

PORCELÁNKÉSZÍTŐ

MESTERVIZSGÁRA

FELKÉSZÍTŐ JEGYZET

Budapest, 2014

SZÉCHENYI 2020 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Szerzők:
Dr. Kolláth Bernadett
Szomi Krisztina

Lektorálta:
László Péter

Kiadja:
Magyar Kereskedelmi és Iparkamara

**A tananyag kidolgozása a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 számú,
„Dolgozva tanulj!” című projekt keretében, az Európai Unió Európai
Szociális Alapjának támogatásával valósult meg.**

**A jegyzet kizárólag a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 „Dolgozva tanulj”
projekt keretében szervezett mesterképzésen résztvevő személyek részére,
kizárólag a projekt keretében és annak befejezéséig sokszorosítható.**

TARTALOMJEGYZÉK

<i>A szerzők</i>	6
1. Anyagismeret	7
1.1. A kerámia- és a porcelángyártás alapanyagainak összehasonlítása	7
1.1.1. Ásvány és kőzet fogalma	7
1.1.2. A kőzetek keletkezése és felosztása	7
1.2. A kerámia- és porcelánipari alapanyagok alkalmazhatósági sajátosságai	8
1.3. A kerámia- és a porcelángyártás termékei az alapanyag és termékcapcsolat tekintetében.....	14
1.4. Különböző massaösszetételek és azok számítása	20
1.5. Különböző mázösszetételek számítása, különleges mázak tulajdonságai	22
1.5.1. A kerámiai máz és nyersanyagai	22
1.5.2. Mázfajták csoportosítása előállításuk szerint	24
1.5.3. Mázfajták csoportosítása a mázfelület alapján	26
1.5.4. A mázak tulajdonságaival összefüggő általános fogalmak	27
2. Gyártástechnológia ismeretek	28
2.1. Gipszforma-készítés technológiája	28
2.1.1. A gipsz tulajdonságai	28
2.1.2. Gipszforma-készítés technológiája	29
2.2. Alapanyag előkészítés	32
2.3. Alakítási műveletek összehasonlítása.....	35
2.3.1. Formálás öntőmasszából	35
2.3.2. Formálás képlékeny masszából.....	37
2.3.3. Formázás szabadkézi gyúrással, díszítő és kiegészítő műveletek	43
2.3.4. Az öntésnél előforduló leggyakoribb hibalehetőségek.....	45
2.3.5. Kézi formázásnál előforduló leggyakoribb hibalehetőségek.....	46
2.4. Szárítás, zsengélés	47
2.5. Mázazási módok.....	52
2.5.1. Máztisztítás	53
2.5.2. Jellegzetes mázhibák.....	53
2.6. Égetés, égetési szabályok	54
2.7. Hibaazonosítás.....	57
3. Művészetelmélet - Művészettörténet.....	58
3.1. Az őskor és az ókor művészete.....	58
3.2. A középkor művészete	59
3.3. Az újkor művészete	60
3.4. A modern művészet.....	60
3.5. A hazai népművészeti kultúra sajátosságai.....	61
3.6. Szempontok a műalkotások elemzéséhez	61
4. Művészetelmélet - Szakmatörténet	61
4.1. Bevezetés a kerámia- és porcelánművészetbe	61
4.2. Kerámia- és porcelántörténet.....	62
4.2.1. Az őskor művészete	62
4.2.2. Egyiptom.....	62
4.2.3. Mezopotámia.....	63
4.2.4. Kréta- Mükéné	63
4.2.5. A görög kerámia.....	64
4.2.6. Etruszk és római kerámia	64
4.2.7. Iszlám kerámia	65
4.2.8. Középkori Európa kerámiája.....	65

4.2.9.	A kínai kerámia és porcelán	66
4.2.10.	A porcelán felfedezése	67
4.2.11.	A magyar kerámiaipar története	68
4.2.12.	A modern kerámia	69
5.	Szakrajz	71
5.1.	A térábrázolás geometriai rendszerei és azok megjelenítése	71
5.1.1.	A térábrázolás módszerei	71
5.1.2.	Technológia tervdokumentáció készítése	75
5.2.	Ornamentális, figurális ábrázolás	77
5.2.1.	Természeti formák ábrázolása a síkon	77
5.2.2.	Anatómiai tanulmányok	83
5.2.3.	Redőzet- és drapériatanulmányok	85
5.3.	Fény-árnyék kontrasztok	86
	<i>Felkészülést segítő ajánlott irodalom</i>	88

Bevezetés

Azok, akik a messzi múltban egy új életforma kialakulásának kezdetén, a puha képlékeny agyagból kemény, már tovább nem alakítható cserepet hoztak létre a tűz segítségével, nem sejtették mily nagy jelentőségű lépést tettek a kultúra lépcsőin. „A kerámiaedény készítés egyszerre a legegyszerűbb és a legnehezebb műfaj a művészetek között. A legegyszerűbb, mert a legelementárisabb, a legnehezebb, mert a legabsztraktabb. Egy ország művészetét, felfogóképességének finomságát kerámiáján kell lemérni.” írja Herbert Read: A művészetek különböző kérdéseiről szóló művében. Valóban a népek és korok művészi fokmérője a kerámia színvonala és sokat árul el a letűnt idők emberéről.

A fazekasmesterség művelői, a kerámia- és porcelánkészítők – akik nap, mint nap birkóznak az agyaggal, a porcelán masszával, tapasztalják tulajdonságainak változását, lesik munkájuk eredményét a tűzből kiszedett darabokon - tudják, milyen sok buktatóval jár a képlékeny vagy folyékony anyagból szilárd, már nem formálható termékeket, gyártmányokat készíteni. Mindez speciális szaktudást, a gyártástechnológia magas szintű ismeretét követeli meg, amely követelményeknek csak szakmailag jól képzett, elméleti ismeretekkel is felvértezett szakmunkások, mesterek képesek megfelelni.

A mesterszakmunkás képzés alapvető célkitűzése, hogy a mesterjelöltet a meglévő képességeinek, készségeinek továbbfejlesztésével, szakmai ismereteinek bővítésével a kerámia- vagy porcelánkészítő szakma különleges értékű speciális termékeinek önálló megtervezésére, elkészítésére képezze.

A jegyzet a kerámia- és porcelánkészítő mestervizsgára készülőknek szánt olyan ismeretanyag kivonat, amely részben az alapképzésben elsajátított korábbi ismereteket felelevenítő, részben arra épülő, kiegészítő ismereteket mind lényegre törően, esetenként csak figyelemfelkeltően, ráutalóan tartalmazza. Ugyan a kerámia-, porcelánkészítő szakma elsősorban a gyakorlaton alapszik, mégsem nélkülözheti a szakmaelmélet és a szakmatörténet mélyebb ismeretét.

Fejezeteiben szempontok voltak:

A szakmai - anyag- és gyártásismereti – rész elsősorban azoknak a fő szempontoknak a teljesség nélküli felsorolását foglalja össze, amik elengedhetetlenül fontosak a szakma gyakorlása tekintetében. Az alapanyag-ismeret, gyártási módok és felhasználás szerinti termékmegfelelés szem előtt tartásával, ezek ok-okozati összefüggéseinek ismeretével és figyelembevételével lesz képes a leendő mester a tervezésre, alkotásra, valódi értékteremtésre. A jegyzetből az elengedhetetlen tudnivalók stabil irányvonalat adnak a felkészüléshez, melyhez a kapcsolódó irodalom használata szükségszerűen javasolt.

A művészetelméleti - művészet- és szakmatörténeti – rész feldolgozására a jegyzet terjedelme és a hatalmas szakirodalma miatt csak szűkszavúan volt lehetőség.

A mester szakmájának gyakorlása biztos stílusérzéklet és gazdag formakultúrát igényel, amely eleve már széleskörű szakmatörténeti és művészettörténeti ismereteket feltételez, fejlesztése pedig ezen ismeretek folyamatos bővítésével lehetséges. A jegyzet idevonatkozó fejezetei ehhez egyfajta iránymutatást és rendszerezést adnak.

A szakrajz fejezet összegző ismereteit sem nélkülözheti egyetlen mester sem, hiszen tervezési, kivitelezési feladataiban rendszerint gyakorolja az ábrázolási módok valamelyikét, vagy együttesen több fajtáját is, és a technológiai tervdokumentáció készítés szabályait is szükségszerűen és biztosan alkalmazza. A figurális termékeihez az anatómiai tanulmányok rész nyújt segítséget, az ornamentikák kortörténeti feldolgozása és jellemzése pedig a művészet- és szakmatörténethez is kapcsolható ismereteit mélyíti tovább.

A jegyzet képanyagot nem tartalmaz, ezért a mesterjelölt a mestervizsgára való felkészülése időszakában, mesterként pedig szakmai igényessége miatt semmiképpen sem nélkülözheti elméleti tudása kiegészítését:

- a megadott szakirodalmak képanyagának segítségével,
- jó esetben a múzeumok és szakmai kiállítások látogatásával eredeti műtárgyak vagy színvonalas reprodukciók, de legalább szakmai albumok, kiállítási katalógusok tanulmányozásával, illetve
- a minél több rajzolással,

amelyek elmélyítik a kerámia- vagy porcelántárgy készítésben, a kerámia- és porcelánművészetben, valamint a történetükben való jártasságát.

Reméljük, hogy e jegyzet hasznos információkkal segíti, és jó szolgálatot tesz majd a kerámia- vagy porcelánkészítő mestervizsgára készülő mesterjelölteknek.

A szerzők

1. Anyagismeret

1.1. A kerámia- és a porcelángyártás alapanyagainak összehasonlítása

1.1.1. Ásvány és kőzet fogalma

A szilárd földkéreg nagyobb kiterjedésű egységeit kőzeteknek nevezik, ezek egy, vagy többféle ásványból állnak. Ha valamilyen kőzet túlnyomórészt egyféle ásványból áll, akkor egyszerű, vagy monomineralikus kőzetnek (pl. mészkő, kősó), ha pedig többféle ásványból áll, akkor összetett, vagy polimineralikus kőzetnek nevezik (pl. bazalt, agyag). Az ásványok szilárd halmazállapotú anyagok és a szilárd földkéregben természetes folyamatok révén keletkeztek. Fizikai és kémiai értelemben homogén, kizárólag szervesetlen eredetű természetes anyagok. Kristályosak, összetételük kristálytani képlettel kifejezhető, pl. gipsz CaSO_4 , mészkő CaCO_3 .

Az ásványok gyakran társulnak egymással, és így alkotnak óriási kiterjedésű földtani egységeket, kőzeteket. Az ásványtársulásból következik, hogy a kőzetek anyaga nem egyszerű. Kőzetek tehát azok a nagyobb terjedelmű szilárd ásványhalmazok, amelyek nagy kiterjedésben a Föld külső szilárd részét, az ún. litoszférát, vagy kőzetburkolatot alkotják. A kőzetek szemcsézete, összetétele igen változatos. Lehet egyenletes eloszlású, sima törésfelületű, egyforma alakú. Más esetben pedig váltakozó szemcsézetű, ezáltal a törésfelülete érdes, görcsös, más-más jellegű és színű szemcsék sorakoznak egymás mellett, alakjuk sem egyforma. A kőzetek mindig természeti erők hatására keletkeznek, ásványokból állnak.¹

1.1.2. A kőzetek keletkezése és felosztása

Földünk anyaga valamikor izzó olvadék volt és az eredeti földkéreg ennek megszilárdulása, kihülése révén keletkezett. A földkéreg alatt – aminek vastagságát pontosan nem ismerjük – a kőzetolvadék ma is megtalálható. Ezt a földkéreg alatt elhelyezkedő kőzetolvadékot magmának nevezzük. A magma kihülési folyamatában a kőzetolvadék megszilárdulása kristályosodási folyamattal kezdődik. Ez a kristályosodás tulajdonképpen a kőzet képződésének kiindulása, ezért a magmás eredetű kőzeteket elsődleges kőzeteknek nevezzük.

A földet alakító romboló, hosszú ideig tartó, különböző hatásokat külső és belső erőkre lehet osztani. A külső erők közvetlenül vagy közvetve is hatottak pl. a víz - jég, levegő – szél és hőingadozások, valamint a napsugárzás. A belső erők a föld belsejében végbemenő fizikai és kémiai változásokat és az ezekből kialakuló feszültségeket jelentették.

A mállás folyamata során a szilárd kősziklából, kőzetanyagból termőtalaj jön létre. A fizikai mállás a szétaprózódást jelenti, ahol az ásványtani forma szinte nem változik. A vegyi mállás alatt olyan vegyi folyamatokat kell érteni, ahol a kőzet feloldódik, vagy kémiaiilag átalakul, ez gyakran szén-sav hatására is bekövetkezhet (szén-dioxid a talajvízből vagy a levegőből származhat). A biológiai mállást az élőlények fizikai mállasztó hatása okozza, ezek hatása csekély.

A víz munkája szintén hozzájárul a kőzetek ki- és átalakulásához. Állandó körforgásban van, ez alatt különböző összetételű anyagot tud magával vinni, akár oldott anyagként, akár a vízben lebegő iszap vagy homokliszt formájában. Romboló munkája köztudott. A szél munkája elsősorban a finom kőzetszemcsékre vonatkozik, pl. vándordűnék, homokbuckák építésére. A belső erők működése pedig a földrengések, a földkéreg felgyűrődése és elmozdulása, illetve a vulkáni tevékenység formájában nyilvánul meg.

¹ Koch Sándor: Magyarország ásványai, Akadémiai Kiadó, Budapest. 1985.

Keletkezésük módja szerint tehát a kőzeteket három nagy csoportba sorolhatjuk:

- magmás eredetű (eruptív) kőzetek
- üledékes (szediment) kőzetek
- átalakult (metamorf) kőzetek.²

A magmás eredetű kőzetek különböző erők hatására pusztulnak, (levegő szél, fagy, víz stb.) ezt a pusztulási folyamatot mállásnak nevezzük. Az elmállott kőzetek a szél, illetve a víz szállító munkájának következtében bizonyos helyeken (föld mélyedéseiben, tengerek medrében) leülepedtek, s ismét kőzetté szilárdultak. Az ilyen módon keletkezett kőzeteket üledékes, vagy másodlagos kőzeteknek nevezzük.

A magmás eredetű, illetve üledékes, másodlagos kőzetek a földkéreg állandó mozgása során a Föld felszínéről nagyobb mélységekbe kerülnek. Itt a föld felszínéhez képest megváltozott körülmények hatására átalakulnak, átkristályosodnak. Az így keletkezett kőzeteket nevezzük átalakult (metamorf) kőzeteknek.

A földkéregnek az a kb. 16 km vastag része, melyet közelebbről ismerünk, mintegy 95%-ban magmás kőzetekből áll. Az agyagok, agyagpalák mennyisége kb. 4%, a homoké és homokkőé 0,75%, a mészkőé 0,25%. Magyarország kőzeteinek mennyiségi megoszlása azonban ettől lényegesen eltér, amennyiben kőzeteinek 98%-a üledékes, 1,75%-a magmás és 0,25%-a metamorf kőzet.¹

1.2. A kerámia- és porcelánipari alapanyagok alkalmazhatósági sajátosságai

Bár a földkéreg túlnyomó tömegében mindössze néhány szilikátásványból épül fel, a szilikátásvány-fajták száma mégis meglehetősen nagy. Ezek a kisebb tömegű ásványok, ill. ásványtársulások a földkéreg meghatározott helyein, lokálisan nagyobb koncentrációban és tisztaságban jelennek meg. Ezek a telepek a szilikátipar fontos nyersanyag forrásai.

A szilikátipar nyersanyagai között nemcsak szilikátok, hanem egyéb ásványokat tartalmazó kőzetek is fontos szerepet kapnak. Az ásványok természetes feldúsulása részint már a magmában részint az üledékképződés folyamán, esetleg másodlagos átalakulások során megy végbe. A kőzetek tulajdonságait alapvetően a bennük lévő ásványok tulajdonságai határozzák meg!

A külső megjelenés, a morfológiai tulajdonságok alapján az ásványokat 32 kristályosztályba lehet sorolni, ezek pedig 7 kristályrendszerbe tömöríthetők.³

Magmás kőzetek

Keletkezésükkor a nagy mélységben a nagy hőmérsékletű és nagy nyomás alatt álló magma homogén szilikátolvadékot képez, az olvadék illó alkotórészei H₂O, CO₂, H₂S, SO₂, HCl és HF. A felszín felé tartó magma hőmérséklete és nyomása folyamatosan csökken. Illó alkotórészeit elveszíti, a visszamaradt olvadék pedig részint az olvadék szételegyedése, részint frakcionált kristályosodás és az ezeket kísérő ülepedési jelenségek következtében differenciálódik, végül az olvadék egész tömege megdermed, és a hőmérséklet csökkenésével fokozatosan kezdenek kikristályosodni az egyes ásványok. Legfontosabb képviselői: gránit, bazalt, riolit, sienit, andezit, diabáz és a dácit.

² Szederkényi Tibor: Ásvány-, kőzettan, JATE Press, Szeged 1992.

³ Koch S.- Sztróky K.: Ásványtan I.-II., Tankönyvkiadó, Budapest 1967.

Magmás szilikátok

Földpátok

A természetben csak ritkán fordul elő tiszta földpát, a természetes földpátok ugyanis általában többféle földpát izomorf elegykristályai, vagyis két vagy több kristályból álló olyan kombinációk, melyeknek kristályszerkezete alapvetően azonos, de a szilikátvázhoz kapcsolódó kationok minősége esetleg számaránya is különböző.

A természetes földpátok túlnyomó része három „tiszta” alkotó: nátronföldpát (albit), kálicföldpát (ortoklász), és kalciumföldpát (anortit) váltakozó arányú keveréke.

Kémiai összetételük alapján:

Albit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	68,74 % SiO_2 11,82 % Na_2O 19,44 % Al_2O_3
Ortoklász	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	64,76 % SiO_2 16,92 % K_2O 18,32 % Al_2O_3
Anortit	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	43,20 % SiO_2 20,16 % CaO 36,64 % Al_2O_3

A zömmel albitból és ortoklászból álló tagokat alkáliföldpátoknak, a főleg albitból és anortitból állókat plagioklászoknak nevezzük. A savas magmatikus kőzetekben az alkáliföldpátok dominálnak, míg a bázikus magmakőzetekben főleg a Ca-tartalmú plagioklászok. Legtisztábbak a skandináv földpátok. Magyarországon nem található gazdaságosan kitermelhető földpátlelőhely.

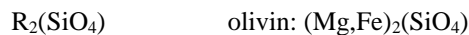
Fontos megjegyezni, hogy a kerámiaiparban a K-földpátot szívesebben alkalmazzák, mint a Na-dús földpátokat, mivel előbbieket olvadéka viszkózusabb, tehát a velük készített kerámiák égetési tulajdonságai kedvezőbbek.

Földpátpótlók

Ezek olyan ipari felhasználású kőzetek, melyek a földpátokat részben, vagy egészben helyettesíthetik, ilyen pl. a nefelin $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, vagy a leucit $\text{K}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)$. A földpátos kőzetek és földpátpótlók legnagyobb felhasználó területe a kerámia és az üvegyipar.

Olivinsor

Az olivinsor tagjai az ortokovaszav (H_4SiO_4) egyszerű sóinak felfogható szilikátok, általános képletük:



Az olivinsor két szélső tagja a forszetrit $\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$ és a fayalit $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$. Az olivinek fő felhasználója a tűzállóanyag ipar, mivel az olvadáspontjuk csökken a vastartalommal, ezért elsősorban a forszetrit-olivin-tartalmú nyersanyagok keresettek.

Piroxének

A ferromágneses, kőzetalkotó szilikát ásványok egy csoportját jelentik, a bázikus magmás kőzetek fontos és jellegzetes képviselői. Szerkezetükben az $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraéderek

csúcscukkal összekapcsolódott zezgugos láncai között Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Li^+ , Al^{3+} és Na^+ ionok találhatóak, leggyakoribb képviselőik az enstatit, klinoesztatit, diopszid, és jadeit.

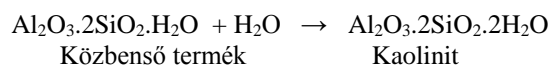
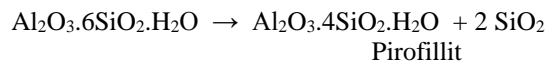
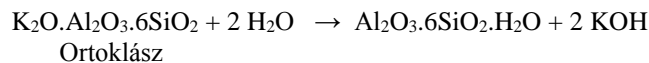
Csillámok

Kristályszerkezetük alapján két csoportra oszthatók, mindkét sorozatban a kémiai összetételük rendkívül változatos. Képletük általában tájékoztató képlet, mivel igen gyakori az izomorf helyettesítések száma rácson belül. A muszkovit és valamennyi csillámásvány filloszilikát. Kristályszerkezetének alapépítményét olyan hármásrétegek képezik, melyek két Si_2O_5 és közéjük épült, hozzájuk közös oxigénnel kapcsolódó $Al(OOH)_3$ oktaédes rétegből állnak. A tetraédes rétegben azonban a Si-ot $\frac{1}{4}$ részben Al helyettesíti, az így létrejött töltésfelesleget a hármásrétegek között elhelyezkedő és azokat összekapcsoló K^+ ion közömbösíti. A csillámok közül a muszkovit felhasználása a leggyakoribb, kiváló szigetelő és hőálló tulajdonságai miatt elektromos készülékek gyártásánál nagy mennyiségben használták. Kétféle formában kerülhet még forgalomba, mint hasított csillámlemez, vagy őrlemény formájában. Így gumi, műanyag és festék-készítmények töltőanyagként is használják.³

Üledékes kőzetek

A földfelszín kőzeteit a levegő, a víz, oldatok, gőzök, gázok, jég stb. mállasztják, pusztítják. A málladék ezután, vagy helyben marad, vagy elszállítódik, ismét lerakódik, és újra üledékes kőzeteket hoz létre.

A kémiai mállás a földpátoznál jut fontos szerephez, ahol a fizikai mállás során fellazult, megrepedezett kőzetbe behatoló víz az ásvány szemcséket hidrolizálja. A földpátoából K^+ , Na^+ ionok helyet cserélnek a víz H^+ ionjaival. A visszamaradt kovasavas, Al-dús szilárd anyagból agyagásványok kristályosodhatnak ki:



SiO_2 ásványok

A földkéreg leggyakoribb ásványai. Ipari szempontból a kvarcnak, a tridimitnek és a krisztobalinak van jelentősége. Ezek a módosulatok különböző hőmérsékleten stabilisak, hevítéssel és hűtéssel egymásba alakíthatók. Az átalakulásokat a hőmérséklet mellett a nyomás is befolyásolja. Az alacsony hőmérsékleten stabilis trigonális kvarc (vagy α -kvarc) $573^\circ C$ -on hexagonális β -kvarccá alakul át. Az átalakulás során az atomok csak kis mértékben rendeződnek át, így az átalakulás gyors és reverzibilis, tehát lehűlés hatására újra α -kvarc képződik. Az átalakulás során a Si-O-Si kötőszögek megnyúlásával 2%-os térfogatváltozás történik. Drasztikusabb szerkezeti változás következik be pl. $867^\circ C$ -on, amikor a β -kvarc α -tridimitté alakul át, ebben az esetben a kristálystruktúra is jelentős átalakuláson megy keresztül 12%-os térfogat növekedéssel. A technológiai folyamatokban az egyes szilárd fázisú reakciókat mindig figyelembe kell venni, hiszen a

SiO₂ nyersanyagok viselkedését a szerkezeti változásoknál a térhálós szilikátstruktúrák lassú reakciósebessége nagyban befolyásolja.⁴

Agyagásványok

Általánosságban az agyagásványok szerkezeti felépítésük szerint Al-tartalmú rétegszilikátok, amelyekben az Al részben helyettesíthető más kationokkal, mint Mg vagy Fe és amelyek közé töltés kiegyenlítés miatt nagyobb kationok (K, Na, vagy Ca) is beépülhetnek.

A kandit ásványok kristályszerkezetüket az ún. összetett kettős rétegek képezik, vagyis olyan kombinációk, melyekben egy Si₂O₅ réteg Al(OOH)₆ réteggel kapcsolódik össze, „TO szerkezetet” alkotva, tetraédes és oktaédes réteg összefonódásával. Az összetett kettős rétegekben a vegyértékerők kiegyenlítettek, a rétegeket egymáshoz H-kötések kapcsolják, ezért ezek az ásványok nem duzzadnak!

A kettős rétegek egymás közötti rendezettsége alapján különböztethetők meg:

- rendezett szerkezet → kaolinit, dickit, nakrit
- egy irányban rendezetlen → fire clay (kaolinitD)
- két irányban rendezetlen → halloysit³.

A szemkitt ásványok kristályszerkezetének közös vonása, hogy két Si₂O₅ réteg közé épülő Al(OOH)₆ vagy Mg(OOH)₆ oktaédes rétegből kialakult összetett hármás rétegekből épülnek fel. A rétegeknek töltésfeleslege van, melyet a hármás rétegek közé telepedett - és a rétegeket egymással is összefogó – cserélhető kationok közömbösítenek. A rétegek közötti térbe vízmolekulák is behatolhatnak és megváltoztathatják a rétegek közötti távolságokat, interlamelláris expandáló duzzadást előidézve. A szerkezet szimbóluma: „TOTA”, ahol a cserélhető vízmolekulát vagy kationt jelent. Aszerint, hogy az oktaédes réteget Al(OOH)₆ vagy Mg(OOH)₆ oktaéderek képezik, beszélhetünk dioctaédes (pl. montmorillonit) vagy trioktaédes (pl. szaponit) agyagásványokról.⁵

Ide tartoznak még a hidrocillámok és a vermikulitok is, melyeknél a hármás réteggel komplexumokban nagyfokú izomorf helyettesítések adódhatnak, a vermikulitok réteggel komplexeit vízmolekulák kapcsolják össze. Fontos megjegyezni, hogy az agyagásványok csak közelítő képlettel rendelkeznek!

A cserélhető kationok alapján egyik fontos tulajdonságuk a kationcsere-kapacitás:

- | | |
|------------------|----------------|
| • Kaolinit | 3 - 15 me/100g |
| • Metahalloysit | 5 - 10 |
| • Halloysit | 40 - 50 |
| • Montmorillonit | 80 - 150 |
| • Illit | 10 - 40 |
| • Vermikulit | 100 - 150 |

Technológiai szempontból az agyagszuszpenzió viszkozitása és egyéb reológiai tulajdonságai a vízben oldott, illetve az agyagásvány által megkötött ionok minőségétől és mennyiségétől jelentősen függ. Az agyagok viszkozitása az idő és a mozgás sebesség függvényében változik, egyes szuszpenziók viszkozitása pihenés közben nő, keverésre csökkenhet, ezeket tixotropoknak nevezzük. Mások viszkozitása gyors mozgás közben növekszik, lassú mozgáskor pedig csökken, ezek alkotják a tágulékonyak csoportját. A

⁴ Tamás Ferenc és szerzőtársai: Szilikátipari Kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1982.

⁵ Náray-Szabó István: Kristálykémia, Akadémiai Kiadó, Budapest. 1965.

természetes agyagok és agyagos masszák egyidejűleg többé-kevésbé tixotrópok is és tágulékonnyak is. Az agyagásvány minőségétől és a soványító anyag alakjától, szemcsenagyságától, arányától és még számos tényezőtől is függ, hogy melyik jelenség milyen mértékben mutatkozik meg a kerámiaipari felhasználás alkalmával.⁶

Az üledékes, de nem szilikátos összetételű ásványok esetében meg kell említeni a karbonátokat (kalcit, magnezit, dolomit, sziderit, rodokrozit), szulfát ásványokat (gipsz és anhidrit), és különböző hidroxidokat (gibbsit, bayerit, limonit).

Metamorf kőzetek

A metamorfózis a kőzetek olyan nagyobb mértékű átalakulását jelenti a mélységben, ahol az eredeti kőzet kémiai összetétele jelentősen nem változik meg. Abban az esetben, ha a kémiai összetétel is megváltozna, metasomatózisról beszélünk.

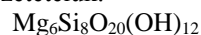
Metamorfózis során megváltozhat a kristályok alakja, de új kristályok is keletkezhetnek az eredeti kristályból. Változást szenved a kőzet szöveti szerkezete is. Az átalakulást nagy hőmérséklet, nyomás, ill. valamilyen fluidum idézheti elő. Nagyobb hőmérsékletűvé úgy válhat a kőzet, hogy vagy az eredeti kőzet a mélybe kerül, ahol a hőmérséklet már eleve nagyobb, vagy úgy, hogy az eredeti kőzet repedéseibe forró magma hatol. A nyomásviszonyok is eszerint alakulhatnak. Aktív fluidumok lehetnek a vizes oldatok, vagy a magmában lévő, onnan felszabaduló gázok és gőzök. Metamorfózis szempontjából a hőmérséklet és hidrosztatikai nyomás egyidejű hatása a legfontosabb.³

Alumínium-szilikátok

Az Al_2SiO_5 összetételű ásványoknak három polimorf módosulata van: andaluzit, disztén, szillimanit, ide tartozik még a természetben csak nagyon ritkán megtalálható mullit is. Mindhárom ásvány kémiaiag nagyon ellenálló. Technológiai szempontból a mullit jelentősége meghatározó, kémiai átalakulások termékeként van jelen, természetes előfordulása nagyon ritka. A mullit szerkezetében rokon a szillimanittal, mert szintén minden negyedik Si atom helyén Al található, stabilitását is ennek köszönheti, fluorsav csak nagyon lassan oldja. Kerámiaipari nyersanyagként csak szintetikus mullitot alkalmaznak.

Kloritok

Zöld vagy lágycsillámoknak is nevezik őket, kémiai összetételük a csillámokénál változatosabb. Kémiai közelítő összetételük:



Talk

$\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ összetételű, leveles szerkezetű, pikkelyes kristályokból áll. Zsíros tapintása miatt zsírkőnek is nevezik. Dolomitok kovással történő dúsulásával is keletkezhet. Színe változó a fehértől, a szürkés és zöldes változatokig megtalálható. Őrléskor apró pikkelyes szemcsékre darabolódik és az őrleménynek is síkos tapintása és jó tapadása van. Tömör változatát szteatitnak is nevezik (ez jól faragható), de ma már a gyakorlati életben steatiton főleg az izzított talkot értik. Izzításkor 800-900°C-on vizet veszít és protoensztatitá alakul. Az égetett talk jó hőszigetelő, finomkerámiai masszákhoz adva a szinterelési hőmérsékletet és a porozitást csökkenti.⁶

⁶ Nemezz Ernő: Agyagásványok, Akadémiai Kiadó, Budapest. 1973.

Pirofillit

$\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ összetételű, pikkelyes szerkezetű laza halmazú kőzetet képez. Hevítéskor levelesen felduzzad. A pirofillitet mint tűzállóanyagot, kerámiai masszák alapanyagát és mint töltőanyagot használják. Általában a talk helyettesítésére is alkalmas. A pirofillites kaolin és illit fontos kerámiai nyersanyagok. Kristályszerkezeti szempontból a pirofillit és a talk egymás ikertestvérei, a pirofillit hármas rétegű dioktaéderes agyagásvány, míg a talk hármas rétegű trioktaéderes, szimbólumuk: TOT, a rétegek mindkét esetben elektromosan kiegyenlítettek. ⁶

Nem szilikátos kőzetek

A fluorit (CaF_2) nem csak metamorf, de magmás kőzetek járulékos elegyrésze is lehet, nálunk hidrotermális körülmények között keletkezik. Érdekes jelenség, hogy hevítéskor és radioaktív sugárzás hatására foszforeszkál, ultraibolya fényben a lumineszcencia jelenségét mutatja. A fluorit fontos kerámiai, üveg és zománcipari olvasztóanyag.

Grafit szintén előfordulhat magmás kőzetekben is, többnyire pikkelyes-lemezes, esetleg hatszöges kristályok halmaza. A hőt és az elektromos áramot kiválóan vezeti, felhasználási területe a tűzállóanyag gyártás, fém- és üvegöntés, ceruzagyártás, elektromos berendezések gyártása.

Rutil (TiO_2) fémes fényű, áttetsző vörös kristályt képez, üledékes kőzetekben is megtalálható. Ilmenit (FeTiO_3) szurokfényű, fekete lemezes vagy tömzsi kristályok alakjában található metamorf és magmás kőzetben. Mindkét ásvány Ti-hordozó, a kerámia, üveg- és zománcipar fontos nyersanyagai. ⁷

Összefoglalva tehát, kristályszerkezeti szempontból a különböző keletkezésű agyagásványok felosztásában az egymásra épülő tetra- és oktaéderes rétegek szerepe a meghatározó. Az alábbi 1. számú táblázat szerint követhetők a besorolások. A morfológiai, kémiai és fizikai sajátosságok befolyással vannak a technológiai folyamatokra, eszerint a plasztikusság, higroszkóposság, duzzadás, reológiai viselkedés, tixotrópiára való hajlam, a hőkezelés alatti fázis átalakulások, szilárdság, tűzállékonyság és egyéb, a gyártásmenetet is meghatározó tulajdonságok mind az alapanyagok ásványtani előéletéből következnek. Ezek ismerete nélkül a gyártás- és terméktervezés elképzelhetetlen!

Kétrétegű	Háromrétegű			Négyrétegű
kaolinit szerpentin	pirofillit talk	muszkovit biotit	montmorillonit vermikulit	klorit
T O T O	T O T T O T	T O T Kation T O T	T O T Víz vagy kation T O T	T O T O T O T O

1. számú táblázat
Rétegszerkezet - jellemző ásvány besorolás

⁷ Mátyás Ernő: Geológia, Tankönyvkiadó, Budapest. 1979.

