



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Disertační práce

**Aspekty zákonitostí tvarování porcelánu a nalezení
možných cest vývoje porcelánového výrobku s využitím
metod 3D tisku**

**The aspects a porcelain shaping rules and finding possible ways for
usage of 3D printing methods in the porcelain product development**

Autor: MgA. Martin Přibík

Studijní program: P8206, Doktorský program, kombinovaná forma
Studijní obor: FMK /8206 V 102/V Multimedia a design

Školitel: prof. MgA. Petr Stanický MFA

Zlín, září 2020

© Martin Přibík

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Disertační práce**.

Publikace byla vydána v roce 2020

Klíčová slova: 3D tisk, porcelán, design, umění, kontrolované deformace, rychlé prototypování, aditivní výroba

Key words: 3D printing, porcelán, design, art, controlled deformations, Rapid Prototyping, Additive Manufacturing

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval školiteli profesoru Petru Stanickému za jeho odborné vedení, mnohé konzultace, rady, inspirující názory, četné postřehy, věcnou kritiku a v neposlední řadě za trpělivost a lidský nadhled potřebný k dosažení cíle v podobě uspořádání myšlenek, zkušeností a teorií zaznamenaných v této práci.

Vzhledem k tomu, že dokončení práce vyžadovalo mnoho trpělivosti ze strany nejbližších, děkuji své ženě Květě a dcerám Kláře a Báře za podporu, pochopení a čas, který jsem jim proto nemohl věnovat. Zvláštní poděkování patří mé dceři Báře za občasnou konzultaci volných překladů z angličtiny. Kromě své rodiny rovněž děkuji svým přátelům, mnohým z oboru, za pomoc při experimentech, názory a připomínky, jmenovitě pak Danu Danielčákovi za cenné rady, názory a informace týkající se litofanie a Josefu Kolářovi za jazykové korektury a opravy v nepřesnostech terminologie informačních technologií.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat společností Queens Crown, Thun 1794 a.s., Atelier JM Lesov a Schlaggenwald za poskytnutí podpory, zázemí, odborných konzultací ohledně aplikace 3D tisku a za svolení s mnoha experimenty následně použitými v reálné praxi. Vedle všech odborníků a specialistů, kterým patří velké poděkování, děkuji jmenovitě vedoucímu vývojáři společnosti Thun, Vlastimilu Pražákovi, bez jehož zkušeností, rad a praktické pomoci by mnoho experimentů nebylo možných.

ABSTRAKT

Disertační práce popisuje, analyzuje a zkoumá reálnou aplikaci 3D tisku do porcelánového průmyslu. Celkově teoretický obsah je rozdělen do čtyř kapitol, z nichž první popisuje a následně zkoumá vhodné 3D tiskové metody vhodné k vývoji a výrobě porcelánového produktu. Druhá kapitola analyzuje deformace porcelánu a přináší způsoby jak je předvídat, kontrolovat a při navrhování s nimi pracovat. Filozofická třetí část práce se zabývá dopady, které využití tisku v reálné praxi porcelánového průmyslu přinese do budoucna a jaké změny mohou vedle designérů očekávat i vývojáři a producenti. Poslední čtvrtá kapitola popisuje několik experimentů aplikace 3D tisku z pohledu inovativních postupů porcelánu, které konfrontují tradiční vývojové techniky. Spolu s experimenty je netradičního pohledu využito k rozvíjení myšlenek a teorií pro řešení některých současných problémů v keramickém průmyslu.

ABSTRACT

The dissertation describes, analyzes and examines the real application of 3D printing in the porcelain industry. The entirely theoretical content is divided into four chapters, the first of which describes and then examines the 3D printing methods suitable for development and production of a porcelain product. The second chapter analyzes deformations of porcelain and provides ways to predict, control and what to work with those when designing. The third philosophical part of the thesis deals with the impacts that the use of printing in the real practice of the porcelain industry will bring in the future and what changes developers and producers can expect in parallel with designers. The last fourth chapter describes several experiments in the application of 3D printing from the perspective of innovative porcelain processes that confront traditional development techniques. Together with the experiments, a non-traditional view is used to develop ideas and theories for solving some current problems in the ceramics industry.

OBSAH

ABSTRAKT	5
ABSTRACT	6
OBSAH	7
ÚVOD	11
CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE A METODIKA K JEJICH OVĚŘENÍ	15
1. Primární cíle disertační práce	15
2. Sekundární cíle disertační práce	15
3. Hypotézy	16
4. Metoda pro zjištění míry vhodnosti aplikace 3D tisku do výroby porcelánu	17
1. APLIKACE TECHNOLOGIE 3D TISKU DO VÝVOJE PORCELÁNOVÉHO PRODUKTU	19
1.1. Moderní technologie navrhování a přípravy modelu	19
1.2. Varianty technologie 3D tisku	20
1.3. Názvosloví 3D tisku v komunikaci	28
1.4. Tiskového materiálu pro technologii Fused Deposition Modeling (FDM)	32
1.5. Výhody a nevýhody tradičních materiálů a 3D tisku ve vývoji originálů porcelánu.	34
1.6. Prostorová a proporční orientace při konstruování modelu v CAD softwaru	38
1.7. Využití 3D tisku pro tvarování reliéfů vyvíjených modelů	41
1.8. Vytváření litofanie prostřednictvím 3D tisku	45
1.9. Nastavení orientace vlastního tisku v 3D tiskárně	49
1.10. Metody konečné povrchové úpravy 3D tisku u systému FDM	54

2. DEFORMACE A KONTROLOVANÉ DEFORMACE PORCELÁNU	59
2.1. Smrštění a deformace porcelánu	59
2.2. Kontrolované deformace	63
2.3. Kontrolované deformace plochých výrobků	65
2.4. Důležitost chápání kontrolovaných deformací	70
3. FILOZOFICKÝ NÁHLED NA VYUŽITÍ KONTROLOVANÝCH DEFORMACÍ PRO DESIGN A PROTOTYPOVÁNÍ 3D TISKEM	73
3.1. Dopady vstupu 3D tisku na profese vývojářů v porcelánovém průmyslu	73
3.2. Možnosti aplikace 3D tisku ve vývoji porcelánového výrobku	74
3.3. Umělecký projev prostřednictvím 3D tisku porcelánu a keramiky	75
3.4. Propojování materiálů - Kompozity	112
3.5. Jak 3D tisk ovlivní budoucnost porcelánu	116
3.6. Logistika 3D tisku	122
3.7. Výuka 3D tisku ve školách	125
3.8. Rozvaha o profesi designéra v porcelánu	129
4. EXPERIMENT	131
4.1. Vývoj 3D technologií v období experimentů s aplikováním 3D tisku do výroby porcelánu.	131
4.2. První praktická aplikace 3D tisku do vývoje modelů pro porcelán	136
4.3. Nápojový set Polygon jako klíčový impuls	141
4.4. Puff & fy	147
4.5. Viktor	151
4.6. Dudek FOH 2018	157
4.7. Thunovská podpora	163

ZÁVĚR	172
POUŽITÁ LITERATURA	176
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	183
SEZNAM OBRAZOVÉ DOKUMENTACE	192

ÚVOD

Hned z počátku je třeba si definovat a přiblížit podstatu souhrnu informací nashromážděných v následujících statích, aby byly dobře pochopeny i lidmi, kteří nemají úplně jasno o podstatě designu, potažmo průmyslového designu. Dobré také je si přiznat, že i mnozí z nás, designérů, čas od času plně nechápeme podstatu a smysl své práce, naše profese přináší spousty nejrůznějších otázek, stejně jako v této disertační práci, na které je třeba nalézt odpověď. Nejjednodušší asi bude definovat podstatu designérova počínání - ač se cítí být více umělcem z pohledu formy nebo naopak více technikem z pohledu funkce, podstata jeho práce se nalézá přibližně někde uprostřed; bere „budoucnost“ - teorii, myšlenku, fikci, možnost, aplikuje ji na „minulost“ - lety prověřené postupy, formy, funkce donedávna dostačující a vytvoří „přítomnost“ - realitu, která je ovšem již dál, než prvotní „budoucnost“ a přitom neustále balancuje mezi výše zmíněnou formou a funkcí, navíc podepřenou takzvaným příběhem. A tak i přesto, že designérův život se nijak podstatně nemění, důsledky jeho počínání tvrdě dopadají na okolí podléhající jeho vlivu a pokud se osvědčí v jakémkoliv smyslu, začíná si jeho práce žít svým vlastním životem měnícím celé dosavadní vnímání tradiční reality.

Tak se to má i s podstatou následujícího textu, který popisuje průběh výzkumu jak aplikovat momentálně nejmodernější vytvářecí technologie - 3D tisk - na jednu z nejstarších vytvářecích technik v existenci lidstva výrobu keramiky. Je možné se zamýšlet nad pohnutkami, které vedly Johanna Friedricha Böttgera k tomu, aby v roce 1708 pro západní svět znovu objevil porcelán, již po tisíce let vyráběný v Číně, nebo čím byly vedeny kroky sochaře a v pořadí prvního modeláře porcelánu J. Kaendlera, který přišel do Míšeňské manufaktury v roce 1731¹ a svým progresivním myšlením změnil celý dosavadní systém výroby. Na Kaendlerových technikách vytváření originálů stojí bez

větších změn celý dosavadní vývoj porcelánu. Modeláři nemusejí ovládat moderní počítačové metody, protože je nepotřebují, a tak se rozevírají nůžky mezi představami designérů a schopnosti konstruktérů - modelářů pochopit myšlenky realizací. Problémem je, že tyto dvě profese dosud nemají alespoň částečně vzájemné přesahy do znalostí svých oborů; přitom designéři běžně vytvářejí sádrové prototypy průmyslovými sochařskými technikami používanými při vytváření porcelánových originálů a modeláři se nezřídka zabývají záměry designérů tvořenými moderními digitálními metodami. Celá tato neřešená problematika se odráží v nízké konkurenceschopnosti a dále v nedostatečné připravenosti designérů na navrhování porcelánového produktu. Příchod nových vývojových technologií - 3D tisku a softwarových konstrukčních CAD programů - přináší revoluční změnu a převrací vývoj produktu doslova naruby: produkt nebo prototyp je vytvářen bez použití tvarových forem, které jsou používány již od dob, kdy se člověk naučil zpracovávat kov. V tuto chvíli je možné prohlásit, že 3D tisk aplikovaný do vývoje porcelánu by mohl vyplnit místa vývoje pro výrobce nezajímavá, finančně a časově náročná. Dá se přepokládat, že rychlé prototypování 3D tiskem využívané dnes hojně v různých oborech, posune i porcelánový průmysl, a to nejen na úrovni praxe, ale bude mít dopad i na dosavadní smýšlení o něm.

Zkoumáním a zkouškami technologie Rapid Prototypingu v oblasti porcelánového průmyslu se ukazuje, jak moc lze tuto technologii vnímat jako progresivní a jaký potenciál vlastně nabízí. Teorie, že technologie 3D tisku dokáže nahradit všechny části vývoje a výroby porcelánu, že zjednoduší pochopení tvarování porcelánu, jeho deformace vzniklé smrštěním materiálu ve výpalu, začíná mít trhliny tím větší, čím hlouběji se daná problematika zkoumá. Praktické zkoušky přináší mnohdy velmi překvapivé výsledky. Z prvotní naivní představy o převratu ve vývoji porcelánu pomocí metod 3D tisku se dostáváme k tomu, že je to jen jedna z dalších technologií, která doplní technologie stávající, časem prověřené a zaslepí mezery tam, kde cesty výroby a vývoje

porcelánu jsou drahé, časově nebo manuálně náročné. Pokud je použit příměr kulturní a pod technologií 3D tisku vyvstane představa například videa jako jednoho ze způsobů komunikace (předávání informace), je možné dojít ke zjištění, že svými parametry doplňuje knihu, divadlo, kino, rádio, televizi a jiné jim podobné. Ač je snaha využít metodu prostorového tisku hlavně pro účely designérů ke snazšímu zhmotnění jejich představ za předpokladu, že dotyční dokážou ovládat CAD software, jistě budou pomalu a systematicky vtlačováni do oboru konstrukce nebo výroby a nuceni pochopit technologie výroby porcelánu, vstřebávat konstrukční gramotnost a v neposlední řadě pochopit deformace tohoto živého materiálu, který při teplotách okolo 1400°C má vlastnosti a konzistenci oranžově zbarveného silikonu. Teprve, až designér porcelánu získá tyto vědomosti, bude moci plně využít výhod 3D tisku pro porcelánové tvarosloví a nenapáchat přitom více škod než užitku.

Na dalších stránkách jsou popsány řízené, či spíše kontrolované deformace porcelánu, které, mimochodem, ještě nejsou nikde jinde zveřejněny a popsány, a výše uvedený název je oficiálně použit až teprve zde. V minulosti bylo mnohokrát slyšet motto, že „porcelán nežije život náš, nýbrž my žijeme život porcelánu“. A právě teoretická část o kontrolovaných deformacích se snaží toto tvrzení změnit a přináší informace o tom, jak využít deformaci porcelánu k našemu prospěchu a převzít vládu nad tvaroslovím křehkého materiálu tak, aby finální produkt byl vizuálně shodný s původními představami designéra.

V souvislosti s kontrolou deformací jistě přijde otázka, zda by tuto kontrolu zvládl počítač pomocí matematických vzorců, definic a algoritmů. Zřejmě ano, ale toto téma po čase začíná mít více než technickou, spíše filozofickou rovinu zasahující myšlení a kreativitu designéra. Velké překvapení pro člověka – vědce majícího technický pohled na problematiku. Ale zřejmě je to tak asi správně. Potvrzuje to, že o zkoumaných věcech, zde o aplikaci 3D tisku do porcelánového průmyslu, se přemýšlí (a jsou i tak řešeny) víceúrovňově. Na

dalších stránkách popisujících tento postřeh se lze zamyslet a dojít k souhlasnému či nesouhlasnému poznání, že to tak vlastně je, nebo není a co více, je možné, že se zanícený čtenář dostane do polohy, kdy si začne klást otázku: „A není to až příliš zpátečnické?“. Jednoznačnou odpověď zde ale nelze najít; až čas prověří všechny úhly pohledu na danou problematiku.

CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE A METODIKA K JEJICH OVĚŘENÍ

1. Primární cíle disertační práce

1.1 Nalezení cest a míst ve vývoji porcelánového produktu, kde je možné aplikovat metodu 3D tisku.

Existují místa, například při tvorbě modelu originálu, kdy jeho vytváření 3D tiskem lze mnohonásobně zrychlit a prezentovat výrobek ve vlastním materiálu namísto vizualizace nebo tradiční sádrové skici.

1.2. Vytvoření několika porcelánových prototypů s využitím metody 3D tisku pro ověření správnosti cesty a srovnání s tradičně vyvinutým porcelánovým produktem.

Velkým problémem při vytváření prototypů 3D tiskem je vrstvení materiálu, neboť tato struktura je přenášena na porcelánový produkt, což se zdá být, společně s časovým hlediskem, hlavním důvodem proč nejsou při výrobě využívány 3D tiskárny.

2. Sekundární cíle disertační práce

2.1. Vytvoření porcelánového produktu s využitím digitální cesty.

Vytvořit kopii již existujícího porcelánového produktu s využitím CAD softwaru a 3D tisku. Ta bude podrobena bližšímu srovnání s prototypem vytvořeným tradiční cestou.

2.2. Sestavení pracovního postupu a pracovního systému pro 3D grafika – konstruktéra k aplikaci digitální cesty vývoje porcelánu.

Protože digitální cesta vyžaduje nejen znalosti kontrolovaných deformací, postupu při vytváření prototypu a tvarování forem, ale také znalosti CAD softwaru a principy technologie 3D tisku, zřejmě vznikne nové pracovní místo pro kreativní a konstrukčně nadané designéry, což přinese efektivnější profesní dělení než je dnes.

2.3. Sestavení metodiky pro tvorbu porcelánových prototypů s ohledem k funkčnosti při výrobě.

Aby si designér mohl vytvořit prototyp porcelánu, měl by mít možnost vyhledat informace o konstruování porcelánových originálů tradičními metodami teoreticky vztaženými k systému kontrolovaných deformací. Shodou okolností je konstruování originálů téměř shodné s tradičními metodami vytváření designérských prototypů.

3. Hypotézy

3.1. Hypotéza 1.1.

3D tisk bude dříve nebo později ve vývoji porcelánu využit z časových důvodů pro tvorbu prototypu a také jako částečná náhrada drahé manuální práce modelářů. Otázkou zůstává zda 3D tisk porcelánu a keramiky bude někdy využit přímo pro sériovou výrobu, nebo zůstane doménou solitérní výroby.

3.2. Hypotéza 1.2.

Využití znalosti kontrolovaných deformací usnadní designérům tvorbu porcelánového prototypu, tvarově shodného s jejich ideou a tím zvýší šance

využití svých návrhů ve výrobě porcelánu. Tvarově jasnými prototypy snáze získají výrobce na svou stranu.

3.3. Hypotéza 2.1.

Využití kompletní digitální cesty vývoje porcelánového produktu bez zásahu lidské ruky je vzdálené, ale reálné, závisující na rychlosti, možnostech moderních technologií a jejich snadném užití.

3.4. Hypotéza 2.2.

Vývojová činnost v porcelánu se stane doménou vysokoškolsky vzdělaného specialisty, stejně jako v jiných oborech. Předpokladem nově vzniklého pracovního místa bude kromě znalosti systému práce designéra, CAD softwaru a 3D tisku také velký přesah do oborů konstrukce a výroby.

3.5. Hypotéza 2.3.

I přes zpracování metodiky kontrolovaných deformací porcelánu, která by měla usnadnit designérovi pochopení materiálu a tím i výrobu prototypu, není jisté, že finální produkt bude vizuálně shodný s prvotní vizualizací nebo prostorovou skicou. A právě aplikovatelnost 3D tiskových technologií do vývoje porcelánu je závislá na znalostech o deformacích porcelánu.

4. Metoda pro zjištění míry vhodnosti aplikace 3D tisku do výroby porcelánu

Metoda výzkumu aplikovatelnosti technologií 3D tisku proběhne formou experimentu s využitím informací o nejlepších možných variantách technologie a vlastnostech využitých materiálů. Pokud má být 3D tisk aplikovatelný do

výroby porcelánu, bude potřeba navrhnout a nakreslit v CAD programu produkt a následně jej vytisknout v 3D tiskárně. Poté vytvořit zkušební sádrovou formu pro výrobu porcelánového vzorku. Pak totožný návrh vytvořit tradiční vývojovou cestou výroby porcelánu a u obou variant zhotovit porcelánové vzorky, které budou následně podrobeny srovnání. Toto srovnání by mělo zohledňovat časovou náročnost vývoje, finanční náročnost, vizuální srovnání tvaru a povrchu. Dále bude tento zkoumaný postup aplikován na další výrobní tvary porcelánu (duté a ploché) a bude stanoven i systém tisku vzhledem ke strukturování tisknutého materiálu a velikosti prostoru pro tisk prototypu. Ne vždy je prostor pro tisk dostatečně velký, a proto je potřeba tisknutý prototyp dělit a dodatečně sesazovat. Tímto způsobem bude zjištěno, ve kterých částech vývoje porcelánu je vhodné využití technologií 3D tisku.

1. APLIKACE TECHNOLOGIE 3D TISKU DO VÝVOJE PORCELÁNOVÉHO PRODUKTU

1.1. Moderní technologie navrhování a přípravy modelu¹

Prostorové virtuální modelování

Současnost nám nabízí ideální nástroje pro navrhování produktu ve virtuálně digitálním prostředí, kdy zhmotnění myšlenek designéra je rychlé, pohodlné, efektivní a v neposlední řadě i ekologické. 3D grafické programy poskytují třetí rozměr pro virtuální modelování ve dvouprostorových monitorech a nahrazují tak stohy papírů při hledání ideálního tvaru. Z původní idey lze tak vytvořit pomocí renderovacího softwaru prostorovou vizualizaci, v současnosti dovedenou až k dokonalosti fotografie, jak dokládají mnohé architektonické návrhy. Trojdimenzionální návrhy jsou využívány k výkresovým dokumentacím, studování forem a linií tvarů a také ke zkoumání povrchu pomocí digitálních struktur a textur materiálů. Tak lze prezentovat, a u porcelánu obzvlášť, produkty na pohledových snímcích, aniž by musely být do porcelánových prototypů vloženy nemalé investice.

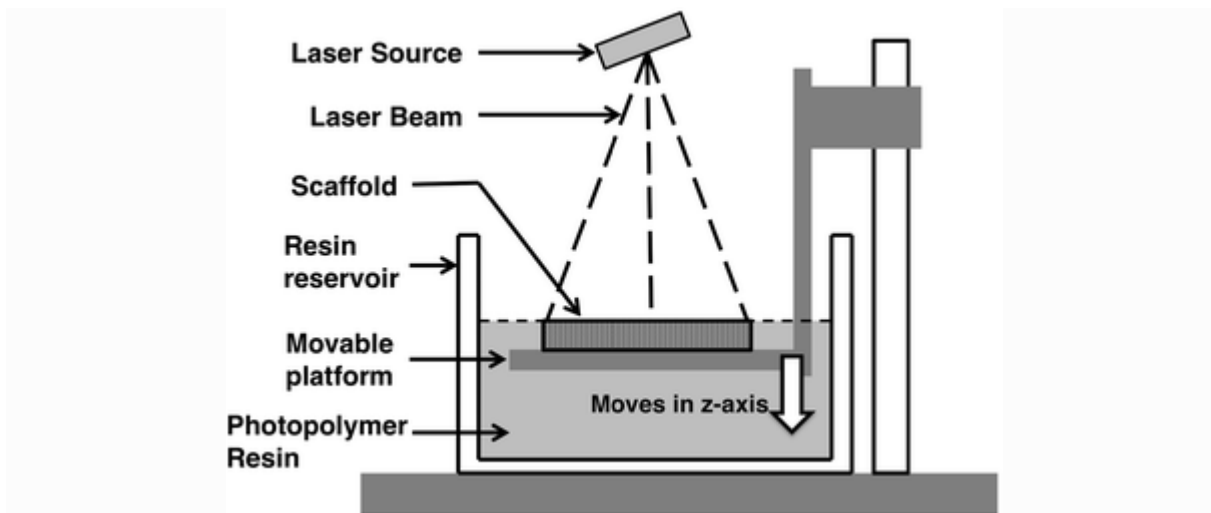
A přesto v další fázi prezentace budoucího produktu jen vizualizace nestačí. Zadavatelé potřebují mnohdy k pochopení záměru prostorovou skicu – model, který si lze osahat; vyzkoušet ergonomii, vidět reálně neskreslený objem a modelaci světlem a další funkční a vizuální vlastnosti produktu. K tomuto účelu je možno využít technologii rychlého prototypování - Rapid Prototyping.

Metody rychlého prototypování – technologie 3D tisku

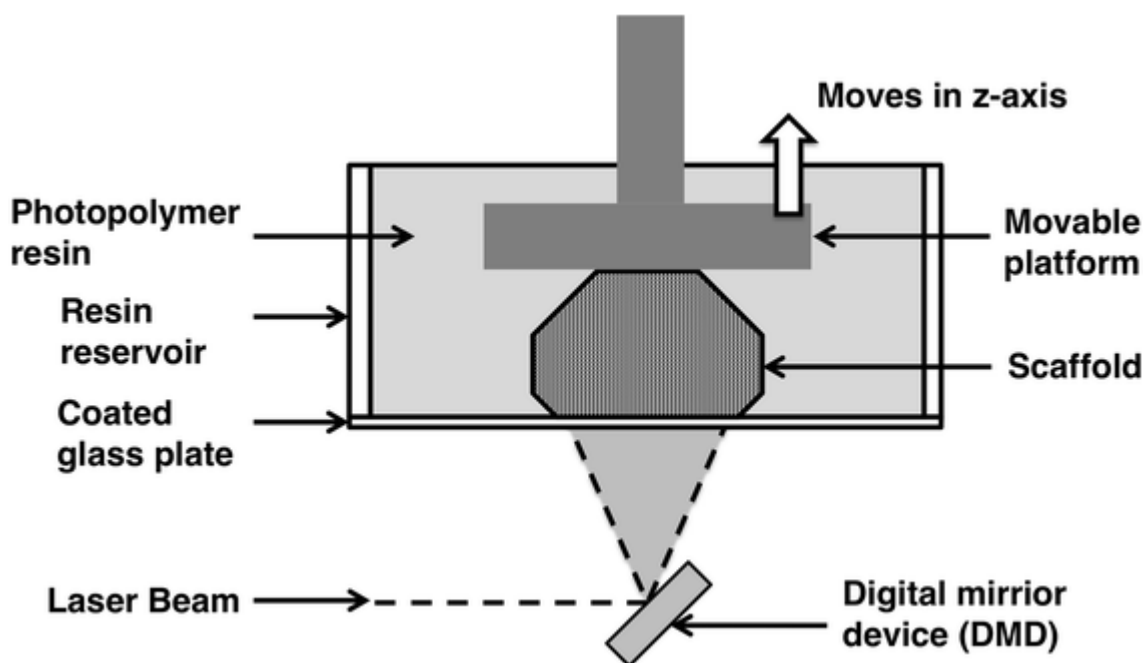
Anglický výraz Rapid Prototyping, v českém překladu „rychlé prototypování“, skrývá moderní technologii prostorového modelování tiskem. 3D tiskové technologie jsou založeny na principu vrstvení rozličných materiálů, jako jsou polymery, kompozity, kovy, sklo, keramika atd. První 3D tisková technologie - Stereolithography - byla patentována v polovině 80. let 20. století a od té doby se 3D tisk neustále vyvíjí. Za posledních čtyřicet let bylo vyvinuto několik variant, mnohdy s hodně odlišným způsobem nanášení materiálu ve snaze eliminovat slabá místa technologie, například viditelnost layerování – vrstvení materiálu, nebo deformace a přesnost tisku termoplastů. Poslední nejnovější metoda 3D tisku Digital Light Processing je položena na základech nejstarší výše zmíněné Stereolithography, jen s mnohem sofistikovanější technologií a v Open source verzi.

1.2. Varianty technologií 3D tisku²

Stereolithography (SLA, SL) - Nejstarší patentovaná metoda využívající jako materiál resin (světlocitlivá pryskyřice), který je trojrozměrně osvětlován UV laserem a po vrstvách vytvrzován přímo uvnitř resinové nádrže.



Obr. 1: Schéma metody Stereolithography (SLA).
<https://link.springer.com>



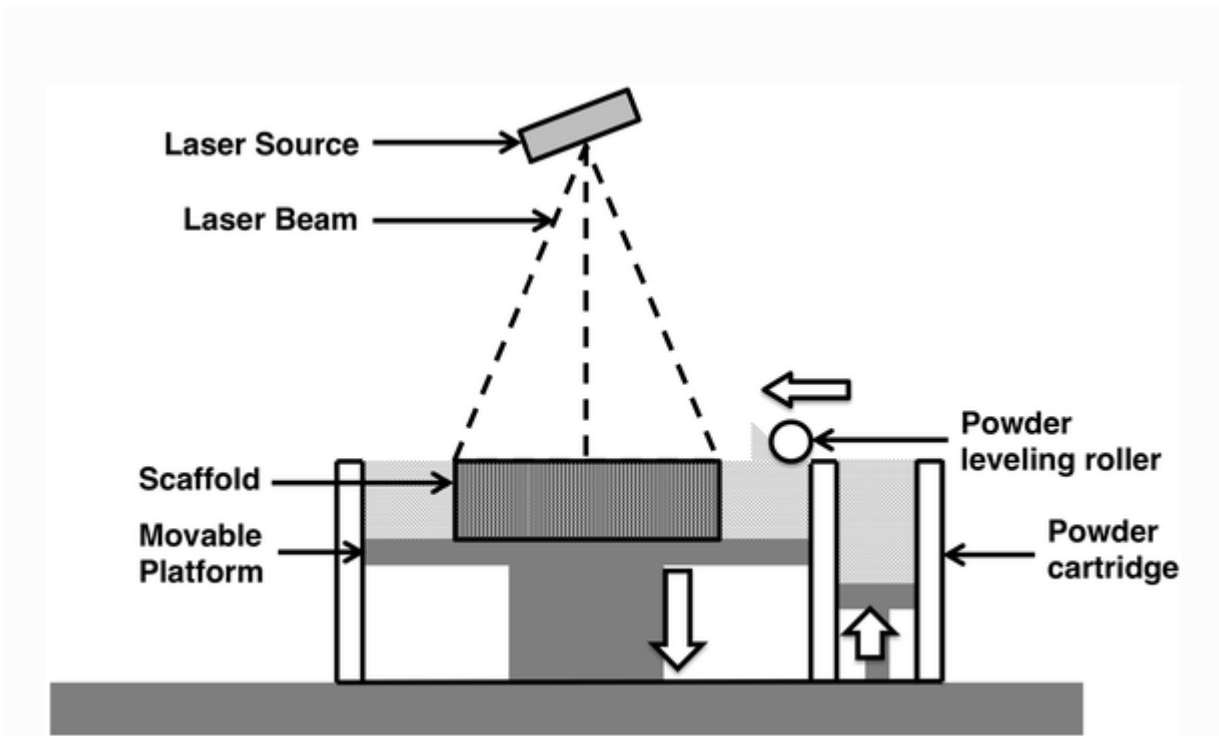
Obr. 2: Schéma Digital Light Processing (DLP).
<https://link.springer.com>

Digital Light Processing (DLP)³ - Jedna ze dvou nejnovějších metod používajících systém SLA, včetně resinu. Rozdíl je ve způsobu osvětlování pryskyřice, zde se k vytvrzení používá projektor. Na rozdíl od SLA je resin vytvrzen zespodu, celoprostorově, přes depositní nádržku (vysokou jen několik desítek milimetrů), obsahující jen takové množství pryskyřice, které je potřebné k tisku. Tisk se měří v tisícinách milimetru a je to v současnosti nejrychlejší a nejdetailnější tisková metoda. Na druhou stranu se metoda stále potýká s deformacemi některých tištěných modelů.

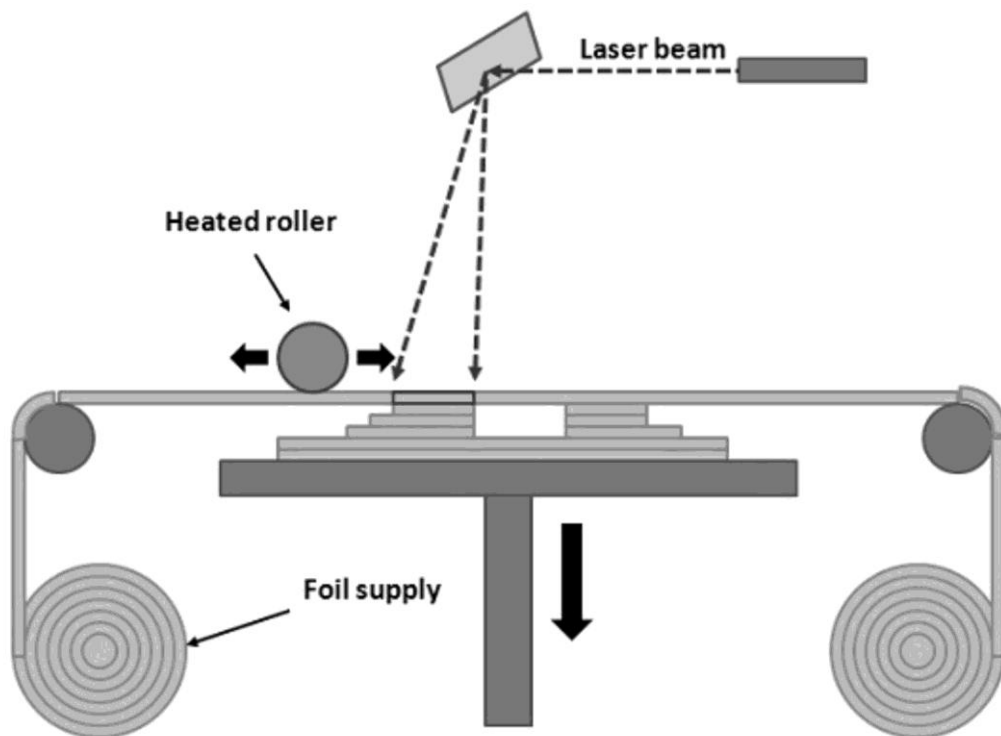
Liquid Crystal Display (LCD) – LCD je stejná metoda 3D tisku jako DLP, jen s rozdílem ve využití osvětlovacího tělesa. Jak sám název napovídá, jedná se o LCD monitor, který je finančně dostupnější než projektor, což 3D tiskárny dále zlevňuje a více zpřístupňuje.

Selective Laser Sintering (SLS) - Metoda je založena na nanášení prášku válcem ve vrstvách, kdy je postupně v každé vrstvě spékán řez tisknutého produktu laserovým paprskem. Po dokončení tisku je produkt z nespečeného prášku vyjmut a oprášen. Tento způsob je využíván u tisku kovových produktů, které jsou dále žíhány a leštěny. Pokud se jedná o tisk keramiky, prášek je spojován hlavou nanášející tekuté pojidlo. (Ač keramický prášek není spojován laserem, ustálený speciální název prozatím neexistuje. Ukrajinský startup Kwambio u svých personálních tiskáren typu SLS začal používat technologický název **CBJ – Ceramic Binder Jetting** viz. str. 89). Dále se vypaluje jako běžný výrobek ve vypalovacích pecích. SLS technologie je také uzpůsobena pro tisk termoplastů. Velmi často se s nimi setkáme při prototypování automotive dílů.

Laminated Object Manufacturing (LOM) - Metoda postupného vrstvení folie odvíjené z válce, kdy hlavou přenášený laserový paprsek prořezává vrstvu po vrstvě. Přebytečná folie je navíjena na protilehlý válec. Přebytečný materiál je laserovým paprskem dělen tak, aby mohl být po dokončení tisku vyjmut z vrstveného produktu.

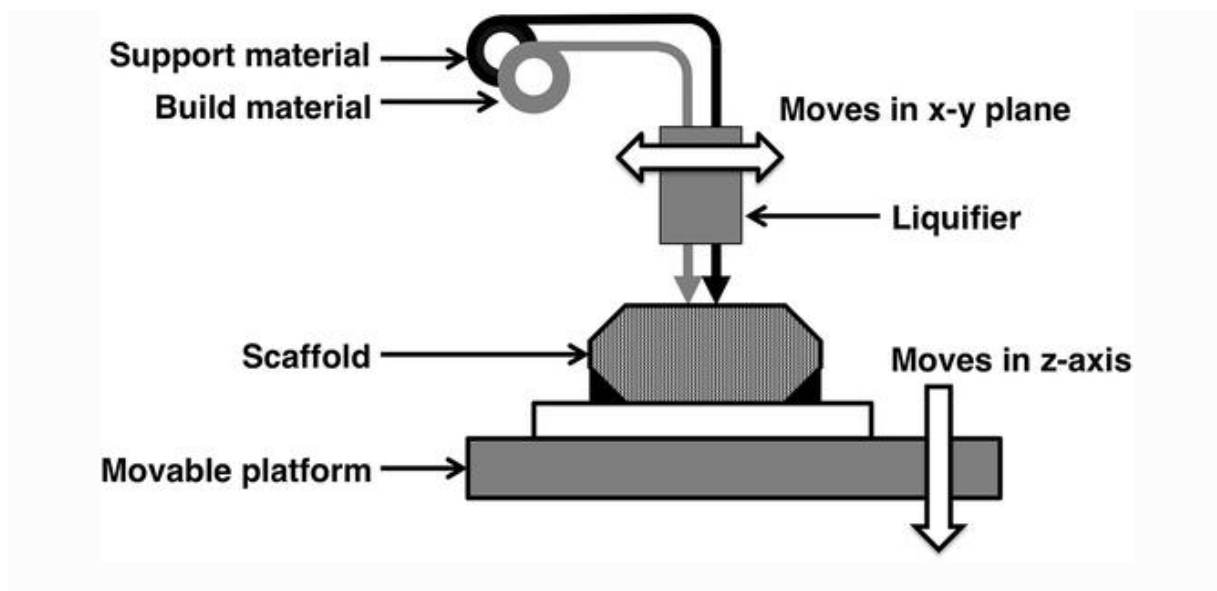


Obr. 3: Schéma Selective Laser Sintering (SLS).
<https://link.springer.com>



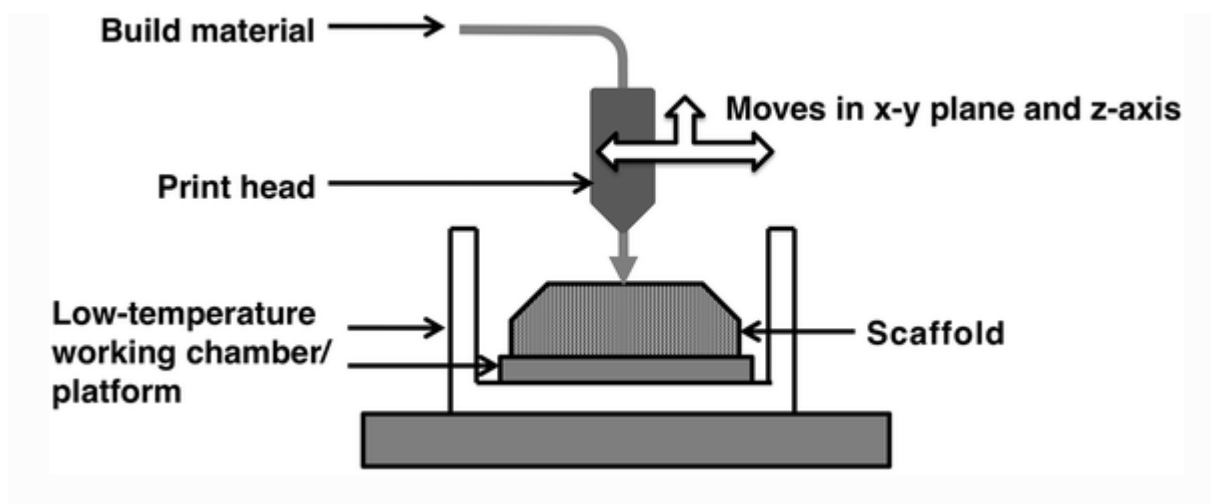
Obr. 4: Schéma Laminated Object Manufacturing (LOM).
<http://3dprintingfromscratch.com>

Fused Deposition Modeling (FDM) – Po uvolnění patentu lze tuto metodu nalézt také pod názvem **FFF (Fused Filament Fabrication)**. Metoda je založena na postupném nanášení taveného termoplastu, dnes v mnoha vlastnostních variantách, hotendem – tavnou hlavou s tryskou - na depositní desku. Díky patentovaným systémům pohybu hotendových hlav je možné vidět mnoho variant pohybu těles 3D tiskáren při vrstvení. Personální 3D tiskárny systému FDM obsahují jednu nebo dvě trysky. U průmyslových 3D tiskáren může být tiskových trysek více, pro možnost tisknout ve více barvách stavícího materiálu, společně s podpurným materiálem. Mnohdy vodou rozpustný podpurný materiál vyplňuje místa tisku, která „visí“ v prostoru. Jednotryskové personální 3D tiskárny využívají při stavbě i podpore tisknutého modelu jeden materiál tak, že systém tisku podpory vytvoří odlomitelnou nebo odříznutelnou mřížku.



