



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월21일
(11) 등록번호 10-2315058
(24) 등록일자 2021년10월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 33/135 (2006.01) C04B 33/04 (2006.01)
C04B 33/24 (2006.01) C04B 33/32 (2006.01)
C04B 33/34 (2006.01) C04B 41/45 (2006.01)
C04B 41/85 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C04B 33/1357 (2013.01)
C04B 33/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0168269
- (22) 출원일자 2020년12월04일
심사청구일자 2020년12월04일
- (56) 선행기술조사문헌
KR101963211 B1*
KR100981358 B1*
KR1020030070204 A
KR1020040081689 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
재단법인 서울특별시 서울기술연구원
서울특별시 마포구 매봉산로 37, 8층서울기술연
구원(상암동,DMC산학협력연구센터)
김형준

(72) 발명자
기동원

강신영

(뒷면에 계속)

(74) 대리인
안병규

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 안국현

(54) 발명의 명칭 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법, 이에 적용되는 세라믹 점토 및 채색된 도자기 제조 방법

(57) 요약

하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법, 이에 적용되는 세라믹 점토 및 채색된 도자기 제조 방법 이 개시되며, 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법은, 세라믹 점토를 준비하는 단계; 상기 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 단계; 성형된 도자기를 1차 소성하는 단계; 및 1차 소성된 도자기를 2차 소성하는 단계를 포함하되, 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계는, Fe2O3를 중량비 20% 이상 포함하는 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합하여 상기 세라믹 점토를 제조하되, 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서, 상기 소각재는 중량비 기준으로 상기 기본 점토 대비 3% 이상 50% 이하로 포함될 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

COAB 33/24 (2013.01)

COAB 33/32 (2013.01)

COAB 33/34 (2013.01)

COAB 41/4598 (2013.01)

COAB 41/85 (2013.01)

서석만

(72) 발명자

김형준

명세서

청구범위

청구항 1

하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법에 있어서,
 세라믹 점토를 준비하는 단계;
 상기 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 단계;
 성형된 도자기를 1차 소성하는 단계; 및
 1차 소성된 도자기를 2차 소성하는 단계를 포함하되,
 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계는,
 Fe_2O_3 를 중량비 20% 이상 포함하는 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합하여 상기 세라믹 점토를 제조하되,
 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서,
 상기 세라믹 점토는, 상기 소각재를 중량비 기준으로 상기 기본 점토 대비 10% 이상 30% 이하로 포함하고,
 상기 2차 소성하는 단계에서 2차 소성되는 1차 소성된 도자기는 유약이 시유되지 않은 무유 상태이며,
 상기 2차 소성하는 단계는 1095℃ 이상 1195℃ 이하의 온도에서 수행되는 것인, 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 1차 소성하는 단계는 750℃ 이상 850℃ 이하의 온도에서 수행되는 것인, 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서,
 상기 소각재는, 중량비 기준, SiO_2 27.6% 이상 31.7% 이하, Fe_2O_3 20.1% 이상 25% 이하, Al_2O_3 14.4% 이상 14.8% 이하, P_2O_5 16% 이상 16.6% 이하, CaO 5.7% 이상 6% 이하 포함하는 것인, 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서,

상기 소각재는 입도 크기가 30 μm 이상 60 μm 이하인 것인, 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서,

상기 세라믹 점토는, 상기 물을 상기 소각재와 상기 기본 점토에 대하여, 중량비 기준으로 0.154~0.25L/kg 포함 되는 것인, 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

채색된 도자기 제조 방법에 있어서,

안료를 준비하는 단계;

세라믹 점토를 준비하는 단계;

상기 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 단계;

성형된 도자기를 1차 소성하는 단계;

상기 안료를 이용하여 1차 소성된 도자기의 표면을 채색하는 단계; 및

채색된 도자기를 2차 소성하는 단계를 포함하되,

상기 세라믹 점토를 준비하는 단계는,

Fe_2O_3 를 중량비 20% 이상 포함하는 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합하여 상기 세라믹 점토를 제조하되,

상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서,

상기 세라믹 점토는, 상기 소각재를 중량비 기준으로 상기 기본 점토 대비 10% 이상 30% 이하로 포함하고,

상기 2차 소성하는 단계에서 2차 소성되는 1차 소성된 도자기는 유약이 시유되지 않은 무유 상태이며,

상기 2차 소성하는 단계는 1095 $^{\circ}\text{C}$ 이상 1195 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도에서 수행되고,

상기 안료를 준비하는 단계는, 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재 및 물을 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조하는 것인, 채색된 도자기 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 안료를 준비하는 단계는,

상기 소각제로부터 Fe_2O_3 를 분리하고, Fe_2O_3 가 분리된 상기 소각재 및 물을 혼합 및 분쇄하여 상기 안료를 제조하는 것인, 채색된 도자기 제조 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 안료를 준비하는 단계는,

상기 소각재 및 투명유 및 물을 혼합 및 분쇄하여 상기 안료를 제조하는 것인, 채색된 도자기 제조 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 안료를 준비하는 단계는,

상기 소각재, 장식 및 물을 혼합 및 분쇄하여 상기 안료를 제조하는 것인, 채색된 도자기 제조 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 안료를 준비하는 단계는,

상기 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합 및 분쇄하여 상기 안료를 제조하는 것인, 채색된 도자기 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법, 이에 적용되는 세라믹 점토 및 채색된 도자기 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 하수슬러지 처리 및 처분 방법은 종래의 직접 매립이나 해양 투기는 금지되고 있으며, 소각 및 고형화 하여 처리하거나 퇴비, 매립지 복토제, 토양 개량제 등으로 사용되도록 폐기물관리법으로 규정하고 있다.

[0003] 하수슬러지 소각은 하수슬러지를 850℃ 온도에서 소각하는 방법으로 일반쓰레기 소각로(스토커형)와는 다른 유동상 소각로에서 소각하는 것이 일반적이며 연료 절약을 위하여 소각로 전단에 간접건조시설을 두고 있다. 국내 하수슬러지 소각 시 발생하는 소각재는 바닥으로 배출되는 바닥재와 연소가스 속에 함유된 분진 형태로 포집되는 비산재, 더스트로 구분된다. 일반적으로 바닥재는 중금속 농도가 낮은 것으로 알려져 있으며 비산재와 더스트에 다량의 중금속이 포함된 것으로 알려져 있다.

[0004] 종래의 하수슬러지의 활용 기술은 퇴비화 하는 방법, 내부발열제 점결제 및 물성보강제를 첨가하여 소성하여 자원화 하는 방법, 고화시켜 복토제로 사용하는 방법, 시멘트 원료로 재활용하는 방법 등이 있다.

[0005] 더 나아가, 근래에는 하수슬러지를 소각시켰을 때 발생하는 소각재를 재활용할 방안에 대한 필요성도 제기되어 왔다.

[0006] 본원의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-1684361호에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 하수슬러지 소각시 발생하는 소각재를 활용할 수 있는 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법, 이에 적용되는 세라믹 점토 및 채색된 도자기 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들도 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 일 측면에 따른 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법은, 세라믹 점토를 준비하는 단계; 상기 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 단계; 성형된 도자기를 1차 소성하는 단계; 및 1차 소성된 도자기를 2차 소성하는 단계를 포함하되, 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계는, Fe₂O₃를 중량비 20% 이상 포함하는 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합하여 상기 세라믹 점토를 제조하되, 상기 세라믹 점토를 준비하는 단계에서, 상기 소각재는 중량비 기준으로 상기 기본 점토 대비 3% 이상 50% 이하로 포함될 수 있다.

[0010] 본원의 일 측면에 따른 도자기 제조 방법에 이용되는 세라믹 점토는, Fe₂O₃를 중량비 20% 이상 포함하는 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재; 기본 점토; 및 물을 포함하되, 상기 소각재는 중량비 기준으로 상기 기본 점토 대비 3% 이상 50% 이하로 포함될 수 있다.

[0011] 본원의 일 측면에 따른 채색된 도자기 제조 방법은, 안료를 준비하는 단계; 세라믹 점토를 준비하는 단계; 상기 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 단계; 상기 안료를 이용하여 성형된 도자기의 표면을 채색하는 단계; 및 채색된 도자기를 소성하는 단계를 포함하되, 상기 안료를 준비하는 단계는, 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재 및 물을 혼합하여 안료를 제조할 수 있다.

[0012] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 하수슬러지 소각시 발생하는 소각재를 포함하는 세라믹 점토로 도자기가 제조될 수 있으므로, 소각재를 활용함과 동시에 세라믹 점토에 첨가되는 기본 점토의 첨가량을 줄일 수 있어, 하수슬러지를 활용하며 자원 낭비를 방지할 수 있다.

[0014] 또한, 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 하수슬러지 소각의 잔재물인 소각재를 포함하는 안료가 구현되고, 구현된 안료가 채색된 도자기 제조에 적용될 수 있으므로, 하수슬러지의 활용이 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1 내지 도 7은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-1 내지 시편 1-5 각각의 조건에 따라 세라믹 점토를 제조하는 것을 설명하는 사진이다.

도 8 내지 도 12는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-1 내지 시편 1-5 각각의 조건에 따라 제조된 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 것을 설명하는 사진이다.

도 13은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-1 내지 시편 1-5 중 적어도 일부의 1차 소성 후 사진이다.

도 14는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-3의 2차 소성 후 사진이다.

도 15는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-5의 2차 소성 후 사진이다.

도 16은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-4 및 1-1의 2차 소성 후 사진이다.

도 17은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1의 시편 1-1 내지 시편 1-5를 분석한 표이다.

도 18은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 2의 시편 2-1 내지 2-4를 분석한 표이다.

도 19 내지 도 21은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3을 실시하기 위한 소각재, 백자토 및 진공 토련기 각각의 사진이다.

도 22 및 도 23은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 완전 건조된 백자토를 준비하는 것을 설명하기 위한 사진이다.

도 24 내지 도 29는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 시편 3-1 내지 3-6 각각의 조건에 따라 세라믹 점토를 제조하는 것을 설명하는 사진이다.

도 30은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 시편 3-1 내지 3-6 각각에 따른 세라믹 점토로 제조된 점토판 사진이다.

도 31은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 시편 3-1 내지 3-6 중 하나의 점토판(시편)을 가마재입하는 것을 설명하는 사진이다.

도 32은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 2차 소성 후 사진이다.

도 33은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작된 점토판의 휘어짐 정도를 확인할 수 있도록 사진들이 정리된 표이다.

도 34는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작된 점토판의 수축율을 확인할 수 있도록 사진들이 정리된 표이다.

도 35는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-1, 3-2 및 3-3 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.

도 36은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-1, 3-2, 3-3 및 그외의 소성 결과물의 휘어짐 정도를 확인할 수 있는 사진을 포함하는 표이다.

도 37은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-1, 3-2, 3-3 및 그외의 소성 결과물의 수축율 확인할 수 있는 사진을 포함하는 표이다.

도 38 및 도 39는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 시편 3-1 내지 3-6 각각의 조건에 따라 제조된 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 것을 설명하는 사진이다.

도 40 및 도 41은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 시편 3-2 또는 3-3의 2차 소성 후 결과물이다.

도 42는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 1245℃ 2차 소성 시 유약 유무에 상관없이 형태는 잘 유지되나 기물이 상판에 눌러 붙어 자국이 생기거나 상판코팅제가 뜯어져 나옴을 확인하게 하는 사진이다.

도 43은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-4, 3-5 및 3-6 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 휘어짐 정도를 확인할 수 있는 사진이다.

도 44는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-4, 3-5 및 3-6 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 수축율을 확인할 수 있는 사진이다.

도 45 내지 도 48은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3의 시편 3-4 및 3-5 중 하나 또는 3-5 및 3-6 중 하나에 의해 도자기 시제품을 제작하는 것을 설명하는 사진과, 그 결과와 관련된 사진이다.

도 49 및 도 50은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 시편 4-1 내지 4-9 각각의 조건에 따라 세라믹 점토를 제조하는 것을 설명하는 사진이다.

도 51은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 시편 4-1 내지 3-9 중 하나의 점토판(시편)을 가마재입하는 것을 설명하는 사진이다.

도 52는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작된 점토판의 점토판의 2차 소성 후 사진이다.

도 53은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작된 점토판의 휘어짐 정도를 확인할 수 있도록 사진들이 정리된 표이다.

도 54는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작된 점토판의 수축율을 확인할 수 있도록 사진들이 정리된 표이다.

도 55는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-1, 4-2 및 4-3 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.

도 56은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-1, 4-2 및 4-3 및 그외의 소성 결과물의 휘어짐 정도를 확인할 수 있는 사진을 포함하는 표이다.

도 57은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-1, 4-2 및 4-3 및 그외의 소성 결과물의 수축율을 확인할 수 있는 사진을 포함하는 표이다.

도 58 내지 도 62는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 시편 4-1에 따라 도자기를 성형하는 것을 설명하는 사진이다.

도 63은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)의 1차 소성 후 결과물, 시편 4-4, 4-5 및 4-6 각각의 2차 소성후의 사진이다.

도 64는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)의 1차 소성 후 결과물, 시편 4-4 내지 4-6 및 그 외의 소성 결과물의 사진을 포함하는 표이다.

도 65는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)의 1차 소성 후 결과물, 시편 4-4 내지 4-6 및 그 외의 소성 결과물의 수축율을 확인할 수 있는 사진을 포함하는 표이다.

도 66 내지 도 68은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 시편 4-4에 따라 도자기를 제작하는 것을 설명하는 사진이다.

도 69는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나의 점토)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-7 내지 4-9 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.

도 70은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나의 점토)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-7 내지 4-9 각각의 소성 결과물의 사진이 정리된 표이다.

도 71은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나의 점토)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-7 내지 4-9 각각의 수축율을 확인할 수 있는 사진이 정리된 표이다.

도 72 내지 도 76은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 4의 시편 4-7에 따라 도자기 시제품을 제작하는 것을 설명하는 사진이다.

- 도 77은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 완전 건조 후 사진이다.
- 도 78은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 800℃ 1차 소성 후 사진이다.
- 도 79는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1145℃ 2차 무유 소성후의 사진이다.
- 도 80은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 무유 소성후의 사진이다.
- 도 81은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 투명유 소성후의 사진이다.
- 도 82는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 800℃ 1차 소성 후 휘어짐 정도를 보여주는 사진이다.
- 도 83은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1145℃ 2차 무유 소성후의 휘어짐 정도를 보여주는 사진이다.
- 도 84는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 무유 소성후의 휘어짐 정도를 보여주는 사진이다.
- 도 85는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 3 및 4의 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 투명유 소성후의 휘어짐 정도를 보여주는 사진이다.
- 도 86은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1 내지 4에 따른 소성 온도의 적합성이 정리된 표이다.
- 도 87a는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1 내지 4에 따른 소각재 첨가율, 2차 소성 온도, 유약 시유 유무에 따른 발색도가 정리된 표이다.
- 도 87b는 소각재 첨가율, 2차 소성 온도, 유약 시유 유무에 따른 휘어짐의 정도가 정리된 표이다.
- 도 87c 내지 도 87f는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 실시예 1 내지 4의 실험 결과가 정리된 표이다.
- 도 88은 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 소각재 첨가율에 따른 흡수율이 정리된 표이다.
- 도 89는 본원의 일 실시예에 따른 도자기 제조 방법의 A사 백자토의 성분 함량 및 B사 백자토의 성분 함량 각각이 도시된 표이다.
- 도 90은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 준비된 소각재의 사진이다.
- 도 91은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-1에 의해 채색된 시편(도자기)의 소성 후 사진이다.
- 도 92는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-2를 분쇄 시간별로 복수 개로 만들고, 만들어진 복수 개의 시료 5-2 각각이 채색된 시편의 소성 후 사진이다.
- 도 93은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3을 분쇄 시간별로 복수 개로 만들어진 것의 사진이다.
- 도 94는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3과 관련된 시험의 시편 및 채색 도구이다.
- 도 95는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3의 채색이 이루어지는 것을

설명하기 위한 사진이다.

도 96은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3과 관련된 실험의 시유가 이루어지는 것을 설명하는 사진이다.

도 97은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3의 분쇄 시간별로 복수 개로 만들어진 복수의 시료가 채색된 입체 항아리의 소성 전 사진이다.

도 98은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3의 분쇄 시간별로 복수 개로 만들어진 복수의 시료가 채색된 평면 도판의 소성 전 사진이다.

도 99는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3의 분쇄 시간별로 복수 개로 만들어진 복수의 시료가 채색된 입체 항아리의 소성 후 사진이다.

도 100은 도 99의 소성 후의 입체 항아리의 일부가 확대된 사진이다.

도 101은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3의 분쇄 시간별로 복수 개로 만들어진 복수의 시료가 채색된 평면 도판의 소성 후 사진이다.

도 102는 도 101의 소성 후의 평면 도판의 일부가 확대된 사진이다.

도 103 및 도 104는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-3의 60 시간 분쇄한 시료를 준비하고, 미디엄(글리세린)을 첨가하여 채색하는 실험을 설명하는 사진이다.

도 105는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-4의 소각재로부터 철 성분을 제거하는 것을 설명하기 위한 사진이다.

도 106은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-5를 분쇄 시간별로 준비한 10개의 시료이다.

도 107은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-5와 관련된 실험을 설명하는 사진이다.

도 108은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-5의 분쇄 시간별로 복수 개로 만들어진 복수의 시료가 채색된 입체 기물의 사진과 평면 도판의 사진이다.

도 109는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 완전 건조된 투명유를 준비하는 방법을 설명하기 위한 사진이다.

도 110은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6과 관련된 실험을 설명하기 위한 사진이다.

도 111은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6의 미분쇄시간별로 제조된 10개의 시료의 사진이다.

도 112 및 도 113은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6의 미분쇄시간별로 제조된 10개의 시료를 시편에 채색하는 것을 설명하는 사진이다.