1.3. A kerámia- és a porcelángyártás termékei az alapanyag és termékkapcsolat tekintetében

A kerámia fogalma, tárgyköre és felosztása

A kerámiai ipar az ősi agyagiparból fejlődött ki. Évszázadunk elején még nem tettek különbséget agyagipar és kerámiaiipar között. Mindkettő ugyanazt jelentette, mivel a kerámiaiipar olyan gyártmányok előállításával foglalkozott, melyeknek nyersanyaga agyag, vagy agyagtartalmú keverék volt. Újabban a kerámiaiipar fejlődésével olyan nyersanyagokat vagy nyersanyagkeverékeket is feldolgoznak, amelyek agyagot egyáltalán nem tartalmaznak. Ilyenek pl. a magnezit, szilika, oxidkerámia, fémkerámiai gyártmányok. a kerámiai ipar tehát gyűjtőnév, több olyan rokon ipar tartozik körébe, amelyek gyártási eljárásainak menete ugyan hasonló, de a gyári berendezések, a nyersanyagok, a formázási eljárások, a kemencék, az égetési hőfokok egészen mások.⁸

Ma kerámia fogalmán olyan termékeket értünk, amely kerámiai technológiai eljárással készült. Ennek lényege a következő: nyersanyagokat finom porrá őröljük. a porból valamilyen nedvesítő anyaggal (leggyakrabban víz) segítségével masszát készítünk, ezt formáljuk. A kiformált testet szárítjuk és égetjük, közben szükség szerint mázoljuk, Égetéssel a nyersen formált test megszilárdul, kialakulnak a kívánt tulajdonságai.

A kerámiaiipar termékeit többféleképpen lehet csoportosítani:

- nyersanyagok,
- szín,
- mázasság,
- tömörség szerint.

A gyakorlatban leginkább elterjedt csoportosítás a cserép törésfelületének minősége szerint történik:

- Ilyen alapon az érdes, durva törésfelületű termékeket durvakerámiai,
- az egyenletes, finom törésfelületű termékeket finom-kerámiaiipari termékeknek nevezzük.

A durva és finom törésfelület elsősorban a nyersanyagok szemcsefinomságától, a masszamegmunkálás minőségétől és az égetés körülményétől függ. Az ismertebb kerámiai termékeket a 2. és 3. számú táblázat alapján tekinthetjük át.

Agyagbázisú kerámiák			
Durvakerámiaiák		Finomkerámiaiák	
Porózus Vízfelv. > 6%	Tömör Vízfelv. < 6%	Porózus Vízfelv. > 2%	Tömör Vízfelv. < 2%
Tégla 900-1100 °C-on égő, jól formázható agyagból, korábban döngöléssel, majd présseléssel Cserép, tetőcserép	Klinker Színes cserepű, máz nélküli, de tömörre égetett SK4-5a 1160- 1180 °C-on. Keramit	Fazekasáru Színes cserepű 900-950 °C-on égetett. Kőedény- Fajansz Fehérre égő, de nem tömör, mert	Kőagyag Színes (sárga, szürke, barna) cserepű, tömörre égő termék. A színt az oxidáló vagy redukáló at- moszféra határozza

⁸ Fábrián Nagy L. – Szabó Pál: Kerámia- és porcelánipari szakmai ismeret I., Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1990.

<p>A téglához hasonló összetételű, gondosabban előkészített agyagból, vörös cserepű, 900-950 °C-on égetett.</p> <p>Vázkerámiák Többszörös téglaméretű, nagy (40%) üregtérfogatú és vékony falú termék.</p> <p>Tűzálló tégl Samott: nyersanyaga égetett tűzálló agyag-őrlemény és nyers plasztikus tűzálló agyag, Al₂O₃-tartalma fontos.</p> <p>Kályhacsempe Samottliszttel soványított tűzálló agyagból készül. Felületét vékony rétegben engobbal vagy borító-masszával fedik be.</p>	<p>Mész tartalmú agyagból tömörre égetett sárga színű, nagy kopás- és savállóságú termék.</p> <p>Padlóburkolók Fehérre vagy színesre égő agyagból (mettlachi), préselt mázas vagy máztalan termék.</p> <p>Pirogránit Színes cserepű, mázas 1150°C-on égetett.</p>	<p>üvegfázist nem tartalmaz:</p> <p>Lágy – mészpátos Kemény – földpátos Vegyes – mész- és földpátos 1100-1250 °C-on égő, mázas termék.</p> <p>Majolika Színes cserepű (fehér engobbal is bevonhatják a cserepet, hogy a mázon ne üssön át a cserep színe). Transzparens mázakkal díszített.</p>	<p>meg. Soványító anyaga a homok, az ömlesztést a csillám-tartalom jelenti. Üveges szövetszerkezetű termék.</p> <p>Lágyporcelán Vas-tartalom nem előírás! 1250-1350 °C-on égetett, illittartalma 20%, 30% kaolin, 30% kvarc, 20% fp.</p> <p>Csontporcelán 40% csonthamut, 30% fp-os nyersanyagot és 30% kaolint tartalmaz. 1250-1280 °C-on égetik.</p> <p>Keményporcelán 50% kaolin, 25% kvarc és 25% fp-ot tartalmaz, 1370-1400°C-on égetik.</p>
--	---	--	--

2. számú táblázat
Agyagbázisú kerámiai termékek főbb jellemzői⁹

Különleges alapanyagú kerámiák			
Durvakerámiák		Finomkerámiák	
Porózus	Tömör	Porózus	Tömör
Szilika SiC Bázikus tűzálló a. Hőszigetelő anyagok	Olvasztott tűzálló anyagok	Csiszoló anyagok Oxidkerámiai szigetelő anyagok	Szteatit kerámiák Titanátok Félvezetők Cermetek Oxidkerámiák

3. számú táblázat
Különleges alapanyagú kerámiai termékek⁹

Felhasználás szempontjából további csoportosítást jelenthet, ha a porózus és tömörre égő termékeket megjelenésük alapján akarjuk megkülönböztetni, ezeket a szempontokat mutatja a 4. és 5. számú táblázat.

Porózus kerámiai termékek

⁹ Kerámia- és Porcelángyártási Anyagismeret, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém. 1999.

Késztermék anyaga sárga vagy vörös		Késztermék anyaga fehér	
Máznélküli termékek		Mázzal bevont termékek	Átlátszó vagy színes mázzal bevont termékek
Nem tűzálló anyagból	Tűzálló anyagból	Kályhacsempe Fazekasárúk Iparművészeti kerámiák	Kőedény Fajansz
Tégla Tetőcserép	Samott Szilika Egyéb tűzálló termékek		

4. számú táblázat
Porózus kerámiai termékek¹⁰

Tömör kerámiai termékek		
Késztermék anyaga sárga vagy vörös		Késztermék anyaga fehér
Máznélküli termékek	Mázzal bevont termékek	Porcelán termék
Klinker Keramit Padlólap Saválló téglák és idomok	Kőagyagárúk Vegyipari kőagyag gyártmányok Kőagyag-csővek	Háztartási Egészségügyi Műszaki célokra

5. számú táblázat
Tömör kerámiai termékek¹⁰

¹⁰ Molnár Barnabásné: Kerámia- és Porcelánipari Anyagismeret II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1971.

A kerámiai termékek jellemzése

Színes cserepű, máznélküli termékek, nem tűzálló agyagból

Ide tartoznak a különböző téglák, (tömör falazótégla, lyukas falazótégla, soklyukú választófaltégla, üreges fődémtégla, kéménytégla, padlóburkoló téglák stb.). Téglagyártásra minden olyan agyag alkalmas, amely szakszerű előkészítés után jól formázható és a tégláégetés hőfokán (900-1100°C) megfelelő szilárdságú árut ad. A túl sovány, homokos agyag nem ad elég szilárd terméket, a túl kövér agyag pedig a száradásnál, égetésnél repedezhet.

A cserepárak (tetőcserep, virágcserep), valamint a nedves talajok víztelenítésére használt alagsó szintén ebbe a kategóriába tartozik. Itt a téglagyágnál gondosabban előkészítik, de ahhoz hasonló összetételű agyagkeveréket használnak. A háromféle termék közül a tetőcserep anyaga lehet a legdurvább, de itt is előírás az egyenletes törésfelület, valamint az, hogy nem lehet benne rétegződés, márga és mészcsozó, ami nedvesség hatására a cserep szétrepedését okozhatja.

Színes cserepű, máznélküli termékek, tűzálló agyagból

A kerámiaparban tűzállónak nevezzük azt az anyagot, amely a 26-os Seger-gúla (1580°C) olvadáspontjánál magasabb hőmérsékleten olvad. A kerámiai anyagoknál a halmazállapot-változások közül az olvadásnak van a legnagyobb jelentősége. A kristályos anyagok olvadása egy, anyagra jellemző hőmérsékleten megy végbe, az amorf anyagoknál az olvadás egy hőmérséklet intervallumban zajlik le. A kerámiai anyagok olvadás szempontjából az amorf anyagokhoz hasonlóan viselkednek. A tűzálló agyagok tűzállóságát a felhasznált alapanyagok Al-oxid tartalma határozza meg. A természetben található legtisztább agyag is legfeljebb 45% Al-oxidot tartalmaz.

Fontosabb tűzálló anyagok:

- Samott: nyers- és égetett, tűzállóagyagból formázott és égetett tűzálló termékek.
- Szilika: mésszel kötött kovasavból (SiO₂) készített tűzálló áru.
- Magnezit: MgO₃-ból égetéssel előállított tűzálló termék.
- Egyéb különleges tűzálló gyártmányok: króm-magnezit, dolomit.

Színes cserepű, mázzal bevont termékek, nem tűzálló agyagból

Kályhacsempe készítésére másodrendű tűzálló anyagot használnak. A felhasznált agyagot általában soványítani szokták, mivel a tűzálló agyagok nagyon plasztikusak. Erre a célra samottlisztet, vagy homokot használnak. A kályhacsempét kézzel gipszformákba döngölik, vagy sajtolják, ritkábban öntéssel formázzák. A kályhacsempénél esztétikai hibát okoz, hogy a felülete nem sima, mert a soványításra használt samottot nem őrlik finomra, ennek megszüntetésére a felületet vékony rétegben engóbbal vagy borítómasszával fedik be. A borítómassza és az engób között csak a felviteli eljárásban van különbség. A borítómassza kézzel jól gyúrható plasztikus masszalepény, az engób önthető masszaiszap. A kályhacsempének csak a színoldalát vonják be mázzal, ami 900-1000°C között olvadó, átlátszó, színes, vagy szintelen máz lehet.

Fazekasárunak nevezik azt az egyszerű kivitelű agyagárut, amelyet a fazekas kisiparosok közönséges vörösre, vagy sárgára égő természetes agyagból állítanak elő 900-950°C-on történő égetéssel. Máztalan és mázas kivitelben is ismeretesek. A fazekasáru készítésére alkalmas agyagok sok helyen megtalálhatók, az ilyen agyagot csak be kell áztatni,

homogenizálni és máris bedolgozható. Rendszerint tartalmaz annyi homokot, hogy külön soványítani nem kell.

Iparművészeti kerámiák a legkülönbözőbb egyedi stílusban, egyedi massa és mázreceptekkel készített, különböző hőmérsékleten égetett tárgyak jelentik. Sem fazekasárúnak, sem kőedénynek, sem majolikának nem tekinthetők, mert a nyersanyag keverék és az előállítási mód, valamint a máz és az égetés technológiája egyedi, általában minden más technikától, technológiától különbözik.¹⁰

Fehércserepű, mázzal bevont termékek

Kőedény (fajansz) elnevezése a német Steingut szóból származik, de magyar fordításban nem fedí ennek a kerámia termékcsaládnak pontos meghatározását. Általában fehércserepűnek, vagy keménycserepűnek nevezik. Helyesen megfogalmazva a kőedény olyan termék, amelynek alapanyaga kiégetés után fehér színű, törésfelülete egyenletes, de nem tömör, hanem porózus, ennek ellenére keménycserepű. A kőedény masszát vasszegény tűzálló agyagból vagy kaolinból, kvarcból és földpátból vagy mészpátból, néha dolomitból készítik.

A kőedény gyártmányok a felhasználási területük szerint 3 csoportba sorolhatók:

- Edényáruk, (háztartási kőedény),
- Egészségügyi (szaniter) áruk,
- Falburkoló csempék.

Tömör, színes cserepű, máznélküli termékek

Ebbe a csoportba tartoznak azok a tömörre égetett agyagáruk (durvakerámiák), amelyek anyaga égetés után nem fehér (kivételt képez a fehér burkolólap) és már alacsony hőmérsékleten tömörre égnek.

A klinker gyártására csak olyan agyagok alkalmasak, amelyek a tömörre égés hőmérsékletén nem fűvódnak fel, nem lágyulnak meg erősen. A klinker sötétvörös színű, egyenletes törésfelületű, mattfényű.

Keramit a neve annak a kerámiaipari terméknek, amelyet mésztartalmú agyagból készítenek tömörre égetve. Fontos termék, hiszen magyar specialitás! Színe sárga, nagy kopásállósága, sav- és lúgállósága van.

A padlóburkolólap anyagában leginkább a keramithoz hasonlítható, alapanyaga fehérre vagy színesre égő agyag, valamint soványító és tömörödést elősegítő adalékanyagok. Általában masszaporból nagy nyomáson préselik, gyakran máz nélküliek, de készülnek mázas kivitelben is. A mázas lapokat egyszer égetik, égetése fésűs tokokban, vagy görgős alagútkemencében történik, gyártásuk komoly technológiai fejlesztéseket élt meg az utóbbi időben.

Tömör, színes cserepű, mázas termékek

A kőagyagáru anyaga tömörre égetett agyag, sárga, barna vagy szürke cserepű kerámiai termék, melynek szövetszerkezete nagyon hasonlít a porcelánéhoz. Nyersanyagai csillámtartalmú agyagok és homokok, a soványítást a homok és csillám együttesen, az ömlesztést a csillámtartalom adja meg. A cserepű kiégetés után főleg üveges fázisból áll, hosszabb ideig tartó hőkezeléssel azonban a kőagyag mullit-tartalma növelhető. A kőagyag színét az égetés redukáló vagy oxidáló atmoszférája befolyásolhatja. A sárga és

a barna kőagyag égetéskor a végső hőmérséklet tartása idején oxidáló atmoszférát élt meg a kemencében, a szürke termékek esetében a közeg, redukáló volt. Felületét jellegzetes sómázzal borítják. Sómáznak nevezzük a kerámiatermékeken azt a mázat, amely úgy képződik, hogy az égetés végén a kemence tüzelőrostélyára konyhasót (NaCl) szórnak, ami elgőzölög a kemencében, és az áru felületén vékony mázréteget képez.⁹

Mázás kőagyagárúk között jelentősebbek:

- Kőagyagcsövek
- Vegyipari kőagyag-gyártmányok
- Edényárúk
- Épületkerámiák, mint pl. a pirogránit. Az épületkerámiák mázas és mázatlan változatban egyaránt előfordulnak. A pirogránit Zsolnay Vilmos találmánya, eredetileg magas hőmérsékleten tömörre égetett és nagy szilárdságú volt, számos híres épület díszítőelemeként őrizzük, azóta is.

Tömör, fehér cserepű, mázas termékek

A kerámiaipar legnemesebb termékei, a porcelánok tartoznak ebbe a csoportba. A porcelán magas hőmérsékleten tömörre égetett, fehér színű, vékony rétegben áttetsző termék, amelynek felületet egyenletesen sima, fényes, kagylós törésű. Nagy kaolinit-tartalmú minimális szennyezőanyagot tartalmazó kaolinból, földpátból és kvarcból készül, égetési hőmérséklete redukáló atmoszférában meghaladja az 1300°C-ot.

A félporelán földpátos fajansznak megfelelő termék, tulajdonságai, és gyártása alapján a porcelánhoz hasonlít. Massaösszetétele szerint 50-60 % kaolint és tűzálló agyagot, 20-25% kvarcot és 15-25% földpátot tartalmaz. A félporelántermék általában egyszeri égetéssel készül, 1250-1280°C-os csúcshőmérsékleten. A nyersanyagok megengedhető vas-oxid tartalma magasabb, mint a porceláné, ez a cserep kisebb, nagyobb elszíneződését okozhatja, fedőmázak alkalmazásával, azonban ez nem jelent esztétikai problémát. Vízfelvétele alacsony, mechanikai szilárdsága nagy, hajlítoszilárdsága a porcelánéhoz hasonló.

Általános elmondható, hogyha a földpát tartalmát más olvasztóanyag helyettesíti, az olvasztóanyag fajtája szerint, fritt-, csont-, nefelin-, fél-, ágy, vagy keményporcelánról beszélünk (míg a kínainak alacsonyabb hőmérsékleten tömörre égő masszából dolgoztak, addig Böttgernek a tömörre égetéshez magasabb hőmérsékletre volt szüksége, ezért a kínai típusú gyártmányokat lágyporcelánnak, a német típusúakat pedig kemény porcelánnak nevezik.).⁹

Különleges kerámiatermékek

A villamosipar fejlődésével párhuzamban alakult ki a porcelánok elektromos tulajdonságainak javítása révén ez a termékcsalád. Legfontosabb tulajdonságaik, hogy a villamossági, híradástechnikai és különböző műszaki alkalmazások feltételeinek felelnek meg. Ide sorolhatók:

- Steatit alapú kerámiák
- Kondenzátor kerámiák
- Oxidkerámiai termékek
- Cermetek.

1.4. Különböző massaösszetételek és azok számítása

Agyagásványok, masszák tulajdonságaival összefüggő általános fogalmak

A különböző massaösszetételek számítása előtt mindenképpen tisztában kell lenni azokkal a fogalmakkal, melyek szoros összefüggésben vannak a felhasználandó rendszerrel. Egy adott munkafolyamat csak az előbbieken vázolt alapanyagok sajátosságainak ismerete, a felhasználás és előállítás módja, valamint a készterméktől elvárt tulajdonságok együttes figyelembevételével tervezhető!

Képlékenység

Általános megfogalmazás szerint az agyagok legfontosabb tulajdonsága. Lényege, hogy a lemez alakú agyagásványok felületükön vizet kötnek meg, s így a lemezek felülete síkos lesz és képesek elcsúszni egymáson. Ezzel a képlékenység egyben a formázhatóság hordozója is.

Nagyon képlékenynek nevezzük azt a masszát, mely külső erő hatására nagyarányú alakváltozásra képes anélkül, hogy kohéziója megszűnne, feltéve, hogy új alakját a külső erő megszűnte után is megtartja.

A képlékenység összefüggésben van az agyagot felépítő agyagásványok mennyiségével és minőségével. A különböző nyersanyagok képlékenységtől függően, különböző mennyiségű vízzel formázhatók. A kerámiai gyakorlatban leggyakrabban a Pfefferkorn-féle képlékenységi számot használják.

A Pfefferkorn-féle képlékenységi szám az a százalékos víztartalom, amelynél az adott méretű, hengerré formázott agyagmassza meghatározott erő hatására egységnyi magasságának harmadára nyomódik össze.¹¹

Nyers szilárdság

Az agyagok második legfontosabb tulajdonsága. A kerámiaipari technológiák szempontjából igen jelentős szerepe van. Nyers szilárdság alatt értjük, hogy az agyagból kiformázott tárgyak száradás után is megtartják alakjukat, további műveleteket lehet velük végezni, faraghatók, tisztíthatók, szállíthatók. Az agyagos massa megszilárdulása száradás közben főként annak köszönhető, hogy a csökkenő mennyiségű víz felületi feszültsége nagy erővel nyomja egymáshoz az agyagszemcséket.

A nyers szilárdság összefügg a képlékenységgel. Minél nagyobb valamely anyag képlékenysége, annál nagyobb a száradás utáni nyers szilárdsága is

Higroszkóposág

Az agyagoknak az a tulajdonsága, hogy száraz állapotban a levegőben lévő nedvességből néhány %-ot magukba szívnak. A nedvesség a felületen és pórusokban egyaránt megkötődik, a kolloid méretű pórusok vízvesztése a 300°C-ot elérheti.

Duzzadás, zsugorodás

A képlékenységgel együtt járó tulajdonsága az agyagoknak, melyhez az agyagok, agyagásványok réteges szerkezete nagyban hozzájárul. Nedvesítéskor az agyaglemezek közé hatoló víz hatására az agyagok duzzadnak, száradáskor az eltávozó víz miatt az

¹¹ Grofcsik János: A kerámia elméleti alapjai, Akadémiai Kiadó, Budapest. 1956.

agyagásvány lemezek ismét közelebb kerülnek egymáshoz, tehát az agyag ilyenkor zsugorodik.

Önthetőség

Az agyagok nedvességtartalmának egy bizonyos határon túli emelése folyékony iszapot eredményez. Ez teszi lehetővé az öntéssel történő formázást. Az egyenletesen folyó agyagiszap eléréséhez sok vizet kell a rendszerhez adagolni. Ez azonban káros, mert ezt a vizet a későbbiek során szárítással kell eltávolítani. Ez részben kritikus technológiai folyamat, részben energiaigényes. Ezért van nagy jelentősége az agyagok azon tulajdonságának, hogy folyósító anyagok adagolásával az önthetőség eléréséhez szükséges víz mennyisége lényegesen csökkenthető. Jól önthető az, az agyag, amely kis mennyiségű elektrolitot tartalmazó víz hozzáadása után tejfölszerű sűrűségű, aránylag nagy szárazanyag-tartalmú, gipszformába öntve felesleges vizét hamar elveszíti, és a gipszforma falától hamar elválik. Leginkább szódával (Na_2CO_3) szokták az önthetőséget fokozni, de gyakran használnak még vízüveget, különböző polifoszfátokat, ill. szerves folyósító szereket.

A folyósítás lényege a következő: az agyagásvány részecskék felületi negatív töltéssel rendelkeznek. Ezeken a felületeken a víz dipól molekulája megkötődik. Az elektrolitok pozitív ionjainak töltéserőssége letaszítja a gyengén pozitív sarkával tapadó víz molekulát a felületről, ezáltal az agyagrészecskék körüli vízmennyiség csökken.

Tixotrópia

A kerámiai masszák, diszperz agyagrendszereknek az a tulajdonsága, amikor a víztartalmú, látszólag szilárd massa, rázással enyhe mechanikai behatással elfolyósítható. A massa, illetve az öntőiszap állás közben bedermed, majd erélyes keveréssel reverzibilisen ismét hígfolyóssá válik. A tixotrópia oka az, hogy az anyag belsejében anizometrikus részecskékből kialakult laza vázrendszer van, mely kis erők hatására könnyen összeomlik. Ha a nyíróhatás megszűnik, visszaáll az eredeti vázas szerkezet. A technológiai szempontból káros jelenég elkerülésére figyelni kell!¹²

¹² Juhász A. Zoltán: Bevezetés a szilikátkémiai technológiába I., Kézirat, Veszprém. 1985.

1.5. Különböző mázösszetételek számítása, különleges mázak tulajdonságai

1.5.1. A kerámiai máz és nyersanyagai

A kerámiai máz üveges állapotban lévő szilikátolvadék. Hasonlít az üveghez és a zománchoz. A kerámiai mázak átmenetet képeznek az üveg és a zománc között, túlnyomórészt üveges fázist, kisebb mértékben kristályos fázist tartalmaznak. Az üveges fázis SiO_4 tetraéderek szabálytalan elrendezésű, könnyen deformálódó hálózatából épülnek fel, míg a kristályos fázis részben a mázalkotók fel nem oldódott részét, részint a máz és a cserép összeolvadása folytán a cserép kristályos alkotóit tartalmazza. A mázréteg alkotói üveges fázisban vannak, a cserép és a máz közti réteg átmenetet képez a máz és a cserép között, ezért átmeneti rétegnek nevezzük. Az átmeneti rétegnek nagy jelentősége van, mivel a máz és cserép anyagi összetételének és hőtágulásának különbségéből eredő feszültségeket ez az átmeneti réteg képes kiegyenlíteni.

A mázak összetételére vonatkozó első és jelenleg is érvényben lévő szabályt *Seeger* állította fel, aki a mázalkotókat összetételük alapján csoportosította:

- módosító oxidok (bázikus)
- átmeneti oxidok (amfoter)
- rácsképző oxidok (savanyú)

Mivel a mázak szerkezete nagyon hasonlít az üvegéhez, ezért az üvegalkotókra vonatkozó Zachariassen-féle szabálytalan térháló elmélet a mázakra szintén érvényes. Eszerint az üvegeket alkotó savanyú oxidok (savképzők vagy savanhidridek) SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , stb. szabálytalan térrácsot alkotnak, ezért ezeket hálózat vagy rácsképző oxidoknak nevezzük. A rácsképző oxidokat néha velük azonos koordinátájú és hasonló ionsugarú átmeneti vagy amfoter oxidok Al_2O_3 , Fe_2O_3 helyettesíthetik a rácsban. Az átmeneti oxidok némileg módosíthatják, tágíthatják, vagy szűkíthetik a térrácsot, és különböző ionerősségük miatt megváltoztathatják az elektromos töltésviszonyokat. A felesleges negatív töltések kiegyenlítésére a térrács megfelelő helyeire a módosító vagy bázisképző oxidok, ill. ezek ionjai lépnek. A módosító vagy bázisképző oxidok egy-két vegyértékűek, főleg alkáli- és földalkáli oxidok.¹³

Módosító oxidok $\text{RO}, \text{R}_2\text{O}$	Átmeneti oxidok R_2O_3	Rácsképző oxidok $\text{R}_2\text{O}_3, \text{RO}_2$
CaO, MgO	Al_2O_3	SiO_2
BaO, SrO	Fe_2O_3	B_2O_3
FeO, PbO	Cr_2O_3	SnO_2
Cu_2O , CoO	Mn_2O_3	TiO_2
NiO, ZnO	Bi_2O_3	As_2O_3
Na_2O , K_2O		Sb_2O_3
Li_2O		

6. számú táblázat
Üvegalkotó oxidok csoportosítása⁹

Módosító oxidok jellemzői

Alkáli oxidok

¹³ F. H. Norton: Fine Ceramics, Technology and Application, McGraw-Hill Book Company, New York

Na, K, Li jó olvadékképzők, nem mérgezők, a hőtágulást növelik, az olvadási tartományt és a viszkozitást csökkentik. Elősegítik más oxidoknak a mázban való oldódását. Fontos alkotói a máznak max. 28%-ban. Bevitel: karbonátok, földpátok, Li_2O , Li-karbonát vagy LiF formájában. (A Li növeli a fényességet, főleg repedezett dekormázakhoz használják.)

CaO

Növeli a keménységet, a szilárdságot, a fényességet és az ellenállóképességet. Csökkenti a hőtágulást és a hajszálrepedezettségre való hajlamot. Mivel nagy az affinitása a cserép többi alkotójához, ezért viszonylag vastag átmeneti réteg képződik a máz és a cserép között. Az átmeneti feszültség kiegyenlítődése könnyű. Aránya: 16-18%, e fölött a máz már elüvegtelenedik. Bevitel: vasmentes kalcit, dolomit formájában.

MgO

Kis mennyiségben növeli a máz fényességét, keménységét, nagyobb mennyiségben csökkenti az olvadékonyságot, és hajlamossá teszi a mázat a kristályosodásra, ezért matt és dekormázakhoz is használják. Bevitel: MgO, Mg-karbonát és dolomit formájában.

BaO, SrO

A Ba-oxid szerepe az Pb-oxidéhoz hasonló, jó olvadékképző, 900°C-on már jó ólommentes mázat lehet vele előállítani. Zavarosító oxidként is használják. Bevitel: BaCO_3 , BaSO_4 , SrCO_3 , SrSO_4 formájában.

ZnO

Kis mennyiségben növeli a máz fényességét, növeli a máz olvasztási hőmérsékletét, fokozza a rugalmasságát, nagyobb mennyiségben zavarosító oxidként hat. Matt és kristálmázak készítésére használják. Bevitel: ZnO, ZnCO_3 formájában.

PbO

Az egyetlen oxid, ami SiO_2 -dal közvetlenül vízben oldhatatlan mázat ad, csökkenti az olvadást, lágyítja a mázat, növeli annak rugalmasságát. Nagyon mérgező! Bevitel: PbO, PbCO_3 , Pb_3O_4 (mínium) formájában.

Átmeneti oxidok jellemzője

Al_2O_3

Növeli az olvadáspontot és növeli a máz viszkozitását és ellenállóképességét. Javítja a tűzállóságot. Bevitel: földpát, kaolin, égett cserép formájában.

Rácsképző oxidok jellemzői

SiO_2

Növeli a máz olvadáspontját, keménységét, kopásállóságát, csökkenti a hőtágulást. Őrlési finomsága nagyon fontos! Bevitel: kvarc, kaolin, földpát formájában.

B_2O_3

Csökkenti az olvadáspontot, a felületi feszültséget és a máz minden tulajdonságát előnyösen befolyásolja. Nagyobb mennyiségben ZnO és CaO mellett fehér zavarosságot okozhat, amit ún. bórfátyolnak neveznek. Bevitel: Ca-borát, Zn-borát, H_3BO_3 , B_2O_3 formájában.

Zavarosító oxidok

SnO₂

Átlátszatlan vagy opak és fedőmázak legfontosabb anyaga. A zavarosító hatást úgy éri el, hogy nem oldódik a mázolvadéokban. Fedőhatása a fénytörésen alapul, a legjobb zavarosító oxid, növeli a máz rugalmasságát és hajszálrepedezetség ellen is kiváló. 9-12%-ban a mázát fehériti, 5 % SnO₂ és 5 % TiO₂ adalékkal mattmázát eredményez.

TiO₂

Szintén kiváló zavarosító oxid, fénytörése nagy, hűtés alatt kristályosodik ki, zavarosító hatását a ZnO és CaO erősítheti. Csökkenti a repedezetségre való hajlamot, mattmázhoz is kiváló.

ZrO₂

Jó a fedőképessége, növeli a sav- és lúgállóságot, hajszálrepedezetség ellen kiváló, nehezíti a máz olvadását, és tüzúrásossá teheti azt.

Transzparenciát befolyásoló tényezők

- A mázban részleges kristálykiválás megy végbe! Oka: a máz túlzott savassága, amikor az Al₂O₃-tartalmat növelni kell és csökkenteni az alkáli-oxidok mennyiségét.
- Általános szabály: 1 mól Al₂O₃-ra 10 mól SiO₂ essen!
- A mázfelületen tejszerű fátyolosodás alakul ki. Oka: nagy a máz mésztartalma, ezért csökkenteni kell a CaO mennyiségét és növelni a PbO-ot, ha lehetséges!
- A mázréteg nagy mennyiségű légzárványt tartalmaz, ezért a máz opálos hatású lesz. A felszabaduló gázok elsősorban a karbonátok bomlásakor keletkeznek.
- Fehér színű mázát kapunk a zavarosító oxidok adagolásával is.¹⁴

1.5.2. Mázfajták csoportosítása előállításuk szerint

Porcelánmázak

Földpát-tartalmúak, általános Seger-képlete:

1 mól RO, R₂O n Al₂O₃ m SiO₂

Földpát nélküliek képlete:

RO n Al₂O₃ m SiO₂ ahol n=1, m=10

Jellemzőjük: a porcelánmázaknál az optimális K₂O/Na₂O arány nem lehet kevesebb 1-nél, az RO összege pedig 3x-a lehet az R₂O összegének. Kevés komponensből állnak, nehezen olvadnak, összetétel szempontjából közel állnak a cserép összetételéhez, ez elősegíti a szilárd átmeneti réteg kialakulását minimális feszültséggel, így elkerülhető a hajszálrepedezés égetéskor.

A földpát nélküli porcelánmázak magas mechanikai szilárdsággal és vegyi ellenállóképességgel rendelkeznek, alacsony a hőtágulási együtthatójuk.

Félpорcelán, fajanszmázak

¹⁴ Kenneth Shaw: Ceramic Glazes, Applied Science Publishers Ltd. London, 1971.

A még porózus cserép Al_2O_3 és SiO_2 -tartalmával a gázhalmazállapotú Na_2O földpátszerű üveget alkot, nem nagyon fényes, de igen ellenálló, színe a cserép anyagát szennyező fém-oxidoktól függően vörös, barna vagy lila. Sómázazás alatt redukáló égetést alkalmaznak. Ma már egyre ritkább, nem irányítható, nagy bizonytalanságú folyamat.¹⁵

1.5.3. Mázfajták csoportosítása a mázfelület alapján

Fedőmázak/opak mázak

Ha a mázat alkotó oxidok a mázban oldott állapotban vannak, akkor a mázréteg átlátszó. Ha ezek az oxidok kristályos állapotban vannak jelen, akkor nem transzparens. Ez kialakulhat akkor is, amikor a már feloldódott fém-oxid a hűtés alatt újra kikristályosodnak. A fedő hatás mindig a fénytörésen alapul.

Mattmázak

Azért különböznek a transzparens mázaktól, mert bizonyos mennyiségű apró kristályokat tartalmaznak az üvegszerű olvadékba ágyazva. A kristályoknak apróknak és egyenletes eloszlásúnak kell lenniük, mert a máz felülete csak így marad sima és bársonyos. Mattmázaknál Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , ZnO , Na_2O és BaO adagolása mellett csökkentik a SiO_2 mennyiségét.

Al_2O_3 : SiO_2 aránya 1 : 3 vagy 1 : 6 között változik.

Repedezett mázak

Előállításakor a cserép és a máz közötti hőtágulási együtthatót nagy különbséggel választják meg. A képződött repedéseket megszínezhetik, majd hasonló hőtágulási együtthatójú mázzal újra mázolhatnak.

Kristálymázak

Hasonló a mattmázhoz, de a cél irányított hűtéskor az, hogy a kristályok száma viszonylag csekély legyen, a gócképződés csak részlegesen tudjon kialakulni, a kristálynövekedési zónában, lassított hűtés mellett viszont legyen elég idő a kristályok növekedésére. Ezt a fém-oxidok túladagolásával lehet elérni. (ZnO , TiO_2 , MnO_2 , Fe_2O_3).¹⁶

Gyakori színező oxidok

Co:	kék, türkiz, fekete
Cu:	zöld, sárga, piros
Ni:	szürke, barna, acélkék, rózsaszín
Mn:	ibolya, barna
Fe:	sárga, barna, vörösbarna, vörös
U:	sárga, narancs, vörös
Sb:	sárga, acélkék
Au:	bíbor, rózsaszín
Pt:	szürke
Ir:	fekete

¹⁵ Richard A. Eppler, Douglas R. Eppler: Glazes and Glass Coatings, American Ceramic Society, Westerville, Ohio. 2000.

