성형의 최적화를 위해서는 이러한 응집이 일어나지 않도록 슬러리의 균일한 분산이 선행되어야 한다. 세라믹 분말 슬러리의 분산은 응집된 입자의 표면전위를 변화시키거나, 입자들 분산 매체에서 안정화시킬 수 있는 분산제를 첨가하여 정전기적 반발(electrostatic repulsion) 혹은 입체안정화(steric stabilization) 기구를 부여함으로써 조절할 수 있다. 특히 2차원적인 세라믹스 제조에 적합한 테이프 캐스팅에서 고품질의 세라믹 테이프를 제조하기 위해서는 완전분산이 바람직하므로, 분산제들의 첨가가 투명유전체 파우더 입자의 분산 및 점도특성에 미치는 영향을 관찰하였다.

그린 테이프 및 소결체 물성과 점성거동간의 관계에 대한 연구에 따르면 슬러리의 점도는 그린 테이프의 물성 뿐만 아니라 소결체의 미세조직 등에도 영향을 미친다. 분산안정성은 이후 물성에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 인자이므로, 세라믹 고형물과 결합제, 가소제 등 각 조성물 첨가비에서 결합제와 가소제의 첨가에 따른 유동 특성 연구가 선행되어야 한다.¹⁻³⁾

따라서 결합제, 가소제 등의 유기 첨가제의 함량과 조성비 조절이 넓은 범위의 조성영역에서 제조된 슬러리의 유동특성을 관찰하였으며, 이들 슬러리로 성형한 테이프들의 밀도와 인장시험에서의 강도 및 변형률 등 기계적 특성변화를 관찰하여 유기물의 함량과 그린 테이프의 물성간의 상관관계를 살펴보았다.

2. 실험방법

2.1. 분산 실험

PbO-B₂O₃-SiO₂ 조성을 갖는 투명유전체 분말의 특성을 알아보기 위해 입도분석(MICROTRAC X-100, Microtrac Inc., USA)을 실시한 결과 평균입경이 3.85 μm의 입경 크기를 나타내고, 비표면적을 BET (ASAP2010, Micromeritics Co., USA)법으로 측정된 결과 2.03 m²/g이었다.

용매로는 azeotropic 혼합물을 이루는 MEK (Methyl Ethyl Ketone) 60.48 vol%와 EtOH (Ethyl alcohol) 39.52 vol%의 혼합용매를 사용하였다. Azeotropic 혼합용매의 사용은 공정중 용매의 증발을 최소화할 수 있는 이점이 있다.¹⁰⁾ 분산제로는 fish oil (Aldrich Co., USA)와 SN Dispersant-9228, HIPLUS DS-106, Nopcosperse-092 (San Nopoco Korea, Ltd.)를 사용하였다.

각 분산제의 분산특성은 침전실험, 점도측정을 관찰하여 결정하였다.

침전실험에 있어서는 Mistler와 Twiname에 의해 추천된 방법¹¹⁾을 참조하였다. 투명유전체 분말 20 g과 용매 18 ml에 fish oil, SN Dispersant-9228, HIPLUS DS-106, Nopcosperse-092 각각 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 g씩 첨가시켜 24시간 ball milling하였다. 분산된 슬러리들은 25 ml 실린더에 채운 후 밀봉시키고 완전히 침전 될 때 까지 방치시킨 후 침전물의 높이를 측정하였다.

최적의 분산제량을 결정하기 위해서 침전법에 가장 좋은 특성을 보이는 fish oil에 대해서 회전형 점도계를 사용하여 점도측정을 실시하였다.

2.2. 테이프의 제조

결합이 없는 높은 밀도의 소결체를 얻기 위해서는 먼저 균일하고 고충전된 슬러리를 제조하는 것이 중요하다. 이를 위해 분산특성에서 결정된 최적의 분산제량 fish oil (1.53 wt%)를 첨가하여 용매 내 분체의 분산 안정성을 유지하도록 하였다.

결합제로는 PVB (Polyvinyl Butyral, Monsanto, USA), 가소제는 DBP (Dibutyl Phthalate, Aldrich, USA)와 PEG (PolyEthylene Glycol, Aldrich, USA)를 각각 사용하였다.

결합제와 가소제의 총 첨가량과 조성비는 투명유전체 파우더에 대한 투명유전체 파우더와 유기물의 중량비(f/(f+o))와 결합제에 대한 결합제와 가소제의 중량비(b/(b+p))를 변화시켜 조절하였으며, Table 1과 같이 조합하였다.