도 114는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6의 실험과 관련하여 유약시유를 설명하는 사진이다.

도 115는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6의 미분쇄시간별로 제조된 10개의 시료가 채색된 시편의 소성 전 사진이다.

도 116은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6의 미분쇄시간별로 제조된 10개의 시료가 채색된 시편의 소성 후 사진이다.

도 117은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-6의 60 시간 미분쇄된 시료에 미디엄을 첨가하여 시문한 것의 소성 전 사진과 소성 후 사진이다.

도 118은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-7의 실험과 관련된 재료의 사진이다.

도 119는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-7의 미분쇄시간별로 제조된

10개의 시료의 사진이다.

도 120은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-7의 미분쇄시간별로 제조된 10개의 시료가 채색된 시편의 소성 전 사진이다.

도 121은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-7의 미분쇄시간별로 제조된 10개의 시료가 채색된 시편의 소성 후 사진이다.

도 122는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-8의 실험과 관련된 재료의 사진이다.

도 123은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-8을 제조하는 방법을 설명하기 위한 사진이다.

도 124는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-8의 백자토 첨가 비율에 따른 복수의 시료의 사진이다.

도 125는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-8의 백자토 첨가 비율에 따른 복수의 시료를 시편에 시문하는 것을 설명하기 위한 사진이다.

도 126 내지 도 128은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시료 5-8의 백자토 첨가 비율에 따른 복수의 시료가 시문된 시편의 소성 후 사진이다.

도 129 및 도 130은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 실시예 5의 시편들에 대한 결과가 정리된 표이다.

도 131은 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법의 안료 제조시 안료의 분쇄 시간과 관련된 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0017] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되거나 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0018] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0019] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0020] 본원은 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법, 이에 적용되는 세라믹 점토 및 채색된 도자기 제조 방법에 관한 것이다.
- [0021] 먼저, 본원의 일 실시예에 따른 하수슬러지 소각재를 활용한 도자기 제조 방법(이하 '본 도자기 제조 방법'이라 함)에 대해 설명한다.
- [0022] 본 도자기 제조 방법은 세라믹 점토를 준비하는 단계(제1 단계)를 포함한다.
- [0023] 제1 단계는, 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합하여 세라믹 점토를 제조한다. 기본 점토는 백자토일 수 있다.
- [0024] 또한, 소각재는 Fe₂O₃를 중량비 기준 20% 이상 포함한다. 예를 들어, 제1 단계에서, 소각재는 중량비 기준, SiO₂ 27.6% 이상 31.7% 이하, Fe₂O₃ 20.1% 이상 25% 이하, Al₂O₃ 14.4% 이상 14.8% 이하, P₂O₅ 16% 이상 16.6% 이하, CaO 5.7% 이상 6% 이하 포함할 수 있다. 또한, 제1 단계에서, 소각재는 입도 크기가 30 μm 이상 60 μm 이하일 수 있다.

- [0025] 또한, 제1 단계에서, 소각재는 중량비 기준으로 기본 점토 대비 3% 이상 50% 이하로 포함된다. 또한, 제1 단계에서, 세라믹 점토는, 물을 소각재와 기본 점토에 대하여, 중량비 기준으로 0.154~0.25L/kg 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 제1 단계에서 기본 점토는 수분이 있는 상태일 수 있다. 또는 완전 건조된 것일 수 있다. 또한, 제1 단계는 손반죽(이를 테면, 꼬박밀기 등), 기계 혼합 등 중 하나 이상의 방법으로 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합할 수 있다. 제1 단계가 기계 혼합으로 수행될 경우, 진공 토련기에 의해 소각재, 기본 점토 및 물이 혼합될 수 있다. 다만, 제1 단계는 진공 토련기를 사용하여 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0027] 또한, 본 도자기 제조 방법은 세라믹 점토로 도자기를 성형하는 단계(제2 단계)를 포함한다. 여기에서 도자기라 함은 입체기물, 평면기물 등을 포함하는 개념으로서, 다양한 형태와 용도를 가질 수 있다. 따라서, 제2 단계는 도자기의 형태(타입) 등에 따라, 다양한 방법으로 수행될 수 있는데, 이를 테면, 물레 성형, 석고 가압 성형, 프레스 등 다양한 방법으로 수행될 수 있다.
- [0028] 또한, 본 도자기 제조 방법은 성형된 도자기를 1차 소성하는 단계(제3 단계)를 포함한다. 제3 단계는 750℃ 이상 850℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있다. 보다 바람직하게, 제3 단계는 800℃에서 수행됨이 바람직하다.
- [0029] 또한, 제3 단계와 후술하는 제4 단계 사이에는 유약을 시유하는 단계가 수행될 수 있다. 유약은 투명유일 수 있다.
- [0030] 또한, 본 도자기 제조 방법은 1차 소성된 도자기를 2차 소성하는 단계(제4 단계)를 포함한다.
- [0031] 제4 단계는, 1095℃ 이상 1295℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0032] 예를 들어, 제4 단계는, 1195℃ 이상 1295℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있다. 이러한 경우, 제1 단계에서, 세라믹 점토는, 중량비 기준으로 소각재를 기본 점토 대비 3% 이상 40% 미만으로 포함할 수 있다. 또한, 이러한 경우, 제4 단계의 보다 바람직한 온도는 1245℃일 수 있다. 또한, 이러한 경우, 소성 시간은 11시간 이상 13시간 이하일 수 있고, 보다 바람직하게는 12시간일 수 있다.
- [0033] 또한, 제4 단계는 1095℃ 이상 1195℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다. 이러한 경우, 제1 단계에서, 세라믹 점토는, 중량비 기준으로 소각재를 기본 점토 대비 3% 이상 50% 미만으로 포함할 수 있다. 또한, 이러한 경우, 제4 단계는 1145℃에서 수행될 수 있다. 또한, 이러한 경우, 소성 시간은 8시간 이상 10시간 이하일 수 있고, 보다 바람직하게는 9시간일 수 있다.
- [0034] 참고로, 제3 단계 및 제4 단계에서 소성은 가마에서 도자기를 구워내는 과정을 말할 수 있다. 일반적으로 도자기는 기물을 성형하고 완전 건조되면 초벌구이한 후 유약을 발라 재벌구이 할 수 있으며, 목적에 따라 3차, 4차 소성을 하기도 하고 초벌구이와 재벌구이를 동시에 하는 막재벌을 하기도 할 수 있다. 이에 따라, 전술한 제3 단계는 초벌구이 역할을 할 수 있고, 제4 단계는 재벌구이 역할을 할 수 있으며, 본 도자기 제조 방법은 필요에 따라, 제4 단계 이후에 2차 소성된 도자기를 추가로 소성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0035] 또한, 소성방식은 산화염과 환원염이 있으며, 제3 단계 및 제4 단계는 산화염, 환원염 등 다양한 소성 방법으로 수행될 수 있다. 산화염 및 환원염은 통상의 기술자에게 자명하므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0036] 또한, 위에서 언급된 가마는 재래식 가마 또는 현대식 가마일 수 있는데, 사용하는 연료와 소성방식에 따라 선택될 수 있다. 참고로, 현대식 가마에 대해 설명하자면, 현대식 가마의 종류로는 위 그림과 같이 대차식 LPG 가마, 전기가마, 이동식 석유가마, 터널가마, 기름가마 등이 있을 수 있다. 전기가마는 전기를 사용해 가마 내부의 열선을 달구어 온도를 높이는 방법으로, 지정한 온도가 되면 자동으로 전원이 차단되어 사용이 편리하고 대기오염도 적어 현대 도예가들이 많이 사용하고 있다. 대량생산을 하는 공장시스템에서는 건조, 초벌, 유약 시유, 재벌이 연속적으로 진행되는 터널가마 혹은 대차식 가스가마가 주로 사용된다.
- [0037] 이하에서는, 실시예들을 통해 본원에 의한 효과를 구체적으로 확인한다. 본 도자기 제조 방법은 이하의 실시예들에 의해 뒷받침될 수 있다. 다시 말해, 이하의 실시예들은 본 도자기 제조 방법을 구체화한 것일 수 있다. 다만, 본원이 이하의 실시예에 의하여 제한되는 것은 아니다. 참고로, 본원에서 무유라 함은 유약 시유가 수행되지 않는 것을 의미할 수 있다. 또한, 이하의 실시예들에서 1145℃ 소성 및 1245℃ 소성이라 함은 2차 소성을 의미할 수 있다.
- [0038] [실시예 1]
- [0039] [시편1-1]

- [0040] 실험 재료: 백자토 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0041] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0042] 백자토: B사 백자토
- [0043] 도자기 성형 방법: 물레성형(Throwing)
- [0044] 소성방법: 800℃에서 1차 소성, 유약 시유, 1245℃ 2차 소성/ 산화염
- [0045] 유약 및 가마: 고화도 유약 (투명유), 전기 가마
- [0046] [시편 1-2]
- [0047] 실험 재료: 백자토 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0048] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0049] 백자토: B사 백자토
- [0050] 도자기 성형 방법: 물레성형(Throwing)
- [0051] 소성방법: 800℃에서 1차 소성, 유약 시유, 1245℃ 2차 소성/ 산화염
- [0052] 유약 및 가마: 고화도 유약 (백유), 전기 가마
- [0053] [시편 1-3]
- [0054] 실험 재료: 백자토 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0055] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0056] 백자토: B사 백자토
- [0057] 도자기 성형 방법: 물레성형(Throwing)
- [0058] 소성방법: 800℃에서 1차 소성, 1145℃ 2차 소성/ 산화염
- [0059] 유약 및 가마: 무유(유약 사용 안함), 전기 가마
- [0060] [시편 1-4]
- [0061] 실험 재료: 백자토 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 90g(소각재 3% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 3% 첨가된 시편))
- [0062] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0063] 백자토: B사 백자토
- [0064] 도자기 성형 방법: 물레성형(Throwing)
- [0065] 소성방법: 800℃에서 1차 소성, 유약 시유, 1245℃ 2차 소성/ 산화염
- [0066] 유약 및 가마: 고화도 유약 (투명유), 전기 가마
- [0067] [시편 1-5]
- [0068] 실험 재료: 백자토 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 90g(소각재 3% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 3% 첨가된 시편))
- [0069] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0070] 백자토: B사 백자토
- [0071] 도자기 성형 방법: 물레성형(Throwing)

- [0072] 소성방법: 800℃에서 1차 소성, 유약 시유, 1245℃ 2차 소성/ 산화염
- [0073] 도 1 및 도 2를 참조하면, 시편 1-1 내지 시편 1-5 각각의 조건에 따른 소각재(도 1 참조) 및 백자토(성형하기 적당한 정도의 수분을 가지고 있는 상태일 수 있음)(도 2 참조)를 준비하고, 도 3 내지 도 7을 참조하면, 적당량의 물과 혼합(이를 테면, 손반죽으로 혼합이 이루어질 수 있음)하며, 공기를 제거해 기포를 없애고 수분 양을 일정하게 만드는 꼬박(Wedging) 밀기로 시편 1-1 내지 시편 1-5 각각에 해당하는 점토 각각을 제작할 수 있다. 또한, 도 8 내지 도 10을 참조하면, 제작된 시편 1-1 내지 시편 1-5 각각으로 도자기를 성형하였다. 도자기 성형은, 회전판 위에 점토(시편 1-1 내지 시편 1-5 각각)를 올려놓고 원심력을 이용해 대칭적인 기물을 만드는 방법으로 시편 1-1 내지 시편 1-5 각각의 입자가 일정하게 배열되어 가마에서 휘어지거나 틀어짐이 적은 물레성형 기법으로 수행되었다. 또한, 도 11 및 도 12를 참조하면, 도자기 성형 후, 반 건조시키고, 반건조 후, 정형 작업 가운데 일부분인 굽각기 과정이 수행되었다. 또한, 건조가 수행되었다. 또한, 시편 1-1 내지 1-5 각각을 각각의 소성 방법에 따라 소성하였다. 이 때, 소성 방법 중 유약 시유와 1245℃ 2차 소성이 수행되는 것은 800℃에서 1차 소성한 후 유약을 발라 1245℃에서 2차 소성하였으며 20분 유지하는 것이 수행되었고, 유약을 바르지 않고 1145℃ 소성하는 시편은 유약을 바르지 않은 상태로 1145℃에서 2차 소성하였다. 이때 유약은 담금시유 방법으로 하고 소성은 전기가마로 산화염하였다. 또한, 이 실험은, 전술한 바와 같이, 유약으로 고화도 유약인 백유와 투명유 두 가지 사용했으며, 기물과 융착이 잘 되는지를 알아보았고, 소각재 3% 첨가한 도자기와 5% 첨가한 도자기를 같은 유약으로 시유하여 각각 비교할 수 있도록 수행되었다. 참고로, 도 13에는 시편 1-1 내지 1-5 중 적어도 일부의 800℃에서의 1차 소성 후의 사진이고, 도 14는 시편 1-3(1145℃ 재벌소성(2차 소성) / 무유/ 소각재 5%첨가)의 사진이며, 도 15는 시편 1-5(1245℃ 재벌소성(2차 소성)/ 백유/ 소각재 3%첨가) 및 시편 1-2(1245℃ 재벌소성(2차 소성)/ 백유/ 소각재 5%첨가)의 사진이고, 도 16은 시편1-4((1245℃ 재벌소성(2차 소성)/ 투명유/ 소각재 3%첨가) 및 시편1-1(1245℃ 재벌소성(2차 소성)/ 투명유/ 소각재 5%첨가)의 사진이다.
- [0074] 실험 결과
- [0075] 도 17에 시편 1-1 내지 시편 1-5를 분석한 표가 도시되어 있다. 도 17을 참조하면, 하수슬러지 소각재 3%, 5% 첨가한 도자기 제품 제작 가능성 있음. 점토 성형에 필요한 형태 유지력과 소성강도, 유약과의 융착정도가 안정적으로 나타남을 알 수 있다. 또한, 소각재가 도자기의 색과 질감, 강도에 영향을 주는 것으로 보이며 다양한 용도의 도자기 제작이 가능할 것을 알 수 있다.
- [0076] [실시예 2]
- [0077] [시편 2-1]
- [0078] 실험 재료: 백자토(백화장토) 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0079] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0080] 백자토: B사 백자토
- [0081] 도자기 성형 방법: 프레스기를 이용한 점토판 성형
- [0082] 표면장식 기법: 박지문
- [0083] 소성방법: 완전 건조 후 유약 시유하고 1145℃ 막벌 소성/ 산화염
- [0084] 유약 및 가마: 중화도 유약 (투명유) / 전기가마
- [0085] [시편 2-2]
- [0086] 실험 재료: 백자토(백화장토) 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0087] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0088] 백자토: B사 백자토
- [0089] 도자기 성형 방법: 프레스기를 이용한 점토판 성형
- [0090] 표면장식 기법: 박지문

- [0091] 소성방법: 완전 건조 후 유약 시유하고 1145℃ 막별 소성/ 산화염
- [0092] 유약 및 가마: 중화도 유약 (무유) / 전기가마
- [0093] [시편 2-3]
- [0094] 실험 재료: 백자토(백화장토) 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0095] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0096] 백자토: B사 백자토
- [0097] 도자기 성형 방법: 프레스기를 이용한 점토판 성형
- [0098] 표면장식 기법: 색유 붓질법(붓질법)
- [0099] 소성방법: 완전 건조 후 유약 시유하고 1145℃ 막별 소성/ 산화염
- [0100] 유약 및 가마: 중화도 유약 (색유) / 전기가마
- [0101] [시편 2-4]
- [0102] 실험 재료: 백자토(백화장토) 3kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 150g(소각재 5% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 5% 첨가된 시편))
- [0103] 점토 제조 방법: 손 반죽(수분이 있는 점토와 소각재를 꼬박밀기)
- [0104] 백자토: B사 백자토
- [0105] 도자기 성형 방법: 프레스기를 이용한 점토판 성형
- [0106] 표면장식 기법: 상감문
- [0107] 소성방법: 완전 건조 후 유약 시유하고 1145℃ 막별 소성/ 산화염
- [0108] 유약 및 가마: 중화도 유약 (투명유) / 전기가마
- [0109] [실시에1]과 대응(또는 동일)하게, 시편 2-1 내지 시편 2-4 각각의 조건에 따른 소각재 및 백자토(성형하기 적당한 정도의 수분을 가지고 있는 상태일 수 있음) 를 준비하고, 적당량의 물과 혼합(이를 테면, 손반죽으로 혼합이 이루어질 수 있음)하며, 공기를 제거해 기포를 없애고 수분 양을 일정하게 만드는 꼬박(Wedging) 밀기로 시편 2-1 내지 시편 2-4 각각에 해당하는 점토 각각을 제작할 수 있다. 참고로, 반건조 점토 표면 장식 기법에 주로 사용되는 백화장토(Engobe)는 백자토와 물 해교제를 혼합해 자체 제작한 분장토를 사용하였다. 이후, 시편 2-1 내지 2-4 각각에 따른 점토로 점토판을 성형(프레스기로 가압성형)한 후 반 건조되면 타일형태로 잘라내고, 반 건조된 점토판 위에 백화장토를 바르고(백화장토로 분장) 건조시킨 후 문양대로 백화장토를 긁어 색의 대조를 살리는 박지문 기법(시편 2-1, 시편 2-2), 반 건조 점토판 위에 선으로 문양을 파낸 후 백화장토를 채워 넣고 건조 후 표면을 긁어내는 상감기법(시편 2-4), 반 건조된 점토판위에 중화도 색유를 붓으로 바르는 유약 붓질법(시편 2-3)으로 표면을 장식함으로써 시편 2-1 내지 2-4 각각에 대하여 해당되는 표면장식 기법 조건으로 표면장식을 수행하였다. 이 후, 시편 2-1 내지 2-4 각각의 조건에 따라 유약 또는 가마소성을 수행하였다.
- [0110] 또한, 도 18에는 시편 2-1 내지 시편 2-4를 분석한 표가 도시되어 있다. 도 18을 참조하면, 시편 2-1 내지 2-4가 점토판 성형 후 건조 시 휘어지거나 변형 등의 현상이 크게 없었으며 1145℃ 막별 소성에도 버틸 수 있는 소성강도를 가짐을 알 수 있고, 추후 도기 타일로 제작할 경우 연료비를 줄일 수 있을 것으로 확인됨을 알 수 있다. 또한, 반 건조된 상태에서 백화장토로 분장 시 점토와 분리되어 떨어져 나가는 현상이 없었으며 무유로 소성된 후에도 비교적 안정적으로 안착되어 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 유약과 백화장토가 소성 후 점토의 색에 영향을 주는 것으로 예측되고, 이 점을, 시편 2-2와 시편 2-3의 색의 차이에서 알 수 있다. 또한, 사용하는 유약에 따른 점토색의 변화는 일반 점토일 경우에도 나타나는 현상 중 하나인데, 이 현상이 일어남을 알 수 있다. 또한, 소각재 10%이상을 첨가할 경우 점토 혼합은 손반죽으로는 무리가 있을 수 있고, 이러한 점은 전용 기계 사용을 통해 개선할 수 있다.
- [0111] [실시에 3]
- [0112] [시편 3-1] (소각재 10% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 10% 첨가된 시편))

