

Analiza proizvodnje umjetničke keramike

Pocem Mihaljević, Artur

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:437267>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Artur Pocem Mihaljević

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STOJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Artur Pocem Mihaljević

Zagreb, 2023.

ZADATAK



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Artur Pocem Mihaljević** JMBAG: **0035222123**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza proizvodnje umjetničke keramike**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of art ceramics production**

Opis zadatka:

Keramički materijali od davnina imaju široku primjenu i neprestano se razvijaju. Bez obzira na taj stalan razvoj i nove primjene, keramički se materijali i danas koriste u svom tradicionalnom obliku i namjenama uz njegovanje ručnog rada i ostvarivanja unikatnih proizvoda od kulturološke važnosti.

U radu je potrebno:

1. objasniti značaj proizvodnje umjetničke keramike
2. opisati svojstva keramike kao materijala (za u radu relevantne proizvode) te načine njezine proizvodnje
3. opisati proizvodni sustav u kojem se odvija proizvodnja umjetničke keramike, s osvrtom na proizvodni program i primijenjene tehnologije
4. naznačiti mogućnosti unapređenja proizvodnje i poslovanja promatranog proizvodnog sustava.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Zadatak zadao:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Datum predaje rada:

1. rok: 20. 2. 2023.
 2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
 3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023.
 2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
 3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr.sc. Zoranu Kunici na pomoći, strpljenju i korisnim savjetima prilikom pisanja ovog završnog rada.

Također, zahvaljujem svim kolegama, prijateljima, obitelji i Lauri, koji su me podržavali tijekom studija.

Zagreb, 19. rujna 2023.

Artur Pocem Mihaljević

SAŽETAK

U današnjem svijetu umjetnička keramika zauzima posebno mjesto kao izražajni oblik koji povezuje estetiku, tradiciju i kreativnost. Ovaj rad istražuje značaj proizvodnje umjetničke keramike, počevši od povijesnog razvoja keramike i njezinih višestrukih uloga, do analize svojstava keramike kao materijala i njegove primjene u umjetničkom stvaralaštvu. Osim toga, razmatraju se različiti načini proizvodnje umjetničke keramike, od ručnog oblikovanja do modernih tehnologija, te se istražuju potencijali za unapređenje proizvodnje i poslovanja kroz inovacije. Kroz ovu analizu, otkriva se kako umjetnička keramika doprinosi kulturnoj baštini i estetskoj vrijednosti, ali i kako se ona uklapa u moderan svijet i društvo. U radu je prikazan primjer sustava proizvodnje umjetničke keramike te njegovi segmenti. Predloženi su načini unapređenja procesa proizvodnje i poslovanja u umjetničkoj keramici kroz primjenu modernih tehnologija, posebno: primjena 3D tiskanih kalupa, poslovanje i oglašavanje na društvenim mrežama, recikliranje energije i ostvarivanje partnerstva u proizvodnji i poslovanju.

Ključne riječi: umjetnička keramika, proizvodnja, glina, 3D tisak

SUMMARY

In today's world, artistic ceramics holds a special place as an expressive form that connects aesthetics, tradition, and creativity. This paper explores the significance of artistic ceramics production, starting from the historical development of ceramics and its multiple roles, to the analysis of ceramic properties as a material and its application in artistic creation. Furthermore, various methods of artistic ceramics production are considered, ranging from manual shaping to modern technologies, alongside an exploration of potentials for production enhancement and business growth through innovations. Through this analysis, we discover how artistic ceramics contributes to cultural heritage and aesthetic value, while also integrating into the modern world and society. In this paper, an example of an artistic ceramics production system and its segments are presented. Suggested ways to improve the production and business processes in artistic ceramics through the application of modern technologies, particularly: the use of 3D printed molds, operating and advertising on social media, energy recycling, and establishing partnerships in production and business.

Key words: artistic ceramics, production, clay, 3D printing

S A D R Ź A J

ZADATAK	I
IZJAVA	II
SAŽETAK	III
SUMMARY	IV
POPIS MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA.....	VII
POPIS SLIKA.....	VIII
1. UVOD.....	1
1.1. Razvoj keramike kroz povijest.....	1
1.2. Umjetnička keramika i kultura.....	3
1.3. Važnost očuvanja tradicije i kulturne baštine u keramičkoj umjetnosti.....	4
2. SVOJSTVA KERAMIKE	6
2.1. Glina.....	6
2.2. Vrste glina	7
2.3. Primjese	8
2.4. Plastičnost i oblikovanje	9
2.5. Retrakcija i sušenje.....	9
2.6. Tvrdoća i čvrstoća keramike	10
3. STANJE NA TRŽIŠTU I U PROIZVODNJI KERAMIČKIH PROIZVODA	12
3.1. Industrijska i obrtnička proizvodnja.....	12
3.2. Umjetnička proizvodnja	13

4. PROIZVODNJA UMJETNIČKE KERAMIKE I POSLOVANJE	16
4.1. Nabava materijala.....	17
4.2. Modeliranje i oblikovanje	17
4.2.1. Ručno oblikovanje.....	17
4.2.2. Obrada na kolu.....	20
4.2.3. Kalupiranje	21
4.3. Sušenje i obrada	23
4.4. Pečenje	24
4.5. Glaziranje	26
5. OPIS PROIZVODNOG SUSTAVA I PRIMJENJENE TEHNOLOGIJE	30
5.1. Proizvodni prostor	30
5.2. Lončarsko kolo.....	32
5.3. Glina.....	33
5.4. Ekstruder za glinu.....	35
5.5. Alati za ručnu obradu	38
5.6. Keramička peć.....	39
6. MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA PROIZVODNJE I POSLOVANJA	44
6.1. Primjena 3D tiskanih kalupa	44
6.2. Partnerstvo u proizvodnji	50
6.3. Recikliranje energije	51
6.4. Umrežavanje kupaca	52
7. ZAKLJUČAK.....	54
8. LITERATURA	56

POPIS MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
<i>l</i>	cm	duljina
<i>m</i>	kg	masa
<i>P</i>	W	snaga
<i>T</i>	°C	temperatura
<i>t</i>	s	vrijeme
<i>V</i>	l	volumen

POPIS SLIKA

Slika 1. Otpor na smična naprezanja gline u ovisnosti o sadržaju vode	9
Slika 2. Biste narodnih heroja u mjestu Plaški	14
Slika 3. Mural – Osnovna škola Plaški	15
Slika 4. Tehnika izrade glinenim trakama	19
Slika 5. Tehnika izrade glinenim "crvima" [2]	20
Slika 6. Tehnika izvlačenja iz kugle gline [2].....	20
Slika 7. Gipsani kalup s motivom drveta	22
Slika 8. Glazura u tekućoj fazi	27
Slika 9. Glazura u prahu.....	28
Slika 10. Proizvodni prostor, M 1:55.....	31
Slika 11. Lončarsko kolo RK-55, SHIMPO	33
Slika 12. Primjeri vrsta gline u proizvodnji	34
Slika 13. Ekstruder.....	36
Slika 14. Model ekstrudera u CAD-u — uzdužni presjek	37
Slika 15. Prsteni s različitim poprečnim presjecima	38
Slika 16. Alati za ručnu obradu.....	39
Slika 17. Keramička peć – zatvorena.....	41
Slika 18. Keramička peć – otvorena	42
Slika 19. Programabilni kontroler ATR902 s prikazom sobne temperature na zaslonu.....	43
Slika 20. Ukrasna svjetiljka	45
Slika 21. Rastavljeni prikaz	46
Slika 22. Uzdužni presjek kalupa.....	47
Slika 23. 3D printer Creality Ender 5 Pro.....	49
Slika 24. Kalup izveden u četiri dijela	50

1. UVOD

Keramika i lončarstvo pojmovi su koji se vežu uza same početke ljudske civilizacije. Naizgled primitivna tehnologija i danas je neizostavan dio suvremene industrije i modernog načina života. Povijest keramike proteže se od neolitskog čovjeka koji je otprilike 10 000 godina prije Krista izrađivao posude [1], pa sve do danas gdje se primjenjuje u svemirskoj industriji kojom se otkrivaju nova prostranstva.

Ovom analizom cilj je pokazati utemeljenost umjetničke keramike u ljudskoj kreativnosti te istražiti načine na koje se ona prilagođava suvremenim zahtjevima i tehnologijama. Naime, iako se radi o naizgled primitivnoj tehnologiji, proizvodnja keramike je iznimno složen i osjetljiv proces koji iziskuje mnogo znanja i iskustva, te povrh toga i kreativnost. U okviru ovog rada, kroz detaljnu analizu procesa proizvodnje umjetničke keramike, pokazat će se ta složenost, ali i načini tehnoloških unapređenja koja olakšavaju proces bez narušavanja, već upravo uz isticanje umjetničke forme.

1.1. Razvoj keramike kroz povijest

Krene li se od samih početaka keramike, još uvijek nije u potpunosti jasno kada je njena primjena postala dio svakodnevice tadašnjeg čovjeka.

„Poznato je ipak, da su lovačko-sakupljačke zajednice počele više primjenjivati glinu u kasnom pleistocenu i ranom holocenu, no proizvodnja svakodnevnih predmeta značajnije se razvija prelaskom u neolitik, gdje čovjek sve manje migrira i formiraju se sjedilačke zajednice. Međutim, moderna istraživanja ukazuju na činjenicu da su se keramičke posude izrađivale i primjenjivale

još krajem pleistocena, mnogo prije prelaska na sjedilački način života što pokazuje da početci lončarstva nisu isključivo vezani uz sjedilačke zajednice“. [2]

Bez obzira da li se radilo o sjedilačkim zajednicama ili ne, činjenica je da primjena keramike počinje u Aziji. Najranija pojava keramičkih posuda zabilježena je u Kini, Japanu i Rusiji i to u Japanu oko 12 000 godina prije Krista, u južnoj Kini oko 12 900 godina prije Krista, te u Rusiji oko 11 400 godina prije Krista [2 i 4]. Nedavna istraživanja u Kini ustanovila su da su najstarije posude nastale između 18 000 i 17 000 godina prije Krista [2 i 3]. Najstariji poznati keramički artefakt je vestonička Venera pronađena u Moravskoj, starosti između 25 000 i 29 000 godina [5].

Nakon svog otkrića u Aziji, lončarstvo se počelo širiti na istočni i zapadni Sibir te kasnije u istočnu i sjevernu Europu, pri čemu je glavna primjena keramike ostala ista: skladištenje i priprema hrane. Ova, u to vrijeme nova tehnologija, omogućila je čovjeku efikasniju termičku obradu i povećanje dugotrajnosti čuvanja hrane, čime se uvelike povećala kvaliteta života [2 i 6]. Prva sljedeća promjena u načinu izrade keramičkih predmeta nastala je u Sumeru 5000 godina prije Krista kada je izumljeno keramičko kolo, a u istome su se razdoblju u Egiptu pojavile i glazirane pločice [5]. To je dakle početak nove primjene keramike. Osim što se umjesto za pripremu i skladištenje hrane počela koristiti i u gradnji, keramika je postupno dobivala sve veći umjetnički i izražajni značaj. Kroz vješto oblikovanje, ukrašavanje i primjenu različitih tehnika, keramički predmeti su postali ne samo praktični alati i spremnici, već i iznimna umjetnička djela.

Nadalje, primjena keramike se kroz veći period nije mijenjala. Naravno, postoje jasno razlikovani umjetnički stilovi kroz antiku i srednji vijek pa sve do industrijske revolucije, ali naglasak je i dalje ostao na istim primjenama. S razvojem industrije, proizvodnja keramike postaje automatizirana i naglasak ponovo spada na funkcionalnost kao na samom početku, iako je naravno prisutna i estetika. Sama umjetnost obrađivanja nikako nije izumrla, no kad govorimo o masovnoj proizvodnji, glavni je fokus na funkcionalnosti. Posljednja faza u razvoju keramike dolazi u 20. stoljeću. Danas se primjenjuje u brojnim granama industrije i znanosti kao što su: elektrotehnika, medicina, građevinarstvo pa čak i svemirska tehnologija [5].

1.2. Umjetnička keramika i kultura

Iako je glavna primjena keramike imala naglasak na funkcionalnosti, uvijek je bila prisutna i umjetnička komponenta izražavanja. Izrađene posude imale su jasnu svrhu i funkciju, no one nikako nisu bile samo komad posuđa. Dapače, najstariji artefakt spomenut u prvom poglavlju, naizgled nije imao praktičnu primjenu u smislu gradnje ili pripremanja i skladištenja hrane. Vestonička Venera primjer je jedne od brojnih figurica izrađenih u mladom paleolitiku, a izrađivane su od mekih stijena, kostiju ili gline. Prikazivale su uglavnom tijelo žene, no postojale su i one koje su prikazivale tijelo muškarca ili osobu nepoznatog spola, iako je takvih figura značajno manji broj [7]. Mnogo je različitih interpretacija njihova značenja. Smatraju ih relikvijama, autoportretima umjetnica, erotskom umjetnošću ili čak seksualnim pomagalicama [7].

