

LASITE JA LASITTAMINEN



Sisällysluettelo

LASITE	3
Empiirinen kaava, Segerin kaava.....	4
Segerin keilat	7
LASITTEIDEN JAOTTELU JA NIMEÄMINEN.....	7
Matalanpolton ja korkeanpolton lasite.....	7
Kiiltävä, himmeä ja mattalaseite.....	8
Peittävät lasitteet	9
Värilliset lasitteet	9
Lyijy- ja lyijyttömät lasitteet.....	10
Alkali- ja boorilasitteet	11
Majolika lasite (900- 1050°C), sulatelasitteet.....	12
Fajanssilasite (1000- 1150°C).....	12
Kivitavaralaseite (1200-1300°C)	13
Posliinilaseite (1300-1450°C).....	13
Saniteettilaseite.....	15

PELKISTYSPOLTON LASITTEET	15
Celadon	15
Häränveri- ja chun-lasite.....	16
Temmoku	18
ERIKOISLASITTEET	19
Kidelasite	19
Aventurine	20
Slip-lasitteet	21
Rakulasite.....	22
Tuhkalasite.....	23
Suolalaseite.....	24
Lasitteen sekoittaminen ja jauhaminen.....	26
LASITTEEN KÄYTTÖ	27
Lasittaminen raakapolton jälkeen ja kertapoltto	27
Lasittaminen kovapolton, eli sintraantumisen jälkeen.....	28
Litrapaino.....	28
Viskositeetti	29
LASITTAMISTEKNIIKAT	29
Upottaminen.....	29
Kaataminen	30
Puhaltaminen	30
LASITEVIRHEET JA UUELLEEN LASITTAMINEN	31
Uudelleen lasittaminen.....	31
Ohut ja paksu lasite.....	34
Lasite valuu poltossa.....	34
Lasitteen kuroutuminen	34
Värimetallioksidin ja engoben vaikutus lasitteeseen	35
Esineiden valmistus ja käsittely aiheuttavat virheitä	36
Lähteet	37



Kuva. Upottamalla lasitettu teekannu (Hortling 1972). Kuva Magnus Sjöblom

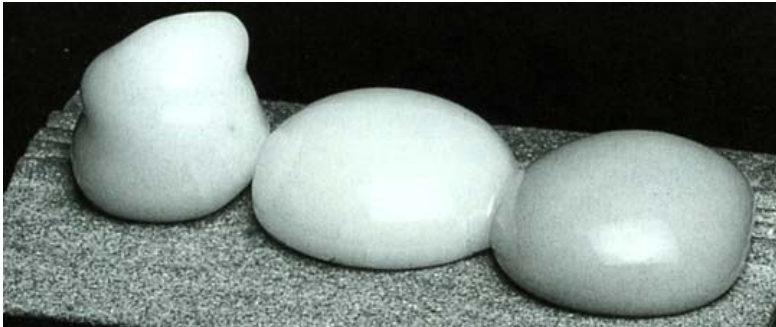
LASITE

Tavoitteena on selvittää lasitteen käsitettä. Mitä lasite on ja miten sitä käytetään keramiikan valmistuksessa. Lasite on keramiikan valmistuksen pintamateriaali ja niitä on saatavilla valmislasitteina tai valmistetaan itse raakalasisitteita eri raaka-aineista, mineraaleista ja oksideista. Lasitteen työturvallisuus ja käyttöolosuhteet ovat muuttuneet vuosikymmenien aikana jatkuvasti tiukentuen tiedon lisääntyessä. Lasitteita nimetään perustuen koostumukseen, ulkonäköön, polttolämpötilaan ja polttomenetelmään.

Lasite valitaan käytetyn massan polttolämpötilan mukaan. Matalanpolton kestävät massat lasitetaan matalanpolton lasitteilla (900-1100°C). Alle 900-1000°C polton lasitteet kestävätkin heikosti kulutusta ja ne ovat koriste- ja taidekeramiikan lasitteita. Korkeanpolton massat lasitetaan korkeanpolton lasitteilla (1180-1350°C). Poikkeuksena taloustavara ja posliini, sekä luuposliini, joka ensin poltetaan lopulliseen lämpötilaan korkealle, sintraantumiseen asti ja lasitepolttu on alemmassa lämpötilassa (1050-1180°C).

Lasite on ohut kerros epäorgaanista seosta, joka kuumennettaessa muodostaa lasia esineen pinnassa. Luonteeltaan lasitteet eivät ole tarkkoja kemiallisia yhdisteitä, vaan seoksia, joiden sulamiseen vaikuttaa usea samanaikaisesti tapahtuva eutektinen reaktio. Jotkut raaka-aineet pehmenevät alhaisissa lämpötiloissa ja alkavat sulattaa muita.

Eutektinen reaktio alkaa tapahtua kahden tai useamman yhdisteen välillä kehittyen koko lasitteen sulamisreaktioksi. Riittävän korkeaan lämpötilaan poltettaessa lasite sulaa tarttuu kiinni keramiikkamassan pintaan kostuttaen sen. Eri raaka-aineiden seos on jähmeä liuos sulaessaan silikaatiksi.



Kuva. Lasitteen raaka-aineet pehmenevät lämpötilan kohotessa ja sulaessaan tasoittuvat pinnaksi. Eutektisessa reaktiossa tapahtuu usean raaka-aineen yhteinen pehmeneminen ja sulaminen, mikä muodostaa lasitepinnan ja sen kiillon.

Empiirinen kaava, Segerin kaava

Empiirinen kaava on lasitteen koostumuksen laskentakaava, jota käytetään kansainvälisesti keramiikan tutkimuksessa yhteisenä kielenä. Lasitteen raaka-aineet tuntien voidaan laskea empiirinen kaava, jonka avulla asiantuntija voi ennustaa tai tunnistaa lasitteen poltetun ulkonäön. Empiirisen kaavan oksidien ekvivalenttiluvut toimivat keskenään vertailtavina suhdelukuina. Empiirinen kaava toimii myös toisinpäin, voidaan laskea empiirisestä kaavasta raaka-ainemäärät painoprosentteina, lasitteen raaka-ainekoostumus. Mineraalien, raaka-aineiden, analyysien vaihdellessa eri maissa ja maanosissa osataan muuttaa lasitteen raaka-ainesuhteet soveltuviksi eri käytäntöihin.

Empiirinen kaava eli Segerin kaava on Hermann Segerin kehittämä laskentakaava, mikä oli välttämätön esityö ennen kuin pystyttiin purkamaan käytäntö, jonka mukaan lasitteen raaka-aineet ilmoitettiin mittayksikköinä tai osina. Tämän jälkeen pystyttiin purkamaan yksittäisen raaka-aineen oksidien vaikutus koko koostumukseen. Samalla siirryttiin ilmaisemaan lasitteen raaka-aineseos painoprosentteina. Kaksi esimerkkiä kuinka on vanhoja lasitteita kirjattu muistiin ennen Segerin ottamaa käytäntöä ja lasitteen empiirisen kaavan laskutapaa (Taulukko 7 ja 9, Hortling 1999).

Saksalaisen vaikutuksen levitessä esiintyy suolan käyttöä lyijylasitteiden raaka-aineena jonkin verran 1700-luvulla. Taulukossa 7 on esimerkki polton jälkeen valkoiseksi muuttuvasta lyijytinalasitteesta, joka on tšekkiläisen Radan (1964, s. 52) mukaan peräisin Moraviasta 1700-luvulta.

Taulukko 7: Valkoinen lyijytinalasite, 940-960°C (Rada 1964, s. 52).

Raaka-aine	Paino-osa
Kvartsihiekkä	1
Vuorisuola	1
Lyijytina (tinatuhka)	4
(3 osaa lyijyä ja 1 osa tinaa poltetaan)	

Lasitteissa (taulukko 9) on käytetty ajalle tyypillistä mittayksikköä skålpund. Suluissa mainitaan raaka-ainemäärä kiloina.

Taulukko 9: Kolme valkoista lasitetta (Sjöblom 1831)

	Lasite 1	Lasite 2	Lasite 3
Raaka-aine	Mittayksikkö: Skålpund (suluissa kg)		
Lyijy*	20 (8,50kg)	12 (5,1kg)	10 (4,25kg)
Tina	5 (2,12)	4 (1,7)	7,5 (2,97)
Kvartsi	15 (6,37)	10 (4,25)	1 (0,42)
Suola	14 (5,95)	10 (4,25)	24 (10,20)

*Alkuperäisessä tekstissä bly

Segerin laskutavan mukaan lasitteen raaka-aineiden kemiallisen kaavan (koostumuksen) tuntien voidaan laskea oksidien moolimäärien suhdeluku, josta käytetään nimitystä ekvivalenttiluku. Segerin kaava ilmoittaa lasitteen oksidikoostumuksen molekyylikaavan suhdelukuina, ekvivalenttilukuina. Poltetun lasitteen eri oksidien moolimäärät ryhmitellään funktion mukaan ja lasketaan yhteen. Oksidien moolimäärien suhteita verrataan keskenään. Segerin kaava on lasitteen molekyylikaava, jossa Segerin esittämän sopimuksen mukaan silikaatin verkkorakenteessa sulattavien oksidien (RO , R_2O , emäs) summa on yksi. Lasitteen sulattamiseen osallistuvien oksidien summaa (yksi) verrataan erikseen lasitteen molekyylikaavassa esiintyviin muihin oksideihin, alumiinioksidin (R_2O_3 neutraali) ja piidioksidin (RO_2 hapan) määriin (Weiss 1991, s. 268).

Esimerkki Segerin empiirisestä kaavasta, jossa RO -ryhmän oksidit ovat alakkain ja samoin R_2O_3 ja RO_2 ryhmien oksidit. Ryhmien RO , R_2O_3 ja RO_2 nimikkeitä ei käytetä, pelkkä lukujen ryhmittely ilmaisee, että kyse on empiirisestä kaavasta. Ilmaisutyylillä on laajalle levinnyt kansainväliseen keramiikan tutkimuskäytäntöön (Taulukko 32, Hortling 1999).

Taulukko 32: Wenger-lyijysulattteen empiirinen kaava, 1451W. Sulamisalue: 950-1150°C (Wenger Ltd tuoteluettelo 1972)

$RO=1$ (yht.yksi)	R_2O_3	RO_2	
PbO	0,926		
K_2O	0,037	Al_2O_3 0,37	SiO_2 1,092
<u>Na_2O</u>	<u>0,037</u>		B_2O_3 0,074
Yht. yksi			

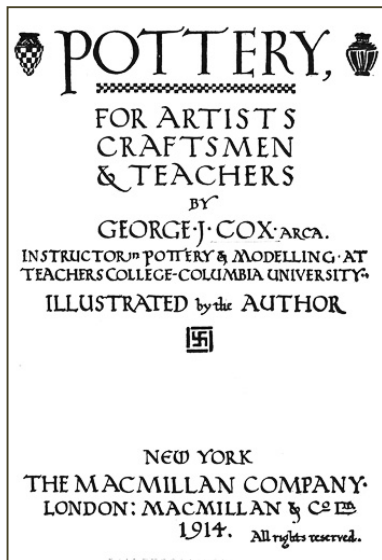
Alan kirjallisuudesta löytyy taulukoita empiirisen kaavan oksidien suhdeluvuista eri polttolämpötiloissa, minkä mukaan voi arvioida lasitteen sulamista. Esimerkiksi RO_2 -ryhmän SiO_2 , piidioksidin ekvivalentti luku on välillä 1,00- 10,00 eqv. ja R_2O_3 -ryhmän Al_2O_3 alumiinioksidin ekvivalenttiluku on välillä 0,10- 1,0 eqv.

Saksalainen Hermann August Seger (1839-94) teki elämäntyönsä 1850-luvulta alkaen saksalaisten tiilitehtaiden tutkijana selvittäen keramiikan poltoissa tapahtuvia kemiallisia ilmiöitä. Hänen mukaansa nimetty laskutapa säilyi Segerin kaavana 1900-luvun puoleen väliin asti, jolloin laskukaava nimetään empiiriseksi kaavaksi empiirisen tutkimuksen työvälineenä.

Taulukko: RO, R₂O₃ ja RO₂ ryhmien oksidien ekvivalenttiluvuista eri lämpötiloissa

	Lämpötila	1000°C	1000-1200°C	1200-1300°C	1300-1400°C
RO ₂	SiO ₂	1,00-2,00	1,50-3,00	2,50- 3,50	3,50- 10,00
R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	0,10-0,20	0,15- 0,30	0,25- 0,35	0,35-1,00
RO	Na ₂ O				
	K ₂ O	0,00-0,10	0,00-0,30	0,30- 0,15	0,30-0,10
	ZnO	0,00-0,10	0,00- 0,20	0,00-0,30	0,00- 0,15
	BaO	0,00- 0,10	0,00- 0,15	0,00-0,20	0,00-0,15
	CaO	0,00-0,20	0,20- 0,45	0,30- 0,60	0,35- 1,00
	MgO	0,00- 0,05	0,00- 0,10	0,00- 0,20	0,00- 0,40
	SrO	0,00- 0,05	0,00-0,30	0,00- 0,30	0,00- 0,30

Poltetun lasitenäytteen empiirinen kaava on olennainen osa kansainvälistä tutkimuskieltä lasitteen ominaisuuksia tulkittaessa keramiikan tutkimuslaboratorioissa. Suomalaiseen keramiikan koulutuksen lasitetutkimukseen on empiirinen kaava vakiintunut 1960-luvulta lähtien. Tietotekniikan aikakaudella empiirisiä kaavoja käsitellään laskentaohjelmilla ja moolisuhdekaava ilmaistaan lyhyesti termillä "formula" tai molekyylikaavana (molecular formula) (Maynard 1980, s. 31 ja Rado 1988, s. 233). Laskentaohjelmissa empiirisen kaavan laskenta tapahtuu "unity formula method"-menetelmällä (Hamer 1986, s. 280). Laskentaohjelmien antamissa tuloksissa oksidit järjestyvät alakkain siten että esimerkiksi RO- ryhmän yhteenlaskettavat oksidit (activ unity) tai R₂O₃-ryhmä merkitään jollain merkillä. Merkittyyn yksikköön verrataan muita moolisuhteita.