- [0113] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 1kg, 물 2000ml
- [0114] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0115] 기본 점토: 백자토(A사 백자토, (소성 가능 온도 1240℃~1270℃))
- [0116] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0117] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1145℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0118] [시편 3-2] (소각재 10% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 10% 첨가된 시편))
- [0119] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 1kg, 물 2000ml
- [0120] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0121] 기본 점토: 백자토(A사 백자토, (소성 가능 온도 1240℃~1270℃))
- [0122] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0123] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0124] [시편 3-3] (소각재 10% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 10% 첨가된 시편))
- [0125] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 1kg, 물 2000ml
- [0126] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0127] 기본 점토: 백자토(A사 백자토, (소성 가능 온도 1240℃~1270℃))
- [0128] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0129] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 투명유
- [0130] [시편 3-4] (소각재 20% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 20% 첨가된 시편))
- [0131] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 2kg, 물 3000ml
- [0132] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0133] 기본 점토: 백자토(A사 백자토, (소성 가능 온도 1240℃~1270℃))
- [0134] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0135] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1145℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0136] [시편 3-5] (소각재 20% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 20% 첨가된 시편))
- [0137] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 2kg, 물 3000ml
- [0138] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0139] 기본 점토: 백자토(A사 백자토, (소성 가능 온도 1240℃~1270℃))
- [0140] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0141] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유

- [0142] [시편 3-6] (소각재 20% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 20% 첨가된 시편))
- [0143] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 2kg, 물 3000ml
- [0144] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0145] 기본 점토: 백자토(A사 백자토, (소성 가능 온도 1240℃~1270℃))
- [0146] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0147] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 투명유
- [0148] 도 19 및 도 20을 참조하면, 시편 3-1 내지 시편 3-6 각각의 조건에 따른 소각재(도 19 참조), 백자토(완전 건조된 백자토)(도 20 참조) 및 물을 준비할 수 있다. 또한, 도 21을 참조하면, 점토 혼합을 위한 진공 토런기가 준비될 수 있다. 진공 토런기는 일본의 심포 회사 제품을 사용하였다. 또한, 도 20을 참조하면, 백자토는 완전 건조된 것일 수 있는데, 도 22 및 도 23을 참조하면, 슬라이스하여 공기 중에 완전 건조함으로써 완전 건조된 백자토가 준비될 수 있다. 또한, 도 24 내지 도 27을 참조하면, 전자 저울로 무게를 측정하여 시편 3-1 내지 시편 3-6 각각의 조건에 따라 기본 점토(백자토)와 소각재의 비율을 조절해 혼합토런기에 투입하고 물을 조금씩 부어가며 점토를 혼합할 수 있다. 혼합은 제조되는 점토가 적당한 굳기가 될 때까지 이루어질 수 있다. 도 28 및 도 29를 참조하면, 혼합이 완료되면 진공 상태로 점토를 기계로부터 배출할 수 있다. 도 30을 참조하면, 시편3-1 내지 3-6 각각에 따라 100*35*10mm 사이즈의 점토판을 제작한다. 이후, 시편 3-1 내지 시편 3-6 각각의 조건에 따라 소성할 수 있다(시유 포함). 참고로, 소성시 사용되는 투명유는 이천에 위치한 순도예사의 제품이 사용될 수 있다. 또한, 도 31에는 점토판을 가마재입하는 사진이 도시되어 있다.
- [0149] 도 32는 [실시예 3]과의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 소성 결과물의 사진이다.
- [0150] 도 33은 도 32의 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 소성 결과물 중 일부의 휘어짐의 정도를 확인할 수 있도록 확대한 사진이 첨부된 표이다. 도 33을 참조하면, 소각재를 첨가하지 않고 점토(백자토)로 제작한 점토판(일반적인 점토판이라 할 수 있음)은 소성 후 백색을 띄며 휘어짐이나 녹아내림 등이 없는 것을 알 수 있다.
- [0151] 도 34는 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 소성 결과물 중 일부의 수축률을 확인할 수 있도록 만든 표이다.
- [0152] 도 34를 참조하면, 점토로 제작한 점토판(점토시편)의 건조수축률은 4%, 소성수축률은 800℃는 약 4%, 1145℃는 약 6%, 1245℃는 약 11% 정도 수축함을 알 수 있다.
- [0153] 도 35는 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나의 점토)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나의 점토(세라믹 점토))의 1차 소성후 결과물, 시편 3-1, 3-2 및 3-3 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.
- [0154] 도 36은 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-1, 3-2, 3-3 및 그외의 소성 결과물의 사진을 포함하는 표이다. 도 36을 통해 소성 후 휘어짐의 정도를 확인할 수 있는데, 1145℃ 소성시 휘어짐 없으며 1245℃는 약간의 휘어짐 있음을 알 수 있다.
- [0155] 도 37은 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)의 1차 소성(800℃ 소성)후 결과물, 시편 3-1, 3-2 및 3-3 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 수축율을 보여주는 표이다. 도 37을 참조하면, 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것의 건조수축률은 2%, 소성수축률은 800℃ 1차 소성 후는 약 4%, 1145℃ 2차 소성 후는 약 8%, 1245℃ 2차 소성 후는 약 10% 정도 수축함을 확인할 수 있고, 이를 통해, 소각재가 첨가되지 않는 기본 점토에 비해 수축율에 크게 차이가 없음을 확인할 수 있다.
- [0156] 또한, 시편 3-2 또는 3-3에 의해 도자기 시제품을 제작하여 보았다. 도 38 및 도 39를 참조하면, 제작과정은 물레 성형 또는 석고 가압 성형을 포함할 수 있고, 도 40 및 도 41을 참조하면, 소각재 10% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-1 내지 3-3 중 하나)로 원하는 형태로(도자기)를 빚고, 시편 3-2 또는 3-3의 소성 조건에 따라 소성해 보았다. 무유는 연갈색, 유약은 진갈색을 띄며 다른 유약을 사용했을때도 유약말림 현상 없음을 확인할 수 있다. 또한, 참고로, 도 42를 참조하면, 1245℃ 2차 소성 시 유약 유무에 상관없이 형태는 잘 유지

되나 기물이 상판에 눌러 붙어 자국이 생기거나 상판코팅제가 뜯어져 나옴을 확인할 수 있다.

- [0157] 도 43은 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 3-4, 3-5 및 3-6 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.
- [0158] 도 43을 참조하면, 1145℃ 2차 소성시 약간 휘어지고, 1245℃ 2차 소성시에는 심하게 휘어져 지주에서 떨어지며, 1245℃ 2차 소성 시에는 점토가 녹아내려 내화판과 붙어서 분리를 위해 도구를 사용해야 했어야 하며, 시편이 깨지거나 떨어져 나감을 확인할 수 있다. 또한, 1245℃ 소성시 투명유 시유 시편과 무유 시편 색감 차이 있음을 확인할 수 있다.
- [0159] 도 44는 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)의 1차 소성(800℃ 소성)후 결과물, 시편 3-4, 3-5 및 3-6 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 수축율을 보여주는 표이다. 도 44를 참조하면, 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것의 건조수축률은 1%, 소성수축률은 800℃ 1차 소성 후는 약 2%, 1145℃ 2차 소성 후는 약 8%, 1245℃ 2차 소성 후는 약 9% 정도 수축함을 확인할 수 있고, 이를 통해, 소각재가 첨가되지 않는 기본 점토에 비해 수축율에 크게 차이가 없음을 확인할 수 있다.
- [0160] 또한, 시편 3-4 및 3-5 중 하나 또는 3-5 및 3-6 중 하나에 의해 도자기 시제품을 제작하여 보았다. 도 45 및 도 46을 참조하면, 제작과정은 손 성형 또는 물레 성형을 포함할 수 있고, 도 47 및 도 48을 참조하면, 소각재 20% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 3-4 내지 3-6 중 하나)로 원하는 형태로(도자기)를 빚고, 시편 3-4 및 3-5 중 하나(도 47 참조) 및 3-5 및 3-6 중 하나(도 48 참조) 각각의 소성 조건에 따라 소성해 보았다.
- [0161] [실시예 4]
- [0162] [시편 4-1] (소각재 30% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 30% 첨가된 시편))
- [0163] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 3kg, 물 2000ml
- [0164] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0165] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0166] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0167] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1145℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0168] [시편 4-2] (소각재 30% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 30% 첨가된 시편))
- [0169] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 3kg, 물 2000ml
- [0170] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0171] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0172] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0173] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0174] [시편 4-3] (소각재 30% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 30% 첨가된 시편))
- [0175] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 3kg, 물 2000ml
- [0176] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0177] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)

- [0178] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0179] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1345℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 투명유
- [0180] [시편 4-4] (소각재 40% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 40% 첨가된 시편))
- [0181] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 4kg, 물 3000ml
- [0182] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0183] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0184] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0185] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1145℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0186] [시편 4-5] (소각재 40% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 40% 첨가된 시편))
- [0187] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 4kg, 물 3000ml
- [0188] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0189] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0190] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0191] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0192] [시편 4-6] (소각재 40% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 40% 첨가된 시편))
- [0193] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 4kg, 물 3000ml
- [0194] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0195] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0196] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0197] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 투명유
- [0198] [시편 4-7] (소각재 50% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 50% 첨가된 시편))
- [0199] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 5kg, 물 3000ml
- [0200] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0201] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0202] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0203] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1145℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0204] [시편 4-8] (소각재 50% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 50% 첨가된 시편))
- [0205] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 5kg, 물 3000ml
- [0206] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)

- [0207] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0208] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0209] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1245℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 무유
- [0210] [시편 4-9] (소각재 50% 첨가된 시편(중량비 기준 점토 대비 50% 첨가된 시편))
- [0211] 실험 재료: 백자토 10kg, 소각재(하수슬러지 소각재) 5kg, 물 3000ml
- [0212] 점토 제조 방법: 기계혼합 (완전 건조된 백자토와 소각재를 기계로 습식 분쇄, 혼합하고 진공하여 점토를 제작함)
- [0213] 기본 점토: 백자토(B사 백자토)
- [0214] 제작 시편: 100*35*10mm 사이즈 점토판(수작업으로 진행되어 약간의 오차가 있을 수 있음)
- [0215] 소성 방법: 800℃ 1차 소성하고 유약 시유 후 2차 소성(1345℃ 전기가마로 산화 소성하고 20분 유지)/ 유약은 투명유
- [0216] 도 49 및 도 50을 참조하면, 시편 4-1 내지 시편 4-9 각각의 조건에 따른 소각재(도 49 참조), 백자토(소성 온도 폭이 A사 백자토보다 넓은(1230℃~1270℃) B사 백자토로 준비)(도 50 참조) 및 물을 준비할 수 있다. 참고로, 도 49를 참조하면, 소각재에 강성 플라스틱 같은 잔재물이 남아 점토 혼합이 원활하지 않아 채에 걸려서 이물질을 제거할 수 있다. 또한, 시편 4-1 내지 4-9 각각의 조건에 따라 기본 점토(백자토)와 소각재의 비율을 조절해 기계혼합할 수 있다(이를 테면, 혼합토런기에 투입하고 물을 조금씩 부어가며 점토를 혼합할 수 있다. 혼합은 제조되는 점토가 적당한 굳기가 될 때까지 이루어질 수 있으며, 혼합이 완료되면 진공 상태로 점토를 기계로부터 배출할 수 있다). 또한, 기편 4-1 내지 4-9 각각에 따라 100*35*10mm 사이즈의 점토판을 제작한다. 이후, 시편 4-1 내지 시편 4-9 각각의 조건에 따라 소성할 수 있다(시유 포함). 참고로, 소성시 사용되는 투명유는 이전에 위치한 순도예사의 제품이 사용될 수 있다. 또한, 도 51에는 점토판을 가마재입하는 사진이 도시되어 있다.
- [0217] 도 52는 [실시에 4]와의 비교를 위해 소각재를 첨가하지 않고 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 소성 결과물의 사진이다.
- [0218] 도 53은 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 소성 결과물 중 일부의 휘어짐의 정도를 확인할 수 있도록 확대한 사진이 첨부된 표이다. 도 53을 참조하면, 소각재를 첨가하지 않고 점토(백자토)는, 1145℃, 1245℃ 산화 소성 후 연한 아이보리 색을 띠며 건조강도, 소성강도 (휘어짐, 녹아내림) 좋은 안정적인 점토임을 확인할 수 있다.
- [0219] 도 54는 기본 점토(백자토)로 제작한 점토판의 소성 결과물 중 일부의 수축률을 확인할 수 있도록 만든 표이다. 도 54를 참조하면, 점토로 제작한 점토판(점토시편)의 건조수축률은 4%, 소성수축률은 800℃는 약 4%, 1145℃는 약 7%, 1245℃는 약 10% 정도 수축함을 알 수 있다.
- [0220] 도 55는 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-1, 4-2 및 4-3 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.
- [0221] 도 56은 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-1, 4-2, 4-3 및 그외의 소성 결과물의 사진을 포함하는 표이다. 도 56을 통해, 소성 후 휘어짐의 정도를 확인할 수 있는데, 1145℃ 소성 후에는 붉은 갈색을 띄며 휘어짐과 녹아내림이 전혀 없고, 1245℃ 소성 후에는 진갈색을 띄며 휘어짐과 녹아내림 현상이 약간 보이며 바닥에 약간의 자국이 남는 것을 볼 수 있다. 또한, 1245℃ 소성 후 투명유 시유 시편은 흑갈색, 무유는 진갈색을 갖는 것을 볼 수 있다.
- [0222] 도 57은 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)의 1차 소성(800℃ 소성)후 결과물, 시편 4-1, 4-2 및 4-3 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 수축율을 보여주는 표이다. 도 57을 참조하면, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것의 건조수축률은 6%, 소성수축률은 800℃ 1차 소성 후는 약 4%, 1145℃ 2차 소성 후는 약 10%, 1245℃ 2차 소

성 후는 약 10% 정도 수축함을 확인할 수 있고, 이를 통해, 소각재가 첨가되지 않는 기본 점토(B사 백자토)에 비해 수축율에 크게 차이가 없음을 확인할 수 있다.