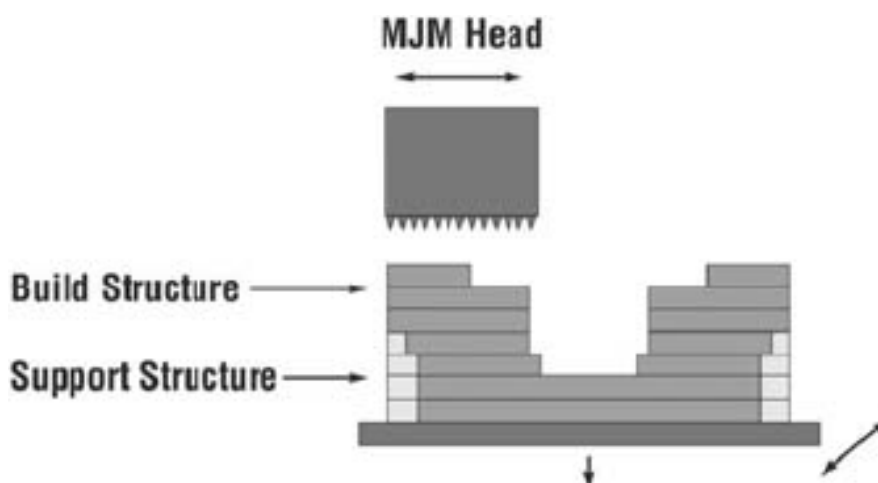
*Obr. 5: Schéma Fused Deposition Manufacturing (FDM).
<https://link.springer.com>*

Liquid Frozen Deposition Manufacturing (LFDM) - systém tisku je velmi podobný FDM. Rozdíl spočívá ve způsobu zásobování trysky materiálem, který je na rozdíl od FDM tekutý. Metoda je využita například pro tisk keramiky. Lze se s ní setkat také ve vizích tisku budov a planetárních kolonií.



Obr. 6: Schéma Liquid-Frozen Deposition Manufacturing (LFDM).
<https://link.springer.com>

Multi Jet Modeling (MJM) - Metoda celoplošného nanášení materiálu tiskovou hlavou, obsahující 96 samostatně řízených trysek. Primárně se tisková hlava posouvá jen po ose X, posun po ose Y proběhne pouze, když šířka tisku přesáhne šířku tiskové hlavy. Stejně jako u metody FDM je v průběhu tisku souběžně nanášen stavěcí i podpurný materiál.



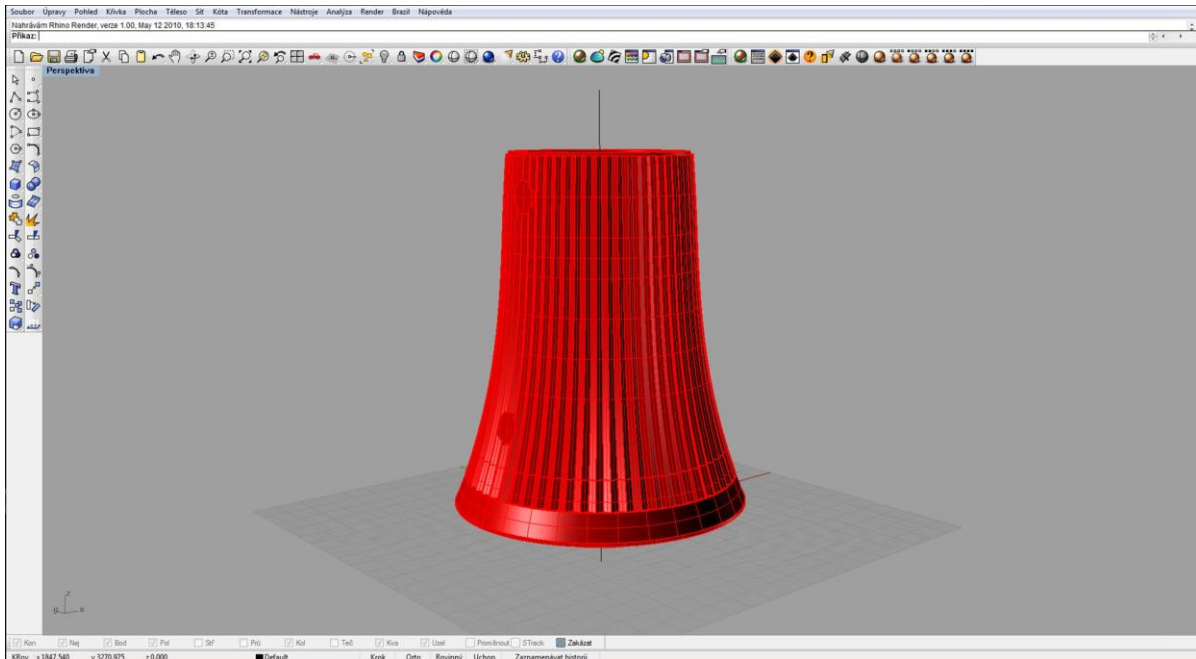
Obr. 7: Schéma Multi Jet Modeling (MJM).
<https://www.researchgate.net>

V současnosti může keramika a porcelán počítat s využitím tří technologií - SLS, FDM respektive LFDM a nejnovější DLP. S technologií SLS lze počítat v budoucnosti při aditivní výrobě (přímá výroba průmyslového produktu 3D tiskem), v současné době je využívána díky pomalému tisku k přímému materiálovému prototypování keramických produktů, nebo uměleckých solitérních výstupů. Velká výhoda SLS tisku je u produktových výstupů, které nelze realizovat klasickými výrobními metodami. FDM metoda tisku keramiky, kdy materiál je taven přímo v trysce, stále podléhá výzkumu, ale, jak se ukazuje, nabízí netušené možnosti. Prozatím se v keramice prosazuje v podobě tisku termoplastových modelů a forem využívaných pro vývoj a přípravu výroby keramiky a porcelánu. Metodou LFDM se tiskne keramika za studena na depositní podložku, vytlačující keramickou směs tryskou. Po uschnutí následuje výpal. Tisk keramiky touto metodou je velmi hrubý a neodpovídá kvalitativním ani kvantitativním požadavkům tradiční keramické výroby. Několik let trvají snahy využít technologii DLP pro přímý tisk keramiky. 3D tisk pomocí směsi resinu a keramiky je poměrně rychlý, ale výrobky trpí velkým smrštěním a deformacemi při pálení. Bude-li nalezen vhodný materiál pro tisk a zvětší-li se tiskový prostor 3D tiskáren, je pravděpodobné, že v budoucnosti zasáhne tato metoda do kvantitativní aditivní výroby.

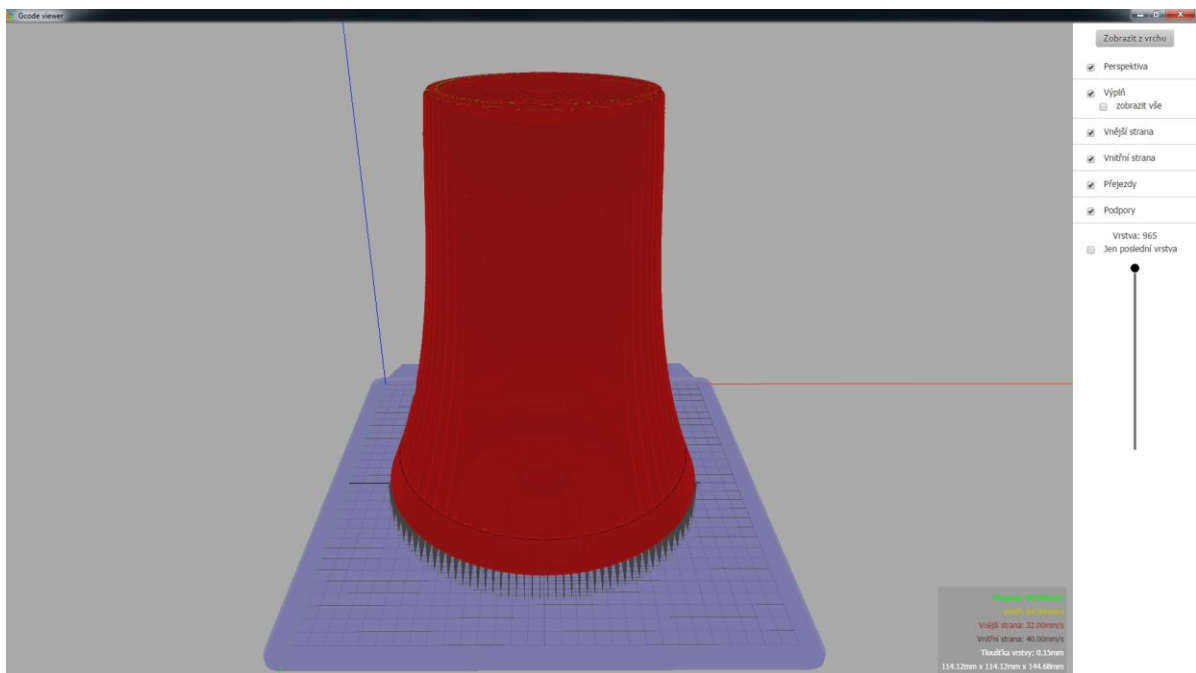
Průběh tisku

Pro 3D tisk modelu, prototypu nebo produktu je potřeba připravit model digitálně. V současné době lze využít několik cest zhotovení modelu. Nejčastěji se produkt modeluje v počítači CAD softwarem, dále je možné využít 3D skenerů, nebo obyčejné digitální kamery s fotogrammetrickým softwarem pro sejmутí povrchů těles s následnou finalizací v prostorových grafických programech. V současnosti je také možné získat hotové modely připravené pro 3D tisk v internetových 3D tržištích. Pro 3D tisk je potřeba převést grafické

formáty digitálních modelů do konečných formátů STL nebo OBJ a importovat je do softwaru 3D tiskárny. Zde je digitální model převeden do tzv. G-Codu, programu pro trojrozměrný posun hlavy s tryskou.



*Obr. 8: Digitální model v prostředí grafického programu.
Archiv atelier Futuree*



*Obr. 9: Digitální model převeden do G-Codu.
Archiv atelier Futuree*

1.3. Názvosloví 3D tisku v komunikaci

Nové moderní technologie s sebou přinášejí i spoustu nepřesností v terminologii. Nezřídka se stává, že kolegové debatující o nových technologiích užívají rozdílné pojmy pro stejné postupy, čímž dochází k nedorozumění. Pokud použijeme termín 3D tisk, je to velmi obecné a nevíme, zda je řeč o vývoji prototypu, nebo přímé výrobě solitérní funkční části. Nová terminologie a nový termín Additive Manufacturing se stal oficiálním standardem (ISO/TC 261 a ASTM F42) v roce 2009, na základě dohody technického výboru ASTM International a International Organization for Standardization.⁴ V roce 2011 přispěl ke zpřesnění terminologie v oblasti 3D tisku Andreas Gebhardt vydáním knihy „Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing“. Zde, mimo jiné, shrnul všeobecně užívané termíny a dal jim jednotnou podobu a řád.

Gebhardt se dívá na 3D tiskovou technologii z pohledu aplikačních stupňů, přičemž zastřešující termín aplikace 3D tisku zní Additive Manufacturing – ve volném překladu jako „přídavná výroba“ nebo, přesněji, „přídavná výrobní technika“. Z výše uvedeného významu termínu vyplývá, že i on se domnívá, že aplikování 3D tiskové technologie je jen dalším doplněním stávajících technologií.

Termín **Additive Manufacturing** - AM je dále rozdělen na dva základní aplikační termíny Rapid Prototyping a Rapid Manufacturing, v překladu „rychlé prototypování a rychlá výroba“. Dále Gebhardt rozděluje základní aplikační termíny Rapid Prototypingu a Rapid Manufacturingu na další substupně, které reprezentují výstupy aplikací.

Rapid Prototyping je dělen na Solid Imaging (Pevné zobrazení), Concept Modeling (Ideové modelování) a Functional Prototyping (Funkční prototypování). Solid Imaging a Concept Modeling jsou uváděny ve stejné

skupině, zřejmě proto, že vyjadřují téměř stejný hmatatelný výstup - prototyp, převedený z dvojrozměrné vizualizace do 3D prostoru, využívaný jako koncepční ideový model nebo pohledová prostorová skica. Jestliže soubor těchto modelů má plnit nějakou funkci, například demonstrovat pohyb ozubených kol, dostáváme se k termínu Functional Prototyping. Důležité je poznamenat, že všeobecně definované výstupy Rapid Prototypingu jsou tisknuty pro potřeby definování proporcí, prezentace, anebo demonstrace navrhovaného produktu.

Rapid Manufacturing zahrnuje pojmy Direct Manufacturing (Přímá výroba) a Direct Tooling (Přímá výroba nástrojů). Rozdíl mezi těmito pojmy Gebhardt popisuje takto: *„Aplikační stupeň Rapid Manufacturing zahrnuje všechny výstupní procesy finálního produktu nebo části potřebné pro skladbu konečného produktu. AM část je pojmenována produktem nebo konečnou částí, jestliže splňuje všechny požadované vlastnosti a funkce pro vývojový proces produktu. Pokud je výsledek práce pozitiv, proces je nazýván Direct Manufacturing, pakliže výsledek je negativ, kterým se myslí raznice nebo forma, používá se termín Direct Tooling .“*⁵ GEBHARDT, 2011⁵

Jediným substupněm, jehož termín není spojený s aplikačními názvy Rapid Prototyping a Rapid Manufacturing, a je přímo vázaný k zastřešujícímu termínu Additive Manufacturing je **Prototype Tooling**. Termínem Prototype Tooling (Prototypovací nástroj) je myšlena prototypovací forma určena k výrobě limitované série produktů, pro něž bývá výroba tradiční formy drahá, časově náročná nebo kvantitativně zbytečná.

⁵ Str.11, překlad citace Martin Přebík , GEBHARDT, Andreas, *Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping, Rapid tooling, Rapid manufacturing*, Munich: Hanser publisher, Cincinnati: Hanser Publications, c 2011, ISBN: 978-1-56990-507-4,

Gebhardt tento termín s aplikačními termíny nespojuje záměrně, protože nástroj není určený pro přímou výrobu (Direct Tooling), ale k prototypování, a protože se nejedná o pozitivní produkt, nýbrž o negativní formu, nemůže být zastřešen ani aplikačním termínem Rapid Prototyping.

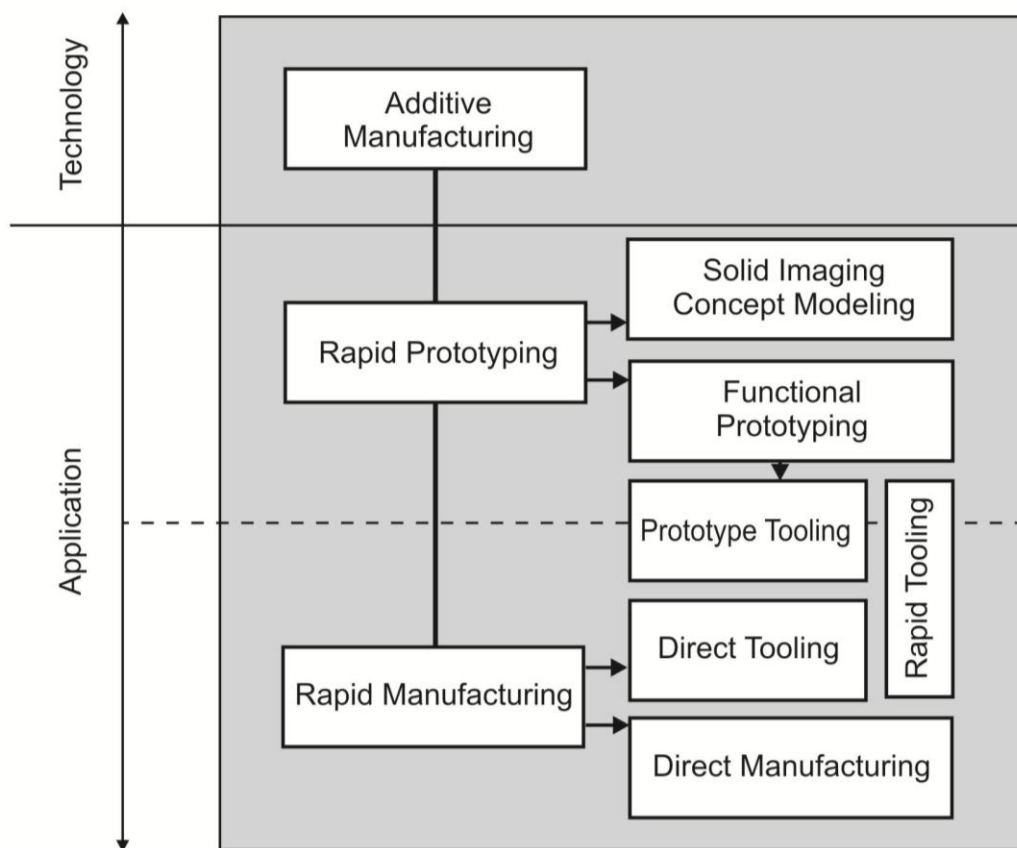
Ač se termín vztahuje svým výstupem spíše k Rapid Prototypingu, dá se namítnout, že hranice mezi prototypovací formou (Prototype Tooling) a formou pro přímou výrobu (Direct Tooling) je velmi tenká, a rozdíl v názvu mnohdy vzniká jen kvantitou produktu. Dále jsou oba způsoby rychlejší než výroba formy tradiční cestou, proto Gebhardt oba termíny pro tento případ ujednotil v pojmu Rapid Tooling.

Celé výše uvedené rozdělení termínů spadá do aditivního procesu (Additive Processes). Pro neaditivní procesy (Non-Additive Processes) jsou použity termíny Indirect Prototyping, Indirect Tooling a Indirect Manufacturing. Všechny uvedené termíny neaditivních procesů jsou součástí Functional Prototypingu a byly popisovány v AM. Jak už název Indirect (nepřímý) napovídá, výstupy jsou takto nazývány, pokud nejsou používány k přímé produkci, ale spíše k prezentacím, demonstrování funkce nebo při popisu vlastností a tvaru výstupu pro přímý proces.

Jak jsou aplikovatelné Gebhardtovy termíny rozdělení 3D tisku v oboru výroby porcelánu? Pokud budeme využívat 3D tiskovou technologii FDM, kde se v současné době využívají převážně plasty PLA a ABS, lze použít aplikační termín Rapid Prototyping pro prostorové skici, v substupních Solid Imaging nebo Concept Modeling. Pokud budeme chtít prezentovat například funkci šálku, který se tradičně skládá ze šálku a podšálku, již termínu Functional Prototyping nelze užít, protože šálek je primárně určen pro požívání teplých tekutin a není pravděpodobné, že tuto funkčnost lze dobře ukázat na plastovém šálku. Ano, je možné poukázat na funkčnost skladby soupravy několika šálků a podšálků, proporční a ergonomické parametry, ale pro ověření hmotnosti

výrobku a posouzení jeho primární funkce (zde pití nápoje) je potřeba šálek porcelánový.

Pojem funkčního prototypování je možné využít až se změnou FDM technologie na technologii SLS, kde systém výroby umožňuje tisk keramické a porcelánové hmoty a vizuální dojem funkčního prototypu šálku můžeme s jistou dávkou tolerance srovnat s tradičně vyrobeným porcelánovým prototypem.



Obr. 10: Diagram aplikačních stupňů 3D tisku podle Andrease Gebhardta. Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing

U systému SLS tisku porcelánu budeme pravděpodobně více používat termín Rapid Manufacturing, protože SLS tisk porcelánu bude vhodnější pro kvantitativní výrobu porcelánových produktů; zde jsme podle Gebhardta u substupně Direct Manufacturing. Zpětně velmi příbuzným termínem Direct Tooling můžeme nazývat 3D tisk rozmnožovacích forem – reprodukčních zařízení, kde je možno využít obou technologií – FDM, SLS, přičemž uplatnění FDM technologie je lepší.

Pokud se čtenář v termínech ztratil, určitě nemusí podléhat skepsi, protože tato práce není psaná pro inženýry Manufacturingu, nýbrž pro designéry. Proto se bude dále v textech objevovat všeobecný název 3D tisk, který se v současné době užívá nejvíce a postupně je odborníky přijímám jako odborný termín právě pro svou jednoduchost a srozumitelnost.

1.4. Tiskové materiály pro technologii Fused Deposition Modeling (FDM)

Materiálů využívaných pro 3D tisk je poměrně mnoho. Vždy se ale jedná o termoplast s různými přísadami. Díky těmto přísadám pak můžeme docílit různých vlastností tiskového materiálu. Za základní a zřejmě nejvíce používané lze považovat Polylactid acid (PLA) a Akrilonitrilbutadienstryen (ABS).

Termoplastický polyester PLA je pro svou nenáročnost velmi oblíben ve školách, mezi domácími kutily a designéry i přesto, že jeho teplotní stálost je do 60°C, kdy začíná měknout. Oproti ABS dosahuje PLA vyššího lesku. K jeho výrobě se využívá obnovitelných zdrojů, například kukuřičného nebo bramborového škrobu, a je biologicky odbouratelný.

ABS je syntetický materiál, oproti PLA tepelně odolnější, rezistentní k chemikáliím, pružnější, ale na rozdíl od PLA potřebuje vyhřívání depositní desky cca. 80 -100°C. 3D tisky s ABS musejí být během tisku prohřívány pro lepší spojení tisknutých vrstev a při procesu tisku tak trpí většími deformacemi.

Materiál pro 3D tisk metodou FDM je připraven do formy plastového drátu o průměru 1,75 – 3 milimetry, odborně nazývaný Filament, navinutý na cívce, obvykle o hmotnosti 0,75 až 1 kg.⁶

Dalšími používanými materiály jsou polyetylen – PE, polypropylen –PP, polykarbonát –PC, polysulfon – PSU, polyeterimid PEI⁷, nylon, polyetylen tereftalát - PET, ASA, co–polyester - CPE a CPE+⁸.

Table 2. Non-Biodegradable filaments.

Matrix	Matrix Trade Name	Filler	Filler Trade Name	Filler Content (%)	Filler Chemical Treatment	Compatibilizer	Toughening Agent	Diameter (mm)	Test Type ¹	Ref.
ABS	Scientific Sales, Inc.	hardwood lignin + carbon fibers	Lignol Innovations	20–40 + (CF10)	/	/	Nitrile rubber	2.5	T	[4]
	Magnum 3616 7	coir fibers	/	15	/	/	/	1.75	T	[18]
	NAT HTP	rice straw	Local farmlands	0–15	/	/	/	1.75	T-F	[19]
	Taitalac 5000s Not Specified	macadamia nutshells	/	19–29	/	MAHg 3 wt %	/	1.75	T-C	[55]
PP	Astron Plastics	hemp	Hemp Farm NZ Ltd.	10–30	Alkaline	MAHg-PP 2 wt %	/	2.4–3.1	FT-T	[8]
	Astron Plastics	harakake	Templeton Flax Mill	10–30	Alkaline	MAHg-PP 2 wt %	/	2.4–3.1	FT-T	[8]
	Astron Plastics	hemp	Hemp Farm NZ Ltd.	0–30	Alkaline	MAHg-PP 2 wt %	/	3	FT-T	[44]
	Astron Plastics	harakake	Templeton Flax Mill	0–30	Alkaline	MAHg-PP 2 wt %	/	3	FT-T	[44]
	Astron Plastics	gypsum	Gib Plasterboards	0–30	Alkaline	MAHg-PP 2 wt %	/	3	FT-T	[44]
bioPE	Braskem	TMP	Norske Skog Saugbrugs	10–20	Lauryl Gallate	MAH-PE	/	2	/	[6]
	Braskem	TMP	Norske Skog Saugbrugs	10–20	Octyl Gallate BioPE solubilisation	MAH-PE	/	/	T	[13]
TPU	Deansheng Plastic Company	poplar wood flour	Lingshou County Mineral Plant	10–40	/	EPDM-g-MAH, POE-g-MAH, chitosan, MDI 5 wt %	/	1.75	T	[56]

¹ FT: Filament Testing, T: Tensile, C: Compressive, F: Flexural, I: Impact.

Obr. 11: Tabulka vlastností tiskových materiálů ABS, PP, PE a TPU
Polymers 2019

Table 3. Biodegradable filaments.

Matrix	Matrix Trade Name	Filler	Filler Trade Name	Filler Content (%)	Filler Chemical Treatment	Compatibilizer	Toughneing Agent	Plasticizer	Diameter (mm)	Type of Test ¹	Ref.
PLA	/	Paulownia wood	/	25	/	/	/	/	1.75	T	[3]
	/	Orange wood	/	25	/	/	/	/	1.75	T	[3]
	Ingeo 4032D	Aspen sawdust	Laboratory	5	/	/	/	/	1.75	T	[9]
	Ingeo 4032D	Bamboo	Faber-Castell	20	/	/	/	PEG600 Ester	1.75	/	[17]
	/	Poplar wood	/	30	/	/	/	Glycerol	1.75	T	[21]
	Ingeo 2003D	Wood powder	Laboratory	0-50	/	/	/	Tributyl citrate	1.75	FT-F	[23,46]
	Ingeo 2003D	Pine lignin	MWV Chemicals	5	/	/	/	/	1.75	T	[38]
	Ingeo 4032D	Poplar wood	/	10	/	Graft copolymers Glycidyl methacrylate Dicumyl peroxide	TPU, POE 10 wt %	Aliphatic polyesters 10 wt %	/	T-F-I	[39]
	Ingeo 4032D	Cork powder	Amorim Revestimentos	5	/	/	/	Tributyl citrate 5 wt %	1.75	T	[45]
	/	Bamboo	Bambooder Fibers	15	/	/	/	cPLA1-cPLA2	2.85	FT	[48]
	/	Flax	Lineo	15	/	/	/	cPLA1-cPLA2	2.85	FT	[48]
	Ingeo 4043D	TMP	Norske Skog Saugbrugs	10-20	Lauryl Gallate Octyl Gallate	/	/	/	2.2	FT-T	[49]
	Ingeo 4032D	Poplar wood	/	0-10	/	/	POE	/	1.75	I	[65]
	Ingeo 4032D	Sugarcane	Guangzhou Inst.	3-15	Alkaline	/	/	/	1.75	T-F	[67]
	Ingeo 3052D	Harekeke	Templeton mill	0-30	Alkaline	/	/	/	/	T	[68]
	Ingeo 3052D	Hemp	Hemp Farm	0-30	Alkaline	/	/	/	/	T	[68]
PHB	Biomer	Sawmill	Local	20	Enzymatic saccharification	/	/	/	1.75	/	[5]
PCL	Polysciences	Cocoa shell	Ferrero S.p.A.	0-50	/	/	/	/	1.75	FT	[16]
PLA + PHA	/	Cellulose pulp	/	/	/	/	/	/	1.75-3	/	[41]

¹ FT: Filament Testing, T: Tensile, C: Compressive, F: Flexural, I: Impact.

*Obr. 12: Tabulka vlastností tiskových materiálů PLA, PHB, PCL a PLA+PHA
Polymers 2019*

1.5. Výhody a nevýhody tradičních materiálů a technologie 3D tisku ve vývoji originálů porcelánu.

Základním materiálem pro vývoj originálů porcelánu je sádra, která je velice dobře opracovatelná běžnými sochařskými metodami. Je to materiál stálý, přiměřeně tvrdý, u kterého lze měnit vlastnosti přidáním zásaditých látek (např. kuchyňská sůl – chlorid sodný), což tuhnutí sádry urychluje, nebo kyselých látek (např. kyselina octová, nebo kyselina citrónová), což naopak tuhnutí zpomaluje. Velkou výhodou sádry je velmi detailní kopírovací schopnost. Odlité sádrové formy umožňují přenášet detaily modelu do porcelánové hmoty v rozměrech setin milimetru. Sádra je pórovitá a při styku s porcelánovou hmotou dochází k iontové výměně Na⁺ za Ca²⁺ a zároveň póry v sádře odvádí vodu z porcelánové

hmoty. Tyto vlastnosti způsobují srážení porcelánové hmoty na stěně sádry a vzniká tak vlastní stěp syrového porcelánového výrobku.

V současné době se využívají tyto druhy sádry:⁹

Almod 60 – lití forem pro vylévarnu (výroba porcelánového výrobku technologií lití)

Supraduro 64 – lití forem pro točírnu (výroba porcelánového výrobku technologií točení)

Alfor – určená pro modelářské práce, hlavní formy a rozmnožovací zařízení.

Heliotur K – Grün – vyznačuje se tvrdostí, minimální roztažností a výbornou kopírovací schopností

Zdá se, že tento materiál je po všech stránkách ideální pro vývoj a výrobu porcelánového produktu. A přece jsou místa, kde pro své vlastnosti není vhodný, například strojové stáčení, pro které začíná být křehkým materiálem ve vysokých otáčkách, nebo při velmi jemných reliéfních detailech, které se vytvářejí do sádry ručně. Zde se sádra při opracování již nepřesně odděluje a reliéf přestává být ostrý a čitelný. A konečně velkým problémem sádry je roztažnost, fyzikální vlastnost, která se uplatňuje při skupenské přeměně tuhnutí, přičemž sádra dosahuje teploty okolo 60°C. Pro tuto vlastnost se musí modely porcelánových originálů koncipovat více kónicky, než by se zdálo. Roztažnost sádry se dá do jisté míry eliminovat tím, že se sádra rozdělá ve vápenné vodě. Zároveň tak ale sádra ztrácí svou tvrdost po vytvrzení; při opracovávání je o poznání měkčí.

Dalšími materiály užívanými v přípravě výroby porcelánu jsou syntetické epoxidové pryskyřice a elastomerové materiály. Využívají se při výrobě rozmnožovacích zařízeních, což jsou reprodukční formy pro sádrové výrobní formy určené k sériové výrobě porcelánového produktu. Umělé materiály jsou použity také na výrobu modelů strojních forem pro tlakové lití. Tlakové formy

pro přímou výrobu porcelánu jsou vyrobeny ze syntetických materiálů na bázi polyuretanů. Syntetické materiály jsou odolné proti mechanickému opotřebení a jejich životnost je mnohonásobně delší než u sádrových rozmnožovacích zařízení. Zpracovávají se ve viskózním stavu, přidáním poměrového množství katalyzátoru je pak docíleno konzistence pasty a materiál lze natírat na stěny hrazení. Vnitřní prostor forem – jádro tvoří většinou směs křemičitého písku a epoxidové pryskyřice nebo jsou formy vyplněny přímo sádrovými jádry. Schopnost kopírovat povrch je u syntetických pryskyřic srovnatelná s otiskem sádry.

Starým materiálem, který se využívá dnes jen zřídka, ale je stále velmi efektivní při absenci umělých materiálů, je Sírografit. Jak už název napovídá, jedná se o směs síry a grafitu (v poměru 4:1).¹⁰ Sírografitová směs se rozvaří do viskózní podoby a použije se k odlití některých extrémně zatěžovaných detailních částí sádrových rozmnožovacích zařízení, například tvarů uch, nebo nožek výrobků, a tak je zachována jejich tvarová stálost.

V současné době je snaha využít technologie 3D tisku, nahradit výše uvedené materiály hlavně ve fázích vývoje a výroby tam, kde vlastnosti materiálů jsou nežádoucí, nebo nedostatečné a kde tištěný materiál získává navrch svou pevností, houževnatostí a způsobem technologie tvarování.

Všechny tradiční materiály, které byly popsány, jsou viskózní a při tvarování se odlévají. Narozdíl od těchto technik, technologie 3D tisku materiál vrství a umožňuje tak věci ve vývoji porcelánu donedávna nepředstavitelné, ne-li nemožné. Samozřejmě ani tvarování pomocí této progresivní technologie není využitelné v celém spektru vývoje originálů pro porcelánovou výrobu. Setkáváme se zde s tvarovou nestálostí, deformacemi vzniklými tavením plastu při vrstvení a nepatrným smrštěním oproti požadovanému tvaru.



*Obr. 13: Sádrové rozmnožovací zařízení se sírografitovými segmenty.
<https://slideplayer.cz>*

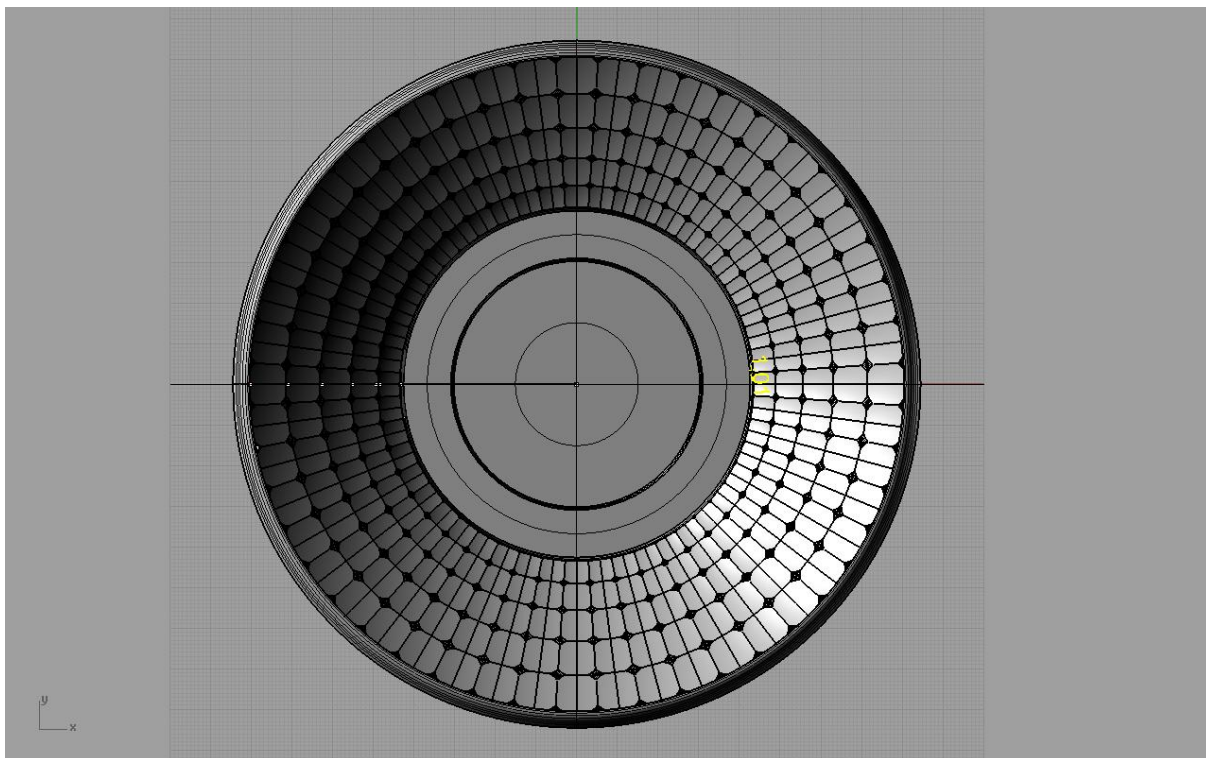
Jisté omezení, které s sebou 3D tisk přináší, spočívá v nutnosti mít k dispozici zařízení pro tisk (3D tiskárnu) a softwarové zázemí, což je v současné době poměrně finančně náročné, nepočítaje v to znalosti, potřebné k ovládnutí těchto moderních technologií. Ve srovnání s tím jsou při použití tradičních metod a materiálů potřeba v podstatě jen nástroje a pomůcky pro opracování sádry a znalost technik pro její přesné tvarování. Časová náročnost je ve vývoji modelů tradičními nebo digitálními metodami téměř shodná; digitální vývoj má zde navrch ve smyslu automatického tvoření modelu - v získaném čase je možno se věnovat dalším částem vývoje, například těm, kde je využití 3D technologie nevhodné nebo grafickému kreslení dalších konstrukčních částí připravovaných pro následný prostorový tisk. Časová výhoda se ztrácí, když je nutno tisknutý plastový model z různých příčin převádět zpět do sádrového materiálu. Ale vždy nejde jen o časové výhody, jak popisují následující statě. Stavba modelů 3D tiskem se například velmi osvědčila u strojové výroby pro virtuální plánování konstrukce a profilu střepu nerotačních výrobků, což je potřebné k rovnoměrnému tlakování porcelánové hmoty do syntetických forem, speciálně

vyvinutých pro strojové tlakové lití, nebo pro „vývoj na dálku“, tj. delegování tisku na základě zaslaných prostorových grafik modelů.