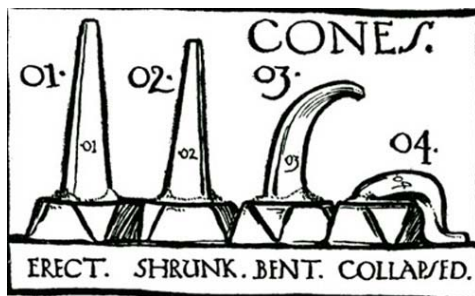


Kuva. Etusivu George J. Coxin kirjasta, joka kuuluu Taideteollisen korkeakoulun kirjaston kokoelmaan.

Segerin keilat

Studiokeraamikoille suunnatussa kirjallisuudessa käytetään lasitteiden oksidien suhdekaavasta saksalaisen perinteen mukaisesti joko termiä Segerin kaava tai englantilais-amerikkalaisen käytännön mukaan empiirinen kaava.

Segerin kehittämien lasitteiden sulamiskaavojen mukaan voidaan valmistaa uunien polttolämpötilan mittausta varten pieniä keiloja keraamisista seoksista. Keilat noudattavat raaka-aineyhdisteiden eutektista sulamista ja ne ovat säilyneet käytössä muiden lämpötilan mittausten rinnalla. Keilat lyhennetään yleensä Sc (Seeger cone), mutta japanilaisessa ja korealaisessa kirjallisuudessa SK (Seeger Kegel) saksalaisen perinteen mukaan. Saksalaisperäinen Segerin kaava nimitys on vakiintunut terminä Japaniin ja Koreaan.



Kuva. Seger keilat. (Cox, 1914)

LASITTEIDEN JAOTTELU JA NIMEÄMINEN

Lasitteita nimetään erilaisin perustein. Niitä jaotellaan lasitteen ominaisuuksien, ulkonäön, valmistustekniikan ja polttolämpötilan korkeuden mukaan. Lasitteen nimeämisperusteena on massan käyttö ja huokoisuus.

Taulukko: Lämpötilan mukaan lasitteiden luokittelu

Majolika	900-1050°C
Fajanssi, matalanpolton tuotteet	100-1150°C
Saniteetti	1180-1250°C
Kivitavara	1200-1300°C
Posliini	1300-1450°C

Matalanpolton ja korkeanpolton lasite

Lasitteet jaotellaan kahteen ryhmään polttolämpötilan mukaan matalanpolton lasitteet 900-1180°C ja korkeanpolton lasitteet 1200-1400°C. Molempiin ryhmiin kuuluu pinnan sulamisen mukaan kiiltäviä, himmeitä ja mattalasilteita.

Matalanpolton lasite nimitystä käytetään huokoisen massan ja alhaisen polttolämpötilan perusteella. Niitä ovat peittävät majolikilasitteet (900 - 1050°C), fajanssilasitteet (1000 - 1150°C) ja myös lyijylasitteet. Matalanpolton lasitteita nimetään käytetyn sulatteen mukaan, boori-, alkali- tai lyijylasite. Keramiikan traditioon kuuluva, teeseremonian yhteydessä kehitetty, Raku- lasite on ollut korkeanpolton lasite, mutta nykyisin usein matalanpolton.

Korkeanpolton lasitteisiin kuuluvat käyttökeramiikan kivitavaralasisitteet (1200 - 1300°C), posliinilasisitteet (1300 -1450°C), joiden koostumus, polttolämpötila ja poltto-aika sekä polttoatmosfääri (hapettava, pelkistävä) säätelevät lasitteen ulkonäköä. Celadon, Temmoku, Häränverilasisitteet (Sang de Boeuf) ovat korkeanpolton taidelasisitteita, ja niillä on pitkä traditio Kiinassa Japanissa ja Koreassa. Ne ovat pelkistyspolton lasitteita, joiden onnistumisesta taiteilijat jakavat kokemuksia.

Kiiltävä, himmeä ja mattalasisite

Lasisitteita nimetään ja valitaan perustuen lasitteen poltetun ulkonäön mukaan.

Lasisitepinnan ulkonäkö ja ominaisuuksia

Kiiltävä, kirkas, läpikuultava

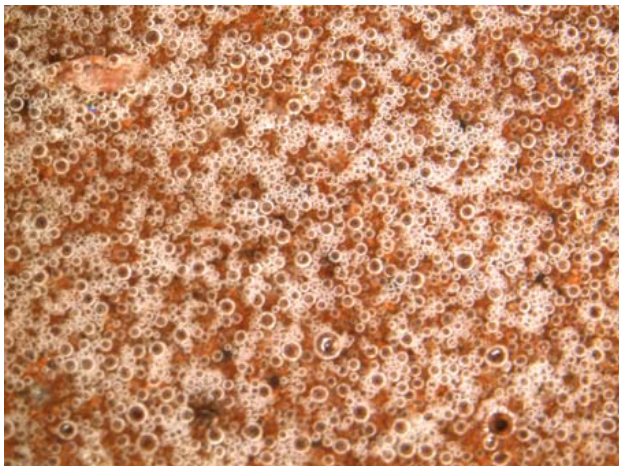
Himmeä, heikosti läpinäkyvä

Puolimatta, opaali, heikosti läpinäkyvä

Matta, läpinäkymätön

Läpikuultavaksi sulava lasite läpäisee valoa, se on kiiltävä (kirkas). Himmeä lasite on opaali ja heikosti läpinäkyvä, mutta sulava ja tasoittuva. Matta lasite on läpinäkymätön ja valoa läpäisemätön. Sillä on korkea viskositeetti ja lasittamisesta johtuvat virheet näkyvät helposti polton jälkeen.

Poltto-ohjelmalla on suuri vaikutus lasitteen sulamiseen. Poltto-ohjelman säätäminen vaikuttaa pinnan ulkonäköön. Nopealla tai hitaalla lämmönnousuohjelmalla vaikutetaan lasitteen sulamiseen. Lasisulan muodostumisessa monimutkaiset eutektiset reaktiot tarvitsevat aikaa. Pinnan muodostukseen vaikuttaa kuinka kauan kestää lasitteen sulamisen alkuvaihe ja loppuvaihe. Polton alkuvaiheen pituus korvaa loppuvaiheessa nopeutetun polton ja loppuvaiheen pidentäminen sulattaa lasitetta enemmän. Matta lasite voi muuttua haudutuksen aikana kiiltäväksi. Uunin ladonta ja poltettavan tavaran määrä vaikuttaa myös lasitteen sulamiseen.



Mikroskooppikuva: Matalanpolton himmeän lasitteen pintaa peittää tiheä pienten kuplien muodostama kerros. Lasisitteen alta kuultaa punaruskea massa. Lasite on tasaantunut, mutta on heikosti läpikuultava. Lasisitteen pinta on himmeä, puolimatta tai opaali.

Kaikki himmeät ja mattalasisitteet ovat lasitteen keskeytettyjä sulamisen reaktioita. Jokainen mattalasisite sulaa läpikuultavaksi ja kiiltäväksi, jos se poltetaan riittävän korkeassa lämpötilassa, mutta se ei aina muodosta tasaista pintaa.

Himmeä lasite sulaa heikosti ja pienien kuplien kerrostuma estää läpinäkyvyyden. Mattalasisitteet poikkeavat läpinäkyvistä lasitteista siten, että niiden lasimateriaalit sisältävät suuren määrän pieniä kiteitä. Matta pinta muodostuu, kun täysin sula lasite jäähtyy ja osa siitä kiteytyy. Kiteytyminen saadaan jäähdyttämällä sula lasite hitaasti.

Kiiltäviä ja läpikuultavia lasitteita muutetaan mattalasisitteeksi yhden oksidin, CaO, MgO, BaO, ZnO, tai Al₂O₃ ylituottamisella ja kosketeltaessa poltettua lasitetta tuntuu jokainen mattapinta erilaiselta. Alipoljetut himmeät pinnat kuluvat, ja jopa kiiltävät sinkkiä sisältävät lasitteet kuluvat astianpesukoneissa mattapinnoiksi. Poikkeuksena kalsiumoksidi muodostaa kovia ja kulutusta kestäviä kalsiumsilikaatteja.

Esimerkki: Korkeanpolton kalsiumpitoisen mattalasisitteen empiirinen kaava on

CaO	0,70		
K ₂ O	0,30	Al ₂ O ₃ 0,4	SiO ₂ 2,2

Peittävät lasitteet

Eri polttolämpötilan lasitteita, kirkkaita ja läpikuultavia sekä himmeitä, voi muuttaa peittäväksi. Himmeät lasitteet ovat jo opaaleja ja niissä tinaoksidi (10%) lisää valkoisuutta ja peittävyttä. Tinaoksidia (5%) ja zirkoniumsilikaattia (5%) käytetään yhdessä valkaisijana, kun muutetaan läpikuultava peruslasite valkoiseksi ja peittäväksi. Väriteollisuuden tuote, valkoinen pigmentti valmistetaan tina- ja zirkoniumoksidista ja sitä käytetään valkoisen lasitteen värjäämiseen peittäväksi. Mitä hienompi käytettyjen peittävien aineiden hiukkaskoko on, sitä suurempi peittävyys saadaan aikaan.



Kuva. Kivitavaralämpötilan 1200°C poltettu, läpikuultava ja kiiltävä lasite on värjätty kobolttioksidilla siniseksi ja kupari- sekä tinaoksidilla peittäväksi vihreän pastellisävyksi (Teekannut Hortling 1993).

Värilliset lasitteet

Metallioksideilla ja pigmenteillä värjätään sekä matalan että korkean polton lasitteita. Lasitteet nimetään värisävyyn mukaan. Metallioksidit CuO, MnO, CoO ja FeO (celadon pelkistyspoltto) vaikuttavat lasitteen sulamiseen. Pieninä määrinä sulattavat enemmän ja suurina määrinä estävät sulamista.

Metallioksidin vaikutusta lasitteen viskositeettiin mitataan tutkimusta varten valmistetuilla laatoilla, joissa ovat urat lasitteen sulamista varten. Levyt poltetaan samassa lämpötilassa vierekkäin asetettuna 45 asteen kulmaan.



Kuva. Lämpikuultavaksi sulavaan kivitavaralasiitteeseen (Eh30) sekoitetaan rautaoksidia 2% Fe_2O_3 ja lasite sulaa enemmän kuin peruslasite 1260°C poltettuna. Lasitteeseen lisätty 4% Fe_2O_3 sulattaa peruslasitetta vielä enemmän. Lisäys 8% Fe_2O_3 heikentää sulamista ja 16% Fe_2O_3 estää sulamista. Lisäys 32 % Fe_2O_3 jähmettää lasitteen kokonaan. (Hortling 1968)

Värikkäissä lasiteissa keramiikkavärien valmistajat suosittavat erikoistapauksissa pigmenttien kanssa kalsiumpitoisia (high lime content glazes) tai sinkkipitoisia lasitteita. Nimi antaa ammattilaisille viitteen lasitteen ominaisuuksista värinantajana tai pinnan muodostajana sekä polttolämpötilasta.

Lyijy- ja lyijyttömät lasitteet

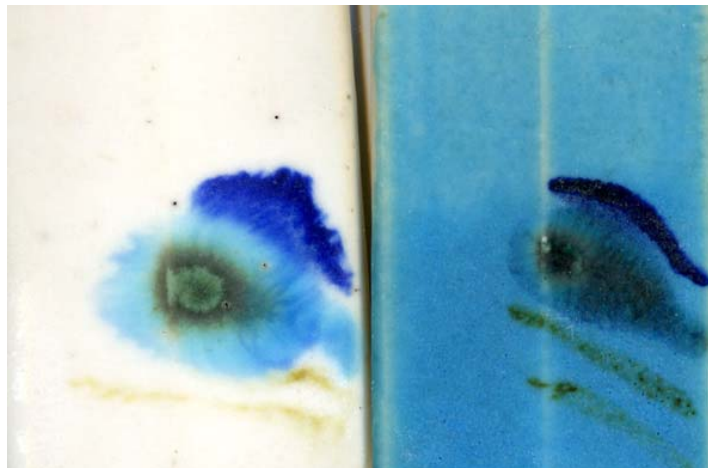
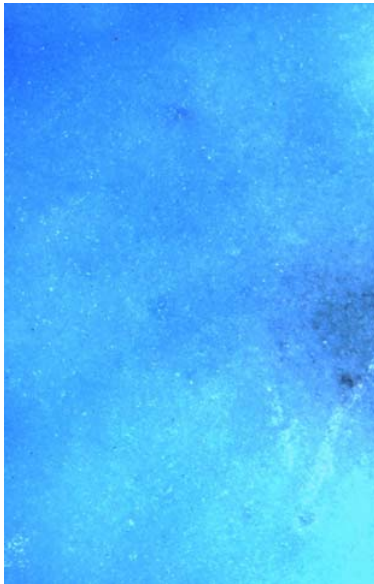
Silikaattialan tutkimuksessa on matalan ja korkeanpolton lasitteista yleisesti käytetty jako lyijyisiin ja lyijyttömiin lasitteisiin 1990-luvun lopulle asti. Lyijyä on käytetty matalanpolton lasitteissa yleisimpänä sulattajana ja lyijylasitteiden käyttö on vähentynyt systemaattisesti vuosittain. Tutkimus on muuttunut lyijy-yhdisteiden ja silikaattien korvaavien vaihtoehtojen löytämiseksi. Kivitavaratuotteita valmistettaessa on korkeanpolton lasitteissa käytetty lyijyä sulattajana. Lyijy alkaa haihtua poltettaessa yli 1000°C, mutta vaikuttaa sulamiseen. Pienet lyijymäärät poistuvat lasitteesta kokonaan loppulämpötilassa. Talouksineitä varten tuotetut valmislasitteet sisältävät harvoin lyijy-yhdisteitä niiden haitallisuuden takia 2000-luvulla. Lyijy-yhdisteiden käyttöä kontrolloidaan lainsäädännöllä ja lyijyä sisältävät matalanpolton koristekeramiikkaan valmistetut lasitteet merkitään tuoteselosteissa huolellisesti myrkyllisiksi.