- [0223] 또한, 시편 4-1에 의해 도자기 시제품을 제작하여 보았다. 도 58 및 도 59를 참조하면, 제작과정은 손 성형, 물레성형, 박지문을 포함할 수 있고, 소각재 30% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-1 내지 4-3 중 하나(시편 4-1 내지 4-3의 성분이 동일하므로))로 원하는 형태로(도자기)를 빚고, 시편 4-1의 소성 조건에 따라 소성해 보았다. 결과물이 도 60 내지 75에 도시되어 있다. 물레성형, 손 성형, 석고가압 성형하기 용이했으며 성형 시 점력과 형태 유지력, 건조강도 좋았고, 1145℃ 소성 시 소성강도 좋으며 소성 후 형태 변형 없고 바닥에 붙는 현상 없이 안정적으로 나왔으며, 1145℃ 소성 후 무유 기물은 붉은 갈색, 투명유 시유된 기물은 흑갈색에 가깝게 발색되어 나왔으며 도 60과 같이 그릇의 내부에만 투명유 시유할 경우 외부의 무유 부분도 진하게 발색됨. 참고로, 도 60은 시편 4-1에 의해 제작된 사무용품의 사진이고, 도 61은 시편 4-1에 의해 제작된 세면대의 사진이며, 도 62는 시편 4-1에 의해 제작된 아트타일의 사진이다.
- [0224] 도 63은 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-4, 4-5 및 4-6 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.
- [0225] 도 64는 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-4 내지 4-6 및 그 외의 소성 결과물의 사진을 포함하는 표이다. 도 64를 참조하면, 1145℃ 소성 후 붉은갈색을 띄며 1245℃ 소성 후 무유는 진갈색, 투명유는 흑갈색을 띠는 것을 확인할 수 있고, 1145℃ 소성 시 휘어짐 거의 없고, 녹아내리는 현상 없으며, 30% 실험 점토(시편 4-1 내지 4-3)에 비해 진하게 발색됨을 확인할 수 있다. 또한, 1245℃ 소성 후 무유 시편은 안정적으로 소성되었으나 투명유를 시유한 시편에서 약간의 휘어짐과 녹아내림이 약간 보이며 점토에 약간의 끓어오름이 보임을 확인할 수 있다.
- [0226] 도 65는 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나의 점토)의 1차 소성(800℃ 소성)후 결과물, 시편 4-4 내지 4-6 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 수축율을 보여주는 표이다. 도 65를 참조하면, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것의 건조수축률은 3%, 소성수축률은 800℃ 1차 소성 후는 약 3%, 1145℃ 2차 소성 후는 약 9%, 1245℃ 2차 소성 후는 약 9% 정도 수축함을 확인할 수 있고, 이를 통해, 소각재가 첨가되지 않는 기본 점토(B사 백자토와 수축율에(에 비해 수축율에) 크게 차이가 없음을 확인할 수 있다.
- [0227] 또한, 시편 4-4에 의해 도자기 시제품을 제작하여 보았다. 도 66을 참조하면, 제작과정은 물레 성형을 포함할 수 있다. 또한, 석고가압 성형을 포함할 수 있다. 이를 테면, 도 68 및 도 68을 참조하면, 소각재 40% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-4 내지 4-6 중 하나)로 원하는 형태로(도자기)를 빚고, 시편 4-4의 소성 조건에 따라 소성해 보았다. 물레 성형 또는 석고가압 성형을 포함하는 제작 과정에서 성형성 좋으며 형태 유지력과 건조 강도 있음을 확인할 수 있고, 1145℃ 소성 후 형태 변형 없었으며 바닥에 붙는 현상 거의 없음을 확인할 수 있다. 도 67은 시편 4-4에 의해 제작된 사무용품의 사진이고, 도 68은 시편 4-4에 의해 제작된 화병의 사진이다.
- [0228] 도 69는 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나)의 1차 소성후 결과물, 시편 4-7 내지 4-9 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 사진이다.
- [0229] 도 70을 참조하면, 1145℃ 무유 시편(4-7 시편)은 진갈색을 띄며 휘어짐 거의 없고, 1245℃ 소성 시 무유 시편(시편 4-8)과 투명유 시유 시편(시편 4-9) 모두 흑갈색을 띄며 휘어짐이 심하고 점토가 끓어오름과 녹아내림 있음을 확인할 수 있다.
- [0230] 도 71은 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것, 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나)의 1차 소성(800℃ 소성)후 결과물, 시편 4-7 내지 4-9 각각의 소성 결과물(2차 소성후)의 수축율을 보여주는 표이다. 도 71을 참조하면, 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나의 점토)를 소성하지 않고 완전 건조시킨 것의 건조수축률은 3%, 소성수축률은 800℃ 1차 소성 후는 약 3%, 1145℃ 2차 소성 후는 약 10%, 1245℃ 2차 소성 후는 약 10% 정도 수축함을 확인할 수 있고, 이를 통해, 전술한 시편 4-1 내지 4-6 시편들, 즉, 소각재가 30% 이상 40% 이하 첨가되는 시편들에 비해 소성 수축(수축율)에 크게 차이가 없음을 확인할 수 있다.

- [0231] 또한, 시편 4-7에 의해(시편 4-7을 제작하는 방법으로) 도자기 시제품을 제작하여 보았다. 도 72 및 도 73을 참조하면, 제작과정은 물레 성형 또는 점토판 성형을 포함할 수 있고, 소각재 50% 첨가되어 제작된 점토(이를 테면, 시편 4-7 내지 4-9 중 하나)로 원하는 형태로(도자기)를 빚고, 시편 4-7의 소성 조건에 따라 소성해 보았다. 결과물의 사진이 도 74 내지 89에 도시되어 있다. 도 74는 시편 4-7을 제작하는 방법에 의해 제작된 사무용품의 사진이고, 도 75는 시편 4-7을 제작하는 방법에 의해 제작된 도판의 사진이며, 도 76은 시편 4-7을 제작하는 방법에 의해 제작된 기물의 바닥의 사진이다. 도자기 시제품 제작 결과, 점토판 성형, 물레성형 용이하나 정형 작업 시 점토가루가 묻어나와 다루기 까다로웠고, 건조시간이 비교적 길어졌으며 800℃ 초벌(1차 소성)한 후에도 점토 가루가 묻어나오는 현상이 있었으며, 발색제는 고화도용 화장토와 안료를 사용했으며 소성 후 점토에 잘 용착되었고, 1145℃의 2차 소성 후 형태 변형 없으며 바닥에 붙는 현상 약간 있으며, 온도를 약간 낮추거나 소성시간을 단축하면 개선될 수 있을 것을 확인할 수 있었다. 또한, 유약이 발린 부분에 약간의 끓어오름과 핀홀이 생겼으며 무유부분은 안정적임을 확인할 수 있었다.
- [0232] [실시에 3] 및 [실시에 4]에 따른 결과를 정리하여 보면 이하와 같을 수 있다.
- [0233] 도 77은 소각재 10% 함유한 점토(세라믹 점토), 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 완전 건조 후 사진이고, 도 78은 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 800℃ 1차 소성 후 사진이며, 도 79는 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1145℃ 2차 무유 소성후의 사진이고, 도 80은 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 무유 소성후의 사진이며, 도 81은 소각재 10% 함유한 점토, 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 투명유 소성후의 사진이다.
- [0234] 도 82는 소각재 10% 함유한 점토(세라믹 점토), 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 800℃ 1차 소성 후 휘어짐 정도를 보여주는 사진이며, 도 83은 소각재 10% 함유한 점토(세라믹 점토), 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1145℃ 2차 무유 소성후의 휘어짐 정도를 보여주는 사진이고, 도 84는 소각재 10% 함유한 점토(세라믹 점토), 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 무유 소성후의 휘어짐 정도를 보여주는 사진이며, 도 85는 소각재 10% 함유한 점토(세라믹 점토), 소각재 20% 함유한 점토, 소각재 30% 함유한 점토 및 소각재 50% 함유한 점토 각각의 1245℃ 2차 투명유 소성후의 휘어짐 정도를 보여주는 사진이다.
- [0235] [실시에 3] 및 [실시에 4]에 따른 결과, 도 77 내지 도 85에 따르면, 소각재를 재활용한 점토의 성형과 도자기 제작이 가능함이 확인되었으며 소각재의 첨가비율이 높아질수록 도자기가 진한 적갈색 또는 흑갈색을 띠며 유약을 입히지 않아도 약간의 광택이 나는 특징을 보임을 확인할 수 있다.
- [0236] 또한, 소각재의 성분이 도자기의 유리질화를 촉진시키는 역할을 해 첨가율이 높아질수록 바닥에 붙거나 형태 변형이 심해지는 현상이 나타남을 확인할 수 있고, 이를 보완하는 백자토는 10~20% 첨가 시 사용되었던 A사 백자토보다 20~50% 첨가시 사용되었던 B사 백자토가 소성강도를 높이는데 더욱 효과적인 것을 확인할 수 있다.
- [0237] 또한, 소성 온도의 적합성이 정리된 표가 도 86에 도시되어 있다. 도 86을 참조하면, 2차 소성으로서 1245℃ 소성 시 안정적인 결과를 보인 점토는 소각재의 비율이 10~30% 첨가한 점토이며, 40% 첨가된 점토는 1145℃의 2차 소성 온도를 갖는 공정에 적용됨이 바람직하며(다시 말해, 40% 이하로 첨가되는 점토는 1145℃의 2차 소성 온도를 갖는 공정에 바람직하다), 50% 첨가된 점토는 1145℃ 이하의 2차 소성 온도를 갖는 공정에 적용됨이 바람직하다.
- [0238] 1245℃ 이하의 온도로 2차 소성되는 기물들은 식기, 공예품과 같은 석기 질 또는 연질자기 제작이 가능하며 1145℃ 이하의 온도로 2차 소성되는 기물의 경우 내외장용 타일, 위생도기, 토분, 기와 등과 같은 석기, 도기, 토기로 제작 가능하다.
- [0239] 아울러, 소각재 첨가율, 2차 소성 온도, 유약 시유 유무에 따른 발색도가 정리된 표가 도 87a에 도시되어 있고, 소각재 첨가율, 2차 소성 온도, 유약 시유 유무에 따른 휘어짐의 정도가 정리된 표가 도 87b에 도시되어 있다.
- [0240] 또한 전술한 실시예들과 관련된 실험 결과가 도 87c 내지 도 87f에 정리되어 있다. 도 87c 내지 도 87f를 참조하면, 도자기의 활용도에 따라 소각재 첨가율 및 소성 온도(이를 테면, 2차 소성 온도)가 달라질 수 있다. 다시 말해, 소각재 첨가율 및 소성 온도에 따라 도자기의 활용도가 달라질 수 있다.

- [0241] B사 백자토를 기본 점토로 사용했을 경우, 소각재 첨가율 30%이면 1245℃에서 2차 소성이 가능하며, 자기질 제작 가능하고, 소각재 첨가율 40% 이상- 2차 소성 온도 1145℃ 이하일 경우, 도기, 토기 제작 가능하고, 흡수율 검사 통해 도기/자기 여부 확인되었다. 또한, 소각재 첨가율 50% 경우 성형/초벌소성 후 점토 부스러기 나와 다루기 까다로웠으며, 성형 가능성 있으나, 정형을 최소화한 성형기법이 사용되어야 할 수 있다.
- [0242] 또한, 각재 함유량이 높아짐에 따라 A사 백자토, B사 백자토 모두 화도가 낮아졌고, 소각재 첨가비율은 점토의 소성 수축률에 크게 영향 미치지 않았다.
- [0243] 또한, 소각재 첨가율이 높아질수록, 내화도가 낮아져 고온 소성(1245℃)시 형태 변형, 바닥에 붙는 현상이 발생하였고, 따라서, 소각재 비율이 높아질수록 소성 온도(2차 소성 온도)가 낮아져야 할 수 있다.
- [0244] 또한, 백자토의 차이가 실험결과에 영향을 줄 수 있는데, A사 백자토보다 B사 백자토가 점토 소성강도를 높일 수 있다.
- [0245] 또한, 1145℃ 무유 소성한 도자기의 경우 수분 흡수력이 좋아, 외부타일/토분 등으로 활용 가능하다.
- [0246] 또한, 참고로, 본원에서 2차 소성(제4 단계)이 1195℃ 이상 1295℃ 이하의 온도에서 수행되는 경우(보다 구체적으로 1245℃에서 수행되는 경우), 소성 시간은 11시간 이상 13시간 이하일 수 있고, 보다 바람직하게는 12시간 일 수 있다.
- [0247] 또한, 본원에서 2차 소성(제4 단계)이 1095℃ 이상 1195℃ 이하의 온도에서 수행되는 경우(보다 구체적으로 1145℃에서 수행되는 경우), 소성 시간은 8시간 이상 10시간 이하일 수 있고, 보다 바람직하게는 9시간일 수 있다.
- [0248] 참고로, 도 87c 내지 도 87f의 표에서 휘어짐 정도는 다음과 같이 판단되었다. 휘어짐 없음:0~5도, 약간 휘어짐:5~15도, 심하게 휘어짐:15~25도
- [0249] 또한, 참고로, 시중에 판매되는 점토 수축률 평균 10%~20%이고, 수축률이 적을수록 파손이 적을 수 있다. 또한, 휘어짐 정도의 수치적 기준과 관련하여, 15도 이상부터 활용하기 힘들다고 판단될 수 있다. 또한, 본원에 있어서, 박지문은 백토를 바르고 문양을 그려 구획한 후, 무늬 이외의 백토를 긁어내어 생긴 문양을 의미할 수 있고, 상감문은 점토를 파고 거기에 백토나 자토, 진사를 메워 넣어서 문양을 내는것을 의미할 수 있다.
- [0250] 또한, 흡수율 시험 결과 1145℃ 2차 소성된 시편(30%첨가 점토)의 흡수율이 6.7% 이고 1245℃ 2차 소성된 시편의 흡수율은 7.1로 나타났다. 이 결과는 1145℃ 2차 소성에도 도기에 비해 흡수율이 낮은 석기질 제작이 가능함을 확인할 수 있으며 더불어 실험점토를 사용할 경우 재료 절감뿐 아니라 연료절감에도 효과가 있을 것을 보여준다. 또한 기공이 적고 맑은 소리를 내는 것으로 볼 때 일반적인 도기에 비해 강도가 높아졌다고 예상할 수 있다.
- [0251] 또한, 1245℃ 소성 시 흡수율이 높아졌다는 것은 고온 소성 시 소각재의 성분이 결집 또는 휘발되어 기공이 생긴 것으로 추측할 수 있으며 이는 1400℃ 이상의 고온에서 제작 가능한 경질자기 제작은 어려울 것을 보여준다고 할 수 있다.
- [0252] 또한, 50% 첨가한 실험점토의 경우 점토 제작이나 성형 시 또는 초벌소성 후 점토입자가 묻어나와 다루기가 까다로웠고, 소각재의 비율을 50% 이상을 첨가해 제작 할 경우 성형 가능성 있으나 정형을 최소화한 방법이 강구될 필요가 있을 수 있다.
- [0253] 또한, 실시예 1 내지 4에 따르면, 본원의 세라믹 점토는 소각재를 포함하지 않는 일반적인 상용 점토와 비교하여 유사하다. 또한, 도 88을 참조하면, 흡수율은 상용 점토와 비교 시 소각재 혼합비가 많아질수록, 소성온도가 높아질수록 줄어들을 볼 수 있는데, 이는, 공극율은 줄어들어 강도 증진 효과를 가질 수 있다는 점을 보여준다.
- [0254] 또한, 전술한 실시예들에 따르면, 본원의 세라믹 점토는 기본 점토 50~97%, 소각재 3~50% 포함될 수 있다. 또한, 혼합시 진공토련기가 사용됨이 바람직하며, 기본 점토(백자토)는 완전 건조된 것으로 준비되는 것이 바람직하며, 완전 건조된 기본 점토와 소각재 중량비율로 섞을 때 물은 기본 점토와 소각재의 무게 합에 대하여 1kg 당 0.154~0.25L 포함됨이 바람직하다.
- [0255] 또한, 본 도자기 제조 방법은 세라믹 점토로 도자기를 성형한 후, 소성으로 재벌구이 할 수 있는데, 이 때, 1차 소성 온도 750℃ 이상 850℃ 이하의 온도(바람직하게는 800℃)이고, 2차 소성 온도는 1195℃ 이상 1295℃ 이하

(바람직하게는 1145℃ 이상 1295℃ 이하)에서 수행될 수 있다.

- [0256] 또한, 휘어짐에 대한 시편 평가에서(입체기물 제작시 형상 유지 정도를 알 수 있는 지표) 800℃ 1245℃ 소성에서 1, 2차 소성 온도 모두 30%까지 휘어짐이 없음을 확인할 수 있었고(특히, 도 87b 참조), 입체적 도자 제품 제작 가능하며, 50%까지는 800℃ 1245℃ 소성에서 1, 2차 소성 온도에서 정형을 최소화할 수 있는 제품(예, 타일) 제작이 가능하다는 점을 알 수 있었다.
- [0257] 참고로, 본원에 있어서, A사 백자토의 성분 함량 및 B사 백자토의 성분 함량 각각은 도 89에 도시된 바와 같을 수 있다.
- [0258] 이하에서는 본원의 일 실시예에 따른 세라믹 점토(이하 '본 세라믹 점토'라 함)를 제공한다. 다만, 본 세라믹 점토는 전술한 본 도자기 제조 방법에 이용되는 것으로서, 본 도자기 제조 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징 및 구성을 공유한다. 따라서, 전술한 본 도자기 제조 방법에서 설명한 내용과 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.
- [0259] 본 세라믹 점토는, 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재를 포함한다. 소각재는 Fe₂O₃를 중량비 기준 20% 이상 포함한다. 예를 들어, 제1 단계에서, 소각재는 중량비 기준, SiO₂ 27.6% 이상 31.7% 이하, Fe₂O₃ 20.1% 이상 25% 이하, Al₂O₃ 14.4% 이상 14.8% 이하, P₂O₅ 16% 이상 16.6% 이하, CaO 5.7% 이상 6% 이하 포함할 수 있다. 또한, 제1 단계에서, 소각재는 입도 크기가 30 μm 이상 60 μm 이하일 수 있다.
- [0260] 또한, 세라믹 점토는, 기본 점토를 포함한다. 소각재는 중량비 기준으로 기본 점토 대비 3% 이상 50% 이하로 포함된다.
- [0261] 또한, 세라믹 점토는, 물을 포함한다. 물은 소각재와 기본 점토에 대하여, 중량비 기준으로 0.154~0.25L/kg 포함될 수 있다.
- [0262] 이하에서는 본원의 일 실시예에 따른 채색된 도자기 제조 방법(이하 '본 채색된 도자기 제조 방법'이라 함)을 제공한다. 다만, 본 채색된 도자기 제조 방법은 전술한 본 세라믹 점토를 이용할 수 있는 것으로서, 본 도자기 제조 방법 또는 본 세라믹 점토와 동일하거나 상응하는 기술적 특징 및 구성을 공유한다. 따라서, 전술한 본 도자기 제조 방법 및 본 세라믹 점토에서 설명한 내용과 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.
- [0263] 본 채색된 도자기 제조 방법은, 안료를 준비하는 단계(제1 단계)를 포함한다.
- [0264] 제1 단계는 하수슬러지 처리 잔재물인 소각재 및 물을 혼합하여 안료를 제조한다.
- [0265] 또한, 제1 단계는 소각재 및 물을 혼합하고 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다.
- [0266] 또한, 제1 단계는 소각재로부터 Fe₂O₃를 분리하고, Fe₂O₃가 분리된 소각재 및 물을 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 예를 들어, 제1 단계는 자석을 이용하여 소각재로부터 Fe₂O₃를 분리할 수 있다.
- [0267] 또한, 제1 단계는 소각재 및 완전 건조된 투명유 및 물을 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 구체적으로, 제1 단계는, 소각재 및 완전 건조된 투명유 및 물을 세라믹볼과 함께 포트밀에 넣고 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 참고로, 본원의 안료는 철화 자기 제조에 사용되거나, 화장도에 사용될 수 있다.
- [0268] 투명유는 장석(Feldspar), 규석(Silica Rock), 석회석(Limestone)을 기본 원료로 하는 기본 유약일 수 있다. 규석은 유약의 용융 온도와 강도에 영향을 주며, 장석은 유리질을 점토에 용착시키는 용제 역할을 하고, 석회석은 기물 표면에 광택과 유연성에 영향을 줄 수 있다. 후술하는 실시예 5에서 투명유는 1245℃에서 용융되는 기본 유약으로 이전에 위치한 순도에서 제품일 수 있다. 투명유를 혼합해 안료를 제조하는 방법은 일반적인 하회용 안료 제조방법으로 발림성과 흡착력을 좋게 하여 채색을 용이하게 하고 2차 고온소성 후 유면을 좋게 하여 안정적인 색감을 얻어낼 수 있다.
- [0269] 참고로, 제1 단계는, 액체 상태인 투명유약을 완전 건조시켜 고체화 시킨 후 하수슬러지 소각재와 1:1 비율로 배합할 수 있다. 투명유(Clear Glazes)는 태토 본연의 색감이 그대로 드러나는 투명한 유약으로 시료의 발색 정도를 확인하기에 가장 적합하다.
- [0270] 또한, 제1 단계는 소각재, 장석 및 물을 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 구체적으로, 제1 단계는, 소각재, 장석 및 물을 세라믹볼과 함께 포트밀에 넣고 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 장석은 소성 후 발색과 용융에 도움을 주는 용제 역할을 할 수 있다. 보다 구체적으로, 장석은 용융 온도가 낮아 소성할

때, 소지에서는 결합제로 유약에서는 용제로 쓰일 수 있다. 칼리장석, 석회장석, 소다장석 등으로 나뉘어 지며 도자기 유약에서는 대개 소다장석을 사용한다. 후술하는 실시예 5 에서 사용되는 장석은 소다장석(Soda Feldspar)으로 대원도재사에서 수입한 인도산 제품일 수 있다. 소다장석은 유약이 기물의 표면에 녹아서 불도록 하는 재료로 하수슬러지 소각재가 2차 고온소성 시 유약과 물리, 화학적 반응을 할 때 휘발되지 않고 용융되어 점토에 잘 용착 시키기 위해서이다. 참고로, 제1 단계가 소각재, 장석 및 물을 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조하는 경우, 장석과 소각재의 비율은 1:2 비율이 바람직하다.