Ne postoji koncenzus o kulturološkom značenju i konkretnoj svrsi ovih artefakata među arheolozima i antropolozima, ali često se smatra da su figure služile u ritualne ili simboličke svrhe. Simbolika je izuzetno važna ljudska karakteristika, sama sposobnost takvoga razmišljanja ističe svijest po kojoj se ljudi toliko razlikuju od drugih životinja. Različite društvene i prirodne okolnosti su mogle poslužiti pri promišljanju i pridavanju značenja određenim pojavama [8]. Strah od smrti i razmišljanje o nastanku života vode do prvih pitanja i spoznaja kojima se pokušalo objasniti ono što je tada bilo neobjašnjivo [8]. Upravo u tome leži važnost keramičkih artefakata kao što su Venere. One pokazuju ključne trenutke u prapovijesti kada čovjek više nije mislio samo o hrani i skloništu, već se stvorila mogućnost za razmišljanje o stvarima koje nisu neophodne za preživljavanje.

Međutim, proizvodnja umjetničke keramike nije počela i stala u prapovijesti, ona se kroz povijesna razdoblja manifestirala na brojne načine. Također, brzo je došlo do spoja umjetničkog izražavanja i funkcionalnosti proizvoda, čemu svjedoče mnoge oslikane posude i mozaici. U velikim muzejima diljem svijeta, postavljeni su mnogi primjerci keramičkih proizvoda, čija povijest seže od drevnih kineskih dinastija ili minojskih kultura Grčke [1]. Posude su oslikane motivima naroda koji su ih proizveli, a njihov kemijski sastav daje uvid u njihov svakodnevni život. Kakva je bila uobičajena prehrana, na kojim su prostranstvima vodili svoje živote i što im je okupiralo pažnju, jesu li putovali? Odgovori na ta pitanja leže u keramičkim artefaktima i posudama koje sadrže depikcije njihovih života i kulture.

Sama tehnika izrade keramike već govori mnogo, pa kako prema stilovima tako i prema sastavu, lako se određuje porijeklo proizvoda i kultura iz koje je proizašao. Očuvanje kulture kroz keramiku može biti i direktnije od same umjetnosti i simbolike. Najbolji su primjer te tvrdnje svitci s mrtvoga mora. Radi se o svitcima koji su pronađeni u pećinama blizu Mrtvoga mora, a sadrže najstarije poznate zapise biblijskih dokumenata [1]. Pronađeni su u keramičkim ćupovima koji su ih spasili od inače neizbježnog propadanja. Ćupovi su spomenuti i u samoj Bibliji: „Ovako govori Jahve nad Vojskama, Bog Izraelov: Uzmi ove isprave, ovaj kupovni ugovor, zapečaćeni i otvoreni, i stavi ih u glinenu posudu da se zadugo sačuvaju“. [1]

Keramika je dakle neizostavan materijal u proučavanju povijesti i očuvanju kulture. Daje bistriju sliku ne samo u smislu povijesnih događaja, već omogućuje dublje razumijevanje čovjekova razmišljanja kroz njegovo umjetničko izražavanje. Pokazuje da su duhovnost, kultura i poimanje samog življenja osnovne vrijednosti, te da su jednako važne za opstanak čovjeka kao i najprimitivniji instinkt za preživljavanjem.

1.3. Važnost očuvanja tradicije i kulturne baštine u keramičkoj umjetnosti

„Slažući podatke poput slagalice čini nam se kao da sami sudjelujemo u stvaranju keramičke posude i ulazimo u živote ljudi koji su ih napravili. Ti obrasci ljudskog ponašanja u arheologiji najvidljiviji su upravo na predmetima svakodnevne upotrebe, odnosno objektima koji su produkt ljudskih aktivnosti i koji igraju aktivnu ulogu u stvaranju značenja i tradicije. Zato je vrlo važno poticati svijest da su se keramičke posude, baš kao i svi ostali proizvodi koji su dio ljudske aktivnosti u prošlosti, proizvodile i upotrebljavale u društvenom kontekstu, da su dio sociokulturnih interakcija i da ih jedino kao takve možemo i moramo promatrati, analizirati i interpretirati.“ [2]

Važnost i utjecaj keramike jasno se očituju i u samim predmetima. Posude, mozaici i raznovrsni keramički artefakti, često su ukrašeni motivima koji opisuju autorovu okolinu i društvenu zajednicu. Motivi sežu od jednostavnih prikaza poljoprivrede ili lova na životinje, do umjetničkih djela koja prikazuju razne sustave uvjerenja. Bez obzira o kojima se od tih motiva radi, vrlo je jasna razlika među kulturama proizvodnje i često je dovoljan samo jedan pogled

stručnoga oka da bi se odredilo porjeklo predmeta. Takva unikatnost proizvodnje raznih kultura pokazuje uspješno očuvanje tradicije.

Sama tradicija pokazuje duboku povezanost keramike s ljudskim životima i društvenim kontekstom, kao i njezinu neizmjernu važnost u očuvanju kulturnog nasljeđa. Keramički predmeti postaju slike vremena, omogućujući da se dublje zaroni u povijest i razumije svakodnevni život prošlih generacija. Spomenuti motivi otkrivaju jedinstvene obrasce ljudskih ponašanja i vrijednosti koje su oblikovale prošlost. Očuvanje keramičke baštine ima ključnu ulogu u održavanju žive veze između prošlosti, sadašnjosti i budućnosti.

2. SVOJSTVA KERAMIKE

„Riječ keramika potječe od grčke riječi *keramos* što znači glina, *keramikos* označava proizvod napravljen od gline, a *keramike tehne* je vještina pečenja keramike“ [2].

Keramika se sastoji od tri osnovna materijala:

- 1.) glinoviti materijal – gnjecavi sediment fine granulacije koji dobiva plastična svojstva kada je mokar
- 2.) neplastične primjese – minerali i organske tvari koje se mogu prirodno naći u glini ili joj se namjerno dodaju za dobivanje željenih svojstava
- 3.) voda – dodaje se glini za postizanje plastičnosti.

2.1. Glina

Glina je sediment koji je nastao raspadanjem različitih stijena pod djelovanjem atmosferskih utjecaja, a sastoji se od čestica vrlo male granulacije ($< 0,002$ mm u promjeru) i velikog udjela minerala [2], a veliki dio osnovnog sastava (preko 80 %) čine silicijevi i aluminijevi oksidi [9]. Glina čini čak 70 % svih sedimentnih stijena i dijeli se na primarne i sekundarne [2]. Primarne gline nalaze se na mjestima gdje su i njihove izvorne stijene od kojih su nastale, dok sekundarne nastaju premještanjem od izvora putem prirodnih procesa i finije su teksture kao rezultat sortiranja i taloženja. Finija tekstura sekundarnih glina povećava obradljivost materijala, a zbog pomicanja tijekom nastanka imaju i velik udio neglinenih čestica poput pijeska, vapnenca i organskih tvari.

Egzaktan sastav gline u općem kontekstu ipak se ne može točno odrediti. Razlog tome je što postoji velik broj varijacija ovisno o željama i potrebama umjetnika. Odabirom mjesta eksploatacije, vrste primjene i primjesa te tehnike pečenja, znatno se mijenjaju sastav i struktura proizvoda, a za dobivanje željenog rezultata često je potrebno više iteracija ako osoba nema dovoljno iskustva.

2.2. Vrste glina

Kao što je već napomenuto, vrste glina određuje njihov sastav koji može biti proizvoljan ovisno o potrebama, stoga ne postoje određene specifične vrste kao takve prilikom eksploatacije. „Gline se sastoje uglavnom od minerala glina iz skupine filosilikata: kaolinita, smektita (montmorilonita) i ilita, a od organskih sastojaka ostataka ugljika, biljaka, humusa, rijetko i supstanci gipsa, minerala mangana, kobalta i drugih metala.“ [10]. Ipak, neki od poznatih recepata među kulturama proizvodnje pokazali su se kao najbolji i u najširoj su primjeni.

„Kaolin, još poznata i kao kineska glina, sastavljena je uglavnom od kaolinita, minerala gline uglavnom iz granitnih stijena. Povezan s vodom, kaolin dobiva izvrsna plastična svojstva i zato se koristi za proizvodnju keramike i porculana, a dodavanjem većeg udjela sitnih čestica postaje idealan za proizvodnju crijepa i opeke. Najveća ležišta kaolina nalaze se u SAD-u, Kini, Brazilu, Njemačkoj, Ukrajini, Češkoj, Turskoj i Velikoj Britaniji.“ [10]

„Gline pretežno sastavljene od montmorilonitne skupine minerala glina poznate su pod nazivom bentonitne gline ili bentoniti. Zbog izraženog kapaciteta bubrenja i ionske zamjene, te vrlo velike plastičnosti, često su uzročnici klizanja, pucanja ili rušenja građevinskih i rudarskih objekata. Međutim, ta svojstva omogućuju njihovu široku primjenu u proizvodnji bentonitnih isplaka koje se koriste pri izradbi bušotina.“ [10]

Međutim, iako su te gline najpoznatije, one su i dalje rijetko samostalno prisutne u primjeni te se i njih kombinira sa raznim primjesama ili čak drugim gotovim smjesama. „Keramičke gline obično su sive i svijetlo sive boje, sastavljene pretežno od kaolinita i ilita.“ [10]

2.3. Primjese

Kako bi se ostvarila potrebna obradljivost materijala tijekom izrade i željena mehanička svojstva gotovog proizvoda, potrebno je kreirati točno određenu smjesu gline i primjesa. Naravno, danas je na raspolaganju značajan broj gotovih smjesa za određene primjene, no nekad to nije bio slučaj i recepture su se prenašale kroz generacije te su se razmjenjivale među lončarima. Osim dobrog izvora gline, lončari su morali dodavati razne primjese kako bi postigli idealnu smjesu za obradu.

Primjese su tvari koje mijenjaju ponašanje gline tijekom njene obrade i povećavaju otpornost na vanjske podražaje. Također, prirodnog su porijekla, ali njihova zastupljenost u ležištima gline nije dovoljna za idealnu smjesu, stoga ih lončari sami dodaju prema vlastitim recepturama.

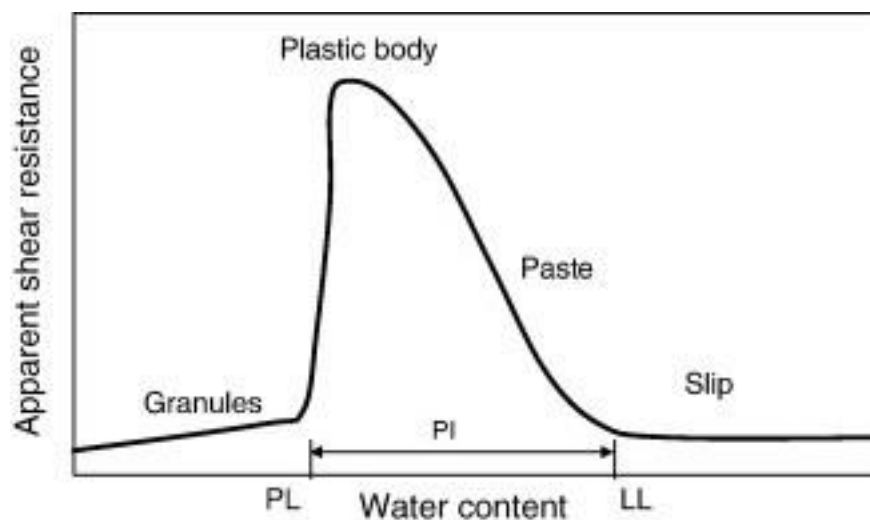
Primjese se mogu podijeliti u četiri kategorije [2]:

1. Minerali – najšire primjenjivana primjesa, a glavni predstavnici su kalcit i kvarc. Dokazano je da se njihovim dodavanjem poboljšava toplinska provodnost te se u takvim posudama prije postiže željena temperatura.
2. Različite vrste stijena – glavni predstavnici su granit, balzat i vapnenac.
3. Organski materijal – radi se o raznim vrstama organskih tvari, neke od njih stvarno utječu na svojstva (trava, slama, školjke), a za neke se smatra da su igrale simboličku ulogu¹.
4. Antropogene primjese – grog (usitnjena keramika), je primjesa koja je nastala recikliranjem starijih posuda koje vjerojatno više nisu služile svojoj originalnoj svrsi. Dodavanjem groga povećavaju se mehanička svojstva i koristan je tijekom sušenja jer upija vlagu i tako potpomaže ravnomjernom sušenju.