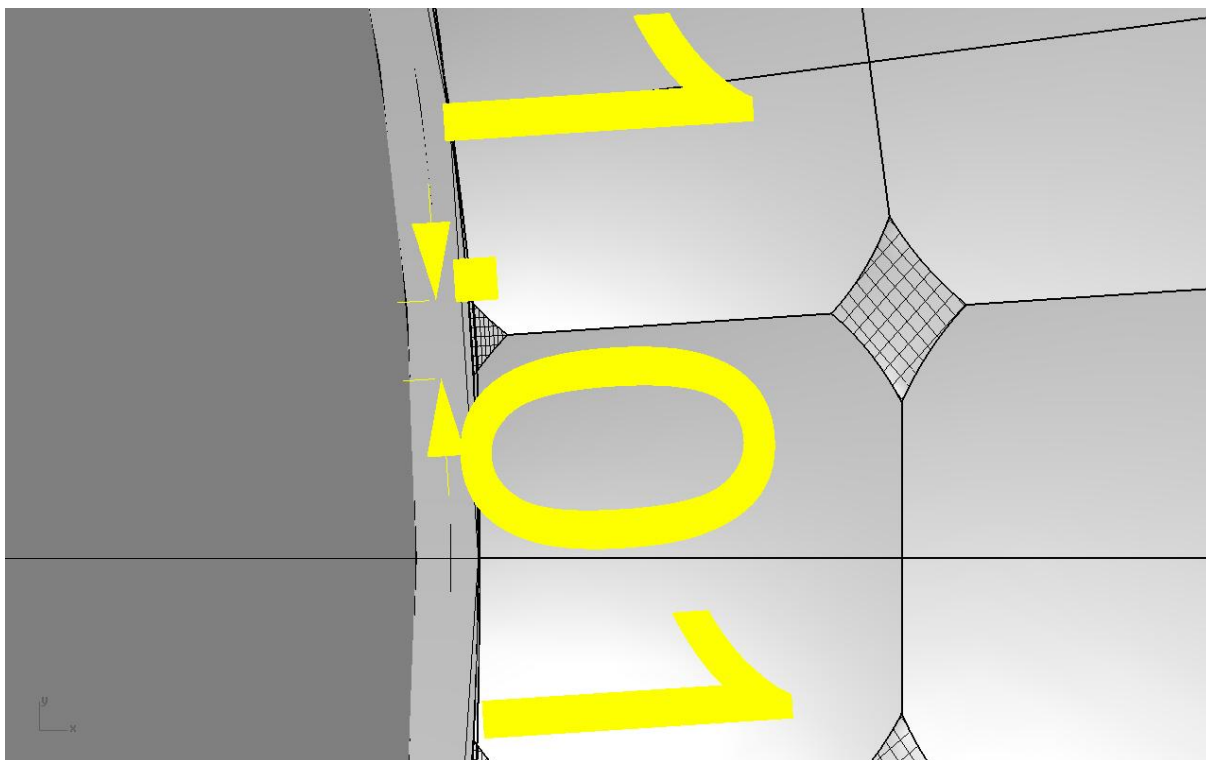
Pro vývojové práce v porcelánovém průmyslu se nejlépe osvědčila FDM (Fused deposition modeling) technologie 3D tisku a využití plastového materiálu PLA, nebo ABS. ABS, na rozdíl od PLA, potřebuje tiskárnu s vyhřívanou základní deskou, neboť tento materiál musí být pro kvalitní stavbu prohříván (kap. 1.4.). Dnes jsou již personální 3D tiskárny FDM s vyhřívanou depositní deskou standardem a za relativně nízkou cenou si ji může pořídit v podstatě každý.

1.6. Prostorová a proporční orientace při konstruování modelu v CAD softwaru

Po prvních zkušenostech s 3D tiskem je dobré se vrátit ke konstruování modelu v CAD softwaru. V průběhu 3D tisku a realizace prototypu lze překvapivě zjistit prostorovou proporční slepotu – ztrátu prostorové informace¹¹, když zjišťujeme, že navržené proporce, jak vizuální, tak technické v mnoha případech neodpovídají realu. I přesto, že CAD software zobrazuje prostorově model, velmi často se stává, že reálné proporce po ukončení 3D tisku budou jiné, než se očekávalo. Zúžené rotační části jsou v realu užší a při konstruování tloušťky stěn digitálního modelu se u hmatatelného prototypu mnohdy projeví stěny nedostatečně silné i přesto, že na monitoru počítače budí zdání vhodně zvolených proporcí a tloušťek.



Obr. 14: Manipulativní měřítko - zobrazení digitálního modelu podšálku 150 Viktor na ploše monitoru. Konstrukce modelové velikosti podšálku na mřížce 200 x 200 mm. Archiv Futuree



Obr. 15: Manipulativní měřítko - zobrazení reliéfního prvku o velikosti 1,01 mm podšálku 150 Viktor na ploše monitoru. Archiv Futuree

Důvody je možné hledat u detailního zvětšování v konstrukčním programu, kde měřítko 1 milimetru lze zvětšit přes celou šířku monitoru. V tomto místě narážíme již na specializovanou práci 3D grafika konstruktéra, lépe řečeno 3D grafika - modeláře.

Výše zmíněné chyby vznikají za předpokladu, že je pracovník - modelář zvyklý pracovat s reálnými měřítky modelů nebo prototypů. Ale pokud je bráno v úvahu, že specializovaný pracovník – 3D modelář bude již od začátku školen pro práci s manipulativními měřítky, jak to umožňuje počítačový konstrukční program, neměly by vznikat chyby, spadající do proporční prostorové slepoty. Zde opět vyvstává otázka, do jaké míry by bylo složité pro takto školeného 3D grafika - modeláře pracovat s kompletně digitalizovanou cestou vývoje porcelánového produktu. Stačí nahlédnout například do oboru kovozpracujícího - zde se již takto pracuje. V tomto oboru již kov, nebo kompozity opracovávají CNC stroje, naprogramované v 3D programech v konstrukcích školenými 3D grafiky. Veškeré simulace, zkoušky pohybů a rozměrů se testují virtuálně v podobných animačních programech a pro výpočet pevnosti je používán deformační software.¹² Jediná mechanická práce, která tak zůstává, je postprodukce - dočišťování a leštění kovových obrobků. Takovým obrobkem mohou být například kovové formy pro výrobu plastových výrobků.

Technologie strojové výroby plastu je, mimochodem, velmi podobná technologii tlakového lití, nebo izostatického lisování, které byly vyvinuty pro strojní výrobu porcelánu. Výsledky popsané v kapitole 4. Experiment dokazují, že cesta digitálního vývoje porcelánového produktu je za jistých předpokladů možná. Na základech těchto skutečností lze předpokládat, že v budoucnu vznikne pracovní místo vhodné pro spíše konstrukčně než kreativně nadané designéry, kteří budou s přehledem ovládat konstrukční software ve spojitosti s 3D tiskem, a budou schopni tuto cestu bezchybně využívat. Dále si lze již jen položit filozofickou otázku, do jaké míry je takto progresivní způsob vývoje

v pořádku a jak se změní pocitovost a emoční měřítko vnímání konečného produktu, který je spotřebitelem ve fázi nákupu bezpochyby takto vnímán.

1.7. Využití 3D tisku pro tvarování reliéfů vyvíjených modelů

Složitým místem pro vznik modelů v porcelánu je často využívaný festonový reliéf - feston. Styl tohoto druhu reliéfu můžeme vídat často na okrajích talířů, šálků atd. Feston plní hned několik funkcí zároveň. Samozřejmě, laik, kterým v drtivé většině případů spotřebitel je, vnímá hlavně vizuální (okrasné) hledisko, které je pouze jednou z funkcí festonu. Další jeho funkce jsou již technického rázu. Jedna z nich je zesílení okrajů, náchylných na otluk při manipulaci bez toho, aby se opticky okraj zesílil a druhá funkce má v podstatě také vizuální dopad, neboť feston má za úkol do jisté míry rovnat deformované okraje, které ne vždy vycházejí po výpalu v peci rovné a s dalšími stejnými výrobky tvarově shodné. Kdo se někdy porcelánem zabýval, potvrdí, že nejsložitější pro výrobu nejsou tvary barokního „květákového“ rázu, nýbrž produkty s čistými rovnými hranami a liniemi, které jsou pro dnešní dobu minimalistických produktů charakteristické.

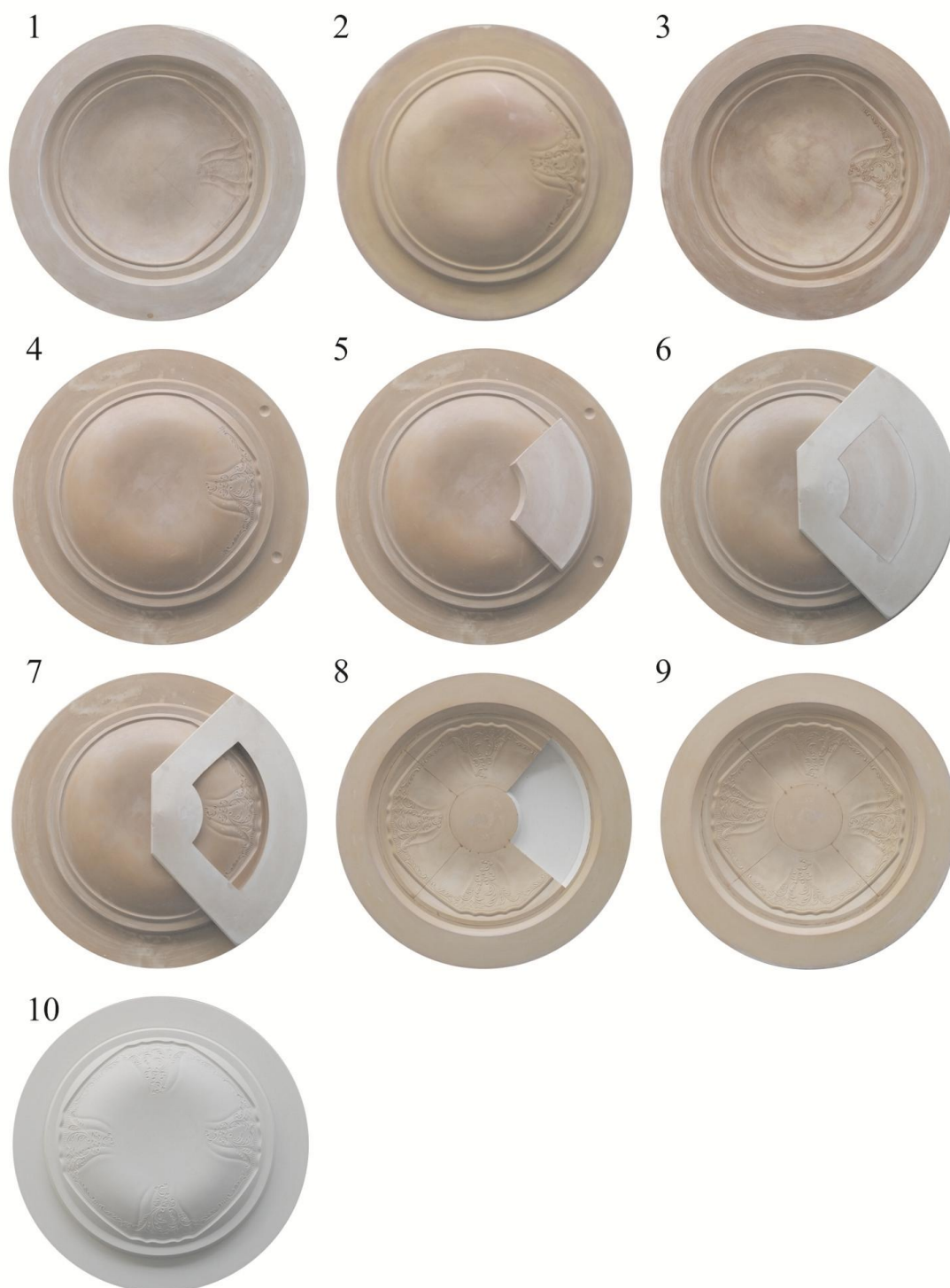
Festonový reliéf se mnohdy skládá z několika shodných segmentů. Pilotní segment reliéfu se vytváří dvěma způsoby, na předem precizně rozměřený segment modelu. Lze nanášet reliéf z modelíny, popřípadě modelovací pryskyřice, nebo využít druhý způsob, předpokládající také precizně rozměřený segment modelu, kde je naopak reliéf vyrýván do sádrového segmentu negativně. V obou případech jsou segmenty dále přelity sádrou a převedeny do opačného tvaru - pozitivu nebo negativu - a dotvarovány. Důraz na precizní rozkreslení segmentu je kladen proto, že tyto stejné segmenty jsou k sobě

skládány, skladba je přelita sádrovým blokem, čímž se opakující se segmenty spojí v jeden blok, například v celistvý model talíře.

Reliéfní plochy, které lze běžně nalézt na porcelánových jídelních a nápojových produktech, opět plní formu a funkce popsané u festonového reliéfu. V pohledu plošný reliéf utváří design výrobku a mnohdy na jeho vizuálu dokonce stojí i celý koncept, myšlenka navrhovaného produktu. Modely s opakujícími se reliéfy se také segmentují, a to tak, že originální díl je kopírován zpravidla do 4 – 8 segmentů. Segmenty, stejně jako u festonu, se spojí a postupným přeléváním sádrou je docíleno celistvého modelu. Sádrový originál je ručně vyčištěn a připraven pro další vývojový proces. Metoda segmentování je stoletími osvědčený modelářský postup, zjednodušující a zrychlující výrobu veškerých reliéfů porcelánového produktu; tímto způsobem kopírování je reliéf tvarově a geometricky téměř ideálně shodný po celém obvodu modelu.¹³ (obr.16)

V některých případech je možné se setkat s reliéfem, nebo festonem, vytvořeným v pozitivu přímo do plochy modelu. Tato metoda provedení reliéfu ovšem předpokládá letitou modelářskou zkušenost a precizní zručnost.

Pokud je ale reliéf takto veden a jeho nejvyšší vrcholy končí v celkové linii tvarosloví modelu, porcelánový produkt se stává vizuálně velmi kompaktním i přes svoji dynamiku. Ne náhodou se s ním setkáváme na bohatě zdobených porcelánových soupravách barokního a rokokového slohu. Styl je velmi zřetelně znát například u dřevěných zdobných rytin nábytku, vycházejících vždy ze základní plochy. Jestliže použijeme terminologii sochařských technik, tak ji, s trochou nadsázky, můžeme nazvat skulpturou, kdežto u popsaných technik festonu a plošného reliéfu plastikou.



*Obr. 16: Postup segmentování vyvíjeného modelu čtvercové mísy.
Tvar Bernadotte - společnost Thun 1794.*



Obr. 17: Korekce proporční chyby reliéfu oválu Legio dánského studia Eva Solo vyvíjeného společností Thun 1794.

Pokud využijeme digitálních technologií k tvorbě reliéfu, postup je možno si přestavit stejný, jen provedený ve virtuálním prostředí 3D grafického programu. Konstrukčně nakreslené pilotní prvky reliéfu se kopírují a různými grafickými postupy sesazují na virtuální model, který je možné dále pomocí 3D tiskárny vytisknout podle potřeby jako prostorovou skicu, prototyp, model, anebo dokonce jen jako segment celistvého reliéfu pro vsazení do sádrového modelu.

Jestliže prostor depozitní desky 3D tiskárny je dost velký a model nebo forma jsou určeny pro finální využití, není již potřeba 3D tisk dále segmentovat. Digitální cesta tvorby reliéfu se ukázala jako velmi rychlá, přesná a levná, se snadnými korekcemi proporčních chyb odhalených již ve vizualizacích, popřípadě na prostorových skicách.

1.8. Vytváření litofanie prostřednictvím 3D tisku

Nápad využívat něco jako 3D tisk pro porcelán vznikl v hlavách modelářů porcelánů již dávno. V polovině 90. let s příchodem CAD technologií konstrukčního kreslení primárně určených k vizualizacím plánovaných produktů, které se rychlostí blesku šířily z amerického Silicon Valley a appleovského projektu Macintosh, s tehdy nedostižnou úrovní vizualizace počítačové grafiky, se hypoteticky uvažovalo o takové technologii pro realizace ve vývoji. V tehdejší době v české kotlině ještě téměř nikdo nevěděl, že již necelých deset let je patentován vynález prostorového tisku, dnes známý jako Stereolithography (SLA). Nezávisle na těchto znalostech se vedly debaty, jak by taková technologie mohla fungovat. Představy se velmi blížily technologii 3D tisku. Nádrž s čirou chemickou na světlo citlivou látkou osvětlovanou třemi laserovými paprsky, každý ve frekvenci jedné základní barvy, kdy průsečík paprsků vytvoří bod bílého světla, který srazí látku v pevnou hmotu. Takto se bude postupovat tak dlouho, až bude pevný model hotový a my jej vyjmeme ze zbytku gelové látky. Jistě, lze namítnout, že bylo tehdy stavěno na kusých informacích, které postupně přicházely, úvahy se stáčely k této technologii a vymýšlelo se již vymyšlené. Není tomu tak.

Litofanie je jakýkoliv obraz převedený z fotografie, malby atd. do reliéfu porcelánové hmoty tak, že při průchodu světla různě silnými vrstvami porcelánu vzniká světelný obraz. Metoda je založena na osvitě fotocitlivých látek: osvitěm dochází u látek k jejich postupnému srážení a tak se stávají částečně voděodolnými. Stejná metoda je využívána u klasické fotografie. Technika výroby litofanie je dnes zřejmě zapomenuta - nikdo s jistotou neví, jaké látky byly k osvitě použity. Zdá se, že veškeré znalosti o litofanii si vzali modeláři 19. a počátku 20. století do hrobu. V polovině 90. let minulého století byla snaha technologii osvitě znovu oživit. Dnes ji už máme.

Neosvěcujeme, ale využíváme metodu spojení 3D tisku a počítačového algoritmu, jehož autorem je D. D., modelář a programátor; metoda prošla od roku 2015 úspěšným testováním na FDM a SLS technologiích 3D tisku. Danielčákův algoritmus zpracovává černobílou předlohu tak, že ji nejprve převede na škálu odstínů šedé a pak, v rámci této škály, každému odstínu přiřadí odpovídající tloušťku vrstvy (nejsvětlemu odstínu odpovídá nejtenčí vrstva) pro následný 3D tisk modelu. Takto vytvořenou digitální litofanii lze aplikovat na libovolné těleso v konstrukčním programu, podobně jako se definují textury materiálu.



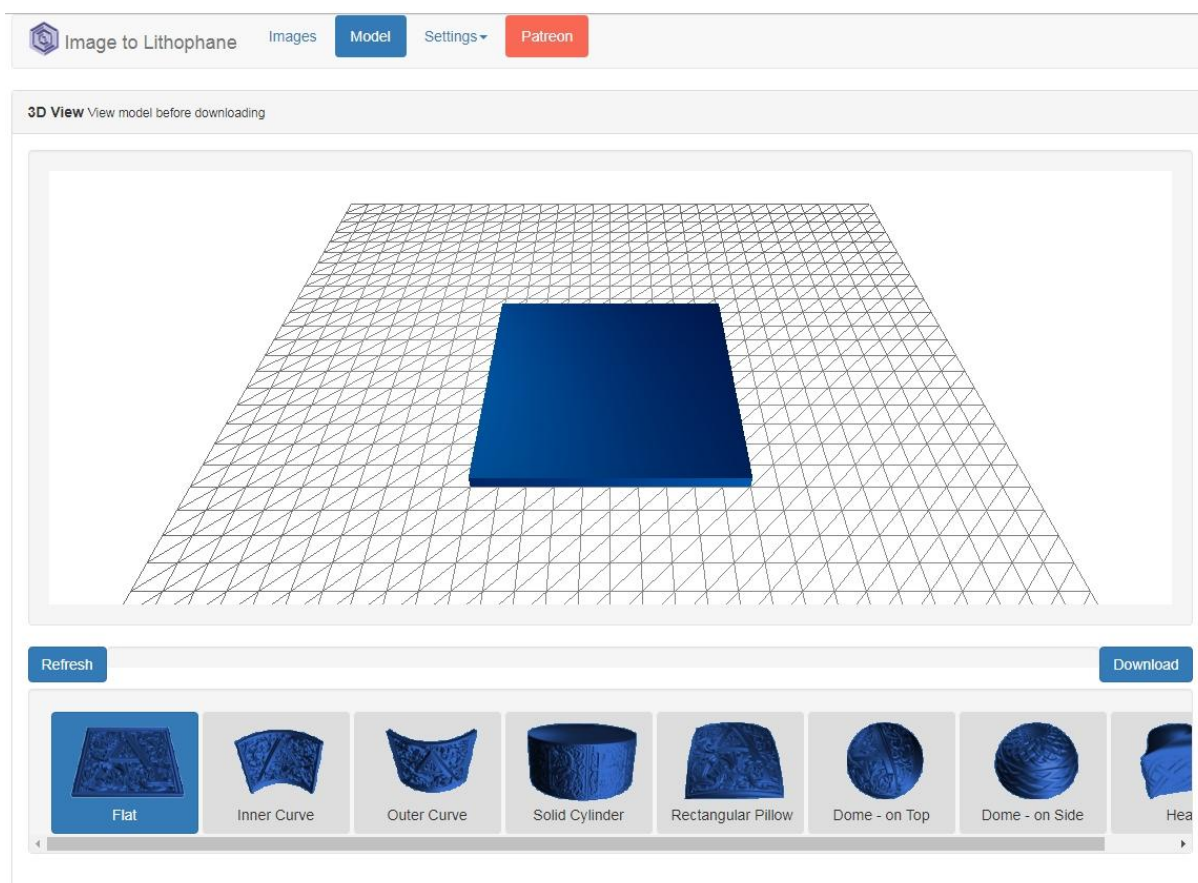
Obr. 18: 3D tiskový model pro porcelánovou litofanii. Archiv Futuree



Obr. 19: Finální porcelánová litofanie prosvícená světlem. Archiv Futuree

V roce 2018 Josef Průša, známý český výrobce 3D tiskáren, zpřístupnil na svých stránkách open source software, pomocí něhož je možno průsvitku – litofanii vytvořit přímo z 3D tiskového termoplastu.¹⁴ Řada lidí, kteří začínají s 3D tiskem, se omezuje výhradně na tisk modelů, stažených z webů jako Thingiverse nebo MyMiniFactory. Na tom samozřejmě není nic špatného, ale možnosti 3D tisku jsou daleko větší a jakmile proniknete do tajů vytváření vlastních modelů, otevřou se před vámi dveře dokořán. BACH, 2018.¹⁵

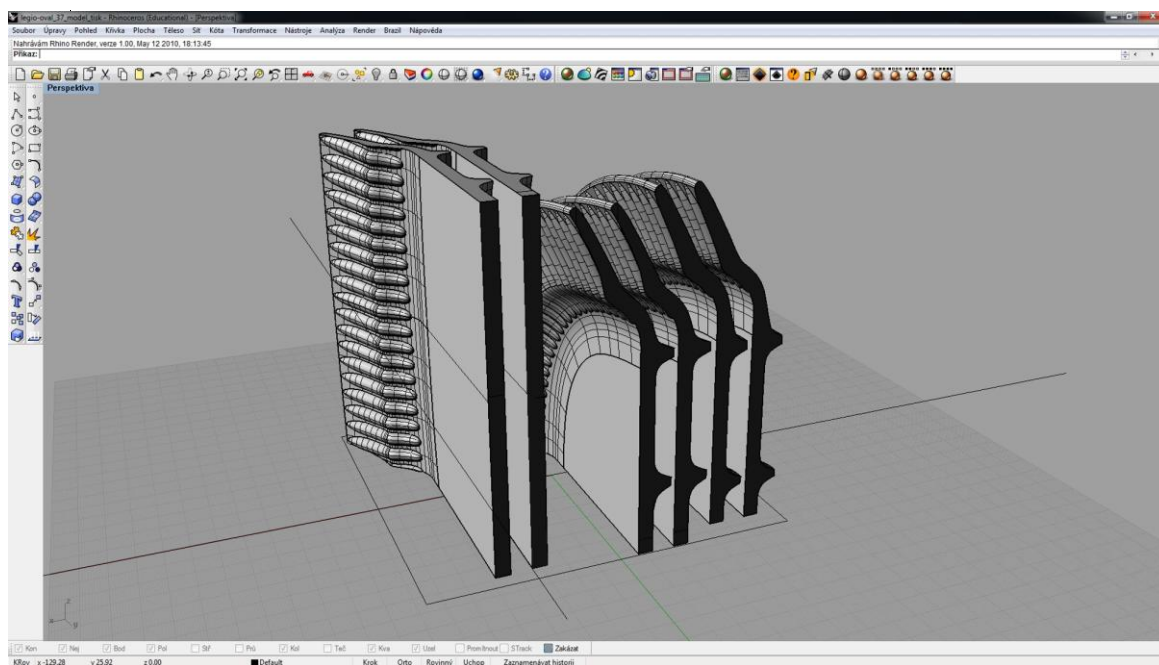
Vrstvený filament vykazuje také určitou míru průsvitnosti, tak zřejmě nebylo složité přijít na to, jak tuto vlastnost využít k rozšíření aplikačních možností 3D tisku. I když webové rozhraní pro vytvoření průsvitky nabízí jen omezený počet geometrických těles, na kterých je možné průsvitný obrázek vytvořit, nabídka je dostačující i pro náročnější uživatele 3D tisku. „Průsvitkový“ software dokonce disponuje možností nastavit rozměrové parametry tělesa pro zvýšení, nebo snížení intenzity průniku světla atd.¹⁶



*Obr. 20: Webové rozhraní s grafikou pro tvorbu litofanie 3D tiskem.
<http://3dp.rocks/lithophane/>*

1.9. Nastavení orientace vlastního tisku v 3D tiskárně

Pro vytištění modelu s co nejčistším povrchem je potřeba dobře zvážit orientaci modelu na desce tiskárny vzhledem k vrstvení materiálu. Tloušťku vrstvy lze nastavit od 0,02 mm¹⁷, ale v běžné praxi se s ohledem na čas a kvalitu tisku, využívá rozmezí 0,15 – 0,20 mm. Často se stává, že model svými rozměry přesahuje prostor depozitní desky 3D tiskárny, a proto jej nelze vytisknout vcelku. Není třeba klesat na mysli, protože je několik způsobů jak výtisk realizovat. Protože 3D tiskárny, určené pro personální využití (svými rozměry a cenovou dostupností ideální do kancelářských prostor), například k prototypování designéry, disponují tiskovou oblastí maximálně 30 x 30 x 30 cm musíme uvážit jak model co nejvhodněji rozdělit, aby bylo možno, po vytisknutí jednotlivých jeho částí, sestavit celistvý model.



*Obr. 21: Dělení modelu oválu Legio 32 pro 3D tisk s malou depozitní deskou.
Archiv Futuree*

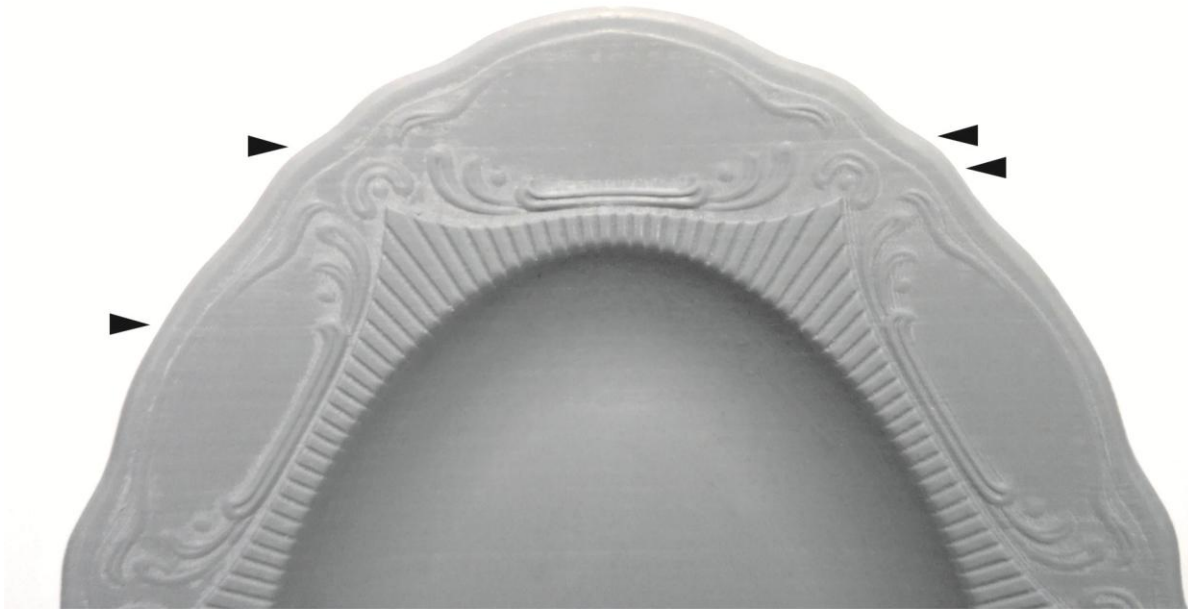
Ze zkušeností s tiskem jednotlivých modelů vychází nejčistější povrch ve svislé stěně; čím více se rovina tisku sklání, vrstvy od sebe odstupují a povrch začíná být hrubší.

Velmi nepříjemná je hrubá struktura v reliéfech, kde se mnohdy obtížně čistí. Při tisku modelů porcelánového produktu se nejproblematictější jeví tisk u plochých výrobků, jako jsou talíře, nebo podšálky. Jejich prapory jsou obvykle nakloněny pod velkým úhlem a tvar mělčího festonového reliéfu se ztrácí v hrubosti tisknuté struktury. Dobrým řešením se zdá být tiskový model plošiny rozdělit na poloviny, nebo čtvrtiny a ty tisknou vertikálně. Tento způsob má několik výhod.

1. Tisknout lze několik segmentů najednou, pokud se vejdou do tisku na výšku.
2. Vytisknout lze i velké modely přesahující tiskové možnosti dané 3D tiskárny.
3. Pokud je produkt rotační (tisková deformace se opakuje v jednotlivých tisknutých výsečích rotačního modelu; tímto způsobem je rozložena rovnoměrně po obvodu do více stejných dílů)

Nevýhodou při dělení a tisku modelu na výšku jsou layery vrstvené horizontálně přes model. U reliéfu modelu podšálku, talíře, nebo oválu koncipovaného po křivce praporu, způsobí taková orientace tisku optické přeškrtnání vrstvami. Jemný reliéf pak lze vyčistit jen s velkými obtížemi. Dělení modelu probíhá přímo v CAD softwaru. Vytvoření modelu z dílů je samozřejmě náročné na přesnost a čas a vyžaduje dobré znalosti o 3D tisku, zejména znalosti o rozhodujících parametrech nastavení s důrazem na stabilitu dílů modelu při tisku. Nabízí se otázka, jestli by nebylo možné celý proces děleného tisku automatizovat. Software, který to umožňuje, získal patent v roce 2018. “*Metoda zahrnuje určení množství rovinných řezů, vyhodnocení jejich objektivních funkcí a na základě tohoto vybere a vyhodnotí možné rozdělení 3D modelu*“*BARAN a spol., 2018,*¹⁸

¹⁸ Summary, překlad citace Martin Přibík, BARAN, Ilya, LUO, Linjie, MATUSIK, Wojciek, United State Patent, Partitioning models into 3D-printable components, [online] c.2018, poslední revize 19.5.2020 [cit.2020-05-19] Dostupné z: <<https://patents.google.com/patent/US10025882B2/en>>



*Obr. 22: Vrstvení horizontálně přes model a reliéf při 3D tisku na výšku.
Archiv Futuree*

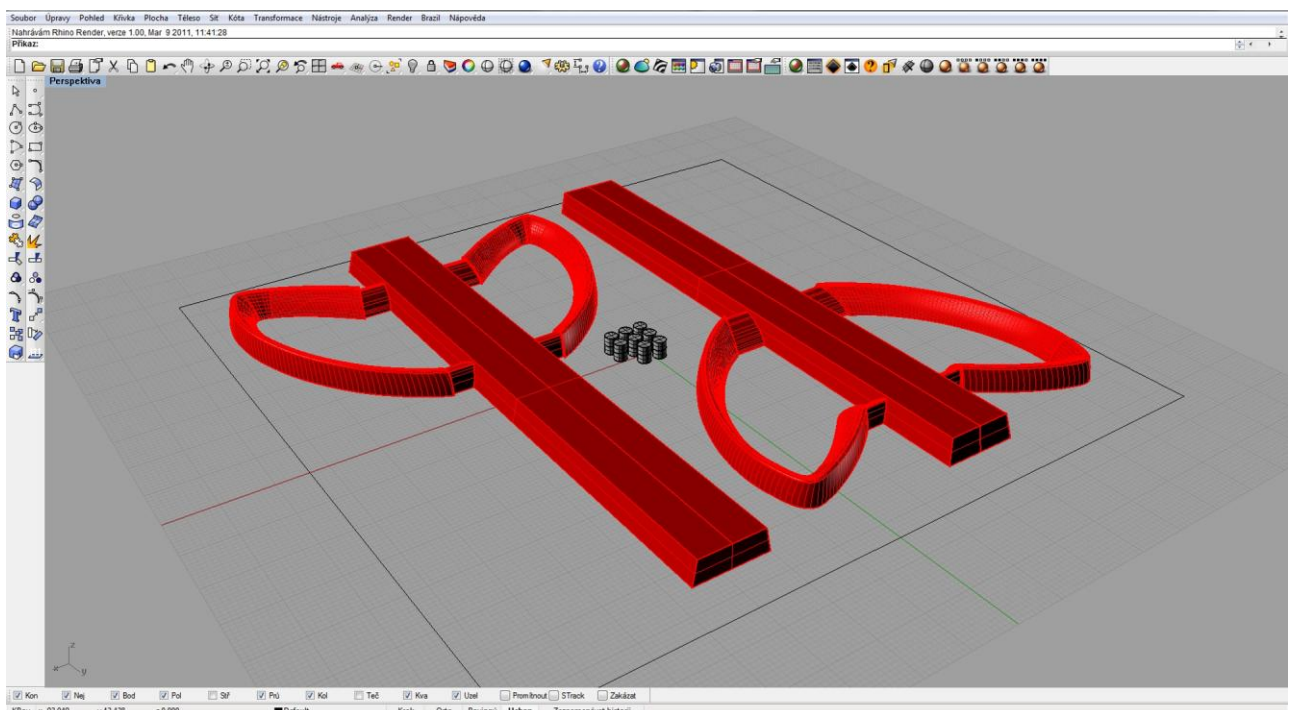
Je potřeba učinit rozhodnutí, jestli využít metodu dělení, nebo velkoprostorový tisk celistvého modelu horizontálně v profesionální 3D tiskárně, u níž vrstvení materiálu probíhá, v případě FDM metody, po obvodu modelu. Další metody tisku, jako jsou SLS nebo SLA, nesplňují některé parametry, například požadavek na velikost tisknutého prostoru, míra hrubosti tisku, nebo míra deformace.

Spíše časovou nevýhodou je u děleného tisku následné spojování částí. Spojení lze provést dvousložkovým, rychle tuhoucím epoxidovým lepidlem, jehož vytvrzení trvá cca. 5 minut. Vzniklé spáry lze zatmelit rychleschnoucím polyesterovým tmelem na plasty a po zaschnutí tmel zabrousit smirkovým papírem.

Další nevýhodou je úzká základna, která by se mohla z podložky během tisku uvolnit. Tento problém se řeší, kromě nastavení brimu (dodatečná rozšířená jednovrstvá plocha na vnější i vnitřním perimetru první vrstvy modelu, držící na depoziční desce), i spojením tisknutých částí několika malými čepy, například

v místech nožky výrobku, pokud je možné tisknuté části plošiny orientovat nožkami k sobě. Po dokončení tisku se čepy od tisknutých částí odříznou a zabrousí.

Pro kvalitu 3D tisku uch je výhodnější model horizontálně rozpůlit a tisknout poloviny vertikálně a samostatně. Při slepení vytisknutých půlek je opět potřeba spáry zatmelit. Sekundárně to přináší tu výhodu, že tmel vyznačuje dělicí rovinu, potřebnou pro přesné zaformování ucha.



*Obr. 23: Dělení modelu uch s vtokovým kanálem šálku Lea 155 Thun pro 3D tisk.
Archiv Futuree*

U tisku šálku celá operace probíhá standardně. Ve většině případů tvar a velikost modelu umožňuje tisk vcelku, jediné nad čím je potřeba se zamyslet je, zda šálek tisknou na nožce, nebo nožkou vzhůru. Zde rozhoduje účel tisknutého modelu, potřeba mít z dutého šálku pohledovou skicu - prototyp, nebo model, který je lépe tisknout plný, myšleno s mřížkou uvnitř.

Další možnost realizace 3D tisku je tisk s podporami, které umožňují orientovat model na desce v poloze, která by jinak při tisku vedla ke kolizím, či deformacím. Podpory jsou tisknuty automaticky vždy, když úhel vrstvení přesáhne 30°, přičemž software tiskáren standardně umožňuje nastavení změny úhlu. Běžné personální tiskárny většinou disponují pouze jednou tryskou, která tiskne z jednoho materiálu současně stavící i podpůrné vrstvy, a ty se mohou spékat. Stává se, že po odříznutí podpůrné struktury je povrch vlastního modelu hrubý a potrhaný, a pak je potřeba v postprodukci vyvinout větší úsilí ke korekcím. Dražší personální a průmyslové 3D tiskárny pracují již se dvěma a více tryskami a stavící materiál tak může být tisknut ve více barvách najednou, současně s podpůrným materiálem PVA. Výhodou PVA je rozpustnost ve vodě, proto se nemusí odstraňovat mechanicky.

V odstavcích výše je vysvětleno, že model je lépe dělit, aby části byly čistěji vytisknuty, poté slepeny a vzniklá spára zatmelena. Tato metoda však skrývá jednu deformační záludnost. Týká se to hlavně PLA, ačkoliv i u ABS (při jeho vyšší náchylnosti k deformacím) lze stejný problém očekávat také; aplikace tohoto materiálu ale nebyla ve vývoji pro výrobu porcelánu testována. Jedná se o počáteční a uzavírací vrstvy, které čítají od 3 do 6 vrstev. Při tomto plném vrstvení materiálu dochází k většímu smrštění termoplastu a tím ke vzniku protikónické hrany o výšce cca 0,5 mm. Hrana je téměř neznatelná, a přesto svou mírnou protikóničností dokáže protrápit nejednoho uživatele, například při přelití sádry. Sádrový přelitek, i přes svou roztažnost 0,1 – 0,3 mm, podle použitého druhu sádry¹⁹, pak nelze sejmut. Nejvíce je toto smrštění materiálu zřetelné právě u spojování zrcadlových polovin uch, kdy je třeba vzniklou spáru zatmelit, aby nevznikaly další škody při formování modelu.