- [0271] 또한, 제1 단계는, 소각재, 기본 점토 및 물을 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 예를 들어, 기본 점토는 완전 건조된 것일 수 있다. 또한, 제1 단계는 소각재, 기본 점토 및 물을 세라믹볼과 함께 포트밀에 넣고 혼합 및 분쇄하여 안료를 제조할 수 있다. 또한, 기본 점토는 백자토일 수 있다. 백자토는 카올리나이트와 할로이사이드를 주체로 한 백색 점토로 백자 제작에 쓰이는 점토이다. 이하의 실시예 5 에서 사용되는 백토(백자토)로는 A사 백자토로 물과 규산소다를 혼합하여 액체 상태인 백자슬립이 사용될 수 있다. 규산소다(Silicate of Soda)는 점토의 가소성을 떨어트려 점도를 낮추고 점토 입자를 분산시켜 물 속에서 침전되지 않고 오랜시간 부유하게 만들 수 있다.
- [0272] 또한, 본 채색된 도자기 제조 방법은 세라믹 점토를 준비하는 단계(제2 단계)를 포함한다. 제2 단계는 전술한 본 도자기 제조 방법의 제1 단계와 대응할 수 있다. 이에 따라 상세한 설명은 생략한다.
- [0273] 또한, 본 채색된 도자기 제조 방법은 도자기를 성형하는 단계(제3 단계)를 포함한다.
- [0274] 참고로, 제2 단계는 제3 단계 이전에 수행될 수 있고, 제1 단계는 제2 단계 이전, 제2 단계와 제3 단계 사이 제3 단계 이후 중 하나 이상에 수행될 수 있다.
- [0275] 또한, 본 채색된 도자기 제조 방법은 안료를 이용하여 성형된 도자기의 표면을 채색하는 단계(제4 단계)를 포함한다. 여기서, 채색이라 함은, 안료로 성형된 도자기의 표면에 문자를 기재하는 것, 그림을 그리는 것, 색칠을 하는 것 등을 모두 포함하는 개념일 수 있다.
- [0276] 또한, 본 채색된 도자기 제조 방법은 채색된 도자기를 소성하는 단계(제5 단계)를 포함한다. 제5 단계는 전술한 도자기 제조 방법의 제4 단계(2차 소성하는 단계)와 대응될 수 있다. 이에 따라, 상세한 설명은 생략한다.
- [0277] 또한, 본 채색된 도자기 제조 방법은 제3 단계와 제4 단계 사이에, 성형된 도자기를 초벌하는 단계를 수행할 수 있다. 초벌하는 단계는 단계는 750℃ 이상 850℃ 이하의 온도에서 수행될 수 있다. 보다 바람직하게, 800℃에서 수행될 수 있다.
- [0278] 또한, 제5 단계는 전기 가마를 이용할 수 있는데, 전기 가마는 전기를 사용해 열의 상승과 냉각등을 자동으로 조절할 수 있으며 지정한 온도에 이르면 자동으로 전원이 차단될 수 있다.
- [0279] 이하에서는, 실시예들을 통해 본원에 의한 효과를 구체적으로 확인한다. 본 채색된 도자기 제조 방법은 이하의 실시예들에 의해 뒷받침될 수 있다. 다시 말해, 이하의 실시예는 본 채색된 도자기 제조 방법을 구체화한 것일 수 있다. 다만, 본원이 이하의 실시예에 의하여 제한되는 것은 아니다. 참고로, 이하의 실시예들에서 시료라 함은 안료를 의미할 수 있다. 또한, 이하에서 시편은 채색되기 이전에 800℃ 초벌구이된 것일 수 있다.
- [0280] 또한, 이하에서 유약은 고화도용 투명유를 사용하며 담금법(Dipping)으로 시유 또는 중화도용 투명유로 분무 시유하는 방법으로 진행된 것일 수 있고, 소성은 전기가마를 사용하며 1145℃ 또는 1245℃ 산화염으로 진행될 수 있으며, 1245℃ 소성시 12시간 소성이 이루어질 수 있고, 1145℃ 소성시 9 시간 소성이 이루어질 수 있다. 또는, 소성은 20분 진행될 수 있는데, 이를 테면, 소성이 1245℃에 도달했을때 20분 유지하여 유약이 고루 녹을 수 있도록 하는 방식으로 진행될 수 있다. 또한, 이하에서 시료라 함은 전술한 제1 단계의 안료를 의미할 수 있다.
- [0281] [실시예 5]
- [0282] [시료 5-1]
- [0283] 실험 재료: 소각재(하수슬러지 소각재)(도 90 참조) 100%, 물
- [0284] 채색 도구: 납작붓
- [0285] 도 91은 시료 5-1에 의해 채색된 시편(도자기)의 사진이다. 평면기물에 시문한 시료는 적갈색을 띠며 두껍게 도포된 곳은 뭉침과 번짐이 나타났다. 입체기물은 황갈색을 띠며 시료가 휘발되어 발색이 약하게 발색되었다.

입체기물과 평면기물 모두에게 안정적으로 색이 안착될 수 있도록 성분 혼합 및 분리가 필요해 보인다. 이는 정제되지 않은 원재료를 물과 단순 혼합하다 보니 다소 거친 질감과 뭉침, 혹은 번짐 현상이 나타난 것으로서, 미분쇄 과정을 통해 개선될 수 있다. 다만, 시료 1-1은 도자기 안료나 화장토와 같은 도자기 장식 발색제로 사용 가능한 것으로 확인되었다.

- [0286] [시료 5-2]
- [0287] 실험 재료: 소각재(하수슬러지 소각재)(도 90 참조) 200g, 물 400ml
- [0288] 분쇄시간: 15단계로 조성/1시간30분~16시간 (1~2시간 간격)
- [0289] 채색 도구: 납작붓
- [0290] 시편: 평면 타일
- [0291] 도 92는 시료 5-2를 분쇄 시간별로 복수 개로 만들고, 만들어진 복수 개의 시료 5-2 각각이 채색된 시편의 사진이다. 도 92를 참조하면, 분쇄 시간이 길어질수록 입도가 균일해져 초벌 기물에 채색 시 붓질이 부드러워짐을 확인할 수 있다. 또한, 2차 소성 후 시료는 두껍게 시문된 곳은 붉은색을 띠며 흑갈색과 황갈색 순으로 발색되고 두껍게 도포된 곳은 끊어오르거나 번짐 현상이 나타남을 볼 수 있다. 또한, 붓의 속도감이 나타나며 물의 양에 의해 발색 차이가 나는 것으로 보이며, 분쇄 시간을 더 늘려 입도를 더욱 미세하고 균일하게 만들고 시료를 많이 머금고 배출할 수 있는 붓으로 교체할 필요가 있음을 확인할 수 있다.
- [0292] [시료 5-3]
- [0293] 실험 재료: 소각재 300g, 물 300ml
- [0294] 분쇄시간: 10단계로 조성 / 6시간~60시간 (6시간 단위)
- [0295] 채색 도구: 둥근 붓, 스폰지
- [0296] 시편: 평면 타일, 입체 향아리
- [0297] 소성 방법: 1차 소성(이를 테면, 800℃ 온도에서), 투명유 시유 후 2차 소성(1245℃ 12시간 산화소성 20분 유지).
- [0298] 실험 내용은 이하와 같을 수 있다.
- [0299] 도 93을 참조하면, 시료 5-3을 6시간 ~ 60시간까지 매 6시간마다 채취하며 총 10개의 시료를 제작하였다. 이때, 입도의 차이는 육안으로는 큰 차이가 없으나 분쇄시간이 길수록 수분의 양이 감소함에 따라 시료의 농도가 진해짐을 확인할 수 있었다. 이 후, 도 94를 참조하면, 시편(800℃에서 초벌 구이된 것일 수 있음) 및 채색 도구를 준비하였다. 채색도구는 시료를 많이 머금을 수 있는 천연털 붓(둥근붓)을 사용하고 균일한 흡수력과 배출 정도를 확인하기 위해 스폰지를 사용하였다. 도 95를 참조하면, 채색은 3단계로 진행하며 1) 붓의 속도감, 2) 농담 표현, 3) 스폰지 흡수력과 배출 정도를 확인하였다. 분쇄 시간이 길수록 수분이 적어져 붓질하기에 어려움이 있었고, 시료가 초벌기에 완전히 용착되지 않고 작은 마찰에도 벗겨져 채색 시 주의해야 했다. 또한, 도 96을 참조하면, 실험 과정에서, 유약은 투명유로 담금 시유하며 투명유는 이천에 위치한 순도에서 제품으로 하였고, 유약 시유 과정에서 시료가 일부 떨어져 나가거나 두껍게 도포된 부분이 입체적으로 드러나기도 하였다.
- [0300] 도 97은 상기 시료 5-3의 10개의 시료가 채색된 입체 향아리의 소성 전 사진이고, 도 98은 상기 시료 5-3의 10개의 시료가 채색된 평면 도판의 사진이며, 도 99는 상기 시료 5-3의 10개의 시료가 채색된 입체 향아리의 소성 후 사진이고, 도 100은 상기 시료 5-3의 10개의 시료가 채색된 입체 향아리의 일부가 확대된 사진이며, 도 101은 상기 시료 5-3의 10개의 시료가 채색된 평면도판의 사진이고, 도 102는 상기 시료 5-3의 10개의 시료가 채색된 입체 평면도판의 일부가 확대된 사진이다.
- [0301] 도 97 내지 도 102를 참조하면, 입도 차이에 의한 색의 변화는 거의 없으며 시료의 도포량에 따른 발색의 차이가 생기는 것을 알 수 있고, 두껍게 도포된 곳은 적갈색을 띠며 번짐이 심하고 적당량 도포된 곳은 흑갈색을 띠며 약간의 입자가 확인되었고, 물을 많이 사용한 부분은 황갈색을 띠는 것으로 볼 때, 도자기 회화표현에 필요한 농담조절이 가능할 것으로 보이며 42시간 이상 분쇄시 안정적으로 나타남을 확인할 수 있고, 소성 후 입체적인 형태의 기물에 채색된 시료가 흘러내리지 않고 형태를 유지하고 있음을 확인할 수 있고, 42시간 이상 미분쇄한 시료가 가장 안정적으로 발색되는 것을 알 수 있다. 다만 채색 시 시료가 뭉치거나 디테일한 표현이 어렵고, 초벌기에 완전히 안착이 되지 않아 날림현상이 있으나, 이 점은 시문 시 미디엄(글리세린)을 첨가하여 보완할

수 있다. 미디엄은 초벌된 기물 위에 안료로 채색을 할 때 안료 입자를 부유하게 만들어 입자가 고루 퍼지게 하고 붓질을 부드럽게 하는 역할을 할 수 있다.

[0302] 이에 대하여, 도 103을 참조하면, 시료 5-3의 60 시간 분쇄한 시료를 준비하고, 미디엄(글리세린)을 첨가하여 실험해 보았다. 구체적으로, 붓은 속도감과 농담표현에 효과적인 둥근붓과 가는 선 표현에 용이한 세필붓을 사용하고, 채색 시 초벌기물에 흡착시키고 붓질을 부드럽게 만드는 미디엄은 일반 약국에서 판매되는 글리세린으로 하였다. 도 104를 참조하면, 준비된 시료를 평면도판 및 입체항아리 각각에 채색하고 소성하였다. 소성 전 시료는 황갈색였으나 소성 후 흑갈색으로 발색되었다. 또한, 물 함유량이 소성 후 발색에 영향을 주는 것으로 보이며, 농담표현은 가능한 것으로 나타났다. 단 속도감과 세필 표현은 약하게 발색되었다. 또한, 시료가 두껍게 채색된 부분은 번짐으로 윤곽의 형태가 또렷하게 못하다. 적당량의 시료를 사용했을 때 발색도가 높고 번짐을 줄일 수 있는 첨가물이 필요해 보였다.

[0303] [시료 5-4]

[0304] 실험 재료: 철(Fe_2O_3)성분이 분리된 소각재300g, 물 300ml

[0305] 철 성분 분리 방법: 자석을 이용하여 철 성분 채취

[0306] 분쇄시간: 4시간 단일 분쇄

[0307] 채색 도구: 세필붓, 둥근붓

[0308] 시편: 평면 타일

[0309] 소성 방법: 중화도용 투명유 분무시유 후 1145℃ 9시간 산화소성.

[0310] 실험 내용은 이하와 같을 수 있다.

[0311] 도 105를 참조하면, 소각재에서 자석을 이용하여 철 성분만을 채취하였다. 자석 \varnothing 1.5cm의 원형 자석 40개를 비닐봉지에 썬 채철분을 흡착시키는 방법으로 하였다. 이 방법으로 완벽한 철 성분 분리가 이루어졌는지는 성분 분석을 통해 검증 가능하다. 그리고, 1145℃에서 녹는 중화도 투명유를 사용했으며 분사기를 이용하여 얇게 분무 시유하였고, 가마소성하였다.

[0312] 시문도구는 세필붓과 둥근붓으로 하였으며 물양을 조절하여 시문하였다. 세필붓으로 시문한 부분은 흑갈색을 띄며 시료가 두껍게 발려 완전히 녹지 못하고 끓어오르는 현상이 나타났다. 물 양이 많이 함유된 부분은 붉은 갈색을 띤다. 또한, 소성 후 발색도는 높으나 하수슬러지 소각재가 제대로 녹지 못한 것으로 보아 1145℃ 소성온도는 적합하지 않은 것으로 확인되었다. 투명유가 얇게 시유되었음에도 시료 자체가 광택이 나는 것이 확인되었다.

[0313] [시료 5-5]

[0314] 실험 재료: 철(Fe_2O_3)성분이 분리된 소각재300g, 물 500ml

[0315] 철 성분 분리 방법: 자석을 이용하여 철 성분 채취

[0316] 분쇄시간: 10단계 10시간~100시간 (10시간 단위)

[0317] 채색 도구: 세필붓, 둥근붓

[0318] 실험 내용은 이하와 같을 수 있다.

[0319] 도 106을 참조하면, 시료 5-4와 대응되게 철 성분이 분리된 소각재를 준비하고, 물과 혼합하여 분쇄시간을 10시간~100시간까지 매 10시간마다 채취하며 10개의 5-5 시료를 제조하였다. 입도 차이는 육안으로는 구분하기 힘들며 분쇄시간이 길수록 수분의 양이 감소함에 따라 시료의 농도가 진해짐이 확인되었다. 시료 5-4와 관련된 실험에서 소성 후 시료가 자체적으로 광택이 나는 것이 확인되어, 도 107을 참조하면, 이번 실험은 투명유 시유하는 것과 하지 않는 것(무유) 2가지 타입으로 제작하며 총 4개(입체 기물 및 평면 기물)의 시편에 시문하였다. 소성 전 시료들의 색은 연갈색으로 입도차이에 의한 색의 차이는 없었다. 고화도용 투명유(이천의 순도예사의 제품)로 시유하고 가마소성하였다.

[0320] 도 108은 시편들의 소성 후 사진이다. 도 108을 참조하면, 무유로 소성한 시편은 시료가 전체적으로 흑갈색을 띄며 물이 많이 함유된 부분은 적갈색을 띤다. 번짐이 없어서 형태 윤곽이 또렷하고 자체가 광택이 나는 특징을

보이고, 명유 시유한 시편은 적갈색과 흑갈색이 혼용되어 발색 되었으며 물이 많이 함유된 부분은 황갈색을 띄며, 무유에 비해 번짐이 많음을 확인할 수 있고, 투명유 시유한 시편을 볼 때 분쇄시간이 길수록 입자가 균일해져 번짐이 적은 것으로 보이며 적갈색의 비중이 커지는 것으로 확인되었다.