¹ „Ponešto drugačije primjese uključuju dodavanje mlijeka, krvi i ostalih tekućih primjesa što je potvrđeno u Egiptu“, [2]

2.4. Plastičnost i oblikovanje

Plastičnost je jedno od temeljnih svojstava glinenih materijala. To je svojstvo koje omogućava kontinuirano deformiranje materijala primjenom sile koja je potrebna za postizanje željenog oblika, a da pritom ne dođe do puknuća. Mineraloški sastav, veličina čestica i njihov raspored te dodane primjese, varijable su koje utječu na plastičnost. Samo svojstvo ovisi o česticama unutar smjese koje klizu jedne po drugima, ali je za to neizostavna voda jer ona služi kao mazivo [11]. S povećanjem udjela vode raste i plastičnost, no do određene mjere i to naravno ovisi i o vrsti gline koja se primjenjuje. Slika 1. prikazuje otpor na smična naprezanja gline u ovisnosti o sadržaju vode [11].



Slika 1. Otpor na smična naprezanja gline u ovisnosti o sadržaju vode

Adekvatna količina vode u smjesi stoga je važan faktor prilikom izrade. Cilj je ostvariti maksimalna plastična svojstva kako bi oblikovanje bilo olakšano i precizno. Iako postoje eksperimentalna istraživanja idealnog sastava, umjetnici se ipak često oslanjaju na iskustvo jer značajnu ulogu igraju i osobne preference.

2.5. Retrakcija i sušenje

Kako je spomenuto u točki 2.3., da bi se postigla željena plastičnost i obradljivost materijala, glini s primjesama dodaje se i voda. Sada plastičan materijal, idealan je za oblikovanje predmeta i

posuda, no kada je faza oblikovanja završena, dodanu vodu potrebno je ekstrahirati iz proizvoda sušenjem. Prilikom faze sušenja, glavne fizikalne promjene su gubitak mase i retrakcija (sužavanje) materijala, te ako se proces ne vrši pravilno, može doći do stvaranja pora i pukotina.

„Sušenje ima velik značaj u procesu proizvodnje tradicionalne keramike i ekstenzivno se istražuje od 1980-ih s glavnim fokusom na teoriju sušenja i opremu.“ [12]

Proces sušenja na prvu se doima trivijalnim, ali na njega utječu brojne varijable i iziskuje vremenski gubitak koji nikako nije zanemariv. Kao što je to slučaj i sa svim ostalim procesima u proizvodnji keramike, sušenje također ovisi o mineraloškom sastavu, primjesama i rasporedu različitih granulacija čestica u glini. Navedena svojstva utječu na stopu gubitka vode i retrakcije ovisno o postotku vlage u zraku, brzini strujanja zraka i temperaturi.

U prvoj od tri faze u procesu, voda se kapilarno transportira do vanjskih površina predmeta gdje isparava. Količina vodene pare prilikom isparivanja manja je od količine vode koja se kreće prema površini, no kad se taj odnos obrne, počinje druga faza procesa [12]. U drugoj fazi, transport vode prema površini sve je sporiji i stopa sušenja u potpunosti ovisi o poroznosti proizvoda [12]. Posljednja faza počinje kada kritična vrijednost sadržaja vlage (prosječna vrijednost sadržaja vlage u predmetu pri kojoj se stopa sušenja počinje usporavati) postane veća od sadržaja vlage cjelokupnog proizvoda. Ulaskom u treću fazu, kontrakcija i deformacija materijala uglavnom su završeni. [12]

Prilikom ubrzavanja procesa potrebna je doza opreznosti. Sušenje se dodatnim zagrijavanjem smije ubrzavati samo kada je kontrakcija pri završetku ciklusa, u suprotnom se riskiraju pukotine i druge nepravilnosti.

2.6. Tvrdoća i čvrstoća keramike

Tvrdoća je svojstvo materijala da se opire prodiranju drugog tijela u njegovu površinu. „Tvrdoća keramike usko je povezana s temperaturom pečenja, a ovom varijablom možemo utvrditi dugotrajnost uporabe pojedine posude i njezinu sposobnost da izdrži sve mehaničke promjene tijekom korištenja.“[2]

Tvrdoća keramike ovisi o nizu faktora prilikom proizvodnje i obrade, a među njima valja istaknuti temperaturu pečenja kako ona ima najveći utjecaj. Međutim, kvaliteta obrađene površine i vrsta odabrane glinene smjese također imaju velik značaj. „Mikrostrukturna obilježja, uključujući veličinu zrnaca i poroznost, utjecat će također na tvrdoću keramike. Tako će finoizrnuti i neporozni materijali stvoriti veću otpornost na deformacije i lomove te će biti tvrdi i dugotrajniji.“ [2 i 13]

Tvrdoća keramike mjeri se Mohsovom ljestvicom i danas se često koristi za određivanje kvalitete gotovog proizvoda, odnosno pečenog komada keramike. [2]

Nadalje, čvrstoća je svojstvo materijala da se opire vanjskim naprezanjima i udarcima bez konačnih deformacija. Faktori koji utječu na čvrstoću keramike isti su kao i oni spomenuti kod tvrdoće. Razlog tome je što oba svojstva uvelike ovise o strukturi materijala kao i o njegovom kemijskom sastavu, a na te varijable utječemo odabirom smjese, temperaturom pečenja...

Čvrstoća keramike je bitna zbog njene primarne primjene, a to je bila priprema hrane. Posude moraju izdržavati velika termalna naprezanja zbog čestog zagrijavanja i hlađenja te razlike u temperaturama unutarnjih i vanjskih stijenki, a poželjno je i da ostane u komadu ako dođe do nekog udarca ili pada s male visine. No, kao što se tijekom ovog rada već da i naslutiti, ne postoji univerzalan recept za postizanje najboljih svojstava.

„Kod posuda za kuhanje unutrašnja temperatura će dostići 100°C, dok će vanjska biti između 500-600°C što u konačnici izaziva termalno naprezanje u obliku mikro pukotina. Sve što sprječava nastajanje mikro pukotina povećava otpornost na termalno naprezanje, poput izbora i količine primjesa ili tretiranja površine. Zato posude za kuhanje imaju veliku količinu primjesa (čak do 40%).“ [2]

Čvrstoća keramike bila je iznimno važna zbog navedene glavne primjene i takva dobivena svojstva važna su i danas u industriji. Međutim, u kontekstu umjetničke keramike, ta su svojstva bitna samo ako se proizvodi posuđe (što često i jest slučaj), ali recept smjese i metoda obrade ostaju isti i za ukrasne predmete iz tradicionalnih razloga.

3. STANJE NA TRŽIŠTU I U PROIZVODNJI KERAMIČKIH PROIZVODA

Proizvodnja keramičkih proizvoda značajno varira ovisno o namjeni, obuhvaćajući raznolike kategorije proizvoda, kao što su keramičke pločice, komponente za motore s unutarnjim izgaranjem, ukrasni ćupovi i vaze, te ukrasni predmeti. Svaka od tih skupina predmeta ima vlastito tržište i način poslovanja, stoga se proizvodnja keramike može ugrubo podijeliti na industrijsku, obrtničku i umjetničku proizvodnju.

3.1. Industrijska i obrtnička proizvodnja

Industrijska proizvodnja keramike predstavlja značajan segment keramičke proizvodnje s fokusom na proizvodnju i primjenu keramičkih materijala i proizvoda koji se koriste u modernim tehnologijama, industrijskim procesima i graditeljstvu. Ova grana proizvodnje razlikuje se od tradicionalnih obrta i umjetničke keramike po tome što pokriva širi spektar primjena i poslovanje je na mnogo višoj razini u smislu broja zaposlenika i godišnjih prihoda.

Nadalje, industrijskom proizvodnjom se dobivaju i ukrasni predmeti kao u obrtima, no predmeti nisu ručno izrađivani i masovnom se proizvodnjom nastoji zadovoljiti potrebe tržišta uz što niže troškove, a samim time i niske cijene gotovih proizvoda.

Primjena keramike u okviru industrijske proizvodnje obuhvaća razne sektore i proizvode kao što su automobilska i svemirska industrija te medicina, građevina i elektrotehnika, a primjeri proizvoda su: keramički kondenzatori, supervodiči, zubni implantati i mnogi drugi.

Primjer velike kompanije koja primjenjuje keramiku u sklopu modernih tehnologija i razine njenog poslovanja je Kemet Corporation koja je 2022. godine sa 17 000 zaposlenika ostvarila 1,3 milijarde eura prihoda [22]. Međutim, valja napomenuti da je primjena keramike u takvom poduzeću iznimno specifična, stoga je i tržište takvo, te takve kompanije nisu konkurencija obrtnicima i tradicionalnim proizvođačima.

Primjer tvrtke koju bi se moglo smatrati konkurencijom manjim proizvođačima je Keraterm koja je 2021. godine sa 118 zaposlenika ostvarila 21 milijun eura prihoda [23]. Ipak, bez obzira na to što neki obrti i industrije prodaju slične ili iste proizvode, mali je preklap njihovih tržišta jer ručna i industrijska proizvodnja privlače različite vrste potrošača.

Nadalje, obrtnička proizvodnja keramike temelji se poglavito na funkcionalnosti i praktičnosti proizvoda. Proizvodi se izrađuju ručno ili uz pomoć strojeva, no strojevi u obrtničkoj proizvodnji potpomažu ručni rad, ali ga nikada ne zamjenjuju u potpunosti, kao što je to slučaj u industriji. Obrtnička proizvodnja spram umjetničke izrađuje mnogo veće količine proizvoda, ali je samim time narušena i njihova unikatnost. Međutim, nedostatak jedinstvenosti proizvoda nije velik rizik za tržište obrtničke proizvodnje jer se takav poslovan model i temelji na izradi više istih komada te će se kupac obrtnicima obratiti upravo za takvu vrstu usluge. Uglavnom se radi o malim obiteljskim poslovanjima sa svega nekoliko radnika.

3.2. Umjetnička proizvodnja

Umjetnička proizvodnja keramike iznimno se razlikuje od industrijske, glavni je fokus na ručnoj izradi unikatnih predmeta čija je funkcionalnost sekundarna karakteristika, a vrijednost proizvoda prvenstveno leži u njegovoj estetici. U usporedbi s obrtnicima, razlika je opet u tome što tržište obrtničke proizvodnje prioritizira funkcionalnost i predmeti se proizvode u većim količinama tj. serijama.

Tržište umjetničke keramike može varirati ovisno o težnjama umjetnika i njegovim stilovima proizvodnje. Kako je proizvodnja individualna i unikatna za svaki proizvodni sustav, tako je i ciljano tržište. Slijede neki od primjera poslovanja.

Jedan od popularnijih načina poslovanja umjetničkom keramikom je izlaganje radova u galerijama smještenim u turističkim mjestima. Poslovanje se bazira na prodaji suvenira i predmeta specifičnih za područje u kojem se galerija nalazi, te na interaktivnom sadržaju.

Nadalje, česta je suradnja s drugim umjetnicima na zajedničkim projektima gdje je izvor financiranja osiguran pobjedom na javnom natječaju. U ovom slučaju projekti često imaju kulturnu ili povijesnu važnost, a dobar su primjer keramičke biste (Slika 2.) narodnih heroja u mjestu Plaški blizu Ogulina, koje su izrađene u „Ateljeu Janja Gora“.

Osim međusobne suradnje, umjetnici mogu promovirati svoj rad i kroz interaktivne radionice s djecom i odraslima. Kroz rad s ljudima umjetnici stvaraju nova poznanstva i veze te prenose svoje znanje i vještine, a sveprisutna je i zabava. Primjer takve radionice je izrada keramičkog murala u osnovnoj školi Plaški kroz suradnju „Ateljea Natural flow Art“ i „Ateljea Janja Gora“, mural je prikazan na slici 3.



Slika 2. Biste narodnih heroja u mjestu Plaški



Slika 3. Mural – Osnovna škola Plaški

Tržište umjetničke keramike može biti i u smjeru masovnije proizvodnje, no u nekoj cijeloj seriji ponovo neće biti niti jedan identičan komad. Primjeri za takve narudžbe su restorani kojima je potrebno personalizirano posuđe ili vinarije koje svoje vino skladište u keramičkim amforama.