¹⁶ Felix Singer, Sonja S. Singer: Industrial Ceramics, Chapman & Hall Ltd. London. 1963.

1.5.4. A mázak tulajdonságaival összefüggő általános fogalmak

Viszkózitás

A kerámiatermékek egyik legfontosabb követelménye, hogy a mázfelület sima és buborékmentes legyen. Ez elsősorban a viszkózitás megfelelő beállításával érhető el. A mázolvadék legyen elég hígfolyós, hogy a felületen egyenletesen szétterüljön, s belőle a gázbuborékok eltávozzanak, de ugyanakkor kellőképpen viszkózus, hogy a felületről ne folyhasson le.

A mázak viszkózitása a kémiai összetétel függvénye, de a viszkózitás értékét a komponensek nem specifikusan, hanem többé-kevésbé additívan határozzák meg. A viszkózitás a térhálózat stabilitásának függvénye. Értékét a SiO_4 tetraéderek, és a módosító ionok kötése határozza meg. A CaO , Na_2O , K_2O , Li_2O csökkenti, az Al_2O_3 , SiO_2 pedig növeli a viszkózitást.

Hőtágulás

Fontos szempont, hogy a mázzal bevont kerámiai tárgyakkal égetés után a cserép és a máz között minél kisebb feszültség keletkezzen. Ezt a cserép és a máz megfelelően összehangolt tágulási együtthatójával lehet elérni.

Lineáris tágulási együttható

A hőtágulási együttható a kémiai összetétellel ugyan számítható, de csupán közelítő értéknek tekinthető, mely a műszeres mérések eredményétől kisebb-nagyobb mértékben eltér. A tágulási együttható nem minden hőmérséklet tartományban azonos, magasabb hőmérsékleten általában csökken.

A kerámiai cserép és a máz égetésekor egymástól eltérő fizikai tulajdonságokkal rendelkező anyagként viselkedik (az egyik szilárd, a másik viszkózus folyadék). Ha a máz és a cserép hőtágulási együtthatója nincs jól összehangolva, akkor a kész tárgyban feszültség keletkezik. A máz és cserép közötti ideális, feszültségmentes állapot nem jöhet létre, mert a máz különböző mélységekben rétegszerűen más kémiai krisztallográfiai és fizikai tulajdonságú, főleg a cserép fokozatos, szelektív feloldódása miatt. A hőtágulás a cserép belseje felé a megnövekedett Al_2O_3 és SiO_2 mennyiség következtében csökken.¹⁷ Magas hőmérsékleten a máz olvadék formájában van jelen, így a hűlés kezdetén a cserép összehúzódása még zavartalan, de a hőmérséklet csökkenésével a máz is fokozatosan megdermed. A továbbiakban a két anyagnak együtt kell zsugorodnia.

Ha a máz tágulási együtthatója nagyobb, mint a cserépé, akkor a máznak az adott hőmérsékleten többet kellene zsugorodnia. Mivel ezt a cserép nem engedi, a mázban húzófeszültség keletkezik. Ha ennek mértéke meghaladja a máz mechanikai szilárdsága és rugalmassága által meghatározott értéket, a máz folytonossága megszűnik, hajszaárepedés keletkezik.

Ha a máz tágulási együtthatója kisebb, mint a cserépé, akkor lehűléskor a máz zsugorodik kevesebbet, mint a cserép. Ennek következtében a mázban nyomófeszültség (a cserépben húzófeszültség) keletkezik. Ha ez a feszültség egy bizonyos határértéket meghalad, a máz lepattogzik.

Porcelán tárgyak esetében aránylag könnyű a hőtágulási együtthatók összehangolása, mert itt a cserép már sok üvegfázist tartalmaz.

¹⁷ Harry Fraser: Ceramic Faults and their Remedies, A& C Black, London. 1986.

Vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy a mázak lehülésekor a cserép és a máz közötti feszültség az ún. kritikus hőmérséklettől kezdődik.

Kritikus hőmérsékletnek azt a hőmérsékletet nevezzük, amelyre felmelegítve a máz belső feszültsége felszabadul. Frittelt mázak kritikus hőmérséklete 390-560°C, nyers mázak kritikus hőmérséklete 450-760°C összetételtől függően.

A hajszáltrepedés, illetve lepattogzás megszüntetésének két lehetősége:

- A massa összetételét kell megváltoztatni, a máz összetétele változatlan marad.
- A máz komponenseit kell megváltoztatni, és a massa marad változatlan.

Hajszáltrepedés esetén (húzófeszültség) a máz változatlanul hagyásával a masszában a következő változtatásokat célszerű végezni:

- Massa SiO₂ tartalmát növelni kell, a képlékeny anyagok rovására;
- A kaolintartalom egy részét képlékeny anyagokkal kell helyettesíteni;
- Földpát mennyiségét csökkenteni kell;
- A kvarcot finomabbra kell őrölni;
- A cserepet magasabb hőmérsékleten kell égetni.

Nyomófeszültség esetén (lepattogzás) pedig a fentiekkel ellentétes változtatásokat kell végezni a masszában.⁴

2. Gyártástechnológia ismeretek

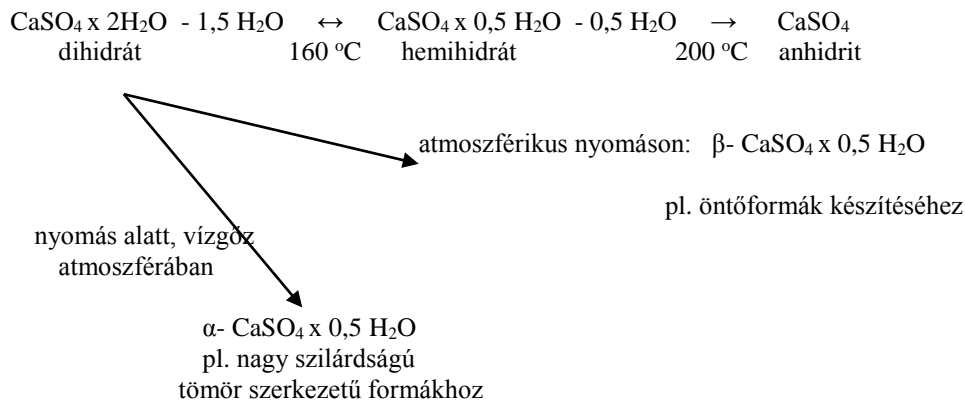
2.1. Gipszforma-készítés technológiája

2.1.1. A gipsz tulajdonságai

A gipsz a kerámiaparbán akkor vált fontossá, amikor a XVIII. századtól a masszák öntési technikáját kezdték kifejleszteni. Átmeneti vízelvonásra a legkedvezőbb anyag volt, később, amikor egyre fontosabbá vált a méretpontosság és „sorozatgyártásról” is lehetett beszélni, a gipszformák segítségével azonos méretű és mintázatú termékeket tudtak előállítani.

A gipsz a természetben gipszkő (CaSO₄·2H₂O) formájában és anhidritként, mint kristályvíz mentes kalcium-szulfát fordul elő. A gipsz üledékes kőzet, a nagy gipsztelepek a tengervíz elpárolgásával keletkeztek, kristályosodáskor a sók sűrűségük alapján különültek el egymástól, így legalul a legnehezebb anhidrit, felette a gipszkő, kősó és egyéb könnyebb sók helyezkednek el.

Kerámiapari célra csak a gipszkő alkalmas, amit gondosan megőrölnék, 0,1 mm-nél durvább részecskék lehetőleg ne maradjanak benne, de a túl finomra való őrlést kerülni kell. A porított anyagot 150-170°C-on gőzzel fűtött forgókemencében hemihidráttá alakítják.



A β -félhidrát több, az α -félhidrát kevesebb vizet igényel. A félhidrát képes visszaalakulni dihidráttá, a reverzibilis folyamat úgy megy végbe, hogy először a félhidrát feloldódik a vízben, a gipszes oldat tútelítődik, majd dihidrát kristályok válnak ki az oldatból. A kötés folyamata nem más, mint a félhidrát dihidráttá való visszaalakulása. Kötéskor a dihidrát kristályok növekedésekor mindig duzzadás figyelhető meg.¹⁸

Gipsz felhasználáskor az alábbi fontos szempontokat célszerű figyelembe venni:

- a meglévő dihidrát-tartalom mindig kötésgyorsítóként hat;
- gyorsan köt a túlégetett gipsz is (álláskor kiegyenlítődhét a víztartalom, de a túl nedves körülmények között megindulhat a kötés folyamata is);
- a túl finomra őrölt gipsz túl sok vizet kíván és gyorsan köt;
- a már egyszer lekötött tükkristályos dihidrátból újraégetéssel lehet finom szemcsés és gyorsan kötő gipszet készíteni, ezt nevezik REA-gipsznek. Ez a típus a kerámiaipari felhasználásra alkalmatlan!
- gipszkeveréskor a gipszpépben maradt levegőzárványok a szilárdságot ronthatják, vákuum alatti keverés használata javasolt;
- nagy vízfelesleg esetén nagy lesz a forma porozitása, kicsi a szilárdsága és a tartóssága.⁴

2.1.2. Gipszforma-készítés technológiája

A gipszforma gyártását megelőzi egy részműveletekből álló folyamat, melynek végterméke a modellberendezés. A modellberendezés alkalmas arra, hogy belőle nagy sorozatban gipszforma készüljön. A megtervezett termékről először modell készül plasztilinből (levegőn nem száradó gyurma) vagy jól formálható agyagból, egy előzőleg drótból elkészített vázra. A kerámiai massa szárításkor, égetéskor zsugorodik, ezért a modellt a zsugorodás mértékével növelt nagyságban kell elkészíteni. A modelltől gipszráöntéssel negatívot készítenek, ez a negatív a főforma. A főforma már alkalmas munkaforma céljára is, de a szériagyártásnál nagyszámú azonos gipszformára van szükség. Ezért célszerű a főformáról modellberendezést készíteni.

A főforma készítéséhez a modellt először leporolják, majd nedves szivaccsal lemosják. Ezután, a tiszta modellt átvizsgálják, hogy állapota megfelelő-e. Ha a modellen olyan sérülések, hiányosságok vannak, hogy azt még érdemes kijavítani, akkor a sérült vagy hiányos modellrészt kijavítják, ill. felújítják. Ezután a modellt leválasztószerral lekezelik.

¹⁸ Werner Lieber: Calcit, Baustein des Lebes, Münchner Mineralientage Fachmesse GmbH. 1990.

A leválasztószer szappan, víz és petróleum összekeverésével készült speciális kenőcs, amely a modell felületén egy vékony filmszerű réteget képez. Ez a réteg megakadályozza, hogy a készítendő főforma a modellhez ragadjon. A modellnek azt a részét, amelyre a gipszet öntik, körül kell építeni, ill. határolni, nehogy a gipszpép kifolyhasson.

A leválasztószerrel lekezelt, körülhatárolt modellrészbe a gipszet óvatosan beöntik úgy, hogy az öntvény ne tartalmazzon ki nem öntött részt, levegőzárványt és levegőlyukat. A gipszfelület megmunkálásának könnyítésére célszerű a felesleges gipszet már vajkeménységű állapotban eltávolítani. A gipsz kötése után a felületet készre munkálják. Ha a főforma több részből áll, hogy ezek ne tudjanak egymáshoz képest elmozdulni, illesztő csapokat kell vágni és ahol szükséges, egy ún. "összefogó sapka" részt kell önteni. A gipsz megkötése után a főformát szétszedik, a modellt lemossák és félrerakják. Végül a főformán el kell végezni a szükséges javításokat a megfelelően kialakított szerszámokkal, a díszítéseket bevésik és a kopásállóság növelése érdekében a főformát lesellakozzák.

A gipszmodellt a gyárthatóság szempontjai szerint annyi darabrészre kell szétfűrészelni, amennyi a gyártás kívánalmai szerint szükséges. Előfordulhat, hogy egy erősen tagolt figurát akár 10-15 db darabrészre (pl. fej, láb, kéz, talpazat, ruha) osztják úgy, hogy azok ismét egybeépíthetők legyenek.

A forgástestek modelljei (csészék, tányérok, vázák stb.) gyakran esztergályozással készülnek.

Néhány esetben, amikor a méretazonosság és a méretpontosság, valamint a kopásállóság fokozott követelmény, célszerű a főformát műanyagból készíteni. Műanyag főforma készítéséhez a modellt úgy kell elkészíteni, hogy a róla készült főformába utólag a díszítéseket nem lehet bevésni, gravírozni. A műanyag főforma készítéséhez a gipszmodellt speciális módszerrel be kell rendezni, és tökéletesen ki kell szárítani, mert különben a ráöntött műanyag nem köt meg tökéletesen. A műanyagból készült modellt nem kell kiszárítani. A leválasztószerrel lekezelt modellberendezésbe, a forma vastagságától függően több rétegben beöntik a műgyantát, először a felületi műgyantát egy vagy két rétegben, majd a töltőanyaggal ellátott hátsó feltöltésű műgyantát. Kötés után a főformát elválasztják a modellberendezéstől, elvégzik a szükséges javításokat és a felületét készre munkálják.

Az alkalmazott műanyagok epoxigyanták és ureol- gyanták lehetnek legfőképp.

A műanyagok általában kétkomponensűek. Az egyik komponens a műgyanta, a másik pedig a keményítő vagy térhálósító. A két komponens a gyártók által előírt arányban kell összekeverni.

A munkaformákkal kapcsolatban az alábbi követelményeknek kell teljesülnie:

- felületi kopásállóság,
- egyenletes szívóképesség és tömörség,
- könnyű kezelhetőség,
- kis csorbulás veszély,
- kellő szilárdság.

A munkaforma alakjától, felhasználásától függően többféleképpen készülhet

Formaöntés előtt a felhasznált modellek, formaberendezések épségét ellenőrzik, majd egyenletes, vékony rétegben friss, olajos tapintású szappanhabbal kell minden darabot lekenni, hogy a munkaforma megszilárdulás után könnyen elváljon a modelltől, illetve a modellberendezéstől.

Ezután össze kell állítani a berendezést, vagy a szükséges módon körül kell határolni a modellt. A gipszpép beöntésekor ügyelni kell arra, hogy a gipszpép egy pontból indulva terítse be a minta felületét, elkerülve a levegő bezáródását.

Telítődéskor a sűrű iszap a formarészeket megemelheti, szétnyomhatja, ezért azokat össze kell kapcsolni.

Az öntvény kiszedésekor ügyelni kell arra, hogy nem szabad túl korán kiszedni, amikor a gipsz még nem kötött meg teljesen, mert ilyenkor beszakadhat az öntvény. A túlkésőn kiszedett öntvényénél a gipsz tágulása miatt feszültség léphet fel, ami modell selejteződéséhez vezethet.

Modellberendezés

A munkaformák készítésének egyik legegyszerűbb és legtermékenyebb módja, amikor a formákat kellő szakértelemmel több példányban készített modell-berendezésekből öntik. A modellberendezés lényegében egy olyan formaszervezet, melynél a gipszminta pozitív részét körülfogó, a leendő munkaformát képező üreges területet modellgyűrű határolja. Az ilyen módon zárt üreget kell gipsszel kiönteni, vagyis a negatív munkaformát beöntéssel elkészíteni.

Így készülhetnek pl. tányérok, csészék munkaformái.

Repezített forma

A repezített formánál a modellt a munkaformához szükséges falvastagságban modellgyűrűvel kell körülvenni, majd a modell és a fal közötti üreget kell gipszpéppel kiönteni.

Ezután a kötésnek induló öntvényről el kell távolítani a modellgyűrűt, majd amikor a melegedéssel kísért kötés létrejön, akkor kell a repezítéshez hozzáfogni.

A formát általában 2-3 darabra repezítik olyan módon, hogy a repezítés helyén először befűrészelik a formát a kívánt mélységig, majd ék beverésével a maradék falvastagságot szétrepezítik.

A repezítés előnye, hogy egy öntéssel több darabrészt lehet nyerni. Mivel ez azonos gipszpépből készül, így a darabrészek tágulása, porozitása azonos.

A repezített formából öntött tárgyakon a részformák illesztési helyén hajszálvékony varrat látható csak.

A repezített forma hátránya, hogy gondosabb kezelést igényel, mivel a repezítési helyeken könnyen kicsorbulhatnak a formák, ami a forma és a termék selejtezését eredményezheti.

A repezített formarészek egy fenékrészt az un. zsinórt veszik közre. Ezt külön kell önteni.

Darabformák

Felületi tagoltságuk miatt a figurák általában nem készíthetők egy formából. A kiálló kezek, lábak, talpazat problémát jelenthetnek a formakészítésnél vagy az öntésnél, vagy mindkettőnél, ezért már a modellt gyárthatósági szempontok alapján feldarabolják.

Ahol aláhajló felületek miatt az öntött testet nem lehetne egészben kiszedni a formából, ott a formarészekben belül darabformákat kell kialakítani.

A darabrészeket gipszből készült un. sapka fogja össze.

Az egyes darabrészek készítésekor a modell többi részét agyaggal fedik le. A beágyazást úgy kell elkészíteni, hogy a darabrész határvonala merőleges legyen a modell felületére, mivel így kisebb a csorbulás veszélye.

Műgyanta munkaformák

Az utóbbi időben különböző műgyantákkal próbálják helyettesíteni a gipsz munkaformákat, mivel a gipszformák viszonylag hamar elkopnak, kis szilárdsággal rendelkeznek, ridegek, könnyen csorbulnak, törnek, az öntőmasszában levő folyósítószer

megbontja a felületüket. A nyomás alatti öntésnél a műanyagformák jól alkalmazhatók, és biztató kísérletek vannak a korongos formák helyettesítésére is.

A gipszformák szárítása

A munkaformát csak kiszáradt állapotban lehet felhasználni, ezért a formakészítés után ki kell szárítani. Kötés közben hő szabadul fel, a gipszformák felmelegsznek. Ahhoz, hogy a félhidrát kristályok maradéktalanul átalakuljanak dihidráttá, kötés közben a formákkal nem szabad külső hőt közölni. Célszerű ezért a gipszformákat elkészültük után néhány órán keresztül szobahőmérsékleten szárítani. Különösen igaz ez a magas α -félhidrát-tartalmú gipszekből készült formákra, mivel azoknál a megszilárdulás után hosszabb időre van szükség a teljes dihidráttá alakuláshoz. A túl korai szárítás a forma szilárdságsökkenéséhez vezet.

Szárításnál lényeges a szárító egyenletes hőeloszlása, illetve az, hogy a szárítási hőmérséklet nem lehet magasabb 50 °C-nál. A szárítóban biztosítani kell az egyenletes és gyors levegőkeringést, ne legyenek holt sarkok a szárítótérben és minden helyen azonos hőmérséklet legyen. A páratelt levegő egy részének szabályozott elszívása, és annak helyébe száraz levegő bejuttatása szintén fontos. Ha a levegő áramlási sebessége elegendő, akkor a szárítás alacsonyabb hőmérséklettel is hatékonyabb lehet, mint magasabb hőmérsékletű, de gyenge áramlású levegő esetén.

A formák szárításának kezdeti időszakában 60-70°C-os hőmérsékletet is elviselnek károsodás nélkül. A szárítási folyamat előrehaladtával azonban a hőmérsékletet csökkenteni kell, hogy a forma "elégése" ne következhesen be.

A szárítás befejezése után a formákat szobahőmérsékletre le kell hűteni, hogy elkerüljük a formák hülési repedését.⁹

A gipszforma-készítés a kerámiai és porcelángyártási munkálatok kiindulási műveletét jelenti, nagyon fontos, hogy tervezése legalább olyan körültekintéssel történjen, mint a következő műveleteké!

2.2. Alapanyag előkészítés

A természetes kerámiai nyersanyagok ritkán találhatók a természetben olyan formában, hogy azokat közvetlenül, minden előkészítés nélkül fel lehetne használni kerámiai termékek előállításához.

A durvakerámiai termékekkel szemben támasztott előírások a finomkerámiai termékekét meg sem közelítik, ami az alapanyag minőségére, tisztaságára és őrlési finomságára egyaránt vonatkozik.

A kerámiaipari technológiában felhasznált nyersanyagokat négy fő csoportra oszthatjuk a nyersanyagok származása és az előkészítő műveletek alapján:

- természetes nyersanyagok,
- feldolgozott természetes anyagok,
- vegyiparból származó nyersanyagok,
- másodlagos nyersanyagok.

A természetes nyersanyagokat bányászással nyerik a földkéreg lelőhelyeiről és az eredeti ásványtani összetétellel és állapotban kerülnek felhasználásra. E csoport fő képviselői az agyagok és a löszök.

A feldolgozott természetes anyagok jellemzője, hogy a kibányászott nyersanyagokat a felhasználás előtt mechanikai kezelésnek vetik alá. Ennek célja főleg a hasznos anyagok feldúsítása és a káros anyagok kiválasztása. Ehhez speciális előkészítő eljárásokat alkalmaznak. Ide tartoznak a nyerskaolinokból készített kaolinok.

A vegyipar nyersanyagai alapvetően félkész anyagok, ezeket természetes anyagokból különböző kémiai reakciók átalakításával állítják elő, ide tartozik pl. a timföld, a szilícium-karbid, vagy a mázfritt.

A másodlagos nyersanyagok a kerámiaipar, vagy más iparág folyamataiból származó mellékanyag, ami hulladékot is jelenthet. Lehet zsengélt, égetett cserép, foszforsalak az ércfeldolgozásból stb.

A masszában való szerepük alapján, függetlenül attól, hogy durva-, vagy finomkerámiai technológiáról van szó, lehetnek plasztikus és nem plasztikus nyersanyagok. A legtöbb kerámiai termék alapját olyan ásványi nyersanyagok adják, melyek vízzel keverve képlékenyek, jól formázhatók, a kiformázott termékek égetés után is megőrzik alakjukat. Ezeket a tulajdonságokat elsősorban a felhasznált agyagásványok és képlékeny alapanyagok határozzák meg.

A nem plasztikus nyersanyagok ugyanolyan fontosak a kerámiaipar számára, mint a plasztikus anyagok, mert ezek segítségével lehet különböző típusú masszákat előállítani.⁹ A nyersanyagok előkészítésénél fontos szerepe van az agyagbányászatnak, a különböző kitermelési lehetőségeknek, továbbá az ásványi anyagok előkészítésének, hiszen a természetes kőzetek fizikai tulajdonságai, vagy hasznos ásványkoncentrációja az estek nagy részében nem megfelelő a felhasználáshoz. Az előkészítő műveletek célja a felhasználhatóság növelése. Az ásvány előkészítés során az ásványi összetételt, a kőzet és ásványainak fizikai tulajdonságait változtatják meg, a kémiai összetétel változatlan marad.

Az előkészítés főbb műveletei:

- az aprítás,
- az osztályozás,
- a dúsítás,
- a víztelenítés,
- a darabosítás és
- a homogenizálás.

Durva aprításra pofástörőket, kalapácsos, hengeres és tüskés-hengeres törőket, az agyagok durva törésére agyagtépő hengerműveket használnak.

Finom aprításra különböző golyósmalmokat, csőmalmokat; igen nagy finomságú őrlemény előállítására görgős-, gyűrűs, vagy rezgőmalmokat használnak.

Az aprítást osztályozás követi, amit mechanikus osztályozókkal, hidraulikus áramkészülékekkel, hidrociklonokkal, centrifugákkal oldanak meg.

A dúsítás eredményeként egy hasznos ásványban gazdagabb koncentrátum jön létre. A dúsítás módszerei a szemcseméret és sűrűség szerinti osztályozás, a mágneses, az elektrosztatikus szeparálás és a flotálás. Ezek mind lehetnek száraz és nedves eljárások egyaránt.

A dúsított nyersanyag víztelenítése három lépésben valósítható meg: gravitációs vagy centrifugális sűrítéssel, folyamatos vagy szakaszos üzemű szűréssel és termikus szárítással.

A plasztikus agyagásványok előkészítésére a törőhengerművet használják, majd a további finom őrlésre a sima, illetve a finom hengerművet. Esetenként az agyag egy gépi berendezésben, a kalapácsos malomban is előkészíthető. Sok esetben a plasztikus anyagok őrlésére külön nincs is szükség, mert őrlés nélkül is rendelkeznek annyira finomszemcsés szerkezettel, hogy a különböző fajsúlyú kőzetektől való szétválasztás után felhasználhatók. Ezt a cél szolgálják a különböző iszapoló berendezések, ahol a híg iszapot víztartályokban forgatják, itt megtörténik a finom szemcsés kaolin és a durva szemcsés homok szétválása. A homoktól megtisztított híg iszapot ismét átszítják a csillám eltávolítása érdekében, ezután a tiszta híg folyós kaoliniszap nagy üleptető tartályokba folyik, ahol a sűrítés megtörténik, a szűrőpréseken pedig a további víztelenítés folytatódik.⁸

Az ásvány-előkészítés és feldolgozás a formálási eljárásához igazodva, komoly technológiával bíró iparágat jelent, ezen műveletek részletes ismertetésétől a mesterképzési jegyzet eltekint.

Kerámiai masszagyártás többféle úton történhet, abban mindegyik eljárás megegyezik, hogy felhasználás előtt a masszát homogenizálni kell. Ez történhet rövidebb-hosszabb ideig tartó pihentetéssel, hogy a nedvességtartalma kiegyenlítődjön, vagy mechanikai eljárással kiegészítve. Az inhomogén nedvességtartalmú masszából készült tárgyak az eltérő zsugorodási zónák miatt a szárítás és égetés alatt repedhetnek, torzulhatnak, vagy deformálódhatnak.

A szűrőprésemből kikerülő masszalepények átlagos nedvességtartalma 22-26% között változik, egy-egy lepényen belül, valamint különböző időpontban készült lepények nedvességtartalma szintén különbözhet egymástól, a homogenizálásra ezért van szükség. Régebben a görgőjáráshoz hasonló masszagyúró gépeken vagy kézi megmunkálással homogenizáltak, ma ezt a feladatot a csigaprés, vagy a vákuumprés látja el. A vákuumozás sokszor két gépen történik, a második prés feladata a légtelenítés és homogenizáláson túlmenően a formázáshoz szükséges meghatározott méretű masszából előformálása.

Szárazmassza esetében, ha a sajtolópor nem atomizerrel készül, és valamilyen adalékanyagot kevernek hozzá, homogenizálását mechanikai úton kell megoldani. A száraz és félszáraz masszák homogenizálására tányéros keverőket használnak, ezek közül a legfontosabb az Eirich-keverő. A forgótányéros keverő más kevésbé hatékony változatai a Z-karos és a csigás keverők.¹⁹

¹⁹ Somodi Zsuzsanna, Pálffy András, Dr. Kámory Lajos: Finomkerámiaipari technológia, Műszaki Kiadó, Budapest. 1984.

Öntőmassza-gyártásakor a megfelelő konzisztenciájú iszapot kell előállítani, optimális mennyiségű elektrolit és víz hozzáadásával. A beállítást minden esetben meg kell, hogy előzze az önthetőségi és elektrolit-érzékenységgel összefüggő próba.

2.3. Alakítási műveletek összehasonlítása

A kerámiaipari formálási módszerei sok évezredes gyakorlat alapján alakultak ki. Az egyedi kézműves, majd manufakturális gyakorlatot követte az ipar azzal a különbséggel, hogy a tapasztalatok alapján nagy arányban gépesített és tökéletesítette a meglévő módszereket. A termék fajtájától, felhasznált alapanyagától és előállítási körülményeitől függően többféle alakítási módot különböztethetünk meg.

2.3.1. Formálás öntőmasszából

Ötéssel bármilyen bonyolult formájú, nem centrikus tárgy, figura elkészíthető. Az öntési eljárás tipikusan kézműipari formázási módszer, amelynek gépesítése korlátozott mértékben valósítható meg. A gépesítés egyrészt az öntőmassza szállításának megoldására, másrészt a nehéz öntőformák mechanikus mozgatására irányul. A nehéz gépesíthetőség ellenére az öntési eljárás alkalmazását az indokolja, hogy ezzel a gyártási módszerrel gyakorlatilag bármilyen bonyolult formájú test elkészíthető.

A technika nagyon egyszerű, az öntőiszapból a gipszforma a vizet elszívja, ezáltal az öntvény megszilárdul. Az öntéshez vákuumozott öntőmasszát kell használni. Az öntőmassza légtelenítésére azért van szükség, mert az oldó-keverő a nagy viszkozitású iszapba sok levegőt kever. Ezek a légbuborékok az öntött tárgy szerkezetét lazítják, néhol zárványokat okozhatnak, vagy égetés során eltávozásukkor elpattanva a termék felületét tűszúrásossá teszik. A légtelenítő tartályból a masszaiszap csővezetéken szivattyú továbbításával kerül az öntőhelyekre.

Nyitott öntési módszer

Az esetek döntő többségében nyitott öntési módszert alkalmaznak, ahol a gipszformát a csővezetéken csatlakozó adagolószелеp segítségével töltik meg. Az adagolószелеp formája és teljesítménye a forma nagyságától és az előállítandó termék alakjától is függ. Sokszor ún. öntőhagymát alkalmaznak. Az öntőhagyma kúpos felületén lefolyó iszap buborékképződés nélkül, egyenletesen folyik bele a formába. A forma megtelése után a hagyma kúpos részének felemelésével záródik a szelepníválás, ami egy szorítóbilinccsel rögzíthető.¹⁹

Az öntési folyamat:

- beöntésből,
- szívási időből,
- formabontásból,
- szikkadásból,
- termékkivételből, majd
- összeállításból áll.

A formák nagyságuktól függően naponta 1-3 alkalommal, korlátozott mértékben önthetők be, ezután ezeket legalább 10 órán át szárítani kell.

Az öntés megkezdésekor a porózus gipsz szívóhatására a gipszforma falára vékony, egyenletes masszaréteg rakódik, ami a szívási idővel arányos vastagságúra szilárdul. A gipszforma méretezésekor figyelembe kell venni az előállítandó tárgy méretét és azt növelni kell a zsugorodás alapján meghatározott ráadással. Az öntőformát úgy kell kialakítani, hogy több, pontosan illeszkedő darabból álljon, ezeket az öntési folyamat alatt gumigyűrűvel fogják össze. A kellő vastagság elérése után a masszafelesleget kiöntik.

Ha a massa tixotróp hajlamú, akkor a felesleg kiöntése után hullámos, egyenetlen felületű és nedvességtartalmú terméket kapunk.

Az öntési eljárásnál ún. öntési folt is keletkezhet, ha a formába öntéskor hirtelen csökken az iszap nedvességtartalma. Az öntési folt, mint durva inhomogenitás meglátszik a nyersterméken, és égetés után is megmarad. A tixotrópia és az öntési folt kiküszöbölésére a formában a masszaiszapot vagy egy pálcával megkeverik, vagy a gipszformát mozgatják, valamint az öntési folt elkerülése megvalósítható úgy is, ha az iszapot nem a forma falán folytatjuk végig, hanem függőlegesen a forma közepébe öntjük, majd forgatjuk. Ez ún. öntőgépen történik, ahol a szerkezet bizonyos időközönként megmozgatja a gipszformákat a bennük lévő öntőmasszával együtt, így feleslegessé válik a kézi keverés.

Hibaforrás lehet még, ha az öntőmassza hőmérséklete alacsonyabb az öntőműhely hőmérsékleténél. Ha az öntőmasszában lévő víz lehül, akkor sok levegő megkötésére képes, ez a megkötött levegő az öntőmassza felmelegedésekor nagyszámú buborék alakjában távozik. Ha az öntőmassza jó, akkor az öntött idom szilárd belső felülete is egyenletes és sima lesz. Hasonló módon hibát okozhat, ha a gipszforma hőmérséklete az öntőmasszáéhoz képest sokkal alacsonyabb, ebben az esetben szintén jelentősen változhatnak a massa reológiai tulajdonságai, öntési nem megfeleléseket okozva az öntvény felületén.

Az öntőmassza készítésekor fontos követelmény, hogy lehetőleg kevés víztartalommal készüljön, mert így rövid a cserépképződés vagy a szívás ideje és a gipszformák kiszáradására is kevesebb energia szükséges. Az iparban használt öntőiszapok szárazanyag tartalma általában 60-65% között változik, sűrűségük 1600-1800 g/liter. Az öntőmassza folyósítására használt elektrolit minőségét és mennyiségét kísérleti úton határozzák meg, lényeges, hogy az optimális elektrolit tartalom a legalacsonyabb viszkozitású massa előállítására legyen alkalmas. A felhasznált öntőmasszánál fontos, hogy viszkozitása egyenletes és állandó legyen minimális tixotrópia mellett. Az öntőmassza legyen stabil, lehetőleg ne ülepedjék és különböző összetételű elegyekre ne váljon szét. A jó öntőmasszából képződött cserép könnyen elválik a gipszforma falától, nem deformálódik a forma szétszedésekor és megfelelő nyerszilárdsággal rendelkezik.

A kézi öntés mellett ma már egyre több helyen alkalmaznak különféle öntősorokat. Ezeket elsősorban szaniter termékek előállításához, ill. lapos és öblös edényárak készítéséhez használhatják.