Table 1의 1-5는 결합제와 가소제의 중량비 b/(b+p)=0.75로 고정시키고 두성분의 함량이 파우더와 중량비(f/(f+o))를 0.85에서 0.95까지 변화시킨 조성들이고, 6-10은 결합제와 가소제의 중량비(b/(b+p))를 0.55에서 0.95까지의 조성들로 f/(f+o)=0.9로 고정하였다. 가소제로 DBP와 PEG

Table 1. Batch Compositions of Slurries before Deairing (wt%)

| Component Batch | Powder | Binder | Plasticizer | Dispersant | Solvent |
|--------------------|--------|--------|-------------|------------|---------|
| 1 | 56.87 | 7.53 | 2.50 | 0.87 | 32.23 |
| 2 | 59.04 | 4.95 | 1.65 | 0.90 | 33.46 |
| 3 | 59.50 | 4.41 | 1.47 | 0.91 | 33.71 |
| 4 | 59.92 | 3.91 | 1.30 | 0.92 | 33.95 |
| 5 | 61.14 | 2.45 | 0.82 | 0.94 | 34.65 |
| 6 | 59.04 | 3.63 | 2.97 | 0.90 | 33.46 |
| 7 | 59.04 | 4.29 | 2.31 | 0.90 | 33.46 |
| 8 | 59.04 | 4.95 | 1.65 | 0.90 | 33.46 |
| 9 | 59.04 | 5.60 | 1.00 | 0.90 | 33.46 |
| 10 | 59.04 | 6.27 | 0.33 | 0.90 | 33.46 |

두 종류가 사용되기 때문에, 가소제 첨가 시 중량비가 1 (DBP) : 1(PEG)이 되게 혼합해서 사용하였다. 여기서 f는 투명유전체 파우더(frit), b는 결합제(binder), p(plasticizer), o는 결합제와 가소제의 총합량(binder + plasticizer)을 의미한다.

분산제, 가소제 및 결합제를 동시에 혼합하면 유기물들이 입자 표면에 경쟁적으로 흡착되어 완전한 분산을 어렵게 하기 때문에 용매, 분산제, 투명유전체 파우더를 지르코니아 볼을 사용하여 볼 밀링으로 1차 혼합한 후 결합제, 가소제를 첨가하고 2차 볼 밀링을 하여 균일한 슬러리를 제조하였다.

혼합된 슬러리는 소포제(SN-8024L, San Nopco Korea, Ltd.)를 첨가하여 진공 탈포 후 닥터 블레이드(STC-14A, Hansung System Inc., Korea)장치를 이용하여 Mylar 필름 위에 테이프로 성형하였다. 캐스팅한 테이프는 상온에서 건조하였다.

2.3. 물성 평가

슬러리들의 점도측정은 회전형 점도계(VISCOMETER DV-II+, Brookfield Co., USA)를 사용 하였고, 측정 시 온도는 약 25°C이었다.

그린 테이프의 밀도(green density)는 증류수를 끓여 시편의 개폐기공에 물은 침투시켜 측정하는 일반적인 방법으로는 테이프의 변형이 일어나므로 수정된 아르키메데스법⁴⁾을 이용하여, 4×4 cm로 재단한 테이프의 건조 무게와 상온에서 물이 개기공 내로 들어가기 직전의 수중 무게를 측정하여 계산하였다.

$$D_g = \frac{W_d}{W_d - W_o} \tag{1}$$

- D_g : 테이프의 밀도
- W_d : 테이프의 건조 무게
- W_o : 테이프의 수중 무게

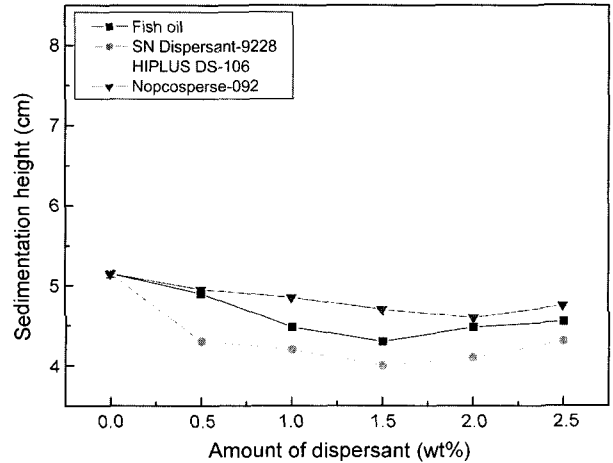


Fig. 2. Sedimentation height of suspensions as a function of amount of dispersants after settling for 3 days.