4. PROIZVODNJA UMJETNIČKE KERAMIKE I POSLOVANJE

Planiranje proizvodnje počinje komunikacijom s naručiteljem. Naime, dobro razumijevanje želja i potreba kupca ključno je za proizvodnju jer one diktiraju pristup projektu. Jedan od primjera je izbor i nabava materijala. Ako je kupac zatražio izradu visokih posuda ili skulptura, odabrat će se glina koja je pogodna za modeliranje visokih struktura i ona u tom slučaju mora sadržavati primjese većih granulacija kako nebi došlo do urušavanja strukture pod vlastitom težinom. Ako se pak radi o posudama manjih dimenzija s istančanim detaljima, uzet će se glina sa sitnijim česticama jer je ona lakše obradiva. Nadalje, željena boja gotovog proizvoda također određuje vrstu gline koja će se primjeniti, iako se boja može postići i primjenom glazure.

Također, dimenzije proizvoda određuju i tehniku oblikovanja koja će se primjeniti, trajanje sušenja i način pečenja. Ukoliko se radi o veličini predmeta većoj od dimenzija keramičke peći koja je na raspolaganju, potrebno je razmotriti pečenje na drugoj lokaciji, što povećava troškove.

Nadalje, željeni broj komada isto utječe na proces proizvodnje. Ako se radi o većoj količini sličnih predmeta, moguća je konstrukcija kalupa za dobivanje opće forme proizvoda prije završnog oblikovanja. Međutim, procjena umjetnika može pokazati da izgradnja kalupa nije isplativa za željenu količinu serije, te će se svaki komad izrađivati ručno.

Dakle, kvalitetna komunikacija sa naručiteljem iznimno je važna za planiranje procesa proizvodnje. Određivanje rokova, troškova i osobnih preferenci kupca, glavne su varijable koje utječu na planiranje.

4.1. Nabava materijala

Nakon dogovora s kupcem, sljedeći je korak nabava materijala, a postoje dvije opcije. Jedna strategija obuhvaća eksploataciju gline direktno iz ležišta, što predstavlja zahtjevniju alternativu, budući da je neophodno da se nalazište nalazi relativno blizu proizvodnog sustava, kako bi proces bio održiv i ekonomski opravdan. Također, tako dobivenu glinu potrebno je pročistiti prije upotrebe i potencijalno je obogatiti primjesama. Prednost ovog pristupa stoji u očuvanju tradicije i proizvodnji potpuno autohtonih proizvoda.

Međutim, u modernom dobu keramičari se uglavnom oslanjaju na dobavljače koji pružaju uslugu jednostavne dostave materijala poznatog kemijskog sastava. Takav pristup u pravilu iziskuje veće troškove, no naglasak ostaje na jednostavnosti.

Naravno, želje kupca diktirat će izbor između ova dva pristupa. Ako je zatražena specifična kvaliteta strukture, materijal će se uzimati od dobavljača jer je poznat režim pečenja i rezultat je uvijek isti, dok je kod nepoznatog sastava potrebno provoditi eksperiment i rezultati će se međusobno razlikovati zbog manjka dosljednosti prilikom pročišćavanja smjese.

4.2. Modeliranje i oblikovanje

Obavljen dogovor sa kupcem i nabava materijala omogućuju početak modeliranja samih proizvoda. Lončar svoje ideje skulptura ili posuda realizira izborom jedne ili više od nekoliko tehnika na raspolaganju. Kreiranje forme moguće je ostvariti ručnim oblikovanjem, obradom na kolu i izradom kalupa.

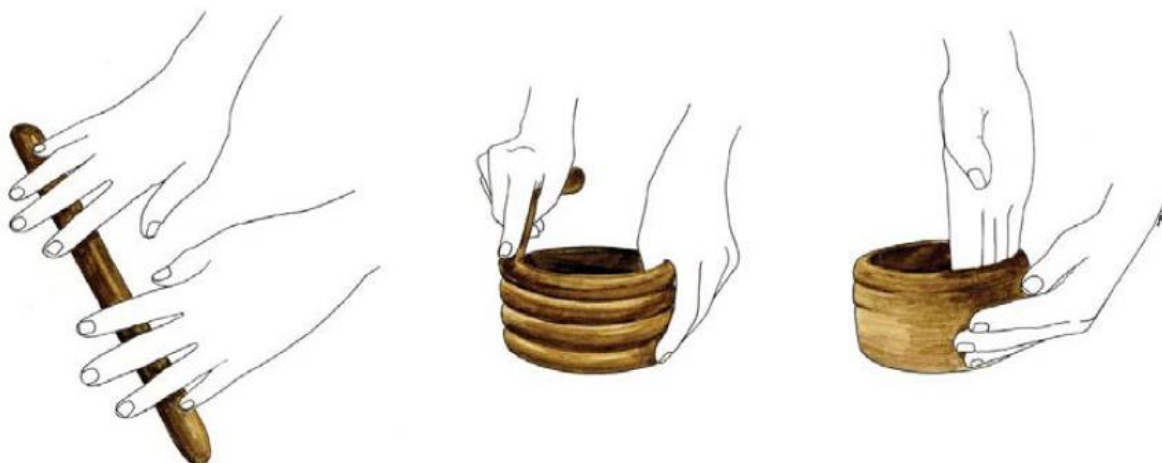
4.2.1. Ručno oblikovanje

Ručno oblikovanje najstarija je metoda modeliranja gline, što je sasvim logično s obzirom na to da nije bilo drugih tehnologija izrade u to vrijeme. Kao što i sam naziv govori, modeliranje se vrši isključivo rukama, ali i kod ove tehnike postoji nekoliko različitih metoda, a to su:

- 1.) Tehnika izrade glinenim trakama (Slika 4.) – Ova metoda se zasniva na izradi glinenih traka pomoću kojih se onda izrađuje struktura. Trake se izrađuju valjanjem gline, potom izrezivanjem željenih dužina i širina. Trake se „zavaruju“ vodom jedna na drugu i ova se metoda temelji isključivo na dodavanju materijala.
- 2.) Tehnika izrade glinenim „crvima“ – Izrada posude ovom metodom slična je prethodnoj, jedina je razlika što se umjesto traka primjenjuju „crvi“, odnosno valjci određenih dužina i promjera. Valjci se izrađuju valjanjem gline među rukama ili na prigodnoj podlozi, a spajanje se ponovo vrši vodom. Slika 5. prikazuje opisanu tehniku.
- 3.) Tehnika izvlačenja iz kugle gline (Slika 6.) – Prilikom ove metode, lončar prvo uzima potrebnu količinu gline i valjanjem među dlanovima postiže kuglasti oblik. Zatim se palcem jedne ruke primjenjuje pritisak na masu, dok se ona drugom rukom okreće. Tako, kontinuiranim pritiskanjem i okretanjem formira se posuda.



Slika 4. Tehnika izrade glinenim trakama



Slika 5. Tehnika izrade glinenim "crvima" [2]



Slika 6. Tehnika izvlačenja iz kugle gline [2]

4.2.2. Obrada na kolu

U kontekstu izrađivanja posuda, obrada na kolu slična je tehnici izvlačenja iz kugle gline. Rotacija primitivnog kola ostvaruje se uglavnom primjenom momenta nogama, čime su obje ruke oslobođene za oblikovanje. Rotaciju je moguće ostvariti i rukama kada je riječ o velikom i teškom kolu velikog momenta inercije, no to podrazumijeva intermitiranu obradu.

Na površinu kola postavlja se glina, no neizostavno je dodavanje vode kako bi smjesa postala adhezivna, čime se sprečava ispadanje predmeta prilikom rotacije. Postavljena glina ne mora biti oblikovana točno u kuglu, već je kuglastog, ali nepravilnog oblika. Prilikom rotacije ponovo se vrši pritisak na sredinu forme, ali pošto sada kolo vrši potrebnu rotaciju predmeta, pritisak se može

primjenjivati s dva palca, odnosno dvije ruke. Pravilnim doziranjem sile u kombinaciji s rotacijom kola, formira se posuda.

Modeliranjem na kolu postiže se forma veće simetričnosti, ali se često koristi i za završno oblikovanje i ukrašavanje.

4.2.3. Kalupiranje

Izrada predmeta pomoću kalupa još je jedan način oblikovanja gline, ali kalupiranjem se mogu jedino kopirati već postojeći modeli. Tijekom izrade kalupa, prvo je potrebno drugim tehnikama oblikovanja modelirati predmet koji želimo „kopirati“. Zatim valja odabrati materijal od kojega će se izraditi kalup, iako se kalupi proizvode od različitih materijala kao što su silikon, plastika i metal, najčešći materijal u primjeni je gips kako je i prikazano na slici 7.

Izrađeni predmet postavlja se na radnu površinu i prekriva se odgovarajućim odvajajućim sredstvom kako bi se izbjeglo lijepljenje gipsa na model, a to mogu biti pijesak, suha mljevena glina, pepeo ili sintetska industrijski proizvedena sredstva. Oko predmeta je potrebno postaviti pregradu kako gips ne bi curio po cijeloj radnoj površini, a pregrada može biti od bilo kojeg materijala jer nakon sušenja kalupa više nije potrebna, no ista pregrada može služiti za izradu više kalupa. Zatim se gips ulijeva u prostor između modela i pregrade, sve dok gornje lice modela ne bude na barem jedan do dva centimetra dubine kako bi se osigurala dovoljna debljina dna kalupa.

Nakon sušenja gipsa model se uklanja i kalup je spreman za izradu novih modela. Proces izrade modela pomoću gotovog kalupa jednostavan je proces. U kalup se rukama utiskuje glina sve dok ne popuni prostor modela. Kada je glina dobro utisnuta i u njoj više nema džepova zraka, ovisno o dubini kalupa, model se može odmah izvaditi na sušenje ili ga je potrebno ostaviti u kalupu neko vrijeme radi djelomičnog sušenja, kako bi se izbjeglo potencijalno pucanje vlažnog modela.

Opisan proces kalupiranja se odnosi na jednodijelne kalupe. Ako je potrebno, moguće je izraditi i višedijelne kalupe, te postoji i mogućnost lijevanja gline u obliku posebno pripremljenih smjesa.



Slika 7. Gipsani kalup s motivom drveta

4.3. Sušenje i obrada

Nakon izrade predmeta bilo kojom od gore navedenih tehnika, slijedi sušenje predmeta i završna obrada. Problematika sušenja objašnjena je u točki 2.5., ali sušenje predmeta može biti i jednostavniji proces tako da tamo spomenuto ubrzano sušenje zagrijavanjem u trećoj fazi procesa je opcionalno: naime, i na sobnoj temperaturi se dobivaju predmeti jednake kvalitete ako je na raspolaganju dovoljno vremena za spontano odvijanje procesa, pri čemu je strpljivost ključna.

„Različite gline suše se različitom brzinom. Gline s grubo zrnatom strukturom (poputa kaolina) suše se mnogo brže od onih koje imaju veću plastičnost i finiju strukturu (montmoriloniti). Vrijeme sušenja ovisi o veličini kapilara kroz koje voda izlazi na površinu i ishlapljuje. Kako se posude smanjuju, odnosno skupljaju tijekom sušenja, deformacije i lomovi javljaju se kada se jedan dio posude suši brže od drugog. Isto tako, ako se posude suše na suncu, isparavanje vode na vanjskoj strani posude bit će brže nego u unutrašnjosti, što će uzrokovati brže sakupljanje vanjskog dijela posude.“[2]

Nadalje, za završnu obradu površine predmeta ili njegove forme, proces sušenja ne mora biti završen, čak štoviše, predmet će biti lakše obraditi na kraju druge faze sušenja nego pri završetku treće faze.

Završna obrada podrazumijeva nekoliko tehnika, a sve se baziraju na poboljšanju estetike proizvoda s naglaskom na vanjsku površinu. Primjenom alata velike varijabilnosti, poput školjaka, drvenih štapića, kamenih oblutaka i slično, posude ili artefakte krasi se raznim motivima. Razlikuju se četiri glavne tehnike:

- 1) Urezivanje – alatima zaoštrenog vrha primjenjuje se pritisak na vanjsku površinu predmeta u željenom uzorku.
- 2) Utiskivanje – raznim alatima vrši se pritisak na površinu čime na njoj ostaje oblik korištenog profila. Otisci određenog tipa mogu se pojaviti na posudi samo jednom, ili se pak mogu ponavljati u određenom uzorku. Alati mogu biti posebno izrađeni, ali se često uzimaju i prirodni predmeti zanimljivih struktura kao što su školjke, listovi raznog drveća, kora drveta ili slično.
- 3) Dodavanje materijala – ukrašavanje površine predmeta ostvaruje se i dodavanjem materijala. Posebno izrađeni motivi lijepo se vodom na površinu posude. Motivi mogu biti

malih dimenzija poput kuglica, trokutića ili drugih oblika, ali mogu biti i većih dimenzija poput ukrašenih glinenih traka.