A figurális tárgyak öntése szintén nyitott öntéssel valósítható meg, a folyamat teljes mértékben hasonlít az előbb leírtakhoz, eltérése, hogy általában hígabb öntőmassza felhasználásával történik. Erre azért van szükség, mert a viszkózusabb öntőmassza a bonyolultabb felületrészeket egyenletesen kitölteni nem képes. A megfelelő falvastagság elérése után a felesleges öntőmasszát ebben az esetben is kiöntik, azoknak a figuráknak a belsejébe, amelyek ezt statikailag igénylik öntött lapokból kivágott belső támasztékokat ragasztanak. A figurák talapzata ún. visszaöntéssel készülhet, vagyis a nyitott öntésű

nyerstermékbe meghatározott mennyiségű öntőmasszát öntenek, ezután a tárgyra sima gipszlapot téve a figurát a talpára állítják. Az így képződött masszaréteg zárttá teszi a figurát.

Zárt öntési módszer

Zárt öntésnél a tárgy külső és belső felületét egyaránt a gipszforma adja meg, az öntőmasszát a két gipszfal közé öntik be. Az öntőiszapot a gipsz vízelvonása következtében létrejövő szintcsökkenés mértékében utána kell tölteni mindaddig, amíg a szilárd anyag teljesen kitölti a formát. Amíg a nyitott öntésnél a falvastagság a szívási idő függvényében alakult, addig a zárt öntésnél a falvastagságot a két gipszforma belső felülete közötti távolság adja. Az így öntött termékek külső és belső felületét a gipszforma mintázata határozza meg.

Zárt öntéssel nemcsak tömör falú idomok, hanem üregesek is készülhetnek. Ilyenkor gipszmagot alkalmaznak, a magot a bőrkemény állapot elérése előtt ki kell venni az öntött idomból, nehogy az megrepedjen.²⁰

Nyomás alatti öntési technika

Ipari gyakorlatban egyre nagyobb jelentőséggel bír a nyomás alatti öntési technika. Az előbb említett szanitergyártásnál jelent meg először ez a módszer, melynek háttérében az áll, hogy a cserépképződés sebessége nagymértékben függ a folyadék nyomásától. Magas öntött tárgyak falvastagsága a fenék közelében nagyobb, mint a felszínhez közel.

A hibát a folyadék, vagy öntőmassza hidrosztatikai nyomása okozza. A hiba kiküszöbölésére alkalmazzák a nyomás alatti öntést. A nyomás hatására a nagyméretű tárgyakban is egyenletes falvastagságot lehet elérni. A módszer alkalmazása hatásos az öntési idő csökkentésére is. Különösen vastagfalú vagy nagyméretű tömör idomok öntésekor fontos, hogy a víz diffúzióját a túlnyomás meggyorsítsa.

Ma már egyre több gyárban alkalmazzák nagy felületű, tömör termékek sorozatgyártásához a nyomás alatti öntést, a gipszformákat itt porózus, nagy szilárdságú műanyagformákkal helyettesítik, melyekbe 1,2-1,5 MPa feletti nyomással préselik be a hagyományos öntéshez használt vagy annál sűrűbb öntőmasszát. A módszer nagy előnye gyorsasága mellett, hogy a gipszformák egyenlőtlen szívásából és gyors kopásából eredő hibák könnyen kiküszöbölhetők.

2.3.2. Formálás képlékeny masszából

Az emberiség legrégebbi munkaeszköze a fazekaskorong, ami lényegében alul csapágyazott függőleges tengelyre szerelt kerek formázólap, a tengely alsó végén levő lendkerék segítségével forgatva. A fazekaskorong csak forgástestek előállítására alkalmas. Ha a fazekaskorongot dörzstárcsával vagy szíjtárcsa áttétellel villamosmotor forgatja, akkor gépkorongnak nevezzük. A gépkorong a hajtásán kívül még abban is különbözik a fazekaskorongtól, hogy a formát nem kézzel, hanem formáló eszközökkel, többnyire gipszformával és fémsablonnal alakítják ki.

Szabadkézi korongolás

Elméleti szempontból alig különbözik a szabadkézi gyúrástól. Gyakorlati jelentősége mégis nagyon nagy, mert gyorsabban, egyenletesebben lehet a korongon kerek tárgyakat kialakítani, mint egyéb formálási módszerekkel. Korongoláskor csigavonalszerűen

²⁰ Kerámia- és Porcelángyártási Technológiai Ismeretek, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém. 1999.

áramlik a massa, ez az áramlás szabja meg a korongolt agyagáru cserepének mikro- és makrostruktúráját.

A mikrostruktúrát az jellemzi, hogy az agyagásvány pikkelyei és az anizometrikus soványító anyagok is, az áramlás irányával párhuzamosan rendeződnek. Ennek az a következménye, hogy a formált tárgy zsugorodáskor kissé csavarodik. Magyarázata, hogy a zsugorodás az agyagásványok síklapjára merőleges irányban nagyobb, mint velük párhuzamosan, mert a vízrétegek főleg az agyagásvány lapjaira tapadnak. A csavarodás főként a porcelánnál feltűnő, mivel ennek egyébként is jelentős a zsugorodása. Korongolt porózus árunál a pórusok csigamenetben helyezkednek el. Különösen feltűnő, hogy a korongolt fehérccserép és fazekasáru rugalmassága irányonként csigavonalszerűen változik. Jellemző megjelenési formája ennek, hogy korongolt tárgyak felületén gyakran csigavonalas hajszálrepedezés látható.

A korongolt tárgyak makrostruktúráját az jellemzi, hogy a massa inhomogenitásai is csigavonalszerűen helyezkednek el. Ez különösen feltűnő akkor, ha a masszaból egyes részeinek nedvességtartalma, zsugorodása vagy színe eltérő volt. A gyakorlatban "csiga" néven ismert csavarodott üreg vagy repedés is e makrostruktúra következménye. A "csiga" megelőzésére szabaddézi korongoláskor a masszát többször egymásután magas vékony, majd lapos vastag bábbá korongolják. Ezzel a massa inhomogenitását a korongos vékony, ártalmatlan rétegekké osztja el. A korongos kezét és ezzel az agyag felületét is nedvesíti, hogy síkosabbá válják. Gyakorlatlan korongos gyakran elkövetheti azt a hibát, hogy a báb korongolásakor, a felületi nedvesített réteget begyúrja a báb belsejébe és ezzel homogenizálás helyett repedezést okozó "csigát" készít.²⁰

Bekorongolás

Már tömeggyártásra is alkalmas formálási módszer. A kerámiai tárgy alakját azáltal kapja, hogy a gyúrható állapotban lévő képlékeny anyagot gipszformába helyezik, ez adja meg a tárgy külső alakját, a forma fölé erősített csuklón ütközőig mozgatott sablon pedig a belső felület kialakítását végzi. A bekorongoláshoz használt sablont nyomótüskének is nevezik. A sablon általában a tengellyel párhuzamos, a forma falára csaknem merőleges sík fémlap, amelynek szélébe vágják a korongolandó profilt. A sablon éle vágó- vagy nyomóél. A nyomóélet úgy reszelik, hogy a forma felé nyomja az anyagot, a vágóélet ellenkező irányban reszelik, hogy csak rövid ideig érintkezzék az anyaggal, azt kevésbé nyomja, inkább lesarabolja a felesleget. A nyomósablon alaposan gyúrja, terheli az anyagot. Előnye, hogy már kevés számú fordulat után elhelyezkedik az anyag, kitölti a formát. Hátránya, hogy a folyás miatt erőteljes csigaszerkezetet képez a korongolt felületen. Vékonyfalú, torzulásra hajlamos tárgyak kényes felületrészeit, ezért inkább keskeny vágósablonnal korongolják. A csigastruktúra további csökkentése céljából nagyon vékonyfalú porceláncsészéket nem masszátömbből, hanem előre elkészített korongolt bábból korongolnak. Ilyenkor korongolás során már csak nagyon kis mozgást kell az anyagnak végeznie.

A massa reológiai tulajdonságaitól függ, hogy milyen gyors alakváltozásra képes szakadás vagy gyűrődés nélkül. Ehhez és a kézi sablont mozgató korongos kezének sebességéhez kell a korong forgási sebességét szabni. Minél nagyobb a korong sebessége, annál gyorsabban mozgatja a korongos a kézi sablont. Nem érdemes azonban a forgási sebességet túlzottan fokozni, mert akkor a sablon túlzottan meggyúrja a korongolt tárgy falát és nyomot hagy. A sablonnyomot a felület szivacsolásával vagy permetezéssel való nedvesítésével tüntetik el. Ezáltal simábbá és fényesebbé is válik a felület, mert a massa viszkozitása csökken és az érdességek a simítás és a felületi feszültség hatására kismulnak.

A bekorongolás öblös tárgyak korongolásának gépesítésére való módszer, mély tányérok, tálak, csészék és esetleg kisméretű szigetelők készülhetnek így módon. Könnyen lehet és érdemes is gépesíteni, sőt automatizálni a folyamatot. Az automatákon gyorsan mozgó sablont és nagy fordulatszámot alkalmazva a termelés fokozható.²⁰

Rákorongolás

Ugyanolyan gyakori formálási módszer, mint a bekorongolás, elve is hasonló. Ilyenkor az öblös tárgy belső felülete érintkezik a formával. A formát az agyagtárgy megszikkadása után, a bőrkemény állapot elérése előtt ki kell venni a frissen formált tárgyból, mert különben az száradáskor a zsugorodás következtében ráfeszülne és megrepedne. Bőrkemény az agyagos massa, amikor már nem gyúrható, de a köröm még könnyen beléhatol. Szikkadás közben a bőrkemény állapot eléréséig is zsugorodik már az agyagtárgy, de még elég képlékeny ahhoz, hogy a térfogati zsugorodása csak azokban az irányokban érvényesüljön, amerre külső erő alig akadályozza. A magra formált üreges edény öble a száradás e szakaszában nem kisebbedik, helyette a falvastagság csökken. Ráformáláshoz olyan massa kell, amely bő nedvességátárok között bőrkemény.

A ráformálást néha szűkített nyakú edény készítésére is használják. Ilyenkor a mag sámfaszzerűen szétszedhető, esetleg rúdra csavart kötélből készül, vagy egyéb módon szedhető ki a formált tárgyból.

A rákorongolást főként tányérfélék formálására használják. A tányér belső felületét a gipszforma, külső felületét a sablon képezi. Előnye a bekorongolással szemben, hogy a tányér használatkor látható felületén nem keletkezik sablonnyom, és mintás gipszforma alkalmazásával mintás belső felület készülhet.

Az aránylag nagy felületű és vékony tányér anyagát a sablon nem tudja egy munkamenetben a gipszformára teríteni, ezért előzetesen lapot kell belőle készíteni. Nem kényes tányérok gyártására szalagsajton készült tömbből vágott szeletet tesznek közvetlenül a gipszformára, és azt korongolják rá. Kényesebb tányérok korongolásakor a tömbből vágott lapot előbb vászondarabra helyezik, lapsodrógépen széles nyomósablonnal lappá korongolják, és azután borítják a gipszformára. Kényes porcelántányérok korongolásakor a lapsodrógépen kerek fémdobra feszített vászonra korongolják a lapot, majd gondosan központosítva helyezik a gipszformára. Nagyon kényes tányérok készítésére külön gépet alkalmaznak, hogy az a dobon lévő lapot központosítva helyezze a gipszformára. Ha a csigavonal mintája nem egyezik a tányér geometriai középpontjával, akkor zsugorodás során eltorzul a tányér, gondos központosítással ez megakadályozható.

A sablon élének alakja a termék zsugorodását is befolyásolja. Ha a sablon élének szakaszai nyomósablonként, más szakaszai vágósablonként hatnak, akkor a nyomósablonnal megmunkált felületrészek sugárirányú zsugorodása kisebb, mint a vágósablonnal megmunkáltaké. Az ezáltal keletkező feszültséget gyakran arra használják, hogy ellensúlyozzák a vékony porcelántányérok aljának tűzben való lehajlását. Ha a fenékrész jobban zsugorodik, mint a tányér pereme, akkor kifeszül, és kevésbé hajlik le. A tányér alját tehát vágó-, zászlóját nyomósablonnal korongolják. A nyomósablonnal korongolt rész sugárirányú zsugorodása kisebb, mert az agyagrészecskék a korongolás hatására a felülettel párhuzamosan rendeződnek. Azáltal is csökken a zsugorodás, hogy a vékonyfalú tányérból a nyomás hatására vízet vesz el az alatta lévő gipszforma.

Rákorongoláskor határt szab, hogy nagy sebességnél a centrifugális erő felemeli a tányért. A megengedhető sebesség a tányér alakjától, méretétől és anyagának minőségétől függ.

A korongolási módszer könnyen automatizálható, leginkább tányérok, tálak és csészealsók készülhetnek így.

A félautomata korongológépeket két nagy csoportra oszthatjuk:

- mechanikus és
- hidraulikus vezérlésűekre.

A mechanikus vezérlésű bekorongológép főbb részei a következők:

- a gipszformák befogadására több munkahelyes körforgóasztal szolgál,
- a körforgóasztalt a 360°-os elfordításra függőleges tengelyen helyezkedik el,
- a gipszformák forgatására szintén függőleges tengely szolgál,
- billenő mozgást végző formázószablon, görgő vagy rollerfej.

A gipszformák fölött egy vagy két görgő van elhelyezve. A görgők számától függően egy vagy két lépésben történik a méretre formázás. A körforgóasztalon lévő négy forma közül kettő állandóan formázás alatt, kettő pedig töltés alatt áll. A formázás alatt lévő gipszformák forognak, a töltés alatt lévők pedig állnak.

A bekorongolási technológiát nemcsak öblösáru gyártásához használják, hanem korongolt kifestésű szigetelő előformázásához is.

A mechanikus vezérlésű rákorongológép működése hasonló a bekorongoló félautomata gépéhez. Amíg a rollerfej felső helyzetben tartózkodik, a forgatógyűrűbe helyezik a gipszformát. Miután a gipszformára ráteszik a masszalepényt, a rollerfej előrebillen, és kismértékben szétteríti a gipszformán lévő masszát. A továbbiakban a görgő oldalt billen és a masszát fokozatosan elvékonyítva a gipszformára nyomja, az felveszi a forma alakját és kialakul a tányér. A rollerfejjel együtt mozog egy kés is, ami a formáról lefolyt masszafelesleget eltávolítja.

A hidraulikus vezérlésű korongológépek egy, ill. több munkahelyes kivitelben készülnek. Az előállítható termékféleségek széles skálán mozognak. A több munkahelyes hidraulikus vezérlésű berendezések körforgóasztalos megoldásúak, és csak laposáru gyártására használhatók. A formázás egy, ill. több rollerfejjel történhet. Ezeket a berendezéseket általában automatikus masszalepény-levágóval, a gipszformára átrakható berendezéssel látják el, ami egyidejűleg a lapsodrás műveletét is végzi.

A félautomata hidraulikus vezérlésű korongolóberendezés főbb részei:

- a gipszforma befogadására szolgáló gyűrű, ami öblösáru gyártása esetén vízszintes irányban mozdul el a formázási idő alatt,
- a függőleges irányban hidraulikusan mozgatható fokozat nélkül szabályozható fordulatszámú rollerfej.

A rollerfej villamos fűtésű, hőmérséklete automatikusan szabályozható a masszától és a formatípustól függően. A gipszformát a forgatógyűrű tengelyfuratán keresztül vákuummal rögzítik, ill. a formázás befejezése után a vákuum megszűnik, és pillanatszerűen túlnyomásképzéssel a formát felfelé mozdítja. A formázás lehet kézi vagy automatikus vezérlésű.

A rákorongoláshoz használt masszát általában elő kell készíteni. A vákuumpréselt masszababokban lévő anyagszerkezeti egyenlőtlenségek feszültséget, deformációt okozhatnak. Ezek a feszültségek csak nagyobb átmérőjű termékeknel jelentkeznek, ezért a feszültségek csökkentése érdekében a felszeletelt masszalepény átmérőjét síkfelületen megnövelik, a termék átmérőjéhez közelítik, majd a felesleget levágják. Ezt a műveletet nevezzük lapsodrásnak.

A korongolás során a rollerfej kétféleképpen mozoghat:

- a rollerfej a gipszforma forgástengelyével párhuzamosan, függőlegesen mozog,
- a rollerfej egy nagy átmérőjű körív mentén mozog.

Az első megoldás a hidraulikus vezérlésű korongológépekre, míg a második a mechanikus vezérlésű gépekre jellemző.

A formázás során a gipszforma és a rollerfej mindig azonos irányban mozog. A rollerfej fordulatszáma kb. 20%-kal kevesebb, mint a forgó gipszformáé, ill. lapsodrónál ez a különbség még nagyobb. Az eltérő fordulatszám a massa hatékony gyúrását, jobb tömörítését szolgálja. A forgási sebesség az adott massa formálhatóságától, képlékenységétől, a tárgy formájától és a rollerfej kialakításától függ. A túl gyorsan forgatott termék ráformáláskor a centrifugális erő hatására felemelkedhet a formáról, beformázáskor pedig struktúrahibák léphetnek fel. Ha a forma vagy a rollerfej fordulatszámát rosszul határozzuk meg, a túl gyors formakialakítás hatására nem képződik elég tömör anyagszerkezet, mert a forgásirányban elmozduló masszarészecskék között légbuborékok maradnak. A forgási sebesség a formálandó tárgy átmérőjével fordított arányban változik, minél nagyobb a termék átmérője, annál kisebb a formáláshoz szükséges fordulatszám.

A formázógépeknél a rollerfejek villamos fűtésűek, hőmérsékletük automatikusan szabályozható. Az üzemeltetési hőmérséklet általában 100-160°C között változhat, massa- és formatípustól függően. A rollerfejek fűtésének az a szerepe, hogy a nedves masszával érintkező fémfelületre a massa a keletkező gőzpárna miatt nem ragad rá, hanem a két felület egymáson elcsúszik, így egyenletesebb, feszültségmentesebb alakítást tesz lehetővé. További előny, hogy a hőmérséklet növekedésével a massa formálhatósága nő, mivel javul a képlékenysége. A rollerfejes sablon alkalmazása mind a be-, mind a rákorongolásnál egyenletes, sima felületet eredményez és a kialakított tárgy tömörsége is megfelelő. Deformáció szempontjából a hidraulikus gépeken előállított termékek minősége lényegesen jobb, mint a mechanikus gépeken előállítottaké. Ez azzal magyarázható, hogy a hidraulikus gépeknél a rollerfej függőleges pálya mentén mozog, másrészt a termék egyenletesebb, időben elnyújtva alakul ki. Rákorongolás esetén ezért a hidraulikus gépeknél lapsodró alkalmazása a termékek minőségét csak kismértékben javítja, míg mechanikus gépeknél a javulás ugrásszerű. A mechanikus rendszerű beformázógépeket, valamint a körforgó asztalos hidraulikus ráformázógépeket tömegáruk előállítására, míg az egy munkahelyes hidraulikus univerzális gépeket a minőségi, kisebb szériájú termékek előállítására használják.²⁰

Automata gyártósorok

A legmodernebb, nagy teljesítményű berendezéseket az automata gyártósorok jelentik. Ezek a gyártósorok valamennyi technológiai folyamatot magukba foglalják, kezdve a massa adagolásától a termék szárításáig. A gyártósorok a be- és rákorongolási

technikáknak megfelelően lapos és öblösáru készítésére alkalmasak. A gyártósorok fejlődésének várható iránya, hogy a hagyományos korongolással előállított termék formázásakor új megmunkálási módszereket vezetnek be, amelyek egyrészt nem kötöttek a forgástest jellegű anyaghoz, másrészt a korongoláskor kevésbé energiaigényesek.

Ilyen új eljárás az izosztatikus sajtolás és a fröccsöntés.

Izosztatikus sajtolással lapos- és öblösáru egyaránt gyártható, ha nem igényel a termék ragasztási munkát (pl. fül, kiöntő, csőr stb. felragasztását).

A fröccsöntést elsősorban laposáruk gyártásához használják.

Ezeknél a formázási eljárásoknál a rendkívül energiaigényes bőrkemény és ún. fehérre szárítás elmarad, így a gyártás fajlagos energia-felhasználása az eddigi fogyasztás felére csökkenhet.

Az edénygyárak döntő többségénél a mai napig a régi különálló gépekre alapozott gyártástechnológia szerint történik a termelés, amelyeknél még jelentős a kézi munka aránya.

Izosztatikus sajtolás

A korszerű kerámiagyártási technológiában az ún. száraz sajtolás egy speciális fajtája az izosztatikus sajtolás. A száraz sajtolást, a többi formázási módszerhez viszonyítva alacsony, kb. 1-4 % nedvességtartalmú finomszemcsés sajtolóporból végzik nagy tömörségű terméket előállítva.

A sajtolóport rugalmas gumiformába töltik, ahol a forma egy fémköpenyben helyezkedik el. A szerszám felső bélyege a sajtolótűvel a szerszámba süllyed. A sajtolóforma és a fém szerszám között kettősfalú gumimembrán van, aminek nyílásain keresztül a présfolyadék a membrán üregébe áramlik. A beáramló présfolyadék minden irányban egyenletes nyomás alá helyezi a rendszert, így a rugalmas formában lévő présport a kívánt méretre sajtolja. A sajtolás következtében a zárt formában történő sajtoláskor fellépő súrlódási veszteségek hiányában, teljes keresztmetszetében azonos szilárdságúra és tömörségűre sajtoló terméket állíthatunk elő. A sajtolás befejezése után a présfolyadék a nyomás megszűnésével visszaáramlik a gumimembránból és a rugalmas sajtoló forma visszaduzzad eredeti méretére. A felső bélyeg a sajtolótűvel és a késztermékkel kiemelkedik a formából, ezután a termék eltávolítható. Fontos követelmény a nyomás megszűntekor, hogy az fokozatosan, nagyon lassan csökkenjen, ha ez gyorsan megy végbe, akkor a termék roncsolódásához vezethet.

Izosztatikus sajtolással általában gyújtógyertyák, órlógolyók, különböző oxidkerámiai termékek állíthatók elő, legújabb alkalmazási területe az edénygyártás. Edénygyártáskor a gyártott termékek többnyire laposárukat jelentenek, kb. egyharmad részben beszélhetünk öblösáru gyártásáról. Minden olyan edényáru előállítható izosztatikus sajtolással, amely nem igényel ragasztási munkát. (fül, kiöntő, csőr stb.)

A kivitelezés szempontjából az izosztatikus tányérprelésnél két megoldás terjedt el:

- Az egyik módszernél a tányért függőleges helyzetben,
- míg a másodikonál körforgóasztalon vízszintesen sajtolják.

Mindkét sajtolási rendszerrel tulajdonképpen fél-izosztatikus sajtolásról lehet beszélni, mivel a tányér homorú, ún. tüköroldalát acél vagy műanyagkötésű szerszám, míg a láb felőli oldalt megfelelő rugalmasságú és mechanikai tulajdonságú gumiforma alakítja ki.

A függőleges síkban sajtolt tányéroknál a préspor töltése függőlegesen, gravitáció segítségével történik, a tányér átmérőjétől függően egyidejűleg egy, kettő vagy három darab sajtolható. A tányér keskeny profiljának megfelelő függőleges töltés a gyakorlatban problémákat okoz, a keresztmetszeten belül sűrűségkülönbségek léphetnek fel, ami a késztermék minőségét rontja.

A vízszintes síkú sajtoláskor a töltés szintén gravitációs úton történik, azonban a présport egy megfelelő szerkezet egyenletesen elteríti a tányér alakjának megfelelően.

Teljesen automatikus működésű izosztatikus tányérsajtólónál a sajtolópor a portároló silóból meghatározott mennyiségben gravitáció révén kerül a sajtoló formába. A masszapot egy forgó sablon a tányér homorú oldalának megfelelő alakra egyenletesen elteríti. Az asztal 90°-os elfordulása után következik az izosztatikus préselés. A sajtolás előnye, hogy lapos- és öblösáru egyaránt előállítható ilyen módon, a hagyományos használt gipszformák kiküszöbölhetők, csökken a termék átfutási ideje és az egységnyi termékre jutó munkaerő-ráfordítás, kevés a hulladék, jelentős energia megtakarítást jelent a szárítók elmaradása. Hátrány viszont, hogy a termék felületének minőségét az alkalmazott sajtolópor finomsága szabja meg, bizonyos esetekben szerves kötőanyagot szükséges néhány százalékban a sajtolóporhoz keverni.

Fröccsöntés

Az agyagmentes kerámiai masszákat a műanyagiparból ismert fröccsöntéssel is előállíthatják. A masszapot hőre lágyuló adalékanyaggal (pl. paraffinnal, epoxigyantával) keverik össze. A masszaporból és az adalékanyagból könnyen gördülő granulátumot kell képezni, ami egy fűtött hengerbe jutva képlékennyé válik. A képlékeny masszát egy dugattyú a munkaformába juttatja, majd a hűtött szerszámfallal érintkezve megszilárdul. A fröccsöntés jellemző hőmérséklete 100-140°C, a massa megfelelő viszkozitása 2-7,5 Pas.

Fröccsöntéskor a fő problémát a megfelelő massa viszkozitásának beállítása okozza, mivel a kerámiai masszák folyási képessége kisebb, mint a műanyagoké, így a fröccsöntött idomnak a beömlési helytől távolabb fekvő részei kevésbé lesznek tömörek. Ez a terméken belüli tömörségkülönbség az égetés során komoly méreteltéréseket eredményezhet.

Fröccsöntési technológiával nagy pontossági igényeket kielégítő, főleg elektromos célokra alkalmas termékeket lehet előállítani, pl. gyújtógyertyákat és szteatit kerámiákat, de porcelán és kőedény termékek gyártására is megfelelő. Ilyenkor a felhasznált massa összetétele megegyezik a hagyományos korongolási eljárásnál használt masszáéval, különbség csupán a massa nedvességtartalmában és a fröccsöntési technológiához szükséges adalékanyagban van. A fröccsöntőgép jól beilleszthető teljesen automatikus gyártósorba is.²¹

2.3.3. Formázás szabadkézi gyúrással, díszítő és kiegészítő műveletek

Az agyagáru formálásának legegyszerűbb módszere a szabadkézi gyúrás, ami akár önálló elkészítési mód is lehet, de kiegészítő, plasztikus díszítő műveletként is gyakran alkalmazzák.

²¹ William M. Carty: Materials & Equipment and Whitewares, American Ceramic Society, Westerville, Ohio. 2002.

A kézi gyúrásra szánt masszának a feladat szerint változó képlékenységét, nedvességtartalmát kísérletek alapján állítják be. Kényes formálási műveletekhez (pl. virágkészítéshez) a természetes masszák képlékenysége nem mindig elegendő, ilyenkor azt valamilyen plasztifikáló szerrel (dextrinnel vagy gumiarábikummal) növelni kell. Szabadkézi gyúrással többnyire kisméretű tárgy készül.

Nagyobb tárgyakat ún. felrakással készítenek. Az agyagból kézzel jól kezelhető hurkákat gyúrnak és azokat csigavonalban egymás mellé csavarva formálják a termék fenekét, majd oldalfalait. Egy-egy szakasz elkészültekor a hurkákból épült falakat simává nyomkodják. A képlékeny agyaghurkák a nyomkodás hatására jól egymáshoz tapadnak, mert az agyagos massa nyomás hatására folyadékszerűen, a nyomás megszűntekor pedig szilárd testekhez hasonlóan viselkedik. A folyadékszerűen viselkedő masszarészek egymással érintkező felületén diffúzió hatására nemcsak adhéziós erők, hanem az agyagos masszára jellemző, makroszkopikusan kohéziós jellegű erők is fellépnek. Ha a levegőbuborékokat nyomkodással jól kiszorítják - a műveletet a nyomás hatására folyadékszerűen viselkedő massa felületi feszültsége is segíti -, akkor az anyag a hurkák érintkezési felületén ugyanazt a szilárdságot éri el, mint a hurkák belsejében. Az így formált tárgyat eltörve a törési felület nem követi a formáláskor képzett hurkák felületét. Felrakáshoz előnyös, ha a massa képlékenysége legalább az átlagosan használt minőséghez hasonló, soványabb anyagból készült massa esetén a felrakáskor a hurkák felületét érdesíteni és nedvesíteni kell. Ez a művelet a hurkák érintkezési felületén segíti a felületi diffúziót.²⁰

A formázott termékek felszárva vagy száraz állapotban tisztításra kerülnek, az előállítás milyenségétől függetlenül a formáló eszköz által okozott varratot vagy sorját el kell távolítani. A termék óvatos mozgatót és kezelést igényel, mivel nyerszilárdságától függetlenül még elég törékeny. A termékek tisztításánál ügyelni kell arra, hogy a tárgy tömör felületét ne rongcsolják, a tisztítás csak a felesleges részek eltávolítására szorítkozzon. A túlzott nedvesítést is kerülni kell, mivel az a felső réteg felazásához, rétegződéséhez vezethet és égetés során hólyagosodást idézhet elő. Modern, automatizált gyártósorok a tisztítóegységet is magukba foglalják.

Különböző kiegészítő részek (fül, kiöntő, fogó stb.) és díszítmények felvitelét ragasztással végzik. A bőrkemény állapotú termék ragasztási felületét felkarcolják, vízzel, masszaiszappal vagy valamilyen ragasztóanyaggal benedvesítik, majd összenyomják a felragasztandó darabbal. Ügyelni kell arra, hogy a két darab között levegőzárvány ne maradjon, mivel az az égetés során repedéshez vezethet. A ragasztási vonalat úgy kell eldolgozni, hogy az égetés után se látszódjon meg. A felragasztandó részeknél gyakran előfordulhat, hogy az más technológiával készült, mint a fődarab. A ragasztás ilyen esetben is az előzőekhez hasonlóan történhet, de vigyázni kell arra, hogy a két rész nedvességtartalma lehetőleg azonos legyen, ellenkezőleg az eltérő zsugorodás miatt ragasztási repedés jöhet létre.

Fontos díszítő művelet még bőrkemény állapotban az ún. áttörés. A munkafolyamatnál éles, hegyes kétélű áttörőkés segítségével távolítanak el darabokat a termék összefüggő felületéből. A kivágás mintáját az öntött vagy formázott alaptest mutatja. Az áttörést csak olyan megszikkadt tárgyon lehet elvégezni, amelyik még nem túl kemény, mivel kemény terméknél az áttörőkés feszítő hatására a tárgy könnyen elrepedhet, túl puha massa esetén a tárgy könnyen deformálódhat. Áttörésnél lényeges a tárgy megfelelő falvastagsága, a vékonyfalú áttört termék könnyen deformálódhat, a vastag falút pedig nehéz megfelelően, hibamentesen áttörni.

2.3.4. Az öntésnél előforduló leggyakoribb hibalehetőségek

„Varratos” termék

- A darabrészekből összeállított formák leggyakrabban az összeillesztés mentén kopnak, illetve csorbulnak ki, ekkor az öntött tárgy felületén kiemelkedő csík húzódik végig, amely tisztítással nem tüntethető el. Különösen a 35-40 öntésszámot követően kell a formákat öntésenként átvizsgálni. A formák kopottsága a mintázaton is észlelhető.
- A forma darabrészei nem voltak kellően összeillesztve, a varratosodás ezért keletkezett.
- Szállítás, kezelés során sérült a forma, ezért a darabrészekből készült (repszett) formákat összeerősítve szabad szállítani.

A formák gondatlan kezeléséből adódó hibák

- Vizes formákon a műhelyben tárolva ún. „szódkivirágzás” észlelhető, amely az öntvénybe kerülve szennyezést okoz.
- Nem kellően kitisztított formákba való öntés hasonlóan szennyezi a cserepet.
- Gipszdarabkák az öntvénybe kerülve zöldes, szürkés kiégést eredményeznek.

Hurkásodási jelenség

- A nyitott öntésű tárgyak készítésénél a keverés intenzitásának és gyakoriságának nem kellő módon történő megválasztása okozhatja a hibát.

Formahúzásból adódó repedés

- Erősen mintázott, sarkos formák esetében gyakori. Az öntvény kiszedését a szokásosnál előbb kell elvégezni.

Hullámos, ragvás felület

- Túlhígított, vagy túlfolyósított öntőiszapoknál fellépő jelenség.

Beöntésnél előforduló hibák

- A forma falának nekiöntve az iszapot (vékony nyakú vázák, stb.) a csurgás utólag meglátszik az öntvényen.
- Túl magasról beöntött iszapsugár a beöntés helyén gyűrűs domborulatot eredményez.
- Lassú beöntéskor a lassan emelkedő iszapszint rétegződő nyomvonalat idéz elő.

Levegősség

- Túl viszkózus öntőiszap, vagy a túl vizes forma egyaránt okozhatja.
- Forgástestek öntésénél az ún. szájlevegősség a forgatás közben történő öntéssel elkerülhető.
- Késve végzett utántöltés zárt öntés esetében szintén levegőzárványokat okozhat.
- Erős sugárban magasról történő öntés a termék a levegősségét eredményezi.

Iszap kiöntésénél előforduló hibák

- Túl gyors kiöntésnél a felület hibás, csorgásnyomok látszanak rajta. Előfordulhat szűk nyakú tárgyak esetében, hogy a bugyborékolva kiömlő

iszap légritka teret idéz elő, amely a puha öntvényt behúzza. A kiöntés dőlésszögének helyes megválasztásával elkerülhetők a cseppnyomok, csorgásnyomok. A maradék iszap kicsorgása után a kiöntőnyílás körül tapadt masszát a forma fala felé kell levágni, hogy az öntvény ne görbülhessen.

Öntvény kiszedése a formából

- Erőltetés esetén a tárgy deformálódik.
- Ugyancsak görbül, ha túl korán szedik ki a formából.
- A kiszedett öntvényeket sima, egyenes gipszlapra kell fektetni, szintén a deformálódás elkerülése érdekében.

2.3.5. Kézi formázásnál előforduló leggyakoribb hibalehetőségek

A beformázásnál adódó hibák

Fenekrepedt

- A vákuumprés nem kellően tömbösítette a masszát.
- A formázáshoz használt masszabáb (hubli) fenékrésze levegős volt.
- Formázáskor túlvizezés történt.

Csigásodás

- Egyenetlen masszakeményység.
- Túl gyors volt a formázáshoz használt masszabáb (hubli) felhúzása.
- Túl vékonyra formázott volt a masszabáb (hubli).