그린 테이프의 인장강도와 최대 변형률은 universal testing machine(Instron 4465, U.K.)을 측정하였다. 시편 제작 및 측정은 ASTM D 638IV에 따라 행하였고, 측정시 시편은 기계적 고정에 의해 발생하는 파손 및 변형을 방지하기 위해 pressurized grip을 이용하여 고정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분산 특성

슬러리의 조성물 중 분산제는 첨가용매의 양을 최소화 하며 응집을 방지하여 균일한 슬러리를 제조하기 위한 목적으로 첨가되는 것이다.⁶⁾

분산 특성을 평가하는 방법 중 가장 일반적인 것은 분산제 첨가량에 따른 침전높이를 측정하는데 이는 분산이 잘될수록 침전된 입자들의 총전밀도가 높아 침전 높이가 낮아지는데 기인한다.⁷⁾ Fig. 2는 분산제의 종류와 양의 변화에 따른 침전물의 높이를 보여준다. 분산제의 양을 투명유전체 파우더 대비 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 wt%으로 고정했을 때, fish oil의 경우에는 40시간 후에 침전이 완료되었고, SN Dispersant-9228의 경우는 10시간 후, HIPLUS DS-106의 경우는 30시간 후, Nopcosperse-092의 경우는 3 시간 후 각각 침전이 완료 되었다. Fish oil의 경우 1.5 wt%를 넣었을 경우 침전높이가 가장 낮았고, 첨가량이 증가할수록 침전높이도 증가하였다. Nopcosperse-092의 경우 2.0 wt%까지 침전높이가 감소하다가 다시 증가하고, HIPLUS DS-106의 첨가는 침전 높이를 증가시켜 분산에 도움이 되지 않는다. SN Dispersant-9228의 경우는 다른 분산제에 비해 침전높이는 가장 낮으나, 침전시간이 매우 짧기 때문에 분산효과가 떨어진다고 볼 수 있다. 일반적으로 분산제는 입자의 표면에 고분자 전해물을 흡착시켜 분산상태를 안정화시켜주기 때문에, 분산제가 적절하게 흡착되

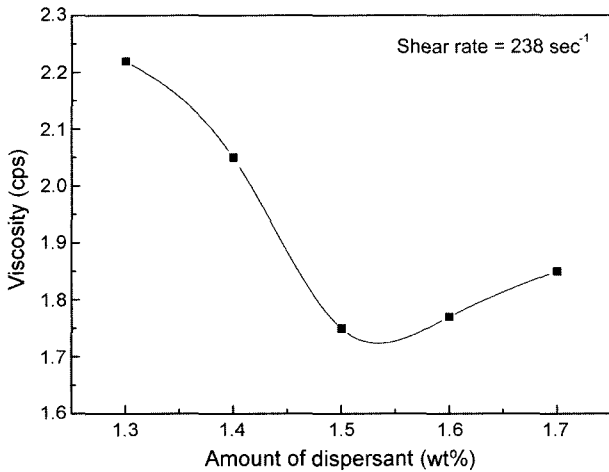


Fig. 3. Variation of viscosity with amount of fish oil as dispersant.

어야 분산이 잘되고, 분산상태가 안정하게 유지되면 침전되는 속도는 느려져 침전물의 충전밀도가 높아지기 때문에 침전 높이는 낮아지게 된다고 알려져 있다. 침전 높이가 낮고 분산 안정화 유지시간이 길었던 fish oil이 투명유전체 파우더의 분산에 효과적으로 작용함을 알 수 있었다.