Alkali- ja boorilasitteet

Matalanpolton alkali- ja boorilasitteet ovat yleistyneet, kun lyijyn käyttöä on vähennetty. Alkalilasitteet sisältävät runsaasti natrium-, kalium- ja litiumoksidia, joista natrium- ja litiumoksidi ovat herkempiä reagoimaan lämpötilan vaihteluille kuin kaliumoksidi. Natrium-, kalium- ja litiumoksidia sisältävien lasitteiden haittana on taipumus voimakkaaseen lämpölaajenemiseen ja säröilyyn.

Alkalioksidit ovat vesiliukoisia ja niitä käytetään sulatteina (fritteinä). Matalanpolton lasitteissa alkaliboorisulatteet lisäävät yhdessä lyijy-yhdisteiden kanssa lyijyn liukenemistä. Lyijylasitteissa ei saa korvata lyijyn käyttöä alkaleilla, ne muuttavat lasitteet myrkyllisiksi.

Korkeanpolton lasitteet sisältävät kalium- ja natriumoksidin lisäksi maa-alkaleja. Kun näihin lasitteisiin lisätään kuparioksidia, saadaan kirkkaan turkooseja värejä. Bariumoksidilla värjätty turkoosit ovat suosittuja taidekeramiikan lasitteena.



Kuva, vasen. Bariumlasite on värjätty kuparioksidilla turkoosiksi.

Kuva, oikea. Bariumlasite (1200°C) sisältää litiumoksidia (5%), kuparioksidia (2%) värjää turkoosiksi ja kobolttioksidi siniseksi. Taulukon bariumlasite.

Taulukko: Bariumlasite 1180°C

Raaka-aine	Paino-%
Bariumlasite	
Maasälpä FFF	60
Liitu	10
Kaoliini	5
Bariumkarbonaatti	20
Litiumkarbonaatti	5

Lisätty 2% CuO

Majolika lasite (900- 1050°C), sulatelasitteet

Majolika on matalan polton massasta valmistettu tuote. Massan polttolämpötilan lisäksi on tärkeää lasitteen ominaisuudet, valkoisuus, peittävyys ja koristelu. Majolika lasite on ollut peittävä tinalyijylasite vaaleiden massojen että punaiseksi palavien massojen lasitteena. Lyijyn käytöstä luovuttaessa käytetään majolika lasitteiden sulatteena boori- tai alkalisulatteita, jotka muuttavat metallioksidien värisävyt. Keramiikan valmistus siirtyi Mallorca saaren kautta Eurooppaan ja majolika on nimetty sen mukaan. Taidehistoria tuntee koristemaalatus majolika -keramiikan Etelä-Euroopan maista ja Lähi-idästä. Erityisesti majolika -maalaus on kukoistanut taiteena Italiassa, Portugalissa, Espanjassa ja Hollannissa. Majolika lasite on ollut nykykeramiikan valmistuksessa kiinnostava koristemaalauksen takia englantilaisessa ja amerikkalaisessa käyttökeramiikan valmistuksessa. Lisää matalanpolton peittävästä lasitteista linkistä, Majolika- lasitteet, Maiolica Glazes, www.Keramiikan materiaalitutkimus.



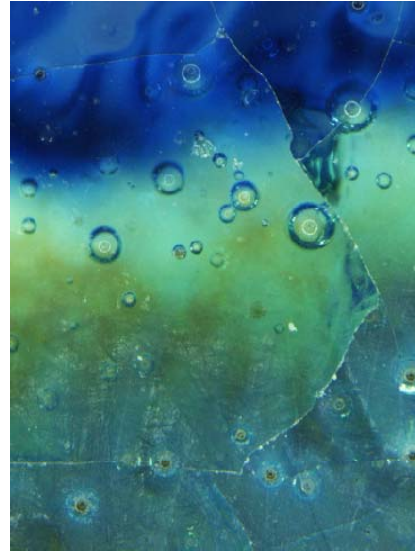
Kuva. Majolikamaalauskuvio, kobolttioksidivärillä on maalattu tinaoksidilla peittäväksi värjätty lasite (Hortling). Ara-maljakon kuvio, Arabian tehtaan tuotantoa 1940-luvulta.

Fajanssilasite (1000- 1150°C)

Fajanssilasitteet (1000 - 1150°C) ovat läpikuultavia ja kiiltäviä, ja valmistusraaka-aineina ovat alkali-, lyijy- ja boorisulatteet sekä kalimaasälvän lisäksi pieniä määriä liitua ja sinkkioksidia. Myös boori- litiumyhdisteet tai boori-strontiumyhdisteet toimivat fajanssilasitteen sulattajina. Fajanssilasitteita värjätään pigmenteillä ja metallioksideilla. Matalanpolton lasitteiden värimaailma on laajempi kuin korkeanpolton. Vaalea fajanssimassa kehitettiin tavoiteltaessa kiinalaisen posliinimassan salaisuutta 1600-luvun lopulla Italiassa. Faenzan kaupunki antoi nimen huokoiseksi poltetulle harmaan valkoiselle massalle, joka lasitettiin lyijylasitteella. Peittävällä lyijylasitteella lasitettua fajanssikeramiikkaa kutsuttiin majolikaksi. Fajanssituotteet sijoittuvat matalan ja korkean kivitavarapolton väliin. Massan väri oli aluksi harmaata tai harmaan valkoista. Jotta tuotteiden lasitettava pinta olisi valkoisempi, massa peitettiin hienoksi jauhetulla valkoisella lietteellä (engobe).

Kivitavaralasje (1200-1300°C)

Useimmat lasiteraaka-aineet sulavat ja reagoivat kivitavaran polttolämpötiloissa (1200-1300°C), mikä tarjoaa kaikkein runsaimmat mahdollisuudet erilaisille lasitteille koostumuksen, polttoatmosfäärin ja värien valinnan suhteen. Kivitavaralasjeiden yleisin käytetty sulate on maasälpä, joita on useita lajeja. Puhutaan maasälpälasjeista, koska ne sulavat 1200-1250°C. Lasitteissa kalsiumoksidi muodostaa kovia silikaatteja ja sinkki lisää kiiltoa pieninä määrinä. Maa-alkalit BaO ja MgO vaikuttavat metallioksidien värisävyihin. Kivitavaramassan poltettu väri vaihtelee valkoisesta harmaaseen, ruskeaan ja pilkulliseen. Se on tiiviiksi sintraantunutta ja kivimäistä. Kivitavaralasjeet ovat kiiltäviä, läpikuultavia, himmeitä, opaaleja ja peittäviä.



Kuva, vasen. Kivitavaralasjeen päälle on maalattu sivellinvedot metallioksidoilla, kupari-, koboltti- ja rautaoksidoilla. Viiruilla tutkitaan lasitteen koostumuksen vaikutusta väreihin. Tai päinvastoin niiden avulla voidaan selvittää lasitteen raaka-aineita. Kobolttioksidin viirussa on pieniä kiteitä ja rautaoksidin keltaruskeasta väristä voidaan päätellä, että lasite sisältää sinkkioksidia.

Mikroskooppisuurenoskuva, oikea. Kupari- ja kobolttioksidin viiruvärit sulavat yhteen. Raja-alueella (suuret kuplat) näkyy oksidien lisäyksen aiheuttama sulamisreaktio. Sulamisreaktiot aiheuttavat lasitteen säröilyn.

Posliinilasje (1300-1450°C)

Posliinilasjeet (1300-1450°C) ovat läpikuultavia ja kiiltäviä maasälpälasjeita. Pääasiallisina sulatteina käytetään kali- tai natronmaasälpää, joista kaliumoksidi RO-ryhmän sulattajana reagoi polttolämpötilan muutoksiin hitaammin kuin natriumoksidi ja on edullisempi käytössä. Suomalaisella kalimaasälvällä on edullinen eutektiasuhde kalium-, alumiinioksidin sekä piidioksidin välillä, ja se pehmentää ja sulattaa raaka-aineita alhaisemmassa polttolämpötilassa kuin englantilainen Cornish Stone. Maasälpä muistuttavaa mineraalia nefeliinisyeniittiä löytyy Norjasta suurena esiintymänä ja sillä korvataan kalimaasälpää ja alennetaan sulamislämpötilaa. Posliinilasjeita on hyvin erilaisia pintoja. Pintakiilto riippuu käyttötarkoituksesta ja myös valmistusmenetelmistä ja tehtaiden polttolämpötilan korkeudesta.

Taulukko: Posliinilasite Seger-posliinille 1300°C (Sc.9)

Raaka-aine	%
Kalimaasälpä	37
Kaoliini	11
Kvartsi	36
Liitu	16

Tradition mukaan posliiniesineet poltetaan läpikuultaviksi 1450°C ja käytäntöä noudatetaan edelleen ja lasite kerros on hyvin ohut eikä erotu. Posliinipoltto on tulenkestäviä tiiliä lukuun ottamatta korkein poltto keramiikan valmistuksessa.

Posliinimassa pehmenee ja sulaa läpikuultavaksi poltossa. Massa menettää poltossa sintrausvaiheessa helposti muotonsa. Kupin korva painaa muodon soikeaksi massan pehmetessä polttovaiheessa. Kupit poltetaan ylösalaisin suullaan ja ne hiotaan kiiltäväksi. Massan ja lasitteen raja-alueita ei erota hyvin valmistetuissa kahvikupeissa. Ravintolaposliini on valkoista, ei läpikuultavaa posliinia, joka on kolhiutumisen vaaran takia kivimäistä ja painavaa.

Posliinin polttokorkeus, 1300-1400°C, on luonut eräänlaisen statuksen posliinille. Korkeassa lämpötilassa läpikuultavaksi sulanut ohut esine on ollut useiden vuosatojen ajan ihailun kohde. Vitroposliini on valkoinen, mutta ei läpikuultavaksi sintraantunut. Se poltetaan kivitavaran kanssa samoissa lämpötiloissa 1260°C.



Englantilaisten kehittämä luuposliini on ollut 1700- 1800-luvuilla arkiesineposliinia. Se kehittyi aikana, jolloin ihailtiin aateliston Kiinasta tilaamaa kovaa posliinia. Luuposliinin läpikuultavuus saavutettiin polttolämpötilassa 1200°C. Lasitepoltto tapahtui alemmassa lämpötilassa 1000-1050°C välillä. Luuposliinilasite on ollut lyijylasite aikaisemmin ja lyijy korvataan nykyisin eri boori- tai alkalisulatteilla. Ekologinen läpikuultava luuposliini on 2000-luvulla arvostetumpaa kuin koskaan aikaisemmin.

Kuva. Posliiniesineitä, joissa massassa on käytetty poltettuja(600°C) poronluuta jauhattuna. Taulukossa on poronluuposliinille soveltuvia lasitteita.

Taulukko: Luuposliinilasite 1000°C, Hortling*

Lasitteet	LP1	LP2	LP3	LP4
Raaka-aine	Paino-%	Paino-%	Paino-%	Paino-%
Lyijybisilikaatti 2950	0,5	-	-	-
Boorisulate 2953	65,5	-	65	-
Boorisulate 2954	-	65	-	62
Kalimaasälpä	25	25	25	25
Kaoliini Standard	9	7	7	7
Kvartsi	-	3	3	6
Stelmittel	-	0,2	0,2	0,2

*Käytetty boorisulatelasitteita Poronluuposliinin tutkimusprojektissa

Saniteettilasite

Lasitteiden valmistusteollisuus nimeää lasitteet lämpötilojen (1180-1250°C), värien ja käyttökohteen mukaan. Saniteettilasitteen täytyy olla peittävä lasite, joka soveltuu posliinipolton vaatimiin lämpötiloihin. Saniteetti lasitetaan usein kahdella eri lasitteen kerroksella. Ensimmäinen lasitetaan peittävällä tina- tai tinazirkoniumlasitteella ja toinen, päälle pantava kerros on läpikuultava kiiltävä lasite, joka peittää ja kastelee hyvin alemman kerroksen. Peittävä lasite käytetään tekovaiheessa syntyvien valuvirheiden häivyttämiseen ja parantamaan massan valkoisuutta. Saniteettilasitteen pinnan tulee olla sileä, eikä se saa olla reikäinen tai "appelsiinipintainen". Hygieeninen ulkonäkö on tärkeä asia.

PELKISTYSPOLTON LASITTEET

Celadon

Celadon lasitteet ovat kalpean vihreitä, paksuja ja läpinäkymättömiä lasitteita. Koska vaalea vihreän sävy muistuttaa jadea, joka oli aikoinaan kiinalaisten uskonnollinen symboli, ihailtiin celadon lasitteita erityisesti Kiinassa. Etelä- ja Pohjois-Kiinassa on eri vihreän celadon sävyjä, johtuen raaka-ainesuhteista ja polttotekniikasta. Kiinalaiset käyttivät celadonia mielellään esineisiin, joihin kaiverrettiin ornamentteja. Polton jälkeen vaalean vihreältä pohjalta tuli pehmeästi esiin kuvio, jonka uurteisiin lasitetta jäi paksusti.