1.10. Metody konečné povrchové úpravy 3D tisku u systému FDM

Snad od počátků 3D tiskových technologií je uživateli, výzkumníky a vědci řešena povrchová úprava výsledného výrobku, pokud je požadován hladký povrch pro různá další použití prostorových výtisků. Protože technologie 3D tisku je postavena na vrstvení materiálu, vzniká při tisku nepřesnost v návaznosti vrstev (cca 0,1 mm²⁰, podle typu tiskárny), a tím horizontální strukturování povrchu. I taková minimální odchylka bývá nepříjemná, a to z různých důvodů. Při navrhování porcelánu musí být například prostorová skica bílá, hladká a lesklá, aby dobře imitovala dojem porcelánu. Pokud je prostorově tisknutý model využit pro výrobu sádrové formy, nepřesné strukturování tisknutých vrstev je nežádoucí. Sádra má vynikající, detailní kopírovací schopnost. Není náhoda, že je sádra svými vlastnostmi vhodným materiálem pro vývoj a produkci porcelánu. Jestliže tedy má proběhnout aplikace 3D tisku do vývoje a výroby porcelánu, je třeba dořešit problémy spojené s kvalitou povrchu, aby bylo dosaženo požadovaného vizuálního vjemu. Dosavadní praxí je, a zřejmě ještě nějakou dobu bude, že se 3D výtisk vyčistí mechanicky, zbytkové vlasové layery se zatmelí a k finální podobě se model nastříká barvou požadovaného odstínu. A proto se jako vhodnější jeví přenechat povrchové úpravy prostorových skic profesionálům; objemový a vizuální dojem pak bývá k nerozpoznání od reálného porcelánu. Záměrně nebylo použito slovo **prototyp**, protože je zvyklostí, že prototyp je pro potřeby zkoumání (testování skutečné hmotnosti, ergonomie a dalších vlastností reálného materiálu) zhotoven již z porcelánu.

Počátkem roku 2013 bylo zveřejněno, že Austin Wilson a Neil Underwood našli způsob, jak upravit povrch 3D tisku z ABS materiálu. Oba, jako členové

hackerspace Fablocker v Severní Karolíně, strávili spoustu času hledáním nových způsobů, jak vylepšit své nástroje. Neil, jako administrátor pro RepRap, může využívat zpráv, které dostává z celého světa od lidí snažící se o neobvyklá řešení.²¹ O způsobu, jak upravit povrch 3D tisku z ABS materiálu uloženého do nádoby s acetonovými výparů při teplotě 90°C Wilson říká: „*Jednou z oblastí, která potřebuje další výzkum, je měření dopadu procesu na fyzikální vlastnosti povrchově upravených součástí. Zdá se, že to ve skutečnosti nezmění tvar objektů ani nemění rozměry, ale neměli jsme čas na testování kostek a jejich měření pomocí posuvného měřítka,*“ Wilson (2013)²²

V této době se s hodnotami času expozice a teplotou experimentovalo a není tomu jinak ani dnes. Podle Rapid Prototyping Journal vědci z mechanického inženýrství na Univerzitě v São Paulu v Brazílii zveřejnili koncem února 2017 studii, která o výše uvedené metodě uvádí hodnoty expozice okolo 15 - 20 minut a teplotu prostředí ustálenou na 70°C.²³ Jelikož využití acetonových výparů probíhá za tepla a bod varu acetonu má hodnotu 56°C, je třeba dbát zvýšené opatrnosti při manipulaci s otevřeným ohněm. Pro bezpečnost lze k povrchové úpravě využít dnes již sériově vyráběných stanic Finish Touch Smoothing Station od společnosti Stratasys. Podle informací na webových stránkách Stratasys je stanice bezpečná, uživatelsky přívětivá, má krátký expoziční čas (10 – 15 minut) a je vhodná pro designéry. Metoda povrchové úpravy acetonovými parami přináší hladký sklovitý povrch, který je vizuálně velmi podobný porcelánu nebo sklu. ABS je pro povrchovou úpravu vhodným tiskovým materiálem, protože je chemicky rezistentní, konkrétně není tak citlivý na působení acetonových výparů.

²² Překlad citace Martin Přibík, FLAHERTY Joe, *Wired*, *Slick Trick Adds Much-Needed Shine To 3-D Printed Parts*, [online] c.2013, poslední revize 20.05.2020 [cit.2017-11-13] Dostupné z: <<https://www.wired.com/2013/03/3d-print-smoothing/>>

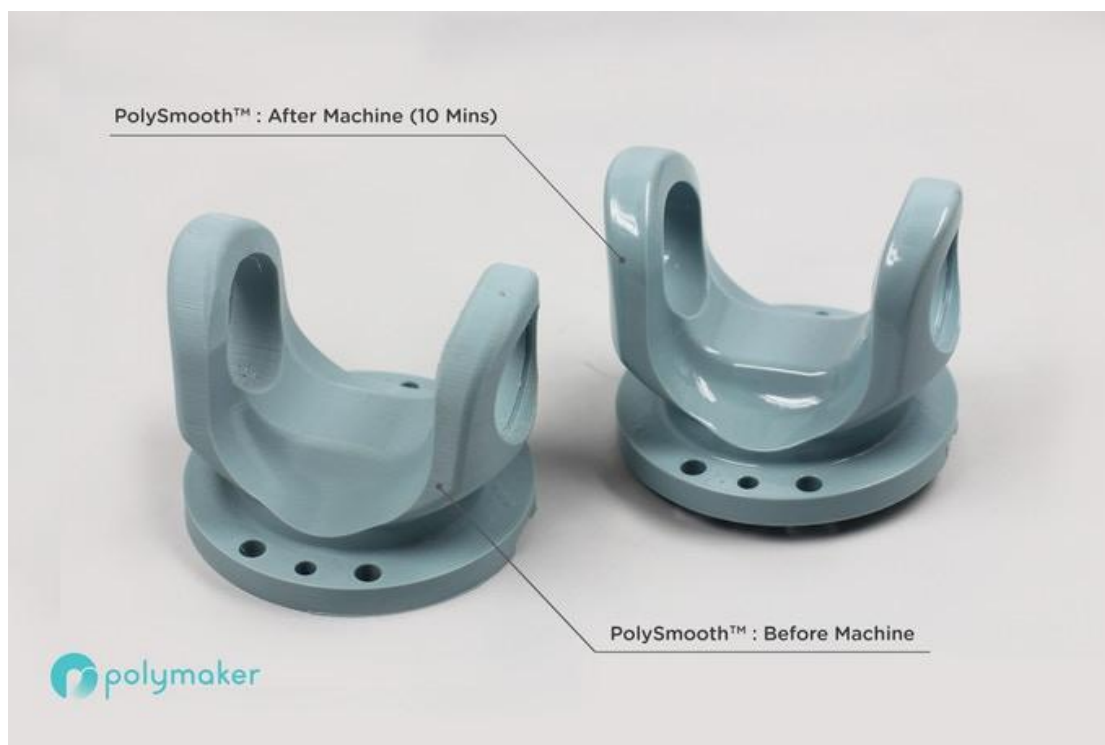


*Obr. 24: Finish Touch Smoothing Station – zařízení pro chemické povrchové úpravy ABS 3D tisku společnosti Stratasys.
<https://www.smg3d.co.uk>*

O materiálu PLA toho není moc publikováno, zřejmě z důvodu chemické nestálosti, nebo přílišné citlivosti v acetonovém prostředí, ale z vlastních zkoušek vyplývá, že se na PLA materiálu při expozici vytvářejí bublinky a roztékání probíhá poměrně rychle. Tiskový materiál lze i ponořit přímo do acetonové lázně na několik sekund, ale stěny tištěných modelů pak, při změknutí materiálu, trpí poměrně velkými deformacemi.

V roce 2014 společnost Polymaker, výrobce jednoho z nejlepších filamentů, získala na serveru crowdsourcingu Kickstar podporu (příslib 100000 USD) pro svůj projekt, který se týkal vývoje nového stolního přístroje pro chemické vyhlazení 3D tisků. Nakonec měli k dispozici 433000 USD²⁴ a v srpnu 2016 zahájili prodej. Společnost přišla na trh s tiskovou strunou PLA Polysmooth, která předčí svými vlastnostmi běžné PLA nebo ABS. Jak již z názvu filamentu vyplývá, jedná se materiál s tvorbou hladkého povrchu. Hladkého povrchu se

dociluje jako u všech dalších filamentů až po tisku, ve fázi tzv. postprocessingu (též postprodukci), v přístroji Polysher, jehož se týkal výše uvedený projekt Polymakeru.²⁵ Úprava povrchu probíhá chemicky, ale, narozdíl od vyhlazování ABS, Polymaker využil k vyhlazení plochy alkohol, přesněji izopropylalkohol (IPA), či 70 – 90 % etanol.²⁶



*Obr. 25: 3D tisk před a po povrchové úpravě v Polysheru.
<https://www.kickstarter.com>*



*Obr. 26: Detail povrchově upraveného 3D tisku v Polysheru.
<https://www.kickstarter.com>*



Obr. 27: Polysher – zařízení pro chemické povrchové úpravy 3D tisku společnosti Polymaker. <https://www.kickstarter.com>

2. DEFORMACE A KONTROLOVANÉ DEFORMACE PORCELÁNU

2.1. Smrštění a deformace porcelánu

Největší problémem při navrhování porcelánového produktu jsou omezené znalosti vlastností keramických hmot a tudíž i jistá variabilita jejich chování při zpracování. Samozřejmě, designéři se učí ovládat jednotlivé materiály, aby byli schopni dobře navrhovat tvarosloví jednotlivých produktů. Zpravidla jsou materiály při výrobě zpracovány do tvarů, které jim ve finále zůstávají a designéři se tak mohou plně zaměřit na ergonomii, funkčnost a formu produktu. Z technických znalostí v podstatě využívají jen ty o vlastnostech při zpracování za tepla, o kritickém bodu ohybu materiálu a znalosti o směsích a třídách materiálu, pokud se „pohybují okolo zpracování kovu“.

Porcelán, snad jako jediný materiál, po návrhu a vývoji tvaru prochází výrobou, při níž se dále výrobek smršťuje a deformuje tak, že se vypálený výrobek od modelu liší (zmenší se) velikostí o 11 - 15% ¹, podle užití výrobní technologie a daného složení hmoty. Při neznalosti problematiky o deformacích hmoty, vznikajících pálením, dochází k nežádoucím změnám tvaru výrobku, a tím k jeho znehodnocení. Pokud se má vývoj ubírat plně digitální cestou a využívat 3D tisk pro výrobu modelu, nebo přímo rozmnožovacích zařízení pro výrobu produkčních forem, je třeba dokonalých znalostí o deformacích porcelánové hmoty jak během výroby, tak při samotném výpalu výrobku.

Smrštění porcelánu probíhá během celé jeho výroby. V syrovém stavu vlivem odpařování vody a dále, při výpalu, kde se dále voda odpařuje - nejprve volná a poté chemicky vázaná, vyhořením organických látek, včetně uhlíku, vlivem

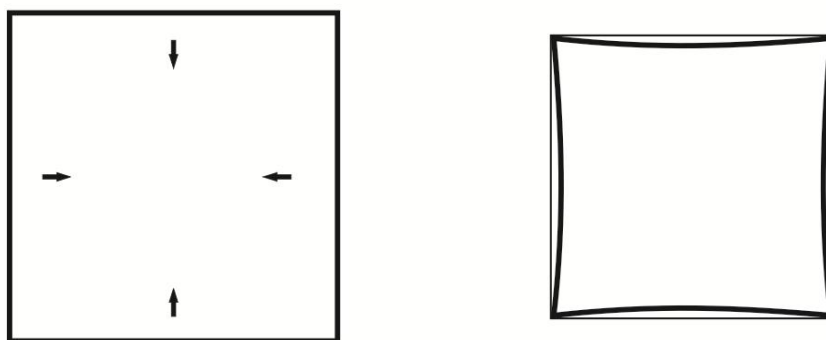
chemických modifikačních přeměn a slinutím střepe.² Již volbou výrobní technologie je počáteční procento vlhkosti rozdílné. Pokud je zvolena ruční technologie, k deformování výrobku dochází například špatnou manipulací se syrovým, vlhkým (kožovitým) výrobkem při jeho vyjímání z forem. Jestliže je výrobek po vyjmutí z formy deformovaný a poté vrácen zpět, do pozice před deformací, po výpalu se deformace objeví, neboť porcelánová hmota má „paměť“. Po usušení ztratí syrový výrobek na svém objemu asi 2%.

Deformace při pálení vznikají vlivem měknutí a sesedání hmoty – říkáme, že hmota slinuje, přičemž dojde k celkovému smrštění 13,5%, tabulkově počítáno 14%. Při přepočtu z navržené výpalkové velikosti na modelovou se počítá s navýšením o 15,6%. Při přepočtu je potřeba si ujasnit, z jaké velikosti smrštění počítat a jaké velikosti přiřadit 100%.³

Deformace se týkají těles všech možných tvarů. Nejjednodušší je si deformace přiblížit na základních tělesech, jako jsou krychle, válec, nebo koule.

Krychle

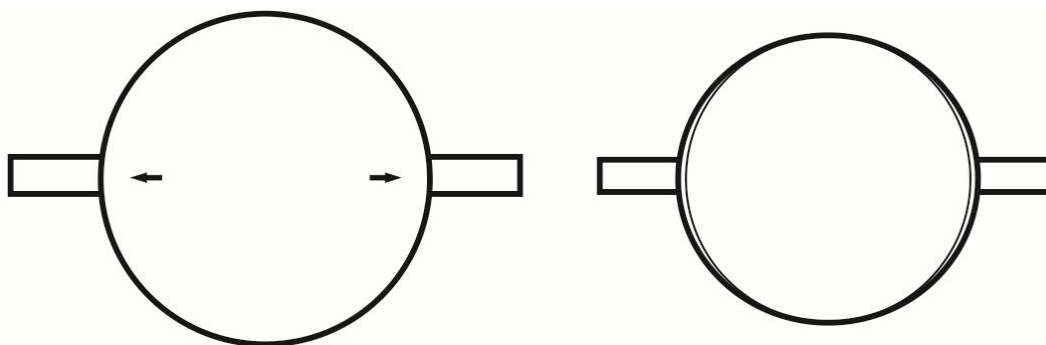
Rovné kolmé stěny se vychylují o cca 1 – 1.5 mm směrem ven, samozřejmě v poměru k výšce stěny. Tak vznikne naddimenzovaný most, tzv. bombírování, které se, při sesedání výrobku, nemůže vychýlit směrem dovnitř. Pokud si tvar žádá vodorovnou plochu, například u víka, opět se využívá bombírování směrem nahoru. Zde záleží na velikosti plochy a zkušenosti z předešlých realizací. Jednoduchým řešením je bombírovat plochu podle úsudku, vzorek vypálit, a na základě informací, získaných z deformace vypáleného vzorku, stěnu dimenzovat nahoru o rozdíl propadu a požadované výšky. Jestliže stěna setrvá nad požadovaným tvarem, model snížíme o tento rozdíl.



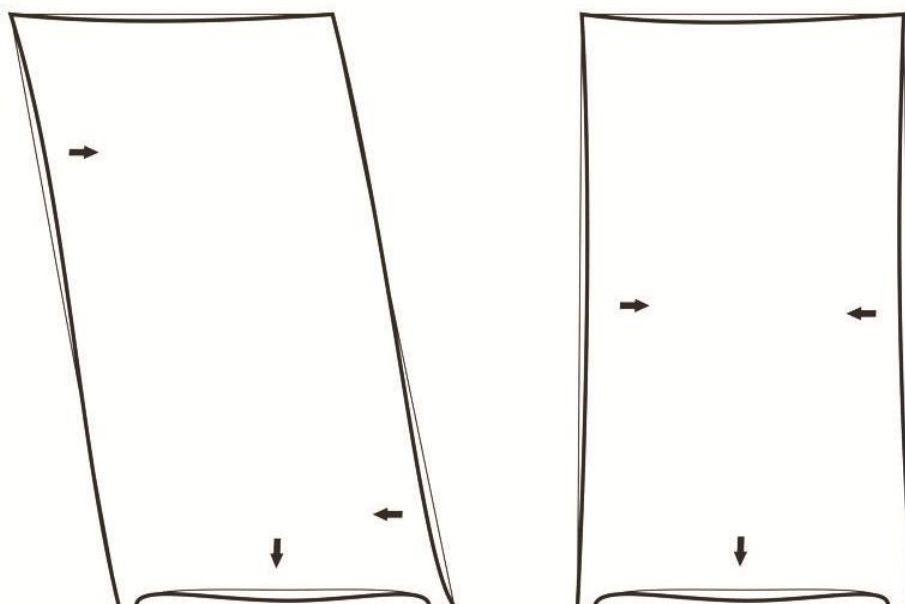
Obr. 28: Směr deformace a proporční smrštění krychle v půdorysu o 13,5%. Archiv Futuree

Válec

Jestliže je plánován design ve tvaru válce, stěna se bombíruje tak, jako u krychle. V případě porcelánu z tohoto tvaru vycházejí například cukřenky, konvice, nebo mlékovky, u nichž se na boku nachází ucho, či v případě cukřenky ucha. Ta způsobují oválné deformace v půdorysném pohledu. Míra ovality je závislá na velikosti a hmotnosti uch a dále také na jejich umístění v ploše, kterou osazení deformuje. Pakliže je součástí výrobku i víko, ovalita otvoru pro jeho osazení může, v krajním případě, způsobit, že se víko do usazovacího zámku vůbec nevejde. Nejjednodušší je opět nechat vzorek přirozeně deformovat ve výpalu a na základě získané informace model upravit.



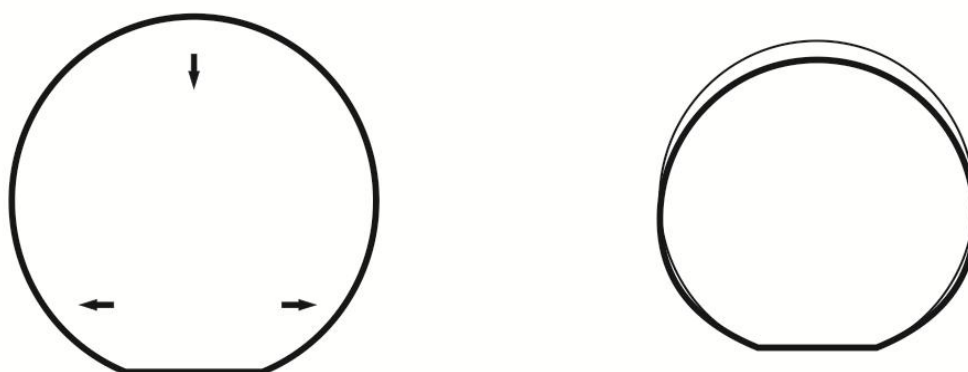
Obr. 29: Směr deformace a proporční smrštění válce v půdorysu o 13,5% s tahovou silou uch. Archiv Futuree



Obr. 30: Směr deformace nakloněného a rovného válce v bokorysu. Archiv Futuree

Koule

U sférických tvarů je vhodné se opět řídit gravitačními zákony. Přesná koule ve výpalu vlivem tepelného zatížení měkne, sedá si a její kulovitý tvar se mění ve vejcovitý. Velikost deformace se odvíjí od velikosti výrobku. Pro dosažení požadovaného tvaru je potřeba model dimenzovat ve tvaru obráceného vejce. Bez zkušenosti je lépe opět využít deformačních informací, získaných výpalem.



Obr. 31: Směr deformace a proporční smrštění koule v bokorysu o 13,5%. Archiv Futuree

Způsob, jak dimenzovat tvary k získání finálního výrobku, co nejvíce shodného s navrženým designem, se nazývá kontrolovaná deformace. Ač se porcelán deformuje poměrně přesně (spolehlivě podle očekávání) a deformace se tak dá předvídat, vždy hraje rozhodující roli manipulace při výrobě. Proto jsou při výrobě vzorků k získání deformační informace vytvářeny alespoň tři vzorky pro srovnání.

2.2. Kontrolované deformace

Nejprve je třeba ozřejmit důvody, proč se zabýváme kontrolovanými deformacemi a proč se to týká i designérů.

*„I když porcelánový výrobek bude zdeformovaný, funkce se přeci nezmění. A pak znalost kontrovaných deformací by měla spočívat hlavně na vývojářích a technologiích vytvářejících porcelánový produkt.“ (*pozn. autora)*

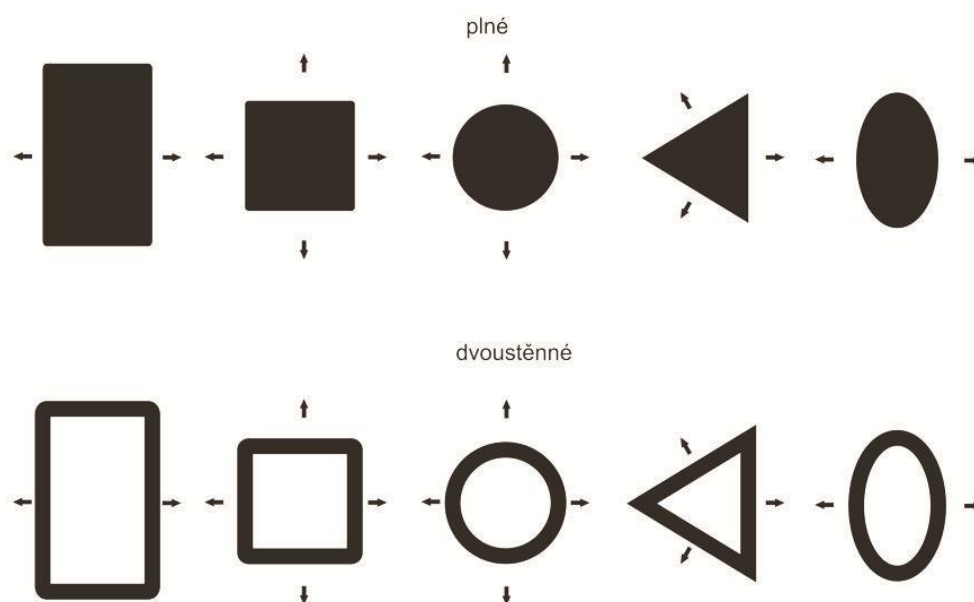
To je velmi povrchní názor mnohých, převážně mladých, ještě nezkušených designérů a umělců na inovační problematiku porcelánu. Žijí v představě (nebo jsou k ní vedeni), že oni jsou tu pro svou kreativitu a znalost tvarosloví, a technici mají jejich ideje uskutečňovat. Upřímně řečeno, zde je hlavní důvod, proč je tak málo designérů v porcelánu úspěšných a proč si čas od času „vylámou zuby“ i ostřílení matadoři. I proto si v posledních letech porcelán, jako materiál, vydobyl respekt a, pokud se někdo pokouší jít s kůží na trh v tvorbě designu porcelánu, tak se vší úctou a pokorou.

**Poznámka autora – fiktivní citace autora ilustrující náhled na inovativní problematiku porcelánu.*

Návrhář, zabývající se vizualitou a pocitovostí tvarosloví porcelánového produktu zjišťuje, že porcelán, potažmo jeho lesklý bílý povrch, je tvarován a dotvářen hlavně dopadajícím světlem, jeho „klouzáním“ po povrchu výrobku.

Když jsou porcelánové stěny vpadlé pod úroveň linií tvaru, lom světla způsobuje, že porcelán je vnímán jako nepovedený a deformovaný, i když k němu marketing vymyslí spoustu krásných slov o tom, jaký měl autor záměr.

V předchozí kapitole jsou již popsány deformace základních těles a jak pracovat s deformační informací, aby bylo docíleno požadovaného tvaru. Dále je třeba vzít v úvahu i profily těles a jejich nejslabší místa, tedy ta, která jsou k deformacím nejnáchylnější. Předvídat, a tím kontrolovat deformace, pomáhají znalosti o vlastnostech porcelánové hmoty. K deformacím obvykle dochází na největších a nejotevřenějších plochách výrobku. Místa, kde se stěny porcelánového produktu lomí, nebo přecházejí do hrany, působí jako vzpěra, která chrání stěp před zdeformováním. Rozhodujeme-li se, zda využít plný, či dutý profil, pak, například pro ucho, je lépe využít profil dutý. Vždy bude pevnější, protože proti deformaci působí dvě roviny - horní vrstva stěny se prodlužuje a dolní je stlačována. Ve středu profilu zůstává původní délka a není namáhána.⁴



Obr. 32: Směry deformací profilů – nejslabší místa v ohybu. Archiv Futuree

Mezi stěnami tak vzniká napětí, zabraňující nadměrnému deformování střepu. Další výhodou dutého profilu oproti plnému, při stejných objemech, je podstatně nižší hmotnost, která ovlivňuje tíhovou sílu, a proto je duté ucho při výpalu stabilnější a méně deformuje například tělo konvice.

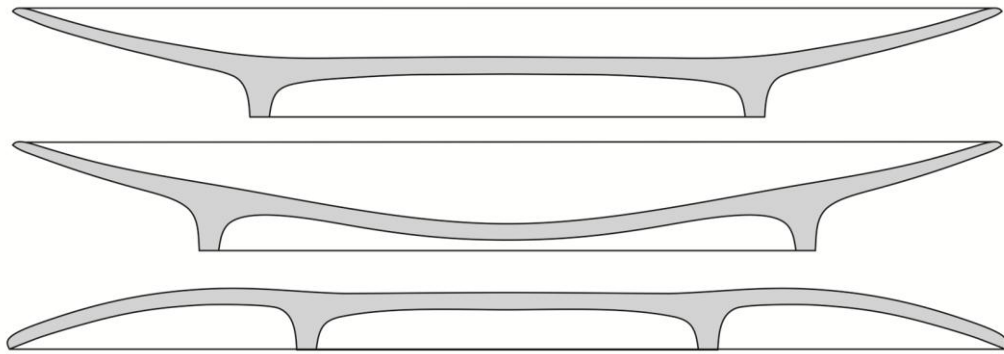
2.3. Kontrolované deformace plochých výrobků

Kapitola o kontrolovaných deformacích plochých výrobků je pro pochopení toho, jak kontrolované deformace fungují a jak jimi lze ovlivňovat ostatní deformace, asi nejnázornější. Pokud jsou hledány v porcelánu nejsložitější výrobky po stránce konstrukční, jsou to ploché výrobky - talíř, desertní talíř, podšálek a králem mezi zlobivými produkty je ovál. To potvrdí každý, kdo v porcelánovém průmyslu pracuje, neřku-li žije pro něj. Navržení designu plochého výrobku – plošiny - ve finále shodného s požadovaným tvarem, vyžaduje již práci zkušených designérů, kteří dokážou spolupracovat s celým kolektivem techniků, konstruktérů a modelářů. V současné době móda diktuje prodloužené okraje (v porcelánové terminologii tzv. „prapor“) plochých výrobků ve vodorovné pozici. Zkonstruovat takový plochý produkt není vůbec snadný úkol, tím spíše, že u tohoto sortimentu se využívá převážně strojová výroba a každý omyl stojí desetitisíce korun. I přesto se firmy uchylují ke strojové výrobě, protože pokud se podaří výrobek uvést do výroby s požadovanými parametry, díky stabilní a vysoce kvantitativní výrobě procento špatných výrobků rapidně klesá. V České republice se praktikuje v tomto segmentu mezifiremní kooperace, kdy strojními zařízeními vybavená firma, např. Thun 1794, vyrábí základní ploché výrobky pro celý porcelánový průmysl (kromě několika výjimek).

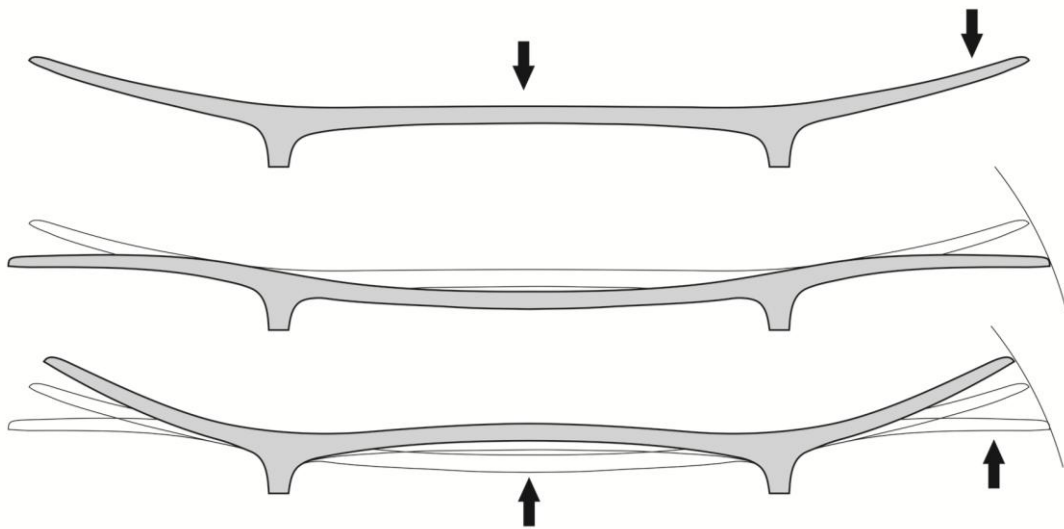
Tak se stane, že se lze setkat s tvarově stejnými plochými výrobky u různých porcelánových tvarů jiných firem. Pravda je, že, pokud se plošina vyrábí

v celém spektru tvarů, od kruhu přes čtverec k oválu, není již co vymýšlet a každý průměrný ekonom si dokáže spočítat, že nakoupit plošinu a dekorovat vlastním dekorem je mnohem méně náročné, než vyvíjet plošinu svou vlastní, utápět ve strojové technologii statisíce a následně zjistit, že jeho výrobky mají téměř stejné tvary a ostatní parametry, jako ty od subdodavatele.

Pakliže se výrobci chtějí odlišit od konkurence, například festonovým reliéfním okrajem, a nadále využívat výše zmíněnou ekonomickou strategii, existuje technologie izostatického lisování, která má kovovou lisovací matici v daném, výrobně osvědčeném tvaru, a na tuto matici lze připravit tzv. ovrstvení, což je elastický návlek s daným reliéfním řešením.⁵ V tuto chvíli plošina již není unifikovaná a firma, která technologii vlastní, má práci pro svůj izostatický lis, protože výrobní kvantitativnost stroje je oproti běžné výrobě vysoká. Deformování u plochých výrobků je většinou nadměrné padání praporů a dále pak středu (v porcelánové terminologii tzv. zrcadlo). Stěna, jinak nazývána střep, při výpalu měkne a začíná vlivem tepelného zatížení padat a ohýbat se přes nožku například u talíře. Právě tehdy dochází k efektu dětské houpačky, kdy prapor, padající přes nožku, začíná přetahovat zrcadlo, anebo opačně. To můžeme využít k ovlivnění deformace samotné, tedy k její kontrole – ke **kontrolované deformaci**. Postačí nám jen posunutí nožky směrem dovnitř nebo ven. Pokud nožku konstrukčně vysuneme ven, zrcadlo přetáhne prapor, ten jistě vlivem měknutí střepu o něco klesne, ale nebude to tak dramatické. Většinou se ale řeší opačný problém – když tahová síla praporu je využita k udržení méně stabilního zrcadla v požadované výšce.

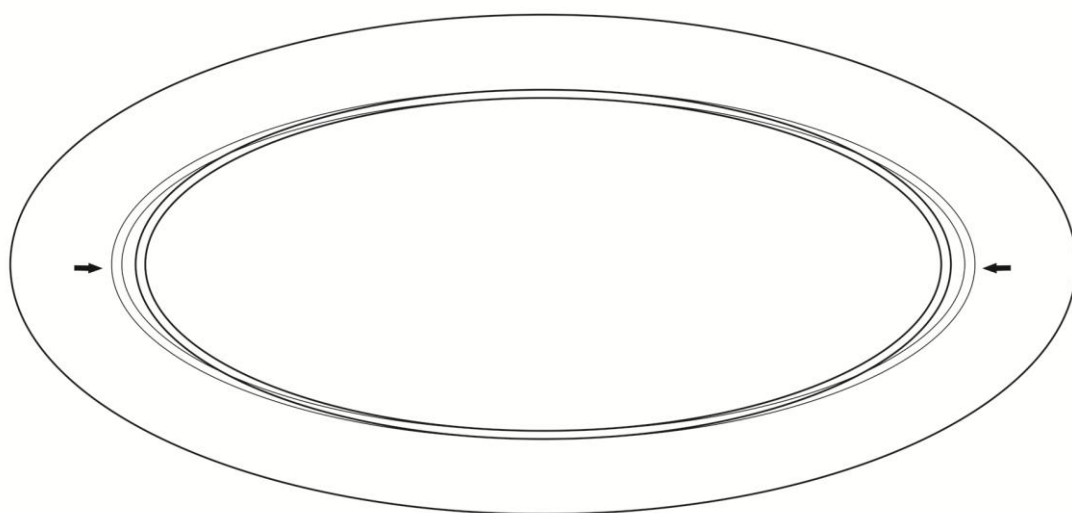


Obr. 33: Deformace střepe plošiny z řezu v závislosti na postavení nožky. Archiv Futuree



Obr. 34: Kontrolované deformace profilu plošiny z řezu – od shora požadovaný tvar, tvarová deformace bez dimenzování, dimenzování modelu pro požadovaný tvar. Archiv Futuree

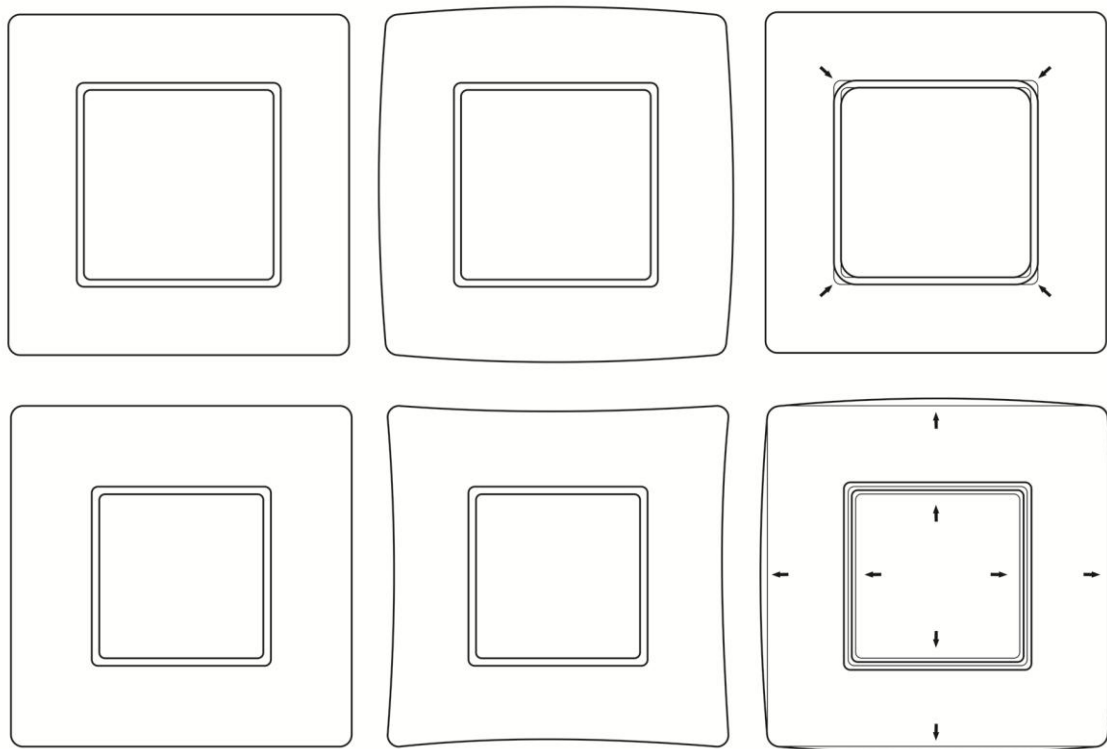
Ještě markantnější je toto řešení u oválné, nebo čtvercové plošiny. Vzhledem ke složitosti bude vhodnější začít oválnou plošinou. Protože na bocích oválu je více materiálu než na špičkách, dochází k nadměrnému padání boků, které tak vlastní vahou vytahují špičky vzhůru. Pak se stává, že ze zamýšleného oválu s vodorovnou hranou praporu se stane kolíbka. Celý problém lze řešit tak, že nožka u špiček oválu je posunuta směrem dovnitř, do zrcadla (obr. 35), a vlastní vahou je zvýšena tahová síla u špičky praporu pákou, působící přes nožku. Zde opět využíváme deformační informace, které byly popsány v předchozích kapitolách. Asi by mělo být zdůrazněno, že u tohoto typu výrobku tento cyklus probíhá i několikrát a vyžaduje mnoho zkušeností, aby byl nalezen správný poměr tahu pák praporů a zrcadla přes nožku. Tento problém lze obejít využitím podobných starších modelů oválů, již osvědčených ve výrobě, a přestavět je podle nového designu s podmínkou, že jsou zachovány náběhové úhly praporu, bombírování a pákové poměry mezi praporem a zrcadlem.



Obr. 35: Kontrolovaná deformace oválu posunem nožky směrem k zrcadlu. Archiv Futuree

U oválů a čtvercové plošiny lze téměř pokaždé nalézt vespudu zrcadla tzv. kontranožku, jejímž úkolem je zabránit padnutí zrcadla až na pálicí podložku. Problém částečně řeší vyzvednutí zrcadla bombírováním, ale zrcadlo je i tak velmi nestabilní a při vyšším zatížení forem se ve výrobě začne deformovat více, než bylo zjištěno při zkouškách a vzorování. Důvod je prostý - u tohoto sortimentu je velmi těžké ovlivňovat deformaci zrcadla a zároveň hledat rovnováhu mezi prapory.