Fig. 3은 침전법에서 가장 좋은 특성을 보인 fish oil의 최적 분산제량을 결정하기 위하여 40 vol%의 투명유전체 파우더를 첨가한 용매에 fish oil을 1.3 wt%에서 1.7 wt%까지 변화하여 제조한 슬러리의 점도를 shear rate 238 cm^{-1} 에서 관찰한 결과이다. Fish oil의 첨가량이 증가함에 따라 점도는 감소하다가 1.53 wt%에서 최소 점도를 나타낸 후 증가함이 관찰되므로 1.53 wt%를 최적 분산제 첨가량으로 결정하였다. 분산제의 양이 적정량보다 적은 경우는 분말이 2차 응집체의 형태로 유지되며 이 경우 용매가 2차 응집체의 거대 공극사이에 존재하여 용매 부족현상이 일어나 균일한 혼합이 어렵게 된다. 그러나 분산제량이 증가함에 따라 입자 표면에 흡착된 고분자 기능기들의 상호 반발에 의해 2차 응집체는 분리되고 입체 장벽 안정화(steric stabilization) 기구에 의해 분산이 이루어져 점도가 감소하게 된다.⁵⁾ 1.53 wt%에서 최소의 점도를 나타낸 후 이 이상의 분산제가 첨가되면 점도가 상승하게 되는데 이것은 첨가된 분산제의 흡착 고분자들 간의 교차 결합 효과에 기인한다.

균일한 슬러리를 제조하기 위해서는 용매에 대한 입자의 분산 안정성 이외에도 결합제 및 유기 조성물의 유동성이 확보되어야 한다. 결합제의 유동은 첨가되는 고형물과 결합제의 양이 증가할수록 감소한다. Karas 등에 의하면 그런 테이프의 기계적 물성 등 재특성이 점도조절과 밀접한 관계가 있다.⁸⁾ 따라서 고정된 용매 양에서 결합제와 가소제의 총 함량과 상대비 변화에 따른 점도 변화를 관찰하였다.

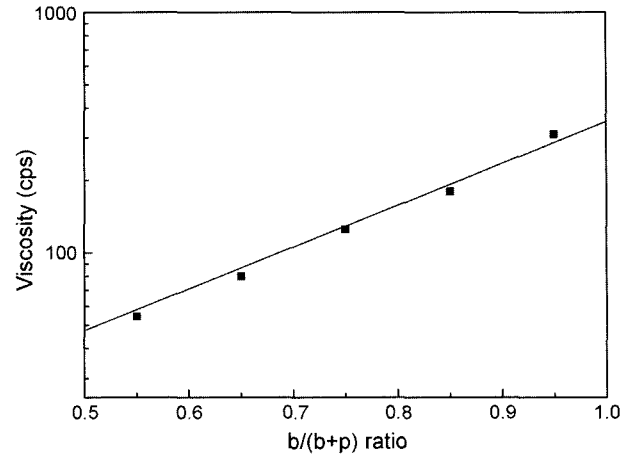


Fig. 4. Effect of $b/(b+p)$ ratio on viscosity of slurry containing 40 vol% of transparent dielectric powder, where $f/(f+o)$ ratio was fixed as 0.9.

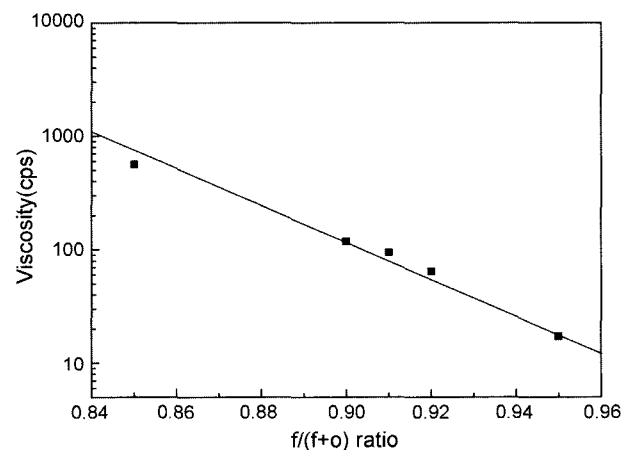


Fig. 5. Effect of $f/(f+p)$ ratio on viscosity of slurry containing 40 vol% of transparent dielectric powder, where the $b/(b+p)$ ratio was fixed as 0.75.