Kuva. Celadon lasitettuja lautasia. Raakalasin päälle on maalattu siveltimeillä tuhkalasitetta. Tuhkasta muodostuu sinertäviä (rautaoksidin vaikutus), opaalisia kidealueita, tuhkan fosfaatin vaikutus. (Hortling, 1996)

Celadon on luonteeltaan paksuhko kerros lasia, mikä ei kuitenkaan saa olla myöskään liian vahva kerros. Lasitteen eri vaaleat vihreän sävyt näkyvät parhaiten valkoisen massan päällä, tai valkoisella engobella peitetyn harmaan kivitavaramassan päällä. Jos käyttää tummaa massaa, niin lasitteen väri muuttuu tumman vihreäksi, jopa ruskehtavaksi pelkistyksessä. Lasitteen sulattajat reagoivat massan ja lasitteen kohtaamispaikassa ja massan pinnassa oleva rautaoksidi pelkistyy ja antaa lisäväriä lasitteen sävyyn. Rautaoksidi esiintyy FeO , Fe_3O_4 ja Fe_2O_3 muodossa. Pelkistyspoltossa Fe_2O_3 muuttuu FeO :ksi ja sen sulaminen tapahtuu alhaisemmassa lämpötilassa kuin Fe_2O_3 . Pelkistävässä poltossa rautaoksidi sulattaa lasitteen muita oksideja ja alentaa polttolämpötilaa.

Celadon lasite on vaikuttanut nykypäivään asti keramiikan valmistuksessa. Celadon lasite kuuluu keramiikan historiassa vahoihin arvostettuihin lasitteisiin, joita kehitettiin sekä Kiinassa, Koreassa että Japanissa. Länsimainen keramiikkataide on ihailut himmeäpintaista lasitetta. Celadon lasitteen liitetään myyttistä arvostusta, jota eri keramiikkasukupolvet tavoittelevat.

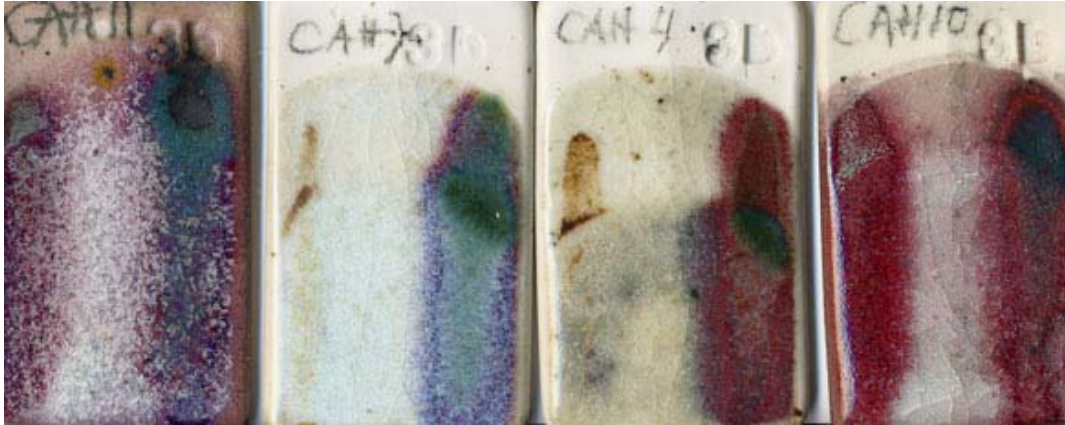


Kuva. Celadon lasite, maasälpälasite, jossa kvartsi on korvattu Hangan hiekkarannan hiekalla, josta läpikuultava lasite saa vihertävän värin. (Hortling, 1968)

Vihreä celadon peitti kiinalaista valkoista posliinia. Celadonia arvostettiin enemmän kuin valkoista lasiteta. Vihreällä sävyllä on ollut monta erilaista vivahdetta, joita käytettiin Etelä-Kiinasta Pohjois-Kiinaan asti. Väri muuttui sammalen vihreästä turkoosin sinivihreään. Celadoniin kuului myös kaivertamalla aikaansaatu koriste, jonka uurteet täytyivät paksusta celadon lasitteesta. Jos ohutseinämäinen posliiniesine oli lasitettu celadonilla molemmin puolin, niin lasite saattoi olla yhteensä paksumpi kerros kuin esineen savikerros. Linkki, Celadon, Celadon Glazes, www.Keramiikanmateriaalitutkimus,

Häränveri- ja chun-lasite

Vaalean vihreästä, rautaoksidin pelkistyslasitteesta, Celadon lasitteesta, joita kutsutaan Song dynastian kaudella Lung-chyan yao, kehittyi aikaa myöten eri puolilla Kiinaa siniharmaita opaalilasitteita. Niitä kutsutaan chun lasitteiksi. Lasitteiden raaka-aineena käytettiin puu- tai olkituhkaa sulattajana, ja se muuttaa paksun lasitteen opaaliksi ja vaalean sinertäväksi. Lasitteiden pinnassa syntyy lasin sulamisen aikana liikettä ja valumajälkiä, jotka kuvioituvat tuhkan sisältämän rautaoksidin ja fosfaatin yhteisvaikutuksesta sinivioletiksi.

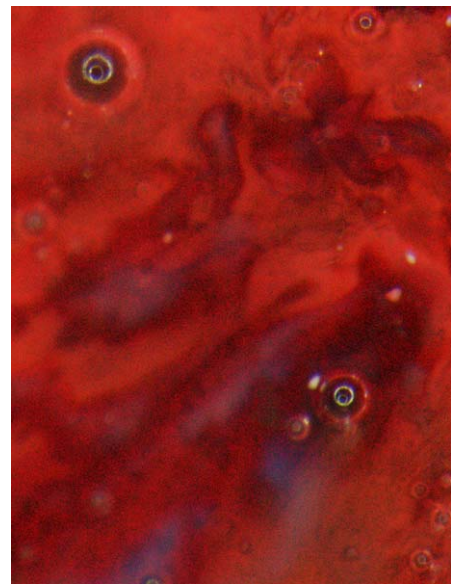


Kuva. Lasitenäytteen pintaan on maalattu ohut viiru vasemmalle puolelle kupari- ja rautaoksidin yhdistelmällä ja oikealle pelkällä kuparioksidilla. Oksidit muuttavat poltossa lasitteen koostumuksen ja pelkistyksen vaikutuksesta. Sinivioletteja, opaaleja värilasitteita kutsutaan Chyn-lasitteiksi, joissa on sulattavana raaka-aineena puutuhkaa.

Pelkistyksellä aikaansaadaan sinertävästä sävystä punaista ja violettiä lasitetta, jota kutsutaan Kiinassa Lang yao. Punaisen värin polttosalaisuudet selvitti Ernest Chaplet 1800-luvun alussa Ranskassa, ensimmäisenä Euroopassa. Kuparioksidilla värjätty lasitteet muuttuivat punaisiksi pelkistyspoltossa, lasitteita kutsutaan Sang de Boeuf nimellä Ranskassa ja Suomessa häränverilasitteiksi. Pelkistyspoltossa kuparioksidilla sulattaa valuvaa lasitetta ja muuntaa sen kolloidiseksi liuokseksi.



Kuva, vasen. Sulan lasitteen liike näkyy valumisessa alaspäin.



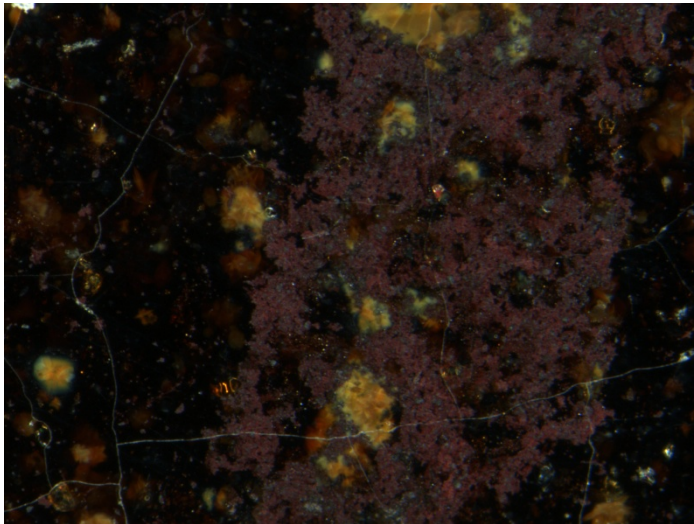
Kuva, oikea. Mikroskooppisuurennoksen kuparioksidilla värjätystä häränverilasitteesta. Lasitteen sulamisen liike näkyy ja kolloidinen värin muodostus. Suurennoksessa näkyy kolloidisen lasisulan kuvioituminen.

Häränverilasitteet ovat säilyttäneet kiinnostuksen ammattilaisten keskuudessa yli 150 vuoden ajan. Ne synnyttävät esteettisiä elämyksiä keramiikan tekijöiden kohdatessa tulen ja savun äärellä eri polttouuneilla ympäri maapalloa. Chun ja häränverilasitteet, Sang de Boeuf glazes. www.Keramiikan materiaalitutkimus,

Temmoku

Temmoku- lasite on vanha japanilainen tuhka- ja savilasitteen yhdiste. Temmoku tai tenmoku nimi tulee sanoista Tien Mu, mikä merkitsee Taivaan silmä. Mikroskoopilla katsottuna lasite on kuin öinen tähti taivas. Lasitteen raaka-aineena käytetään korkeassa lämpötilassa sulavaa matalanpolton savea, jonka analyysiin sisältyy suuri määrä rautaoksidia ja alkaleja. Pestyä puutuhkaa käytetään sulatteena. Rautaoksidin piidioksidin määrät lisääntyvät tuhkasta, mutta vesiliukoisia alkaleja säädellään pesemällä. Temmoku- lasitteen väri on mustan ruskea tai täysin musta, jolloin mustassa pinnassa on hopeanvärisiä metallisia pieniä kiteitä. Lasitteet muuttuvat poltto-olosuhteiden mukaan. On vaikea valmistaa luonnon raaka-aineista täysin samanlaisina toistuvia lasitteita.

Temmoku- lasitteita imitoidaan ja studiokeramiikassa, ja mustan vaikutus saadaan aikaan tavallisissa maasälpälasitteessa lisäämällä eri metallioksideja. Käytettyjen metallioksidien määrät vaikuttavat lasitteen koostumuksen mukaan mustan sävyihin. Mustat värisävyt syvenevät jos lasitteiden alla on ohut kerros rautapitoisia engobeja tai hienojakoista puhdasta valkoista engobeaa, savilietettä.



Kuva. Temmoku lasitteen päälle maalattu kuvio rautaoksidilla, joka jää sulamattomaksi pintaan. Lasitteen säröily on näkyvissä ohuina viivoina.

Kiinan ja Japanin lasitteiden historiaan kuuluvat Temmoku-lasitteen läheisiä variaatioita "Hare's fur"- (jäniksenkarva) lasitteet ja "The Oil spot"- (öljyläikkä) lasitteet.

Pintakuviot syntyvät polton aikana. Lasitteille on luonteenomaista paksun lasitteen valuvasta liikkeestä aiheutuvat kiteiset viirut, rautaoksidin kiteytymisestä aiheutuvat täplät ja rengaskuviot. Pitkän ja hitaan jäähtymisprosessin aikana rautaoksidi kiteytyy renkaanmuotoisiksi kasautumiksi, "The Oil spot".

Edellä mainittujen lasitteiden raaka-aineena on ollut usein matalanpolton savi ja puutuhka yhdessä sekä kalsiumyhdisteet. Rautapitoisten kivitavaralasisitteiden polttolämpötilan on oltava korkea (Sk.8-10) sekä hidas ja hauduttava.

ERIKOISLASITTEET

Tavallisesta lasitepinnasta poikkeava lasite luokitellaan tässä yhteydessä erikoislasitteeksi. Polttotekniikka vaikuttaa kidelasitteiden ulkonäköön, aventurine on matalanpolton kidelasitteen nimi ja slip-lasite sisältää paljon savea, eli savilietettä, slippiä.

Keramiikan erikoislasitteet

Kidelasite, hapettava poltto

Aventurine, hapettava poltto

Slip-lasite (Slip Glazes) - rautapitoinen savilasite, hapettava poltto

Kidelasite

Kidelasitteet jaetaan pienten ja suurten kiteiden muodostamiin lasitteisiin. Sinkkioksidi (6-10%) aikaansaa pieniä kiteitä lasitteessa, joka sulaa ja reagoi voimakkaasti polton aikana. Sellainen lasite on usein herkästi valuva. Mitä alhaisemmassa lämpötilassa lasitteen pehmeneminen alkaa sen parempi kiteytymisen kannalta, kiteet muodostuvat säteittäin kiteen ”sydämen” ympärille. Kidelasitetta värjätään metallioksideilla, jotka lisäävät lasitteen sulamista.



Kuva. Pienten kiteiden muodostuminen lasitteessa 1200°C. Sinkkioksidin muodostama kide on lasitteen pinnassa. Suuret kiteet tarvitsevat erityisesti haudutusaikaa kiteen muodostusta varten.