Görbeség

- Egyenetlen masszakeménység.
- Egyoldalú szárítás.
- Kezelési hiba.

Ráformázásnál adódó hibák

Minta megduplázódik

- A masszafőlősleg lehámozása túl gyors.
- A sablon előtt a masszalapot nem kellő mértékben nyomja le a szivaccsal.
- A lehúzás műveleténél levegőt zár be.

Csigásodás a zászlón

- Vékony massaalap.
- Túl gyors a massaalap lehúzása.

Görbeség

- Egyenetlen massa.
- Egyoldalú szárítás.
- Kezelési hiba.

Szélrepedés

- A gipszforma új, tapad a massa.

- A szárítás sebessége nem megfelelő.
- Nyerskezelési hiba.

Dudor vagy mélyedés a tárgy közepén

- Lapkészítő sablon helytelen beállítása.

2.4. Szárítás, zsengélés

Szárítás

Az alakítási módszerek mindegyikénél több, kevesebb nedvességtartalmú masszát dolgoznak fel. Az égetés előtt, mely a kerámiai tárgyak végső tulajdonságait kialakító folyamat, a nedvességtartalmat csökkenteni kell, ezt a technológiai folyamatot nevezzük szárításnak.

A szárítás általában valamely folyadékkal nedvesített szilárd anyag, párolgás következtében bekövetkezett nedvességvesztése. A párolgás során a folyadék a felületről kerül a környező levegőbe, a nedvesség pedig az anyag belsejéből a felületre vándorol. A nedvesség eltávozása a termékekből mindig a levegő párafellevő képességének arányában történik. Minél szárazabb a levegő, annál több vizgőzt tud felvenni.

Szárításnál a kerámiai testek belsejében többféle fizikai folyamat megy végbe:

- a víz a száradó test belsejéből kapilláris erők hatására a felszín felé áramlik,
- a test határrétegében és a szárító közegben kialakuló parciális gőznyomások különbsége következtében a szárító közegbe diffundál vagy párolog,
- végül a száradó test zsugorodik, térfogatsúlya megváltozik és szöveti szerkezete porusossá válik.

Először a víz a felületi feszültségből származó kapilláris húzóerők hatására a kerámiai test belsejéből a felszín felé vándorol. A felületi feszültség a felület egységnyi hosszúságában működő, a felületet csökkenteni igyekvő erő. A szárítás folyamán a száradó test felülete a párolgás következtében lehül. A felületi feszültség a hőmérséklet csökkenésével nő, a párolgó felületen nagyobb, mint a test belsejében. Minthogy a kapilláris vízáramlás a kapilláris erők következménye, intenzitása, vagyis a keresztmetszeten áthaladó víz mennyisége annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérsékletkülönbség.

Gyors szárításnál mindig arra kell törekedni, hogy a szárítandó anyag a kapilláris vízáramlás meggyorsítása érdekében a megkívánt magas hőmérsékletet úgy érje el, hogy közben a felületen az egyenletes szárítás feltételeinek biztosítása érdekében a párolgás ne induljon meg.

A kerámiai anyagok szárítási folyamatának két, gyakorlatilag egymástól jól elhatárolható szakasza van:

- a szárítás első szakaszában a száradó test felülete egyöntetűen nedves, a párolgás a test felületén megy végbe és a szárítási sebesség állandó. A víz a felülethez tapadó határrétegen át diffúzió útján a szárító közegbe távozik.
- a szárítás második szakaszában a test felülete már száraz, a párolgó felszín a test belsejébe helyeződik át és a szárítási sebesség fokozatosan csökken. A csökkenés a test egyensúlyi nedvességtartalmának eléréséig tart, amikor a szárítási folyamat véget ér. A kiszáradó réteg vastagságának növekedésével

a párolgó felületről eltávozó vízgőznek egyre nagyobb utat kell megtennie, hogy a test felületét elérje és a szárító közegbe távozzon.

A szárítás bonyolult folyamat, mivel a kerámiai masszák a vizet többféle formában tartalmazhatják:

- ez lehet megmunkálási víz, ami az adott formázási eljárásához szükséges,
- lehet pórusvíz, ami a kapillárisokat kitölti,
- adszorpciós víz, ami az agyagszemcséket molekulányi vastagságban körülveszi, valamint
- rétegeközi víz, ami a duzzadó agyagásványok rétegei közé behatol és
- szerkezeti víz, ami az adott ásvány kristályszerkezetébe illeszkedik.

A fajlagos térfogatnövekedés a megmunkálási víz mennyiségétől függ, ezt pedig az anyag ásványi felépítése, ill. az agyagásványok minősége és mennyisége szabja meg. A megmunkálási víznek kapilláris vízáramlás és vízgőzdiffúzió útján történő távozása következtében a szárítási folyamat alatt az anyag részecskéi közelebb kerülnek egymáshoz, a kiformált test zsugorodik. A távozó víz helyét részben levegő foglalja el és ezért a kiszáritott test porúsossá válik. Közben a test térfogatsúlya is változik.

A szárítás állandó sebességű szakaszában, kivételes esetektől eltekintve, pórusképződés még nincs, a test csak zsugorodik és tömör marad, mert a távozó víz helyét az egymáshoz közeledő részecskék foglalják el. A száradó test térfogat az elpárolgott víz térfogatával csökken és térfogatsúlya fokozatosan nő.

A szárítás csökkenő sebességű szakaszában megindul a pórusképződés. Amikor a zsugorodás véget ér a kerámiai massa formálhatósága megszűnik, és rugalmas anyagként viselkedik. Ez a száradó test bőrkemény állapota. A továbbiakban csak pórusképződés van és a távozó víz helyébe levegő nyomul. A test térfogatsúlya a pórusképződés megindulása előtt éri el maximumát, ettől kezdve fokozatosan csökken abban a mértékben, ahogy a víz helyére kerülő levegő a pórusokat kitölti.

A kerámiai testek száradás közben többé-kevésbé érzékenyek, torzulásra, repedezésre hajlamosak. A száradási érzékenység a zsugorodási folyamat alatt, tehát főképp a szárítás állandó sebességű szakaszában tapasztalható. A száradó testben kívülről befelé nézve nagyon megnövekszik a nedvességcsökkenés, ennek következtében zsugorodásbéli különbségek keletkeznek. A zsugorodásbéli különbségek, vagyis a rétegeknek egymáshoz viszonyított méretváltozásai húzó- és nyírófeszültséget váltanak ki az anyagban. Ha ezeknek nagysága az anyag szilárdságát meghaladja, a kerámiai test eltorzul vagy megreped. A száradási érzékenység nagymértékben függ az anyag száradási zsugorodásának nagyságától is. Általában, ha az anyag száradási zsugorodása kicsi, még ha nagy is a nedvességkülönbség a külső szárazabb réteg és az anyag belseje között, a száradó test rétegeinek egymáshoz viszonyított méretváltozásai és a feszültségkülönbségek is kicsinyek maradnak. Kerámiai anyagok zsugorodása szorosan összefügg pórustérfogatukkal. Minél nagyobb mértékben foglalják el a szárítás folyamán a megmunkálási víz helyét levegővel kitöltött pórusok, vagyis minél nagyobb a kiszáritott anyag pórustérfogat és minél kisebb a térfogatsúlya, annál kisebb lesz a száradási zsugorodás mértéke is.

A száradási tulajdonságokat a kémiai összetétel jelentősen befolyásolja:

- elsősorban az agyagásványok minőségének és mennyiségének, ill.

- az agyagásványoknak a kvarchoz, földpáthoz és a többi nem képlékeny alkotórészhez viszonyított arányának, továbbá
- a szemcseösszetételnek van hatása. A sok agyagásványt tartalmazó és túlnyomórészt finomszemcséjű összetevőkből álló masszák általában nagy a száradási érzékenysége, és különösen növeli az érzékenységet az agyagok montmorillonit-tartalma.
- a száradási érzékenység azonban akkor is nagy lehet, ha a massa kevés agyagásványt és sok durvaszemcséjű alkotórészt tartalmaz. Túlságosan sovány agyagok kis száradási zsugorodásuk és nagy porozitásuk ellenére összeropedeznek a száradásnál, mert a kötőanyag szerepét betöltő agyagásványok mennyisége kevés ahhoz, hogy a száradó testben a nedvességkülönbségek okozta feszültségkülönbségeket ellensúlyozza.

A kerámiai anyagok mindkét esetben azért érzékenyek, mert nedvességvezető képességük kicsi.

Száradás közben a kerámiai masszák nedvességtartalmuktól és ásványi összetételüktől függően különböző mértékben zsugorodnak:

- a téglagyagok, plasztikus finomkerámiai masszák száradási zsugorodása 7% is lehet.
- a közepes képlékenyséjű finomkerámiai masszák száradási zsugorodása 4-5%,
- a porból sajtolt masszáké pedig 1% alatt van.

Az egyes kerámiai masszák vízleadó képessége ugyancsak nagymértékben különbözik egymástól, leginkább a massa ásványi összetételétől - illit- és montmorillonit-tartalmától - és a szemcseösszetételtől függ. Az olyan masszák, amelyeknek kapillárisaiban csekély a vízáramlás intenzitása, száradás közben erősen zsugorodnak, a felületről elpárolgott víz hatására zsugorodott kéreg képződik. A szűk kapillárisokon keresztül nehezen áramlik a felszín felé a víz, így a nyers tárgy felülete és belseje között nagy nedvesség- és zsugorodáskülönbség van, ami a tárgy deformációjához és száradási repedezéséhez vezet. Az ilyen nehezen szárítható masszákat száradásra érzékenynek nevezzük.

A finomkerámiai masszák összeállított anyagkeverékek, amelyeknél a szemcsenagyságot megfelelő őrléssel állítják elő, ezért a finomkerámiai masszákra kevésbé jellemző a száradási érzékenység, mint pl. a téglaiipari nyersanyagokra.

A száradási érzékenység okainak ismeretében a massa nedvességtartalmának célszerű változtatásával, továbbá megfelelő technológiai, elsősorban szárítástechnológiai kezeléssel az érzékeny termék száradási érzékenysége is csökkenthető.

A finomkerámiai szárító-berendezések üzemeltetési mód szerint:

- szakaszos vagy
- folyamatos üzeműek lehetnek.

A szakaszos üzemű szárítók jellegzetessége, hogy a szárítóteret szakaszosan töltik és ürítik. A szárítás egyes szakaszait a szárítóteret azonos helyén, időben egymás után kell elvégezni. A szakaszos üzemű szárítók hőmérséklet- és légnedvesség-szabályozásának alapja az időprogram.

A folyamatos üzemű szárítókban a szárítandó tárgy valamilyen szállítóeszközön halad keresztül a szárítótéren. A szárító töltése és ürítése folyamatos. A szárítás egyes szakaszai a szárítótérben elhatárolhatók, az egyes szárítózónák hőmérsékleti és légtechnikai paramétereit külön szabályozzák.

A szárítókat csoportosíthatjuk a szárítandó tárgy és a szárítóközeg egymáshoz viszonyított mozgása szerint is:

- egyenáramú szárítók,
- ellenáramú szárítók.

Az egyenáramú szárítókban a frissen berakott nedves és hideg nyers termék a legmelegebb és a legkisebb nedvességtartalmú levegővel találkozik. Ez a szárítási mód a hőátadás szempontjából a legkedvezőbb, de a hirtelen felmelegedés repedezéseket okozhat a szárítandó tárgyon, ezért száradásra érzékeny anyagoknál nem alkalmazható.

Kerámiai idomok szárítására általában az ellenáramú szárítókat alkalmazzák sikeresen. Ennek az a lényege, hogy a nyers termék először a legkisebb hőmérsékletű és a legnagyobb relatív nedvességtartalmú levegővel találkozik, majd fokozatosan egyre melegebb és kisebb páratartalmúval, végül a szárítás utolsó szakaszában a forró, telített levegő távolítja el a maradék nedvességtartalmat.

A szárítás hatékonyságát a szárítóközeg áramlási sebessége és iránya is befolyásolja.

A szárító-berendezésben a levegő áramlása lehet

- hossz-,
- kereszt- és
- váltakozó irányú, továbbá
- ritmikus, ami azt jelenti, hogy a nagyobb légsebességű szakaszokat teljes áramlási szünetek váltogatják. A ritmikus szárítási módot főleg nagyméretű tárgyak szárításához alkalmazzák. Az áramlási szünetekben a test felületéről elpárolgott nedvességet a kapillárisokon átáramló víz a test belsejéből pótolja, így a száradási repedezés elkerülhető. ²²

A szárítók fűtése, ill. a szárítóközeg felmelegítése többféleképpen lehetséges:

- Vagy a kemence hűtőzónájából leszívott meleg levegővel, vagy
- külső hőforrásból, vagy a szárítóból visszavezetett, recirkuláltatott meleg levegővel.

E módszereket gyakran együtt is alkalmazzák.

A szárítókat mindig meghatározott termékfajtára és meghatározott kapacitásra tervezik. Ilyen módon a szárítók teljesítménye, mérete, helyigénye rendkívül tág határok között változik és az egyes cégek szárítói egyazon feladat megoldásánál nem sokban különböznek egymástól.

Zsengélés

Zsengélésnek, vagy előégetésnek nevezzük azt a hőkezelési folyamatot, amelynek során a nyers késztermék alkalmassá válik a további technológiai folyamatok elviselésére. A zsengélt termék megfelelő mechanikai szilárdsággal és porozitással rendelkezik és ezek a

²² Abod László: Kerámia égetés, Építésügyi Tájékoztatói Központ, Budapest, 1972.

tulajdonságok lehetővé teszik, hogy híg máziszapba merítve megfelelő rétegvastagságú mázréteggel lehessen bevonni anélkül, hogy a termék a mázolás során szétesne vagy szétázna.

A zsenyelés általában 970-990°C hőmérsékletű hőkezelést jelent az adott termék minőségétől és a felhasznált massaösszetevőktől függően. A zsenyelési felfűtési sebességet és az égetés időtartamát szintén körültekintően, a massa és a termék tulajdonságait figyelembe véve kell megválasztani.

A zsenyelés kezdeti szakaszában, 100-150°C-ig a termékek teljesen kiszáradnak, ebben a hőmérséklettartományban távozik a maradék megmunkálási víz és a szemcséket körülvevő porusvíz. Különösen vastagfalú tárgyakkal a nedvesség eltávolítását a repedésveszély elkerülése miatt csak lassan lehet végrehajtani.

A hőmérsékletet tovább emelve 450-600°C között távozik az agyagásványok kémiaiilag kötött vize, a kaolinitnél ez általában 13-15%-ot jelent. A vízmennyiség teljes eltávóazása érdekében a felfűtés ezen szakaszában lassú, lehetőleg hőtartó fűtést kell alkalmazni. A kémiaiilag kötött víz eltávólitása után éri el a termék a legnagyobb porozitását.

A kötött víz távozásakor az agyagásványok kristályszerkezete jelentős torzulást szenved, a kaolinitnél a további hőmérsékletemelkedés hatására még a zsenyelési folyamatban megkezdődhet a mullit kialakulása is. A mullitképződés annál könnyebben és annál alacsonyabb hőmérsékleten jöhet létre, minél rendezetlenebb kristályszerkezettel rendelkezett a kaolinit. A teljes mullitképződés az égetési folyamatban, 1000°C felett megy végbe teljesen és fejeződik be.²³

A zsenyelés zsenyelő kemencében oxidáló atmoszférában történik, ami elősegíti a szerves szennyeződések tökéletes kiégését, a karbonátok disszociációját, a szulfidok, szulfátok bomlástermékeinek eltávózását, valamint a szén kiégését.

A legtöbb porcelánmassza tartalmaz több-kevesebb szerves anyagot, pl. humuszsavat, sőt néha a jobb megmunkálhatóság érdekében plasztikusság növelő anyagokat pl. dextringet is keverhetnek a masszába. Ezek 400-700°C között részben kiégnek, részben elszéneseznek. A szénrészecskék kiégéséhez tartós oxidáló tűzre van szükség 800°C körül, mivel a tiszta szénnek magas a gyulladási hőmérséklete és idő kell ahhoz, hogy az oxigén a cserép belsejéből is kiégesse a szerves anyagokat. Megfelelő levegőfelesleg biztosítása elkerülhetetlen, mivel levegőhiányos égésnél a szénmonoxid koromképződéssel megbomlik. Amennyiben a szénrészecskék oxidáló égetés hiányában a cserépen, vagy annak belsejében maradnak, később a mázas égetésnél szürkeséget okozhatnak, ami a termék minőségét jelentősen rontja.

A zsenyelés vég hőmérsékletének helytelen megválasztásával a termék ún.:

- alulzsenyelt, ill.
- túlégetett lehet, amit a cserép rózsaszín vagy fehér árnyalatán kívül a porozitásban bekövetkező változás is jelez.

A zsenyelt termék porozitása az előállítási technológiától függően változó lehet, de helyes megválasztása a későbbi mázazási művelet szempontjából nagyon fontos.

²³ Grofcsik József: A mullit szerkezete, képződése és jelentősége, Akadémiai Kiadó. Budapest. 1961.

A zsengelest olyan kemencében kell elvégezni, aminek felfűtési sebessége szabályozható és egyenletes hőmérséklet-eloszlás biztosítható benne.

Zsengeeléshez az égetési folyamathoz hasonlóan szakaszos vagy folyamatos üzemi kemencéket használhatunk, ezek működése, a zsengeelési rakomány elhelyezése és a helyes üzemmenet biztosítása részleteiben megegyezik az égetőkemencékével.

2.5. Mázazási módok

A kerámiatermékek legnagyobb részét mázzal vonják be. A máz növeli a termék esztétikai értékét, mechanikai szilárdságát, elektromos tulajdonságait, vegyi ellenállóképességét, továbbá porózus termékek esetén a felületet vízhatlanná, könnyen tisztíthatóvá, higiéniai szempontból előnyösebbé teszi.

A máz lényegében különböző fénoxidok szilikátjainak olvadéka, amely üvegszerű bevonatot képez a tárgyakon. Közte és a cserépréteg közötti átmeneti részt, átmeneti rétegnek nevezzük. A cserép alkotói többnyire kristályos állapotúak. Az átmeneti rétegnek különösen nagy jelentősége van, mivel a máz és a cserép anyagi összetételének és hőtágulásának különbségéből eredő feszültségnek az átmeneti rétegben kell kiegyenlítődniük.

A kerámiai mázakkal szembeni követelmények:

- Lágypontjuk alacsonyabb legyen a cserépnél.
- Olvadás közben viszkozitásuk a cseréphez való kötődést segítse elő. Túl nagy viszkozitás esetén összeugrásra hajlamos a máz, túl kicsi viszkozitás esetén könnyen folyó olvadék képződik és lefolyik a cserépről.
- Hőtágulási együtthatójuk a cserép hőtágulási együtthatójával megközelítően egyezzen meg.

A mázazás technológiájának megválasztása a szerint történik, hogy nyers vagy egyszer égetett tárgyakat mázaznak, illetve, hogy milyen a tárgyak mérete, geometriai formája, szérianagysága.

A mázazás műveletét megelőzően a tárgyakat ráakodott portól meg kell tisztítani, mivel ez a mázréteg alatt meglátszódnak, különböző, az égetés után látható hibákat okozhat. A tisztítás sűrített levegővel, elszívás mellett történik.

Mázazási eljárások

Beszélhetünk merítéses mázazásról, mint legegyszerűbb módszerről, ahol a tárgyakat vizes máziszapba mártva a porózus cserép a máziszapból vizet szív el, a mázréteg a felületre rakódik. A máz vastagságát a cserép porozitása, a máziszap sűrűsége, valamint kis mértékben a bemeztetés ideje befolyásolja.

Mivel az egyenletes mázbevonat kialakítása a tárgyak sokfélesége miatt különböző fogásokkal érhető el, a kézzel történő mázazási módszer igen nagy gyakorlatot igényel. A helyi mázvastagodások, mázfolyások, illetve ujjnyomok letisztítása utólag történik.

A merítéssel dolgozó mázazógépek hasonló elv szerint és beállításokkal működnek.

Ráfolyósos mázazást, általában síkfelületű tárgyak mázolására alkalmazzák. A gépesített eljárás során a szalagon haladó termékek mázfüggöny alatt haladnak át, ez a módszer főleg a burkolólap-gyártásban terjedt el, gyors, könnyű eljárásról van szó, ami könnyen automatizálható!

Porlasztásos mázazásnál a mázat szórópisztollyal, sűrített levegővel juttatják a tárgyak felületére, az így felvitt mázréteg lényegesen vékonyabb, gyengébb minőségű az előző kettőnél, de a mázazás előnye, hogy a terméket nem kell mozgatni, akár nyers állapotban is mázazható, a kritikus felületrészek a szórópisztollyal jól megközelíthetők.

A porlasztás megoldható:

- sűrített levegővel,
- levegőporlasztás nélkül nyomás alatti tartályból (airless módszer),
- forgótárcsás porlasztóval.

Az elektrosztatikus mázazás azon alapszik, hogy a kerámiatestek 0,5%-ánál magasabb nedvességtartalom esetén elektromosan vezetővé válnak. Megfelelő berendezéssel a pozitív töltésű mázat a negatív töltésű (lefeldelt) tárgy felületére szórják. Gazdaságos, jól automatizálható eljárást jelent.

2.5.1. Máztisztítás

A mázazott termékek égetési segédeszközökön felfekvő felületeit, talprészeket, amelyeknek az égetés szempontjából máznélkülinek kell lennie, a ráégés elkerülése miatt, a mázazás után tisztítani kell. Ez történhet nedves szivacson, vagy filckorongon való áttöréssel, esetleg lekaparással. Az áttört tárgyknál az apró lyukakból hegyes, éles szerszámmal a mázat ki kell szedni, mivel a megolvadt máz a finom áttöréseket eltömítené.

Azokban az esetekben, amikor egy termék bizonyos felületeinek máztalannak kell maradnia, akkor a mázmentesen maradó részeket lakkréteggel, vagy más víztaszító anyaggal vonják be. Ezeken a helyeken bemártáskor a máz nem tapad meg, viszont égetés után során a lakk vagy egyéb anyag nyomtalanul kiég, a víztaszító anyaggal bevont felület máznélküli marad.

A párosan égetendő tárgyknál a peremrészről a mázat le kell szedni, majd enyves, timföldes ragasztóanyaggal összeragasztani a kívánt felületeket. Az enyvnek csak az égetés előtt van jelentősége, mivel megakadályozza az árumozgatás közben az elmozdulást, a timföldnek a későbbiek során van szerepe, mivel csökkenti a két tárgy összeégésének esélyét. A párosával együtt égő termékeknel ragasztó helyett magas olvadáspontú, timföldből, kaolinból, zsengeált cserépből készült szigetelőanyagot használhatnak, melynek hasonló szerepe van, mint a ragasztóban a timföldnek. Ezt az anyagot használják azoknál a termékeknel, ahol az égetés alatt bekövetkező deformítások elkerülése érdekében, a statikai szempontok figyelembevételével szükséges a megtámasztás. A test és a támaszték felfekvési felületeit, a támasztékok helyét is meg kell a máztól tisztítani, ennek hiányában a máz minden esetben összeolvasztaná a támasztékot a testtel, így az égetés befejeztével a támasztékot a termék alól elvenni már nem lehet. A támaszték beállításával együtt történik a kívánt felületrész szigetelése is.

2.5.2. Jellegzetes mázhibák

Mázugrás

- Akkor tapasztaljuk, ha a cserép hőtágulási együtthatója nagyobb, mint a mázé.
- Ha a máznak túl nagy a rétegvastagsága.
- Ha poros, zsíros volt a mázolandó felület.
- Mázugrást okozhatnak a felületen az éles hornyok, törések is.

Máz repedés

- Ha a máz hőtágulási együtthatója nagyobb, mint a cserépé.
- Ha az égetés utáni hűtés túlságosan gyors volt, ilyenkor feszültség képződik a mázban, melynek következtében a máz már az égetés során, vagy esetleg csak napokkal, hetekkel később repedik meg.

Tűszúrás, narancshéj, kráteres, szürke, fénytelen, bársonyos fényű máz

Ezek a hibák mind az égetés nem megfelelőségére vezethetők vissza, megjelenésükben jelentősen különböznek egymástól, elnevezésük erre vonatkozik.

Mázfolyás

- Sűrű volt a máziszap.
- Helytelen volt a mázazás kivitelezése.
- A máztisztítási munka nem volt megfelelő.

2.6. Égetés, égetési szabályok

Az égetés az a folyamat, amelynek során a kerámiatárgyak a bennük lejátszódó fizikai és kémiai változások hatására elnyerik rendeltetési céljuknak megfelelő tulajdonságaikat.

A porcelánégetéssel szemben különleges követelményeket támaszt az áru hibátlan fehér színének, a termék szilárdságának és vegyi, valamint elektromos tulajdonságainak biztosítása. Ezt a célt csak az égetésre ható tényezők ismeretében és figyelembevételével tudjuk elérni.

A kerámia égetését befolyásoló tényezők:

- az égetendő áru fajtája és mennyisége,
- geometriai formája,
- az égetési időtartam,
- az égetési csúcshőmérséklet és
- az égetéskor kialakult atmoszféra.

A nyersanyag-összetétel eleve meghatározza – főként az olvadékfázist adó komponensek miatt – a maximális csúcshőmérsékletet, az égetési atmoszférát, az adott tárgy fizikai méretei pedig az égetés lehetséges időtartamát.

A zsenyélest tárgyaló fejezetnél a cserépben lejátszódó fizikai és kémiai folyamatokat vázoltuk a zsenyélesi hőmérsékletig.

A mázolt termékekben 1400°C-ig követve az égetést a következő változások játszódnak le:

- 150-200°C-ig eltávozik a mázazással cserépbe beszívott víz.
- 900°C-ig elbomlanak a mázban lévő karbonátok, szerves anyagok, az égetés vezetése oxidáló atmoszférában történik.
- Az égetés elején az égetőtérbe áramló füstgázokból a kemence hidegebb részein korom válhat ki, ami nemcsak az áru felületén, hanem a pórusokban is lerakódhat, ezek kiégése nagyon fontos az égetés alatt.
- 950°C - 1250°C-ig, a máz olvadásáig redukáló égetést kell alkalmazni, a sárga színt adó három vegyértékű vasvegyületek majdnem fehér, enyhén

kékes színt adó kettős vegyértékű vasoxidra redukálásához, valamint a szulfátok redukálásához.

- A túlzott redukció nem kívánatos, mivel a nyersanyag csekély ásványi szennyezőként, de tartalmazhat titán-oxidot is, ami a túlzott redukció alkalmával a négyes vegyértékűről kettős vegyértékűre változhat. Ezzel az átalakulással színe a fehérből szürkés-kék színűvé színeződhet.
- A csírájában már megkezdődött mullit-képződés a földpát olvasztó hatására lassan kezdi a szövetszerkezetet átalakítani. Morfológiai szempontból egyre tömörödik az olvadásfázis megjelenésével, ennek hatására az üveg – mullit – maradék kvarc, valamint a máz kiolvadása folyamatosan rendeződik.²²
- A máz kiolvadása után semleges, illetve egészen gyengén redukálódó égetést kell alkalmazni a teljes kiégetésig.

A kerámiamasszák az égetés során két fontos tulajdonságukat változtatják meg:

- a térfogatukat és
- a porozitásukat.

A zsugorodások mértéke mindig az alapanyag-összetételtől függ, a porcelánmasszák zsugorodása a legnagyobb 12-16%-kal, porozitásuk pedig 0-1%.

Előnyös, ha a tömörödési intervallum, vagyis az a hőmérséklettartomány, amelyen belül a tömörödés már végbemegy - de az anyag folyása még nem kezdődik el - minél tágabb. Az égetési hőmérsékletet ezen a tartományon belül úgy kell meghatározni, hogy sem túl közel ne legyen a zsugorodás kezdetéhez, (mert a termék porózus marad), sem túl közel a tömörödés befejezéséhez, mert a termék deformálódik, vagy összeragad. További hevítés esetén a tömörödést duzzadás, felfúvódás követheti. A tömeg-, a méret- és hőváltozással járó átalakulások műszeres vizsgálatokkal kimutathatók. Ezek alapján megállapítható, hogy a termékek égetése, vagyis felmelegítése és hűtése során olyan hőmérsékleti értékek vannak, melyek kritikusak az égetésvezetés szempontjából.

Felfűtés során mutatkozó kritikus zónák:

- 150-200°C, valamint 600°C közelében, ahol a víz távozik el,
- 575°C körül, ahol a kvarc módosulat-változása történik,
- 900 °C körül a karbonátok bomlásakor.

Hűtéskor mutatkozó kritikus zónák:

- 575°C a kvarc módosult változásakor (mivel ez reverzibilis folyamat)
- 210°C körül, melynek magyarázata számos irodalmi hivatkozás figyelembevételével nem egyértelmű.

A kritikus hőmérsékleteket figyelembe véve kell szabályozni a felfűtési, vagy lehűtési sebességet.

Az égetendő anyagra nézve felvehető az a hőmérséklet – idő görbe, amely megadja, hogy az anyag égetése során milyen sebességgel növelhető és csökkenthető az anyag hőmérséklete. Ez az adott anyag égetési görbéje.

Az égetés időtartamának meghatározása fontos, mivel alacsonyabb hőmérsékleten hosszabb ideig tartó égetéssel azonos eredményt érhetünk el, mint a magasabb hőmérsékleten rövidebb ideig. Ezt jól mutatják a hőmérséklet mérésére alkalmazott ún. Seger gúlák. A Seger gúlák akkor mutatnak helyes tájékoztató értéket, ha a hőmérséklet emelkedése percenként 2°C. A hőmérséklet mérésére használt módszerek közül még ma is ez a legelterjedtebb, de helyes értékelést az előbb említett feltétel mellett is csak akkor

kapunk, ha termoelemek által regisztrált hőmérsékletmérést is alkalmazva, a különböző hőmérsékletmérő eszközökkel kapott adatokat összehasonlítjuk. Az utóbbi időben a Seger gúllak kiváltására ún. Buller- vagy Riedhammer-gyűrűket, PTCR-gyűrűket használnak, melyek mérési pontossága nagyobb.

A hőmérsékletmérésen kívül lényeges a kemence térfogatmérés, az égetési atmoszféra ellenőrzése, a tüzelőanyag mennyiségének, nyomásának mérése is.

Az égetés vezetés szempontjából nem kevésbé fontos szerepe van az áru fajtájának, mennyiségének, mivel döntően befolyásolja a hőkezeléshez szükséges hőmennyiségét. Célszerű az inhomogenitást csökkenteni, amely nyersáru tartalékok képzésével, helyes rakási móddal érhető el.

A kerámiaiparban alkalmazott kemencéknek elsősorban a termelés által meghatározott technológiai igényt kell kielégíteniük.

A kemencék felosztása többféle szempontból történhet

Fűtés módja szerint beszélünk:

- elektromos fűtésű (laboratóriumi, dekorégető kemencék)
- szilárd tüzelőanyaggal működő (szén, vagy portüzelésű)
- folyékony nyersanyaggal működő (nyersolaj, vagy pakura)
- gázfűtésű (földgáz, propán-bután, vagy generátorgáz) kemencékről.

Működési módjuk szerint egy kemence lehet:

- szakaszos, vagy
- folyamatos.

A fűtőanyag és az áru érintkezési módjától függően lehetnek:

- Szabad lángúak (az áru a lánggal és az egész termékkel egyaránt érintkezik)
- Muffolás kemencék (az áru sem lánggal, sem az égéstermékkel nem érintkezik)
- Félmuffolás kemencék (az áru csak az égéstermékkel érintkezik)

A kemence felépítésétől és üzemeltetésétől függően vannak:

- Kamrás kemencék (szakaszos üzemeltetésű, függőleges vízszintes, vagy átcsapó lángvezetésű)
- Körkemencék (vándorló tüzterű Hoffmann típusú)
- Alagútkemencék (három zónás klasszikus alagút, vagy gyorségető kemencék)
- Réskemencék (főleg egyszeri égetés céljára kifejlesztett alacsony csatornájú kemence, az áru mozgását görgő, csúszólap vagy léptető mechanizmus végzi)
- Fritt égető kemencék (fogódobos vagy kádkemence)
- Különleges kemencék (forgóasztalos karusszel kemence, légpárnás kemence porózus lapos kerámiai termékek égetésére).²⁴

²⁴ Péter Gyula: Kerámiaipari kemencék, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1982.

2.7. Hibaazonosítás

A kerámiagyártás technológiájának sajátossága, hogy a nyersterméken rejtve maradó bizonyos hibák, legtöbbször csak az égetés után válnak észlelhetővé. A hibák megjelenése az adott technológiától, a választott alapanyagtól nagyban függ, az alábbi felsorolás csak a legfontosabbakra koncentrálnak.

Égetés utáni repedések

- Konstrukciós eredetű, éles törésvonalú termékfajtáknál, melyeken rendszerint a termék azonos pontján, a törésvonalánál jelentkeznek.
- Struktúra hibák vagy ún. „S” repedések, vákuumpréselési, tömörítési eredetűek.
- Ha a formázás során a massa külső és belső felülete között nagy a nedvességkülönbség.
- Ragasztási felületek illesztésénél részben a nedvességkülönbségből adódóan, részben az illesztés helytelen kivitelezéséből keletkező repedések.
- Áttörési részekenél a szunnyadó feszültségekből.
- Öntött termékeknel a zárt öntés során az öntőiszap összefutásánál keletkező csík esetenként megrepedhet.
- Száritási elégtelenség miatt a túl nedvesen égetésre kerülő áruk is hajlamosak repedésre.
- Feszültségrepesést okozhat, a falvastagság eltérősége, vagy gyors hűtés égetéskor.

Levegőlyukasság

Az öntött termékek felületi légzárványai az égetés után krátterszerű lyukakat hagynak. Ritkábban előfordulhat korongolt termékeknel is vákuumozás elégtelenségből adódóan.