Fig. 4는 40 vol%의 투명유전체 파우더를 분산시켜 제조한 현탁액에 결합제와 가소제의 총함량($f/(f+o)$)은 일정하게 하면서, 상대 함량비($b/(b+p)$)를 변화시켜 제조한 슬러리의 겔보기 점도를 관찰한 결과이다. 겔보기 점도는 결합제의 상대 함량이 증가함에 따라 지수 함수적으로 증가 하였다. 결합제 양에 따른 겔보기 점도의 지수 함수적 증가는 가소제가 윤활작용을 하고, 결합제는 입자간 가교 역할에 의해 점도를 증가시키기 때문이다.⁹⁾

Fig. 5는 일정한 용매에 40 vol%의 유전체 파우더를 분산시켜 제조한 현탁액에 결합제와 가소제의 상대 함량비($b/(b+p)$)는 일정하게 유지하면서, 총함량($f/(f+o)$)을 변화시켜 혼합한 슬러리의 겔보기 점도를 관찰한 결과이다. $f/(f+o)$ 가 커짐에 따라 겔보기 점도가 지수적으로 감소하였다. $f/(f+o)$ 가 커질수록 점도가 감소하는 것은 투명유전체 파우더의 함량비가 증가함에 따라 입자간 가교 역할을 하

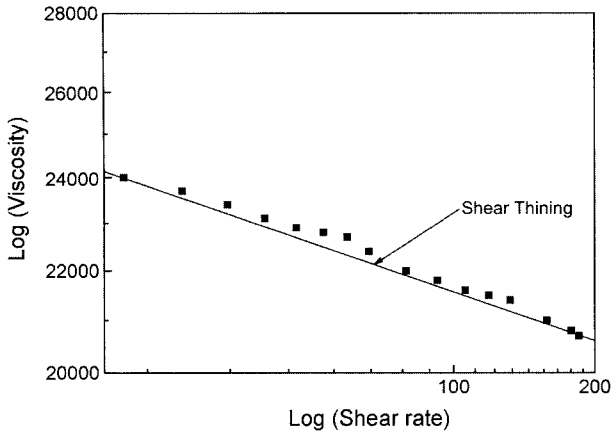


Fig. 6. Variation of log(viscosity) with log(shear rate) for the flow behavior.

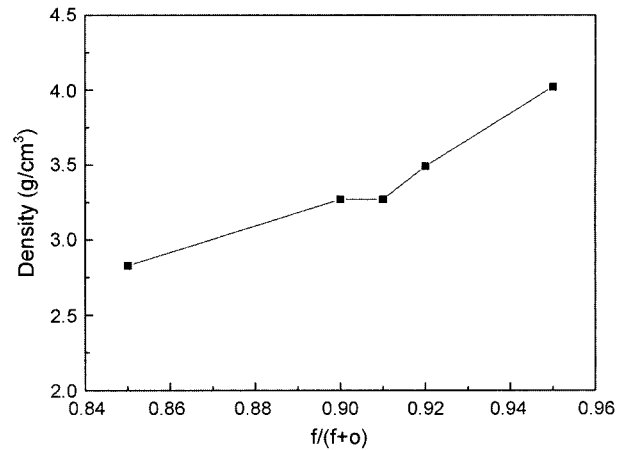


Fig. 7. Density of green sheets as a function of $f/(f+o)$ weight ratio, where the $b/(b+p)$ weight ratio was fixed as 0.75.

는 결합제의 상대량도 일정한 비로 감소하기 때문이다.¹⁰⁾ 슬러리의 유동특성은 실질적으로 유체의 shear stress 변화와 점도 변화이고, 캐스팅 과정은 슬러리에 많은 다른 전단력을 들여온다. 테이프 캐스팅 슬러리의 대부분은 의가소성(pseudoplastic) 거동으로 잘 기술된다. 이 거동을 나타내는 슬러리는 닥터 블레이드 전단 아래에 낮은 점도를 나타 낼 것이다. 그러나 블레이드로부터 지나간 부분은 높은 점도를 보이면서 성형체 형상유지에 유리하다. 의가소성 슬러리는 “shear thinning”의 특색을 가지는 것으로 기술 할 수 있다.¹¹⁾

모든 슬러리들은 전단속도(shear rate)가 증가함에 걸보기 점도는 감소하는 shear thinning을 보여준다. Fig. 6은 $f/(f+o)=0.95$, $b/(b+p)=0.75$ 일 때 shear thinning을 보여준다. 혼합한 슬러리는 너무 점도가 낮고 많은 기포를 함유하고 있으므로, 이를 제거하기 위해 미량의 소포제를 첨가하여 탈포 공정을 수행하였다.

3.2. Green Sheet의 특성

제조된 그린시트에 대하여 밀도 및 기계적 특성에 대하여 조사하였다.