- [0321] [시료 5-6]
- [0322] 실험 재료: 소각재 200g, 투명유 200g, 물 400ml
- [0323] 혼합 방법: 투명유를 완전 건조시킨 후 소각재와 1:1 비율로 습식 혼합
- [0324] 분쇄방법: 10단계 6시간~60시간 (6시간 단위)
- [0325] 채색 도구: 둥근붓, 스폰지
- [0326] 실험 내용은 이하와 같을 수 있다.
- [0327] 도 109를 참조하면, 투명유를 킨타올로 수분을 일부 흡수시킨 후 실내에서 완전 건조시켜, 완전 건조된 투명유를 준비할 수 있다. 참고로, 투명유는 장석, 규석, 석회석을 원료로 하는 기본유약을 말하며 본 실험에서는 이천에 위치한 순도예사의 제품이 사용되었다. 또한, 도 110을 참조하면, 완전 건조시킨 투명유와 소각재를 1:1로 비율로 혼합하고 물과 함께 포트밀에 투여하고, 밀봉한 포트밀로 6시간부터 60시간까지 10단계로 미분쇄하여, 시료 5-6을 제조하였다. 분쇄시간을 6시간~ 60시간까지로 설정해서 매 6시간마다 10단계로 미분쇄 하였으므로, 도 111을 참조하면, 시료 5-6이 미분쇄시간에 따라 10개의 시료로 제조되었다. 제조된 시료는 물을 첨가하지 않은 원액으로 보관하였다. 또한, 도 112와 같이 채색하였고, 채색에 따른 결과물이 도 113에 도시되어 있다. 이 과정에서, 입도가 낮아질 수록 붓질이 부드럽고 초벌기에 흡착이 잘되는 것이 확인되었고, 붓의 속도감과 농담, 스폰지의 흡수력과 배출력 모두 용이하다는 점이 확인되었다. 이 후, 도 114를 참조하면, 유약 시유 및 가마소성하였는데, 유약 시유시, 다시 말해, 투명유 담금 시유 시 시료의 이탈없이 시료가 시편에 잘 용착되었고, 유약이 발린 부분이 도드라지지 않음이 확인되었다. 도 115에는 소성 전 시편 사진이 도시되어 있고, 도 116에는 소성 후 시편 사진이 도시되어 있다. 실험에 따르면, 소성 전 시료 채색 시 붓의 발림이나 농담 표현이 용이했으나 소성 결과 전반적으로 시료가 휘발되어 발색도가 좋지 않으며 분쇄시간에 의한 차이보다 채색 시 시료 양 조절이 영향을 미친 것으로 보이며, 물의 함유량에 따라 황갈색->흑갈색->적갈색 순으로 나타나며 시료가 두껍게 발린 부분은 번짐과 붉은 반점이 나타남을 확인할 수 있다.
- [0328] 시료 5-6의 60 시간 분쇄한 시료를 준비하고, 미디엄(글리세린)을 첨가하여 시문하여 보았다. 시문 시 초벌기물과 흡착력이 좋고 붓질이 부드러워 채색이 용이하였고, 도 117을 참조하면, 소성 후 속도감과 세필붓 표현은 거의 나타나지 않았으며 농담표현만 확인되었다.
- [0329] [시료 5-7]
- [0330] 실험 재료: 소각재200g, 장석 100g, 물 400ml
- [0331] 분쇄방법: 10단계 5시간~50시간 (5시간 단위)
- [0332] 채색 도구: 둥근붓, 스폰지
- [0333] 실험 내용은 이하와 같을 수 있다.
- [0334] 도 118을 참조하면, 상기 실험 재료에 기재된 바와 같이, 소각재, 장석, 물을 준비하고 포트밀에 세라믹볼과 함께 넣어 혼합 또는 분쇄하였다. 장석은 인도산 소다장석을 사용하였다. 분쇄시간은 5시간부터 50시간까지로, 도 119를 참조하면, 이에 따라, 총 10개의(10개 종류의) 5-7시료를 채취하였다. 분쇄된(제조된) 시료는 추가로 물을 첨가하지 않고 원액으로 보관하였다.
- [0335] 도 120은 소성전 시편(시료로 채색된 소성전 시편)의 사진이다.
- [0336] 색 시편은 투명유 시유 시편과 무유 시편 2가지 타입이고, 분쇄 시간이 길수록 입도가 균일해져 붓질이 부드러워지고 초벌기에 흡착이 잘되었고, 도 120을 참조하면, 시료의 색은 연갈색이었다. 이 후, 유약 시유 및 가마소성하였다. 이 과정에서 투명유 담금 시유 시 시료가 떨어져 나가지 않고 안정적으로 용착되어 있었다.
- [0337] 도 121은 소성 후 시편 사진이다.
- [0338] 도 121을 참조하면, 소성 후 전반적으로 발색이 좋았으며 비교적 번짐이 적고 윤곽이 유지됨이 확인 되었다. 장시간 분쇄 할수록 입도가 균일해짐이 확인되었으며 붉은 반점도 일정하게 분포되었다. 투명유가 시유된 시편

은 적갈색과 붉은반점은 혼용되어 발색 되었으며 속도감, 농담표현, 흡수력과 배출력 안정적으로 나타났다. 무유 시편은 전체적으로 흑갈색과 적갈색이 혼용되어 발색되었으며 시료가 광택이 있고 윤곽이 또렷하게 나타났다. 이에 따라, 시료 5-7은 도자기 유약으로 활용 가능할 것으로 보인다. 또한, 농담 표현 가능한 것으로 나타났다. 입체기물의 경우 투명유약과 시료가 함께 흘러내리는 현상이 나타나지 않았다.

- [0339] [시료 5-8]
- [0340] 실험 재료: 소각재 200g, 백자토 20~100g, 물 400ml
- [0341] 혼합 방법: 백자토를 완전 건조시킨 후 소각재와 혼합
- [0342] 분쇄시간: 30분
- [0343] 분쇄 방법: 믹서기로 습식 분쇄
- [0344] 채색 도구: 납작붓
- [0345] 시편: 평면 기물(반 건조 상태)
- [0346] 참고로, 시료 5-8은 화장토로 사용될 수 있다. 화장토는 반건조된 기물에 주로 사용하는 것이므로, 시료 5-8과 관련된 실험에서는 시편으로 반 건조 상태의 기물을 준비하였다.
- [0347] 실험 내용은 이하와 같을 수 있다.
- [0348] 도 122를 참조하면, 상기와 같은 시료 5-8의 실험 재료를 준비할 수 있다. 백자토는 A사 백자토로 하며 해교제는 클레이어사의 해교제로 하고, 해교제는 점토를 물에 풀어서 점토물 즉 슬립(Slip)을 만드는데 입자가 침전하여 물과 분리되지 않고 오랜시간 부유하게 만들어 주어 성형에 적합하게 준비하였다. 또한, 시편으로 점토관을 반 건조시켜 준비하였다.
- [0349] 도 123을 참조하면, 완전건조된 백자토에 하수슬러지 소각재를 10~50% 첨가해 물을 넣고 혼합하였다. 화장토로서, 거친 질감 표현을 살리거나 분장용으로 사용된다는 점을 감안하여 30분 정도 혼합 분쇄하였다. 이때, 혼합 후 은색 빛의 입자가 떠 있는 현상이 나타나는 것이 확인되었다. 또한, 미량의 해교제를 첨가하였다.
- [0350] 한편, 도 124을 참조하면, 시료 5-8은 기본점토(백자토)의 첨가 비율에 따라, 기본점토가 10%, 20%, 30%, 40%, 50% 각각의 비율로 첨가된 것으로 5개 종류로 제조되었다.
- [0351] 도 125를 참조하면, 5개 종류의 시료 5-8을 시문하였다. 이때, 점토 표면에 분장용으로 사용할 수 있는지 여부를 확인하기 위해 납작붓으로 1회, 2회, 3회 겹쳐서 채색하였고, 시편은 각 2개씩 채색하여 제작하였다(투명유 및 무유 시유용 각각을 위해). 이 후, 유약시유 및 가마 소성을 하였다. 같은 종류의 시편을 하나는 투명유 시유하고 하나는 무유로 하였고, 가마소성은 1차 초벌소성하고 상기와 같이, 투명유 시유, 무유한 후 2차 소성 하였다.
- [0352] 도 126 내지 도 128은 소성 후 시편 사진이다. 도 126 내지 도 128을 참조하면, 소성 후 투명유 시유한 시료는 흑갈색이며 무유 시료는 적갈색으로 발색되었고, 겹쳐서 채색한 부분은 진하게 발색되어 색의 단계가 나타났으며, 은페력이 좋음을 확인할 수 있었다. 다시 말해, 시편의 표면색이 보이지 않아 코팅력이 좋음을 확인할 수 있었다. 또한, 소성 후 무유시편은 투명유 시유한 시편보다 시료가 더욱 거칠게 표현되었으며(이에 따라, 분장용으로 사용 가능함) 질감과 두께의 차이도 나타났다.
- [0353] 실시예 5와 관련된 실험 결과가 정리된 표가 도 129 및 도 130에 도시되어 있다.
- [0354] 실시예 5와 관련된 실험을 정리하여 보면, 소각재를 재활용한 본 채색된 도자기 제조 방법의 제1 단계에서 제조되는 안료는 도자기 철화 안료로 사용하는 것이 가능하다.
- [0355] 또한, 투명유를 시유한 시편들은 전반적으로 물의 양이 적으면 적갈색 → 흑갈색 → 황갈색으로 발색되었으며 번짐이 나타났다. 또한, 또한 유약을 바르지 않은 시료는 흑갈색 → 적갈색 → 적색 순으로 발색되었으며 자체가 광택이 나고 번짐 없이 또렷한 윤곽을 유지하는 특징이 나타났다. 이 결과를 통해 실험 시료가 도자기의 회화적인 장식 표현에 주로 사용되는 안료로서의 기능뿐 아니라 유약으로서의 기능(광택, 코팅력등)을 가지고 있어서 도자 장식에 폭넓게 사용 가능함을 알 수 있다.
- [0356] 시료 채색이 용이하고 소성 후 발색도가 높고 번짐이 적으며 문양의 윤곽이 잘 유지되어 도자기 철화안료로 사용하기에 양호한 시료의 순서는 다음과 같을 수 있다. 기재된 순서가 앞일수록 성능이 클 수 있다.

- [0357] 장석 혼합 → 철 성분 분리(1245℃ 소성) → 하수슬러지 소각재 미분쇄 → 백자토 혼합 → 투명유 혼합 → 원재료 단순소성
- [0358] 또한, 소성 후 발색도가 높은 순서는 다음과 같을 수 있다.
- [0359] 원재료 단순소성 → 원재료 미분쇄 → 철 성분 분리 → 장석혼합 → 백자토 혼합 → 투명유 혼합
- [0360] 또한, 시료 채색 시 붓의 속도감과 농담표현, 흡수력과 배출력이 좋은 순서는 다음과 같을 수 있다.
- [0361] 장석 혼합 → 투명유 혼합 → 철 성분 분리 → 원재료 미분쇄 → 백자토 혼합 → 원재료 단순소성
- [0362] 또한, 소성 전 붓질 발림성이 좋은 순서는 다음과 같을 수 있다.
- [0363] 장석 혼합 → 투명유 혼합 → 철 성분 분리 → 원재료 미분쇄 → 백자토 혼합 → 원재료 단순 소성
- [0364] 분쇄시간이 길수록 입도가 미세하고 균일해져 붓질이 부드럽고 속도감, 농담표현이 용이해지며, 소성 후 발색과 번짐에도 영향을 줄 수 있다.
- [0365] 또한, 투명유 시유한 시편의 경우 시료양이 많이 도포될 경우 붉은 갈색, 반점, 번짐현상/ 시료양이 적당하면 진갈색/ 시료양이 적으면 황갈색일 수 있다.
- [0366] 또한, 무유 시편의 경우 시료양이 많이 도포될 경우 흑갈색/ 물의 양이 많아지면 붉은 갈색 → 시료 자체가 광택이 나며 윤곽이 뚜렷하고 번짐이 없어 도자기 유약으로 활용 가능하다.
- [0367] 백자토를 혼합한 시료는 점토위에 사용하는 도표용으로 사용 가능/ 50% 이상 소각재를 첨가하여 제작하여도 사용 가능하다.
- [0368] 이와 같이, 실시예 5와 관련된 실험을 통해, 하수슬러지 소각재를 재활용하여 도자기 안료로 사용하는 것이 가능함을 확인했고, 다른 산화물을 첨가할 경우 색의 변화가 가능하다는 점을 확인할 수 있었다.
- [0369] 백자토를 혼합한 시료는 점토표면에 바르거나 초벌기물에 문양을 그려 넣는 화장토로 사용가능하며 50% 이상 소각재를 첨가하면 더욱 짙은 색감 표현도 가능할 것으로 보인다. 또한, 미분쇄과정을 통해 입도를 조절하면 섬세한 붓질 표현도 가능할 것으로 보인다. 즉, 제1 단계는 재료의 혼합 및 분쇄시 재료들을 미분쇄할 수 있다.
- [0370] 실시예 5와 관련된 실험을 정리하여 보면, 소각재를 재활용한 본 채색된 도자기 제조 방법의 제1 단계에서 제조되는 안료는 다른 발색 산화물과의 혼합, 비율을 조절하는 실험을 통해 다양한 색감으로 안료 개발이 가능하다. 또한 산업도자기 분야에서 장식기법으로 주로 쓰이는 전사지 제작 또는 유약의 발색제로 확대 적용하여 사용 가능하다.
- [0371] 또한, 제1 단계는 재료들을 세라믹 볼과 함께 포트밀에 넣고 고무마개로 밀봉후 회전하면서 분쇄(5시간 이상 100 시간 이하)할 수 있다.
- [0372] 또한, 도 131을 참조하면, 제1 단계는, 혼합 및 분쇄할 수 있는데, 이때, 분쇄는, 입자감소속도가 완만해지는 2 $\mu\text{m/hr}$ 로 소각재 원재료 크기가 90%이상 감소되도록 17 시간 이상 30시간 이하로 수행됨이 바람직하다. 구체적으로 분쇄 시간이 길수록 입도가 작아져 100 시간 분쇄 시 소각재 원재료 크기의 98%까지 줄어들고, 그 크기는 1.1 μm 가 될 수 있다. 또한, 최소 5시간 분쇄였을 경우 소각재 원재료 크기의 84~91% 줄어들 수 있다. 따라서, 분쇄는, 입자감소속도가 완만해지는 2 $\mu\text{m/hr}$ 로 소각재 원재료 크기가 90%이상 감소되도록 17 시간 이상 30 시간 이하로 수행됨이 바람직하다.
- [0373] 또한, 본 채색된 도자기 제조 방법은 전술한 바와 같이, 채색 후 채색된 도자기를 소성할 수 있는데, 이때, 소성하는 단계는 1095℃ 이상 1295℃ 이하에서 수행될 수 있으며, 바람직하게는 1195℃ 이상 1295℃에서 수행될 수 있으며, 보다 바람직하게는 1245℃에서 수행될 수 있다.
- [0374] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0375] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해

석되어야 한다.

도면

도면1



도면2



도면3



도면4



도면5



도면6



도면7



도면8



도면9



도면10



도면11



도면12



도면13



도면14



도면15



도면16



도면17

구분	혼합비율	소성온도	유약	발색	추천 분야	시편 번호
1	백자토 3Kg + 하수슬러지 소각재 150g (5%첨가)	1245°C	투명유	노란갈색, 철반점 있음	도자 소품 및 조형물 등 자기제품 제작가능	시편 1-1
			백유	어두운흰색, 철반점 있음		시편 1-2
2		1145°C	없음	핑크 철반점 있음	토분, 타일등 도기 제품 제작 가능	시편 1-3
3	백자토 3Kg + 하수슬러지 소각재 90g (3%첨가)	1245°C	투명유	진한 아이보리, 철반점 있음	도자 소품 및 조형물 자기제품 제작가능	시편 1-4
			백유	어두운흰색, 철반점 있음		시편 1-5

도면18

구분	점토혼합비율	소성 방법	유약	장식 기법	발색 (태토색/문양색)	광택여부	시편 번호
1	백자토 3Kg + 하수슬러 지소각재 150g (하수슬러 지 소각재 5%첨가)	1145°C 산화염 막벌소 성법	투명유	박지문	진한갈색(철반점있음)/ 흰색	유	시편 2-1
2			무유	박지문	연한갈색(철반점있음)/ 흰색	무	시편 2-2
3			색유	붓질법	핑크색(철반점있음)/붉 은색	문양만 광택있 음	시편 2-3
4			투명유	상감문	갈색(철반점있음)/아이 보리	유	시편 2-4

도면19



도면20



도면21



도면22



도면23



도면24



도면25



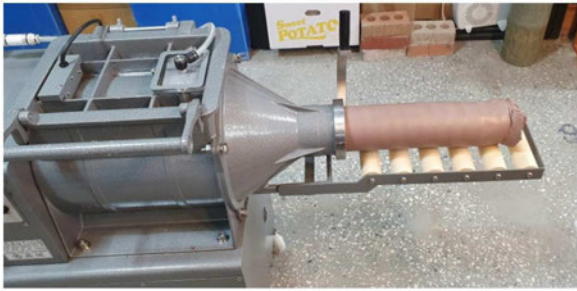
도면26



도면27



도면28



도면29



도면30



도면31



도면32



도면33

순번	구분	소성 후 결과물
1	800℃ 소성	
2	1145℃ 소성/ 무유	
3	1245℃ 소성/ 무유	
4	1245℃ 소성/ 투명유	

도면34

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	<p>96.75*34.78*9.81mm</p>
2	800℃ 소성	<p>96.12*35.15*10.24mm</p>
3	1145℃ 소성	<p>94.57*34.72*9.99mm</p>
4	1245℃ 소성(무유)	<p>89.24*32.49*8.94mm</p>
5	1245℃ 소성(투명유)	<p>89.19*32.23*9.07mm</p>