U čtvercové plošiny panují téměř shodné deformační zákony jako u oválu, jen s malým rozdílem, a to, že špičky přetahující délky praporů jsou čtyři. Nožka, která je u oválu posouvána jen směrem dovnitř, se u čtvercové plošiny posunuje podle potřeby oběma směry - dovnitř i ven, ale až ve chvíli, kdy nestačí změnit poloměr na vrcholech nožky (obr. 36. horní řada, třetí zleva). Zvětšením poloměru na vrcholech nožky se totiž prodlouží délka mezi rohem praporu čtverce a nožkou. Prodloužením uvedené délky pak dochází k prodloužení páky při padání rohů praporu a opět, jako u oválu, nedojde k poklesu praporu čtverce pod úroveň rohů. Běžnou praxí je též páčící prapor v modelu vystavět výš než je finální zamýšlená výška, aby měl prapor větší prostor pro klesání, a tím se zvýšila tahová síla páky praporu. Díky této korekci není nutno posouvat nožku, která obvykle plní ještě další funkce, například skladovatelnost - nožka svým rozměrem musí zapadnout do zrcadla plošiny pod ní. Výše popsané deformace se vztahují hlavně k tradičnímu způsobu výroby litím do sádrových forem. Ne náhodou se převážně pro výrobu tohoto sortimentu (plošiny) využívá technologie tlakového lití. Výrobky, vlivem zvýšené hustoty střeptu způsobené tlakováním hmoty, se méně deformují a dále tato technologie umožňuje zvýšení produkce z jednotek kusů na stovky za směnu.



Obr. 36: Deformace čtvercové plošiny v půdorysu v závislosti na proporční velikosti nožky – zleva požadovaný tvar, tvarová deformace bez dimenzování, možnosti dimenzování pro požadovaný tvar. Archiv Futuree

2.4 Důležitost chápání kontrolovaných deformací

Důvody, proč pochopit zákonitosti kontrolovaných deformací při výrobě porcelánu jsou více než jasné. Bez těchto znalostí může být progresivní technologie využita jen pro tzv. Rapid Prototyping – rychlé prototypování, k vytvoření plastových maket pro prezentaci produktu ve výpalkové velikosti. Jenže toto v porcelánovém průmyslu nestačí právě proto, že finální výrobek, po deformacích, vzniklých během výroby, je zpravidla odlišný od prvotního záměru designéra. I původně dobrý design tvůrce, neznalého vlastností porcelánu, lze v konečné fázi pocítovat jako nepovedený, přesto, že tvarová koncepce se udrží. Velmi záleží na pochopení materiálu jako takového (ostatně, platí i u materiálů dalších), na znalosti o vnímání produktu spotřebitelem, na

práci s barvou, tvrdostí a světelnými podmínkami, které povrch porcelánu, díky jeho vysokému lesku tvarují.

Pokud tedy bude plánováno využití 3D technologií v porcelánu dále než jen k prototypování, je důležité deformace porcelánového materiálu znát, a vědět, jak s nimi zacházet. Přes počáteční snahu o vytvoření vzorců, které by předurčili deformace porcelánu a po čase stráveném shromažďováním a sepisováním know how vlastního, ale i cizího, vše dospělo do fáze přesvědčení, že ten kdo chce vytvářet porcelánové hodnoty „deformační software“ nepotřebuje, protože vše co v porcelánu dopadne dobře, to jest, že si výrobek při nejmenším zachová svůj původně zamýšlený tvar, je již odměněn. Právě znalosti vlastností „živé“ hmoty, kterou porcelán bezesporu je, oddělují ty, kteří chtějí vytvářet porcelánové hodnoty od těch, kteří obor vnímají jako „jeden z mnoha“. Samozřejmě, „deformační software“ pro rozličné obory, týkající se převážně stavebních konstrukcí⁶, existuje, ale porcelán je obor, jehož výroba s sebou nese obrovské množství proměnných. Německá firma Dlubal v současnosti nabízí software pro simulaci deformací a, speciálně program RFEM, po přidání příslušného modulu by měl teoreticky, po zadání hodnot příslušných parametrů, fungovat i pro výpočet deformací porcelánu.⁷

Hledání čistě technického řešení problému nás dovede k otázce, co to s sebou v budoucnosti přinese, jak to ovlivní profesi designéra. Designér je profese, z velké části postavená na kreativitě, doplněné ideálně technickými znalostmi a zkušenostmi, a pokud by počítač převzal kreativní složku, designér by už nebyl designérem.

Je nad slunce jasné, že budoucnost k tomuto směřuje a s největší pravděpodobností k tomu i dospěje, jak to profesor Harari vyjadřuje ve své knize Homo deus – Stručné dějiny zítřka o organických algoritmech a umění⁸, ale v oboru porcelánu, věrme, to zřejmě nějaký čas ještě potrvá.

„Čím více však stroje nahrazovaly mechanickou práci, tím větší vznikla potřeba servisu a nutnost duševního úsilí, především umění, analyzovat, komunikovat a chápat lidské emoce. Dnes ale umělá inteligence poznávací schopnosti člověka včetně emocionálního porozumění hravě předčí. A protože mimo fyzickou nebo duševní práci neexistuje žádný další obor, nastává konec dosavadní lidské nadřazenosti“. HARARI, 2019⁹

Nasnadě je i jiný způsob, jak studenty designu a příchozí designéry - freelancery učit vlastnostem porcelánu a znalostem, jak aplikovat 3D tisk a navrhovat produkty tak, aby byly realizovatelné a vyrobitelné a přitom, aby nadměrně nezatěžovali výrobu svými potřebami, které jsou pro firmy velmi finančně náročné. Výrobcům, kteří chtějí inovovat, nezbývá nic jiného, než neorganizovaně vpouštět kreativce do provozů výroby a zaměstnávat pracovníky, na kterých je plynulost výroby závislá. Proto by byla potřeba zakládat speciální ateliéry pro příchozí designéry, propojené s vývojem a výzkumem porcelánu. Tak jak minulost již mnohokrát ukázala, časy prosperity byly vždy spojeny s příchodem řemeslně a kreativně zručných pracovníků, umělců a osvědčených vedoucích.

V ateliérech by mělo být možné ideové záměry realizovat, testovat a konzultovat s příslušnými specialisty bez toho, aby byly provozy zatěžovány. Dále by měly sloužit jako odloučená výuková pracoviště pro odborné praxe vysokoškolským studentům produktového a průmyslového designu a keramiky. Tak lze zajistit předání, ač částečné, ale kvalitní zkušenosti s designem porcelánu, v součinnosti s výrobou a do budoucna zajistit více odborníků, schopných produkovat kvalitní a funkční porcelánový design.

3. FILOZOFICKÝ NÁHLED NA VYUŽITÍ 3D TISKU PRO DESIGN A PROTOTYPOVÁNÍ PORCELÁNU

3.1. Dopady vstupu 3D tisku na profese vývojářů v porcelánovém průmyslu

Zavedení 3D tisku do vývoje porcelánu, jak bylo v úvodu naznačeno, bude mít nesporné výhody v rychlosti přípravy výroby, protože prostorové modely si budou moci tisknout i designéři a 3D tiskárny nahradí velmi specializovanou ruční práci modelářů, kteří jinak k jejímu zvládnutí potřebují mnoho let praxe. To ovšem neznamená, že tito specialisté budou přicházet o práci, nýbrž s největší pravděpodobností vznikne úplně nová profese 3D grafického konstruktéra, který bude mít znalostní přesahy do obou profesí: modeláře - konstruktéra a designéra. Porcelán v dnešní době na absenci přesahu těchto dvou profesí velmi doplácí, a to tak, že pokud firma z nějakého důvodu nemá, nebo nenajme designéra a nechá jeho kreativní práci na modeláři – konstruktérovi, tak i řemeslně sebezpracizněji vyvinutý produkt ztrácí šanci uspět v dnešní tvrdé konkurenci, kdy design produktu je již úzce provázaný s marketingovými a obchodními strategiemi, o kterých má renomovaný designér minimálně alespoň povědomí, umí s nimi kolektivně pracovat a ovládá systém práce designu. Opačně, pokud designér neovládá, alespoň teoreticky, detailně přípravu výroby porcelánu, nemá šanci být najat, nebo zaměstnán jako designér, protože konstrukce porcelánu jsou poměrně složité a on by napáchal více škody než užitku. Dále bude, vstupem 3D tiskáren do průmyslu, potřeba specialistů, kteří budou schopni ovládat prostorové konstrukční programy a problematiku s tím související. S tím ovšem přichází i potřeba znalostí o materiálu a jeho

deformacích během procesu výroby na straně jedné a znalosti vizuálního působení porcelánu a jeho tvarosloví na straně druhé. Vznik profese 3D grafika konstruktéra ovšem předpokládá vytvoření speciální vzdělávací metodiky k pochopení porcelánu jako materiálu, a to v součinnosti s využitím 3D tisku.

3.2. Možnosti aplikace 3D tisku ve vývoji porcelánového produktu

Jestliže pronikneme podrobněji do technologií 3D tisku, zjistíme, že celý proces přípravy výroby porcelánu by bylo možné obejít kompletně digitální cestou a v 3D tisku vyvinout přímo plastová rozmnožovací zařízení na výrobu sádrových forem. Zde se již ocitáme z pohledu designu v oblastech konstrukce, ale právě nutnost přesahu oborů byla již výše zmíněna jako podmínka pro vznik profese 3D grafika konstruktéra. Velmi intenzivně se v současné době pracuje na vývoji 3D tiskáren pro přímý tisk keramiky; zatím je nedokonalý a stěží lze předpokládat, že by v brzké době mohla tato technologie nahradit průmyslovou výrobu porcelánu, která je, na rozdíl od jeho vývoje, moderní a propracovaná. Tisk keramiky systémem SLS se s určitostí stane jednou z technologií ve výrobě porcelánu a jako celek ji bude doplňovat. Jedním z důvodů, proč nemůže nahradit výrobu porcelánu zcela, pokud pomineme, že proces tisku je ještě velmi nedokonalý, je časová náročnost výroby takového produktu. Proto můžeme předpokládat, že keramický tisk bude využíván při výrobě deformačních prototypových modelů, pro designéra jako porcelánový prezentační prototyp a pro konstruktéra jako model k ověření deformací produktu při výpalu. Další prostor pro 3D keramický tisk bude v solitérní výrobě víceprvkových výrobků, kdy je velmi drahá klasická výroba. Pro příklad si je možno představit svítidlo, které se skládá z několika desítek tvarově odlišných prvků, což při tradičním

vývoji znamená, že se musí pro každý jednotlivý prvek stavět model a forma. Keramický tisk zvládne takové prvky rovnou, bez modelů a forem, přináší tak úsporu na čase a nákladech.

3.3. Umělecký projev prostřednictvím 3D tisku porcelánu a keramiky

Nepřekvapí, že moderních 3D tiskových technologií se ujímají umělci, využívají je pro zhmotnění svých představ, a nacházejí tak i vhodné postupy realizace. S firmami, vyvíjejícími 3D tiskárny žijí v jakési symbióze, protože stroje zatíží mnohdy svými složitými realizacemi, naleznou tak často jejich slabiny, které poté vývojáři eliminují. Pokud se budeme držet čistě tisku keramiky a porcelánu, dojdeme ke dvěma vhodným technologiím - LFDM, SLS. Třetí, DLP, je velmi mladá, využívající keramickou pryskyřici, s následným poměrně velkým smrštěním při výpalu. Vhodnější technologií pro tisk porcelánu se zdá být SLS, pro svůj kompaktnější výsledný povrch výrobků. Tiskárny s technologií SLS jsou ale stále cenově nedostupné, a tak si ateliéry a umělci SLS tisk pronajímají, tak jako například společnost Shapeways, která ale musela řešit problematický tisk a plnění pouze 30% objednávek. Proto změnila partnera a v roce 2015 začala spolupracovat s Dr. Stuartem Uramem ze společnosti R&D Core Cast Ceramics, využívající strojů od firmy EOS SLS.¹ I přes problémy, kterými Shapeways prošla, věří v tuto technologii, jak dokládá jejich prohlášení: *„Je to ta nejinnovativnější věc, tak, jak jsme doposud mohli s materiálem pracovat, a lidé se budou divit, až to uvidí světlo světa.“* SHAPEWAYS, 2014²

² Překlad citace Barbora Přibíková, SHER Davide, GRUNEWALD Scott, 3D Printing Industry [online]. c.2014, 21.5.2020[cit.2017-10-26] Dostupné z: <<https://3dprintingindustry.com/news/shapeways-3d-printed-porcelain-36569/>>



Obr. 37: Shapeways

<https://3dprintingindustry.com/news/shapeways-3d-printed-porcelain-36569/>

Dnešním nejužívanějším systémem tisku keramiky je LFDM. Tiskárny od uvolnění licence do režimu open source jsou již cenově dostupné a hojně využívané keramiky. Protože tisk probíhá nanášením jednotlivých vrstev, povrch je poté velmi hrubý. Proto je LFDM technologie vhodná spíše pro umělce a keramiky než pro průmyslovou výrobu. Pro tvarování porcelánového, nebo keramického solitéru se design přizpůsobuje vizualitě hrubého strukturování povrchu, jak lze vidět například u nizozemského umělce Oliviera van Herpta.

Olivier van Herpt

Od roku 2013 se můžeme setkávat s dílem Oliviera van Herpta, který využívá pro své keramické užité umění technologii LFDM. Olivier je absolventem designu na Design Academy Eindhoven a svými vrstvenými a kapanými vázami

uvádí kdekoho v úžas. Justin Zhuang charakterizovala van Harptovo počínání takto: „Stejně jako příchod digitální výroby demokratizoval výrobu pro masy, práce van Herpta se snaží opět propojit design s lidským dotekem. Vrhající hluboko do konstrukčního procesu, vyrovnává výrobní řetězec mezi designérem a uživatelem a jeho inovačními stroji, které jsou opravdu nástrojem posilujícím tvorbu. ZHUANG, 2017³



*Obr. 38: Edice váz COS Olivera van Herpta
www.oliviervanherpt.com/cos/*

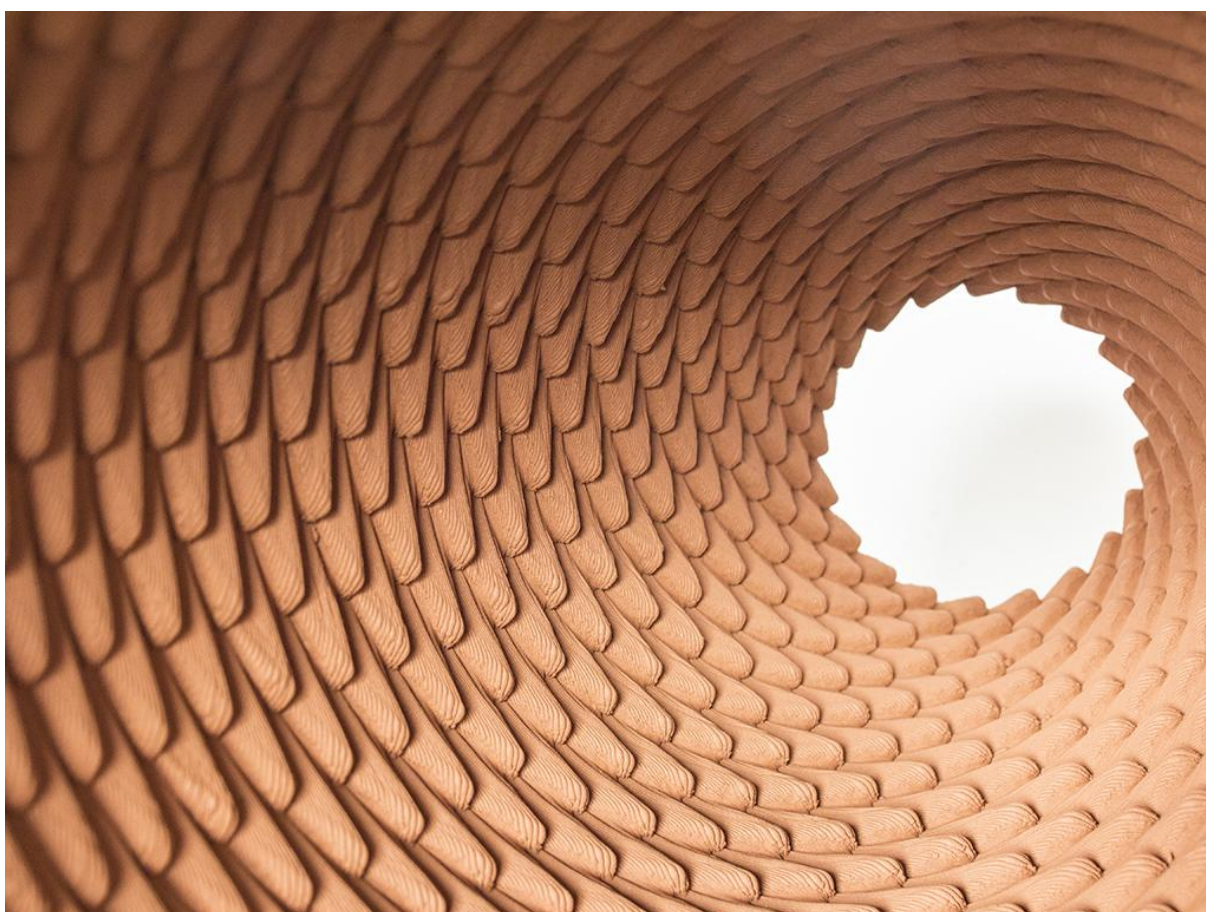
3. Překlad citace Martin Přebík, van HERPT Olivier, Olivier van Herpt [online]. c.2017, 26.10.2017[cit.2017-10-31] Dostupné z: <<http://oliviervanherpt.com/about/>>



*Obr. 39: Arcadum Olivera van Herpta
www.oliviervanherpt.com/3d-printing-porcelain/*

Kombinuje špičkovou technologii 3D tisku s přírodními materiály. Průkopnické metody 3D tisku vyvinul roky experimentování ve svém studiu v Eindhoven. Například s edicí váz, vytvořenou pro COS se lze setkat

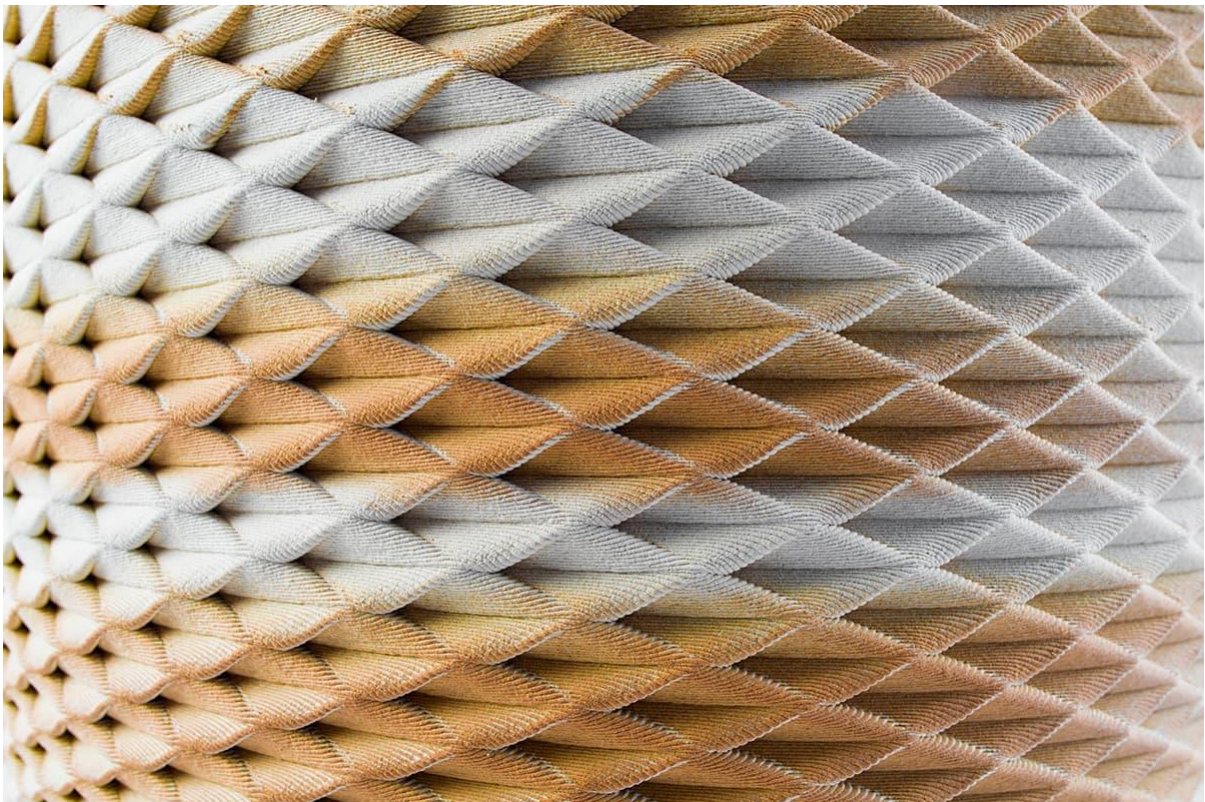
v Stockholmu, Berlíně, Londýně, Rotterdamu, nebo v New Yorku. Van Herptovo Arcadum odkazuje na tajemství, která obklopují porcelán. Úžasnou kolekcí odemknul svá tajemství, když musel vytvořit objekt muzejní kvality. Podařilo se mu vyvinout porcelánový 3D tisk s kobaltovým pigmentem. Vytištěné kusy z porcelánu v současnosti zdobí květinovou pyramidu ze 17. století. Na oslavu delftwaru bylo Olivierem vytištěno čtrnáct stohovatelných porcelánových kusů s modrým kobaltovým pigmentem, aby evokovaly novou interpretaci delftwaru.



Obr. 40: Detail struktury 3Dtisku - Oliver van Herpt

Kolekce 3D Women, v kontrastu kolekcí Sediment, ohlašují nový svět digitální výroby. Obě jsou postaveny na konceptu jemnosti, nebo hrubosti struktur. Každá váza, i když je vyrobená 3D tiskem, je originálem s jedinečnou stěnou.

„Keramika pro 3D tisk má potenciál přivést zpět jedinečné a individualizované předměty, které řemeslníci vyrábějí. Tentokrát je to však stroj, který vyrábí konečný produkt. Každá jedinečná váza v této kolekci nám ukazuje potenciál špičkové technologie a připomíná nám dny dávných dob.“ Olivier van Herpt, 2020⁴



*Obr. 41: Detail struktury 3Dtisku - Oliver van Herpt
www.oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/*

⁴ Překlad citace Martin Přebík, Olivier van Herpt, *Functional 3D Printed Ceramics*, [online] c.2020, poslední revize 21.5.2020 [cit.2020-02-28], Dostupné z: <<http://oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/>>



Obr. 42: Oliver van Herpt
www.oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/



Obr. 43: Oliver van Herpt
www.oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/



*Obr. 44: 3D tiskárna zkonstruovaná Oliverem van Herptem
www.oliviervanherpt.com*

Při podrobném hledání dalšího keramického umění na bázi 3D tisku zjistíme, že Nizozemsko generuje mnoho dalších umělců. Co týče 3D tisku, spojeného s keramikou, a znalosti technologií užívaných v užitém umění, jsou od počátku importovány do Česka převážně Nizozemskými umělci a dále firmou Ultimaker, která dlouhodobě vyvíjí kvalitní personální 3D tiskárny s metodou FDM.

Studio Unfodl

U belgického studia Unfold, designérů Claire Warnier a Driese Verbruggena, lze též vidět 3D tištěné keramické výstupy. Studio bylo jmenovanými designéry založeno v roce 2002 a, asi od roku 2009, najdeme 3DP (3D printing) keramickou produkci, která, podle prezentovaných výstupů, nabývá na kvalitě jak vizuální, tak řemeslné. Zřejmě není náhodou, že designéři jsou opět absolventi Design Akademie v Eindhovenu. Studio Unfold se snaží odhalit filozofickou otázku role designéra v neustále se měnící době, v níž se design a výroba stále více digitalizují. Tato otázka je klíčem k pochopení práce studia, které vyvíjí projekty, zkoumající nové způsoby vytváření, výroby, financování a distribuce v měnícím se kontextu. Wainerová a Verbruggen mluví o kontextu takto: *„Kontext, v němž vidíme sloučení aspektů předindustriální řemeslné ekonomiky s hi-tec průmyslovými výrobními metodami a digitálními komunikačními sítěmi, kontext mající potenciál síly přesouvat se od průmyslové výroby a regulované infrastruktury k individuálním designérům a spotřebitelům.“* Wainerová, Verbruggen, 2017.⁵

Sima Kurt

Módní návrhářka Sima Kurt, původem z tureckého Istanbulu, navrhla, ještě jako studentka University of the Arts London, pro svoji absolventskou práci porcelánovou dekorativní tašku, inspirovanou běžnými papírovými nákupními taškami, určenými pro odnos potravin.

⁵ Překlad citace Martin Přibík, WARNIER Claire, VERBRUGGEN Dries, Unfold [online]. c.2017, poslední revize 25.5.2020 [cit.2017-10-31] Dostupné z <<http://unfold.be/>>



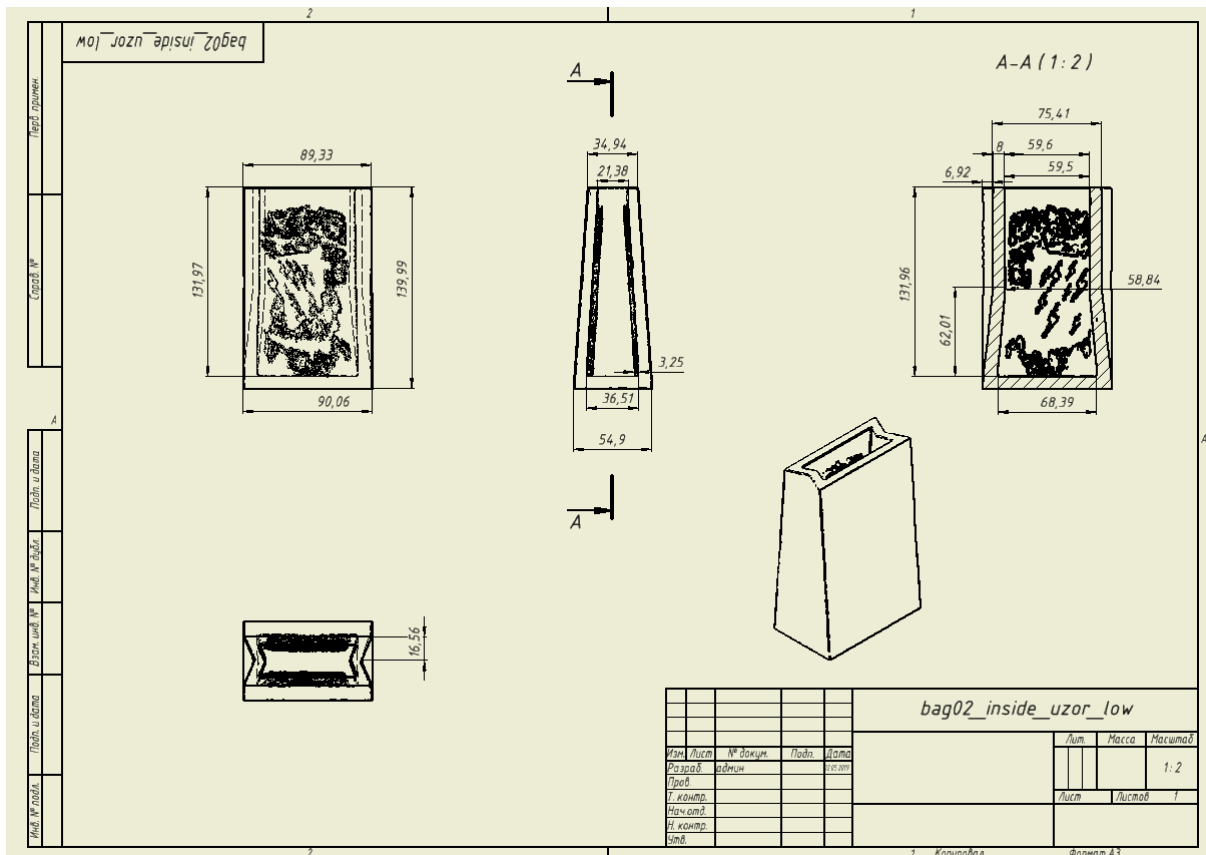
*Obr. 45: Brick clay carafe & cups
Unfold studio*

Ač je vizuál strohý, tvar porcelánové tašky je velmi komplikovaná věc stran tvarových deformaci. Sima dále koncipovala do útrob užitého předmětu jedinečný reliéfní vzor, jímž připomíná, že nemáme soudit z venku. Sima se ke svému počínu vyjádřila: „Skoro se zdá, že kus byl otočen naruby, protože jeho vnitřní strana je pokrytá vyčnívajícími tvary s malými detaily.“ *SIMA KURT, 2019.* ⁶

⁶ Překlad citace Martin Přibík, Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/simakurtbag>>



Obr. 46: Keramická taška - Sima Kurt
www.kwambio.com



Obr. 47: Keramická taška - výkresová dokumentace vnitřního reliéfu Sima Kurt
www.kwambio.com

Simina absolventská práce není tradičními modelářskými vývojovými a výrobními postupy realizovatelná pro svůj uzavřený, dekorativní reliéf na vnitřní stěně. Pro svou ideu využila nejmodernější současnou 3D technologii pro personální keramický tisk, keramickou stolní 3D tiskárnu Ceramo, využívající metodu SLS, vyvinutou ukrajinskou společností Kwambio.⁷

Shapeways, Olivier van Herpt, Unfold a Sima Kurt kromě toho, že jsou asi jedněmi z nejkvalitnějších příkladů využití SLS a LFDM 3D tiskových technologií v užitém umění, které lze dohledat, vyjadřují, lépe řečeno zosobňují čtyři základní názorové proudy jak s touto technologií v umění a designu zacházet.

Výstupy Shapeways se jeví jako produkty bez zjevného konceptu, kdy se zaměřují spíše než na tvarovou cestu, jak lze pochopit z názvu společnosti, tak na cestu znalosti využití technologie SLS samotné. Takové myšlení, či cílení lze často najít u čistě komerčního směřování produktu s vysokou kvantitabilitou, bez bližších znalostí dalších souvislostí. Takové podniky jsou mnohdy velmi ztrátové, alespoň v počátečních fázích vývoje produktu, protože vyžadují velké počáteční finanční náklady, které si většinou mohou dovolit jen finančně silné společnosti, nebo skupiny, což, soudě podle problémů již zmíněných, asi Shapeways není. K dobru Shapeways lze přičíst, i přes vágní design váz (obr. 37), působící „přišláplým“ dojmem bez nápadu, vzhledem k potenciálu 3D technologie, a nedořešenou cestu zprostředkovaného využití SLS, alespoň snahu o její využití.

Druhý proud ve využití 3D tisku v užitém umění ukazuje Olivier van Herpt se svým vlastnoručně sestaveným LFDM tiskem. Olivier vytváří vázy s líbivými originálními povrchovými vzory, dokáže různě kombinovat barvy hmoty a beze zbytku využívá to, co jím použitá 3D technologie nabízí. Již na začátku zřejmě pochopil, že design váz se musí podřídít momentům, ve kterých je 3D tisk silný. Ač je jeho umění bez hlubší myšlenky, kdy využívá spíše prvoplánového

pohledu na sofistikovanou strukturu a náhodné promíchání barev, občas asociující s historickým tvaroslovím, jako například u kolekce Arkadum, je jeho tvorba pochopitelná pro široké spektrum obdivovatelů umění. Tento vyvážený způsob komunikace je velmi přínosný pro propagaci umění s využitím 3D tisku a jejímu porozumění i zdánlivými odsuzovateli této, pro mnohé kontroverzní, cesty uměleckého projevu.

Studio Unfold lze pokládat za propagátora třetího proudu, když svým projevem cílí na hlubší koncept vyjádření. Set Brick clay carafe & cups, karafa a poháry z cihlové hlíny (obr.45) jsou na první pohled „jen jakási“ karafa a poháry z jednoduše taženého pásku hrubé keramiky 3D tiskem. Ale bližší myšlenkové zkoumání nalézá emoci v podobě sentimentálního pocitu dětského válení hliněných válečků, motaných na sebe a vytváření roztodivných nádob, anebo navozuje pocit neolitické keramiky ze 4. – 3. tisíciletí př. n. l.⁸ s volutovými, provázkovými, nebo vypichovanými vzory. Jestliže se od konceptu přesuneme k technice tisku, technicky zdatnější obdivovatelé zjistí, že layerování tisku na karafách je pro potřeby funkce výlevky z jedné strany stažené, což dnešní konstrukce 3D tisku teoreticky neumožňuje. Takové vnesení tajemna do produktu užitého umění jak po stránce konceptu, tak technologie, lze pokládat za velmi podařený kus designu - umění, které ale beze zbytku dokážou ocenit jen znalci s hlubším vhledem do souvislostí.

Porcelánová taška Simy Kurt, tehdy ještě studentky designu, se dá pokládat za čtvrtý názorový proud v designu – umění, tvořené prostřednictvím 3D tisku. Koncept založený na využití materiálu v oblasti, kde „nemá co dělat“, je, z pohledu umění velmi častý, ale z hlediska designu nevhodný. Je to častý jev studentských prací, specifický pro nevyhraněné studenty, a nevyhýbá se i absolventům a mladým, nezkušeným designérům, kteří si pletou umění s designem, popřípadě design s uměním, anebo, ještě hůře, nechápou jejich podstatu. Více o této problematice až v kapitole 3.7. Zde je lépe vyzdvihnout

vhodnou volbu technologie k realizaci stavby reliéfu uvnitř tašky (obr. 46, 47). Je to na místě, protože, jak už bylo zmíněno, tradičním postupem výroby porcelánu by to bylo téměř nemožné. Samotná myšlenka, chce se říci přímo punková, je zde velmi nečitelná, nebo, lépe, čitelná jen úzkému okruhu stejně smýšlejících lidí. Pro ostatní je přímo frustrující, že jim přímý pohled na reliéf zůstává navždy skryt. Velmi často je možné se setkat s takovým emočním napětím při názorovém vymezování se dětí vůči dospělým, nechápajícím jejich myšlenkové pochody.

Kwambio Ceramic

Společnost Kwambio Ceramic se zaměřuje na keramický 3D tisk. Ukrajinský startup vyvíjí 3D tiskárny pro personální i průmyslový 3D tisk a vlastní tiskové keramické materiály ve formě prášku. S patentovanou technologií Kwambio Ceramic Binder Jetting Technology (CBJ) jsou schopni tisknout s vysokou přesností, bez viditelných vrstev na finálním objektu. Technologie a na míru sestavené keramické směsi umožňují designérům realizovat své projekty bez viditelných tvarových komplikací. „*Kwambio je společnost zaměřená na 3D tisk keramiky. Naše materiály a techniky mění zavedený keramický průmysl, náš výrobní proces posunul stranou hranice mezi designem a realitou, což umožnilo vytvářet objekty přesně podle vašich představ.*“ KWAMBIO, 2019.⁹

V průběhu pěti let spolupráce s umělci a designéry Kwambio získalo zkušenosti a spolupracujícím kreativcům tak bylo umožněno realizovat své návrhy bez omezení. Aby společnost dokázala, že produkty z jejich výrobního portfolia vyhovují normám bezpečnosti potravin, nepropouští vodu a glazury jsou netoxické, bez obsahu olova, nechali několik talentovaných designérů navrhnout kuchyňské keramické potřeby v rámci projektu OTHR.

⁹ Překlad citace Martin Přibík, Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/about>>,

Tvar odšťavňovače EE Juicer, zřejmě realizovaný jako PR produkt (Public Relation produkt) v rámci projektu OTHR společnosti Kwambio Ceramic, je inspirován nejstaršími lidskými nástroji, a podle popisu, má překlenovat propast mezi funkcí, formou a sochou.¹⁰ Objekt odšťavňovače bez rukojeti, vytvořený keramickým 3D tiskem, ve tvaru zašpičatělého pazourku s výrazným žlábkováním pro odvod ovocné šťávy, volně vložitelný do dlaně, je vizuálně a konceptuálně vydařený kousek keramiky pro své jednoduché linie a srozumitelnou asociaci konceptu, ale výrazně pokulhávající po stránce funkční. Tvar je komplikovaně realizovatelný tradiční keramickou výrobní cestou, proto ulehčení realizace v rámci 3D technologie dává designérovi, jehož jméno není v článku uvedeno, více prostoru detailněji se zabývat právě zmiňovanou funkcí a formou. Zde je také možno vysledovat slabinu ve vztahu teoretického promýšlení realizace a přímého tisku porcelánu bez základních fyzikálních znalostí, což vede ke špatné funkci produktu. Veškerá vymačkaná šťáva nekončí v šálku, ale v dlani uživatele a na stole, vedle šálku. I když se zde téma odklání od zvolené výrobní technologie k marketingu, forma předchází funkci a z původní propagace nové technologie a zdraví nezávadných materiálů se stává spíše odstrašující případ nefunkčního artdesignového produktu, zastiňujícího původní záměr. Marc Thorpe a jeho Tanizate je prezentováno jako „*minimalistické skulpturální nádobí, ze kterého si lze užít teplé nebo studené saké.*“ Marc Thorpe, 2019.¹¹ Společně s dalšími designovými objekty, Liliu Caraffe Felicie Ferrone, Time in cafe set a Time in plate od Michaela Sodeau, Pill Mortar & Pestle Bambú Studia, Canon Wine Decanter Branda Ascalona nebo Cerco od Kutarq, splňuje plus minus nároky a očekávání od keramického kuchyňského nádobí, vytvořeného technologií keramického SLS 3D tisku, kterou mají propagovat z pohledu kvality tisku a bezpečnosti materiálů při styku s agresivním prostředím pochutin.