Gipszkiégés

A felületen maradó gipsz-szemcsék az égetés során elbomlanak, zöldes, kékesszürke elszíneződésű foltokat hagyva maguk után.

Foltosodás

Túlszáraz nyerstermék erősen vizezett tisztításakor a kérdéses területeken jelentkező struktúra-átrendeződés miatt, a kiégetett termékeken foltok jelentkeznek.

Görbülés, deformáció

A massa ún. „emlékezőképessége” miatt a nyers állapotban elszenvedett deformáció a helyreigazítás ellenére az égetés után ismét jelentkezik. Deformációt okozhat továbbá a rosszul megválasztott anyagösszetétel is, amikor nyersanyag olvasztóanyag-tartalma és égetési hőmérsékletének megválasztása nem volt szinkronban.

Az égetéssel összefüggő főbb hibák

- Fénytelen mázfelület: a mázas égetés során a kívántnál alacsonyabb hőfok miatt a máz teljes kiolvadása nem történik meg.
- Kráter: visszamaradása esetén a cserépben és a mázban képződött gáz nem távozott el az égetés alatt, a mázas felületen látható nyomot hagy.
- Tűszúrás: több oka lehet, a termék felületét nyersen vagy zsengelten csiszolással erősen megbontották, vagy a termék felületén a mázréteg túl vastag volt, a máz viszkozitása magas lehet, ebből kifolyóan mázas égetés

során a cserépben és a mázban lévő gázzárványok nem tudtak tökéletesen eltávozni, helyükön a máz nem olvadt össze.

Túlégetett, tűszűrásos mázfelület

A mázas égetésnél a magasabb hőfok a máz „felforrását”, tűszűrásosságát eredményezi.

Hólyagosodás: „pokni”

Jelenlegi tapasztalatok szerint, ha a zsengelési hőmérséklet nem éri el az előírt hőfokot („alulzsengelődik” a cserép), a cserépben nemkívánatos szerkezeti változásokból adódóan hólyagosodás, dudorképződés jelentkezik, amely a mázas égetés után észlelhető.

Sárga elszíneződés

Redukcióval összefüggő hiba, a helytelenül alkalmazott illetve elmaradt redukció a termék sárga elszíneződését eredményezi.

Szürke elszíneződés

Szintén a redukcióval összefüggő hiba, a túlzott redukálás eredményeként jelentkezik.

3. Művészetelmélet - Művészettörténet

A társadalomtudomány egyik ága a művészettörténet, amely az építészet, a képző- és iparművészet fejlődésével foglalkozik. Vizsgálja a történelmi és társadalmi tények közötti összefüggéseket, filozófiai és eszmei háttereket és ezek hatását a művészetre, valamint a művészettörténeti jelenségek esztétikai értékelésével, az alkotók életrajzával, a művészi szervezetek tanulmányozásával foglalkozik.

E jegyzet keretein belül nincs lehetőség a művészettörténeti időszakok részletes áttekintésére. Egyetemes szintű tudomány lévén bőségesen áll rendelkezésre minőségi szakirodalom, így minden mesterjelöltnek lehetősége nyílik arra, hogy a mestervizgatókövetelménynek és az érdeklődésének megfelelően ezeket különböző mélységben tanulmányozza. (lásd: a felkészülést segítő ajánlott irodalom jegyzéke művészetelmélethez kapcsolódó irodalmi)

A jegyzet így csak a művészettörténet ismeretanyagának feldolgozását segítő, rendszerező témakörök, és az egyes témakörökhöz javasolt mesterszinten elvárható, legfontosabb fogalmak felsorolására szorítkozik.

3.1. Az őskor és az ókor művészete

Témakörök

Bevezetés a művészettörténetbe - művészeti ágak, Hét szabad művészet

Az ősi művészetről - hiedelemviláguk, építészet, szobrászat, barlangfestészet

Egyiptom a piramisok országa - hiedelemviláguk, isteneik, építészetük, falfreskók, iparművészeti emlékeik a sírokban. Fáraó képmások. Múmiák. Tutanhamon

A mezopotámiai emlékművek, domborművek

A kínai művészet

Kréta művészete - falfreskók – Knósszosz

Az ókori Hellász művészete - Olümposzi istenek, templomok - Akropolisz, márványszobrok

A római művészet - Isteneik, diadalívek, császárszobrok, a világhódító Róma és annak bukása

Kulcsszavak, fogalmak^{25 26}

- Septem artes liberales, prehistorikus, fetiszizmus, animizmus, mono- és politeizmus, paleo-, mezo-, neolitikum, megalitikus építészet, menhir, dolmen, tumulus, marokedény,
- Rosette-i kő, antropomorfizmus, despotizmus, mumifikálás, nomosz, egyiptomi istenek (legfontosabbak), masztaba, piramis, egyiptomi fajansz, canopusz edény, usébtí szobor, engobe,
- zikkurat, lamasszu, kudurru, sztélé,
- kalligráfia, buddhizmus, taoizmus, jin-jang, szeladonmáz, tojánhéj porcelán, rizsszemes technika, porcelán, megaron, akropolisz, mίνoszi korszakok, Minotaurus, kígyós papnő,
- Olümposzi istenek, in antisz, naosz, pronaosz, agora, peripterosz, tímpanon, oszloprendek, architráv, fríz, metopé, kontraszt, fekete- és vörösalakos vázafestészet, lekhütosz, Tanagra-figura,
- Római istenek, átrium, bucchero nero, antefixum, bizeni cserép, compona, terra sigillata,
- Via Salaria, Forum Romanum, cella, aqueductus, portikus, cella, lizéna, pszeudoperipterosz, rotonda, gemma, büszt, terra sigillata
- cserépüst, kályhacsempe, provincia városai, limes

3.2. A középkor művészete

Témakörök

A kereszténység művészete - Ókeresztény és bizánci művészet

A román kor művészete

A gótika - katedrálisok, üvegablakok, festészet

A reneszánsz kibontakozása Itáliában és Németalföldön - az érett reneszánsz Európában és a Manierizmus

A barokk és a rokokó - reformáció, ellenreformáció

Kulcsszavak, fogalmak^{25 27}:

- katakomba, bazilikális szerkezet, nartex, mauzóleum, campanille, apszis, gádorfal, ikonosztáz, mozaik,
- kalifa, Korán, lüster, arabeszk, anatóliai szőnyeg, mecset, dzsámi, türbe, minaret
- totemhit, tarsolylemez, cserépüst, kályhacsempe
- investitúra harc, bazilika, kék habán
- szerzetesrendek, Assisi Szent Ferenc, Suger apát, fiatorony, huszártorony, vimperga, mérmű, rózsablak, támív és támpillér, sugárkapolna, csarnoktemplom, gyámkő, bélétes kapuzat, triptichon, politichon, sodronyzománc,

²⁵ Szabó Attila: Művészettörténet képekben, Független Pedagógiai Intézet, Budapest, 2004.

²⁶ Tatai Erzsébet: Művészettörténeti ismeretek; Enciklopédia Kiadó, Budapest, 2002.

²⁷ Pataki Gábor: Művészettörténet; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

- humanizmus, reformáció, Medici, Luther Márton, trecento, quattrocento, cinquecento, mezzanin, pilaszter, attika fal, konzol, balusztrád, perspektíva, sfumato, sgraffito, majolika, Böttger, Kandler, Hörold, vasporcelán
- rizalit, galéria, intarzia, stukkó, rokokó, copf, portré, enteriőr, Caravaggio, Velázquez, Rubens, Rembrandt

3.3. Az újkor művészete

Témakörök

A klasszicizmus és akadémizmus művészete

Romantika - eklektika, historizmus művészete

A modern művészet kezdete, impresszionizmus, posztimpresszionizmus festészet - a korszak nagy alkotói és munkásságuk

A szimbolizmus festészeti nagyjai, egyetemes és hazai viszonylatban

A szecesszió művészete – A. Gaudí, G. Klimt

Kulcsszavak, fogalmak:^{25 28}

- fond, biszkvit porcelán, fritt porcelán
- felvilágosodás, racionalizmus, empirizmus, akadémizmus, antimonmáz, Hüttle-cég, Drasche-gyár
- liberalizmus, eklekein, orientalizmus, egzotikum, Stingl Vince, Fischer Mór, Zsolnay Vilmos, Wartha Vince
- valőr, reflex, lokálszín, optikai keverés, perspektíva, pointillizmus, Flora Danica, Slavkov
- Moréas, dekadencia, szinesztézia, szuggesztió, miszticizmus, szimbólum, szinesztézia, jugendstil, indamotívum, eozinmáz, tigmáz, Klimt, Gaudí, Tiffany üveg

3.4. A modern művészet

Témakörök

A XX. századi modern építészet - racionalista és organikus épületek

Avantgárd törekvések - expresszionizmus, kubizmus, futurizmus, dadaizmus, szürrealizmus, absztrakt művészet, kinetikus – akció –posztmodern művészet

Kulcsszavak, fogalmak:^{25 29}

- funkcionális építészet, Bauhaus, organikus építészet, W. Gropius, Moholy-Nagy László,
- futuro, militarizmus, cubus, szimultaneizmus, plasztikus-, analitikus- és szintetikus kubizmus, nihillista művészet, ready made, collage, frottázs, merzkép, nonfiguratív, automatizmus, onirizmus, viszkózitás, transzparencia, pszichikai automatizmus, Regécz, litografizálás, mintakönyv

²⁸ E.H. Gombrich: A művészet története, Glória kiadó Kft., Budapest,1990.

²⁹ Dempsey, Amy: A modern művészet története, Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 2003.

3.5. A hazai népművészeti kultúra sajátosságai

Témakörök

A népi tárgykultúra jellegzetességei
Tájegységek motívum kincsei

Kulcsszavak, fogalmak:^{30 31}

- Tájegység, néphagyomány, iparművészet, hímzés, tulipános láda, bokály, díztárgy, használati tárgy

3.6. Szempontok a műalkotások elemzéséhez

Ahhoz, hogy a műalkotásokat valóban „lássuk” és értsük is, tudnunk kell ismereteket gyűjteni róluk, majd értelmezni és elemezni azokat. (történelmi-művészettörténeti korban történő elhelyezés, alkalmazott technika, szimbólumok, stb.)³²

A műalkotások megismerésének szempontjai:

- szubjektív (személyes) benyomások, hangulat, érzelem kiváltása
- adatai: alkotó, cím, keletkezési ideje, méret, anyag, technika
- téma: szereplők, hol és miről szól
- ábrázolás módja: valóság (realista), szebb (idealizált), egyszerűsített (stilizált),
- absztrakt, geometrikus, organikus
- kompozíció: gúla, szimmetrikus
- színhasználat
- egyéni stílus
- összehasonlítás (azonos témájú, de más stílusú műalkotásokkal) vagy azonos kompozíciójú műalkotásokkal
- összegzés

4. Művészetelmélet - Szakmatörténet

4.1. Bevezetés a kerámia- és porcelánművészetbe

A kerámia- és porcelánművészet ugyanúgy, mint minden más tárgyi művészet, hűen tükrözője a társadalmaknak és az egyetemes művészeti állapotoknak. Keletkezése, fejlődése, majd hanyatlása ugyanúgy függvénye a társadalmi, történelmi viszonyoknak, mint az építészet, szobrászat, festészet, vagy akár az iparművészet bármelyik ágazatáé. A kerámiaművészetben, mint a legősibb művészetek egyikében, elsősorban a tárgy hasznossága és művészi megjelenési formája jelenik meg elválaszthatatlan egységben. A porcelán a kerámia anyagok között különleges helyet foglal el és a kis ázsiai kultúrában több mint, egy évezreddel korábban alakult ki, mint Európában. A XVII. században meginduló sokirányú természettudományos fejlődés következménye a többi között, hogy

³⁰ Lyka Károly: A művészetek története, Képzőművészeti Alap Kiadóvállalat, Budapest, 1977.

³¹ Domanovszky György: A magyar nép díszítőművészete I., II. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981.

³² Beke László: Műalkotások elemzése, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.

a különféle ásványi anyagokból összeállítható lesz a porcelán. A nemzetközi porcelántörténeti és művészeti szakirodalom mind ez idáig kellően nem vizsgált kérdése, hogy a keleti porcelán kialakulása egy lineáris fejlődés eredménye, az európai pedig egy forradalmi felfedezés során jött létre.

A kerámiaipari termékek történetét tanulmányozva - ugyan változó arányban -, de felismerhető, hogy tárgyai kettős szerepet töltenek be életünkben.

Használati tárgy abban az esetben, ha valamilyen meghatározott funkciót tölt be az ember életében. Viszont előállítója már az őskorban is törekedett arra, hogy ezen felül alkotását díszítse, esztétikailag szebbé tegye. A díszítő funkció tehát egyesülhet a hasznossággal, de sajátosan el is különülhetnek, önállósulhatnak. Ekkor a kerámia vagy porcelán dísz tárgy jellegét ölt. E sajátosságok miatt a kerámiával, finomkerámiával kapcsolatos munkavégzésnek bizonyos mértékig művészi rangja is van.

Ha kerámia helyét a művészetek sorában keressük, akkor az iparművészetek egyik ágaként megtaláljuk az agyagművességet. A kerámiaművészet további csoportokra osztható, amelyen belül megtaláljuk a fazekasáru, fajansz és majolika, kőcserép – kőagyagáru, kőedény-keménycserép, porcelán és félporelán termékeket. A porcelánoknak további hat csoportba sorolhatók: kínai- vagy lágyporelán, német- vagy keményporcelán, biszkvit porcelán, Seger porcelán, fritt és az angol csontporcelán.

A jegyzet e fejezete is a szakmatörténeti időszakok általános bemutatásakor csak a főbb tudnivalókra korlátozódó rövid tájékoztatást ad, nem teszi lehetővé még a legjelentősebb alkotások bemutatását, megismertetését sem. Ezek feldolgozásához - a művészettörténethez hasonlóan - az ajánlott irodalomjegyzék nyújt további támogatást.

4.2. Kerámia- és porcelántörténet

4.2.1. Az őskor művészete

Hosszú évezredekig igényelt, míg az ősember az emberré válással együtt járó anyagi és szellemi fejlődés során eljutott a művészet megteremtéséhez.

Már az őskori embernek igénye volt a különböző használati edényei megalkotására. Kezdetben a környezetében fellelhető egyszerű anyagokat alkalmazta, kezdetlegesen eszközökkel hozta létre egyszerű tároló edényeit. A fa-, hánccs-, és tőkhéj-edények, vesszőkosarak agyaggal való körültapasztásával készített eszközeit később a tűzben formálta tartóssá. Igaz, hogy a véletlenek révén jutott el a tudatos égetésig és tette edényeit maradandóvá. Elkészült tárgyait már díszítette, egyszerűbb mágiás szimbólumokkal pl. geometrikus alakzatokkal. A díszítményeket legtöbbször bekarcolták vagy vésték, ritkább esetben domború díszítéssel látták el. Az edényformák többnyire gömb, félgömb alakúak voltak vagy a természeti formákat utánozták. (pl. koponya, tők, stb.)³³

4.2.2. Egyiptom

Az egyiptomi művészet ábrázolásmódja, formavilága a társadalmi élet kötöttségét tükrözi. Az egyiptomiak hittek a lélek halhatatlanságában, a túlvilági életet pedig a földi élet

³³ Albrecht Júlia: A kerámiaművészet története, TAN-GRAFIX Művészeti és Szolgáltató és Kiadó Kft., Budapest, 1997.

másának képzeltek. A halott mellé díszes edényekben ételt, italt tettek és szolga valamint isten szobrokkal vették körül.

A kutatások során előkerült emlékek többsége részben használati tárgy (edény), amelyek a mai edényformáink őseinek tekinthetők. Az edénydíszítés technikáját is tökéletesítették, az elő ázsiai népekkel közel egy időben már használták a fazekaskorongot. Ez lehetővé tette a tárgyak tökéletességét, egyenletesebb falvastagságát, szimmetrikus alakját és méretbeli növekedését is.

Díszítményeik geometrikus jellegűek, amely mellett fokozatosan megjelenik a stilizált növényi ábrázolás (pl. papirusznád, lótvuszvirág, sás). Ábrázolásmódjuk természetesen a művészettörténetből is jól ismert legnagyobb felületek törvénye alapján jellemezhető. Tárgyaikat gyakran színezéssel látták el, vöröset, sárgát és feketét alkalmaztak. A folyadékok tárolására is alkalmas mázat már i.e. 5500 körül ismerték, de használata nem volt általánosan elterjedt. A középbirodalom idején egyre gyakoribbá váltak a tárgyak üvegszerű türkizkék mázas díszítése.

Ugyanebben a korszakban jelenik meg az ún. egyiptomi fajansz is, ami nem azonos a későbbi európai fajansszal. Összetevői: kvarchomok, hamuszír és mész megfelelő arányainak keveréke víz hozzáadásával, amelyet negatív formába préselve ragasztottak majd szárítottak végül égettek.

4.2.3. Mezopotámia

Földrajzi elhelyezkedése miatt kerámiaművészete igen fejlett. Az itt élők korán megtanulták a téglakészítést, amely lehetővé tette monumentális épületeik megalkotását. A falfelületek döntő többségét kerámiaburkolattal látták el. Kék, ónmázás fedett tégláikra ornamentális mintákat festettek világos (sárga, narancssárga és fehér) színekben. Fantasztikus lények ábrázolása (oroszlánok, szárnyas bikák, sárkányok) mellett megjelenik az emberábrázolás is (egyiptomiakhoz hasonlóan a legnagyobb felületek törvénye alapján). Leghíresebb emlék a babiloni Istar- kapu.

A fazekaskorong korai feltalálása az edénykészítés színvonalát is befolyásolta. Színes, festett edényeik vékonyfalúak voltak és magas színvonalon készültek.³⁴

4.2.4. Kréta- Mükéné

A krétai kerámia tulajdonképpen összekötő kapocs az ókori keleti és a későbbi görög agyagművesség között. Elsősorban ez a földrajzi elhelyezkedésüknek köszönhető. Európában itt használtak először fazekaskorongot, ezért tárgyaik formavilága és díszítőművészetük stílusa egyedülálló, melynek legfontosabb jellemvonásai: szép edényformák, realiztikus tengeri élővilágból merített díszítmények fekete vagy fehér alapon, barna és vörös árnyalataival festve. Alkalmazzák az engobeozást, és az egyiptomi eredetű mázakat is ismerik és használják.

Három kerámia korszakukban összesen hét stílust különböztetünk meg:

- Kora-mínoszi kerámia: Pirgoszi, Onufriosz, Vasziliki stílusok
- Közép-mínoszi kerámia: Kamarez és növényi stílus
- Késő-mínoszi kerámia: Tengeri és palota stílus

A krétai kultúra a görög szárazföldekre is áterjedt, ahol a legnagyobb település Mükéné kezdetben a krétai és egyiptomi kultúrához kapcsolódva, azzal párhuzamosan virágzott,

³⁴ Migray Emőd: A porcelán története, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1999.

majd egyre inkább átvette a vezető szerepet. Kezdetben egyértelműen a krétai (tengeri és palota stílus) kerámiákat utánozták, majd fokozatosan kialakult a saját igényeknek megfelelő későbbi görög edényformák alaptípusai, melyek jellemzően sávok tagolásúak, ahol a fősávban figurális, elbeszélő jeleneteket látunk geometrikus ornamensekkel kiegészítve.³³

4.2.5. A görög kerámia

A görög társadalomban az ókor legjelentősebb kultúrája és művészete alakult ki. A korai görögség kultúrájának egyik legfontosabb ránk maradt emlékének a kerámiájuk adja. A görög fazekasok a krétai kerámia mintájára készítik edényeiket, majd fejlesztik tovább a technológiát, valamint a formát és díszítményt. Edényformáik kiegyensúlyozottak, klasszikusan arányosak „Minden dolog mértéke az ember” gondolatot követik, használati edényeik ennek folytán díszedény számba is mennek. A díszítmény a formához igazodik, s a kezdetben sávokba rendezett geometrikus díszítményeket fokozatosan váltja fel az alakos ábrázolás. Jellegzetes emlék a Francois váza, melynél az edény testét a trójai háború vízszintes sávokba rendezett eseményei díszítik.

A fejlődés következő szakaszában a sávok elrendezés helyébe az edény mindkét oldalán egy-egy hangsúlyozott kép kerül. A képeket a vörös színű alaptestre árnykép szerűen fekete festékkel festették (fekete alakos vázafestészet), a belső részleteket pedig bekarcolással, fehér vagy vörös festéssel dolgozták ki. A vörös alakos festésmód a fekete alakos festés fordítottja, annak tovább fejlesztett változata, a görög vázafestészet aranykorát képviseli. Itt az ábrázolt téma az alaptest saját színében jelenik meg (vörös) és a háttér van feketére festve. Mind a két technika közös témája a görög mitológia, de a vörös alakos vázafestészetnél gyakran találkozunk hétköznapi jelenetekkel is. További jellegzetes kerámia tárgyak az ún. Tanagra figurák, valamint a leküthoszok (sír váza). Előbbi agyagszobrok lelőhelyükről kapták nevüket, amelyek kezdetben vallásos rendeltetéssel, de később már lakásdíszítő szereppel készültek.

A görög kerámia négy évszázados virágzás után indult hanyatlásnak, majd a római fennhatóság alá kerülve a görög keramikusok egy része művészetét is a hódítók szolgálatába állította a római művészet forrásául szolgálva.

4.2.6. Etruszk és római kerámia

Az etruszkok ismeretlen eredetű ókori nép, akik az Itáliai- félsziget mai Toscan területén éltek, majd fokozatosan egybeolvadtak a rómaiakkal. Az általuk lakott területet Etruriának nevezték. Ez a terület agyagban gazdag vidék, így kerámia művességük igen jelentős. Elsősorban a görög és egyiptomi agyagművesség hatott tárgyaikra. Legrégebbi emlékeik a halottkultuszhoz köthetőek (hamvasztásos temetkezés). Halotti urnáik kör vagy ellipszis alakú ház formájúak, amelyet bekarcolással díszítettek. A hamvasztásos temetkezést fokozatosan felváltja a csontvázas temetkezés, ahol a szarkofágok is égetett agyagból készültek. I.e. VIII. századtól jellegzetesek a fekete korsók, ún. bucchero nerók. Bekarcolt mintájú, pecsétellett ellátott, figurális motívumokkal díszített edények, amit redukciós égetés után bőrrel fényeztek.

Az építészetükben is fontos, díszítő szerepe van a kerámiának, az ilyen terrakotta domborműveket antefixumnak nevezzük.

A rómaiaknál (a császárság korában) elterjedt jellegzetes kerámiatárgy a terra sigillata (pecsételt föld). A vörös színű, domborművekkel díszített mázas edényeket a mai márkajelzés ősenek tekinthető pecséttel látták el, innen származik az elnevezésük. Az engobe-ot már i.e. I. században ismerték, akárcsak az ólomházat. A kerámiák készítése már manufaktúrákban történik, ezeken belül a fazekasok az egyes gyártási műveletek elvégzésére specializálódtak.

A római birodalom bukása (476.) után Európát a népek vándorlása alakította. Ezekben a századokban a kerámia hanyatlásnak indult, és az ókori kerámiáknál is alacsonyabb színvonalat képviseltek.

4.2.7. Iszlám kerámia

Az iszlám kultúra több művészetet foglal magába. I.e. VII. században az arabok egyesítik a Közel-keletet, így művészetük egy sajátos díszítésvilágot hozott létre, amely az iparművészetre is rányomta a bélyegét. Fontos szerepet kapott az épületkerámia, ahol a falakat mázas csempékkel díszítették. Az iszlám vallás tiltja az emberábrázolást, így díszítésműveik sajátosan növényi (ornamentális) jellegűek, ahol a növényi motívumok mellett gyakran előfordulnak arabeszkok is. Ismerték és rendszeresen használták az ónmázát, és a perzsa hagyományokat követve kék és fehér színű motívumokkal ékesítették tárgyaikat. A kerámiaművészetük fejlődése folyamatos, amely egyik ékes példája a lüster máz.

Kerámiaművészetük négy csoportra osztható: arab-, török-, perzsa és hispano-mór kerámia.

Külön ki kell emelni – az utóbbit - a mai Spanyolország (hispano, Hispania, innen az elnevezés) területén kialakult egyedi iszlám kerámiát. Ezen a területen az iszlám kultúrát a mórok (óarab nép) képviselték, és megőrizték saját kultúrájuk jellemvonásait. Az épületeket ónmázás csempékkel burkolták, alkalmazták a lüster mázát, gazdagon, festéssel díszítették tárgyaikat. Gyakran a kufi írás lágy vonalait is felhasználták díszítő motívumként, amely gazdagon átszőtte a tárgyak egészét. A hispano-mór kerámia a Földközi-tenger kereskedelme révén Mallorca szigetén át eljutott szinte mindenhová. A sziget közvetítő szerepe a mai napig emlékeztet minket származására, hiszen innen ered a majolika elnevezés.

4.2.8. Középkori Európa kerámiája

Az európai népvándorlást követően a VIII. századtól kezdenek kialakulni a különböző államok, és új társadalmi rend, a feudalizmus válik uralkodóvá. A korszak művészetére az egyház döntő befolyással van. Jellegzetessé válik, az ún. román stílus. A feudalizmus virágzásával kialakult a polgárság, melynek művészete a gótikus stílusban nyert kifejezést. E két jelentős stílusirányzat kerámiái emlékei túlnyomó részben padló-, falburkoló- és kályhacsempék, illetve kezdetleges formájú edénykéek. Közel-keleti hatásra vezethető vissza az engobe-os bevonat a geometrikus, néha arabeszk mintával való díszítés a felületbe domborműszerűen benyomva vagy bekarcolva. A XII. századtól alkalmazzák a sárga, zöld, barna ólom-oxidos mázakat és festékeket.

A XIV-XV. századi Olaszországban a hispano-mór hatásra felvirágzik a majolikagyártás. Legfontosabb központok Firenze, Siena, Urbino, Velence, Castel Durante és Faenza voltak. Ez utóbbi városról kapta a fajansz elnevezést, ami tehát azonos a majolikával.

(Európa szerte fajansznak hívták, kivéve az olasz és spanyol területek, ahol majolikának nevezték.) Az olasz mesterek a reneszánsz kor Európájában a majolikakészítés tanítómesterei és terjesztői voltak.

Legjelentősebb szobrász mesterek Luca és Andrea della Robbia, akik reneszánsz stílusú domborműveket készítettek kerámiából. Egyedi technikájukra jellemző az iszlámhatású, ónmázzal festett fehér, kék, zöld, sárga és mangán-viola színű minták (festés) alkalmazása. A gazdag edényanyag színvonalára igaz, hogy egyaránt töltött be használati és dísz tárgy funkciót is. Különösen kiemelkedő szerepük volt a díszes patikaedényeknek és a dísztálaknak.

Forrásokból tudjuk, hogy Magyarországon Mátyás király udvarában is dolgoztak faenzai fajanszkészítők, akik padlócsempéket és remekművű kályhacsempéket készítettek. Később tőlük tanulták el a magyar mesterek is az új technikát.

Franciaországban a kerámiatörténet önálló fejezetét jelentette Bernard Palissy sajátos stílusa. A hányatott sorsú, protestáns volta miatt üldözött (börtönben halt meg) művész dísztárgyait a zsúfolt túldíszítettség, az edényeit borító természetűen mintázott, naturalisztikus levelek, páfrányok, hullók (kígyó, gyík) béka, rák és halfigurák jellemzik. A XVI. századtól olasz fajansz technika Franciaországban is uralkodóvá vált. Az alacsony tüzü festés bevezetésével az alkalmazható színskála jelentősen kibővült és lehetővé tette az aranyfestés alkalmazását. Díszítményeik a korabeli ötvösművészet, csipkekészítés, festészet és szobrászat hatását is tükrözik.

Németalföldön (a mai Hollandia területén) a fajanszkészítés két jelentős korszakát különböztetjük meg. Az első időben az olasz hatás figyelhető meg, majd egyre inkább a (Holland Kelet- indiai Társaság hajói által Európába hozott) kínai porcelán utánzására való törekvés.

Angliában a kerámiaipar a középkorban is igen fejlett volt; a termékeket itt is használati edények, illetve padlócsempék jelentették. Kedvelt téma a bekarcolásos, illetve felrakásos technika alkalmazásával előállított reliefes, domborműves kancsó. A reneszánsz korszakban itt is előtérbe került az olasz modorú angol fajansz előállítása, egészen a jellegzetes angol keménycserépedény feltalálásáig, amely fehér színe, a kínai porcelánhoz való hasonlósága, a gyáripari módszerekkel való gyártási lehetősége folytán a XVIII. században egész Európát elárasztotta.

4.2.9. A kínai kerámia és porcelán

A kínai kerámia fejlődése vezetett elsőként a porcelán feltalálásához a világon. Ennek időpontja a Tang dinasztia (i. u. 618-907) idejére tehető. A porcelángyártási titkot sikerrel megőrizték, így több évszázadon keresztül karavánok, keresztes lovagok majd a portugál, holland és angol hajósok révén nyugatra kerülve az uralkodók féltve őrzött kincseit képezték. Az arannyal vetekedő értéke miatt utánzása az európai keramikusok mértékadó célkitűzésévé vált, és ez vezetett a porcelán európai újrafelfedezéséhez 1709-ben. A kínai művészet korszakait a dinasztikus történetírás hagyományához igazodó periódusok alkotják. A kerámiaművészet fejlődését vizsgálva a technikai újdonságok, és bravúrok sorozatáról lehet beszélni.

A Han- korszakban (i. e. 206, i. u. 220) indult az első kínai karaván nyugatra, és megindult a kerámia fejlődése szempontjából is döntő árucseré. Elő-Ázsia, a Római Birodalom és

Kína között. A Han-birodalom felbomlását követve feltalálták a kőcserepet, amely már kaolint is tartalmazott, így protoporcelánnak (ősporcelánnak) tekintjük.

A Tang-korszakban (618-907.) – amely a kínai birodalom virágkorát jelentette – került sor a porcelán felfedezésére. Ebben az időben Kínában háromféle különböző minőségi színvonalat képviselő kerámiát állítottak elő. Legolcsóbb volt a közönséges ólommáz asyagedény, a középosztály részére keménycserép készült. Az áttetsző fehér porcelánt pedig már csak az előkelő réteg tudta megvásárolni. A technika fejlődését mutatja az alkalmazott színes mázak sokasága, amelyek közül kiemelkedik a szürkészöld szeladon máz.

A Szung-dinasztia (970-1279.) idejét a máztechnika tökéletes kiaknázása, a porcelánt nagyon megközelítő keménycserép előállítására jellemezte. Ismert volt a máz feletti festés, szívesen alkalmazták a bekarcolásos díszítést, valamint a tudatosan előállított repedezett (kráklür) mázakat.

A Ming és a Csing korszak, amely együttesen a XVIII. század végéig terjedt, a porcelán aranykora Kínában. A Kelet-indiai tengeri út felfedezése (1498.) után hajók sokasága hozza a kínai fűszereket, selymeket és porcelánt Európába. A porcelánból már nem csak drága étkezészetek, díszedények készülnek, hanem a dúsgazdag uralkodó réteg divatja szerint úgynevezett porcelánszobákat rendeznek be, ahol a bútorokon keresztül minden porcelánból készül.

4.2.10. A porcelán felfedezése

A XVI. századtól a Kínából Európába került porcelán fantasztikus értéke, az ónmáz as fajansz előállítását már tökéletesen ismerő és gyakorló keramikusok egyre szélesebb rétegét ösztönzi a kínai porcelán utánzására, a porcelángyártás titkának megfejtésére. A kínai porcelánok mintáit egyre elterjedtebben alkalmazzák a fajanszon, míg a német alkimista Johann Friedrich Böttger arany előállítási kísérletei közben 1709-ben a porcelán anyagát is felfedezi, így hamarosan már semmi akadály a kínai porcelán tökéletes utánzásának, majd az önálló európai porcelánművészet kifejlődésének.

Böttger korszakalkotó felfedezése nyomán 1710-ben Meissenben Erős Ágost szász választófejedelem megalapította az első porcelángyárat. A kezdeti időszakban erősen uralkodott a kínai és a japán porcelánokon alkalmazott díszítés másolása, később két művész, Herold és Kändler munkássága nyomán kialakult a sajátos meissen stílus. Mivel a porcelán előállítása egyedülálló üzleti vállalkozásnak bizonyult, a titkot minden eszközzel igyekeztek megőrizni. Ennek ellenére a környező fejedelemségekben sorra rendezik be a porcelángyárat, többnyire a Meissenből elbocsátott szakemberek tudására alapozva.

Érdekességképpen a Meissent gyorsan követő gyáralapítások sorrendje:

- Bécs 1717.
- Szentpétervár 1744.
- Nymphenburg 1747.
- Höchst 1750.
- Berlin 1751. (forrás: Weiss-Ullstein Porzellanbuch)
- Fürstenberg 1753.
- Frankenthal 1755.
- Koppenhága 1759.

A gomba módra szaporodó porcelángyarak történetében a kezdeti időszakban mindenütt a kínai stílusjegyek tökéletes utánzása jelentette a mestermunkát (ilyen módon a kínai stílusjegyek Európa szerte elterjedtek, átkerültek az európai porcelánművészetbe és helyenként máig is felismerhetők a gyártásban).

Ezt követte az egyes gyárak sajátos stílusának kialakulása. A néhány évszázados múlttal rendelkező - esetleg máig is fennálló – porcelángyarak történetét művészi könyvek sorozata dolgozza fel, arra a jegyzetben nem térünk ki. Egy-egy nagy múltú gyár vagy manufaktúra kiadványainak beszerzése, áttanulmányozása a szakmát művelők számára természetesen mindig ajánlott.

4.2.11. A magyar kerámiaipar története ^{35 36}

A magyar államalapítást követő Árpád-korból az ásatások során napvilágra került kerámia emlékanyag csak hézagosan teszi megismerhetővé a kor kerámiatörténetét. A kerámiatárgyak főleg használati edények voltak, és a korábban itt élt szláv mesterek stílusában készültek.