도면35



도면36

순번	구분	소성 후 결과물 (취어짐의 정도)
1	800℃ 소성 (1차 소성)	
2	1145℃ 소성 (무유)	
3	1245℃ 소성 (무유)	
4	1245℃ 소성 (투명유)	
5	1245℃ 소성	

도면37

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	 <p>98.01*34.93*9.98mm</p>
2	800℃ 소성	 <p>96.83*35.04*10.57mm</p>
3	1145℃ 소성	 <p>92.57*33.29*10.13mm</p>
4	1245℃ 소성(무유)	 <p>89.24*32.64*10.44mm</p>
5	1245℃ 소성(투명유)	 <p>90.28*32.93*10.07mm</p>

도면38



도면39



도면40



도면41





도면42



도면43

순번	구분	소성 후 결과물 (취어짐의 정도)
1	800℃ 소성 (1차 소성)	
2	1145℃ 소성 (무유)	
3	1245℃ 소성 (무유)	
4	1245℃ 소성 (투명유)	

도면44

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	 <p>99.50+35.24+10.34mm</p>
2	800°C 소성	 <p>97.81+34.98+10.10mm</p>
3	1145°C 소성	 <p>92.42+32.66+9.37mm</p>
4	1245°C 소성(무유)	 <p>91.11+32.42+9.48mm</p>
5	1245°C 소성(투명유)	 <p>92.09+32.76+9.82mm</p>

도면45



도면46



도면47



도면48



도면49



도면50



도면51



도면52



도면53

순번	구분	소성 후 결과물 (휘어짐의 정도)
1	800℃ 소성 (1차 소성)	
2	1145℃ 소성 (무유)	
3	1245℃ 소성 (무유)	
4	1245℃ 소성 (투명유)	

도면54

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	 <p>96.32+34.49+10.15mm</p>
2	800℃ 소성	 <p>96.51+34.06+9.79mm</p>
3	1145℃ 소성	 <p>93.43+32.83+8.89mm</p>
4	1245℃ 소성(무유)	 <p>90.94+31.82+8.69mm</p>
5	1245℃ 소성 (투명유)	 <p>89.98+31.47+9.63mm</p>

도면55



도면56

순번	구분	소성 후 결과물 (휘어짐의 정도)
1	800℃ 소성 (1차 소성)	
2	1145℃ 소성 (무유)	
3	1245℃ 소성 (무유)	
4	1245℃ 소성 (투명유)	
5	1245℃ 소성	

도면57

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	 <p>94.81*34.64*9.57mm</p>
2	800°C 소성	 <p>96.81*34.71*9.14mm</p>
3	1145°C 소성	 <p>90.00*31.52*8.79mm</p>
4	1245°C 소성(무유)	 <p>90.91*31.64*9.24mm</p>
5	1245°C 소성 (투명유)	 <p>90.90*32.63*9.00mm</p>

도면58



도면59



도면60



도면61



도면62



도면63



도면64

순번	구분	소성 후 결과물 (회어짐의 정도)
1	800°C 소성 (1차 소성)	
2	1145°C 소성 (무유)	
3	1245°C 소성 (무유)	
4	1245°C 소성 (투명유)	
5	1245°C 소성	

도면65

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	 <p>97.14*35.04*10.06mm</p>
2	800°C 소성	 <p>97.71*33.88*10.29mm</p>
3	1145°C 소성	 <p>91.29*31.89*8.01mm</p>
4	1245°C 소성(무유)	 <p>91.76*32.62*8.10mm</p>
5	1245°C 소성 (투명유)	 <p>91.85*32.89*9.45mm</p>

도면66



도면67



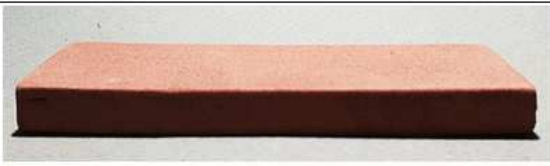




도면68



도면69



도면70

순번	구분	소성 후 결과물 (휘어짐의 정도)
1	800°C 소성 (1차 소성)	
2	1145°C 소성 (무유)	
3	1245°C 소성 (무유)	
4	1245°C 소성 (투명유)	
5	1245°C 소성	

도면71

순번	구분	소성 후 결과물
1	완전건조	 <p>97.91*34.86*10.25mm</p>
2	800°C 소성	 <p>97.63*34.93*9.64mm</p>
3	1145°C 소성	 <p>90.61*32.19*8.49mm</p>
4	1245°C 소성(무유)	 <p>90.23*32.10*9.48mm</p>
5	1245°C 소성 (투명유)	 <p>91.78*31.17*8.47mm</p>

도면72



도면73



도면74



도면75



도면76



도면77



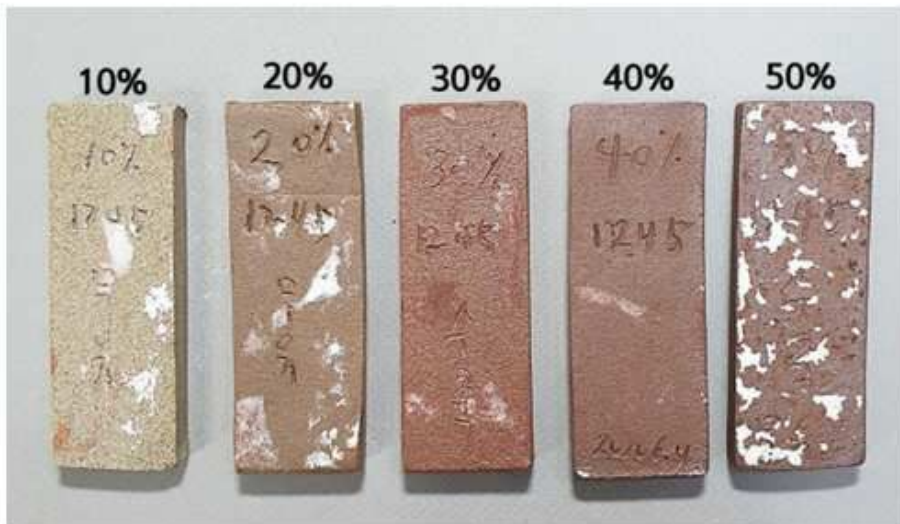
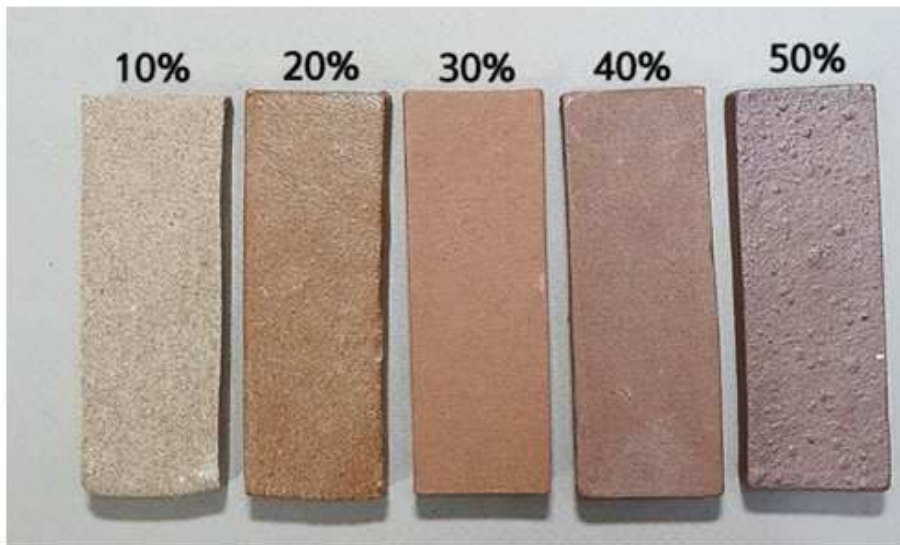
도면78



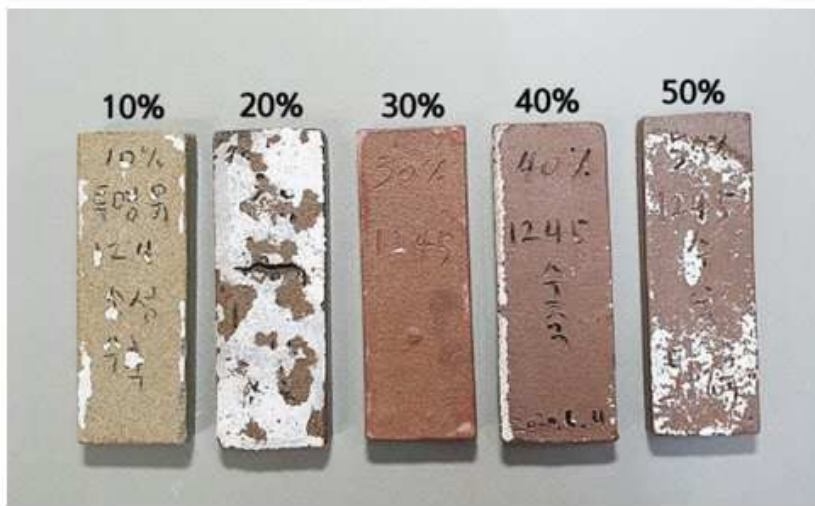
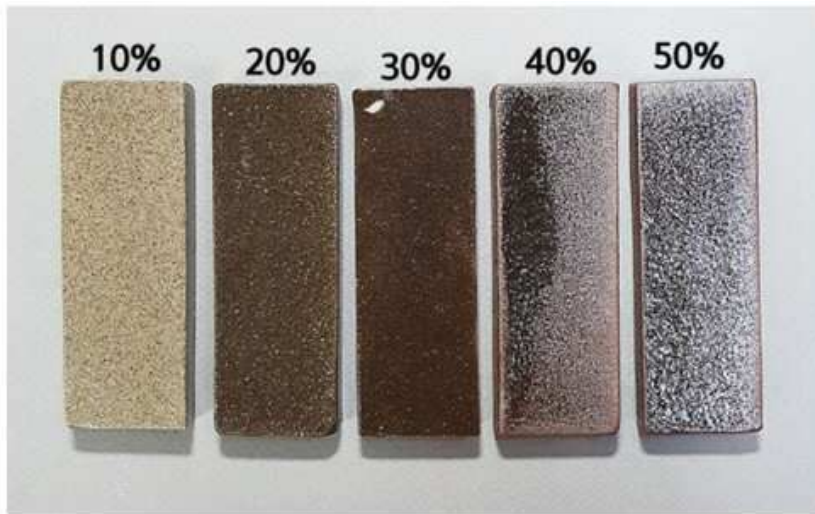
도면79



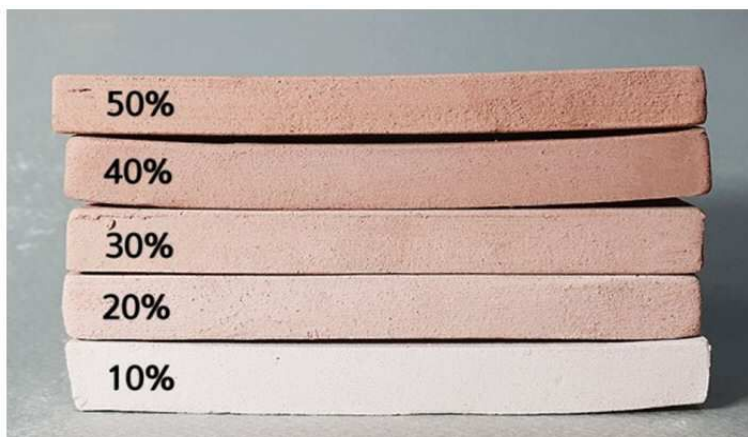
도면80



도면81



도면82



도면83



도면84



도면85



도면86

* 소성온도의 적합성

2차 소성온도		10%	20%		30%	40%	50%
			A사 백자트	B사 백자트			
1145°C 무유		적합	적합	적합	적합	적합	부적합 (10°C~20°C 낮추면 개선가능)
1245°C	무유	적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합
	투명유	적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합

도면87a

* 발색도

2차 소성온도		10%	20%		30%	40%	50%
			A사 백자트	B사 백자트			
1145°C 무유		연보라	분홍	진분홍	갈색	적갈색	진한적갈색
1245°C	무유	아이보리 (광택있음)	갈색 (광택있음)	갈색	갈색	진밤색	진밤색 (광택있음, 점트 끓어오름있음)
	투명유	회갈색	흑갈색	적갈색	흑갈색	흑갈색 (유약물림, 점트 끓어오름)	흑갈색 (유약물림, 점트 끓어오름)

도면87b

* 휘어짐 정도

2차 소성온도		10%	20%		30%	40%	50%
			A사 백자트	B사 백자트			
1145°C 무유		0~5도	0~5도	0~5도	0~5도	0~5도	0~5도
1245°C	무유	0~5도	20~25도	0~5도	0~5도	5~10도	20도~25도
	투명유	0~5도	20~25도	0~5도	0~5도	5~10도	20도~25도

도면87c

구분	혼합량 및 소각재 첨가비율		제작조건			소성 온도(°C)	결과					
			점토 제작	성형 방법	유약		장식 기법	발색	의견			
제작 가능성 실험	소각재 0.09kg : 백자토 3kg	3%	점토 성형	플레성형	투명유	1245	-	진한 아이보리, 철반점	도자소품 및 조형물 (자기제품 제작가능)			
					백유		-	어두운 흰색, 철반점				
					투명유		-	노란갈색, 철반점				
					백유		-	어두운흰색, 철반점				
	소각재 0.15kg : 백자토 3kg	5%		점토판 성형	코박 달기	무유	1145	-	핑크, 철반점	토분, 타일 등 (도기제품 제작가능)		
						투명유		1145	박지문		진한갈색, 철반점, 광택 ^有 문양색: 흰색	변형, 휘어짐 없는 소성강도 백색화장토로 분장시, 태토와 분리현상 없음 유약 화장토가 태토색에 영향줌
						상감문			갈색, 철반점, 광택 ^有 문양색: 아이보리			
						붓질법			핑크색, 철반점, 문양광택 ^有 문양색: 붉은색			
	무유	박지문	연한갈색, 철반점, 광택 ^無 문양색: 흰색									

도면87d

구분	혼합량 및 소각재 첨가비율		제작조건			소성 온도(°C)	결과				
			점토 제작	성형 방법	유약		수축 (%)	휘어짐	내화도	발색	의견
점토 실험	백자토 (A사 백자토)	0%	혼합 진공 토면	점토 성형	무유	상온건조	0.5	-	-	-	-
						800	2	없음	-	연핑크	
						1145	8	없음	-	백색	
						1245	9	없음	-	백색	
						1245	9	없음	-	백색	
						투명유	1245	9	없음	-	백색
	소각재 1kg : 백자토 10kg : 물 2L	10%			무유	상온건조	2	-	-	-	-
						800	4	없음	-	연핑크	
						1145	8	없음	적합	연보라	
						1245	10	없음	적합	아이보리 (광택 ^有)	상판과 붙어 바닥 부분이 약간 뜰겨짐
						투명유	1245	10	없음	적합	회갈색
						무유	1245	9	심하게	부적합	갈색 (광택 ^有)
	소각재 2kg : 백자토 10kg : 물 3L	20%	무유	상온건조	1	-	-	-	-		
				800	2	없음	-	핑크			
				1145	8	없음	적합	분홍			
				1245	9	심하게	부적합	갈색 (광택 ^有)	점토가 심하게 뜰겨져 나감		
투명유				1245	9	심하게	부적합	회갈색			
무유				1245	9	심하게	부적합	회갈색			
백자토 (B사 백자토)	0%	혼합 진공 토면	점토 성형	무유	상온건조	4	-	-	-	-	
					800	4	없음	-	-	건조, 소성 강도 좋은 안정적 점토	
					1145	7	없음	-	연한		
					1245	10	없음	-	아이보		
					1245	10	없음	-	리색		
					투명유	1245	10	없음	-		리색

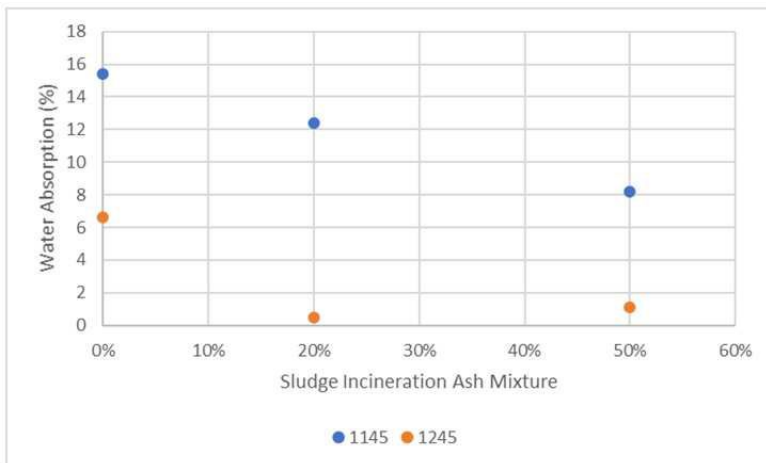
도면87e

구분	혼합량 및 소각재 첨가비율		제작조건			결과					
			점토 제작	성형 방법	유약	소성 온도(℃) ¹⁾	수축 (%)	취어점 ²⁾	내화도	발색	의견
점토 실험	소각재 3kg: 백자토 10kg :물 2L	30%			무유	상온건조	6	-	-	-	
						800	4	없음	-	-	
						1145	10	없음	적합	갈색	기본점토(백토)와 수축률 큰 차이 없음
						1245	10	없음	적합	갈색	
		40%			무유	상온건조	3	-	-	-	
						800	3	없음	-	-	
						1145	9	없음	적합	적갈색	30%에 비해 진하게 발색됨
						1245	9	약간	부적합	진밤색	안정적 소성
	소각재 4kg: 백자토 10kg :물 3L	50%			투명유	1245	9	약간	부적합	흑갈색	유약몰림, 점토 약간 끊어오름
						상온건조	3	-	-	-	
						800	3	없음	-	-	
						1145	10	없음	부적합	적갈색	10-20도 낮추면 개선가능
소각재 5kg: 백자토 10kg :물 3L	50%	투명유	1245	10	심하게	부적합	진밤색(광택有)	점토 끊어오름, 유약몰림			
			상온건조	3	-	-	-				
			800	3	없음	-	-				
			1245	10	심하게	부적합	흑갈색				