- 4) Dubljenje – ova tehnika podrazumijeva obradu odvajanjem čestica. Odvajanjem materijala postižu se željeni reljefi površine ili čak potpuno odstranjivanje stijenke čime se dobivaju rupe raznih oblika.
- 5) Zaglađivanje – tehnika kojom se nastoji zagladiti površinu predmeta ili stanjiti njegove stijenke. Vršiti se predmetima ravnih površina ili brusnim papirom ako je sušenje prošlo najmanje drugu fazu, ali se može primjenjivati i na mokrim predmetima u početnim fazama proizvodnje.

Tehnike završne obrade nemaju propisan način primjene ili poseban redoslijed, svaki je rad poseban i provodi se zasebnom kombinacijom i redoslijedom tehnika.

4.4. Pečenje

Nakon izrade predmeta i provođenja završne obrade, proces nije gotov. Modeliranjem materijala u željeni oblik ne postižu se gore navedena svojstva, kada bi se gotov i osušen predmet izložio vodi, razmočio bi se i vratio u prvobitno stanje. Kako bi se postigla mehanička i uporabna svojstva predmeta, on se mora izložiti visokim temperaturama u keramičkoj peći.

„Pečenje je završni proces izrade keramičke posude o kojem su u velikoj mjeri ovisne karakteristike predmeta. S obzirom na to da je ovaj segment neponovljiv za lončara on predstavlja najvažniji korak u proizvodnom procesu. Tijekom pečenja događaju se razne fizičko-kemijske promjene na materijalu koje utječu na konačni izgled i svojstva posude.“ [2]

Pečenje je izrazito varijabilan proces, konačna temperatura u peći te intervali njenog rasta ovisi o vrsti gline, atmosferi, odabiru načina pečenja i tipu peći. Prva glavna podjela procesa je na pečenje u zatvorenim pećima i pečenje na otvorenom plamenu, iako je ta metoda danas rijetko zastupljena jer je gotovo nemoguće pravilno i sistematično utjecati na temperaturu i vođenje procesa (otvorene vatre obično dostižu svoju maksimalnu temperaturu unutar 30 minuta [14]), a to su ključne stavke za dobivanje kvalitetnog proizvoda.

„Procjena temperature paljenja prilikom proizvodnje keramike, zajedno sa odnosom između atmosfere paljenja i boje, glavne su teme tehnološkog proučavanja keramike.“ [14]

Praćenje temperature i njena regulacija važni su za shvaćanje odnosa između zagrijavanja i mineraloških i strukturnih promjena. Kada bi se zagrijavanje obavilo spontano do maksimalne temperature bez prekida, zaostala vlaga u materijalu bi ekspandirala u vodenu paru i nastale bi pukotine ili čak eksplozije cijelih predmeta.

Kada glina prolazi proces pečenja, događaju se različite promjene na mikroskopskoj razini. To uključuje toplinske transformacije u samoj glinenoj masi, kao i promjene u oblicima minerala koji su prisutni u glini te na mjestima gdje se granice između gline i tih minerala susreću. S porastom temperature raste poroznost materijala jer se čestice unutar gline više grupiraju pritom stvarajući dodatne praznine, također, formiraju se veze između mineralnih čestica primjesa te se povećava i čvrstoća. [15]

Unatoč velikim razlikama među postupcima pečenja za određene uvjete, moguće je istaknuti nekoliko općih karakteristika koje se tiču promjena i reakcija u strukturi prilikom zagrijavanja: [2 i 16]

- 1) Faza zagrijavanja do 200°C: U ovoj fazi još nema značajnijih promjena, voda isparava iz glinene mase u obliku vodene pare i stupanj kontrakcije je zanemariv.
- 2) Faza zagrijavanja od 200 do 400°C: U ovom temperaturnom intervalu dolazi do raspadanja organskih tvari prisutnih u glinenoj masi, što ima za posljedicu povećanje poroznosti keramike. Također, ugljik iz tih tvari reagira s kisikom stvarajući ugljični dioksid koji se ispušta u atmosferu.
- 3) Faza zagrijavanja od 450 do 600°C: Ova se faza naziva dehidracijskom fazom. Voda potpuno isparava iz gline, a na temperaturama između 500°C i 600°C, nestaju i druge tvari u obliku plinova. Kontrakcije koje uzrokuju ti gubitci više nisu zanemarive i predmeti mogu izgubiti više od 15 % ukupne mase.
- 4) Faza zagrijavanja od 430 do 850°C: Termički raspad glinenih minerala uzrokuje promjene u česticama gline, njihovo topljenje i spajanje, što rezultira čvršćom i manje propusnom strukturom. Tek u ovoj fazi nastaju proizvodi koji se smatraju keramikom.
- 5) Temperatura 950°C: Na temperaturama višim od 900 do 950°C, započinje proces topljenja, poznat kao vitrifikacija, koji se javlja samo pri visokim temperaturama. Minerali i kisik

počinju se topiti stvarajući staklenu strukturu. Nakon vitrifikacije, pečena glina postaje manje porozna i čvršća. Dodatnim povišenjem temperature poroznost se dodatno smanjuje i čvrstoća još raste, sve do cca 1200°C.

Naznačene faze samo su općenite smjernice i rijetko će proces teći baš tako. Međutim, kao što je već istaknuto, sada je jasnije zašto proces toliko ovisi o vrsti gline i njenim primjesama. Najveće promjene se dešavaju upravo zbog reakcije dodatnih tvari i minerala pri povišenim temperaturama, a to je najveća varijabilnost pri izboru gline i primjesa.

4.5. Glaziranje

Glaziranje je završni proces pri proizvodnji keramike. Nakon modeliranja i završne obrade, predmete je potrebno podvrgnuti visokim temperaturama kako je opisano u prethodnoj točki broj 4.4. Iako se i tako pečen predmet može smatrati gotovom keramikom, u praksi se gotovo uvijek provodi i proces glaziranja.

„Keramička glazura je tanki staklasti sloj koji se sjedinjuje s površinom keramičkog predmeta pečenjem i sastoji se uglavnom od amorfne faze (nema određen oblik, kristalnu strukturu), ali uključuje i mjehuriće, pukotine i kristalne faze (nerastopljeni spojevi i kristali koji se formiraju tijekom pečenja)“ [17].

Primjena glazure dodaje vrijednost keramici, obogaćuje ju bojom i sjajem te ju čini modernom i luksuznom. Međutim, glazure nose i funkcionalnu važnost, keramici povećavaju otpornost na vanjske uvjete i čine je vodootpornom, a velika raznolikost sastava i mogućnost razvoja posebnih mikrostruktura s određenim tehničkim svojstvima omogućile su primjenu glazirane keramike u širokom rasponu. [18]

Iako je glazura vrlo slična staklu, razlikuju se po tome što glazura reagira s keramikom međusobno izmjenjujući elemente. Kao rezultat njihove difuzije glazura postaje heterogena otopina, a njena struktura ovisit će o temperaturi pečenja. Temperatura pečenja u ovom kontekstu ne odnosi se na pečenje sirove gline, u ovoj fazi proizvodnje taj je postupak već proveden. Glazura se na već toplinski obrađen predmet (pečena keramika) nanosi kistom kao boja, ali se predmeti mogu umakati i cijelom svojom površinom. Međutim, glazura je prvobitno u obliku praha koji se

sastoji od raznih spojeva ovisno o željenoj boji i primjeni, a dodavanjem vode postaje tekuća i spremna za nanošenje na keramiku, kako je prikazano na slikama 8. i 9. Prah se može i direktno postaviti na predmete no voda mu daje privremena adhezivna svojstva i olakšava nanošenje. Sljedeći je korak u procesu ponovno izlaganje (sada obojenog) predmeta visokim temperaturama i to je temperatura koja utječe na strukturu glazure gotovog proizvoda.



Slika 8. Glazura u tekućoj fazi



Slika 9. Glazura u prahu

Kao i kod pečenja sirove gline, ovdje je također glavni izazov odrediti režim zagrijavanja, ali i hlađenja. Tijekom pečenja glazure porast temperature može biti i brži jer glina u sebi više ne sadrži vlagu, ali konačna temperatura i način hlađenja uvelike utječu na rezultat. Ako je konačna temperatura prevelika, glazuri pada viskoznost i slijeva se niz predmet što može dovesti do oštećenja samog predmeta i peći. Također, pri prevelikim temperaturama glazura može zakuhati, a takva burna reakcija nikad nije poželjna jer osim oštećenja opreme, nastaju i mjehurići koji često narušavaju estetiku proizvoda. Uz pravilno zagrijavanje, režim hlađenja također igra značajnu ulogu. Ohladi li se predmet prebrzo, doći će do pucanja glazure uslijed velikog termalnog napreznja do kojeg dolazi zbog velike razlike u temperaturama vanjskog i unutrašnjeg sloja glazure.

Željena temperatura i potrebni režimi toplinske obrade ovise o vrsti glazure i gline te željama umjetnika (spomenuto pucanje glazure zbog prebrzog hlađenja nekad se inducira i s namjerom). Nakon hlađenja glaziranog predmeta, proces proizvodnje je završen.

5. OPIS PROIZVODNOG SUSTAVA I PRIMJENJENE TEHNOLOGIJE

Za stvaranje umjetničke keramike i obavljanje svih ranije spomenutih koraka, ključno je imati adekvatan prostor opremljen potrebnom opremom. Ovaj radni prostor, gdje se izrađuje umjetnička keramika ili obavljaju drugi umjetnički procesi, poznat je kao *ateljier* ili *atelje*.

5.1. Proizvodni prostor

Na slici 10. prikazan je atelje „Natural flow art“ s naznačenim rasporedom opreme u radnom prostoru. Dimenzije su izražene u centimetrima.

Slova A, B, C, E, G i H označavaju razne tipove skladišta kao što su police, ormari i drugi prostori za čuvanje različitih predmeta i materijala, važno je imati dovoljno skladišnog kapaciteta kako bi organizacija proizvodnje tekla lakše i jednostavnije. Većina ovih površina koristi se za prirodno sušenje proizvoda prije pečenja, pohranu materijala poput različitih vrsta gline i glazura te alata za obradu. Manji dio prostora namijenjen je za izlaganje finalno obrađenih, glaziranih predmeta.

Nadalje, slovo F označava praznu radnu površinu koja se prilagođava prema potrebama. Budući da su radne površine desno u sustavu obično dovoljne veličine, označena radna površina često se iskorištava za sušenje i privremeno odlaganje većih predmeta.

Površina označena slovom J namijenjena je za prešu koja se koristi za tisak grafike. Grafika nije u glavnom fokusu rada ateljea, no atelje proizvodi različite umjetničke kreacije osim keramike. Međutim, preša ima i dodatnu funkciju osim grafičke, a ta je da se koristi za ravnanje tijekom oblikovanja prema tehnici modeliranja s glinenim trakama, točka 4.2.1.

Na slici 10., u desnom donjem kutu, nalazi se umivaonik. Za proizvodnju keramike, *voda* je esencijalna komponenta. Bez ove komponente, proizvodni proces ne bi bio ostvariv, s obzirom na to da voda ima presudan utjecaj na manipulaciju glinom i omogućuje oblikovanje. Koristi se i za pranje alata i opreme (a potrebna je i iz higijenskih razloga).

Na slici 10. je također označen *Prostor za opuštanje*, iako na prvi pogled ne izgleda kao nešto što bi pripadalo radnom okruženju, njegova važnost je izuzetna. Kada se radi o procesu stvaranja umjetničkih djela poput keramike, koncentracija i kreativnost su ključne. Ovaj prostor za opuštanje omogućuje umjetnicima da se povremeno udalje od svojih radnih zadataka, oslobode um od stresa i pritiska te da se otvore novim idejama i perspektivama. Nadalje, vrijeme koje se odvaja za opuštanje i odmor redovito vodi k povećanju produktivnosti: kada se umjetnik vraća svojim radnim zadacima nakon kratke pauze, obično se vraća s većom koncentracijom i učinkovitošću. Treba napomenuti i da atelje nije samo radno mjesto, već i društveno okruženje. Umjetnici imaju priliku družiti se, razgovarati, dijeliti ideje i iskustva te zajedno raditi, što potiče suradnju koja često rezultira novim kreativnim rješenjima.

5.2. Lončarsko kolo

Ručna izrada keramičkih posuda cijenjena je zbog svoje izuzetne jedinstvenosti i kupci često traže ono posebno, jer umjetnikova osobna ekspresija dodaje vrijednost proizvodu. Ipak, postoji situacija kad je potrebno proizvesti veći broj sličnih predmeta, što se često postiže na lončarskom kolu. Neprekidna i precizna rotacija kola omogućava stvaranje posuda s većom simetričnošću i glađim površinama te značajno ubrzava proces proizvodnje.