A kerámia másik jelentős területe a padló és a kályhacsempék készítése volt, amelyet a Mátyás udvarába hívott olasz mesterek művészi fokra emeltek. Nekik köszönhető az ónmázás fajansz magyarországi meghonosítása is.

A mohácsi vész után a fajanszkészítés úgyszólván megszűnt, helyét a török fazekasok nyomán előállított ólomházas népi kerámia vette át.

Új korszakot nyitott a hazai kerámia kultúrában az anabaptista vallásuk miatt üldözött habánok Svájcból Morvaországon keresztül történt Magyarországra menekülése. Az általuk előállított ónmázás fajanszedények díszítményei önmagukban is jelképezik a középkori kerámia fejlődését, munkáikban fellelhető az olasz (faenzia), német, török és magyar hatás mellett a delfti motívumkincs is.

Jellegzetes motívumaik a virágminta, a gránátalma, a tulipán, a csipkeminta a szegélyeken, stb.

Jellegzetes a színezésük is, amely a viola, az okkersárga, a zöld és a kék szín alkalmazását jelenti.

1743-ban Holicson alapította Mária Terézia férje az első magyar fajanszgyárat. Ezt követte a gyáralapítások sora Tatán, Budán, Bélaházán, Ózombaton, stb.

Az angol kőedények európai betörése a XVIII. század végén a fajanszkészítés hanyatlását vonta maga után. A korábbi fajanszkészítő manufaktúrák vagy tönkrementek, vagy alkalmazkodva az új divathoz, kőedény előállítására álltak át. A kor legjelentősebb hazai kőedénygyárjai: Holics, Eperjes, Körmöcbánya, Miskolc, Apátfalva, Telkibánya, Hollóháza (1831), Tata, Pápa, Városlőd, Lukafa helységekben működtek.

Tulajdonképpen kőedény előállításával kezdte a hamarosan világhírnévre szert tett Herendi Porcelángyár és a pécsi Zsolnay-gyár is a maga életét. Herenden Stingl Vince alapított gyárat 1826-ban. Stingl kőedénygyárát csak állandó kölcsönökkel, súlyos adóssággal terhelten tudta fenntartani. 1839-ben Fischer Mór, tatai származású fazekas

³⁵ Katona Imre: A magyar kerámia és porcelán, Képzőművészeti Alap Kiadóvállalat, Budapest, 1978.

³⁶ Grofcsik János: A magyar finomkerámiaipar története, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.

vásárolta meg a gyárat, és páratlan művészi érzéssel előállított porcelánjaival világszerte ismertté tette.³⁷

Pécsett 1852-ben a Zsolnay család kezdett kőedény előállításával foglalkozni. Zsolnai Vilmos törekvései hamarosan sikerre vezettek, 1876-tól a kőedény és a porcelán között átmenetet képező Zsolnay-féle keménycserép (porcelán-fajansz) gyártására tértek át. Zsolnay állandó kísérletezései különféle kerámia anyagok és termékek előállítását eredményezték, hogy csak a legsikeresebb pirogránitot és eozint említsük.³⁸

Külön említést érdemel még Fischer Ignác által a XIX. század második felében Budapesten alapított kőedénygyár, amely 1895-ben a Zsolnay család tulajdonába jutott. Sokáig Budapesti Porcelángyár néven működött.

A következőkben felsorolt cégek, gyárak hagyományai, történeti múltja több (az ajánlott szakirodalmak jegyzékében felsorolt) kiadványban feldolgozásra kerültek, ezért e témákkal részletesebben a jegyzetben nem foglalkozunk. Ezek:

- a Finomkerámiaipari Művekhez tartozó Alföldi Porcelángyár (Hódmezővásárhely, AP),
- a Hódmezővásárhelyi Majolikagyár (AP gyáregysége),
- a Budapesti Porcelángyár,
- a Gránit Csiszolókorong és Kőedénygyár (Budapest),
- a Herendi Porcelángyár (HP),
- a Városlódi Majolikagyár (HP gyáregysége),
- a Hollóházi Porcelángyár³⁹,
- a Kőbányai Porcelángyár,
- a Zsolnay Porcelángyár (Pécs),
- a Romhányi Építési Kerámiaipari Gyár.

4.2.12. A modern kerámia

A XVIII. század második felében a kerámiaipar területén bekövetkezett technikai forradalom, a gyors ütemben szaporodó porcelángyárakban folyó nagyüzemi termelés fokozatosan tönkretette a kézműves jellegű művészi porcelánipart. A majolika (fajansz) gyártása is háttérbe szorult és egyedül az ugyancsak szériában gyártott keménycserép állta a versenyt. A XIX. században, párhuzamosan a kapitalizmus fejlődésével, a kezdetben még művészi színvonalon termelő porcelángyárak nagy részében is tömegtermelésre tértek át, és kerámiából, porcelánból silány tucatárut gyártottak.

Kivételt képeztek azok a porcelángyárak és manufaktúrák, amelyek máig is többnyire a kézműves, manufakturális jellegüket megőrizve művészi színvonalat képviselnek (Meissen-i Porcelángyár, Dán Királyi Porcelángyár, Sevres-i Porcelángyár, Bécsi (Altwien) Porcelángyár, Fürstenbergi Porcelángyár, Nymphenburgi Porcelángyár, az angol Royal Worcester gyár, a portugál Vista Allegra gyár).

³⁷ Sikota Győző: Herendi Porcelán, Budapest, 1970.

³⁸ Romváry Ferenc: Zsolnay; Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft, 2011.

³⁹ Sikota Győző: Hollóházi kerámia, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.

Az olcsó tömegáru előállítására és elterjedésére nemcsak a művészi színvonalú gyártást tette gazdaságtalanná, hanem a népművészet hanyatlását, a népi fazekasok tönkremenetelét is maga után vonta.

A kerámia- és porcelánművészet a XIX. század második felétől, de különösen a XX. század elején jutott túl a válságon és az iparművészet vezető ágává küzdötte fel magát. Megnőtt a szobrászatot és a festészetet egyesítő kerámia iránti érdeklődés a képzőművészek körében. Picasso, Braque, Miro úttörő munkássága egy sor képzőművész figyelmét fordította a kerámia által kínált új lehetőségek felé. Lassan megszületett az egyedi munkát magában foglaló kerámia és porcelán iránti társadalmi igény, amely a modern lakberendezés nélkülözhetetlen részévé vált.

Magyarországon Gádor István, Gorka Géza, és Kovács Margit munkássága a modern magyar kerámia-kultúra nemzetközileg is elismert alapjait rakta le. Nyomukba lépett nemzedék jeles képviselői közül: Kis-Roóz Ilona, Cser Jolán, Gorka Livia, Garányi József, Garányiné Staindl Katalin, Majoros János, Majoros Hedvig, Csekovszky Árpád, Schrammel Imre a teljesség igénye nélkül.

Napjainkban a magyar kortárs porcelánművészet rendkívül magas művészi színvonalú, sokszínű, izgalmas formavilágú. Egy-egy kiállítás így nem csak egyszerűen műveket, hanem szellemi folyamatokat, a manufaktúrákra, illetve az autonóm művészekre jellemző karakterisztikus jegyeket, specifikumokat képes láttatni és felvonultatni. Az alkotók: Babos Pálma, Bendek Olga, Dobány Sándor, Gulyás Katalin, Horváth László, Meixner Etelka Melocco Miklós, Nagy Márta, Nácsa Edit, Schrammel Imre, Takács Zoltán, Tamás Ákos, Turcsány Judit, T. Surányi Anna, Ujj Zsuzsanna Vásárhelyi Emese, Vida Judit, jelentős művészek, akik Herenden, a Zsolnay Gyárban, és Hollóházán ipari körülmények és feltételek között is karakteres, különleges műveket hoztak létre.⁴⁰

A művészi kerámia felvirágzásával párhuzamosan a népi kerámia gyártása is új reneszánszát éli. Sárospatak, Nádudvar, Karcag, Mezőtúr, Hódmezővásárhely, Szekszárd, Siklós, Mohács, Kaposvár, Csákvár, Magyarszombatfa kerámiaja országszerte híressé vált. A mai népi kerámiát már nem a falu, a falusi ember igénye táplálja, a mai fazekas már jobbra a művészetet szerető emberek számára készíti termékeit.

⁴⁰ Balla Gabriella: Herend, Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 2003.

5. Szakrajz

A rajzkészség az ember egyik legcsodálatosabb képessége. Az iparművészetben a szem, a kéz, az agy és a szív együttesen valóban csodákra képes, a rajzokkal pedig a háromdimenziós tér illúziója varázsolható a rajzfelületre. A rajzolás elsajátítása hosszú időt igényel még egy mester számára is. Megismert és elsajátított sor törvényt, szabályt és igazságot, sok gyakorlással fejlesztette rajzolási képességét. Így van ez a szakmával is, csak gondos figyelemmel, sok-sok gyakorlással lehet rávezetni a szemet és a kezet arra, hogy minden finom részletet észrevegyen és képes legyen a lágy formák visszaadására.⁴¹

A kerámia-, porcelánkészítő gyakorlat forma- és arányérzéklet, térlátást, ábrázolási készséget kíván meg a művelőjétől. Az ábrázolás fogalma e szakma gyakorlása során magában foglalja az anyag formázását és annak tervezését, a rajzolás is. Ennek megfelelően alkalmazunk térbeli és síkbeli ábrázolást. Pl. egy-egy kerámia- vagy porcelánfigura kicsinyítve, nagyítva vagy mérethűen adja vissza az eredeti tárgy alakját, vagyis azt bármely irányból szemlélve az eredeti tárgy érzetét kelti. Egy tárgy tervezésekor térbeli alakzatot síkban ábrázolunk, rajzolunk.

A rajz az emberi gondolkodás terméke, gondolatokat közöl vizuális módon. Egyetlen művészeti kor sem nélkülözhetette, mint ahogy egyetlen díszítőművészeti tevékenység sem képzelhető el rajz nélkül. A rajzot minden képző-, ipar és díszítőművészeti alkotás alapjának kell tekinteni, független az alkalmazott technikától.

Nem pusztán a kontúr elüresedett formája, hanem a benne foglalt arányok és a helyesen megfigyelt irányvonalak kifejezése, amely a karaktert és a mozgást adja.

Míg a műalkotások az ábrázoláson kívül gondolatokat, érzelmeket is közölnek, addig a szakrajz, műhelyrajz többnyire racionális elemekből, érzelmektől függetlenül, pontosan és precízen ábrázol, a gyártás egy segédeszköze, egy olyan vizuális nyelv, amely lehetővé teszi a tervező és gyártó, kivitelező kölcsönös megértését. A szakrajz készülhet vázlatyszerűen - csak jelleget és típust adó-, vagy részletezően megmunkált formában, de célja, hogy ugyanazt az információt közvetítse és jelentse minden rajzoló számára, a világon mindenhol ugyanúgy értsék, értelmezzék.

A jelen szakrajzi áttekintés csak a legszükségesebb fogalmakat említi, áttekintésének, felelevenítésének, magasabb szintű elsajátításának gyakorlati haszna és célja, hogy segítse a mester-remek műhelyrajzának elkészítését, amely rajzilag helyes, egyértelmű, tisztán olvasható és a szakmában nélkülözhetetlen precizitással elkészített kell, hogy legyen, továbbá tervezői-kivitelezői munkáiban segítse a mestert a különféle rajzok használatával, alkalmazásával.

5.1. A térábrázolás geometriai rendszerei és azok megjelenítése

5.1.1. A térábrázolás módszerei

Az ábrázoló geometria a térbeli alakzatok síkbeli ábrázolásának törvényeivel és gyakorlati módszereivel foglalkozik.

Az ábrázoló geometria rendszereiben síkra vetítjük a tárgyak elemeit úgy, hogy a tárgyak minden egyes pontjára ún. vetítőegyenest illesztünk, és ezek a képsíkot elérve kitérítik rajta a tárgypont képét.

⁴¹ Barcsay Jenő: Művészeti anatómia, Corvina Kiadó, Budapest, 1973.

A vetítés módszere alapján különböztetjük meg a térgeometria három ábrázolási rendszerét:

- a perspektivikus ábrázolást,
- a Monge-féle derékszögű vetületi ábrázolást, és
- az axonometrikus ábrázolást.

A három rendszerben ugyanarról a tárgyról három nagyon eltérő kép készül. Másképp teljesül a két alapvető követelmény is: a pontosság (méretarányosság) és a térbeliség (szemléletesség) is.

A látásélményünkhöz legközelebb álló képet, a perspektivikus rajz adja, amely nem méretarányos kép, viszont a torzulás mértéke meghatározható benne.

A vetületi ábrázolással elsősorban az elemek pontos méretarányát, kiterjedését tudjuk rögzíteni. Ennél az ábrázolási módnál a merőleges képsíkokra vetítések eredménye a rendezett vetületi kép.

Az axonometrikus rajz a méretarányosság mellett már egyetlen vetítéssel is szemléletes, és „térbeli” képet is ad.⁴²

Perspektivikus ábrázolás - távlati ábrázolás - látszattani ábrázolás

A valóság tárgyait különböző nézőpontokból szemlélve másként látjuk, vagyis a tárgyak különböző perspektivikus viszonyokban jelennek meg előttünk, amely teljesen természetes számunkra.

A távlati kérdések tanulmányozását a következő fő kérdések köré csoportosíthatjuk:

- az egyenesek távlati viszonyai (ún. vonaltávlat), síklapú testek távlati ábrázolása,
- a vízszintes síkban fekvő körök távlati viszonyai. Az alapsíkra merőleges tengelyű forgástestek távlati ábrázolása,
- a függőleges és ferde síkban fekvő körök távlati viszonyai. Vízszintes és ferde tengelyállású forgástestek távlati ábrázolása,
- a testek árnyéka.

Például a vonaltávlattal elsősorban szögletes tárgyak, testek síklapon való ábrázolásával kapcsolatban találkozunk. A vonaltávlat, a perspektíva törvényszerűségei már nagyon régóta foglalkoztatják az embert, amióta csak a térábrázolás igénye felmerült. A művészettörténeti tanulmányokból már ismeretes, hogy a perspektíva törvényeinek felismerése sarkalatos pontja volt a térábrázolásnak.

A látásunknak megfelelő szemléleti, vagyis többnyire természetutáni szabadkézi ábrázolási módszert a XV. században kezdték alkalmazni festői módszerként is, majd kidolgozták az ábrázolás matematikai alapokon nyugvó törvényeit, és megszületett a tudományos perspektíva szerkesztő geometriája.⁴³

Ha egy tárgyat szemlélünk, a következőket észleljük:

- minél messzebb van egy tárgy, annál kisebbnek látszik,
- minél távolabb van egy tárgy, annál halványabban észlelhető,

⁴² Pázmány Ágnes – Permay Éva: Látás és ábrázolás, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 2009.

⁴³ Takács Zoltán: Kerámiaipari szakrajz, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1989.

- a távolodó alapsíkban vagy alapsíkkal párhuzamos élek, síkok összetartani látszanak, az egyenesek távlati képe a horizont ugyanazon pontjába tart, az ún. iránypontban futnak össze (rálátás, alálátás),
- a távolodó élek, síkok megrövidülnek,
- az alapsíkra merőleges egyeneseket függőlegesnek észleljük és rajzoljuk (kivétel békaperspektíva, madárperspektíva)

Ha mindez geometriai precizitással párosul, akkor érvényesül a centrális perspektíva.

A korai reneszánszban találkozhatunk vele először pl. Piero della Francesca, és főleg Leonardo da Vinci alkotásain, az Utolsó vacsora c. képén a kép minden perspektíva vonala pontosan a geometriai középpontba vetül Krisztus arcára.

Megfigyelhetjük azt is, hogy a rálátás és alálátás, szemünknek a tárgyhoz viszonyított magasságától függ. A rálátást és alálátást szemmagasságunkban elképzelt sík, a horizontsík választja el egymástól.

Azt tapasztaljuk, hogy a tőlünk távolodó vízszintes párhuzamosok a horizontsík végtelen távoli határvonalán, a horizontvonal egy pontban, az iránypontban látszanak összefutni. A különböző irányban futó vízszintes párhuzamos sík összefutása, iránypontjai mind a horizontvonalon helyezkednek el.

A függőleges éleket függőlegesnek észleljük.

Az, hogy a szemlélt tárgyat milyennek látjuk, nézőpontunktól függ. Egy tárgyat a rálátás (madárperspektíva, madártávlat pl. Camille Pissaro párizsi városképeit), vagy alálátás (békaperspektíva) mellett szemlélhetjük szemben, fél-profilban és negyed-profilban. Ezekről függ, hogy rajzunkon a távolodó párhuzamos élek a vízszintessel milyen – kisebb vagy nagyobb – szöveget zárnak be. A művészettörténeti tanulmányokban mindkét változatra találunk példákat, különösen a manierizmus korában és a barokk stílusban festett képeken.

Tapasztalhatjuk:

- minél nagyobb a rálátás, annál nagyobb az alapélek látszati képének a vízszintessel alkotott hajlásszöge
- minél többet látunk az egyik oldallapból, annál kisebb az alapél hajlásszöge
- minél nagyobb az alapél hajlásszöge, annál rövidebben látszik és a párhuzamosok összetartásának mérve annál nagyobb
- ha a nézőpontunk nem változik, csak a tárgyat fordítjuk el, a sarok-éltől számítva egyik oldal vízszintes éleinek hajlásszöge csökken vagy nő.

A vízszintes síkban fekvő körrel rajzi feladatainkban általában forgástestek ábrázolásakor találkozunk. A forgástest egy síkidom szimmetriatengely körül való forgatásával keletkezik. A forgástest forgástengelyre merőleges síkmetszetei körök.

Ez azt jelenti, hogy bárhol elmetsszük a forgástestet a forgás tengelyére merőleges síkkal, a sík mindig kör alakú metszetet ad ki a testből, így a forgástestek végtelen sok, egymás fölötti rétegben elhelyezett körből épülnek fel.

A síkon való ábrázolásnál egyértelmű, hogy a horizont síkban fekvő kör perspektivikus képe egyenes, és ha a körlap síkját önmagával párhuzamosan süllyesztjük a horizont alá, fokozatosan öblösödő ellipszis lesz a távlati képe. Igaz ez fordítva is, ha a mi helyzetünket

változtatjuk és közelebb lépünk vagy távolodunk, mint szemlélő a körtől, a rálátás mértékétől függően nyújtottabb lesz az ellipszis perspektivikus képe.⁴³

Összefoglalva a látszati ábrázolás szabályait:

- a párhuzamosok egy iránypontban találkoznak
- a két oldallappal látszódo testeknek két iránypontjuk van
- a függőlegesek nem változnak
- a kör látszati képe ellipszis (vízszintes-, függőleges síkban fekvő körök, stb.)
- a tárgy képe szemmagasságunktól függ (rálátás – alálátás - szemmagasság)
- a tárgy nagysága tőlünk távolodva csökken, a méretek rövidülnek.⁴²

A Monge-féle derékszögű vetületi ábrázolás

A látvány valóságú visszaadása a perspektivikus ábrázolással érhető el. A műszaki közlés számára ez nem megfelelő, a vonaltávlát törvényei alkalmazhatatlanok a műszaki gyakorlatban: mert csak részben párhuzamos tartó, mert nem szögtartó, mert nem mérettartó. A felsorolt hiányosságok megszüntethetőek a Monge-féle vetületi ábrázolással. Ennek lényege, hogy a térbeli tárgyról, idomról egymásra merőleges képsíkokon készítünk képet (vetület), majd a képsíkokat egy síkban egyesítjük (vetületi szabály). Egy-egy tárgyról mindig annyi vetületet kell rajzolnunk, amennyi a tárgy alakjának egyértelmű felismeréséhez és minden méret szabatos megadásához szükséges.

Ez az ábrázolási mód lehetővé teszi a tárgy alakjának és méretének kimerítő rögzítését, de a tárgy térbeli alakjának elképzeléséhez (a vetületek alapján) fejlett térszemlélet szükséges. Rajzolásakor a vetületekben megadott rajz értelmezése, képzeletben történő megelevenítése történik. A leendő mesterszakmunkásoknak tudniuk kell műhelyrajzot készíteni és mások által készített műhelyrajzot szakszerűen „olvasni”.⁴⁴

Ha vetületi ábrázolásokkal a tárgyak külsejét ábrázoljuk, akkor ezeket a vetületeket nézetnek nevezzük. Azonban a finomkerámiaipari termékek között nagyon sok üreges tárgyat találunk. Ezen üreges testek, tárgyak gyártástechnológiájának meghatározására ezeket a nem látható belső üregeket, belső tagozódásokat, falvastagságokat is „meg kell mutatnunk”. Erre az egyes vetületeken, a vetületi szabálynak megfelelő elhelyezésben az egy vagy több síkkal végrehajtott képzeletbeli síkmetszés, és eredménye a metszeti rajz a legalkalmasabb. Fajtái: teljesmetszet vagy részleges metszet, mint pl. félnézet-félmetszet, szelvény, kitörés.⁴⁵

Az axonometrikus ábrázolás

Szemléltető, térhatású kép szerkesztésére alkalmas vetítési módszer.

Fő csoportjai:

- Merőleges vagy ortogonális axonometria
- Ferdeszögű vagy klinogonális axonometria

Merőleges vagy ortogonális axonometria: Ebben a rendszerben az axonometrikus képsíkot a tárgyhoz képest általános helyzetben állítjuk fel. A képsíkra merőlegesen vetítjük a tárgy pontjait. Az egymással párhuzamos vetítőegyeneseink miatt a párhuzamos egyenesek axonometrikus képei is párhuzamosak lesznek. A ferde képsík miatt ugyan az eredeti tárgyméretek torzulnak (rövidülnek, vagy meghosszabbodnak), de a méretváltozások aránya pontosan meghatározható. Speciális esete az izometria-egyméretű axonometria,

⁴⁴ Ocskó Gyula: Rajz 2. – Vetületi ábrázolás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1992.

⁴⁵ Szatmáry Béla: Rajz 3. – Metszeti ábrázolás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.

amely szimmetrikus képet ad, és látszati rövidülést a tengelyeken nem alkalmaz. Nagy rá- vagy alálátás érhető el vele. Ebbe a csoportba tartozik a kétméretű (dimetrikus) axonometria is, ahol a távlati rövidüléseket a kétféle méretarány alkalmazásával tüntetjük fel, általános szemléltetésre javasoljuk.

Ferdeszögű vagy klinogonális axonometria: Ha az axonometrikus képsíkot a tárgy alapsíkjára merőlegesen vesszük fel, akkor ferdén vetítünk. Speciális esete a Kavalieri-axonometria, a legáltalánosabban alkalmazott axonometrikus ábrázolási mód. Ebben az esetben az axonometrikus képsíkot valamelyik koordinátasíkkal párhuzamosan vesszük fel. Előnye, hogy az előlnézeti lapot (front) hajlásszög nélkül, torzulásmentesen, eredeti alakjukban és méretükben látjuk.

Az axonometriában a koordinátasíkok tengelyeit is ábrázoljuk, hogy az axonometrikus képsíkon, hogy a méretváltozásokat meg tudjuk határozni.⁴⁴

Feladat: Kerámia-, porcelántárgyak nyílás-nyak-, és talpforma változatainak rajzolása

A kerámia-, porcelánedények formáinak fejlődése a különböző korokban használati céljuknak megfelelően változott. Az edényttest kiképzése arányos, szilárd talpon helyezkedik el. A nyak hangsúlyos, szájnnyílás mintegy koronázza a felépítést. Ennek megfelelően a különböző korok porcelántárgyainak bemutatása mellett bontsuk fel rajzban az adott porcelántárgy részeit és készítsünk elforgatott helyzetű szájnnyílás és talpforma rajzokat.

A rajz kétféle változatban készüljön:

- látszati (rálátásos, perspektivikus) rajzzal,
- szerkesztett, vetületi rajzzal

Hangsúlyozzuk ki a peremek rendeltetését, jellegét, díszítményét, az anyagszerűségét, a felhasználási szempontú alkalmasságot. Ugyanezt vezessük végig az edény talpformáinak ábrázolásában. A peremekről készítsünk metszeteket.

5.1.2. Technológia tervdokumentáció készítése

Műszaki ábrázolás – műszaki rajz

A műszaki rajz valamely műszaki ábrázolásnak vagy szerkezetnek a rajzban történő rögzítése. A műszaki rajz célja lehet egy-egy porcelán vagy kerámiatárgy, alkotás szemléltetése is, de legtöbbször azért készül, mert olyan módon ábrázolja a testet, ami alapján megfelelően elkészíthető, gyártható, sokszorosítható (kivitelezési dokumentáció). A műszaki rajzok készítésekor felhasználjuk az ábrázoló geometria tudományának törvényszerűségeit és a vonatkozó szabványok előírásait, szabványos jelölési rendszerét.

A műszaki rajzok céljuk, tartalmuk és kivitelük szerinti fajtái⁴²

Céljuk szerint lehetnek: tervrajzok, vázlatok; összeállítási, szerelési rajzok; műhelyrajzok; sematikus vagy elvi rajzok. Például:

Összeállítási rajz az egész gyártmányról vagy egy szerkezeti egységéről készül. A szerkezeti elemeket alakhűen ábrázolja, de nem tartalmazza az elkészítéshez szükséges adatokat, csak a szereléshez, ellenőrzéshez szükséges méreteket, a szereléskor végzendő

munkákat. Az egyes alkatrészek tételszámot kapnak, amelyeket a darabjegyzékben kell feltüntetni.

Műhelyrajz vagy kivitelezési rajz (szerelési rajz): mindazokat az adatokat tartalmazza, amelyek a gyártáshoz, szereléshez, és az ellenőrzéshez szükségesek. A műhelyrajz egyértelműen meghatározza a készgyártmányt oly módon, hogy megadja a gyártmány szerkezetét, (alkat-) részeit, azok alakját, méreteit, anyagát, technológiáját, darabszámát, felületének kiképzését (pl. gravírozás, áttörés, mázazás). Vigyázat, a kerámiaiparban a gipszmodell-műhelyrajz mindig eltér ettől! Ez abból adódik, hogy a porcelán, kerámia, samott, pirogránit, stb. száradásának és égetési zsugorodásának következtében a késztermék mérete kb. 5-18%-kal kisebb a gipszmodellek méreténél, és a késztermékek műszaki rajza semmiképpen nem utal a gipszforma-berendezés méreteire, alakjára. Kivitelezéskor fontos tisztázni, hogy az adott méretek a késztermékre vagy a gipszbe készített minta méreteire vonatkoznak-e.

Tartalmuk szerint lehetnek: munkadarab rajzok a gyártáshoz szükséges összes adattal; körvonal- vagy jellegrajzok esetleg a fő méretek jelölésével.

Kivitelük alapján lehetnek: vázlatrajzok; szabadkézi és szerkesztett ceruzarajzok; tussal készített pauszrajzok; fénymásolatok, nyomtatott rajzok.

A műhelyrajzokon alkalmazandó legfontosabb alapszabványok, szabályok, ábrázolási módszerek:

- A méretezési elvek (szükséges és elégséges méret) - méretmegadás elemei, méretarány; a műszaki rajzok és ábrák vonalai; szabványírás; feliratmező; a rajzolás eszközei és papírok; kicsinyítés-nagyítás
- Ábrázolás metszetekkel (teljes metszet, félnézet-félmetszet, szelvény)
- Monge-féle derékszögű vetületi ábrázolás, axonometrikus ábrázolás (egyméretű-, kétméretű-, Kavalieri-axonometria)

Zsugorodás és zsugorodási számítások⁴³

Az előbbi pontban kifejtettük, hogy műhelyrajz készítése során nem mindegy, hogy a kerámiaipari termék méretei gipszméretre vagy a kész tárgy méreteire vonatkoznak. Ezekhez zsugorodási számításokat kell végezni.

1. Feladattípus

A késztermék méretének kiszámítása adott gipszméretből.

2. Feladattípus

A gipszmodell méretének kiszámítása adott késztermékméretből.

Tervezett forma műhelyrajzának elkészítése

A kerámia-, porcelántárgyak műhelyrajzai tulajdonképpen szakrajzok. Bonyolult, összetett műveleteket igénylő mestermunka tervrajzának készítésénél pontos és világos műhelyrajz nélkül nem lehet eredményes munkát végezni. A rajzhoz el kell készíteni a mester-remek, vizsgamunka térbeli szemléletes rajzát is.

A mester-remek tervezésekor azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a mester-remek tárgy vagy tárgycsoport funkcióelemzését sem. Ez alatt értjük, hogy a mester-remek formatervezésekor azt egységében és különböző elemeiben is meg kell vizsgálnunk, mégpedig esetlegesen funkcionális, de mindenképpen gyárthatósági szempontból. Pl. egy

tál, vagy edénykészlet esetén a funkcionális szempontok elsőbbséget élveznek, hiszen a használhatóságot vesszük alapul, amely meghatározza a formát, az pedig a gyárthatósági szempontokat.

Funkcióelemzés során a tárgy használhatósága mellett felsorakoztatott érveinket állítjuk szembe a gyárthatóság érdekében a szakmai tapasztalat alapján átgondolt érveinkkel, amely a tervezői gondolkodás alapja. Várhatóan végeredményként kompromisszumos megoldások fognak születni. A vizsgamunka eredményessége, a tárgyak jó minősége és használhatósága függhet a helyes funkcióelemzéstől és a gyártási rajz pontos kivitelezésétől.⁴³

5.2. Ornamentális, figurális ábrázolás

5.2.1. Természeti formák ábrázolása a síkon

Az ornamentika alapfogalmai

Az „ornamens” latin eredetű szó, díszítményt és díszítő művészetet is jelent. Több azonos vagy különböző díszítőelem összekapcsolásából, vagyis kompozíciós viszonyba való állításából jön létre. Az ornamentika, vagy más néven művészi ékítés díszítő jellegű, ezért soha sem független a tárgytól és annak anyagától. Rendeltetésében pedig a társművészet szerepét tölti be. Azonban érdemes felhívni a figyelmet arra az ősi, sokoldalú, sokjelentésű kifejezőmódra, amely nem is volt mindig pusztán dísz, hanem jelbeszéd, gondolat, fogalom-közlés is. Ugyancsak több volt pusztán díszítésnél az ókori kultúrák ornamentikája, a középkor, a reneszánsz kifejező díszítményei. A díszítmény és konstrukció, a hasznosság és az anyag lehetőségei, a dekoráló kedv és a korszellem évezredek óta hatottak a forma és díszítés alakulására.

Művészettörténetünkben az ókori görög vázafestészet fogalmazta meg a követendő példát, amikor a formát tekintettel elsődlegesnek és a díszítést mindenkor a vázatest tagozódásának kiemelésére szánta. E törekvésben már az ornamentika általános célja is tükröződött, amikor valamilyen szerkezeti elem kiemelését, vagy jelképes mondanivaló kifejezését tartotta feladatának. A díszítő elemek lehetnek figurálisak vagy geometrikusak – a különböző stíluskorszakokban változó jellegűek, motívumaik az adott stílus jellegzetes részei. Pl. az antik művészetben a meander, a gótikában a rombuszdísz, a reneszánszban a groteszk, a barokkban a kartus és a voluta, a rokokóban a rocaille, a copf stílusban a füzérdísz, a modern művészetben az absztrakt alakzatok.

Összességében tehát a kompozíció a célnak és feladatnak megfelelően alakult a képzőművészetek fejlődésével együtt, sajátos megnyilvánulási formájának megfelelően. Koronként változó és a kor művészeti felfogását tükröző stílusban töltötte és tölti be szerepét napjainkban is a díszítőművészetben.

Különböző korok jellemző ornamentikái ⁴⁶

Ha nyomon követjük a művészettörténettel párhuzamosan az ornamentika történetét, minden korban fellelhetjük a kor szellemét legjobban tükröző, kifejező díszítményeket a jellemző motívumaival, azok jelentésével s a motívum csoportosítás és kapcsolás jellemző módjait.

⁴⁶ Dr. Takács Edit: Általános díszítőipari szakrajz, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.

E tárgykor anyaga – a teljességre velő törekvés nélkül – kizárólag a kerámia- és a porcelán díszítőművészet megismeréséhez elengedhetetlenül szükséges válogatásokat tartalmazza. Az elméleti ismeretek mellett, a stíluscsoportokhoz tartozó motívumgyűjtemények a szakrajzi gyakorlatok keretében teremtik meg a különböző stílusok megismerését és alkalmazásának lehetőségét.

Az ókori művészetek ornamentikája

Az ókor díszítőművészetének kialakításában döntő szerepük volt az ókori keleti kultúráknak. A szigetvilág közvetítésével a görög művészet a keleti hatásokat átvette, és sajátos ízlésének megfelelően átalakította. Így a görög motívum kincs etruszk közvetítéssel került a római művészetbe, majd ezt az örökséget vette át a középkorban Bizánc. Az újkor díszítő művészete is az antikből merítette, és igen sok eleme szinte napjainkig is forrásanyagul szolgál.