Sulavan lasitteen huippulämpötilan alapuolella noin 100°C astetta haudutetaan lasitetta yksi tai kaksi tuntia. Kiteiden koko määräytyy haudutusajan pituudesta. Kiteet muodostuvat helposti pyöreän muodon päälle ja valuu pystysuorassa pinnassa. Tasaisilla pinnoilla kidelasitteet ovat rosoisia, jolloin useita kiteiden säleitä kehittyä päällekkäin.



Kuva. Rosoinen kidelasitepinta. Kiteitä muodostuu useita päällekkäin, pinta ei ole sileä, eikä tasainen.

Tavallisesti kidelasitteita käytetään ns. taidelasitteina. Kidelasitteen raaka-aineina käytetään eri boorisulatteita, sinkkioksidia, titaanioksidia, rutiilia ja mangaanioksidia. Kalsium- ja magnesiumoksidi muodostavat ns. kidekeskuksia, minkä ympärille kiteytymä kerääntyy. Polttolämpötilasta riippuen lasitteessa voi vaihdella booraksisulatteen (matalanpoltonsulate) ja sinkkioksidin suhdetta. Kaoliinin sisältämä alumiinioksidi estää kiteytymistä ja sitä voidaan korvata kvartsilla, se lisää silikaattisulan määrää.

Taulukko: Vihreäsävyinen kidelasite 1180-1200°C

Raaka-aine	paino-%
Booraksisulate	77
Sinkkioksidi	5
Kaoliini	7
Ilmeniitti	5
Kuparioksidi	3
Rutiili (tumma)	3

Aventurine

Aventurine on matalanpolton rautaoksidin kidelasite, joka on ruskea. Aventurine-kidelasitteet on löydetty vanhoista japanilaisista ruukuista. Aventurine on koristeellinen lasitepinta ja sitä myydään teollisena valmislasitteena. Pinta koostuu hyvin pienistä tummista kimaltavista kiteistä. Rautaoksidia käytetään aventurine-lasitteissa runsaasti, 10-30 paino-%. SiO₂-määrä lasitteen koostumuksessa on alhainen, alumiinioksidia hyvin vähän tai ei ollenkaan.

Aventurine- lasite on usein lähes pelkkää sulattavaa raaka-ainetta. Sinkkioksidi muodostaa jäähtymisen aikana rautaoksidikiteiden kaltaisia kiteitä. Matalapolttoisissa lyijy- ja boorilasitteissa rauta ei sula vaan, muuttuu metalliseksi raudaksi lasitteen pinnassa hitaan jäähtymisen aikana. Polttolämpötilassa 980°C on lasite väriltään tummanruskea, lähes musta ja kiiltävä. Lasitteen pinta ei ole kulutusta kestävä ja kova.

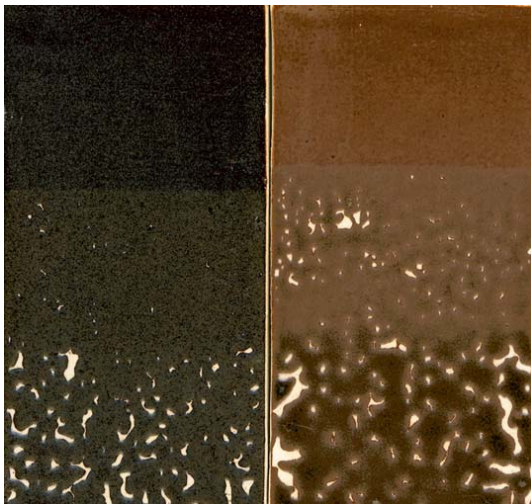
Taulukko: Aventurine lasite, boorikidelasite *

Raaka-aine	paino-%
Booraksi	61
Rautaoksidi	16
Kvartsi	23

*Polttolämpötila 980- 1000°C

Slip-lasitteet

"Slip" on luonnossa esiintyvän saven vesipitoinen seos, liete. Kun matalanpolton rautapitoista savea (punasavea) poltettiin korkealle, huomattiin että se sulii lasimaiseksi aineeksi. Luonnonsavet sulavat 1200-1250°C:ssa, jotkut alhaisemmissakin lämpötiloissa, ja sopivat lasitteeksi sellaisenaan. Suomalainen matalanpolton luonnonsavi soveltuu lasiteraaka-aineeksi. Amerikkalainen Albany slip- savi on tunnetuin slip- lasitteiden raaka-aine. Savi-lasitteet sisältävät rautaoksidia mineraalien rapautumisesta johtuen ja ovat väriltään ruskeita; keltaruskeita, viininpunaisia, mustanruskeita. Saven sulamista voi auttaa lisäämällä liitua, dolomiittia tai wollastoniittia. Rautapitoinen savi-lasite muuttuu keltaiseksi kalsiumoksidin vaikutuksesta. Savilasitteiden pinnan väri vaihtelee lasitteen kerroksen vahvuuden mukaan. Kalsiumoksidia sisältävät lasitteet ovat tummia ohuena kerroksena ja vaaleampia paksuina. Savi-lasitteet soveltuvat pelkistävään polttoon.



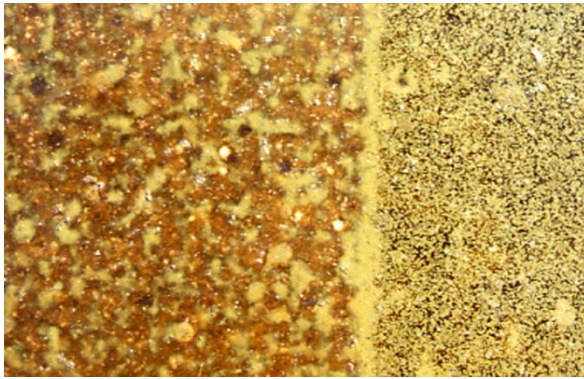
Kuva. Suomalaista luonnonsavea, matalan polton punaiseksi palavaa savea on lasitettu kolmena kerroksena, joista kaksi päällekkäin. Ohuin, yhtenäinen pinta kerros on ylinnä ja paksuin alhaalla, jossa lasite kuroutuu. Vasemman puoleinen näyte on poltettu pelkistyspoltossa 1250°C ja oikean puoleinen näyte samassa lämpötilassa mutta hapettavassa poltossa.

Taulukko: Slip-lasitteet LPL1-5, punasavi- liitulasite

Raaka-aine	1	2	3	4	5
Finn slip clay (LP) ¹⁾	90	80	70	60	50
Liitu (L) ²⁾	10	20	30	40	50

1) Someron punasavi, Kultelan tiilitehdas, Suomi

2) Liitu, Rollovit, Kööpenhamina, Tanska



Kuva. Slip lasitteen väri muuttuu lasitekerroksen paksuuden mukaan. Ohut kerros on tummempi kuin paksu kerros. Tutkimus, Suomalaisen punasaven ja kalsiumoksidin värimuutoksista kivitavaralasilteissa sisältää lasitteiden LPL 1- 5 poltetut näytteet.

www.Keramiikan materiaalitutkimus.

Rakulasite

Raku on japanilainen polttomenetelmä, jota on käytetty teeseremoniaan liittyvänä esteettisenä ilon ja nautinnon traditiona. Ensin on poltettu teesiat, joista tee on nautittu. Raku polttomenetelmä on ollut Shojiro Rakun suvun tarkoin vartioima salaisuus useita vuosisatoja, ja vasta 1900-luvun alussa Bernard Leach, länsimaisena henkilönä sai suvun arvostuksen ja hänelle luovutettiin tieto polttomenetelmästä. Spontaani ja nopea polttomenetelmä levisi nopeasti Amerikassa ja vuonna 1968 poltettiin ensimmäisen kerran Suomessa Rakua, Kyllikki Salmenhaaran Amerikan matkan tuliaisina, Ateneumin, taidemuseorakennuksen, pihalla.

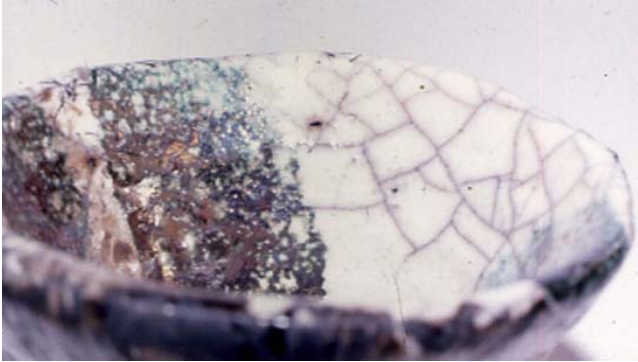
Raku -esine on valmistettava karkeasta massasta, mikä tahansa savi käy, jos se sisältää 50% karkeaa hiekkaa tai samottia. Massan huokoisuus estää saven halkeamisen nopeassa kuumennuksessa. Esine on raakapoltettava vähintään 450- 500°C, jotta saven mineraalivesi poistuu, sen jälkeen esine ei muutu saveksi eikä halkea poltossa. Rakulasite on matalanpolton lasite, joka sisältää paljon matalanpolton sulatteita, jotta lasite ehtii sulaa nopeasti kuumennettaessa poltossa 10-20 minuutissa. Jotkut käyttävät pelkkää sulatetta (frittiä) lasitteena, jotta sulaminen tapahtuu matalassa lämpötilassa 900-1100°C. Sulatteen täytyy sisältää sekä alumiinioksidia että piidioksidia, jotta syntyy lasite pinta.



Kuva. Raku -polttomenetelmä, kuumaan uuniin nostetaan pihdeillä raakapoltettu lasitettu esine. Lasite sulaa 10-20 minuutissa. Uunin päällä on lasitettuja esineitä esilämmityksessä.

Kuiva lasitettu esine nostetaan pihdeillä uuniin ja pois. Punahehkuinen esine nostetaan nopeasti pois uunista ja laitetaan savustumaan astiaan, joka sisältää jotain syttyvää ja hetkellisesti

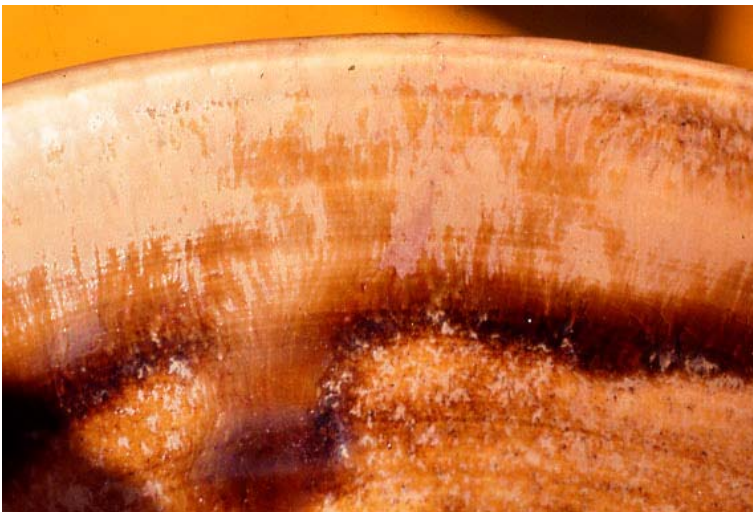
savustavaa purua. Sulanut pinta jäähtyy nopeasti ja pihtien tarttumisen jälki jää merkiksi, jota arvostetaan raku- traditiossa suurien säröjen lisäksi.



Kuva. Raku -lasitteeseen kuuluvat suuret säröt. Kuparioksidi maalataan lasitteen päälle. Paikallisessa pelkistyksessä se muuntuu moneksi väriksi. (Hortling, 1968)

Tuhkalasite

Kiinalaiset mestarit polttivat keramiikkaa alavetoisissa puilla lämmitettävissä uuneissa. Kova veto nosti polttolämpötilaa ja liekit kuljettivat tuhkaa, mikä laskeutui esineiden päälle ja sulii kiiltäväksi lasitteeksi reagoidessaan savipinnan sisältämän kvartsin kanssa. Tuhkan laskeutumista seurattiin tirkistysaukoista ja säädeltiin liekkiä kokemuksen perusteella. Sattumanvaraisesta tapahtumasta kehitettiin vähitellen tuhkalasite, joka sisälsi tuhkaa ja muita raaka-aineita.



Kuva. Pihlajan tuhkasta valmistettu lasite valuu paksummin lasitetusta reunasta, poltettu 1250°C.

Veteen sekoitettu tuhkalasite on tavanomaista paksumpi

lasiteseos lasitettaessa, koska tuhka turpoaa lasiteastiassa. Tuhkalasitteen koostumusta ei voi polttoprosessissa täydellisesti hallita, jotta se soveltuisi suurtuotantolasitteeksi. Tuhkalasite on taloudellinen ja sintraa massan pinnan kauniisti ohuena kerroksena. Sitä voidaan käyttää pientuotannossa.

Taulukko: Tuhkalasitteen raaka-aineiden vaihtelunrajat

Raaka-aine	paino-%
Tuhka	20 - 70
Maasälpä	20 - 70
Liitu	5 - 20
Kvartsi	15 - 25
Kaoliini/ punasavi	5 - 20

Tuhkalasitteissa voi käyttää punasavea kaoliinin sijasta, tällöin lasite muuttuu sulavammaksi, ja rautapitoisuuden kasvaessa tummemmaksi, vanhat Temmoku lasitteet ovat luultavasti olleet tällaisia. Pelkistävä poltto soveltuu tuhkalasitteille, se antaa paljon erisävyisiä tuloksia. Mikä tahansa puu- tai kasvituhka sulaa, kun se poltetaan tarpeeksi korkeassa lämpötilassa. Tuhkat lajitellaan sulamisen mukaan. Helpommin sulaviin ns. pehmeisiin tuhkiin luokitellaan kalsiumpitoiset. Huonommin sulaviin tuhkiin kuuluvat ruohot, oljet, kaislat jne. Ne sisältävät paljon, kvartssia, SiO_2 .