Tipičan primjer lončarskog kola prikazan je na slici 11., a riječ je o modelu RK-55 japanskog proizvođača SHIMPO. Kolo postiže maksimalnu brzinu vrtnje od 250 okretaja u minuti [19], no

u standardnoj se primjeni rijetko dostiže maksimum jer su i manje brzine adekvatne i ugodnije za rad.

Za pokretanje kola dovoljno je pritisnuti papučicu, a brzina rotacije ovisi o intenzitetu pritiska, slično kao kod dodavanja gasa u automobilu. Da bi se postigla simetričnost posude, ključno je točno centrirati glinenu masu prilikom postavljanja. Motor ima snagu od 100 vata i moguća je rotacija u oba smjera.



Slika 11. Lončarsko kolo RK-55, SHIMPO

5.3. Glina

Glinu dostavlja njemačka tvrtka „Goerg & Schneider“ osnovana 1924. u Siershanu u Zapadnom Vesterwaldu. Tvrtka Goerg & Schneider danas spada među vodeće dobavljače sirovina za keramičke i nekeramičke primjene. Na slici 12. prikazano je nekoliko vrsta glina koje se koriste

u ateljeu. Kako je već napomenuto, umjetnik bira sirovinu prema vlastitim željama i potrebama kada je proizvodnja proizvoljna ili prema potrebama kupca ako je riječ o narudžbi, a preporučeni režim pečenja dostavljen je u dokumentaciji i otisnut na ambalaži. Cijena jednog paketa od 10 kg je između 10 i 30 eura, ovisno o kvaliteti [20].



Slika 12. Primjeri vrsta glina u proizvodnji

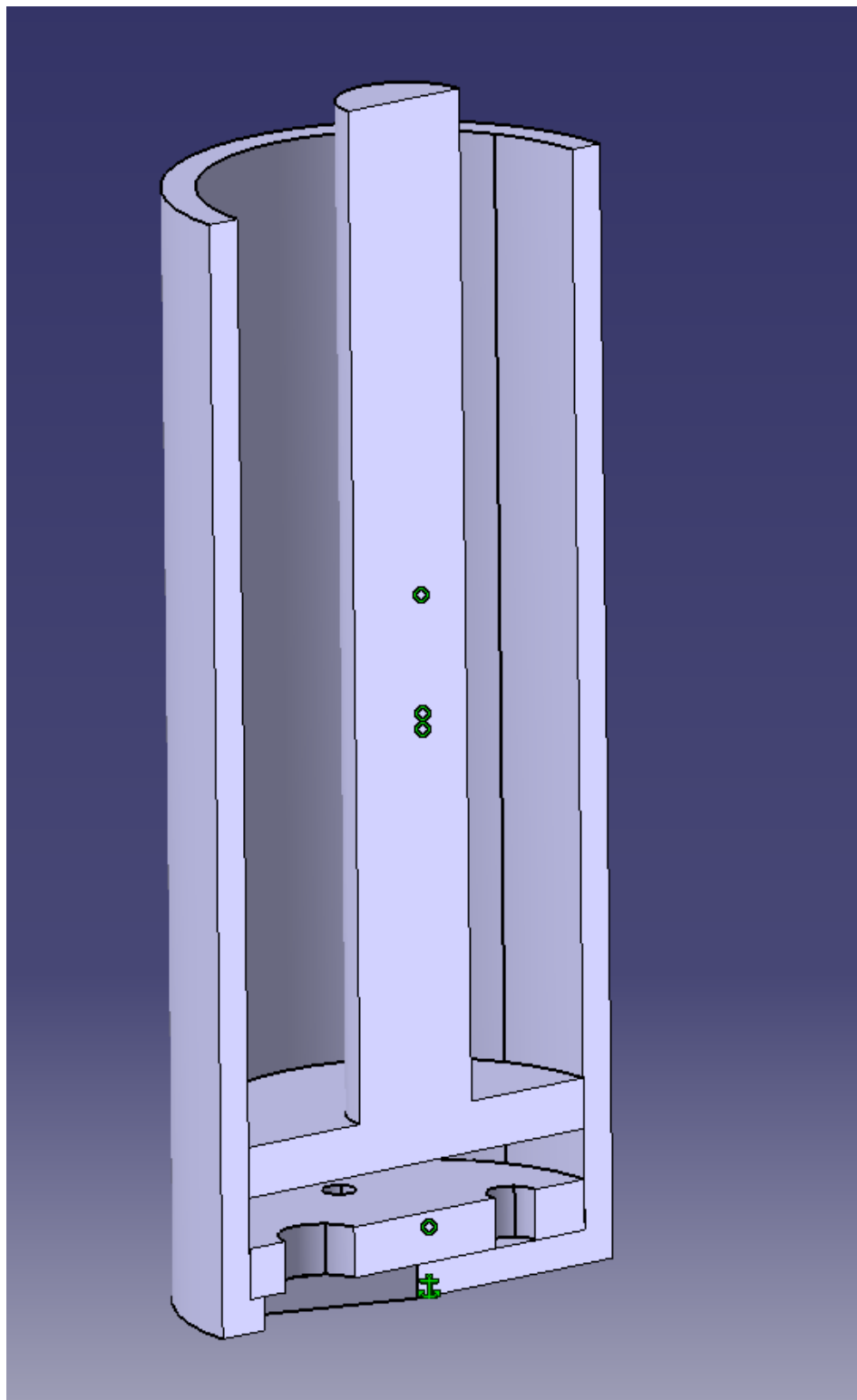
5.4. Ekstruder za glinu

Na slici 10. slovom D je označen ekstruder za glinu. Njegova je uloga ekstrudiranje različitih profila određenih dužina. Jedan primjer može biti kružni poprečni presjek za primjenu tehnike izrade glinenim „crvima“ prilikom ručnog oblikovanja (točka 4.2.1.). Istiskivanjem gline ubrzava se proces modeliranja komponenata za izgradnju forme. Čak i kada bi se postigla ista brzina ručnom izradom, konzistentnost presjeka po cijeloj dužini profila neusporediva je s ekstrudiranom komponentom.

Slika 13. prikazuje ekstruder u primjeni, a slika 14. isti ekstruder u presjeku. Uporaba je praktična i brza, samo je potrebno u cilindar ubaciti određenu količinu gline i primijeniti silu na polugu.



Slika 13. Ekstruder



Slika 14. Model ekstrudera u CAD-u — uzdužni presjek

Izbor željenog profila vrši se rotacijom prstena prikazanih na slici 15. Poprečni presjeci variraju i uzimaju se prema potrebi.



Slika 15. Prsteni s različitim poprečnim presjecima

5.5. Alati za ručnu obradu

Slika 16. prikazuje asortiman alata za obradu. Na njoj su zastupljeni instrumenti za sve varijacije oblikovanja opisanih u točki 4.3. Neki od alata su ručno izrađeni od materijala poput drveta i plastike, dok su drugi kupljeni ili prenamijenjeni iz predmeta čija izvorna svrha nije povezana s keramikom.

Prikazanim alatima je moguće izraditi sve postojeće profile i teksture te se njihovom kombinacijom postižu svi željeni oblici. Alati se ne troše niti oštećuju ako je njihova primjena adekvatna, stoga su neki stari i više od 20 godina.



Slika 16. Alati za ručnu obradu

5.6. Keramička peć

Pečenje, kao ključna i vrlo osjetljiva faza u proizvodnom procesu, zahtijeva posebnu pažnju, a keramička peć se ističe kao ključna i istovremeno skupocjena komponenta. Svojom osnovnom ulogom u postizanju visokih temperatura te održavanju tih temperatura tijekom određenog vremena, keramička peć nosi veliku odgovornost. Stoga, nužno je da peć bude sposobna ne samo postizati ekstremno visoke temperature, već ih i održavati stabilno unutar definiranih granica.

Osim toga, keramička peć mora posjedovati iznimno dobra izolacijska svojstva kako bi se spriječio gubitak topline tijekom procesa pečenja. Ovaj aspekt osigurava učinkovito iskorištavanje energije te doprinosi konzistentnim i preciznim rezultatima.

Važno je istaknuti da je pečenje ne samo kritično za postizanje željenih svojstava keramičkih proizvoda, već i za njihovu trajnost i kvalitetu. Keramičke peći igraju ključnu ulogu u postizanju visokih standarda proizvodnje i osiguravanju da svaki proizvod bude dosljedan i visokokvalitetan.

Na slikama 17. i 18. je prikazana peć koja se primjenjuje prilikom proizvodnje keramike u ateljeu. Radi se o ručno izrađenoj peći, nepoznate marke i proizvođača. Snaga peći je 4,8 kW i volumen otprilike 70 litara, a maksimalna temperatura koju je moguće održavati iznosi 1200°C.

Peć je opremljena šamotnim ciglama i pločama koje izdržavaju vrlo visoke temperature bez narušavanja njihove strukture, a koriste se za slaganje polica u peći na koje se polažu predmeti.

Kada se prostor peći popuni predmetima koji su spremni za pečenje, vrata se zatvaraju i proces može početi. Sama peć ne posjeduje nikakvu sposobnost regulacije procesa, stoga bi kada se pritisne prekidač, temperatura u peći najbržim režimom postigla maksimum, a što treba izbjeći (neželjena mogućnost ekspaniranja zaostale vlage u vodenu paru, što je objašnjeno u točki 4.4.). Iz tog razloga, na peć je priključen programator (Slika 19.) koji služi upravo za regulaciju temperature i njenog porasta.

Regulator sa slike 19. je model ATR902 tvrtke „Pixsys electronics“. U memoriji može sadržavati ukupno 15 spremljenih režima pečenja od kojih svaki može imati maksimalno 18 koraka, a posjeduje i mogućnost odgođenog pokretanja te mjerenja utroška energije [21].

Regulator posjeduje vrlo važnu ulogu jer bi bez njega proces pečenja bio uistinu mukotrpan, pogotovo s obzirom da pečenje u prosjeku traje preko osam sati.

Sa slika 17. i 18. je vidljivo da je peć dimnjakom spojena s vanjskim okolišem, što je iznimno važno jer pare i dimni plinovi koji se oslobađaju tijekom pečenja mogu dugoročno biti štetni za čovjeka. Za zaštitu okoliša, namjeravaju se ugraditi filteri.



Slika 17. Keramička peć – zatvorena



Slika 18. Keramička peć – otvorena



Slika 19. Programabilni kontroler ATR902 s prikazom sobne temperature na zaslonu

6. MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA PROIZVODNJE I POSLOVANJA

Cilj ovog poglavlja jest istražiti potencijalne tehnološke inovacije koje bi se mogle primijeniti za unapređenje proizvodnje i poslovanja u području umjetničke keramike. Naglasak bi se prije svega odnosio na smanjenje opsega ručnog rada i skraćivanje vremena izvršenja pojedinih radnji u proizvodnji bez utjecaja na jedinstvenost kvalitete umjetničkog proizvoda. Time se teži postizanju veće profitabilnosti i poticanju rasta poslovanja.