투명유전체 파우더와 유기물의 총량에 대한 투명유전체 파우더의 함량비를 변화 시킨 Table 1의 조성 1, 2, 3, 4 및 5로부터 제조된 그린시트 밀도의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 유기물 감소에 따라 밀도는 증가하는 경향을 보여준다. 이러한 결과는 유기물이 감소함에 따라 투명유전체 파우더 입자간 거리 단축이 일어나 밀도가 증가하는 것으로 생각된다.

Fig. 8은 $b/(b+p)$ 를 변화시킨 Table 2의 조성 6, 7, 8, 9 및 10으로부터 제조된 그린 시트의 밀도를 나타내었다. 밀도는 결합제와 가소제의 중량비 $b/(b+p)=0.75$ 가 될 때까지 증가하다가 그 이후로 감소한다.

결합제량이 증가함에 따라 밀도가 계속 증가하지 않고,

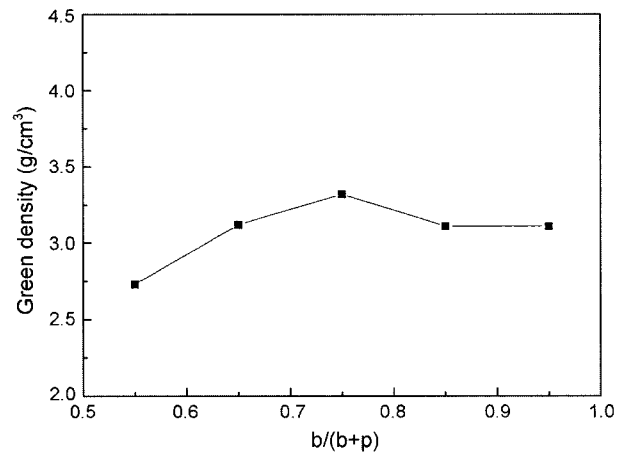


Fig. 8. Density of green sheets as a function of $b/(b+p)$ weight ratio, where the $f/(f+o)$ weight ratio was fixed as 0.9.

$b/(b+p)=0.75$ 일 때 높은 값을 나타내는 것은 가소제의 윤활작용이 입자간 미끄러짐을 일으키고, 입자배열을 용이하게 하기 때문이다.¹⁰⁾

결합제와 가소제의 함량비가 $b/(b+p)=0.75$ 로 고정한 경우 유기물(결합제 + 가소제) 함량증가에 따라 그린시트의 인장강도 및 최대변형률이 모두 증가하는 것을 볼 수 있다. Fig. 9는 투명유전체 파우더와 유기물의 총량에 대한 투명유전체 파우더의 함량($f/(f+o)$)을 변화시켜가면서 제조한 슬러리들로 성형한 그린시트를 인장하며 관찰한 최대변형률 결과이다. Fig. 10은 최대변형률을 관찰한 그린시트들의 인장강도 결과이다.

투명유전체 파우더 대비 유기물 함량이 5 wt%($f/(f+o)=0.95$)인 Table 1에서 조성 5의 그린 시트는 낮은 인장강도와 최대변형률로 인해 가공성 및 취급 용이성이 좋지 못하였다. 이에 비해 유기물 함량이 15 wt%($f/(f+o)=0.85$)인 조성 1의 그린시트는 인장강도와 최대변형률이 모두

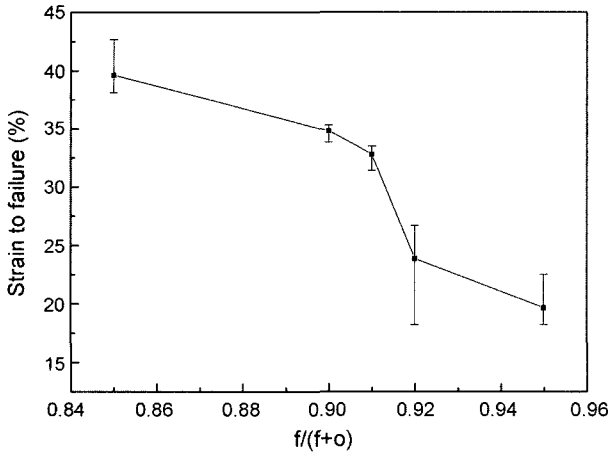


Fig. 9. Strain failure of green sheets as a function of f/(f+o) weight ratio.