Egyiptom területén az állam kialakulását megelőző időkben a díszítőművészet elsősorban az agyagedényekben jelentkezett. Az ősi nemzeti folyó a Nilus mentén sások, nádak, vízínövények közül választotta a díszítőművészet a lóbusznövény kanyargó indáit, leveleit és szíromkoronás virágát. Egyiptom jelentése a Nap bölcsője, a világosság hirdetője. A virág minden fejlődési fázisa megtalálható az oszlopfőkön, a domborműveken, a faragott elefántcsont és alabástrom vázákban, téglékeken, bútorokon, ruhadíszeken, ékszereken. A sokszínű virágcsokorba fogva, magányosan, futófrízen, ritmikus ismétlésben az edények külső formájaként egyaránt fellelhető. Szívesen alkalmazott és elterjedt dísz még a papiruszás. Virágja hármasszerű, szép formájú dekoratív növény. Az egyiptomiak kedvelték, ebből készítették az írás alapanyagát, a papiruszt. Hórusz isten növénye volt. Díszítette a kőfaragásokat, bútorokat, a fáraó kocsiját, az alabástrom edényeket, az ékszereket. Jelentése győzelem, öröm. Ábrázolták természetek környezetben, vízben, halak között és egészen stilizált formában is. Igen kedvelt díszítőelem a jellegzetesen egyiptomi szkarabeusz. A hieroglifákon is szerepe, tulajdonképpen Napjelkép, igen sok mély misztikus jelentéssel. Főleg a középbirodalom korában jelkép, címer, amulett, áldást vagy átkot szóró faragott kő, az örök élet és a visszatérés jelképe. Mint a szívskarabeusz a halottak amulettje. Vésve, festve, drágakőként ékszerbe foglalva igen elterjedt. Az egyiptomi hieroglif írás ornamentális jellege nyilvánvaló. A finom vésett, rajzolt, írott képjelek sematikus formái már önmagukban is díszítőelemek.

Kína legősibb díszítőelemei geometrikus jellegűek. Jellegzetes kínai motívumok a különböző állati és növényi figurák vallási képzetekkel kapcsolatosak és jelképes jelentőségűek voltak. Legfontosabbak: a hullámvonalakkal ábrázolt tenger a mindenlét szülőanyja, a denevér a hosszú élet, a sárkány a pusztítás, a fönixmadár a halhatatlanság, a mesebeli hoho-madár az örökkévalóság jelképe. A virágok egy része is szimbolikus értelmet kapott, így az őszibarack virága a jólétet jelképezte. A kínai díszítőelemekből a porcelán és selyem közvetítésével elsősorban a stilizált sárkány- és madár motívumok kerültek át módosított változatban az európai ornamentika anyagába. A kínai motívumkincs, mely számos európai porcelántárgy indulási alapját képezte, gazdag képzelő erejével, jellegzetes színezésével örökbecsű értéke lett a porcelánművészetnek. Hagyományait a hazai porcelángyárak körül a herendi fejlesztette.

Görög díszítőelemek - Ornamentikája kapcsolatos a keleti népekével, hisz közel van a tengerhez és már a régi időkben is a hajózás, a kereskedelem összekötötte kelettel. Az Égei-kultúra, amely megelőzte, és később sugalmazta a hellén művészetet, sok díszített tárgyat alkotott. Tengeri növényeket, állatokat ábrázolt díszítőelemként. (Tengeri csillag,

szivacs, tintahal, kagylók) Az ókori országok közül Görögország az, ahol az ornamentika egész fejlődéstörténete végigvonult. Az egyszerű vonaldíszek, a hullámos, spirálos dísz felváltó geometrikus vonalritmus, a természetű ábrázolás, a geometrikus-figurális, a jelképen és a mitikus, végül a játékosan az életből vett jelenetek gazdag változata található itt. Az alkalmazott anyag a kő, agyag és fém. Jellemző görög díszek a futóhullám (meander), a szimbolikus díszek a pálma, a palmetta és kúszó vízi növények. Igen kedvelt díszítmény a gránátalma. Héra istennő jelképe, jelentése: szabadság, gazdagság, szépség. Elterjedt egész Európában és megtalálható a későbbi évszázadokban is. Látható kőfaragásokon, fafaragásokon, szövött anyagokon, hímzéseken, bokátokon, damasztan. Ünnepi jelkép a mirtusz, mint jó növény, menyasszonyi dísz, vagy áldozati virág. A borostyán jelképe a reménynek, a győzelemnek és az igazságnak. Az akantusz először Görögországban, később az egész Földközi-tenger környékén elterjedt, mint díszítmény. Ugyanitt ismeretes az eredeti növény is. Mint oszlopfődísz tűnt fel Európa ornamentikájában, még a rokokóban és az empireben is szerepelt. Az egyiptomi lótusz, a tengeri róza, tavi róza Görögországban is jelképes növény. A mocsár sötét vizéből kiemelkedő, csillogó fehér virágkehely a közönsége, az állati eredetből kiemelkedő emberi értelem szimbóluma.

Római díszítmény - Az ornamensek a római kori falképeken főleg keretképző síkdíszítmények, erős görög hatással. A stukkók, mozaikok, falcsíkok görögös palmettákkal, meanderekkel, levéldíszekkel és a földközi-tengeri kultúrkörök motívumaival díszítettek. A diadalívek párkánydíszein a koporsók és sírkövek faragványain, a portrészobrok ruha és sarudíszein hullámvonalak, ismétlődő gyöngy és tojásfüzérék, szalagfonatos szegélye, koszorúk, leveles ágak láthatók. Szívesen alkalmazták a római művészek és gyümölcs-füzéretet, kisgyermek figurákat és katonai jelvényeket, a szignumokat. Több mitológikus állatformájuk is volt, így a delfinek, a kentaurók, szirének, szárnyas lovak, bika és kos-fejek. Jellegzetes a görögöktől átvett korinthuszi oszlopfő római változata a kompozit oszlop, melyre az akantusz mellé indákat, virágokat is faragtak. Ugyancsak építészeti díszként szerepelnek az ún. kandeláber motívumok, olyan faldomborművek, amelyeken vázaszerű edényekből szimmetrikus stilizált növényeket mintáztak.

Az antik római hagyatékot öröklő *Bizánc* a díszítő-művészetet is lényegesen átforgalmazta. A plasztikusan kialakított, naturalisztikus római díszítés a bizánci mesterek keze nyomán fokozatosan ellaposodott. Ornamentikával hálózák be a díszítendő felületeket, ezzel keleti szőnyegek hatását keltik.

Középkori ornamentika

Román díszítmények - A népvándorlás utáni időkben, az újonnan kialakuló európai államokban születik meg a román művészet, mely a rómaiból indul ugyan, de a különböző új népek és a kereszténység átalakító hatása miatt országonként igen sokféle. Az épületek párkányain, oszlopain megtaláljuk a geometriai elemektől a növényi indákon át, az állatalakokat és jelképeket. Ezeket alkalmazták az ötvöstárgyakon, iparművészeti tárgyakon és a kódexekben is.

Az újkor ornamentikája

Az 1400-as évek elején útjára indult a reneszánsz művészete a középkortól alapvetően eltérő életfelfogás tükrözője volt. A fejlettebb itáliai városi polgárság gazdasági körülményei biztosították az új kultúra kialakulásának anyagi alapját. Az öntudatra ébredő ember és művész meglátta a természetet a maga egészséges, színdús teltségében és eleven örömmel nyelvezett azt minél valószínűbben megörökíteni.

A gótika stilizáló átszellemült művészetével kerül szembe a reneszánsz tapasztalati természetűsége törekvő művészetére. A természet minden részletét tanulmányozó művészek gondos türelemmel és szeretettel figyelték – sok más jelenség mellett – a virágokat, a leveleket, a gyümölcsöket, bogarakat, a madarakat stb. Ezeknek a kutató megfigyelésének vált művészi kifejezőjévé a reneszánsz díszítőművészet egyik csoportját alkotó naturalisztikus ornamentika. Legszébb példáját a firenzei keresztelőkápolna Giberti bronzkapuját övező kőkeret képviseli, amelyen az egész díszítés kialakítása teljesen természetű, eleve, életszerű. Csak a természet végtelen szeretetéből fakadó látás teremthet ilyen alkotást. Az antik építészet hagyományos díszítősorait, a gyöngysort, a tojáslécet, a szalagfonatot, a futóhullámot a reneszánsz is alkalmazta, mely az építészet mellett a bútort és más iparművészet területén is meghonosodott.

A reneszánsz díszítőművészet kedvelt motívuma a végtelenségbe terülő stilizált indákból és levelekből alakított arabeszk és a vele rokon gránátalma motívum. A nagyon változatosan kialakított arabeszk a stilizált állatmotívumot is bekapcsolta az eredetileg mértaniassá vált keleti díszítésbe. A kapcsolódó indák és levelek formálása a reneszánsz alakításában a keletinél természetesebb. Ez a díszítés volt a legkedveltebb motívumanyaga a korabeli könyvkötésnek, fém és ötvösségnek, kerámiáknak, de nem különben a textil művészetnek is. Keleti és antik elemekből kialakított jellegzetes reneszánsz díszítő kompozíciót szemlélhetünk a híres Mátyás-trónkárpiton is. A reneszánsz arabeszk és gránátalmás díszítéshez járuló török, perzsa elemek hatására fejlődött ki hazánkban a hímzések tulipános, szegfűs változata. Hasonlóan keleti hatású a gerendákon, mennyezeteken és a festett bútorokon kialakított magyaros virágos reneszánsz.

Olasz építészek és festők díszítőművészeti tevékenysége emelte magas színvonalra a korai barokk ornamentikát. Michelangelo Capitolium téri épületein már ott találjuk a barokk stílusú díszítés jellegzetesebb elemeit: plasztikusan domborodó kagylókat és csigavonalas kompozíciókat. Ez a két díszítőelem szinte végig elmaradhatatlan tartozéka mind az építészetnek, mind az iparművészet tárgyi alkotásainak. Sajátos barokk díszítőeleme a kornak a kartus és a fülkagylódísz, amely az építészet felhasználása mellett a leggyakrabban a bútort és az ötvösművészet területén fordult elő. Az épület külső részének gyakran alkalmazott díszítménye még a mozgalmas vonalú fedeles váza vagy urna. Rendszerint a tetőpárkányok sarkán, a timpanonok csúcsán, a kapuzatok fölött, vagy erkélyeken helyezték el. A homlokzatok, a mennyezetek, és a belső falpárkányok díszítésében jelentős szerepe van a barokk stílus korában a plasztikus emberalakoknak. Duzzadó izomzatú atlaszok hordozzák a kapuzatok építészeti tagozatait, mozgalmas férfi- vagy női alakok tartják a párkányok stukkókeretes emblémáit, lehajtott fejű hermák támasztják alá a tetőpárkányokat, táncoló angyalkák emelik a lépcsőházak kovácsoltvas lámpáit. Az erőteljesen mintázott mozgalmas alakok mind csak fokozzák a barokk díszítés nyugtalan összhatását. A mozgalmas formaalakítás, a díszítések túlhalmozása, az erőteljes plaszticitás, a fény-árnyék hatások fokozása, a stukkódíszek fehér és arany színének váltakozása biztosította a díszítés sajátos barokk jellegzetességét. A díszítőelemek szimmetrikus elrendezését azonban a barokk ornamentika mindvégig megtartotta és így érvényesült a kor művészi kifejezőmódjának jellege, mely magába sűríti a kornak egész gondolkodásmódját és érzélemlátását.

A szimmetria tagadása, a motívumok aszimmetrikussá alakítása teremti meg a barokkból kifejlődő rokokó egyik sajátos jellegzetességét. A névadó kagylódísz gyakran lángnyelvekkel, tajtékosan képzett tarajokkal övezett motívumokká formálódott. Az épületek belső tereit bizarr formáló keretezés, dúsan aranyozott, játékosan mozgalma ornamentek tömege borítja. Így a füzérek és girlandok aprólékosabbak, virág és gyümölcsfüzerek motívumai naturalisztikusabbak, a belső enteriőr tartozékaiban, a

kárpitok díszlécében is a virág-girlandok váltak jellegzetessé. Új díszítőelemet a rokokó keveset alakított.

A barokkban ritkábban elforduló hangszereket és trófeákat, páncélokat és fegyvereket festőien, aszimmetrikus elrendezésben gyakran alkalmazta. A gazdagon használt aranyozás, a sokszor naturalisztikus színezés adta a díszítések sajátosan rokokó jellegét. A kor porcelánművészete formavilágának és díszítő motívumainak áttekintésére a herendi és más hazai gyárainak gyűjteménye számos lehetőséget nyújt.

A klasszikus kapitalizmus korának ornamentikája

A rokokó és a 19. század klasszicista művészete között az átmenetet Franciaországban a XVI. Lajos stílus, hazánkban a copf-stílus képviseli. Bár ideje szerint mindkettő még az előző századhoz tartozik, szellemében és jellegében új felfogást mutat, amely szervezettebben kapcsolódik az uralomra jutó polgárság ízléséhez. Legsajátosabb díszítőelem a copf elnevezésére alapot szolgáltató, feszesen kialakított fonott füzérdísz. A füzérdíszből képzett girlandok és koszorúk az épületeken, bútorokon, dísz tárgyakon, egyaránt helyet kaptak. Gyakori motívum még a diszkosz-sor és a szalagfonat. A francia változat, amely inkább udvari jellegű maradt, mint polgári, az antik görög díszítősorokat alkalmazta szívesebben. A falak belső díszítésében gyakran fordul elő Hermész, görög isten jelképe, a páros kígyóval átfont bot és szárnyakkal díszített kalap.

A 19. században uralkodóvá vált antik hagyományokat akadémikusan felújító klasszicizmus francia változata az empire stílus. I. Napóleon császár személyes ízléséhez igazodott, az antik görög, római és egyiptomi elemek felelevenítésére irányult. A pompeji ásatások során újra felfedezett klasszikus műformák varázsa indította el, egyéni ízt a keverékjelleg biztosította. Motívumelrendezése a rokokóval ellentétben szimmetrikus felépítésű, merev, stilizált. A keleti elemek közül a pálmalevél, lótusz-papiruszlevél, szfinxek, szárnyas griffek a legjellegzetesebbek. Az antik művészetből átvett meander, futóhullám, palmetta, rozetta, szalagfonat szigorú keretmotívumai között szabadon alakított girlandok, naturalisztikus füzérek között madarak, hárfák, vagy mitológiai alakok kaptak helyet, alkalmazták a kandeláber motívumot is. Az ily módon összeállított motívumok szervezete kompozíciót nem alkotott, s ez összehatásában is megmutatkozott. Leggyakrabban alkalmazott területei: a bútor, a kárpit, a tapéta, az ötvös és a porcelán.

A klasszicizmus korát a biedermeier névvel jelölt polgári időszak zárja le. Időtartama kb. 1815-től az 1848-as forradalmakig számítható (a „biedermeier” tulajdonképpen gúnynév: az L. Eichrodt költő által kicsúfolt nyárspolgárság gúnyneve.) Sajátos polgári stílus, mely Napóleon bukása után egy polgári élet-berendezésű társadalom megváltozott igényeit tükrözte. Jellegzetessége elsősorban a lakás- és bútorművészetben fejeződött ki. Formavilága a barokk hajlított, de lágyabb vonalát hozta vissza formában és díszítésben egyaránt. Kitelezésére hatott a kor romantikus eleme is. Egyénien új díszítést a textilanyagokon és a porcelánfestésben alkalmazott elszórt virágmintákat a csokrok kialakítása révén.

A 19. század második felének eklekticizmusa a díszítőstílusok feújításában nyert kifejezést. A régi történelmi stílusformákból való válogatás, egy modernebb kor formanyelvénél való felhasználása céljából, ezért historizmusnak is szokás nevezni. Előbb a neoreneszánsz, majd a neobarokk díszítés érvényesült. Különösen az előbbi alkalmazta hivatkozott formában az egyébként is mozgalmas barokk díszítést. Az építészeti és az iparművészeti eklekticizmus hazánkban az évezredes évforduló történelmi hangulatának fokozására felújította a román és a gót stílust is. A régi stílusformák alkalmazása,

egyvelegszerű vegyítése nem tekinthető díszítőművészet számára új stílusnak, csupán a múltat feltámasztó divatáramlatok körforgásának, amely képtelen volt önálló művészi formaalkotásra.

A történelmi stílusismérlések reakciójaként született meg a század utolsó évtizedében a szecesszió. Művészcsoportok alakultak azzal a céllal, hogy a képző és iparművészetben egyaránt érvényesülő egységes stílus alakítsanak ki. Motívumkészletében a természet formavilágából merített, de a fantázia által szült díszítőelemek is fellelhetők. A tárgyak forma és díszítmenytervezése is szakított az egyeztetés logikus rendszerével. Fő motívumai a különböző vízi növények virágai, levelei, kígyózó indái, medúzák polipok, hullámos és felhővonalak. Figurális alakokat is alkalmazott: vízben úszó vagy felhők között repülő madarakat, hullámzó drapériába burkolt hosszú hajú női alakokat. A jellegzetes az a szövegkezdő nagy I-betű, amelyet teljesen behálóz a folyók stilizált indája, levele és virága s szinte jelvénye, emblémája lett. Miközben nyugaton a szecessziós irányzatot a gyökértelen formajáték, spekulatív, mesterkelt technika jellemezte, hazánkban az építészet területén Lechner Ödön a szecesszió és a hazai népművészet összehangolásával, valamint az egykorú modern technikai törekvések egyeztetésével egy új magyar nemzeti stílust valósított meg. (Pl.: Iparművészeti Múzeum, Földtani Intézet, Kecskeméti Városháza stb.) A szecesszió formaalakításában megnyilvánuló, minden fantasztikusnak tűnő kísérletezés ellenére jelenetős eredményeket is hozott. Történelmi hivatást teljesített abban, hogy leszámolt minden addigi stílusismérléssel, teret nyitott és szabaddá tette az utat a modern építészet és a korszerű tárgyalakítás kifejlődése előtt, amely a mai igényeknek megfelelő díszítőművészet kialakulását eredményezte.

A 20. század ornamentikája

A szecesszióban elburjánzott túlzott ornamentika ellenhatásaként századunkban az építészeti és iparművészeti törekvéseket a funkcionista irányzat váltott fel. Az új tárgyiaságnak nevezett irányzat a BAUHAUS iskola tevékenysége nyomán csak a célszerűségnek és az anyagszerűségeknek megfelelő forma kialakítására fordított gondot. A díszítés mellőzése rideggé, merevvé, unalmasság tette a berendezési tárgyakat. Ezt követően hamarosan felvetődött a díszítés szükségesség, melyre különben a modern építészet és iparművészet, a változatos anyagok felhasználásával igen tág teret biztosít. Napjaink képzőművészetében szemléletesen látjuk, hogy milyen nagy szerepe van az épületek burkolásában a színes csempéknek, az üvegnek és a figurális vagy mértani elemekből alakított mozaiknak. A fa, a fém, a kerámia és a színes műanyagok mind-mind számos felhasználási lehetőséget kínálnak. Az úgynevezett absztrakt művészet hatása a vonatkozásban termékenyítőleg hat századunk korszerű törekvéseinek kibontakoztatására. A modern kerámia aszimmetrikus vonalai, a festés helyett alkalmazott színes, ugyancsak élénk színeket kedvelő mázai ezt az irányzatot képviselik.

A 21. század díszítőművészetében az új anyagok, a technológiai eljárások, műveltségünk és tárgykultúránk színvonalára újabb és újabb lehetőségekkel kecsegtet. Szűkebb területünkön a porcelánművészetben is igen tiszteletreméltó kezdeményezéséknél lehetünk tanúi, amely a díszítőművészet további gazdagításához vezet.

5.2.2. Anatómiai tanulmányok

Anatómiai rajzgyakorlatok^{47 48}

Az emberi test anatómiai ismerete egy kerámia- vagy porcelánkészítő számára az alakos ábrázolás és a figurakészítés területén nélkülözhetetlen, persze nem orvosi részletességgel. Az emberi forma ábrázolására elsősorban a művészet hivatott, ezen belül a kerámiaiparban és művészetben is készülnek mintázott szobrok, domborművek. Az emberi test a számunkra elsősorban látvány, amelyben a felületen láthatóvá váló, vagy közvetlenül a bőrfelület alatt mozgó csont- és izomrendszert kell megismerni. Az emberi test csont és izomrendszere térbe épülő bonyolult szerkezet, amelyben a legkisebb elmozdulás is csaknem az egész építményre kihat, mozgásképletét, egyensúlyát, formájátékát megváltoztatja.

Célunk tehát e jegyzetben csupán annyi, hogy felismerjük a legfontosabb testarányokat, megértésük a csontszerkezet és az arra ráépülő izomzat kapcsolatait, a helyes mozgásábrázolást, hiszen a mesterek pontos munkáját elősegíti a rajzkészséggel megalapozott helyes formalítás.

A test arányai

Az emberi test arányai iránti érdeklődés egykorú a művészetek történetével. Az egyiptomi művészetben a testarányok alakábrázolásában sokszor kiválóak voltak, míg a testtartás és mozgás kifejezése merev ábrázolási törvényeik miatt nem volt erősségük. Több lelet is bizonyítja, hogy az egyiptomiak már rendszeresen végeztek méréseket (pl. az emberi test mérésének mértékegysége a középső ujjhossz).

A görögök valószínűleg az egyiptomiaktól tanulták. A görög szobrokon igen helyes arányokat figyelhetünk meg. Bár vannak eltérések mindkét irányban, de átlag 8 fejhosszúságúnak alkották meg szobraikat.

A reneszánsz idején a lábfej hosszúságát is mértékegységnek vették, s megállapították, hogy a testmagasság valamivel nagyobb, mint a lábhosszúság hatszorosa.

Első, aki mértékegységként a fejet használja Leonardo da Vinci, ő azonban meg nem a fejtető és állkapocs közti magasságot, hanem csak az arc hosszúságát használja.

A XVI. században élő francia Cousin János egyszerű, 8 fejhosszúságra alapított beosztást készített. Rendszere napjainkban is használatban van.

Az emberi test magasságánál fontosabb az egyes testrészek méreteinek egymáshoz való viszonya. A napjainkban használt 8-as beosztásnak (8 szelet) ránc nézve a legfontosabb pontja a 4. szelet, amely a törzs és az alsó végtagok határát jelöli ki, és a test hosszának felét is megszabja. Az egyes testszelet a fej hosszát jelöli, az állcsúcs és a fejtető közötti magasságot. A második szelet alsó szélével az emlőbimbókat, a harmadik köldököt, a negyedik a szemérem ízületet, az ötödik a comb közepét, a hatodik a térd alsó határát, a hetedik az alszár, a sípcsont közepét, végül a nyolcadik a talajt érinti. A felső végtagok egyenes állás mellett a combok közepéig érnek, de nem érik el az ötödik fejhosszúságot.

A felnőtt férfi és a nő testméretei között vannak jelentős különbségek. A nő testmagassága átlag 10 cm-el alacsonyabb, mint a férfié s alsó végtagjai viszonylag rövidebbek. A két

⁴⁷ Barcsay Jenő: Művészeti anatómia, Corvina Kiadó, 1973.

⁴⁸ Dr. Fehér György- Szunyoghy András: Az emberi test, Kossuth Kiadó, 2003.

nem közötti különbség legpregnansabb kifejezői azonban a harántméretek. A női medence mérete nagyobb a férfiénál, s ez annál inkább szembetűnő, mert a többi méret, valamint az egész test magassága éppen kisebbek a férfival szemben.

A felnőtt nő és gyermek arányai között is jellemző különbség van. Újszülött gyermek magassága alig több a fejmagasság négyszeresénél. Míg a felnőttnél a test középpontja a szeméremizületre esik, addig a gyermeknél a termet magasságának felező vonala a törzsre, körülbelül a köldök magasságára jut.

Az emberi test csont és izomrendszere

Az emberi test vázát, szilárd állományát a csontok képezik. Csontok, ízületek és izmok együtt alkotják mozgás szervrendszerét. A csontváz lényegében három fő részből áll: a fej csontjai, a vállövhöz tartozó csontok és a medence-övhöz tartozó csontok. Ezeket a gerincoszlop tartja össze. A csontok mindig egy elképzelt tengely körül mozognak.

A csontok, ízületek és izmok alkotják a mozgás szervrendszerét.

Az izmok a mozgási szervek cselekvő részei. Az izomsejtek kötegekben sorakoznak egymás mellé, és sok ilyen köteg tesz ki egy izmot. Az izmot két végükön ínba mennek át, s ezek az ínak rögzítik az izmot a csonthoz. Az izom akkor húzódik össze és hozza mozgásba a csontokat, ha ideginger éri. Ilyen inger nélkül nem jöhet létre izomösszehúzódás. A test izomzatának nagyobb csoportjai: a fej izmai, a törzs izmai, a kar izmai, a láb izmai.

Az izom által létrejött főbb mozgások: a hajlítás, a feszítés, a közelítés, a távolítás, az emelés és a levonás.

Az ízületek

A csontokat ízületek kapcsolják szilárd rendszerré. Ez a kapcsolat lehet mozgatható vagy nem mozgatható.

Mozgathatatlan az összekötés, amikor egyik csont a másikkal szorosan összefügg, köztük nincs semmi hézag. Ez a kapcsolat varrat vagy porc ízesülés útján jön létre.

Mozgatható egyesülés az, amikor a csontok nincsenek egybenőve, hanem porcos, síkamlós végeikkel az ízület tokon belül érintkeznek egymással. Legerősebb összeköttetésül a szalagok szolgálnak. (pl. kéztőszalag a kéztő ízületeinél)

Az ízületek működése határozza meg az ízületi felszínek alakját (sík, gömb, henger vagy csavar felület). A kapcsolatok módjait mértani alakokra lehet visszavezetni.

Súlypont

Az emberi test súlypontja az a pont, amely körül a test súlya egyenletesen oszlik el. A test súlypontját a két alsóvégtag támasztja alá, mégpedig tagonként három pontban: sarokcsont, hüvelykujj, kisujj. A súlypontjában alátámasztott test részei egymást egyensúlyozzák. A nehézségi erő hatására a súlypont a föld középpontja felé törekszik, irányát súlyvonalnak nevezzük.

Állás

Az állás izommunkát kíván, ezt bizonyítja az állással járó fáradtságérzet is. Egyensúly-állásban a test súlypontjából a talajra húzott függőleges vonal a támasztási pont, ill. a két láb közé esik.

Ülés

Az ülés helyzete határozza meg a test súlypontjának helyét. Ha a törzs, ülés közben függőleges helyzetben van, a törzs és a fej súlya a medencén nyugszik, ebben az esetben a hátizmok akadályozzák meg azt, hogy a törzs előreessék.

Ha a törzset előre vagy hátra hajlítjuk, ezzel a súlypont helyét változtatjuk meg. Például, ha a felső végtagokkal a combunkra könyökölve pihenünk, akkor inkább a talp és az ülőgumók tartják a törzs súlyát.

Kontraposzt

Az egyik legegyszerűbb mozgás a kontraposzt, amely az olasz contraposto (ellentét), szóhasználatunkban az emberi test tagjainak ellentétbe való állítását, ill. az ellentétes mozgásokból összetevődő egyensúlyi helyzetét jelenti. Képes megtörni egy szobor frontális mozdulatlanságát, élettel tölti meg a figurát.

A kontraposztban fontos a testrészek különböző tengelyeinek helyzete, mely végső soron az egész test megváltoztatott helyzetére van kihatással. Fontos, hogy a kontraposztban álló figura tengelye mindig a támaszkodó láb bokáján és a nyak középvonalán halad keresztül.

Pl. a görög Polükleitosz dárdavívőjének kompozíciós sémáján szépen megfigyelhető a kontraposzt: a testsúly a jobb lábon nyugszik, a vállak és a csípő vízszintes tengelyei kimozdulnak párhuzamos helyzetükből és egymáshoz viszonyítva ellentétes irányúak. Múron diszkoszvetőjében az emberi test megcsavarásával a diszkoszvetés összetett mozgásfázisát sűrítette, mellyel a kontraposzt egyik legszebb példáját adja.

A fej rajzolása

Az emberi fej rajzolása igen összetett gondolkodást követel meg, ahol elsősorban nem az arc érzelmi megnyilvánulásaira kell figyelni, hanem a fej, mint térbeli szerkezet megjelenítésére. A bonyolultnak látszó fej formái visszavezethetők a legegyszerűbb alapformákra, pl. a nyak hengeres, a koponya kerek, de találni kúp formájú részleteket is.

5.2.3. Redőzet- és drapériatanulmányok

Fontos kifejező eszköze a művészetnek a redőzet- és drapéria, amely az emberi alak megjelenését, mozgását még jobban érzékelteti. Az iparművészet különböző szakterületein, így a kerámia- és porcelán figurákon, szobrokon előforduló díszítmény. Az alak megjelenését, mozgását erőteljesebben, vagy harmonikusabban jeleníti meg.

A kerámia-, porcelán díszítőművészetben a drapéria főként az alakos és kosztümös figuráknál fordul elő, mely soha nem öncélú, mindig az alkotás tartalmával, eszmei mondanivalójával van összefüggésben. Ezért fontos, hogy a mester számára a drapéria-redőzet törvényszerűségeinek feltárása és rajzi úton való megismerése is, hogy gyakorlati kivitelező munkájában a művészeti és esztétikai szempontok tolmácsolására is képessé váljon.⁴⁹

⁴⁹ Barcsay Jenő: Ember és drapéria, Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, Budapest, 1958.

5.3. Fény-árnyék kontrasztok

A fény és az árnyék egymás elválaszthatatlan fogalmai. A fény a testeken megvilágított és önárnyékban lévő felületrészeket hoz létre, különböző átmenetek és félárnyékok gazdag változataival. A tárgy árnyéka a tárgy vetületi képe, tehát az árnyék is, mint vetület, vetítéssel jön létre. (megvilágított rész, önárnyék, vetett árnyék, önárnyékhatár, árnyékválasztó, bevetett árnyék). A létrejött fény-árnyék ellentétek teszik érzékelhetővé a tárgyak plasztikusságát. A testek megvilágításának fényforrásai lehetnek centrális fényforrás, vagy párhuzamos (paralel) megvilágítás. ⁴³

Felkészülést segítő ajánlott szakirodalom

1. Tanai Tamásné – Neményi László – Gerdenics Gábor – dr. Kolláth Bernadett – dr. Nagy Károly: Kerámia- és porcelángyártási anyagismeret, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1999.
2. dr. Nagy Károly - Tanai Tamásné – Gerdenics Gábor - dr. Kolláth Bernadett - Neményi László – Wéber Gyula – Markóné Tóth Éva – Glück József – Kaphegyi László – Weisz Antal: Porcelánipari technológiai ismeretek, munkavédelem, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1999.
3. Walter Gebauer: Kézműipari kerámia, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
4. Somodi – Pálffy - Kámory: Finomkerámiaipari technológia, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
5. Péter Gyula: Kerámiaipari gépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
6. Péter Gyula: Kerámiaipari kemencék, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
7. Szederkényi Tibor: Ásvány-, közettan, JATEPress, Szeged, 2010.
8. Főszerkesztő - Dr. Tamás Ferenc: Szilikátipari kézikönyv / Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
9. P. Brestyánszky Ilona: Ismerjük meg a kerámiát, Gondolat, Budapest, 1976.
10. Joaquim Chavarría: Kerámia, Parramón Ediciones, S.A., 1993.
11. Fábrián Nagy László – Szabó Pál: Kerámia – és porcelánipari szakmai ismeret I. II. III., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999., 1987.
12. Molnár Barnabásné: Kerámia- és porcelánipari anyagismeret II. III., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2001., 1996.
13. Abod László: Kerámia égetés, Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, 1972.
14. Richard A. Eppler, Douglas R. Eppler: Glazes and Glass Coatings, American Ceramic Society Westerville, Ohio, 2000.
15. Kenneth Shaw: Ceramic Glazes, Applied Science Publishers Ltd, London, 1971.
16. Harry Fraser: Ceramic Faults and their remedies, A & C Black, London 1994.
17. Grofcsik János: A kerámia elméleti alapjai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1956.
18. Kozma Béla: A kerámiamázak, Valency, Szeged, 1998.
19. Koch Sándor – Sztrókey Kálmán Imre: Ásványtan I. és II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
20. Szabó Attila: Művészettörténet képekben, Független Pedagógiai Intézet, Budapest, 2004.
21. Szabó Attila: Művészettörténet vázlatokban, Veritas, Győr, 2005.
22. E.H. Gombrich: A művészet története, Glória kiadó Kft., Budapest, 1990.
23. Beke László: Műalkotások elemzése, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.
24. Pataki Gábor: Művészettörténet, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.
25. Tatai Erzsébet: Művészettörténeti ismeretek, Enciklopédia Kiadó, Budapest, 2002.
26. Dempsey, Amy: A modern művészet története, Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 2003.
27. Gylles Plazy: Művészettörténet képekben, Vince Kiadó, Budapest, 2001.
28. Zolnay Vilmos: A művészetek eredete, Magvető kiadó, Budapest. 1983.
29. Lyka Károly: A művészetek története, Képzőművészeti Alap Kiadóvállalat, Budapest. 1977.
30. Sebők Zoltán: Az új művészet fogalomtára 1945-től napjainkig, Orpheusz Kiadó, Budapest, 1996.
31. Lengyel András-Tolvaly Ernő: Kortárs képzőművészeti szöveggyűjtemény I-II., A & E '93 Kiadó, 1995/2002.
32. Migray Emőd: A porcelán története, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1999.

33. Katona Imre: A magyar kerámia és porcelán, Képzőművészeti Alap Kiadóvállalat, Budapest, 1978.
34. Albrecht Júlia: A kerámiaművesség története; AN-GRAFIX Kiadó, Budapest, 1997.
35. Grofcsik János: A magyar finomkerámiaipar története, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
36. Csányi Károly: A magyar kerámia és porcelán története és jegyei, képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, 1954.
37. Sikota Győző: Hollóházi kerámia, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
38. Sikota Győző: Herendi Porcelán, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
39. Romváry Ferenc: Zsolnay, Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft, 2011.
40. Balla Gabriella: Herend, Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 2003.
41. Domanovszky György: A magyar nép díszítőművészete I., II. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981.
42. Takács Zoltán: Kerámiaipari szakrajz, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
43. Dr. Fehér György- Szunyoghy András: Az emberi test, Kossuth Kiadó, 2003.
44. Szunyoghy András: Rajz ABC kezdőknek és haladóknak, Kossuth Kiadó, 2003.
45. Barcsay Jenő: Művészeti anatómia, Corvina Kiadó, 1973.
46. Barcsay Jenő: Ember és drapéria, Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, Budapest, 1958.
47. Dr. Takács Edit: Általános díszítőipari szakrajz, Műszaki Könyvkiadó, 1980.