¹¹ Překlad citace Martin Přibík, THORPE, Marc. Kwambio, [online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné, z: < <https://kwambio.com/kitchenware> >



*Obr. 48: Odšťavňovač EE Juicer Kwambio Ceramic
www.kwambio.com/kitchenware*



*Obr. 49: Detail odšťavňovač EE Juicer Kwambio Ceramic
www.kwambio.com/kitchenware*



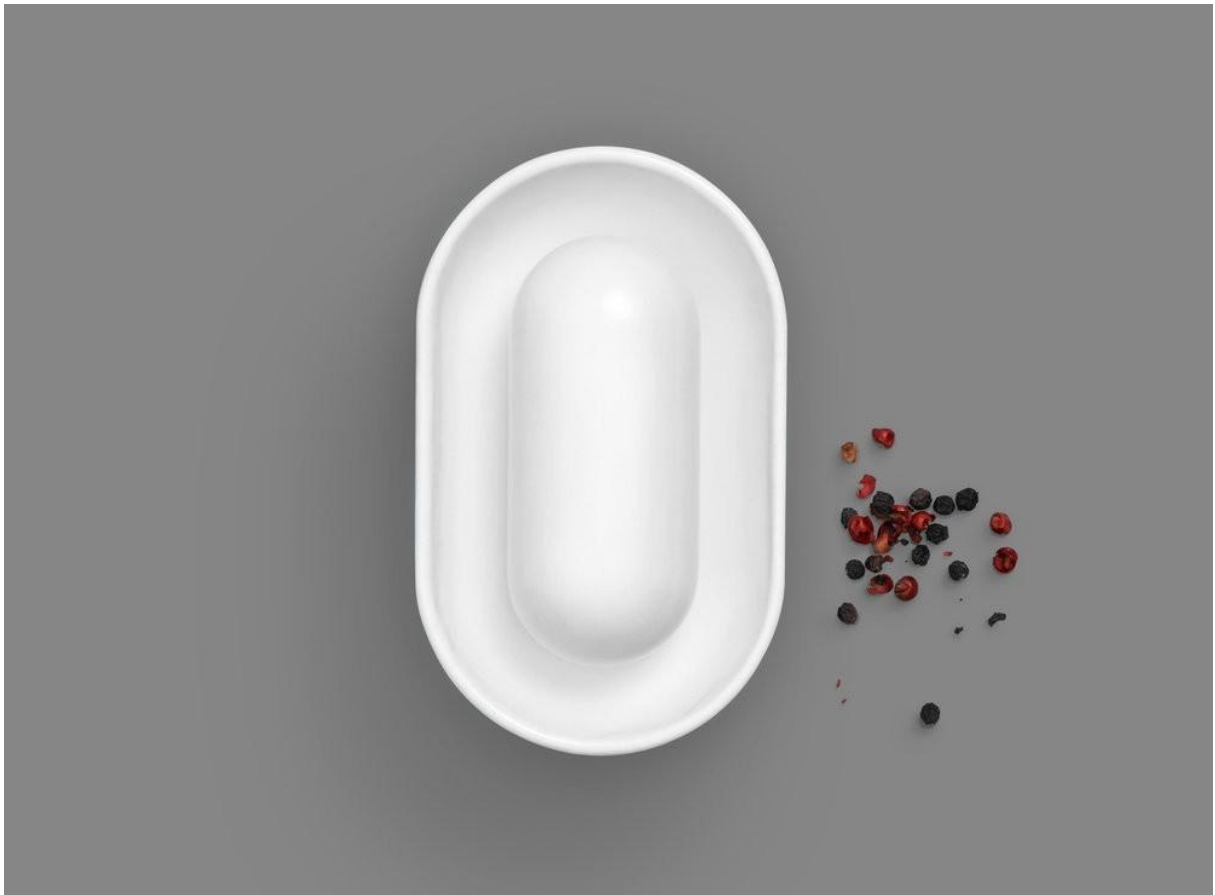
Obr. 50: Tanizate_Marc Thorpe
www.kwambio.com/kitchenware



*Obr. 51:Detail Lillium Caraffe_Felicie Ferrone
www.kwambio.com/kitchenware*



*Obr. 52: Time in cafe set_Michael Sodeau
www.kwambio.com/kitchenware*



Obr. 53: Pill Mortar & Pestle Bambú Studio
www.kwambio.com/kitchenware



*Obr. 54: Canon Wine Decanter Brand Ascalon
www.kwambio.com/kitchenware*



Obr. 55: Cerco_Kutarq
www.kwambio.com/kitchenware

Crucial Detail

Martin Kastner, vystudovaný kovář z Chebu, který žije dvacet let v Americe, je zakladatelem Studia Crucial Detail. Na více než desetiletých základech zkoumání vyváženosti jídla a designu intenzivně spolupracuje se sférou nejlepších kuchařů a gastronomů světa. Mimo to, že společností The Future Laboratory byl Martin Kastner a jeho Crucial Detail jmenován jedním ze 100 nejvlivnějších návrhářů světa, obdržel Global Innovation Award for Best Product Design za infuzivní nádobu Porthole (Okénko) a Book Design of the Year Award za knihu Alinea.¹² Příběh se začal psát v Chicagu v roce 2005, kdy navázal spolupráci s restaurací Alinea. Martin, který se nezalekl žádné výzvy, začal navrhovat nové experimentální koncepty podávání jídla. Jak se sám přiznává, inovativní design byl někdy až příliš divoký a muselo docházet k úpravám a korekcím. Spolupráce mezi šéfkuchařem a designérem se rozrostla a oba se vzájemně podporovali v uskutečnění svých vizí. V současnosti je restaurace Alinea jednou z nejlepších restaurací v USA.¹³ Alinea je všeobecně oceňovaná za svůj inovativní přístup k modernistické kuchyni a patří mezi pouhých dvanáct restaurací v Americe, oceněných třemi hvězdičkami Michelin.¹⁴

Martinovi a jeho týmu Crucial Detail je vlastní inovativní přístup v prototypování moderními 3D technologiemi a při hledání nových materiálů. *“Člověk musí být otevřený novým řešením. Jinak zavírá spoustu dveří. Musíme se neustále učit nové věci. Hromadu času trávíme nad učením nových materiálů. Člověka to udržuje mentálně svěžího.”*KASNER¹⁵ Tráví spoustu času na formách, tvarech a procesech, využívá při tom i dovedností, které načerpal jako student kovářství.

¹⁵ Audio interview 58:36, *Proti proudu*, [online] poslední revize 25.5.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné z: <<https://protiproudu.net/martin-kastner/>>



*Obr. 56: Lis na servírování másla na kostním porcelánu - Studio Crucial Detail
www.nytimes.com*

Protože v portfoliu studia je i navrhování a dodání porcelánového produktu, začal v roce 2019, v zastoupení české společnosti Premium Gastro, spolupracovat s porcelánovou manufakturou Schlaggenwald v Příchovicích u Plzně. Tady lze vidět vývoj forem 3D technologiemi, jak probíhá za mořem, bez návaznosti na evropské prostředí. Konstrukce těchto zařízení svědčí o Martinově vysokém technickém potenciálu a citu pro inovaci. Pokud je tedy možné považovat Martina Kastnera a studio Crucial Detail za měřítko inovace v zámoří, pak pro designéry na „druhém konci světa“ má tato disertační práce také svůj nesporný přínos. Na druhou stranu zprávy o fungování technologických center, v jeho případě v Chicagu, nás přivádí v úžas, když vidíme cílenou snahu přivádět studenty univerzit, běžné řemeslníky a v podstatě i designéry pod jednu střechu, sdružit je do jedné organizace za malý poplatek jim poskytnout ty nejmodernější technologie. Silné technologické zázemí pak mohou využívat po celý rok a, v rámci setkávání, diskutovat o zkušenostech, principech a materiálech.



*Obr. 57: Infuzivní nádoba Porthole oceňená Global Innovation Award for Best Product Design
www.crucialdetail.com/collections/all/products/porthole*



Obr. 58: Chip Plate - Studio Crucial Detail
[www. /crucialdetail.com/collections/all/products/chip-plate](http://www./crucialdetail.com/collections/all/products/chip-plate)

Jednou z dalších možností, které mají, je zveřejnění a propagace prací v online členské galerii, popřípadě v interní kurátorské galerii.¹⁶ Mnozí mohou namítnout, že v České republice se také nacházejí podobné technické instituce, nabízející využití technologií za přiměřený roční poplatek, například komunitní dílna Josefa Průši v Praze. Tato centra ale prozatím postrádají intelektuální přesah, jaký poskytují ta za mořem. Důvody je určitě potřeba hledat v systému záštity a veřejného financování, případně v ochotě univerzit bezplatně vzdělávat, šířit informace o inovacích a moderních technologiích a učit s nimi zacházet s cílem vytvořit co nejširší základnu napříč obory.



Obr. 59: Black Hole - Studio Crucia Detail
www.crucialdetail.com/collections/all/products/blackhole

Ceramics and its Dimensions: Shaping the Future

Vzhledem k budoucnosti porcelánu a keramiky by neměl být opomenut jeden z největších projektů za poslední léta, který se uskutečnil v rozmezí let 2014 – 2018, a který zahrnul osmnáct partnerských institucí z jedenácti evropských zemí. Podprojekt Shaping the Future (modul 6), dílčí soubor experimentální dílny, publikace a putovní výstavy, byl součástí projektu pod souhrnným názvem Ceramics and its Dimension. Byl zaměřen na zkoumání změn evropských keramických tradic během posledních tří set let. Jak už z názvu podprojektu vyplývá, pozornost se zaměřila také na otázky, týkající se budoucnosti porcelánu a keramiky.¹⁷ Celý projekt byl koordinován muzeem porcelánu Porzellanikon v Selbu a spolufinancován programem Creative Europe Evropské unie. Mezinárodní evropský projekt Ceramics and its Dimension: Shaping the Future zahrnoval tyto instituce:

Partneři projektu¹⁸

Keramika a její rozměry: Podprojekt Tvarování budoucnosti - partnerské instituce:

Aalto University, School of Arts, Design and Architecture, Department of Design, Helsinky, Finsko (vedoucí partner modulu)

Kunsthochschule Berlin Weißensee, Berlín, Německo

University of Ulster, Belfast, Severní Irsko

The Royal Danish Academy of Art, Kodaň, Dánsko (pozvaný partner mimo projekt)

Keramika a její projekt Dimensions - vedoucí partner:

Porzellanikon - Staatliches Museum für Porzellan, Hohenberg ad Eger, Selb
Německo

Keramika a její projekt Dimensions - další partneři:

Česká republika:

Uměleckoprůmyslové museum v Praze, Praha, Česká republika

Estonsko:

Eesti Tarbekunsti- ja Disainimuuseum, Tallinn, Estonsko

Finsko:

Univerzita Aalto, škola umění, designu a architektury, katedra designu,
Helsinky, Finsko

Německo:

Kunsthochschule Berlin Weißensee, Berlín, Německo

Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Medien und
Kommunikationsmanagement, Ilmenau, Německo

Irsko:

Rada pro design a řemesla Irska Ltd., Kilkenny City, Irsko

Itálie:

Museo Internazionale delle Ceramiche, Faenza, Itálie

Lotyšsko:

Rīgas pašvaldības kultūras iestāžu apvienības Rīgas Porcelāna Muzejs, Rīga,
Lotyšsko

Vispārīgās Ķīmijas Tehnologijas Institūts, Rīgas Tehniskā Universitāt, Rīga,
Lotyšsko

Srbsko:

Muzej primenjene umetnosti, Bělehrad, Bělehrad, Srbsko

Narodni Muzej u Beogradu, Bělehrad, Srbsko

Slovinsko:

Narodni Muzej Slovenije, Lublaň, Slovinsko

Španělsko:

Museo Nacional de Cerámica y de las Artes Suntuarias, „González Martí“,
Valencie, Španělsko

Velká Británie:

University of Ulster, Institut pro umění a design, Belfast, Velká Británie

British Ceramics Biennial (BCB), Stoke-on-Trent, Velká Británie

Muzeum keramiky a galerie umění, Stoke-on-Trent, Velká Británie

Staffordshire University, Stoke-on-Trent, Velká Británie



Obr. 60: Grafika plakátu pro propagaci Ceramics and tis Dimension – Shaping the Future konaná na podzim 2018 v Praze

Podprojekt Shaping the Future (modul 6) zkoumal globální budoucnost: životní prostředí, ekologii, ekonomiku a společenské změny, 3D tisk jako nový pohled na staré technologie a kulturu stolování, s vlivem na keramické

koncepty¹⁹. Celý projekt *Ceramics and its Dimension* byl rozdělen ještě do devíti dalších podprojektů (modulů):²⁰

Modul 1: Symposium - Keramika mezi změnou a výzvou - mezi minulostí a současností

Modul 2: Evropský kulturní styl v keramice - od baroka až po současnost

Modul 3: Architektonická keramika v Evropě

Modul 4: Propagační keramika a její význam v celovečerních filmech, reklamních materiálech a fotografii

Modul 5: Keramika - co to pro mě znamená (Talking Heads Interviews)

Modul 6: Tvarování budoucnosti - Keramický vývoj a návrh zítřka

Modul 7: Program vzdělávání a rozvoje publika

Modul 8: Budoucí světla v keramice

Modul 9: Komunikace / Dům *Ceramics*

Module10: (Final) Congress

Projekt započal experimentálním studentským workshopem v dubnu 2016 v porcelánce Kahla, kde se sešli studenti, pedagogové a další spolupracovníci ze čtyř partnerských univerzit. Výstava započala v témže roce ve Fiskars, putovala po Evropě – Německu, Severním Irsku, Velké Británii a Slovinsku a poslední, sedmé zastavení, proběhlo v Uměleckoprůmyslovém muzeu v Praze, na podzim 2018.

K vidění byly objekty, mnohdy se pohybující na hraně mezi designem a uměním a množství originálních přístupů využívajících širokou oblast vývoje současných technologií. Výstavy probíhaly ve spolupráci se třemi evropskými univerzitami: Ulster University (Severní Irsko), Kunsthochschule Berlin Weissensee (Německo) a Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler for Arkitektur, Design og Konservering - KADK (Dánsko)²¹ a projekt byl veden docentem Maarit Mäkelä z katedry designu univerzity Aalto.



*Obr. 61: Joo Kawasumi_ČR_Nami_2016
Shaping the Future*



*Obr. 62: Salla Luhtasela, Wesley Walters Finsko_Konvice na kávu Pippu_2015
Shaping the Future*



*Obr. 63: Hilda Nilsson_Dánsko_Shluky 2016
Shaping the Future*



*Obr. 64: Jin Zhang_Německo_Flexibilní forma pro experiment s tvarováním
porcelánu_2016
Shaping the Future*



*Obr. 65: Iva Kukurič _Soubor kuchyňských předmětů_ 2016
Shaping the Future*

I přesto, že v současnosti užívání 3D technologie velmi pokročilo, stále je možno ji považovat jen za technologii doplňkovou, zapojenou do konceptu umělec – umění. Při pobytu na Gerrit Rietveld Akademii v Amsterdamu lze dojít ke zjištění, že například keramické a sklářské ateliéry téměř žádné moderní technologie nevyužívají a nechávají tak studenty umění zaměřit se přímo na koncept zpracovávaného tématu. Studenti zde experimentují a zkoumají materiálové limity. Silnou pozici zde má konceptuální přístup k materiálu v moderním umění, a, aby podtrhli konceptuální přístup, prohlašují, že „*technika je nástroj, ne cíl*“. *THE LARGE GLASS DEPARTMENT, 2017*²².

²² Překlad citace Martin Příbík, *The Large Glass Department, Amsterdam, Gerrit Rietveld Academie, 2017*

Vyvstává otázka, jak je možné vnímat umění vytvořené strojem. Jistě někteří vnímají umění rukou umělce a zaměřují se více na řemeslné vyjádření a někteří, doufejme, že většina, hledá myšlenku, kterou lze vyjádřit třeba 3D tiskem.

Samozeřejmě je to pro užité umění a například pro sochaře ovládající 3D technologie ulehčení, kdy bistu lze naskenovat, počítačově zpracovat a vytisknout například keramickou formu, která se poté proleje bronzem. Pokud se podíváme do minulosti a srovnáme raně a pozdně renesanční malířství, zjistíme, že umělci zřejmě pracovali s kamerou obscurou, kdy malíři portrétisté obkreslovali osvit zobrazovaného. Malířská metoda umožňující přesnější a realističtější zobrazení, zřejmě přísně střežená umělci datovaná kunsthistoriky někam do 17. století, byla zkoumána a podrobně popsána Davidem Hockneyem. Právě Hockney tuto techniku datoval do doby Jan van Eycka a vlámského umění 15. století.²³ Další paralelu umění a technologie můžeme hledat v době impresionismu, kdy světlo světa spatřily první fotografie a malíři tento objev využili ku prospěchu svému. Impresionističtí malíři se stěhují s ateliérů ven do přírody a mnohdy jsou postaveni před otázku jak zobrazit pomíjivost okamžiků, kterým exteriér překypuje. Jistě dokážete pochopit, že Degas nebo Monet pro zachycení okamžiku použili fotoaparát. A právě proto o to více mohli dále experimentovat s expozicí, malbou, proporcí a nakonec i konceptem celého díla, protože díky fotoaparátu měli pro toto prostor. Dá se tvrdit, že díky technologii, zde fotoaparátu se rodili od poloviny 19. století nové umělecké styly. Pro svou vytíženost fotoaparátu využíval i Alfons Mucha, který pobýval na přelomu 19. a 20. století v Paříži a s impresionisty se stýkal.²⁴

Jak tedy lze vnímat 3D tisk? Oklikou přes renesanční malířství a impresionismus bezesporu jako nástroj k vyjádření umělce nebo nástroj pro lepší prezentaci myšlenek – produktu designéra.

3.4. Propojování materiálů - Kompozity

Kombinování materiálů je již od počátku lidských věků běžná věc. Člověk využívá různé materiály pro jeho vlastnosti, strukturu, vizualitu, k rozličným potřebám. Pračlověk omotával svůj umě otlučený pazourek koženými řemínky, aby mu neklouzal v ruce a zřejmě i proto, aby ho nestudil v dlani, ke kamenným či kostěným hrotům šípů přivazoval dřevěné dříky²⁵, aby takto vytvořený šíp držel směr, dál doletěl a s větší přesností zasáhl cíl, při zachování smrtící účinnosti hrotu. Pro spojení volných stran oděvu se využívaly důmyslně tvarované kostěné, později, po zvládnutí metalurgie, kovové spony; dnes používáme knoflíky z nejrůznějších materiálů, jaké si jen lze představit. Ani keramika a porcelán nepřicházejí zkrátka ve spojení s jinými materiály, ač odborníci a specialisté na porcelán to neradi vidí, protože míra smrštění hmoty není spolehlivě stálá a tradiční modelářský vývoj není tak přesný, jak by si přáli. A to je hlavní problém při provázání porcelánu z jinými materiály. Stačí si jen představit porcelánové objímky, závity kosmetických dóz a v podstatě vše, kde je třeba přesný průměr pro spasování, šroubování nebo vodotěsné či vzduchotěsné uzavření

V posledních letech se na pultech elektroprodejen dokonce objevily keramické rychlovarné konvice, které jsou vymyšleny tak, že eliminují veškeré keramické části, které by za normálních okolností měly být přesně spasovány. Mnozí řeknou: „No vidíte, všechno jde, když se chce“. Je ale možné si také položit otázku: „Proč jsou dnes na pultech vidět, spíše než keramické, skleněné rychlovarné konvice? Vždyť to jsou podobné materiály“. Posouzení relevantnosti otázky a odpověď na ni je na každém z nás, ale pozorné přečtení předešlých kapitol již odpověď dává. Každopádně, spojení elektro a termosoučástek s takovými „prehistorickými“ materiály jako je keramika, nebo sklo, si zaslouží nazvat úžasným inženýrským počinem.



*Obr. 66: Porcelánová rychlovarná konvice české společnosti Concept
www.my-concept.cz*

Samořejmě, v době 3D tiskáren se mnohé problémy řeší snáze, ale i tak je přesné spasování porcelánu s jakýmkoliv jiným materiálem náročná a konstrukčně složitá věc. Designéři a konstruktéři vždy přemýšlejí, jak věci usnadnit sobě i ostatním, přestože, postupem času, musejí vyvíjené předměty splňovat stále přísnější funkční, pohledové i bezpečnostní parametry, přičemž dochází k postupnému navyšování nákladů a snižování zisků. Proto je třeba změnit úhel pohledu a podívat se na propojení materiálů trochu jinak. V současnosti existuje velké množství kompozitních materiálů, které svými vlastnostmi (pevností, pružností, chemickou rezistencí aj.) převyšují tradiční přírodní a syntetické materiály. Právě pro 3D tisk jsou takové materiály, dříve nevídaných vlastností, vyvíjeny. SLS tisk využívá práškové směsi, složené z několika materiálů, které laserem spéká nebo v případě keramiky pojídlem

spojuje ve funkční aditivní produkt. Ten je pro zvýšení odolnosti dále žíhán (v případě kovů), nebo pálen (v případě keramiky a porcelánu). Ale co když bude potřeba tisknout dva rozdílné materiály současně? Dnes můžeme využít metody FDM. Lze tak například tisknout současně termoplast stavěcí a podpurný, nebo prototyp nástroje, který je z tvrdého termoplastu a jehož rukojeť je z termoplastu elastického. Co se týká keramických hmot, souběžný tisk různých materiálů nebyl donedávna možný. SLS metodou se lze tisknout jen jeden materiál a FDM metoda nedokáže tisknout porcelán za tepla.

Vše mění výzkumníci na Fraunhofer IKTS v Drážďanech v Německu, když v červenci 2019 publikují studii o tisku keramiky dvou barev současně, a to metodou FDM, což je ještě úchvatnější. Výzkumníci prohlašují, že jsou teprve v začátcích a potýkají se s problémy, týkajícími se rozdílného smrštění a kompatibility porcelánového materiálu, které jsou ale, podle jejich slov, odstranitelné. *„Ačkoli použití procesu CerAM - T3DP (Thermoplastic 3D Printing) umožňuje AM z FGM (Functionally Graded Materials) a realizaci keramických komponentů s bezprecedentními vlastnostmi, je třeba překonat problémy týkající se nezbytného tepelného zpracování po procesu AM, aby se získal multimateriálový kompozit. Zejména musí být spárované prášky v kompozitním materiálu úspěšně souběžně slinovány, přičemž slinování složek musí být prováděno při stejné teplotě a atmosféře. Proto je předpokladem, aby všechny materiály měly srovnatelnou teplotu a chování slinování (počáteční teplota slinování, smršťovací chování). Aby se předešlo kritickému mechanickému namáhání během chlazení, musí být koeficient tepelné roztažnosti všech materiálů přibližně stejný.“* WEIGARTEN, 2019²⁶. Jednou z příměsí keramiky je zde oxid zirkoničitý. Směs lze nalézt například u čepelí keramických nožů, pouzder hodinek nebo šperků. Ve zkouškách výzkumníci testovali 3D tisk černého a bílého zirkonu, protože komponenta je zajímavá pro šperkařskou výrobu a poptávka po solitérním luxusním zboží je velmi vysoká.²⁷



Obr. 67: Multimateriálový kompozit – finální vzorek bílého a černého oxid zirkoničitý souběžně tištěného za pomoci 3D tisku metodou FDM. www.jove.com

Vezmeme-li v úvahu přibývající technologické možnosti a zapojíme-li trochu fantazie, můžeme si představit například výše zmíněnou rychlovarnou konvici s vedením a topnou odporovou spirálou přímo uvnitř porcelánové stěny. Protože porcelán je výtečný elektrický izolant, nemuselo by se elektrické vedení nijak izolovat.

Samozřejmě, kov a porcelán mají rozdílnou tepelnou roztažnost, ale s poznatky, které v současné době máme o tvorbě a vlastnostech materiálů, včetně kompozitních řešených až na molekulární bázi, by tento problém nemusel být zásadní. Dá se tak soudit i podle strategie Akademie věd ČR a jejího výzkumného programu nových materiálů, týkajícího se právě materiálů na bázi kovů, keramik a kompozitů.²⁸ Pokud se povede elektroniku vyvinout na bázi kompozitu, pomocí 3D tisku tisknout několik materiálů současně, stavbu

komponentů pro funkční digitalizaci vtisknout do útrob produktu, a to vše bez zásahu lidské ruky, lze očekávat opravdovou kosmickou technologii využitelnou pro meziplanetární vize. Produkt takto vyvinutý, a za pojmem „produkt“ si je možné představit cokoliv, může být vysílán kamkoliv si jako lidé usmyslíme, kam nemáme, a díky naší fyziognomii ani nikdy přístup mít nebudeme. Příkladem může být Venuše, kde povrchová teplota nikdy neklesá pod 400°C²⁹, a kterou by kompozity kovu a keramiky spojené s 3D technologií hravě zvládly.

3.5. Jak 3D tisk ovlivní budoucnost porcelánu

Jistě je zábavné, přitažlivé a tajemné přemýšlet nad tím, jak bude 3D tiskový stroj využit v budoucnosti, jak a nakolik ovlivní naši společnost. Už od dětství mnozí čtou nebo sledují představy spisovatelů, scenáristů, režisérů, vědců o budoucnosti, publikované různými médii. Posledních pár let se ve vědeckopopulárních, nebo spíše populárně-vědeckých časopisech, objevují informace o 3D tisku, jak změní svět, jak přinese spásu, nebo zkázu, jak se budou stavět domy, lodě, auta, letadla, mosty, jak postoupil 3D tisk v replikování tělesných orgánů a kdoví, co ještě. Samozřejmě se to dobře poslouchá a sní se o době budoucí, a je pravdou, že takové společné (společenské) snění a představy tvarují budoucnost, jak nás o tom minulost už několikrát přesvědčila. Lze zmínit například knihy světově uznávaných ruských spisovatelů sci-fi bratrů Strugackých, dílo Poláka Stanislava Lema, Karla Čapka a v neposlední řadě Julese Werna, které mnoho z nás v mládí četlo, nebo v souvislosti s 3D tiskem se mysl ubere k velmi populárnímu anglickému sitcomu Red Dwarf (Červený trpaslík), kde v jedné epizodě kocour požaduje po jídelním automatu stále dokola rybu, protože přišel na to, že „i bez práce jsou koláče“. Produkty scénáristicko-režisérských, nebo spisovatelských fantazií mohou být leckdy úsměvné, ale v hloubi mysli je možné si velmi realisticky pohrávat s představou,

jak tento automat vlastně funguje, že dokáže podávat ryby tak rychle a představovat si, že je uvnitř „stroj“, jenž „tiskne“ posádce pochutiny, které si poručí. I přesto, že jde o fantazii scénáristy, režiséra, může být dráždivě neodbytná třeba otázka, jak je možné, že svou činnost provádí automat tak rychle.

Takové představy o budoucnosti nikomu neublíží a těžko se stane, že bude někdo nařčen třeba z nepřesné prognózy. Nakonec se s tím mnozí každodenně potýkají u předpovědi počasí. Meteorologové již od poloviny 20. století vyvíjejí matematické modely (přesněji od roku 1946 - Johnem von Neumannem) a zabývají se družicovou meteorologií³⁰, aby civilizovaná společnost věděla, jaké počasí očekávat. Přesto ne vždy prognózy vyjdou a ta samá společnost si po té ulevuje na úkor meteorologů.

Kdokoliv se bude chtít zabývat budoucností seriózně bez potřebných podkladů, velmi lehce se může stát obětí vlastní nepřesnosti; budoucnost nabere jiný směr a on, ač může být dnes vynášen do nebes, bude v budoucnu prohlášen za hlupáka. Na toto téma již polemizovali formou rozhovoru v knize „Knih se jen tak nezbavíme“ pánové sémiotik a filozof Umberto Eco a scénárista, režisér Jean-Claude Carrière za účasti Jean-Phillipe de Tonnaca, který celý rozhovor vedl. Nejen, že je potřeba se ve své práci vyhýbat takovému „věštění“, v důsledku čehož bude dotyčný člověk s největší pravděpodobností označen za hlupáka, ale dokonce si, podle výše zmíněných pánů, má ke své disertaci vybrat téma, ke kterému je dostatečné množství literatury.³¹ Ač si těchto pánů mnozí velmi považují, tak se vši úctou, i přes jejich doporučení, zde bude něco o budoucnosti v rámci tématu disertační práce napsáno, byť s rizikem, že se v budoucnu prognózy nenaplní. Protože, kdyby nebylo v minulosti lidí, kteří svými vizemi příslovečně „nesou kůži na trh“, člověk by zřejmě ještě dnes „lezl po stromech“ a filozofové opatrní ve svých předpovědích by neměli pro své práce z čeho čerpat. Ale vraťme se ještě k výše jmenované četbě a rozhovoru

zmíněných pánů, kteří, jak už název napovídá, mluvili o knize jako médiu, nosiči.

Snažili se o filozofický náhled v odpovědi na otázku, zda je kniha jako nosič informace ohrožena a dospěli k názoru, že kniha je základní nosič informace a bude tu nadále i přes existenci dalších způsobů přenášení informace (divadlo, kino, rádio, televize, video).³² Tento náhled byl zmíněn již v úvodu této práce, kde je 3D tisk připodobněn k videu jako jednomu z mnoha dalších nosičů informace, které doplňuje knihu. Tak lze vnímat i 3D tisk; s velkou pravděpodobností jako jednu z mnoha technologických výrobních složek v portfoliu porcelánu.

V druhém desetiletí nového milénia se hodně skloňovaly personální tiskárny se systémem FDM díky uvolnění licence a firmy, vyvíjející tento systém, slibovaly a ještě slibují, že se začnou 3D tiskárny šířit do domácností a, během několika let, budou obvyklým domácím spotřebičem, jako třeba mikrovlnné a pečicí trouby, myčky atd. Zní to docela logicky, vždyť lidé si vždy chtěli ulehčit život. Jenže marketéři a obchodníci, zřejmě neznalí technického pozadí obslužnosti tiskáren, zapomněli na to, že aby bylo možné něco vytisknout, je třeba digitální návrh konstrukce tištěného předmětu v konstrukčním 3D programu. Lidé znalí práce v 3D vývojových prostředích jistě vědí, že takový spotřebitelé běžně po ulicích nechodí a v současnosti to je velkým problémem i v průmyslu. Ano, existují sdílená internetová úložiště, kde si lze různé 3D objekty stáhnout, například ve formátu .stl, jen je potřeba si uvědomit, že tento formát (a také třeba formát .obj) je „konečný“, bez možnosti úpravy parametrů objektu (mimo proporce), pokud není po ruce ne zrovna levný software. Pokud si objednáme úpravy objektu u odborníků, kteří software vlastní nebo mají nadprůměrné znalosti konstrukčního programování, lze zakusit obor odborně zvaný reverzní inženýrství, kde práce opravdu nestojí pár korun. Mnohým, kdož slyší tento odborný výraz nebo jenom reverzní, se začnou před očima zjevovat

tisícové ne-li desetitisícové platby. Každý si musí zvážit sám, je-li pro něj pořízení 3D tiskárny rentabilní, ne nutně v pravém smyslu toho slova.

Nesmíme zapomenout na, pro spotřebitele možná rozhodující, uživatelskou přívětivost a přijatelnost (akceptovatelnost) user friendly, respektive UX - user experience, jak jsou dnes tyto přístupy běžně zvány. Cílem těchto přístupů je vytvořit u zákazníka kýžený uživatelský prožitek, jeho spokojenost, loajalitu, nadšení a ochotu se vracet a doporučovat.³³ Jsou-li odstraněny problémy a splněny všechny výše uvedené podmínky, vyvstává, směrem k běžnému spotřebiteli, otázka „co s 3D tiskárnou doma“. Z běžného domácího provozu potřeba 3D tiskárny nevyplývá, a tak musejí marketéři s obchodníky hledat smysluplné argumenty k podpoře prodeje.

A právě teď je čas na prognózu: Personální tiskárny se jednou určitě budou využívat v každodenním životě, ale ještě to chvíli potrvá. S klidným svědomím je možné tvrdit, že, po zkušenostech s testy na 3DP, to s největší pravděpodobností nebudou tiskárny postavené na dnešních technologických systémech. Jak již bylo v jedné z předešlých kapitol zmíněno, pro prostorový tisk porcelánu se prozatím jeví být nejlepší tiskovou technologií SLS. Porcelánové tisky jsou již vcelku přijatelné, ač ještě nedosahují vizuálních kvalit skutečného porcelánu. Vytvořené produkty lze použít jako prototypy, ale o kvantitativní výrobě nemůže být zatím ani řeč. Když pomineme, že v roce 2020 se stále pořízení průmyslového stroje pro SLS tisk pohybuje v milionových částkách a vysoce kvalitní personální ve statisících, čímž částky několikanásobně převyšují pořízení tradiční technologie pro strojovou sériovou výrobu, je tu větší problém - čas, potřebný k výrobě jednoho kusu produktu. Prostě a jasně, i kdyby výstup z 3D tisku dosahoval kvalit současné, na tradičních postupech založené produkce, je tato technologie stále nerentabilní.



*Obr. 68: Ceramo One Personální keramická 3D tiskárna SLS společnosti Kwanbio
<https://www.konstrukter.cz/kwambio-predstavi-na-ces-2018-3d-tiskarnu-ceramo-one/>*

V budoucnu tato metoda jistě výrobní portfolio doplní, už proto, že pomocí 3D tisku můžeme získat porcelánový produkt, tradičními postupy nerealizovatelný. K dosažení požadované výrobní kapacity 3D tiskem bude v budoucnosti zřejmě nutné postavit výrobní linky s velkým počtem trysek a vysokou variabilitou polohování. Tisknuté produkty budou potom na výrobních linkách popojíždět z fáze do fáze, v režimu pásové výroby. Jen tak si lze představit Additive Manufacturing jako jednu z výrobních technologií výroby porcelánu dneška.



*Obr. 69: Průmyslová 3D tiskárna Protofab SLS 660
www.3dprotofab.com/protofab-sls-660-3d-printer.html*

3.6. Logistika 3D tisku

Kapitola o budoucnosti využití prostorového tisku v porcelánu velmi volně naváže na tu předchozí. Velmi zajímavou oblastí, v níž lze v budoucnosti využít 3D tisk, je logistika. Již dnes přepravní služby soutěží o to, kdo nabídne kvalitnější služby, zejména v rychlosti přepravy. Téměř revolučním počinem v nabídce logistických služeb jsou tisková centra, kde si lze zadat tisk, například nějakého prototypu a nemusíme tak ani 3D printer vlastnit. Takovou službu nastartovala společnost UPS v téměř stovce svých poboček. V rámci projektu hybridní pošty, jak tuto službu společnost UPS nazvala, kromě listovních zásilek zákazníci zasílají tisknutelná data. Výtisk se provede, hotový 3D objekt se zabalí a odešle. S podobným patentem, podle zveřejněného seznamu amerického patentového úřadu, přišla společnost Amazon, která tyto služby zamýšlí poskytovat přímo z distribučních vozidel, při rozvážce zásilek. Zřejmě by se jednalo o různé součástky, určené k opravám, na něž se mnohdy dlouho čeká.³⁴ Velké plány podle serveru Logistika má i vesmírná agentura NASA, která již testovala 3D tisk na Mezinárodní vesmírné stanici ISS v listopadu 2014. Dále chce testovat 3D tiskový stroj, který je schopen recyklovat odpad a transformovat ho na předměty, sloužící k dalšímu fungování mise.³⁵

Vztah logistiky a designu můžeme již dnes spatřovat v procesu spolupráce firem a nezávislých designérů. Ti mohou pracovat současně pro více firem, bez nutnosti vlastní fyzické přítomnosti, nezávisle na geografických vzdálenostech. Na základě předem schválených skic a vizualizací prostě odešlou data pro tisk prototypu objednateli, u něhož se teprve realizuje samotný tisk. Typickou spoluprací výše uvedeného procesu lze přiblížit na konkrétním příkladu z praxe. Začátkem roku 2017 největší česká firma na výrobu porcelánu, Thun 1794, zahájila spolupráci s dánskou firmou Eva Solo. Ta hledala výrobce porcelánu, který dokáže vyhovět jejím požadavkům, přičemž důraz byl kladen na kvalitu a maximální splnění podmínek vizuality. Design poptávaného porcelánu

obsahoval vertikální linie, které jsou velmi těžké a časově náročné k realizaci tradiční cestou vývoje. Proto se společnost rozhodla vyzkoušet cestu Additive Manufacturing. Oslovili několik firem, mezi nimi i ateliér Futuree s poptávkou digitálního zkonstruování šálku a dodání jeho tisku pro další vývojové zpracování a zavedení do výroby.



*Obr. 70: vizualizace poptávaného porcelánu
Hrnky Legio – dánská firma Eva Solo*

V této fázi nastal pro firmy velký problém, neboť se jednotlivě většinou zabývají některým z požadovaných parametrů poptávky. Nakonec uspěl ateliér Futuree, protože dokázal propojit všechny požadavky – dodržení designového záměru, zkonstruování tisku v konstrukčním programu s tím, že byly dodrženy kontrolované deformace produktu a nakonec dodání tisku, který byl tisknut v ateliéru za pomoci vlastní 3D tiskárny. Úspěch spočíval ve schopnosti propojit několik oborů, což také významně snížilo celkové režijní náklady. Logistický problém pro ateliér nastal, když bylo třeba pracovat delší dobu mimo vlastní firemní sídlo a nebylo tak možné zde realizovat prostorové modely.

Situace se vyřešila sjednáním spolehlivé firmy, realizující 3D tisk, které byla poskytnuta digitální data pro tisk. Firma tisk realizovala a finální modely poté zaslala přepravní službou k příjemci.

Tím se dostáváme zpět na začátek kapitoly. Přepravní společnosti pracují s výše popsaným logistickým řešením podobných situací a počítají s tím ve svém byznys plánu. Podíváme-li se trochu dále a představíme-li si výrobní linky na výrobu porcelánu, založené na systému Manufacturing, napojené do internetové sítě, můžeme si snadno představit i výrobu, řízenou na libovolnou vzdálenost. V rámci logistiky ale musíme pořád řešit dopravu produktu ke konečnému příjemci, což bude v budoucnu sice levnější, ve srovnání se současným logistickým řešením, ale poměrně těžkopádné a drahé v kombinaci s automatickým řízením provozu.