Taulukko: Puutuhkan analyysin vaihtelun rajat

Oksidi	Paino-%
SiO_2	30-70%
Al_2O_3	10-15%
$\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$	1-15%
CaO	1-50%
Fe_2O_3	vaikuttaa väriin

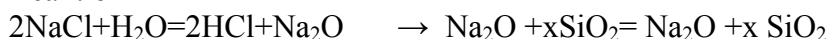
Puun rungon, oksien ja lehtien tuhkat poikkeavat toisistaan. Myös saman puulajin tuhkat poikkeavat toisistaan riippuen kasvualustasta ja mineraaleista. Mänty- ja pihlaja ovat tummempia tuhkia eli rautapitoisempia kuin koivutuhka. Vähärautainen omenapuutuhka sisältää runsaasti kalsiumoksidia ja on ollut suosittu lasiteraaka-aine. Sovellettaessa tuhkalasitteita korkeissa lämpötiloissa 1300- 1400°C tuhkat tulee pestä, poltettaessa 1200°C:ssa ei tarvitse pestä ellei lasite sula liikaa.

Tuhkan peseminen: Tuhka sisältää alkaleja, natriumia ja kaliumia, jotka liukenevat veteen tuhkan liotuksessa. Kun ylimääräinen liotusvesi kaadetaan pois ja korvataan puhtaalla, heitetään osa tuhkan sisältämiä, lasitetta sulattavia, alkaleja pois. Tuhkia voidaan liottaa ja vaihtaa puhdasta vettä useita kertoja peräkkäin. Mitä korkeammassa lämpötilassa tuhkalasite poltetaan sitä useammin on se pestävä. Aikoinaan Japanissa oli tuhkan pesijän ammatti. Pestyä tuhkaa myytiin lasiteraaka-aineena.

Suolalasilite

Suolalasilite ei ole lasiteseos vaan polttomenetelmä, jossa suolaa heitetään kuumaan uuniin. Saksalaiset keksivät suolalasilitteen 1500-luvulla ja 1800-luvulla sitä käytettiin yleisesti. Menetelmä vaatii uunityyppin, jossa liekki kuljettaa suolaa uunin sisällä polton aikana. Polttomenetelmässä ladotaan esineet uuniin ja lasittamisvaihe jää pois. Raa'at, kuivat esineet ladotaan suut ja pohjat vastakkain pienten savipallojen erottaessa pinnat toisistaan torneiksi uuniin. Esineitä ei ladota avohyllyille, koska uunikalusto lasittuu suolasta ja ”liimautuvat” kiinni. Polttolämpötila nostetaan massan sintrautumiseen asti. Massan lämpötilasta riippuu suolalasilitteen polttolämpötila, minkä on oltava vähintään 1100°C, jolloin suola alkaa höyrystyä. Tulipesiin heitetään kostutettua karkeaa suolaa eli natriumkloridia.

Reaktio



Reaktiossa vesihöyryllä on tärkeä osuus natriumin kulkeutuessa tulipesässä. Natriumista vapautuu kloorikaasu. Kloori on kaasuna hyvin myrkyllistä ja vaarallista ihmiselle.

Sintrauslämpötilassa massan pinnan sisältämä piidioksidi reagoi natriumin kanssa. Lasite kerrostuu ja paksunee polton jatkuessa. Mitä useampi kerta suola heitetään sitä paksumpi lasite syntyy. Suolausta toistetaan kolme tai viisi kertaa ja annetaan uunin hitaasti jäähtyä. Lasitteen laatu riippuu suolan kosteudesta tai kosteus on voitu saada uuniin käyttämällä tuoretta polttopuuta suolauksen aikana.

Poltosta saadaan paras tulos jos massaa voidaan pelkistää ennen suolausta. Lopuksi polton on oltava hapettava, ja harmaa ferrosilikaattilasite muuttuu punaruskeaksi lasitteeksi. Saviseokset, jotka sisältävät runsaasti rautaoksidia, lasittuvat vaaleanruskeiksi. Jos Fe_2O_3 on massassa karkearakeista, isot rakeet muodostavat lasitteeseen mustia täpliä. Mikäli massa sisältää suuria määriä kalsiumoksidia ja rautaoksidia, tulee suolalasepinnasta vihreänkellertävä. Lasitteen väriin voi vaikuttaa käyttämällä rautapitoista engobeja esineen pinnassa tai jos esinettä kastetaan johonkin suolamuodossa olevaan metalliväriin, esim. rautakloridi- tai kobolttisulfaattiliuokseen.

Taulukko: Massan poltettu väri riippuu Fe_2O_3 :n määrästä

Fe_2O_3 paino-%	Väri
0 - 2	- valkoisesta vaalean ruskeaan
3.5 - 4.75	- ruskea
4.75-8.2	- mahongin ruskea



Kuva. Suolapoltettu uurna, Heli Valaja 1993, Taideteollinen korkeakoulu

Ruskeanväriset suolalaseitetut säilytysastiat ja pakkauspullot ovat rautapitoista massaa.

Vaaleita savia on käytetty myös

suolalaseittamiseen. Vaaleisiin talousastioihin on maalattu kobolttioksidilla sininen koriste. Koboltti liikkuu uunikaasuissa ja sininen hunttu leviää sävyttäen sinertävän harmaaksi kauttaaltaan. Talous- ja pakkaus käyttöön tarkoitettuja suolasite-esineitä harvinaisempia ovat 1500-luvulla valmistetut runsaskoristeiset kirkkoastiat, jotka korvasivat vastaavia hopeisia esineitä. Kaatimien ja pikarien pinnat ovat täynnä reliefikuvioita, joiden yksityiskohdat ovat säilyneet suolalaseitteen kerrostuessa hyvin.

Lasitteen sekoittaminen ja jauhaminen

Lasiteseos valmistetaan hienoksi jauhetuista (200M, mesh) raaka-aineista.



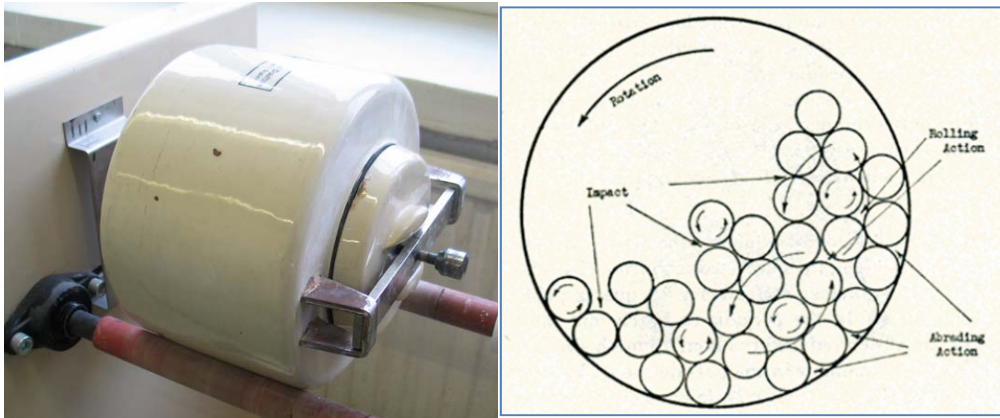
Kuva. Raaka-ainesäkkejä varastossa. Kansainvälinen varoitusmerkki, musta vinoristi oranssissa neliössä ilmoittaa aineen pölyhaitasta. Hienoksi jauhetut raaka-aineet tuottavat haitallista pölyä varomattomasti käsiteltäessä.

Kuivat pulverit punnitaan ja seulotaan monta kertaa, jotta aineet sekoittuvat keskenään. Lasittamisen laatuvaatimukset edellyttävät, että lasite on homogeeninen seos ja esineen pintakerroksen paksuuden tulee olla tasainen. Lasitteen tavoite paksuus määräytyy lasitettavan tuotteen mukaan. Kerroksen vahvuus voi vaihdella äärimmäisen ohuesta hyvin paksuun kerrokseen.



Kuva. Keramiikan valmistukseen soveltuva raaka-aine löytyy läheltä, ja sitä seulotaan itse valmistetuilla siivilöillä paikan päällä Keniassa. Kuva, Sirkka-Liisa Sarasjoki

Lasitteet ja sulatteet sekoitetaan tai jauhetaan pienessä kuulamylyssä. Tavallisesti mylly täytetään 50 % posliinisilla kuulilla astian tilavuudesta ja 25 % jauhettavaa materiaalia (vettä ja lasitetta). On tarkistetta, että jauhettava seos ei ole liian kiinteä seos, mikä estää kuulien pyörähdyksiä. Lasitetta ei kuitenkaan ole syytä jauhaa liian hienoksi. Voidaan puhua lasitteen sekoittamisesta (esim. värimetallioksidit ja pigmentit) noin kahden tunnin myllytyksen jälkeen. Lasitehiukkaset hienontuvat vasta noin 10-100 tunnin myllytyksen jälkeen. Lasitetta jauhetaan yhdessä pigmentin kanssa noin 50-150 tuntia. Pigmenttien liika hienontaminen muuttaa värisävyä poltettaessa. Sinkkioksidi voi vaahdota kuulamylyssä ja se sekoitetaan erikseen veteen ja lisätään myllyssä sekoittamisen jälkeen lasitteeseen.



Kuva: Kuulamyly pyörii telineessä. Kuulamylyyn täyttö posliinikuulilla ja pyörimisliike, MacNamara

LASITTEEN KÄYTTÖ

Esine lasitetaan eri menetelmin keramiikan valmistusvaiheen aikana. Menetelmien valinta riippuu tuotteesta ja niiden lukumäärästä. Esine voidaan lasittaa raakana, ilman esipoltoa, eli raakapoltoa. Esine raakapoltetaan käsittelyn kestäväksi ja huokoiseksi jotta lasiteseos imeytyy pintaan. Raakapolton jälkeen lasitetaan. Lasitepolto poltetaan massan mukaan, mikä määrittää polttokorkeuden. Tavoite voi olla joko huokoinen tai vettä pitävä tiivistynyt massa eli sintraantunut massa.

Lasittaminen raakapolton jälkeen ja kertapolto

Kuiva raaka esine poltetaan lujuuden parantamiseksi ennen lasittamista n. 150 °C matalammassa lämpötilassa kuin lopullinen lasitepolto. Huokoinen kerran poltettu esine lasitetaan ja poltetaan toisen kerran lopullisessa lasitepoltossa. Kertapoltoksi kutsutaan prosessia, jossa raaka- ja lasitepolto tapahtuvat samanaikaisesti. Raaka kuiva esine lasitetaan ja kuivataan, minkä jälkeen se poltetaan vain kerran. Kivitavaramassa kestää käsittelyä ja lasittaa raakapolttamattomana. Kertapoltettu tuote on taloudellisesti edullinen.

Lasittaminen kovapolton, eli sintraantumisen jälkeen

Esimerkki: Posliini poltetaan ensin tiiviiksi sintraantumiseen asti. Sen jälkeen lasitetaan kuumentaan esine ensin, lasite kiinnittyy kovaan pintaan. Lopullinen lasituspoltto tapahtuu matalammassa lämpötilassa kuin posliinimassan poltto. Lasitteen sulattajat lisäävät posliinin läpikuultavuutta sulattaen ja sintraten massan pintaa.

Lasitteen valinnassa huomioidaan seuraavia asioita:

- Lasite valitaan käytetyn massan tai saven polttokorkeuden mukaan.
- Lasite tulee kestää tarvittaessa happoja ja alkaleja tai vastaavia aineita.
- Lasite kestää tarvittaessa naarmuuntumista ja mekaanista kulutusta.
- Lasite soveltuu valittuihin koristemenetelmiin.

Lasitteesta ja vedestä sekoitetaan liete, jonka sekoitussuhde (vetisyys, litrapaino) riippuu raakapoltetun esineen huokoisuudesta eli kuinka paljon ja nopeasti huokoinen pinta imee lasitetta. Korkealle poltettu esineen pinta tarvitsee paksumman lasiteseoksen kuin matalalle poltettu huokoinen pinta. Lasitteen raaka-aineiden ja veden keskinäinen suhde tulee säätää oikein, samoin kuin lietteen viskositeetti eli juoksevuus. Usein on tarpeen saostavilla lisäaineilla parantaa lietteen kantavuutta ja estää kiintoaineiden erottuminen ja laskeutuminen lasitesäiliön pohjaan. Karkeat ja painavat raaka-aineet sakkautuvat lasitettaessa, jotta kaikki lasiteraaka-aineet ovat mukana lasitettaessa, on lasitetta sekoitettava ajoittain. Lasitteen tarttuvuutta ja juoksevuutta säädellään poltossa poisjalavilla lisäaineilla, ns. lasitteen säätöaineilla. Valmistuote, sakeuttamisaine Stellmittel tai etikkahappo ja vesilasi yhdistelmänä estävät lasitteen painumisen ja pakkautumisen lasitesäiliön pohjaan. Lasitteen uudelleen käyttö myös helpottuu, lasite sekoittuu nopeasti. Teollisesti valmistetuissa lasitteissa on lisätty jo pohjaan painumisen estäviä aineita.