6.1. Primjena 3D tiskanih kalupa

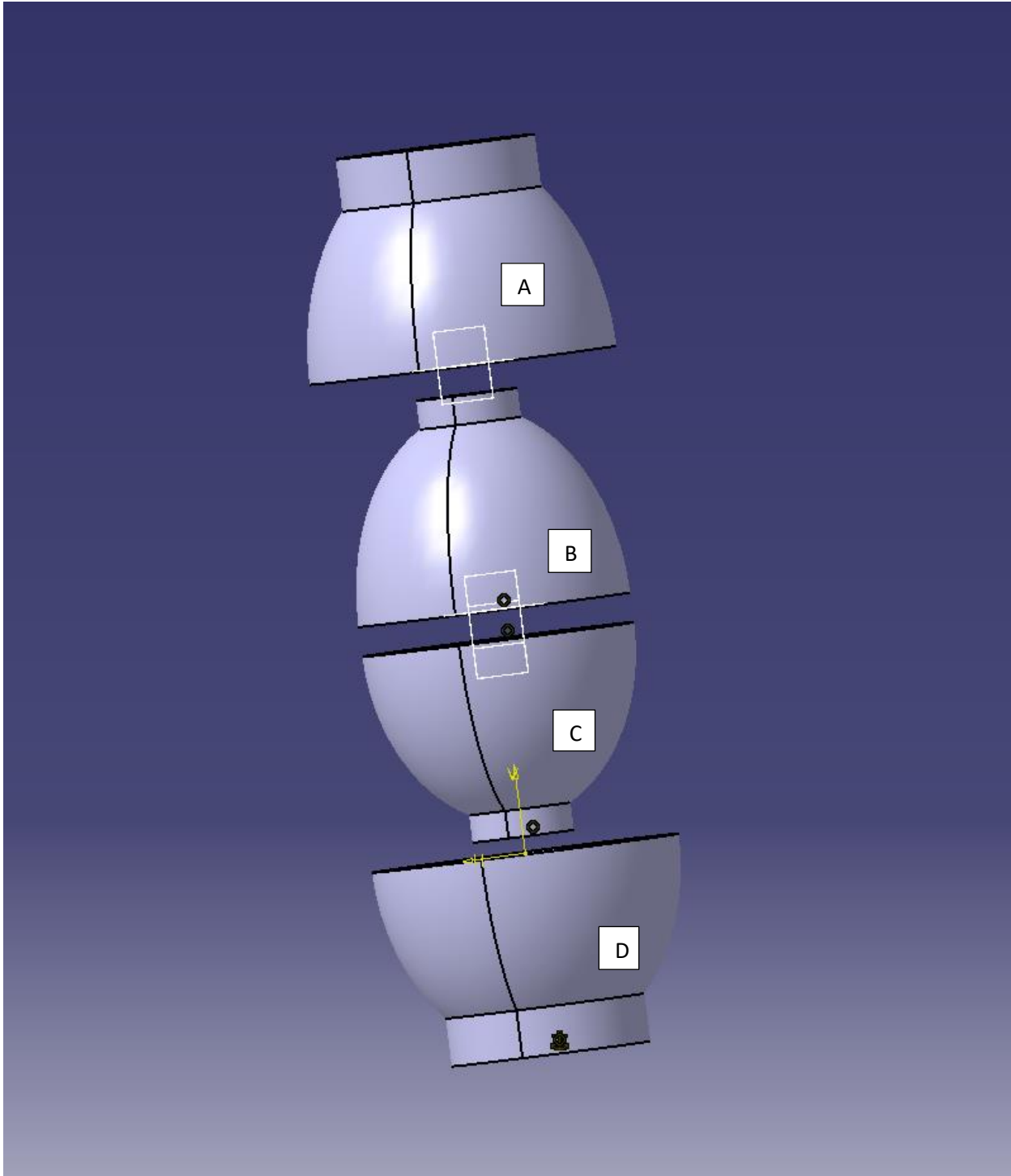
Već je utvrđeno da se izradom kalupa skraćuje vrijeme proizvodnje kada je riječ o većoj seriji sličnih proizvoda (točka 4.2.3.). Međutim, izrada kalupa također zahtijeva određenu količinu vremena i za kompleksnije modele to može biti izazovan zadatak. Jedan način unapređenja ovog dijela proizvodnje je izrada kalupa primjenom tehnologije 3D printanja. Ovo će se demonstrirati kroz primjer izrade ukrasne svjetiljke na slici 20.

Tradicionalna proizvodnja ovakvog predmeta vršila bi se primjenom ručnih tehnika modeliranja i taj proces može potrajati i do nekoliko sati. Naravno, moguće je izraditi gipsani ili neku drugu vrstu ručno izrađenog kalupa, no kako se radi o šupljem predmetu, takva izrada kalupa je izrazito kompleksna i dugotrajna. Međutim, kada bi se kalup izrađivao pomoću 3D printera, problem postaje mnogo jednostavniji.

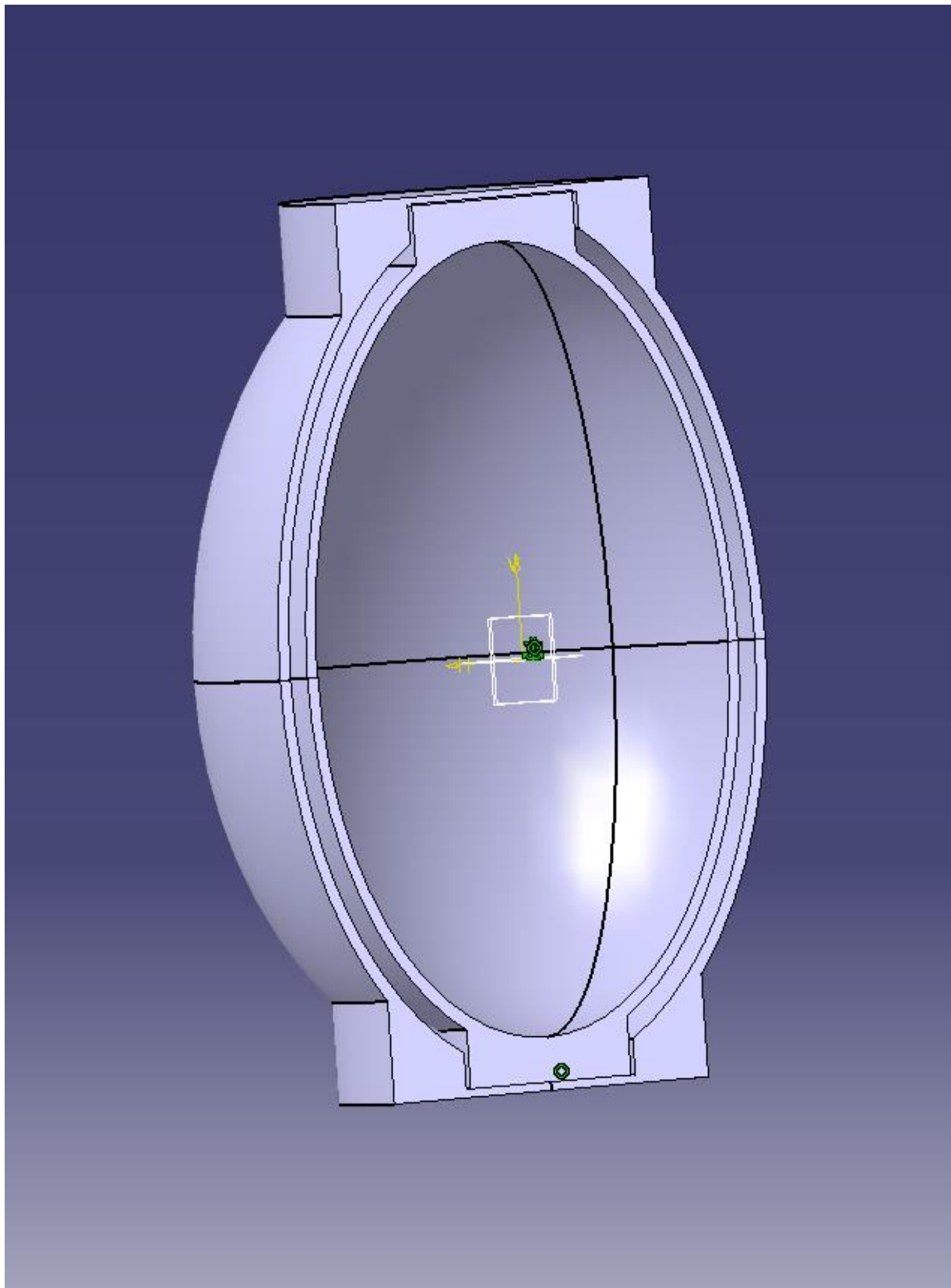
Kalup je modeliran u programskom paketu CATIA. Model kalupa sastoji se od četiri dijela, kako je prikazano slikom 21. , a slika 22. prikazuje uzdužni presjek sklopljenog kalupa.



Slika 20. Ukrasna svjetiljka



Slika 21. Rastavljeni prikaz



Slika 22. Uzdužni presjek kalupa

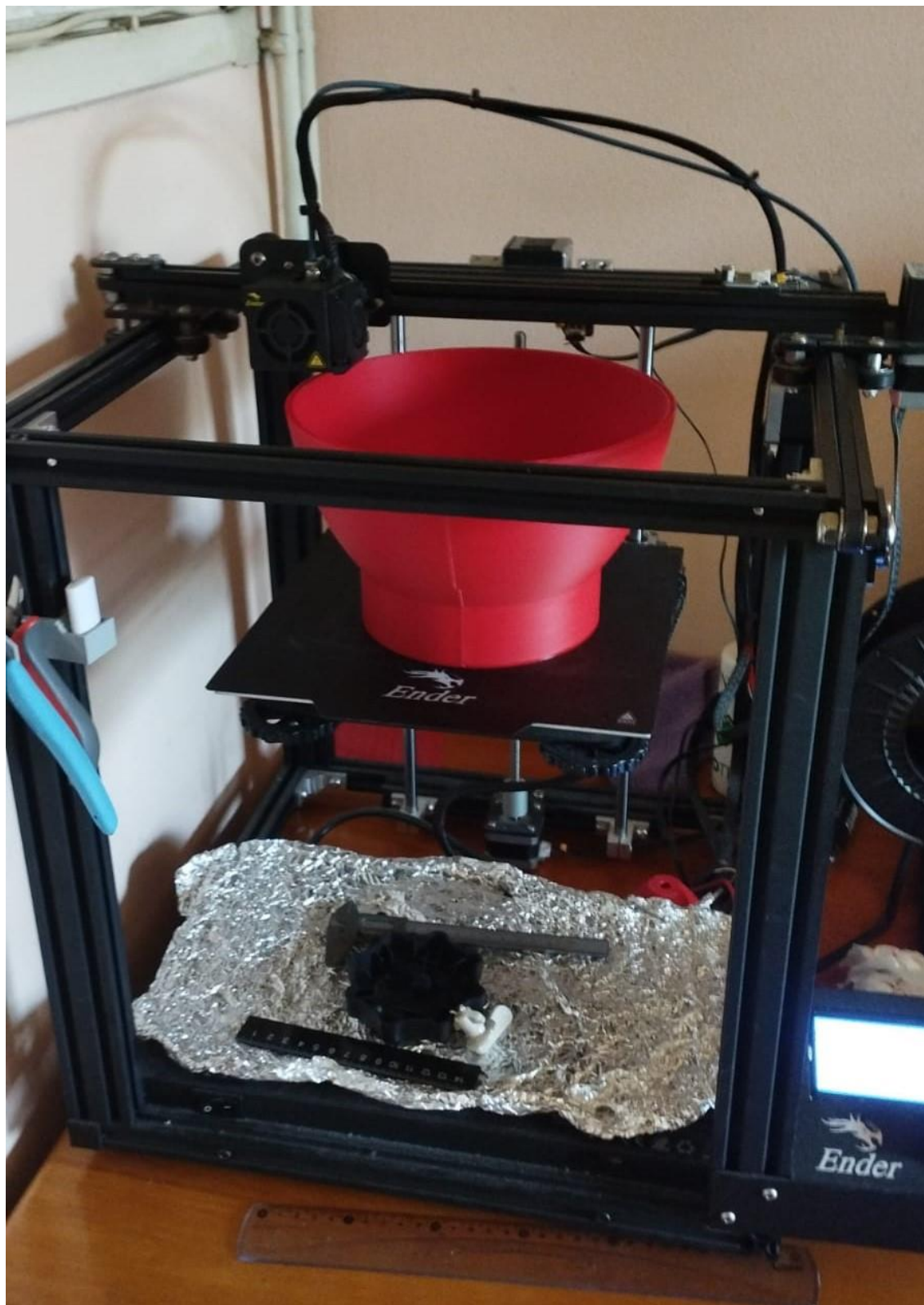
Ovakvim dizajnom kalupa se gornja i donja polovica predmeta zasebno oblikuju, te se one nakon druge faze sušenja vade iz kalupa i međusobno spajaju.

Donja polovica modela oblikuje se koristeći donja dva dijela kalupa sa slike 22, pri čemu je vanjski dio označen slovom "D," a unutarnji slovom "C". Glina se pričvršćuje duž unutarnje stijenke vanjskog dijela kalupa, pri čemu nije potrebno ostvariti istu debljinu sloja po cijelom presjeku, ali je važno da debljina bude veća od željene debljine gotovog modela. Zatim se unutarnji dio umetne u vanjski dio kalupa. Ovim postupkom glina se ravnomjerno raspoređuje unutar kalupa, ostvarujući jednaku debljinu stijenke duž cijele njegove visine. Višak materijala na vrhu kalupa se uklanja, unutarnji dio se izvlači, a donja polovica modela suši se do druge faze, nakon čega se može izvaditi.

Analogno tome, gornja polovica modela oblikuje se koristeći gornja dva dijela kalupa, označena slovima "A" i "B" (Slika 22.). Kada su obje polovice modela dovoljno suhe, spajaju se vodom, stvarajući šuplji predmet jajastog oblika, koji će kasnije poslužiti kao osnova za izradu svjetiljke, slične onoj prikazanoj na slici 20.

Tako dobiveno glineno jaje ručnom se obradom pretvara u jedinstvenu svjetiljku u znatno kraćem vremenu nego što bi bilo potrebno bez upotrebe kalupa. Na ovaj način je uvelike skraćeno vrijeme proizvodnje bez narušavanja unikatnosti ili kvalitete proizvoda.