V tento moment se otevře prostor pro personální 3D tiskové stroje v domácnostech. Lidé si místo produktu koupí tisková data a, omezení pouze tiskovým prostorem svého stroje, popřípadě složitostí produktu, objekt si vytisknou. Takto může vypadat budoucnost využití 3D tisku s využitím logistické zkratky. Vezmeme-li v potaz všeobecný vzorec chování člověka, je taková budoucnost 3D tisku z dnešního pohledu i reálná. Nezapomínejme však, že jedinec, potažmo společnost se vyvíjí stále rychleji a zítra může přijít objev, který vše výše popsané odsune stranou a budoucnost půjde jiným směrem, než se původně předpokládalo.

3.7. Výuka 3D tisku ve školách

Jak nejlépe pochopit myšlenku, názor? Kapitola je záměrně psána „ich formou“, protože v souladu s požadavkem kritického myšlení a s ohledem na skutečnost, že i já jsem již léta pod vlivem českého vysokoškolského systému, bych si přál, aby případné myšlenkové konfrontace směřovaly přímo k mé osobě.

Pro využití 3D tisku v navrhování porcelánu je třeba znalostí o chování daného materiálu. Ty by si měl student designu osvojit. Občasné přednášky o problematice vývoje porcelánu na několika českých fakultách umění a designu mi přinesly možnost srovnání kvality výuky a následných znalostí o navrhování porcelánového produktu. Speciálně při studiu produktového a průmyslového designu se studenti učí pracovat s jednotlivými materiály a navrhovat z nich funkční a životaschopné produkty v jednotlivých klauzurních pracích. Během přednášek, nebo i po nich diskutuji se studenty o využití získaných vědomostí v reálné praxi a nezděje se stává, že si studenti pletou studium designu se studiem aplikovaného umění, nebo dokonce s akademií umění. Později zjišťují, že jim není, hned na počátku studia, ve škole vysvětleno (ba přímo definováno), co vlastně studium designu obnáší, a jak je takové vzdělání aplikovatelné v dalším profesním životě.

Co se týká 3D technologií, ne vždy jsou potřeba. Gerrit Rietveld Academie v Amsterdamu, kde jsem měl čest nějakou dobu pobývat, ač pojmenovaná po významném designérovi se zabývá výhradně konceptem produktu – užitým uměním s absencí digitální technologie, kterou „nepotřebují.“ Velmi záhy jsem pochopil, že hlavním parametrem výuky je myšlenka, převedení vjemu na vizuální prvek a nástrojem papír a tužka. *„Přemýšlejí o své vlastní praxi a o tom, co by to mohlo znamenat ve větším měřítku, zejména ve vztahu k pochopení něčí*

pozice ve světě. Katedra pomáhá vytvářet a testovat individuální parametry studenta, pomáhat jim posoudit účinek jejich práce a vyzvat je, aby byli schopni kriticky argumentovat v kontextu jejich sebeprezentace. "SANDBERG INSTITUT 2020.³⁶

I když bude designér nadprůměrně technicky zaměřený, následné přemýšlení o nabyté zkušenosti otevře úplně jinou dimenzi vnímání designu z pohledu konceptu. I takto je zřejmě možné chápat absenci jakýchkoliv digitálních technologií, včetně technologií 3D, v ateliéru skla na Rietveldu. Hovořil jsem o této zkušenosti s někým, kdo měl v minulosti možnost v Nizozemsku pracovat a byl mi potvrzen můj, vlastní zkušeností získaný silný pocit, že po technické a materiálové stránce jsme (Česká republika) na tom podobně, ale v myšlení máme hodně, ale opravdu hodně co dohánět. Kolegové designéři jistě potvrdí, že se s takovým pocitem jezdí například i z Izraele. Vysvětlení tkví zřejmě v multikulturalitě prostředí, lze to vnímat nejen na akademické půdě, ale i mimo ni. Pro další zkušenost s multikulturalním prostředím je nutné se vrátit zpět do ateliéru na Rietveldu, kde je komunikačním jazykem angličtina, protože nejen studenti, ale i lektori jsou z různých částí světa. Všeobecným standardem je mluvit stále v angličtině, a to i tehdy, vedou-li o samotě rozhovor dva příslušníci stejné národnosti. Uvítal jsem možnost vést na půdě sklářského ateliéru přednášku o porcelánu. Skládala se ze dvou částí. První část seznamuje posluchače se systémem a všeobecnými parametry výroby porcelánu s tím, že se dotýká různých detailů výroby a zařízení, podstatných pro designérskou práci. V druhé části jsou již popisována samotná specifika navrhování porcelánového produktu s důrazem na kontrolované deformace při výrobě a specifika vývoje produktu tradiční cestou, bez použití digitalizace.

³⁶ překlad citace Martin Přibík, Gerrit Rietveld Academie, Sandberg Instituut, [online]. c 2020, poslední revize 25.2.2020 [cit.2020-02-125], Dostupné, z: <<https://sandberg.nl/main-department-fine-arts>>

Ač prezentace neinzeruje využití cesty 3D tisku, vždy, po skončení přednášky, nabízím toto téma k diskuzi a pokaždé je to, vedle otázek k samotné prezentaci, vítané zpestření. Při konzultaci projevil Jens Pfeifer, vedoucí ateliéru, obavy, zda tato, poněkud techničtěji zaměřená přednáška o porcelánu, bude dost zajímavá pro studenty aplikovaného umění ve sklářství, přičemž měl pochybnosti hlavně o první části, kde je mnoho všeobecných informací. Ujistil jsem ho, že první část, opravdu ne až tak zajímavá z pohledu designu, ale je velmi důležitá pro pochopení samotného materiálu a stylu navrhování porcelánu. Nakonec se přednáška protáhla z původně limitních 30 na 75 minut a studenti odcházeli spokojeni, s nově nabytými informacemi, které se přitom ani v nejmenším netýkaly skla. Ba co víc, druhý den jsem zahlédl jednoho německého studenta, pokoušejícího se, zřejmě ještě pod vlivem přednášky, aplikovat kontury tvaru jedné z prezentovaných skic do skla. Velmi příjemným zjištěním bylo, že nejen studenti, ale, soudě podle změny jejich chování, i lektori si „něco“ z přednášky o porcelánu odnesli. Ačkoliv si velmi vážím každé edukace, jdoucí do myšlenkové hloubky designérské profese například prostřednictvím teorie umění, filozofie a podobně, považuji za zásadní snažit se navrhovat design průmyslového produktu, i přes hlubší myšlenkový koncept, v podstatě plochý, lehce identifikovatelný a srozumitelný běžnému člověku s průměrnou inteligencí. „*Obdivuji Ernesta Blocha, protože mluví jazykem obyčejných lidí a zdůrazňuje pestrá pojetí, kterým tito lidé a jejich básníci dali život.*“*FEYERABEND, 1991*³⁷

Podoba přednášky byla poprvé připravena v rámci doktorandského studia pro studenty průmyslového designu na mateřské UTB ve Zlíně, v té době ještě bez znalostí a zkušeností s využitím 3D tisku ve vývoji porcelánu.

³⁷ v českém vydání přeložily Petra Bidlasová a Markéta Kyloušková, 1999, citace str. 134, FEYERABEND, Paul, *Three Dialogues on Knowledge*, Wiley, c1991, 167 s. ISBN-0631179186, 9780631179184,

Záměrně nepíši o využití 3D tisku „v designu nebo navrhování“, neboť studenti ve svých klauzurních pracích Rapid Prototyping používají při realizaci prototypu do porcelánu, tedy vývoje produktu, kdy lze 3D tiskem zčásti suplovat zručnost designéra. To, že se zvýšil tlak na studenty průmyslového designu, v tom smyslu, aby nechápali navrhování produktů a realizaci prototypů v ateliéru jen jako odpočinkovou výuku, a to, že se zvýšila intenzita spolupráce s firemním prostředím přinášející studovanému oboru respekt, vyšší prestiž a v neposlední řadě i kvalitnější studenty. O správnosti vedení a systému přednášky o porcelánu vypovídá i zájem ze strany dalších univerzit, firem a dnes i státních institucí, jako je například Czechinvest.

Před časem (2017) mi byla nabídnuta možnost již podruhé vést seminář – workshop pro studenty FUD v Ústí nad Labem. Po atelieru keramiky tentokrát v ateliéru průmyslového designu, kde si studenti, v rámci klauzurních prací, nechávají většinou realizovat porcelánové prototypy u externistů. Každoročně pro realizace klauzur hledali modeláře, ale nikdy jich nebylo dost, navíc počty těchto specialistů se rok od roku snižují. V tomto roce byl studentům poprvé sjednán seminář o navrhování, vývoji a výrobě porcelánu. Navíc, v dopoledních hodinách před přednáškou, absolvovali exkurzi v porcelánce v Dubí. Před workshopem byl z rozhovorů se samotnými studenty cítit z jejich strany jistý despekt, mnohdy spojený se strachem z nových věcí, nebo naopak s pocitem všeznalosti. Po skončení workshopu se despekt proměnil v zájem studentů o porcelán jako materiál a, podle jejich pozdějšího vyjádření, je seminář přiměl k několikadenní rozvaze při zpracovávání všech nových informací.

Z pozice průmyslového designéra, specializujícího se na porcelán, zastávám názor, že porcelán je jeden s nejsložitějších materiálů nejen na zpracování, ale i na pochopení jeho podstaty, protože konečné výsledky práce nelze ovlivnit ani přizpůsobit tak, jak je to možné u ostatních materiálů, kterými jsou například

sklo, dřevo, kov atd. Definitivní tvar produktu vzniká až při výpalu v peci, kde se porcelán smršťuje a deformuje.

Vrátím-li se zpět ke Zlínské univerzitě, do ateliéru průmyslového designu, lze se domnívat, že ač je pro atelier keramika a porcelán jen jedním z mnoha tvarovaných materiálů, díky materiálovým znalostem se porcelán stal mezi studenty poměrně oblíbeným, což dokazuje i několik cen za design, přivezených z mezinárodních soutěží. Lektoři na těchto základech zorganizovali, s podporou univerzity, designérskou soutěž o propagační lázeňský pohárek Lázní Luhačovice. Zde také proběhla výše již několikrát zmíněná přednáška o porcelánu. Takové odezvy jsou velmi naplňující, dávají konání smysl a motivují k pokračování v osvětové činnosti ve věci porcelánové problematiky.

3.8. Rozvaha o profesi designéra v porcelánu

V dnešní době si designéra porcelánu bez dílny, v které vytváří své prototypy, představit téměř nelze. Dokonce je na to kladen velký důraz a, dá se říci, je to také jedna z podmínek úspěchu. Je ale třeba změnit úhel pohledu a položit si otázku: Mohl by designér porcelánu, jak to můžeme vidět i v jiných oborech, pracovat například jen v kanceláři, v coworkingovém centru, nebo dokonce doma a poté docházet na supervize, při kterých by reálný stav vývoje konfrontoval se svou představou, vizualizacemi a schválenými výstupy pocházejícími z jeho personální 3D tiskárny? Pro většinu z nás je těžké si představit architekta, jak si doma na zahradě staví prototypy domů, průmyslového designéra, jak odlévá litinové prvky, vyřezává cokoli laserem, nebo vodním paprskem a výsledek následně žihá v peci. Navíc, když uvážíme, že vyjmenované činnosti jsou doménou jiných odborníků – řemeslníků. Proč tedy designér porcelánu a dílna?

Potřeba dílny vychází ze samotné podstaty tvarování keramiky a porcelánu. Školy mnohdy vychovávají studenty designu keramiky jako individuality s uměleckými ambicemi, vedou je k nezávislosti a oni pak často, po dokončení studia, zakládají studio, ateliér, dílnu - lze tomu říkat jakkoliv - a chrlí nápady v podobě skic, vizualizací a prototypů s koncepty překračujícími funkci, ale i formu. Samozřejmě, keramický průmysl, speciálně oblast výroby porcelánu, zrovna neoplývá spoluprací s designéry s uměleckými ambicemi, protože většina jich, místo navrhování funkčního produktu, zápasí se svým egem a materiálem samotným. Jejich postoj k využití 3D tisku v porcelánu je často negativní, protože jim bere iluze o umělecké povaze tohoto oboru. Ale způsob výroby porcelánu se mění s každou další příchozí zakázkou, ve vazbě na její ekonomickou rozvahu.

Většina nezdarů vychází z neznalosti detailního tvarování porcelánu, kterou je třeba získat praxí. Cesty „jak z toho ven“, jsou dvě, obě trnité a obě se startem „v garáži“. První vede přes provoz porcelánky, v zaměstnaneckém poměru, kde práce na reálných zakázkách berou designérům iluze o proměně světa jejich přičiněním, když i konstrukčně talentovaný designér je nucen navrhovat dekor za dekorem na stále stejné tvary. Je ale existenčně zajištěn a má čas nabírat zkušenosti. Druhou cestu si vybírají spíše designéři – umělci, kteří chtějí být nezávislí. Nevybaveni zkušenostmi založí studio, kde navrhují spíše „do šuplíku“, občas něco prezentují a mají pocit, že mění běh dějin. Ve skutečnosti ovšem zápasí s existenčními problémy a pokouší se prodávat své, v ateliéru navržené a vyrobené produkty. Nakonec, při notné dávce trpělivosti se po dlouhém čase také dopracují výsledku, který je použitelný. Obě cesty končí, v tom lepším případě, v podstatě stejným výsledkem – získáním zkušeností, které umožňují uživit se jako nezávislý designér porcelánu. Nakonec je jen na každém zvlášť, pokud chce ovládnout bílou, křehkou hmotu, kolik času a energie je schopen a ochoten obětovat a jakou cestu si zvolí, když úspěšně dokončí studium a je konfrontován s realitou profesního světa.

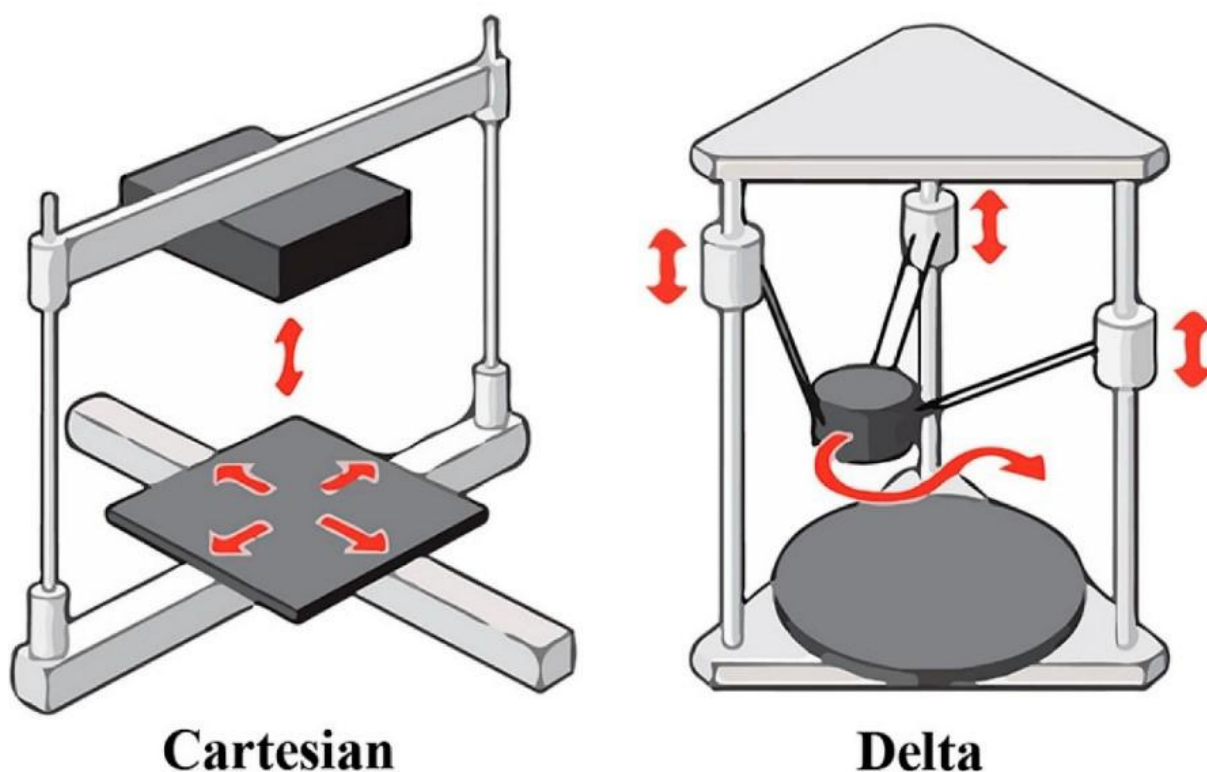
4. EXPERIMENT

4.1. Vývoj 3D technologií během období experimentů s aplikováním 3D tisku do výroby porcelánu.

Od prvního slova v této práci až k tomuto místu uběhlo již několik let, plných experimentů s 3D tiskem na bázi FDM technologie využívané pro vývoj porcelánu. Při opakovaných korekturách jednotlivých kapitol s cílem aktualizace již zaznamenaných informací a zkušeností je jasně patrný neúprosný vývoj technologie prostorového tisku, která je označována za třetí, nebo někdy čtvrtou průmyslovou revoluci - záleží na úhlu pohledu a akcentovaných prioritách. Základní princip FDM technologie, spočívající ve vytlačování materiálu tryskou hotendu, se nijak nezměnil. Proto lze stále pracovat i se staršími stroji, i když postrádají digitální technologickou nadstavbu, umožňující pohodlnější práci, jako wifi, bluetooth, grafické znázornění tisku, možnost tisku na dálku prostřednictvím serverového rozhraní. K nejvýraznější změně na poli mechaniky tiskáren došlo v posledních letech při odstranění jedné z největších slabín technologie – uchycení tisku na depositní desku a její automatické vyrovnávání vůči tisku. Dnes jsou to již standardy. Současně probíhá neustálý vývoj různých druhů tiskových materiálů různých vlastností. Protože tisky jsou stále větší a pro malý tiskový prostor se musí digitálně dělit, tisknout jednotlivě a následně sestavovat a spojovat, snaží se výrobci přicházet s většími tiskovými prostory tiskáren za přijatelnější pořizovací ceny.

Zdokonalování mechaniky a zvětšování tiskového prostoru přináší výrobcům i problémy; zvětšením prostoru dochází k větším vibracím, což se promítá do kvality tisku. Podle vyjádření některých vývojářů 3D tiskáren je poměrně lehké zkonstruovat tiskárnu a vymyslet sofistikovaný software, ale vyřešit její

vyladění je o několik úrovní složitější. Při bližším prozkoumání různých 3D tiskáren lze zjistit, že každá má vodící lišty jinak konstruované a že za léta vývoje nedoznaly změn. Právě konstrukce vodících lišt, určující zásadně kinematiku tiskáren, je část jejich mechanického systému, která se téměř nemění. Dobrá konstrukce pohybového systému totiž zajišťuje dobrou stabilitu tiskárny, omezuje vibrace a tak může být využita větší rychlost tisku. Tiskárny pracují ve dvou základních souřadnicových systémech - Cartesian (Kartézský) a Delta.¹



*Obr. 71: Kinematika - základní souřadnicové systémy 3D tiskáren
Filip KALČÍK, Inovativní návrh 3d tiskárny hypercube s možnostmi opensource platformy.*

Každý systém má své výhody a nevýhody spojené s celkovou velikostí tiskového prostoru, dosažitelnou výškou tisku, nebo jeho rychlostí. Rychlost reálného tisku se standardně nastavuje okolo 50 mm/s u vnějšího perimetru, ale například u tiskárny Ultimaker 2+ lze rychlost nastavit až na 300 mm/s.²

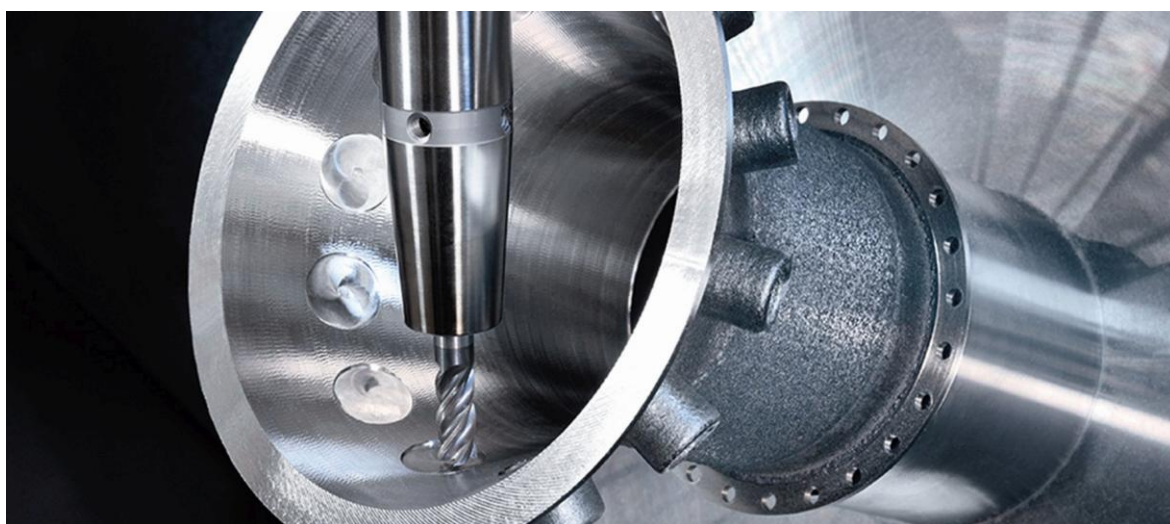
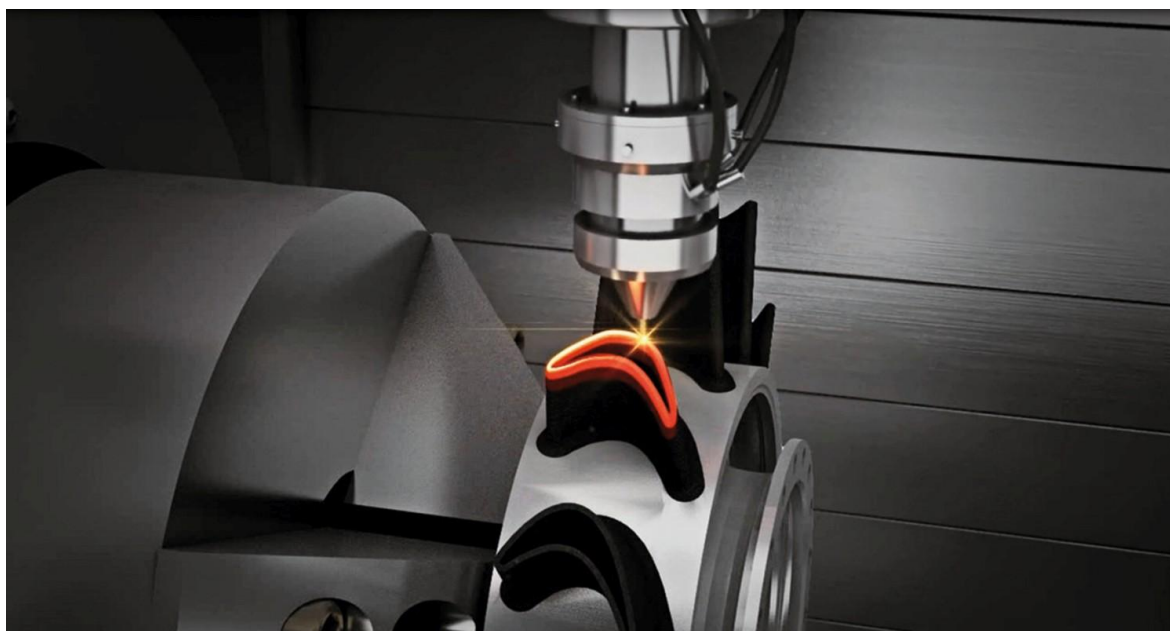
Speciálně u tiskáren Ultimaker si lze všimnout, že tiskový rozměr šířky je v současnosti, včetně nejnovější S5, stále 230 mm, ačkoliv se zvětšila délka i výška. Šířka tiskového prostoru se mění v závislosti na druhu tiskové hlavy (jednotrysková nebo dvoutrysková) tak, že se nejzazší šířka tisku zkracuje o šířku druhé tiskové hlavy. O řešení problému s vibracemi vypovídá fakt a do jisté míry jej i potvrzuje, že jednotrysková levnější 3D tiskárna má, oproti dvoutryskové, k dispozici větší šířku tisku, pokud tedy opomineme ekonomické hledisko vývoje další konstrukce tiskárny s širší depozitní deskou a náklady na vyladění tisku.

V roce 2016 česká firma 3D Wiser přidává do portfolia svého prodeje v České republice vyvinutý 3D tisk, postavený na staronovém systému stereografického tisku od firmy Formlabs. Tento první způsob 3D tisku, založený na laserovém osvětlení fotopolymeru byl zdokonalen a byly odstraněny jeho někdejší nedostatky. Princip tvorby tisku systémem Digital Light Processing je již popsán v kapitole 1.2. Varianty technologie 3D tisku. Tomuto způsobu tisku je předpovídána velká budoucnost pro kvalitní tisk, téměř bez znatelného vrstvení, pro vysokou rychlost tisku, nízkou spotřebu materiálu a, konečně, pro celkovou jednoduchost mechanického systému. I když i tento systém tisku je v současnosti prostorově hodně omezen, stejně jako ostatní 3D systémy tisku ve svých počátcích, a cena se pohybuje podstatně výše než u FDM 3D tiskáren, je to zřejmě jen otázka času, nabídky a poptávky. Pro porcelán jako takový má tento systém další pozitivum v potenciálu, nahradit technologii SLS, u které lze, jako u jediné, tisknout ve snesitelných pohledových parametrech. O tom svědčí i cena 3D tiskárny se systémem SLS, oproti systému DLP, i když nové personální systémy SLS tento finanční rozdíl snižují již na tři až pětinasobek. Princip tisku keramiky systémem DLP umožňuje tvorbu výrobku z keramiky spojené fotopolymerem – směs keramického prášku a fotopolymeru se přes depozitní nádržku exponuje novým typem laserového osvitu.

Touto metodou se již nějakou dobu úzce zabývá brněnské studio porcelánu Golfinger Jiřího Hlušičky, ve spolupráci s brněnskou fakultou Vysokého učení technického. *„Tato technologie je naprosto nová a pro výrobu porcelánu se zatím nepoužívá a to právě chci změnit. SLA tiskárna pomocí laserového paprsku vytvrzuje speciální pryskyřici, ta funguje jako nosič materiálu. Při výpalu pryskyřice vyhoří a zůstane pouze samotný materiál. Tímto materiálem může být i porcelán.“* HLUŠIČKA, 2018.³

Systém práce průmyslového designéra zahrnuje i znalost technologií a správnou volbu té vhodné jak z hlediska samotného prototypovacího úkonu, tak s ohledem na technologii výroby, snadnou vyrobiteľnost a výrobní náklady. Proto nezůstává jen u 3D tisku, ale využívá další technologie, jako CNC obrábění, nebo řezání laserovým, případně vodním paprskem. Technologický vývoj jde stále kupředu a na trhu se objevují hybridní průmyslové stroje, které uvedené technologie kombinují. Jedná se hlavně o 3D tisk kovu a jeho následné CNC obrábění, nebo souběžné využití technologií jak je to možné vidět u japonské Matsuury, nebo například navařování kovu elektrickým obloukem technologií MIG/MAG, v kombinaci s pětiosým obráběním.⁴ Snahy o vyvinutí personálních hybridních 3D strojů lze zaznamenat i u hobby konstruktérů, kteří upravují 3D tiskárny na CNC frézy, přidáním univerzálního, či výměnného nosiče hlavy hotendu, nebo CNC frézky a obrácením kinematiky. V blízké budoucnosti se, s největší pravděpodobností, budou tyto stroje zdokonalovat, stanou se vysoce sofistikovanými a nejen, že nahradí, či spíše doplní další technologie, ale především ovlivní systém jejich organizace. Proč spíše „doplní“? Na první pohled se může zdát, že mít tyto technologie v jednom, univerzálním zařízení je výhodné, ale je potřeba se zamyslet nad tím, co kombinují. Nebo jinak - stačí znát význam slov plastika a skulptura, abychom si na protichůdných postupech, jakými oba druhy děl vznikají, uvědomili podstatu hybridních 3D strojů, protože přesně na těchto protichůdných postupech jsou založeny. Hybridní personální 3D stroje ale nejspíš zůstanou za branami dílen

strojařů a hobby kutilů a designéry asi minou. Předpověď vychází z předpokladu, že personální zařízení je svými rozměry primárně určeno k prototypování, tedy pro designéra. Ten, pokud již vlastní personální 3D printer, nemusí, při troše fantazie, na prototyp, vzhledem k jeho velikosti a způsobu vytváření, ani sáhnout.



*Obr. 72: Hybridní výroba stroje Lasertec 65 3D – DMG MORI
<https://www.strojirenstvi.cz/hybridni-vyroba-spojuje-3d-tisk-s-presnym-obrazenim>*

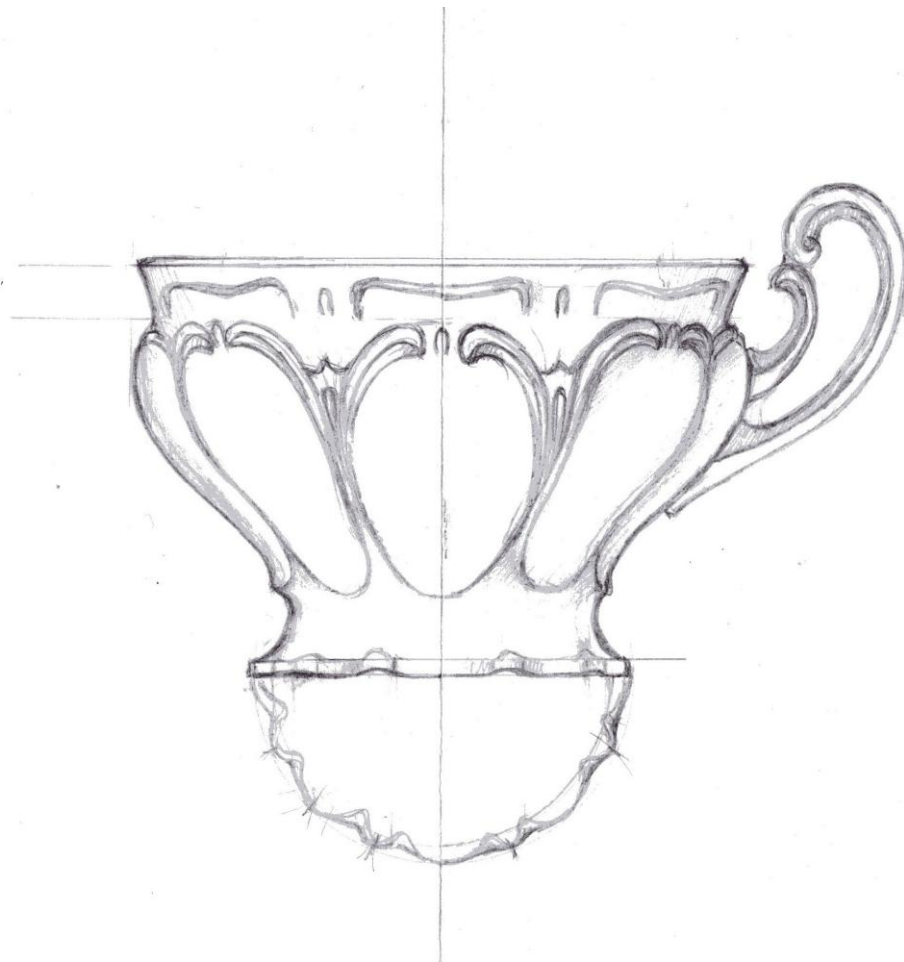
3D tisk neznečišťuje jeho pracovní okolí a nevyžaduje větší pracovní prostor, než jaký poskytne běžná kancelář, což umožňuje zbavit se nákladů v podobě nájmu za nepotřebnou dílnu.

I průmyslový designér je jenom člověk, od přírody pohodlný, a nechce se mu uklízet odřezky z laserového plotteru, nebo špony z obrobků a tak raději obráběcí operace, s největší pravděpodobností, přenechá zručnějším specialistům.

4.2. První praktická aplikace 3D tisku do vývoje modelů pro porcelán

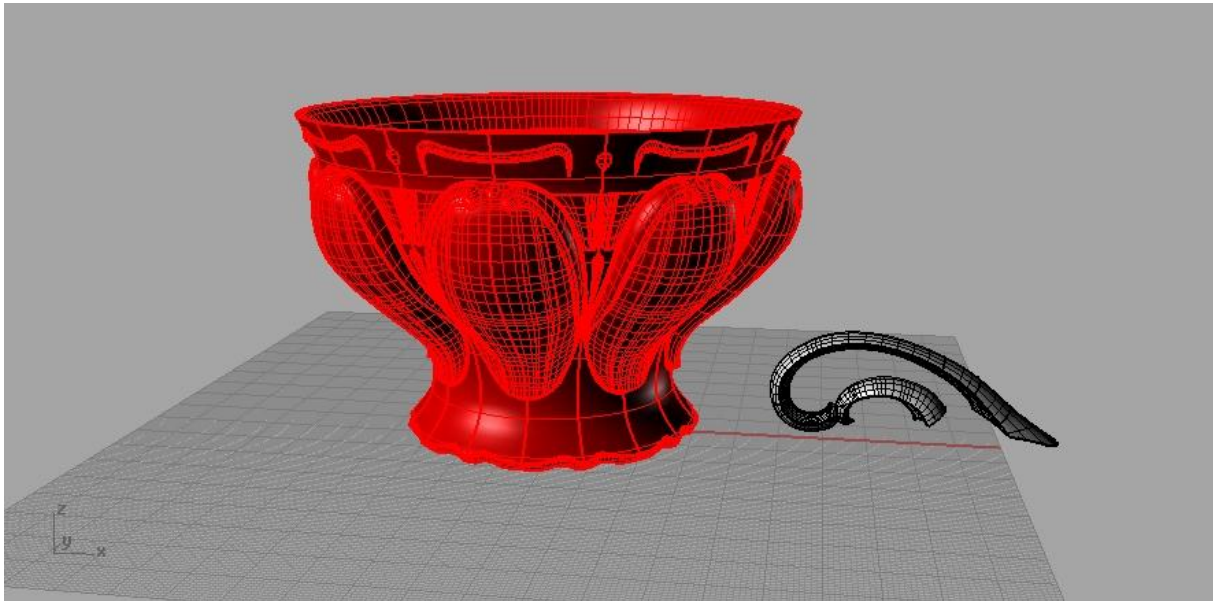
Než se kapitola začne zabývat první praktickou aplikací 3D tisku do porcelánu, je potřeba předeslat, že každá z následujících kapitol popisuje jednotlivé experimentální části o aplikaci 3D tisku zvlášť, snaží se najít a ukázat řešení na reálném porcelánovém produktu, navrženém a realizovaném jak v rámci firemního komerčního prostředí, tak jako užité umění k příležitosti výstav, a to vše během šestiletého experimentálního období, v rámci této disertační práce.

První zkouškou 3D tisku se stala replika barokního šálku, realizovaná pro firmu Queens Crown. Baculatý šálek, svým tvarem spadající někam do poloviny 19. století, byl zvolen záměrně, aby již na počátku jeho realizace ukázala co nejvíce nedostatků a nevýhod, kterých je možno od 3D tisku očekávat. Protože barokní tvary jsou vesměs velmi členité, nepostrádající reliéf, už převedení šálku na prostorovou grafiku v konstrukčním CAD programu je velmi složité. Grafika šálku se skládá z mnoha ploch, vzájemně na sebe navazujících.



*Obr. 73: Studie repliky barokního šálku Queen
Archiv Futuree*

První problém byl v propojení a sloučení ploch šálku přímo v modelovacím CAD softwaru, kdy již samotný převod modelu G-Code (formát .gco pro 3D tisk) způsoboval špatné zobrazení, software tiskárny chybně načítal plán vrstvení materiálu a stavěl výztuhy tam, kde být neměly. Tento problém zmizel až po sjednocení ploch a spojení jednotlivých hran. V pozdějších dalších realizacích se problém opakoval a bylo zjištěno, že příčina tkví ve dvou shodných plochách v jednom místě, což bylo způsobeno kopírováním pravidelně se opakujících prvků; program toto místo chybně načítá a v důsledku vynechává. K vyřešení tohoto problému stačí zdvojenou plochu najít a odstranit.



*Obr. 74: 3D grafika repliky barokního šálku Queen
Archiv Futuree*

Druhým problémem, který se musel řešit, bylo samotné uložení šálku na deponitní desce. Tisk šálku mohl začít s nožkou na desce, nebo osazením šálku a nožkou vzhůru. Všeobecně se vyskytující problém u 3D tiskáren je fixace tisknutého modelu na deponitní desce tak, aby se model při tisku neuvolnil. Pokud, vinou špatného uchycení modelu dojde v průběhu jeho tisku ke kolizi, musí se celý proces tisku opakovat od začátku. Pro pevné přilnutí k nevyhřívané deponitní desce, vhodné pro tisk |PLA, se používají adhezivní lepidla, nebo spreje s přilnavým nástřikem. Je dobré se poradit s výrobcem tiskárny, který má již tento problém vyřešen a lepidlo k tisku dodává.