Lasitettujen esineiden raakakäsittelyn helpottamiseksi tarvitaan lasitteeseen kovaa pintaa. Lasitteeseen lisätään jotain liimaa, joka palaa poltossa pois, jotta lasitettua esinettä voidaan siirrellä tai koristaa lasitteen päälle ennen polttoa. Useimmat lasitteet sisältävät pienen määrän savea (kaoliinia), joka edistää lasitteen kiinnittymistä pintaan. Lasitteen kiinnittymistä voi parantaa lisäämällä 5 % kaoliinia tai 1-2 % bentoniittia. Molemmat ovat korkeanpolton savia ja nostavat lasitteen pehmenemislämpötilaa. Bentoniitin sisältämä rautaoksidi voi vaikuttaa lopulliseen poltettuun värisävyyn. Hapettavassa poltossa lisää keltaisuutta, pelkistävässä poltossa sinivihreää viileää sävyä. Myös kalsiumkloriittia (Stellmittel) käytetään yhdessä saven tai bentoniitin kanssa jäykistämään lasitetta.

Litrapaino

Lasiteraaka-aineet ovat veteen liukenemattomia, jolloin sekoitettaessa niistä muodostuu seos eikä liuos. Tyypillinen lasitteen litrapaino on 1,4 - 1,6 kg. Yleinen sääntö on, mitä huokoisempia raaka-aineet ovat, sitä alhaisempi on litrapaino. Litrapaino mitataan joko punnitsemalla suoraan litran paino tai Baume -mittarilla. Säädot tehdään joko vettä lisäämällä tai vähentämällä. Vähennys voidaan suorittaa antamalla lasitelietteen laskeutua ja ottamalla pinnalta vettä pois (dekantointi).

Sulatevalmisteet ovat painavia ja vaikuttavat litrapainoon, esimerkiksi lyijysulatteet ovat huomattavan painavia. Matalanpolton alkalisulatteet, voivat aikaa myöten liueta veteen jonkin verran, ja muodostaa kideryhmiä lasitteen säilytysastian pintaan. Jotkut lasiteraaka-aineet, kuten booraksi ja natriumoksidi kiteytyvät ilman vaikutuksesta ja kehittävät lasiteastian reunalle kiteytymää, mikä tulisi huomioida lasitteen sulamisessa. Jos käytetään vesiliukoisia raaka-aineita, ei saa poistaa lasitteesta vettä, silloin heitetään osa sulatteita pois. (vrt. tuhkan peseminen). Lasiteveteen liuennut raaka-aine imeytyy veden mukana massan pintaan ja esineeseen, eikä muodosta lasitekerrosta esineen pinnalle. Poltossa aiheutuu paikallista sintraantumista sulattavan aineen reaktiosta. Natriumkarbonaattia käytettäessä voi käydä näin jos sitä käytetään sulatteena, koska se liukenee lasiteveteen.

Viskositeetti

Lasitelietteen jäykkyys eli viskositeetti mitataan erityisellä viskositeettimittarilla eli viskosimetrillä, minkä toiminta perustuu lietteessä pyörivän mittapään (spindelin) pyörimisvastukseen. Se luonnehtii lietteen jäykkyyttä, sen sisäistä kitkaa. Juoksevuus mitataan kapillaariputki-menetelmällä. Se luonnehtii lietteen valuvuutta ja tunkeutumiskykyä. Tarvittavia viskositeetin tai juoksevuuden säätöjä suoritetaan erityisillä elektrolyyteillä, esim. vesilasilla ja etikalla, edellisellä alentaen jälkimmäisellä korottaen.

LASITTAMISTEKNIIKAT

Lasittamisella tarkoitetaan pintakäsittelymenetelmiä, joita käytetään lasitepinnoitteen aikaan saamiseksi keramiikan valmistuksessa. Lasittaminen suoritetaan eri menetelmin ennen ja jälkeen polton, valinta riippuu tuotteesta ja lukumäärästä sekä lasitteen luonteesta ja esineen muodosta. Lasittamistekniikat ovat upottaminen, kaataminen ja puhaltaminen. Lasitettaessa huokoinen esine imee itseensä lietteen veden, ja pinnalle muodostuu tasainen kerros lasitetta. Kuivumisen jälkeen esine poltetaan polttolämpötilassa, jossa lasiteseos sulaa esineen pinnalle ohueksi lasikerrokseksi.

Upottaminen

Upottamismenetelmässä esine upotetaan lasitelietteeseen. Ylimääräinen liete valuu pois ja esineen pinnalle jää tasainen lasitekerros, jonka paksuus riippuu esineen huokoisuudesta, lasitteen viskositeetista, litrapainosta sekä upotusajasta. Tasaisen paksuuden saamiseksi upotuksessa pyritään, että jokainen esineen kohta on upoksissa yhtä pitkän aikaa. Keraamisena menetelmänä upottaminen on paras lasitusmenetelmä.

Edut

1. Saadaan hyvä lasitteen kiinnittyminen esineeseen.
2. Saadaan toistuvasti tasainen ja samanlainen lasitepinta.
3. Menetelmä säästää lasitetta, pieni hävikki.
4. Menetelmä on työympäristönä hiljainen ja pölytön.

Haitat

1. Rajoitettu automatisoinnin mahdollisuus
2. Lasitteen likaantuminen. Tarvitaan ajoittain seulontaa.
3. Ei sovellu osittain lasittamiseen.



FIG. 53



FIG. 50

Kuvat, upottaminen ja kaataminen, Cox 1914

Kaataminen

Kaataminen on menetelmä, jossa lasite kaadetaan esineen päälle tai sisälle. Menetelmää käytetään erityisesti kannujen ja kaatimien sisälasitukseen sekä laakeiden vatiin lasittamiseen. Lasitekerros muodostuu samoin kuin upotuksessakin, lasitteen imeytymisestä esineen pintaan. Lasitekerros on riippuvainen massan huokoisuudesta, lasitteen paksuudesta ja työskentelyn nopeudesta.

Puhaltaminen

Puhallusmenetelmässä lasite suihkutetaan lasitepistoolin avulla lasitettavaan esineeseen. Menetelmän kolme tapaa ovat tavanomainen matalapainesumutus, korkeapainesumutus ja sähkö- eli elektrostaattinen sumutus. Puhaltaminen suoritetaan joko käsin tai automaattisesti. Puhaltamisessa pistoolin suuttimeen syötetään säiliöstä lasite ja paineilma. Suihkut yhtyvät suuttimen edessä ja lasite hajoaa pieniksi pisaroiksi. Muuttamalla suuttimeen tulevaa ilmamäärää ja painetta säädetään suihkun leveyttä ja muotoa. Lasitekerroksen paksuus riippuu sumutusajasta. Valkoisia esineitä lasitettaessa valkoisella lasitteen kerroksen muodostumista on vaikea havaita ja lasite voidaan värjätä poispalavalla värillä, esimerkiksi elintarvikeväreillä.

Edut

1. Lasitekerroksen paksuutta on helppo säätää.
2. Osittainen lasittaminen ja yksityiskohtien suojaaminen on helppoa.
3. Soveltuu hyvin automatisoitavaksi.

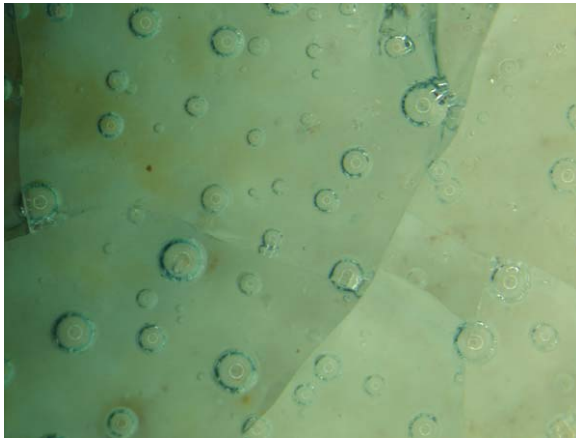
Haitat

1. Ammattitaitoa vaativa menetelmä
2. Suuri lasitehukka
3. Vaatii puhaltamiseen soveltuvan ympäristön, lasitekaapin.
4. Kehittää pölyä ja melua
5. Suhteellisen korkeat investointi-, huolto- ja käyttökustannukset

LASITEVIRHEET JA UDELLEEN LASITTAMINEN

Uudelleen lasittaminen

Lasite on sulanut, kun se muodostaa kiiltävän läpikuultavan pinnan. Mikroskoopilla katsottuna lasitepinnassa on pieniä ja suuria kuplia. Mitä täydellisempi sulaminen silikaatiksi on lasin muodostuksessa tapahtunut, sitä vähemmän näkyy kuplia mikroskooppisessa tutkimuksessa. Esimerkiksi eri värimetallioksidiviirujen kohdalla, kun kuplaisuus vähenee, voi päätellä lasitteen sulavuuden lisääntymisen sen oksidin aiheuttamana.



Mikroskooppikuva hyvin läpikuultavaksi sulaneesta lasitepinnasta. Suuret kuplat ovat lasitteen pinnassa ja pienet lähellä massaa. Lasitteessa näkyy säröjä.

Jos lasitepoltto on epäonnistunut, on aina tutkittava, mistä syystä lasitteen pinta ei ole tavoiteltu tulos. Siihen on useita eri vaiheissa syntyneitä tekijöitä. Syyt alkavat massan valinnasta ja lasitteen raaka-aineista sekä käytetyistä suhteista. Lämpötilaero esineen ja lasitteen välillä voi myös olla syynä huonoon kiinnittymiseen ja sitä kautta rakkaisuuteen tai yhteenvetoon. Jos nimittäin lasite on esinettä lämpöisempi, paisuu esineen pintahuokosiin sitoutunut ilma ja pyrkii irrottamaan lasitteen esineen pinnasta. Lasittamisolosuhteiden lisäksi poltto aiheuttavat virheitä. Polttamisesta aiheutuvia virheitä voi ennakoida säätämällä loppupolton lämpötilaa ja hyödyntäen haudutusaikaa, jolloin uunin loppulämpötilaa pidetään 15 minuutin ajan, enintään 20-30 minuuttia. Haudutus parantaa lasitteen tasoittumista.

Lasitepinnan virheitä

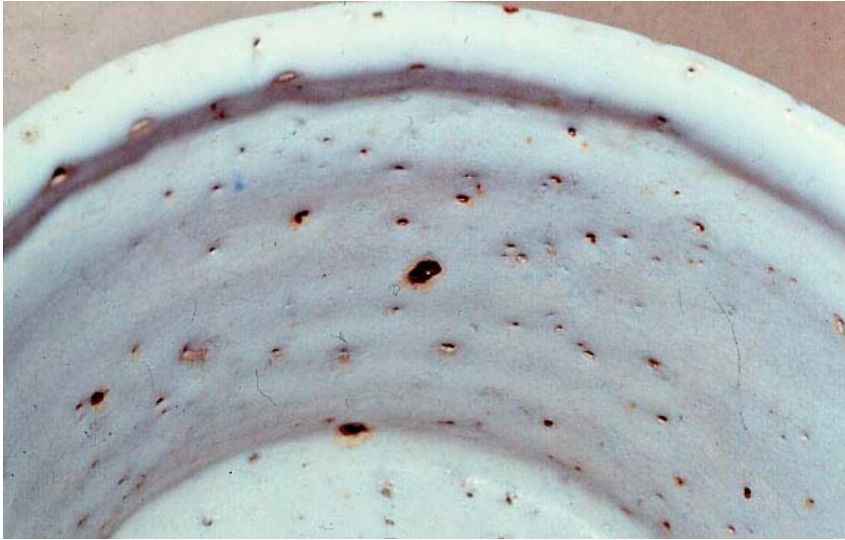
- säröily eli hiushalkeamat
- valkoinen ja kiteinen
- kokoon vetäytyminen
- lasiterakkuloiden muodostuminen
- neulanreikien muodostuminen
- munankuorimainen pinta
- valunut lasite
- epäpuhtaudet, kuten väripilkut

Lasite muodostaa sulaessaan kuplia ennen lopullista tasaantumista ja uudelleen tasaantumisvaiheen jälkeen jos poltto jatkuu ja lämpötila kohoaa. Lasitteen sulattajat sulavat liikaa, mistä aiheutuu lasiaineen kiehuminen. Lasitteissa, missä on runsaasti matalanpolton sulatteita (esim. lyijy- tai boorisulatteita) muodostavat kiehuneita kuplia. Lasite sulaa liikaa ylipoltettuna. Pinta on sähköinen, käsin kosketettaessa pienet lasikuplat räätisevät sormissa. Uudelleen lasittaminen ja polttaminen matalammassa lämpötilassa eivät auta. Korkeanpolton ylisulanut lasite on valuva ja lasitteen pinta painunut osittain massan sisään ja muodostuu reikiä. Paikalleen jähmettynyt, himmeä tai vähän kiiltävä, kuplainen lasite on alipoltettu. Lasite on poltettava korkeampaan lämpötilaan sulaakseen. Jokainen himmeä lasite on alipoltettu vaikka se tasaantuu lasitepinnaksi.

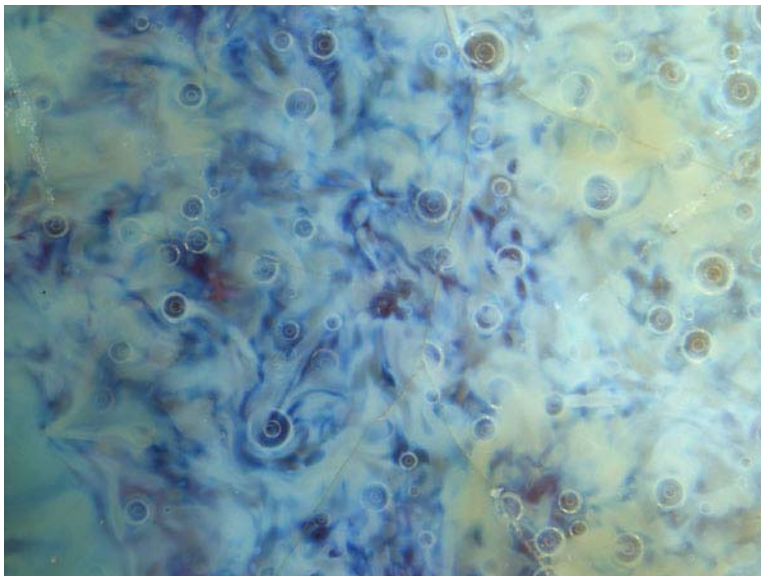


Kuva. Lasitteesta vähennettäessä kiiltoa ja läpikuultavuutta sulaminen estetään jollain tavoin. Syntyy jähmeä lasite, johon jää reikiä ja rakkuloita, jotka eivät tasoitu. Kun kalsium-, sinkki-, barium- ja alumiinioksidia lisätään lasiteseokseen yli tarvittavan määrän, sillä estetään lasitteen sulaminen läpikuultavaksi ja kiiltäväksi. Tällöin aiheutetaan tarkoituksella peittävä, himmeän pinnan efekti, joka on kaikilla edellä mainituilla raaka-aineilla erilainen.