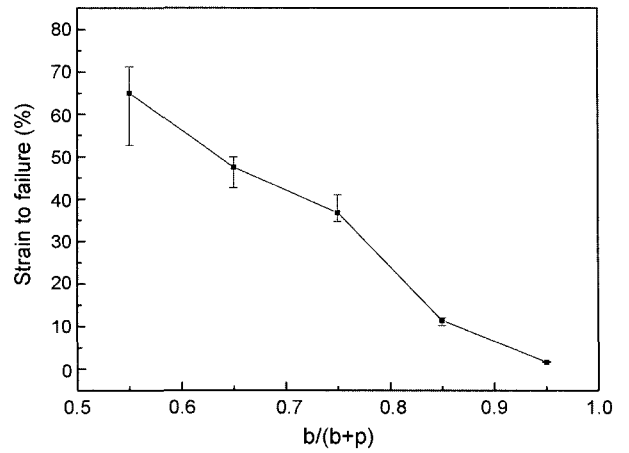


Fig. 11. Strain to failure of green sheets as a function of b/(b+p) ratio.

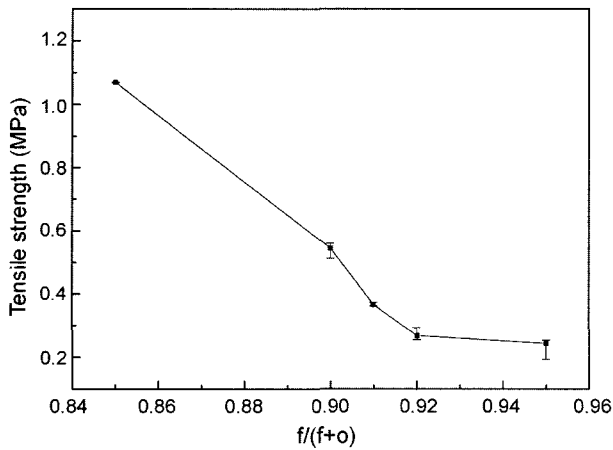


Fig. 10. Tensile strength of green sheets as a function of f/(f+o) ratio.

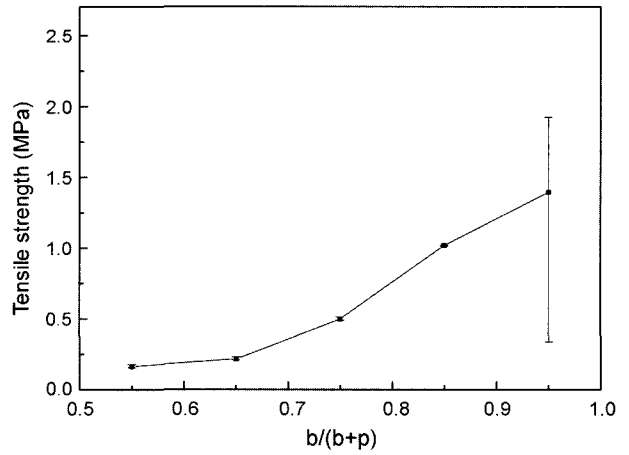


Fig. 12. Tensile strength of green sheets as a function of b/(b+p) ratio.

가장 높은 값을 가지나, 많은 양의 유기물로 인한 탈지 특성이 나쁘고, 소성 수축률도 큰 단점이 발생할 수 있다. 유기물 함량이 9 wt%(f/(f+o)=0.91) 및 10 wt%(f/(f+o)=0.9)인 조성 3 및 2의 그린시트들은 가공성 및 취급용이성이 우수한 인장강도 및 최대변형률을 가지고 있었다.

유기물 함량을 10 wt%(f/(f+o)=0.9)로 고정한 경우 결합제와 가소제는 각 성분의 역할에서 예상되는 바와 같이 결합제의 상대적인 양이 증가함에 따라 그린시트의 인장강도는 증가하나 최대변형률은 감소함을 보여준다.

Fig. 11은 첨가되는 결합제와 가소제 각 성분이 물성에 미치는 영향을 이해하고자 결합제와 가소제의 총 함량은 일정하게 유지한 후 결합제와 가소제의 비(b/(b+p))를 변화시켜 제조한 그린시트들을 인장하며 관찰한 최대변형률 결과이다. Fig. 12는 유기물 함량을 일정하게 하고 결합제와 가소제의 비를 조절하며 관찰한 파괴인장 강도 결과이다.