Slika 23. prikazuje printanje jednog dijela kalupa. Radi se o modelu printera Ender-5 Pro od proizvođača Creality, a primjenjeni materijal je PLA filament izrađen na biljnoj bazi. Također valja napomenuti da printanje cijelog kalupa također može potrajati do nekoliko sati ovisno o njegovim dimenzijama i odabranim parametrima printanja, no to vrijeme umjetnik može iskoristiti za izvršavanje drugih zadataka. Kompletan kalup prikazuje slika 24.



Slika 23. 3D printer Creality Ender 5 Pro



Slika 24. Kalup izveden u četiri dijela

6.2. Partnerstvo u proizvodnji

Iako je u osnovnom fokusu proizvodnje umjetničke keramike stvaranje jedinstvenih proizvoda koji zahtijevaju značajnu pažnju i ulaganje vremena, što podrazumijeva pojedinačnu proizvodnju, tržišna nužnost ostvarenja profita nalaže prihvaćanje izazova promatranja umjetničke proizvodnje

kao masovne. U poglavlju 6.1. istražen je moguć pristup masovnoj proizvodnji predmeta uz zadržavanje njihove unikatnosti, a u ovoj točki, na primjeru istog proizvoda, razmotrit će se dodatna mogućnost unapređenja, a to u vidu ostvarenja kooperacije s drugim tvrtkama.

Osnovna želja ostaje nepromijenjena, a to je masovna proizvodnja poluproizvoda, koji će naknadno biti individualno oblikovani kako bi se postigla željena razina unikatnosti. U ovom slučaju, pristup je suradnja s partnerima koji posluju na višem nivou proizvodnje i posjeduju mehanizaciju za veću proizvodnju.

U tome smislu, prvi model se ručno izrađuje primjenom tehnika modeliranja i oblikovanja gline. Nakon sušenja, model se šalje partnerskom proizvođaču koji na temelju tog modela izrađuje kalupe. Suradnja s većim proizvođačem koji raspolaže brojnim zaposlenicima i opremom, omogućuje izradu potrebnog broja sirovih modela u znatno kraćem vremenu nego što bi to bio slučaj u ateljeu, gdje to radi jedan umjetnik. Na ovaj način, umjetnik vrlo brzo dolazi do potrebne količine modela za završno oblikovanje i istovremeno skraćuje ukupno vrijeme čekanja kupaca. Naravno, ovakav način poslovanja povisuje proizvodne troškove, no istovremeno omogućava ubranu isporuku. Cijena za kupca bi se smanjivala s većim narudžbama unatoč porastu troškova jer bi se povećao i obujam prodaje.

6.3. Recikliranje energije

Još jedan način unapređenja poslovanja i proizvodnje je štednja energije. Iako proizvodnja umjetničke keramike uglavnom zahtijeva zanemarivu količinu energije, proces pečenja predstavlja iznimku. Tijekom pečenja, keramička peć u prosjeku radi oko devet sati, dostižući pritom temperature i do 1200°C. Za vrijeme postizanja tako visokih temperatura, značajna količina energije kroz dimnjak odlazi u okoliš u obliku dimnih plinova. Također, kada je proces gotov, peć se gasi i zatvara, te hlađenje do sobne temperature može potrajati i preko deset sati.

Kako ne bi uzaludno odlazila u okoliš, cilj je nekako iskoristiti tu energiju. Jedan od načina za postizanje tog cilja je izgradnja komora za sušenje sirovih proizvoda. Komora se izrađuje u dva dijela, gdje je jedan s unutarnje, a jedan s vanjske strane sjevernog zida (Slika 10.). Predmeti koji su prošli drugu fazu sušenja (točka 2.5.) , polažu se u komoru gdje se dimnim plinovima iz peći

ubrzava treća faza njihovog sušenja. Tako se istovremeno reciklira energija i ubrzava proces proizvodnje.

Nadalje, tijekom zimskih mjeseci koristi se komora s unutarnje strane, čime se energija dodatno iskorištava za grijanje radnog prostora, a tijekom ljetnih mjeseci vanjska pozicija komore pomaže održati nižu temperaturu u radnom prostoru. Obje komore su spojene na dimnjak peći, a strujanje u odabranu komoru usmjerava se ventilom na dimnjaku.

6.4. Umrežavanje kupaca

Osim same izrade proizvoda, bitan je faktor i komunikacija sa kupcima i plasiranje na tržište. Kako je navedeno u točki 3.2., poslovanje malog ateljea temelji se na stvaranju veza u lokalnim zajednicama i prisutnosti na javnim projektima. Međutim, kako bi se iskoristio potencijal kvalitetnih i unikatnih proizvoda, potrebno je proširiti mrežu komunikacije sa kupcima.

Stvaranje *web* stranice ili *online* trgovine omogućava predstavljanje proizvoda široj publici. Kupci mogu pregledavati, birati i kupovati keramiku putem interneta, čime se proširuje tržište i dostupnost proizvoda. Također, na taj način kupci dobivaju uvid u proizvodni proces i vrijednost proizvoda koje kupuju, a moguće je i uključiti ih u sam proces ponudom izrade predmeta prema njihovim posebnim željama.

Nadalje, prisutnost na društvenim mrežama ne samo da povećava vidljivost proizvoda, već također omogućava direktnu interakciju s ciljanom publikom. Redovito komuniciranje s kupcima putem komentara, poruka i anketa omogućava bolje razumijevanje njihovih potreba i preferencija. Osim toga, organiziranje *live* događanja (uživo), kao Q&A sesija, može produbiti odnos između brenda i kupaca te pružiti dodatnu vrijednost. Važno je istaknuti da dosljedna prisutnost na društvenim mrežama zahtijeva pažljivo planiranje i pridržavanje određenim smjernicama kako bi se izbjegla negativna percepcija ili krizna situacija. Uz to, korištenje relevantnih *hashtagova* i suradnja s *influencerima* (promotori) također može poboljšati angažman i dovesti do većeg broja pratilaca ateljea. Kroz sve ove aktivnosti, atelje će graditi svoju prisutnost, povećati lojalnost kupaca i ostvariti rast u poslovanju.

Organiziranje interaktivnih online radionica s umjetničkom keramikom također predstavlja priliku za unapređenje poslovanja. Korištenjem virtualnih platformi, otvara se mogućnost dosegnuti globalnu publiku, što značajno proširuje vidljivost i potencijalnu bazu kupaca. Osim edukativnog aspekta, ponuda prodaje materijala za umjetničku keramiku dodatno podiže prihode, pružajući sudionicima kompletne resurse za njihov kreativan proces. Također, uvođenje mjesečne pretplate za pristup *online* radionicama omogućuje stabilan i predvidiv prihod, stvarajući zajednicu koja redovito sudjeluje u aktivnostima. Kroz praćenje sudionika, personaliziranu podršku i dodatne resurse, mogu se izgraditi dublji odnosi s klijentima te poticati njihovu kontinuiranu angažiranost i povremene kupnje. Ovaj pristup poslovanju ne samo da potiče rast i profitabilnost, već i promovira umjetnost i stvaralaštvo širom svijeta.

7. ZAKLJUČAK

Umjetnička keramika, kao bogata forma umjetnosti, istražena je u ovom radu kako bi se razumjelo njeno mjesto u ljudskoj kulturi i povijesti te današnjici. Kroz povijesni pregled, uočljivo je kako je keramika bila prisutna u svim fazama razvoja ljudske civilizacije, služeći kao praktičan alat za svakodnevne potrebe, ali i kao umjetničko izražavanje.

Analizom segmenata proizvodnje, istaknuta je složenost procesa koja se krije iza naizgled jednostavnog oblikovanja keramičkih predmeta. Od početnog koncepta do finalnog proizvoda, keramički umjetnici suočavaju se s nizom izazova. Svaki korak u tom procesu zahtijeva umjetničko razumijevanje i tehničku preciznost. Ovo istraživanje je naglasilo kako su iskustvo i kreativnost ključni za postizanje visoke kvalitete i željenih karakteristika u umjetničkoj keramici.

Nadalje, ovaj rad sugerira važnost kombiniranja tradicionalnih keramičkih metoda s modernim alatima i tehnikama. Istovremeno, ovo istraživanje naglašava važnost očuvanja keramičke umjetnosti i ručnog rada, dok su moderni alati samo sredstvo za poboljšanje i širenje njezinih granica.

S obzirom na brz tehnološki napredak, vidi se da su mogućnosti za primjenu modernih tehnologija u keramici brojne. Prikazano je kako primjena tehnologije 3D printanja ubrzava proces proizvodnje umjetničke keramike uz zadržavanje kvalitete proizvoda, što se postiže brзом izradom poluproizvoda uz pomoć tehnologije, a završna obrada se vrši ručno osiguravajući željenu unikatnost. Nadalje, prisutnost na društvenim mrežama i drugim internetskim stanicama može povećati konkurentnost na tržištu i rast *brenda* kroz komunikaciju sa kupcima i održavanje interaktivnih radionica. Takvim pristupom oglašavnju, kupcima se približava način proizvodnje i uključuje ih se u isti, a s mogućnošću pretplate za radionice, osigurava se konzistentan priljev prihoda. Također, tehnologijom je omogućena brža i jednostavnija komunikacija među ljudima

čime se olakšava dogovor za suradnju sa drugim proizvođačima. To omogućava masovnu proizvodnju sa partnerima, što podiže troškove proizvodnje, ali povećava obujam prodaje te cijena za kupce može ostati ista.

Implementacijom opisanih unapređenja u ovom radu dolazi do rasta proizvodnje i poslovanja, a samim time i povećanja prihoda te na poslijetku i profita, što je upravo cilj proizvodnog sustava.

8. LITERATURA

- [1] R. Lee , Exploring the world of pottery, 1967.
- [2] I. Miloglav , Keramika u arheologiji – lončarstvo Vučedolske kulture na vinčanskom području.
- [3] X. Wu , C. Zhang , P. Goldberg , D. Cohen , Y. Pan , T. Arpin , O. B. Yosef , 2012. Early Pottery at 20,000 years Ago in Xianrendong Cave in China, *Science* 336, 1696-1700.
- [4] Y. V. Kuzmin , 2010. The Neolithic of the Russian Far East and Neighbouring East Asia: Definition, Chronology, and Origins, *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 30, 157-162.
- [5] <https://tehnika.lzmk.hr/keramika/> , Pristupljeno: 2023-18-07
- [6] P. M. Rice , 1999. On the origins of pottery, *Journal of Archeological Method and Theory* 6 (1), 1-54.
- [7] https://infogalactic.com/info/Venus_figurines , Pristupljeno: 2023-18-07
- [8] L. Šejić , Počeci simbolike s osrvtom na prostor Hrvatske, 2019.
- [9] P. S. Nayak , B. K. Singh , Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR, 2006.
- [10] <https://tehnika.lzmk.hr/glina/> , Pristupljeno: 2023-05-08
- [11] F. A. Andrade , H. A. Al-Qureshi , D. Hotza. , Measuring the plasticity of clays: A review, *Applied Clay Science*, Volume 51, Issues 1-2, 2011.

- [12] A. Zaccaron , V. S. Nandi , M. D. Bó , S. Arcaro , A. M. Bernardin , The behavior of different clays subjected to a fast-drying cycle for traditional ceramic manufacturing, Journal of King Saud University – Engineering Sciences, 2022.
- [13] P. M. Rice , 1987. Pottery Analysis: A source book, University of Chicago Press, Chicago.
- [14] M. Tite , Ceramic production, provenance and use – a review, University of Oxford, 2008.
- [15] M. P. Riccardi , B. Messiga , P. Duminuco , An approach to the dynamics of clay firing, Applied Clay Science 15 (1999) 393-409.
- [16] R. Zlatunić , Nastanak gline, tehnologija i mineralogija keramike, 2007.
- [17] T. Pradell , J. Molera , Ceramic technology. How to characterise ceramic glazes.
- [18] R. Casasola, J. M. Rincon , M. Romero. , Glass-ceramic glazes for ceramic tiles – a review. Journal of Materials Science, 47 (2012) 553-582.
- [19] https://www2.ceramics.nidec-shimpo.com/en_GB/shimpo-rk-55/ , Pristupljeno: 2023-26-08
- [20] <https://1240.design/masy-ceramiczne/goerg-schneider/1/default/3> , Pristupljeno: 2023-26-08
- [21] <https://www.pixsys.net/en/products/process-controllers/atr902> , Pristupljeno: 2023-26-08
- [22] <https://www.zoominfo.com/c/kemet-corp/21283843> , Pristupljeno: 2023-27-08
- [23] <https://www.poslovna.hr/lite/kera-term-trgovina/740429/subjekti.aspx> , Pristupljeno: 2023-30-08