Uudelleen lasitettaessa lasite ei tartu helposti kovaksi poltettuun pintaan. Jos mahdollista on esine kuumennettava, jotta tarttuvuus paranee. Eri keramiikan teollisuuden kehittämät, poltossa poistuvat, lisäaineet helpottavat lasitteen tarttuvuutta, esim. Zschimmer & Schwarzin Peptapon 9 lisättynä 0,5-3% lasitteeseen, tekee siitä tarttuvan ja seoksen voi sivellä poltettuun pintaan. Samoin uudelleen lasittamista varten käytetään 0,5% Giesfix:iä lasitteeseen. Aine on pulveria, mikä paisuu vedessä kuten voimakkaasti kutistuva ja liimamainen bentoniitti tai CMC (tapettiliisteriä muistuttava, vedessä geelimäinen aine). Giesfix käyttäytyy kuten liima ja sitä sekoitetaan ainoastaan siihen määrään lasitetta, joka tarvitaan paikkaukseen. Koko lasitteen määrään ei kannata liima-ainetta sekoittaa, koska se kuivuttua muodostaa jähmeän kalvon, eikä sekoitu lasitteeksi uudelleen.



Kuva. Matta lasitteen alla massassa on punasavisamottia, joka kiehuu poltossa ja aiheuttaa syviä reikiä lasitteeseen.



Kuva.
Mikroskooppisuurenno
liikaa sulavasta
lasitepinnasta. Lasite
valuu. Lasite muodostaa
runsaasti suuria kuplia ja
valkoista huntuisuutta.

Ohut ja paksu lasite

Ohuesta lasittamisesta on seurauksena karhea pinta, koska massa ei ole peittynyt riittävästi. Samoin koristeraita tai -kuvio jää karheaksi ja mattapintaiseksi tai värilasitteissa värisävy hailakaksi.

Paksu lasite aiheuttaa pystypinnoissa valumista poltossa ja koristeen leviämistä. Värilasitteen sävyn tummuu paksuna kerroksena. Paksun lasitteen poltto aiheuttaa ongelmia, mistä seuraa reikäisyyttä ja huokoista pintaa. Paksu kerros ei ehdi sulaa ja tasoittua normaalissa poltossa.

Syynä lasitepaksuuden vaihteluihin on tavallisimmin esineen imukyvyyn, lasitteen litrapainon ja viskositeetin, lasittamisajan vaihtelevuus. Liian pitkä lasittamisaika "vetisellä" lasitteella kastelee esineen liiaksi ja seurauksena on rakkuloita.

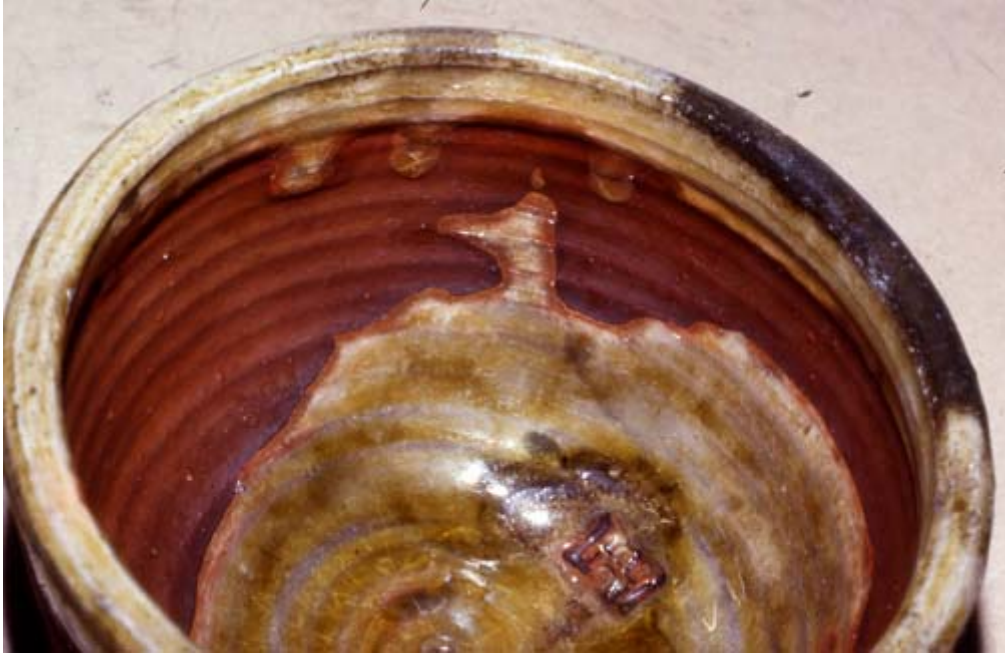
Lasite valuu poltossa

Jos lasitteen polttolämpötila on liian korkea, lasite valuu. Jos lasitteessa on liian vähän alumiinioksidia suhteessa RO-ryhmän sulattaviin oksideihin ja piidioksidiin nähden niin lasite on valuva. Lasiteseoksen sulamislämpötilaa nostetaan lisäämällä kvartsia, piidioksidin osuus muuttuu, mutta lasiaineen määrä lisääntyy tai lisäämällä alumiinioksidin osuutta kaoliinin muodossa. Lasitteen empiirisessä kaavassa RO-ryhmän sulattavien oksidien suhteita muutetaan siten että korvataan oksidit vähemmän sulavilla. Raaka-aineiden valinnoilla voidaan muuttaa sulamista.

Jos peruslasite on jo helposti sulava, pienet määrät värimetallioksideja lisäävät sulavuutta. Poikkeuksena ovat tina- ja kromioksidi. Pienten prosenttimäärien aiheuttaman lasitteen suhteellisen sulatuskyvyn lisäyksen voi testata viskositeettikokeella. Suuret prosenttimäärät värimetallioksideja estävät lasitteen sulamisen. Väriantavaa oksidia on ylituotettu lasin kykyyn nähden käyttää sitä ja ylijäämä näkyy metalloitumisena. Useimmiten pinta on himmeä, poikkeuksena mangaanioksidin kiiltävä, peilimäinen metalloituminen.

Lasitteen kuroutuminen

Raakapoltetun esineen pinta on pölyinen, jos esinettä varastoidaan kauan. Pinta on pyyhittävä kostealla ennen lasittamista. Värimetallioksideilla peitetty pinta käyttäytyy samoin kuin pölyinen pinta. Lasite ei tartu pintaan, vaan rullaa pois ja poltossa syntyy tyhjiä kuivia aukkoja. Jos keramiikan valmistuksen yhteydessä käyttää käsirasvaa, tai muulloin pinta rasvoittuu ihosta, estyy lasitteen tarttuminen. Tähän lasitteen hylkimisideaan perustuu vahakoristelu.



Kuva. Jos lasitetaan useitakertoja, alin kerros irtoaa pinnasta ja nousee ylös. Pöly ja rasvainen lika aiheuttaa kuroutumista.

Kutistumaerot aiheuttavat lasitteen kuroutumista, jos runsaasti kutistuvaa punasaviengobeaa pannaan vähän kutistuvan korkeanpoltton massan päälle. Kyseessä on epäplastisten ja plastisten aineiden kutistumiserot. Punasaviengobe on käytettävä hyvin ohuina kerroksina, tai vesimäärää on säädettävä deflokkulanteilla.

Lasite kuroutuu jos seos sisältää liian vähän alumiinioksidia. Kaikissa lasitepolttojen lämpötiloissa on alumiinioksidin ja piidioksidin suhde oltava tasapainossa, jotta syntyy ohut tasainen lasikerros.

Värimetallioksidin ja engoben vaikutus lasitteeseen

Mikäli lasitteiden värit sekoitetaan värimetallioksideista, on käytettävien oksidien määrästä oltava tarkkaan selvillä. Lisäksi käytettävien oksidien työturvallisuudesta ja niiden aiheuttamista polttokaasuista on selvitettävä käyttöturvallisuustiedotteista. Lasite sulaa kunkin värimetallioksidin sulatuskyvyn mukaan. Sen kyky eutektisesti sopivassa lämpötilassa vaikuttaa värimetallioksidista kulloinkin saatavaan värimäärään lasitteessa. Eri sulattavilla oksideilla (kalium-, natrium-, litium-, barium-, kalsium-, lyijy- ja sinkkioksidi) on tietty kemiallinen ominaisuus suosia tiettyjen sävyjen kehittymistä.

Himmeä lasite voi muuttua kirkkaaksi poltossa värimetallioksidin lisäyksen ansiosta. Samoin sulattava engobe voi muuttua ja aiheuttaa himmeän ja kirkkaan lasin rajan rikkoutumisen. Myös lasitteen sulamislämpötila voi olla riippuvainen ladonnasta, ala- ja ylälämpötilojen muutokset. Herkästi sulava lasite voi lähteä valumaan pienestä oksidilisäyksestä tai lämmön nousumuutoksesta. Tällaisesta lasitteesta käytetään sanontaa että sillä on kapea polttomarginaali tai heikko lämpövaihteluiden sieto. Lasite on epävarma käyttölasite ja herkkyydestä johtuen aiheuttaa tuotannossa paljon sekundaaria, vastaavasti uniikkityössä voi herkkyys vaihdella.

Matalanpolton savi, missä on myös värimetallioksidgeja edesauttamassa sulatuskykyä. Liian suuren viskositeetin omaava lasite voi repeillä ja liukua pois hyvin sulavan engoben päältä. Lasitteen ja engoben saviaineiden ja käytettyjen kerrosten paksuuksien suhde on tärkeä onnistumisen kannalta. Lasitteissa tulee olla RO- ryhmässä alhaisessa lämpötilassa sulattavia oksidgeja, jotta se aiheuttaa riittävän tarttuvuuden lasitteen engoben välille.

Esineiden valmistus ja käsittely aiheuttavat virheitä

Muotoilutapa, käsirakentaminen, dreijaaminen, muovaaminen, ja valaminen vaikuttavat siihen millainen on tuotteen pinta, jota lasitetaan. Useissa massan käsittely vaiheessa pinnassa olevat hiukkaset ovat eri raekokoa ja limittyvät toinen toisensa väliin. Jos massassa on karkeaa samottirouhetta, syntyy kivimäisten hiukkasten ympärille hienoja kapillaari putkia tai aukkoja, jotka ovat avoimia massan pinnassa. Lasite ei peitä aukkoa tai jättää aukon ylittäen ilmaa alle. Valusaviin joutuu saven sekoitusvaiheessa runsaasti ilmaa, joka nousee esineen pintaan jos savea käytetään heti valamiseen. Usein on tarpeen lisätä lasitelietteen jostain sidos- tai liima-ainetta käsittely varmuuden parantamiseksi ja lasitteen kiinnittymisen lujittamiseksi. Pienten värihiukkasten leviäminen käsien kautta ja tuuletuksesta johtuen, esim. koboltti. Työympäristössä likaisuus, kosteus ja lämpötilaerot aiheuttavat virheitä lisäksi epäpuhtaudet, kuten pöly, öljy tai muut vettä hylkivät aineet, aiheuttavat lasitteen huonon kiinnittymisen esineen pinnalla.



Kuva. Lasite on hiertynyt pois teekannun kyljestä polttoon kuljetettaessa. Kobolttioksidi aiheuttaa sinisiä tahrapilkkuja käsien kosketuksessa polttouunia ladottaessa. Kuva Magnus Sjöblom. (Teekannu, Hortling 1973)

Lähteet

- Cox, G. J. 1914: Pottery for artist's craftsmen and teachers. The MacMillan company. New York. London
- Graeffe, K. 1992: Lasitetekniikasta luentomoniste, Arabia Hackman
- Hamer, F.; Hamer, J. 1986: The Potter's Dictionary of materials and techniques. 2nd ed. A&C Black, London MacMillan&Co Ltd.
- Hortling, A.:1999: Vaarallinen kiilto. Lisensiaatintyö Taideteollinen korkeakoulu
- Kytökangas, P. 1976: Lasittaminen, luentomoniste, Keraamisen teknologian kurssi. Arabia
- Maynard, D. C.: 1980: Ceramic Glazes. Borax Holdings Ltd London. Great Britain.
- Rada, P. 1964: The Book of Ceramics. 2nd ed. Spring Books. Alkuperäisteos 1960 tšekinkielinen, käännetty englanniksi 1962-64.
- Rado, P. 1988: An Introduction to the Technology of Pottery. 2nd ed. The Institute of Ceramics. 1st ed. 1969. Pergamon Press, U.K.
- Weiss, G. 1991: Keramik Lexikon. Praktisches Wissen griffbereit. 2 Auf.; Ullstein, Frankfurt am Main, Berlin.
- www.airihortling.fi
- www.Keramiikan materiaalitutkimus