결합제의 상대함량 증가에 따라 최대 변형률은 65.1%

에서 1.70% 정도로 감소하였으며, 투명유전체 파우더 함량비에 따른 최대 변형률 변화보다 그 범위가 크게 나타났다. 따라서 가소제 첨가에 의한 유연성 증가는 투명유전체 파우더 함량비 감소에 의한 소성 변형능 증가보다 크다고 볼 수 있다.

결합제의 분율이 증가함에 따라 인장 강도는 투명유전체 파우더 함량의 변화에 따른 인장강도 변화 보다 완만한 변화를 보였으며 0.16 MPa에서 1.39 MPa까지 증가하였다.

4. 결 론

비수계 공정으로 PbO-B₂O₃-SiO₂계 투명유전체 그린시트를 제작하기 위해 슬러리의 조성 및 공정조건을 확립하였다.

투명유전체 파우더와 용매 및 분산제가 첨가된 1차 ball milling에서 분산제 종류 및 양을 결정하기 위해 침전실

험과 점도측정을 한 결과 이 슬러리의 최대 분산성은 분산제인 fish oil의 함량이 1.53 wt%에서 나타났다.

슬러리의 최적조성은 결합제(PVB)와 가소제(DBP+PEG)를 사용하여 그린시트의 특성으로부터 결정되었다. 그린시트의 밀도는 유기물(결합제 + 가소제)함량이 일정한 경우 결합제 : 가소제 = 3 : 1에서 높은 값을 보여주었고, 결합제와 가소제 함량비가 일정한 경우는 투명유전체 파우더의 함량이 증가할수록 밀도가 증가함을 볼 수 있었다.

유기물 함량이 일정한 경우 결합제의 함량이 증가함에 따라 그린시트의 인장 강도는 증가하나 최대변형률은 감소하였다. 결합제와 가소제의 함량비가 일정한 경우 그린시트의 인장강도 및 최대변형률은 유기물 함량에 따라 모두 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 21C 프론티어 연구개발사업의 지원(PDP-02-F)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. K. Otsuka, Y. Ohsawa, K. Yamada, and Sekibat, "A Study on the Alumina Ceramics Casting Conditions by the Doctor Blade Method and their Effect on the Properties of Green Tape(Part)," *Yogyo-Kyokai-Shi*, **94** [3] 351-59 (1986).
2. K. Otsuka, Y. Ohsawa, K. Yamada, and Sekibat, "A Study on the Alumina Ceramics Casting Conditions by the Doctor Blade Method and their Effect on the Properties of Green Tape(Part)," *Yogyo-Kyokai-Shi*, **94** [11] 1136-41 (1986).
3. K. Nagata, "Rheology behavior of Suspension and Properties of Green Sheet-Effect of Compatibility between Dispersant and Binder," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **100** [10] 1271-75 (1992).
4. R. E. Miltler, D. J. Shanefield, and R. B. Runk, "Tape Casting of Ceramics," pp. 411-88 in *Ceramic Processing before Firing*, Edited by G. Y. Onoda and L. L. Hench, Wiley, Kluwer Academic Publishers, New York, 1978.
5. M.-H. Lee, "Fabrication of All-Ceramic Crown Core Using Tape Casting," A Doctoral Thesis, Yonsei Univ. (1998).
6. R. Moreno, "The Role of Slip additives in Tape-Casting Technology : Part I-Solvents and Dispersants," *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **71** [10] 1521-31 (1992).
7. R. J. Hunter, "Effect of Polymer on Colloid Stability," pp. 54-6 in *Introduction to Modern Colloid Science*, Edited by Oxford, New York, 1997.
8. A. Karas, T. Kumagai, and W. R. Cannon, "Casting behavior and Tensile Strength of Cast BaTiO₃ Tape," *Adv. Ceram. Mater.*, **3** [4] 374-77 (1998).
9. L. Braun, J. R. Morris, Jr., and W. Toger Cannon, "Biscosity of Tape-Casting Slips," *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **64** [5] 727-29 (1995).
10. H. Choi, "The Lamination and Sintering Mechanism of Pore-Controlled Alumina Tapes," A Master's Thesis, Yonsei Univ. (1999).
11. R. E. Miltler and E. R. Twinaime, "Tape Casting Theory and Practice," *Am. Ceram. Soc. U.S.A.*, 2000.