도면87f

구분	소각재 첨가비율	제작조건		소성 온도(°C)	결과		
		성형방법	유약		시작품	발색&특징	의견
실제 도자 제품 제작 결과	10%	틀레성형 석고가압성형	무유 유약	1245	사무용품 (뚜껑비), 화병	연갈색 진갈색	성형, 건조, 소성시 형태 유지력 있음
	20%	손성형, 틀레성형	?	1145	사무용품 (수달), 화병	1245보다 어둡게 발색됨	바닥붙음 현상이주 약간 있음 백색화장도, 안료와 분리현상 없음
			?	1245		색감이 어두워졌고 , 유약을 안바른 부분도 광이남	전체적으로 형태가 주저앉았고 기물 바닥과 내화 상판이 붙어 힘으로 떨어냄
	30%	손성형 틀레성형 석고가압성형	무유 투명유	1145	사무용품 (쟁권), 세면대, 아트타일	붉은 갈색 후갈색	성형 시 접력과 형태 유지력, 건조강도 좋았음, 소성강도 좋으며, 소성 후 형태 변형 없고 바닥 붙음 현상 없음
	40%	틀레성형 석고가압성형	?	1145	사무용품 (반달곰), 화병	?	형태유지력 건조강도 있음 소성 후 형태변형 없고 바닥에 붙는 현상 거의 없음
50%	틀레성형 점토판성형	무유 유약	1145	사무용품 (부엉이), 도판	안정적 약간의 끓어오름과 핀홀 발생	성형 용이하나, 정형작업시 점도가무가 나와 다루기 까다로움 건조시간 길어짐 소성후 형태변화 없고, 바닥에 약간 붙음 온도를 약간 낮추거나 소성 시간 단축하면 개선가능성 있음	

도면88



도면89

	A 사 백자토	B 사 백자토
SiO ₂ (%)	71.1	64.6
Fe ₂ O ₃ (%)	0.37	1.16
P ₂ O ₅ (%)	0	0
Al ₂ O ₃ (%)	19.4	22.6
CaO (%)	0.21	0.49
MgO (%)	0.08	0.28
K ₂ O (%)	2.27	1.95
TiO ₂ (%)	0.03	0.2
Na ₂ O (%)	0.94	0.5
ZnO (%)	0	0
BaO (%)	0.02	0.02
MnO (%)	0	0.02
CuO (%)	0	0
SrO (%)	0	0
Cr ₂ O ₃ (%)	0	0
강열감량 (%)	5.63	8.15

도면90



도면91



도면92



도면93



시료 (6h, 12h, 18h, 24h, 30h, 36h, 42h, 48h, 54h, 60h)

도면94



시편 및 채색 도구 준비

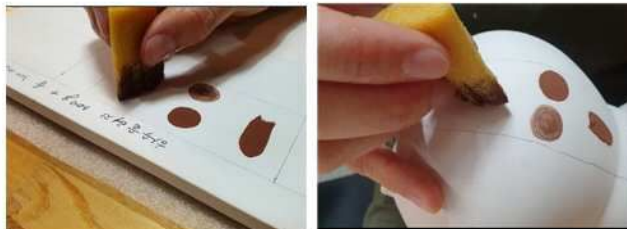
도면95



채색 1 (붓의 속도감 표현)



채색 2 (붓의 농담 표현)



채색 3 (스폰지 흡수력과 배출정도)

도면96



도면97



도면98

하수슬러지 300g + 물 300mL (1250°C 산화)

6 시 간				36			
12 시 간				42			
18 시 간				48			
24 시 간				54			
30 시 간				60			

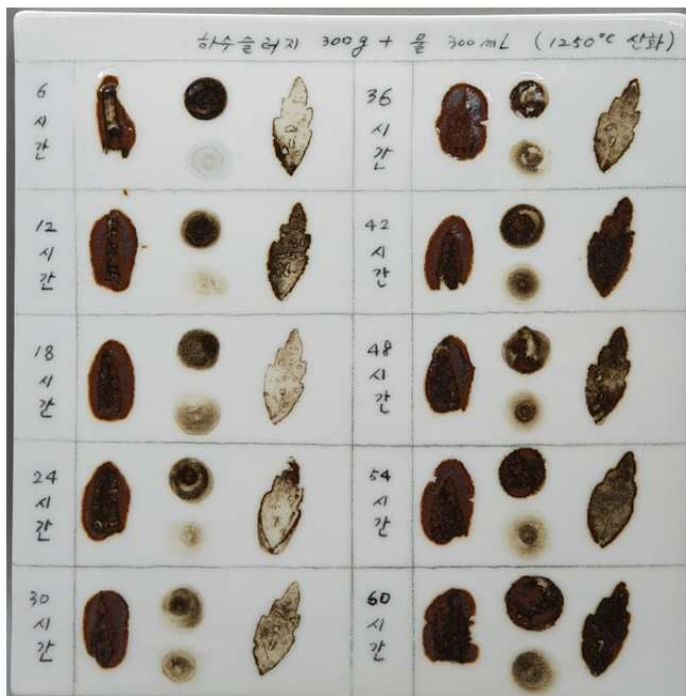
도면99



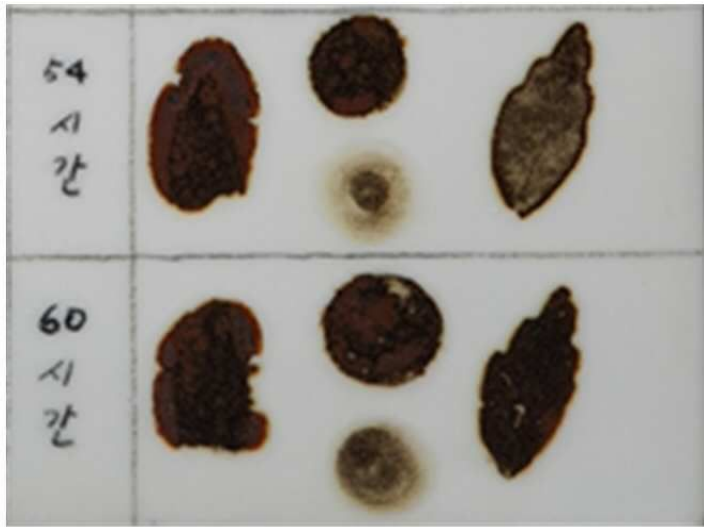
도면100



도면101



도면102



도면103



도면104



[소성전 시료]



소성후 시편



소성전 시편



소성 후 시편

도면105



철성분 분리작업



자석Ø1.5cm

도면106



도면107



소성 전 시편

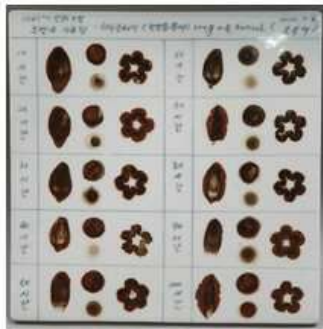
도면108



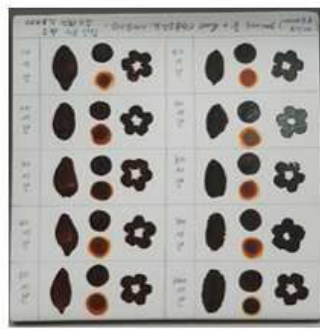
입체기물 (무유)



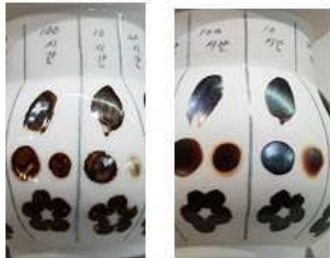
입체기물 (투명유 시유함)



평면기물(투명유 시유함)



평면기물(무유)



입체기물
(좌)투명유 시유함 (우)무유



평면기물
(상)투명유시유함 (하)무유

도면109



투명유 완전건조

도면110



재료 준비

건조된 투명유, 하수슬러지소각재, 물, 포트밀과 세라믹볼



성분혼합



미분쇄

도면111



도면112



채색 1 (붓의 속도감 표현)

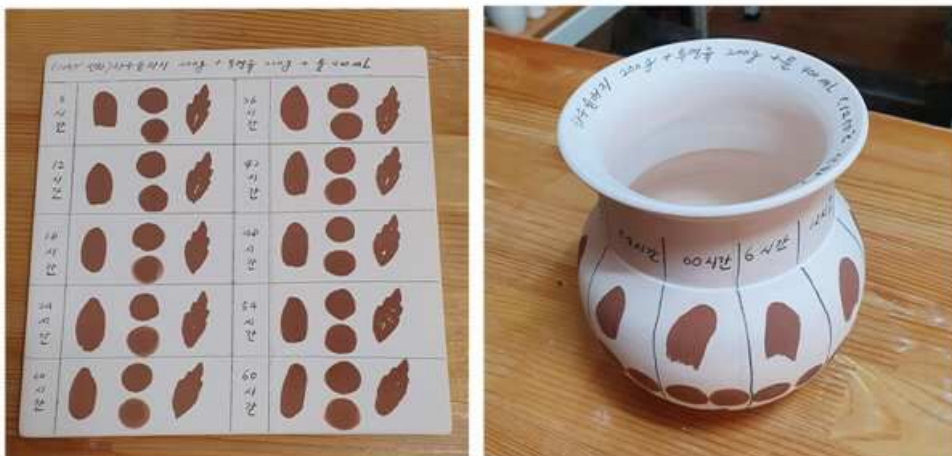


채색 2 (붓의 농담 표현)



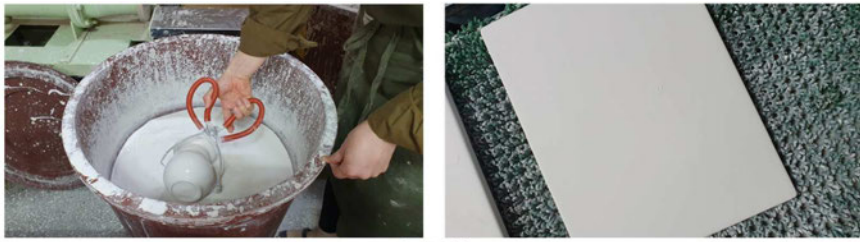
채색 3 (스폰지 흡수력과 배출정도)

도면113



소성 전 시편

도면114

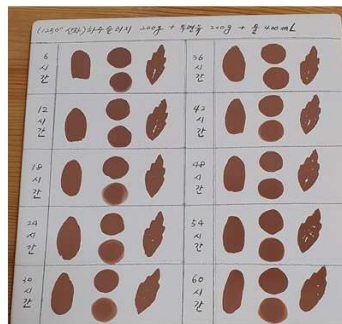


유약시유

도면115



소성 전 시편 (입체기물)



소성전 시편 (평면기물)

도면116



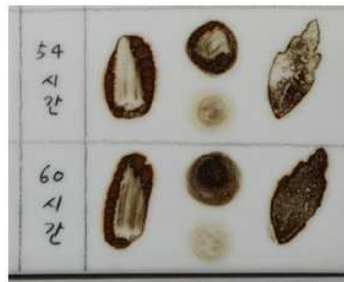
소성 후 시편 (입체 기물)



소성 후 시편 (평면기물)



입체기물



평면기물

도면117



소성 전



소성 후



소성 전



소성 후

도면118



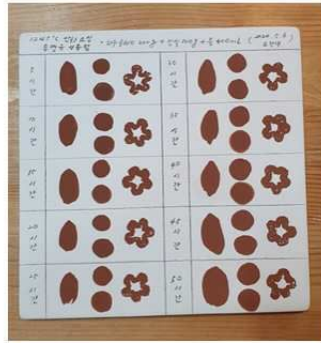
도면119



도면120



소성 전 시편 (입체기물)



소성 전 시편 (평면기물)

도면121



입체기물(유약시유함)



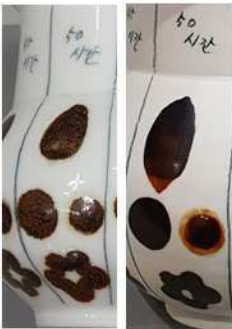
입체기물(유약시유 안함)



평면기물(유약 시유함)



평면기물(유약 시유안함)



입체기물
(좌)유약 시유함 (우)유약 시유안함



평면기물
(상)유약 시유함 (하)유약 시유안함

도면122



백자토, 하수슬러지 소각재, 시편, 해교제

도면123



제조과정



혼합과정에서 떠 있는 부유물

도면124



시료 (왼쪽부터 10, 20, 30, 40, 50% 하수슬러지 내 백자토 첨가 비율)

도면125



시문

도면126



10% 첨가 (좌) 투명유 시유함 (우) 무유

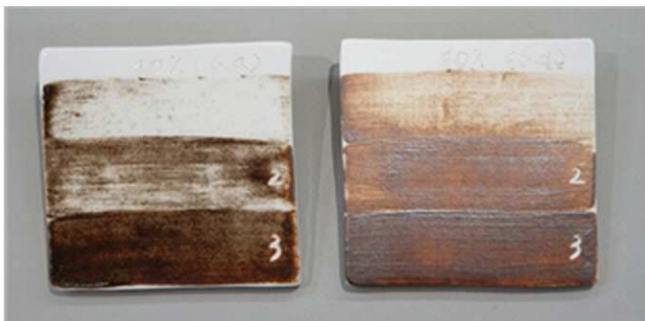


20% 첨가(좌) 투명유 시유함 (우) 무유

도면127



30% 첨가(좌) 투명유 시유함 (우) 무유



40% 첨가(좌) 투명유 시유함 (우) 무유

도면128



50% 첨가(좌) 투명유 시유함 (우) 무유

도면129

안료 재료	소각재 분쇄 (불필)		혼합량 및 비율	소성온도 (°C)	적용 실험				
	단계	간격(s)			붓종류	시편	의견		
원재료	-	-	소각재 100%+ 물 적당량	-	1245	납작붓	평면기물 입체기물	거친 질감과 문침이 있어서 미분쇄를 통해 개선필요	
미분쇄	15	1~2	소각재 200g: 물 400ml	1:2	1245	납작붓	평면기물	분쇄시간을 늘려 입도배합을 안정적으로하고 붓을 바꿔볼 필요있음	
	10	6	소각재 300g: 물 300ml	1:1	1245	둥근붓 스폰지	평면기물 입체기물	42시간 이상 미분쇄 시료가 가장 안정적 초벌기물에 완전히 안착될 수 있는 타재료 및 광물질 첨가필요	
상분 혼합	10	6	소각재 200g: 투명유 200g: 물 400ml	1:1:2	1245	둥근붓 스폰지	평면기물 입체기물	붓질이 부드럽고 발림이 좋은, 안착이 잘되는 편이며 농담조절이 용이함	
	10	5	소각재 200g: 강석 100g: 물 400ml	10:5:2	1245	둥근붓 스폰지	평면기물 입체기물	무유	전반적으로 발색 좋음, 번짐이 적고 윤곽이 유지됨
								투명유	흑갈색+적갈색 발색, 시료가 광택이 있고 윤곽 뚜렷, 도자기 유약 활용 및 농담표현 가능
	1	0.5 (믹서기)	소각재 200g: 백자토 20~100g: 물 400ml	10~50 %	1245	납작붓	평면기물	투명유	적갈색+붉은반점, 속도감 농담표현 흡수력 배출력 안정적
무유								거친 질감 표현을 살리거나 분장용으로 사용됨을 감안하여 30분정도 분쇄 겉쳐서 채색한 부분은 진하게 발색되어 색의 단계가 나타났으며 은폐력이 좋음	
투명유	적갈색, 투명유보다 시료가 거칠게 표현, 두께감의 차이도 있음								
투명유	흑갈색								

도면130

안료 재료	소각재 분쇄 (분말)		혼합량 및 비율	소성온도 (°C) ²⁾	적용 실험		
	단계	간격(h)			붓종류	시편	의견
실분 추출 ¹⁾	1	4	추출소각재 300g: 물 300ml 1:1	1145	등근붓 세필붓	평면기물	철성분의 완벽 분리는 어려움, 발색은 좋으나 두껍게 도포된 곳은 끓어오름 발색도는 높으나 하수슬러지 소각재가 제대로 녹지 않은 것으로 보아 온도 부적합
	10	10	추출소각재 300g: 물 500ml 1:1.7	1245	등근붓 세필붓	평면기물 입체기물 투명유	흑갈색을 띠며, 자체적으로 광택이 남 물이 많이 함유된 부분은 적갈색 적 붉은색+흑갈색, 번짐과 반점이 나타남
적용 실험	소각재 분쇄 시간(h)		혼합량 및 비율	소성온도 (°C) ²⁾	적용 실험		
					붓종류	시편	의견
미분쇄	60		소각재 300g: 물 300ml 1:1	1245	등근붓 세필붓	평면기물 입체기물	미디엄-글리세린 시문형태가 유지되고 진하게 발색될 수 있는 첨가물 필요
실분 혼합	60		소각재 200g: 투명유 200g: 물 400ml 1:1:2	1245		평면타일 입체항아리	미디엄-글리세린 시문 시 소벌기물과 흡착력이 좋고 붓질이 부드러움, 속도감과 세필붓 표현은 거의 나타나지 않고, 농담표현만 확인

도면131