Pokud se jedná o deponitní podložku vyhřívanou, na které lze tisknout všechny další druhy tiskových materiálů, včetně PLA a PVA, jsou většinou vybaveny vrstvou, která je při zahřátí přilnavá, případně lze, pro náročnější tisky, využít adhezivních folií, či podložek, například BuildTak, Kapton, nebo jim podobné. Pro AM (additive manufacturing - aditivní výrobu) se podložky stále vylepšují tak, aby jejich životnost byla neomezená, jak je možné se dočíst v článku Cleated Print Surface for Fused Deposition Modeling⁵. Dále je vhodné nastavit při malé styčné ploše tisknutého modelu tzv. brim (límeček), což je

rozšíření první vrstvy tisku a tím i styčné plochy mimo základnu modelu asi o 5 mm. Samozřejmě, tisk šálku začal na nožce, která měla malou styčnou plochu, bez brimu, jen s vrstvou lepidla, naneseného na desce. Tisk měl trvat podle výpočtu tiskárny necelých 17 hodin. Protože šálek byl tvarem hodně vychýlen do stran, začal se cca. po 4 hodinách uvolňovat z desky. Problém byl vyřešen přerušáním tisku a improvizovaným upevněním šálku zpět k desce pomocí izolepy. I přesto, že celá operace byla provedena citlivě tak, aby nedošlo k posunu tiskové hlavy, nebo depozitní desky, byl předěl mezi vrstvami patrný. Dále tisk už probíhal bez větších problémů. Po dokončení tisku následovalo prolití záměrně ponechaného dutého vnitřního prostoru modelu šálku sádrou tak, aby se při další přípravě nedeformoval a získal větší hmotnost pro formování. Bez zatížení sádrovou výplní by plastový model mohl při formování působením vztlačkové síly vyplavat. Časově poměrně náročnou fází bylo následné mechanické čištění, a to navzdory skutečnosti, že tisk byl velmi přesný, s malou tolerancí (od jedné desetiny po několik setin milimetru) ve výchylnkách vrstev. Příčinou byla nejen nepřesnost v důsledku popsání kolize, ale také překvapivé zjištění, že tisknutý plast je při mechanickém čištění velmi houževnatý.

V pořadí třetím problémem při tisku repliky barokního šálku byla jemně deformovaná rotace. Šálek byl zamýšlen pro technologii lití a u té odchylka několika desetin od ideální rotace velký problém nepředstavuje. Avšak při přípravě jakéhokoliv rotačního produktu pro technologii vytváření točením znamená i minimální nepřesnost poměrně velký problém, protože při samotném vytváření pak dochází ke vzniku stěny s nerovnoměrnou tloušťkou, což vede následně k deformaci při výpalu. Z termoplastového modelu šálku byla vytvořena sádrová forma a z ní se odlil a vyvzoroval porcelánový prototyp.



*Obr. 75: Tisknutý model a porcelánový prototyp repliky barokního šálku Queen
Archiv Futuree*

Celkem vzato, prototyp šálku byl úspěšně vyvzorován, což ukázalo, že je možné v budoucnu očekávat využití metody 3D tisku ve vývoji porcelánu v jeho plné šíři, že lze vytvořit přípravy pro výrobu plně digitalizovanou cestou. Samozřejmě, v závislosti na postupném zdokonalování samotné technologie 3D tisku.

Ve filozofické rovině lze u tohoto experimentu hledat odpověď na otázku: Jak se designér dokáže vypořádat s návrhem historizující repliky? „*Velmi často pracuji na produktech, které se pojí s nějakým historickým kontextem, a celá léta si pokládám otázku, je to tak dobře? Toto téma by si zasloužilo samostatnou filozofickou esej. Ještě přečtu pár Platónů, Aristotelů, Kuhnů, Feyerabendů, Liessmannů a jim podobných a asi ho napíšu. Tak v tom jednou provždy udělám pořádek.*“ *

* pro jasnější sdělení myšlenky byla zvolena forma nezveřejněné autocitace.

V této práci jde hlavně o 3D tisk, o kontrast, či spíše o propojení nejmodernější technologie s historickým tvaroslovím, s cílem co nejnázorněji přiblížit, co vše je možné - jak prakticky, tak teoreticky. Ale odpověď na to, jestli má designér „ztrácet“ energii navrhováním produktů, které svou historickou podstatou patří do doby minulé, bude zřejmě složitější.

4.3. Nápojový set Polygon jako klíčový impuls

Využití 3D tisku ve vývoji porcelánu si vynucuje potřeba zvýšit konkurenceschopnost porcelánu vůči dalším oborům, které jsou, díky užitým technologiím výrobně rychlejší, levnější a obsazují obchodní trh, který náležel donedávna porcelánu. Jako příklad může sloužit talíř z lisovaného bílého skla, využívaný dnes hojně v hotelnictví a v gastrooborech obecně, jako náhrada za tradiční porcelán. Porcelánový talíř je dnes používán převážně již jen v luxusnějších hotelech a stal se atributem vysoké úrovně hotelu. Tuto problematiku ale přenecháme spíše marketérům. Jedním z ideálních porcelánových prvků, vhodných k vývoji cestou 3D tisku, jsou mnohokrát se opakující geometrické reliéfy; i v tradičním vývoji porcelánu je jednodušší reliéfní segment vícekrát kopírovat a následně sestavovat (jak je popsáno v kapitole 1. 7. o stavbě plochých výrobků).

Prostor pro experimentování s 3D tiskem v rámci disertační práce poskytl design soupravy Polygon, realizovaný v roce 2015 pro Atelier JM Lesov. Pro soupravu byly zpracovány dvě varianty vzhledu, hladká a reliéfní, které se měly příležitostně propojovat a zvyšovat tak pohledovou variabilitu soupravy. Samotný propagační text hovoří takto: *„Čajovou soupravu vhodně doplňuje snídaňové šapo, vyráběné v hladké variantě s celoplášťovým geometrickým dekorem, nebo ve zcela jedinečném provedení reliéfního povrchu, na kterém*

zvláště vynikne čistota ušlechtilého bílého porcelánu. Podšálky čajové soupravy i snídaňového šapo jsou tvarově i rozměrově totožné, takže celý set je zajímavě variabilní. Do hry o výsledný design výrobku je tak zapojen i zákazník.“ATELIER LESOV, 2015⁸. Ač souprava vznikla tradiční vývojovou cestou, vyžádala si při tvorbě reliéfu v podobě polygonů zvýšenou pozornost svou složitostí a její realizace byla svou náročností zdlouhavá. Zde se zrodily úvahy o praktické potřebě využití prostorového tisku coby nové, moderní vývojové technologie. Na její nástavbě v podobě jednoosobního nápojového setu a espresso šálku dovedené do stádia prototypu, se utvářely první zkušenosti a nalézala se místa, kde by bylo možno 3D tisk využít a ukázaly se také problémy, spojené s aplikací prostorového tisku.



*Obr. 77: Nápojová souprava Polygon
Atelier JM Lesov*

⁸ Takto společnost popsala výhody soupravy Polygon na svých webových stránkách, Atelier Lesov[online]. c 2015, poslední revize 27.2.2020 [cit.2019-09-21], Dostupné,z: <<http://www.atelierlesov.cz/cs/V%C3%BDrobky/Polygon/Informace/>>

U designu nápojové soupravy Polygon, jejímž nosným konceptuálním prvkem byl optický dekor složený z polygonů, se v další fázi počítalo s tím, že u plánované jednoosobní nápojové soupravy, přesněji - u konvice, mokka šálku a podšálku - bude dekorativní prvek nahrazen vizuálně shodným reliéfem ve tvaru negativních pyramidek.

Byla to vhodná příležitost pro experimentální digitální cestu k vytvoření poměrně složitého reliéfu (který byl již vyzkoušen u snídaňového šálku a vytvořen tradiční vývojovou cestou) metodou 3D tisku. Snídaňový šálek Polygon o objemu 0,3 litru byl zvolen jako pilotní produkt výše zmíněné nápojové soupravy a byl realizován ve dvou verzích, reliéfní bílé a dekorativní optické s podšálky pojednanými stejným způsobem. Kombinacemi šálků a podšálků tak vznikly čtyři vizuální varianty.



Obr. 78: Pilotní snídaňové šálky soupravy Polygon – vlevo reliéfní, vpravo s optickým dekorem. Atelier JM Lesov

Celý inovační záměr spočíval v rozšíření stávající soupravy Polygon o reliéfní konvičku s objemem 0,6 l a mokka šálek s objemem 0,09 l. Takto měla jednak vzniknout snídaňová souprava s jednoporcovou konvičkou o objemu dvou snídaňových šálků a dále mokka souprava, složená z téže konvičky a šesti mokka šálků. Mokka šálek byl dále plánován i jako samostatný prodejní artikl, a to ve formě espresso šálku. Všechny nové prvky soupravy měly být osazeny reliéfním tělem.

Započalo se vývojem těla konvice, u kterého již byly známy tvarové deformace z předchozí soupravy. Ty byly zohledněny u výroby reliéfního těla konvice a tělo pro 3D bylo rozměrově upraveno tak, aby výsledný produkt po výpalu vycházel bez rotačních deformací. Po vytisknutí následovalo prolití těla, v tuto chvíli reliéfního prstence, sádrou. Další rotační části (nožka, osazení a víko konvice) byly vytočeny a realizovány tradiční vývojevou cestou. Důvod byl prostý - tradiční postup je dvakrát rychlejší než samotný 3D tisk, u něhož navíc dochází k deformacím rotačních částí. Ale to byl jediný moment, kdy byl u modelu použit tradiční vývojevý postup. 3D tiskem prošly ještě zbývající části modelu konvice - ucho, hubička (výlevka) a úchytko víka. Všechny části modelu konvice se po vyčištění zaformovaly a vznikla protoforma, ze které byl vyroben porcelánový prototyp. Stejným procesem prošel i šálek. Korpus reliéfního těla byl vytištěn, dutý střed se prolil sádrou, ze které byla po vytvrzení vytočena nožka šálku. Protože byla výroba šálku plánována pro technologii řeznětlačného točení⁹, musel být model vsazen do matriční sádrové rotační desky. Přestože byla tištěná reliéfní stěna šálku lehce deformovaná, stále to bylo v toleranci pro zvolenou technologii. Následovalo odlití několika sádrových točirenských forem šálku z matrice modelu pro vytvoření tlačně - řezné šablony a vyvzorování několika kusů prototypu šálku.



Obr. 79: Modely jednoporcové konvice a mokka šálku spr. Polygon s díly realizované 3D tiskem. Archiv Futuree

Ucho šálku bylo, po dobré zkušenosti s konvičkou, vytištěno 3D tiskem, zaformováno a, společně se šálkem, vyvzorováno. Podšálek se použil stávající, vyvinutý pro soupravu Polygon. Tak se u mokka / espresso šálku sešly dvě varianty tvorby reliéfu – u šálku vytvořeného digitálně reliéf tištěný 3D tiskem a u podšálku reliéf modelovaný tradičními modelářskými postupy. Výsledný efekt opět ukázal, že je možné využít technologii 3D tisku, která je časově úspornější, má menší nároky na manuální schopnosti modeláře a tak je ve výsledku levnější, za předpokladu, že je k dispozici středně zdatný 3D grafik konstruktér. Pokud tedy můžeme zhodnotit vývoj jednoporcové konvice s mokka šálkem, vyjma očekávané lehké rotační deformace šálku, experiment dopadl ve všech dalších ohledech nad očekávání dobře.



Obr. 80: Snídaňový set Polygon. Vlevo u konvice reliéf z 3D tisku, vpravo s šálku reliéf vytvořený klasickou vývojovou cestou. Archiv Futuree

Jestliže průmyslový, nebo produktový designér - freelancer navrhuje pro více firem se stejným výrobním programem, velmi záleží na znalosti výrobního potenciálu a podnikové kultury každé z nich. Nejen, že firmy musí pociťovat ze strany designéra jistou exkluzivitu (i když to samozřejmě nemusí být pravda a oni to ví), ale musí mít důvěru v jeho diskrétnost ve vztahu k profesně citlivým informacím jako jsou technologické postupy, plány, strategie rozvoje apod. Tento vzájemný vztah se buduje léta a jeho vytrvání záleží na mnoha faktorech. Jestliže vytrvá a designér přesvědčí svými kvalitami, prokáže svou spolehlivost, dostává do rukou obrovskou manipulativní moc. A pokud jeho profesní přesahy navíc pokrývají celé spektrum vývoje, lze si představit, jak silná důvěra se musí vytvořit mezi ním a zadavatelem. V takovém profesionálním vztahu již není primární cena práce, ale spolehlivost a kvalita. Je-li designérovo postavení založeno na těchto silných atributech, může plánovat a navrhovat výrobky firmě „přesně na míru“, s ohledem na slabé a silné stránky, řečeno marketingovou

hantýrkou. Produkci lze strukturovat a plánovat tak, aby si firmy nekonkurovaly, ale spíše se doplňovaly, i když mají mnohdy společné zákazníky. Výsledkem takové strategie je vzájemná spolupráce společností v mnoha oblastech a konkurence, která je v tomto případě kontraproduktivní a deformuje ceny produktů, se přesouvá za hranice, kde proti sobě staví daleko silnější konkurenty, kteří zpětně nutí spolupracující firmy investovat do vývoje a technologií peníze, získané narovnáním deformovaných cen. Dnešní, globalizovaný svět to vyžaduje, a pokud existuje možnost najít cíl, který dokáže sjednotit, je třeba ho hledat.

I takový je vedlejší dopad výzkumu aplikace 3D tisku do porcelánu. Nejen, že převrací celý tradiční vývoj porcelánu naruby, ale čím více pozornosti si získává, tím více dokáže všechny sjednotit a nasměrovat k jednomu cíli. Jak to často bývá, prvotní nápad (využít 3D tisk „pouze doplňkově“, pro ulehčení tvorby opakujícího se celoplošného reliéfu u soupravy Polygon), přerůstá v „něco většího“, v tomto případě, dá se říci, v klíčovou strategii celého porcelánového oboru.

4.4. Puff & fy

Váza a mísa Puff & fy, volně přeloženo jako nafouklá a vyfouklá, jak ji studenti marketingu fakulty multimediálních komunikací ve Zlíně nazvali pro Design Week 2015 v Tokiu¹⁰, měly poněkud jiný myšlenkový podtext, než jak oficiální název napovídá. Tématem společné výstavy, nazvané Pairs in Squares byla interakce mezi dvěma příbuznými produkty, zapadající do konceptu hry Pexeso, která svým systémem a myšlenkou všechny pro exhibici vystavené produkty sjednotila. *„Téma letošního ročníku je Interaktivita, která je především spojována s elektronikou. My jsme se rozhodli jít alternativní cestou a v Japonsku představit tradiční české materiály jako je porcelán a sklo*

netradiční formou. Současně se česká tradice promítla do samotných produktů a jejich účelu.“ PUCHTA, 2015.¹¹ Původní záměr, využití rozličných materiálů, se v závěru omezil v převážné většině na využití skla a porcelánu, zřejmě vlivem přednášek o porcelánu a jeho materiálové povaze. Koncept vázy a mísy vychází ze systému ozubených kol, která se při instalaci na stole otáčejí.



*Obr. 81: Vizualizace původního konceptu mísy a vázy
Puff & fy Archiv Futuree*

Nerealizovaná funkce pomalého otáčení měla způsobit mnohopohledovost květů vložených do vázy a povýšit prezentaci pochutin na míse. Tradiční systém otáčivých karuselových stolů by přešel přímo na produkty (vázu a mísu), které by tak mohly být instalovány na stoly pevné. K pohybu celého užitého souboru by sloužil systém ve dně vázy, a ta by svým ozubením dále přenášela pohyb na mísy s otočnými dny.

Celý efekt tedy spočívá v tom, že se prezentace pochutin a květů mění ze statické na kinetickou. Od počátku realizace se při vývoji počítalo s užitím 3D

tiskových technologií a se zkouškou tisku větších výstupů než jaké umožňuje plocha deponitní desky a celkový tiskový prostor 3D tiskárny.

Pro nedostatek času k výrobě porcelánových prototypů vázy a mísy pro potřeby propagace byly nejprve 3D tiskem realizovány prostorové makety, respektive jejich části, které bylo možno vytisknout v omezeném prostoru tiskárny a následně slepit v celistvé objekty. Vyčištěním, vyhlazením a následným nástřikem bylo částečně docíleno „porcelánového vizuálního dojmu“, který stačil pro reálnou představu o prostorovosti, funkci, lomu světla a, samozřejmě, posloužil k výše zmíněným propagačním účelům (fotografie k webové prezentaci a výrobě propagačních materiálů). Stejnou cestou a se stejnými digitálními konstrukcemi byly také vytištěny části modelů. Díky designu tentokrát stačil tisk pouhé osminy modelu vázy a čtvrtiny modelu mísy. Protože se porcelán při výpalu smršťuje, musí se rozměry modelů vždy odpovídajícím způsobem zvětšit (závislost změn má zde lineární charakter). Na vytištěné segmenty modelů byly vyrobeny reprodukční sádrové formy. Zvolený postup zkoumal, časové a finanční rozdíly mezi reprodukcí částí 3D tiskem a tradiční cestou (kopírování sádrových segmentů, popsáno v kapitole o tradičním vývoji plochých výrobků - talířů, mís atd). Dále byla pozornost zaměřena na parametry pro sestavení segmentů rozhodující: zachování definovaných úhlů a rozměrů v osách X, Y, Z, vzhledem k poloze objektu v tiskárně. Přestože 3D tiskové technologie nejsou úplně přesné pro svou technickou a materiálovou nedokonalost, výsledky byly vesměs pozitivní a přesnost zachování definovaných úhlů byla v toleranci.



*Obr. 82: Váza a mísa Puff & fy
Archiv Futuree*

4.5. Viktor

Polygon ukázal další směr. Aby byla přijata metoda vývoje produktu 3D tiskem, musí 3D tisk pomáhat tam, kde je tradiční vývoj velmi problematický a naráží při vývoji modelu na hranice svých možností (například při opracování samotného materiálu). Reliéf Polygonu je ještě, ač s problémy, zpracovatelný běžnými modelářskými technikami, a kterákoliv porcelánka může podobný design realizovat. Ale co se stane, když je navržen design s reliéfem tak jemným, že jej lze realizovat jen technologií 3D tisku?

Výzkum výše zmíněné myšlenky započal designem espresso setu Viktor, z podnětu českých zástupců firmy Krups, hledajících neobvyklý espresso šálek k podpoře prodeje svých kávovarů. Nakonec ale z kontraktu sešlo, zřejmě z důvodu neochoty objednatele akceptovat cenu konečného produktu. V současnosti je set, i přesto, že má několik variant prototypů, stále ve vývoji, ale již se výroba připravuje v nově vzniklém provozu porcelánky Schlaggenwald. Obchodní potenciál byl rozpoznán obchodní společností Premium Gastro, zmiňovanou v souvislosti s Martinem Kastnerem a studiem Crucial Detail v Chicagu. V současnosti je set složen ze dvou podšálků (jeden podšálek je univerzální pro dva větší šálky) a tří šálků s normovaným objemem. Je určen k využití v kavárnách, kavárenských provozech obecně, nebo pro účely soutěžní degustace. U espresso šálků je zkoumán společně design, výrobně ekonomické parametry a požadovaná konstrukce v závislosti na aplikaci 3D tisku. Design těchto espresso šálků byl navržen po přímých konzultacích s baristy a vycházel tedy z jejich požadavků na celkové potřeby. Koncept espresso setu Viktor je postaven na jednoduchosti tvaru v kontrastu k jemnému reliéfu, složenému z prolínajících se kruhových důlků, které se, díky proporci prolínání, mění na čtvercové. Efekt je na první pohled sice téměř nepostřehnutelný, ale pomyslné protažení kruhů způsobuje, spíše než optický klam, jakousi podprahovou tajemnost.



*Obr. 83: Vizualizace jedné z verzí espresso šálek Viktor
Archiv Futuree*

Záměr cílí na emoce uživatele, tomu, přestože espresso šálek je bílý bez jakéhokoliv dekoru, nepřipadá chudý, studený a neosobní, jak se běžně u minimalistických návrhů stává. Proto také set nese jméno „otce“ optartu, Viktora Vasarelyho. Jemná čtvercová mřížka pokrývá vnější plochu šálku od okraje až lehce přes polovinu a, s jistou rezervou, je tedy možno říci, že poměr ploch respektuje minor a manor (kromě šálku střední velikosti, u kterého je tento poměr 2 : 3). Proč s „jistou rezervou“? Protože proporce musí respektovat velikost a ergonomii ucha a také poměr počtu a velikosti čtverců k dané ploše. Není lehké zachovat tyto parametry pro všechny tři šálky zároveň, když se mění poloměry a úhel stoupání stěny; ač se od designéra očekávají spíše myšlenkové a kreativní schopnosti, k vyřešení takového úkolu musí prokázat i solidní základy z matematiky a fyziky.



*Obr. 84: První verze espresso šálku 0,09 l Viktor
Archiv Futuree*

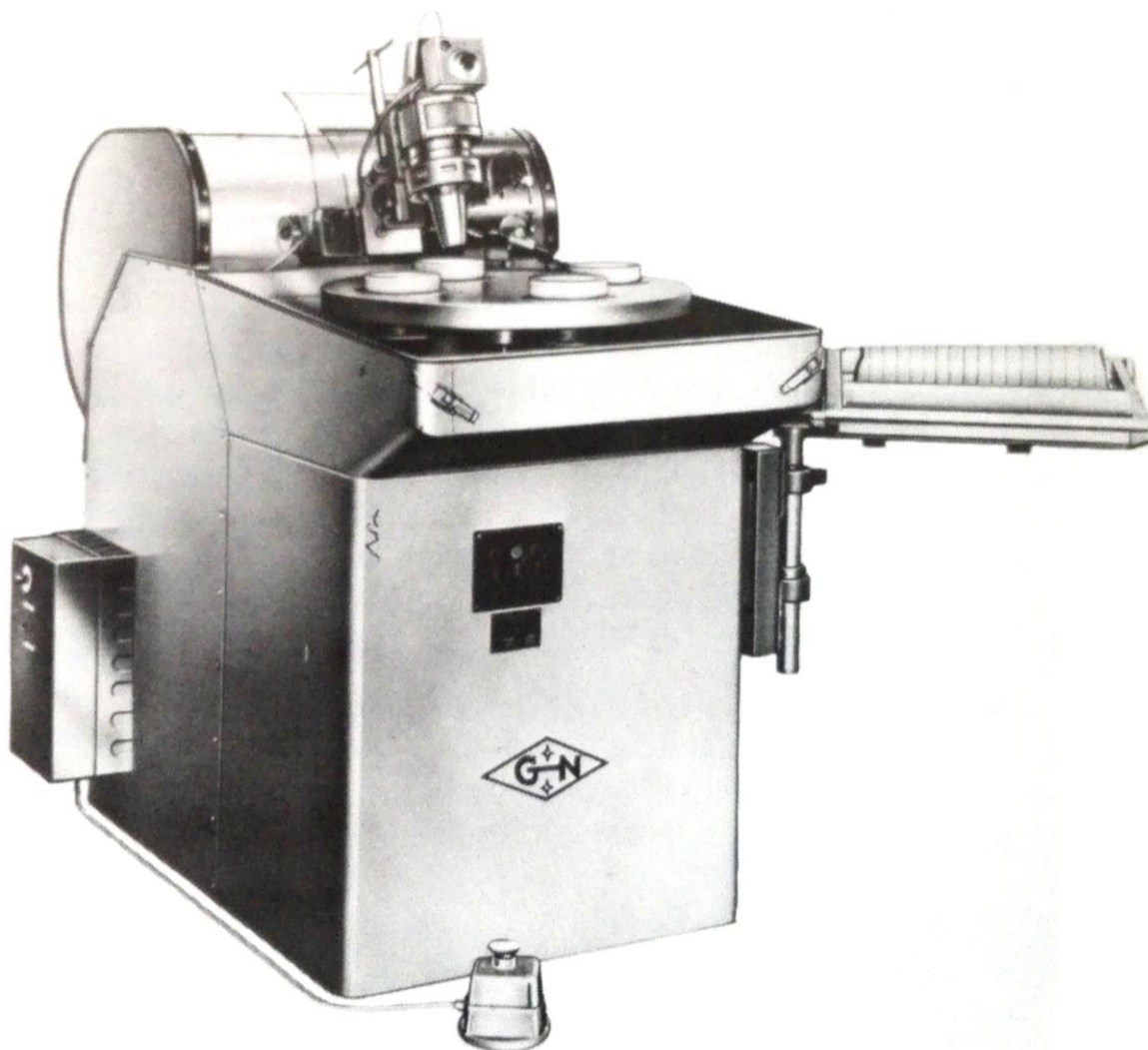
Další kritérium designu reliéfu reflektuje užítkovost a časovou užítčnost výrobku. Porcelánový šálek se silnější stěnou, která je například u espresso šálku, určeného do gastroprovozů, vyžadována, má poměrně velkou užitnou výdrž (i díky svým důmyslně promyšleným okrajům). Toto řešení samozřejmě prodlužuje životnost porcelánu v provozech, na druhou stranu ale snižuje obrátku doplňujícího nákupu. Proto, aniž by byla narušena kvalita a výdrž výrobku, je cíleno na zvýšení obrátky jiným způsobem: tvarováním designu reliéfu, který je veden až na samý okraj šálku, což má za následek zvýšené usazování barviva nápojů, kávy nebo čaje, v prohlubních reliéfu.

I přesto, že je reliéf jemný, aby při konzumaci nápojů nebyl v ústech nepříjemný, a barvivo se v prohlubních porcelánu usadí až po poměrně dlouhé době, nelze je odstranit ani při opakovaném mytí. Při rychlosti příprav nápojů v

gastroprovozech není čas ani chuť porcelán precizně omývat, pravděpodobnější je očekávat výměnu za čistý, tedy nový produkt. Dnešní konzumní doba této strategii napomáhá. Jistě, si lze položit ekologickou otázku: Co se stane s tím „starým nádobím“, které je pouze zašpiněné usazeninami? Cest je několik, například - zlikvidovat jako odpad, prodat pod cenou k dalšímu použití jinde, nebo chemicky, či pracně fyzicky vyčistit. Zde je třeba změnit úhel pohledu na obchodní strategie. Proč by část produkce porcelánu nemohla být pronajímána za úplatu? Gastroprovoz si porcelán pronajme na určitou dobu, používá ho s ohledem na procento rozbitnosti, a po určité době nádobí zašpiněné způsobem výše popsaným vymění za nové. Výpal porcelánu totiž skýtá úžasnou možnost očisty, a to opětovným výpalem, při kterém pevné nečistoty vyhoří. Pokud se zaměříme na ekonomickou stránku, i bez předchozího detailního propočtu vnímáme úsporu. Výrobci porcelánu, nebo obchodníkům klesnou náklady (potenciálně vzroste zisk), stejně jako gastroprovozům, přičemž se zvýší kvalita služeb. Na podobném principu funguje například operativní leasing.¹² Pokud se tato myšlenka zdá být příliš odvážná i lidem kreativního myšlení, stačí se jen podívat na obrátku zboží tradičním ekonomickým způsobem: výrobce nebo obchodník bude nabízet dnes nadstandardní službu v podobě tradiční výměny opotřebovaného nádobí za nové a k tomu poskytne nákupní slevy za využívání jejich produktu. I když se zdá být tento způsob obchodu příliš individuální a logisticky náročný, okolnosti nás k tomu vedou. Všichni bez rozdílu chtějí mít pocit, že je o ně pečováno, a že mají své výlučné „místo na slunci“.

Od záměrů v designu pohledové plochy šálku Viktor se přesuňme k záměrům konstrukčním, týkajícím se plochy vnitřní. Zde designéřské vědění zahrnuje znalosti fyzikálních vlastností kapalin, vlastností porcelánu týkající se tepla jako fyzikální veličiny a výrobního potenciálu daného producenta porcelánu. Šálky pro espresso, které jsou před použitím nahřívány, vyžadují, podle specialistů, silnější stěny (6 – 7 mm) pro delší zachování ideální teploty kávy a obloukové

dno pro rovnoměrný tok espresso – to se na dně plynule otáčí do protisměru toku a vzniká tak požadovaná hustá pěna. Příprava kvalitní espresso kávy je doslova alchymí, zahrnující více než jen tvarové a konstrukční parametry šálků. Protože set šálků byl konstruován digitálně, v počítači, a připravován pro vývoj 3D tiskem, lze vidět přesnou profilaci stěny šálku. Podle tohoto profilu se dále vyrábějí kovové odvalovací hlavy pro modelaci vnitřní stěny šálků k výrobě na rolerech – točírenských vytvářecích poloautomatických strojích.¹³ Strojní výroba šálků, vzhledem k cenové politice gastroprovozu a konkurenci, je nezbytná. Zde vzniká kouzlo nechtěného a nutí nás opět změnit úhel pohledu. Proč by designér nemohl navrhnout více designů šálku pro jednu kovovou matriční odvalovací hlavu (její výroba je poměrně nákladná a zdlouhavá), když to nadměrná tloušťka stěny espresso šálků jistým způsobem umožňuje? Profilace dna je stále stejná a objemy šálků jsou standardizované. Dnešní praxe je taková, že co šálek, to kovová matriční hlava. Modeláři nejprve vytvoří model podle ideového návrhu designéra, z modelu sejmou první formu, kterou rozpůlí a podle řezu vytvoří výkres pro výrobu kovové matrice. Následně je model použit jako reprodukční forma (rozmnožovací zařízení na odlití několika provozních sádrových forem), aby mohl být vytvořen alespoň prototyp a mohla se spustit nultá zkušební série. Ještě je potřeba zdůraznit, že model je sádrový a tímto tradičním postupem se ničí. Shrnutí: jedná se o poměrně zdlouhavý a nákladný proces vývoje točených dutých výrobků. U šálku Viktor je, díky tvorbě v digitálním prostředí, možný již zmíněný způsob. Na existující univerzální základní matriční desku lze připravit libovolný počet variant modelu šálku, ty je možné na matriční desce modelu měnit a k desce připevnit, nebo nechat volně, podle konicity šálku.¹⁴ K modelu šálku, který je projektován digitálně pro účely vizualizací a obrázkových prezentací obecně, lze připojit už jen předem odzkoušenou digitální konstrukci zámku matriční šálkové desky, vytisknout 3D tiskem a během několika hodin tak lze mít k dispozici první prototypové formy.



*Obr. 85: Vytvářecí poloautomat Netzsch na duté výrobky
Porcelán kolem nás*

Pro tvorbu nových prototypů výrobků je tato metoda velmi rychlá a při dobré organizaci práce i levná. Samozřejmě zde mluvíme o 3D tisku systémem FDM, který je podmínkám stávajícího porcelánového vývoje nejvíce podobný. Je totiž potřeba brát zřetel i na tradice a možnosti tradičních modelářů a vývojářů, kteří musí technologii přijmout za svou, jako prostředek k ulehčení práce a vnímat ji jako pozitivní posun možností současného vývoje.

4.6. Dudek FOH 2018

Jubilejní 50. ročník FOH. Vedle Zlínského dětského festivalu patří ten Ostrovský FOH, tedy Festival Oty Hofmana, k nejstarším a na rozdíl od Zlínského je program seskládán pouze z dětských filmů vyrobených v České republice. Filmový festival v Ostrově v roce 2018 oslavil významné jubileum, půl století svého trvání. Zrodil se 1968 jako Přehlídka filmů pro děti, později Národní přehlídka filmů pro děti a od roku 1993 ho je možné zaznamenat jako Festival Oty Hofmana v oficiálním názvu po rozšíření o televizní tvorbu Dětský filmový a televizní festival Oty Hofmana. Cena pro nejlepší dívčí a chlapeckou hereckou roli je od roku 1978 do současnosti soška porcelánového dudka, která byla převzata z kolekce původních porcelánových figurek reprezentující Československo na světové výstavě¹⁵, vytvořené Jaroslavem Ježkem, respektovaným návrhářem porcelánu 2. poloviny 20 století.

Pro nadcházející jubilejní 50. ročník FOH se pořadatelé rozhodli dát sošce dudka modernější tvary. V průběhu roku 2017 byl osloven Ostrovským Domem kultury Viktor Chalepa, aby navrhl novou podobu dudka a vystřídal tak původní Ježkovu. „*Hlavním požadavkem organizátorů festivalu bylo, aby cena nějakým způsobem reagovala na tu původní,*“ CHALEPA 2018¹⁶. Vývojem a výrobou pořadatelé pověřili Atelier JM Lesov, původně vývojový závod Karlovarského porcelánu. Velmi inovativní a odvážný Chalepův návrh dudka s rovnými minimalistickými plochami se zdál pro Atelier v Lesově vývojově a výrobně problematický¹⁷, proto vývojovou realizaci po domluvě s Ostrovským Domem kultury nechali na atelieru Futuree.

V tuto chvíli se Chalepova soška stala, mimo to, že měla být novou cenou FOH, dalším experimentem pro tuto disertační práci. Na sošce byl vyzkoušen komplexní digitální vývoj: od designu navrženého dudka, převedeného do 3D

grafiky pro vytvoření prostorové makety, přes naddimenzovanou konstrukční grafiku s již vyřešenou kontrolou deformací pro 3D tisk modelu, který byl použit k prototypování a vyzorování, až k svého druhu prvnímu 3D tištěnému rozmnožovacímu zařízení, určenému pro kvantitativní výrobu sádrových forem. „*Forma na odlití nového dudka byla vyrobená zcela novátorskou metodou. Byla vyrobená 3D tiskem, což u porcelánu bylo v celistvém kontextu použito úplně poprvé*“ .(2018)¹⁸ Experiment digitálního vývoje sošky byl souhrou několika náhod, které byly beze zbytku využity k marketingu a propagaci jubilejního 50. ročníku FOH.

Je na každém, jak vnímá výsledek zmíněné souhry, tedy výměnu ceny - sošky dudka. Tři designéři a jeden podnik pro vývoj a výrobu porcelánu, podnik, ve kterém všichni tři v průběhu let pracovali. A experimentální vývoj ceny, která se nyní v tomto podniku vyrábí. V podniku se silnou vývojovou tradicí, v podniku, kde se v minulosti scházeli ti nejlepší návrháři s těmi nejlepšími vývojáři porcelánu na poli tehdejšího Československého designu. A nakonec to nejlepší - jak je vyjádřeno na facebookovém profilu atelieru Futuree, toto vše pro naše malé budoucnosti¹⁹, pro které se Festival Oty Hofmana každoročně připravuje a koná.

3D tisknutému rozmnožovacímu zařízení dudka předcházely 3D tisky malých jednoduchých reprodukčních forem jiných tvarů (například pro formu na ucho šálku), na kterých se „odladily“ faktory, zásadně ovlivňující kvalitu výsledného 3D produktu: vůle dosedacích ploch, pozice objektu v tiskárně s ohledem na rozdílné rozměry os X, Y a Z a, v neposlední řadě, také rozdílné smrštění použitého PLA materiálu různých barev. Soška dudka byla realizována již od počátku digitální cestou. Výkres ideové studie byl převeden do 3D grafiky pro vytvoření 3D tištěné pohledové makety ve výpalkové velikosti (skutečné velikosti po smrštění porcelánu ve výpalu).



*Obr. 86: Soška dudka – cena pro Dětský filmový a televizní festival Oty Hofmana.
<https://gramho.com/explore-hashtag/atelierlesov>*



*Obr. 87: sošky dudka – vlevo Viktora Chalepy, vpravo Jaroslava Ježka
<https://cz.pinterest.com/pin/464222674085241446/?lp=true>*

Protože tvarové části dudka Viktor Chalepa navrhl s ostře dělenými plochami ve stylu origami a maketa se pocitově jevila jako nestabilní, byla vytištěna po částech a dodatečně lepena, souběžně s hledáním nejvhodnějšího umístění těžiště. Po schválení zadavatelem přišly na řadu kontrolované deformace. Stávající 3D grafika dudka byla překreslena, v deformačních místech naddimenzována a lineárně zvětšena do modelové velikosti. V tomto momentu by se mohla grafika modelu vsadit do grafiky rozmnožovacího zařízení – reprodukcí formy - a zařízení přímo tisknout, ale protože soška dudka měla špatně odhadnutelná místa deformací, tiskl se nejprve model, který se oformoval tradiční modelářskou cestou do tzv. protoformy. Takové formy se běžně vytvářejí pro výrobu prototypu, nebo pro zkoušky nultých výrobních sérií. Čtyři srovnávací porcelánové prototypy dudka, vyrobené z protoformy běžnou cestou ukázaly, že dimenzování ploch bylo správné a žádné z možných komplikací nenastaly. Existující prototypy se tak využily k různým technickým, marketingovým, nebo obchodním účelům o mnoho dříve než došlo na samotnou výrobu finálního produktu. Jelikož soška dudka patří do segmentu PR produktů, výroba porcelánových prototypů k propagačním účelům je v tomto případě opravdu nezbytná. Nastal čas ke zpracování grafiky 3D tisku rozmnožovacího zařízení pro výrobu produkčních sádrových forem. Zde je grafika již poměrně složitá a klade vysoké nároky na znalosti konstrukční grafiky, veškerých parametrů a vlastností tiskového materiálu, přičemž se musí zohlednit veškeré informace o deformacích, zjištěné z porcelánových prototypů. Činnosti, popsané v tomto odstavci jsou samozřejmě již součástí systému práce „3D grafika porcelánového produktu“, o kterém se v předchozích kapitolách píše jako o nově vznikající (již de facto existující) pracovní pozici. Jelikož by tito specialisté měli ovládat zákonitosti navrhování produktu v kombinaci se znalostmi o konstrukci, jistě by se výborně uplatnili při realizacích a úpravách „příchozích designů“, kdy je třeba, vedle realizace samotné, udržet konceptuální a ideové záměry designérů – kreativců, marketérů a obchodníků.



*Obr. 88: Výroba prototypu dudka
Archiv Futuree*



Obr. 89: Dudek - první komplexní rozmnožovací zařízení pro výrobu sádrových produkčních forem. Archiv Futuree

4.7. Thunovská podpora

Společnost Thun 1794 a.s. se od počátku roku 2017 podílela, jako jeden z největších podporovatelů, na aplikování 3D tiskové technologie formou její aplikace do vývoje vlastních reálných produktů, vyráběných technologií strojního tlakového lití. Z velké části za to patří díky panu Vlastimilu Pražákovi, modeláři a osvědčenému vedoucímu vývoje ve jmenované společnosti, který dokázal přesvědčit vedení továrny, aby byly experimenty a studie přetaveny do praxe. Za zmínku stojí, že Vlastimil Pražák se, jako lektor a konzultant, významnou měrou zasloužil o vznik druhého vydání knihy Modelářství porcelánu a keramiky Jiřího Špíse.²⁰ Důvody, které vedly k rozhodnutí začlenit technologii 3D tisku do výroby, jsou nastíněny několika větami v kapitole

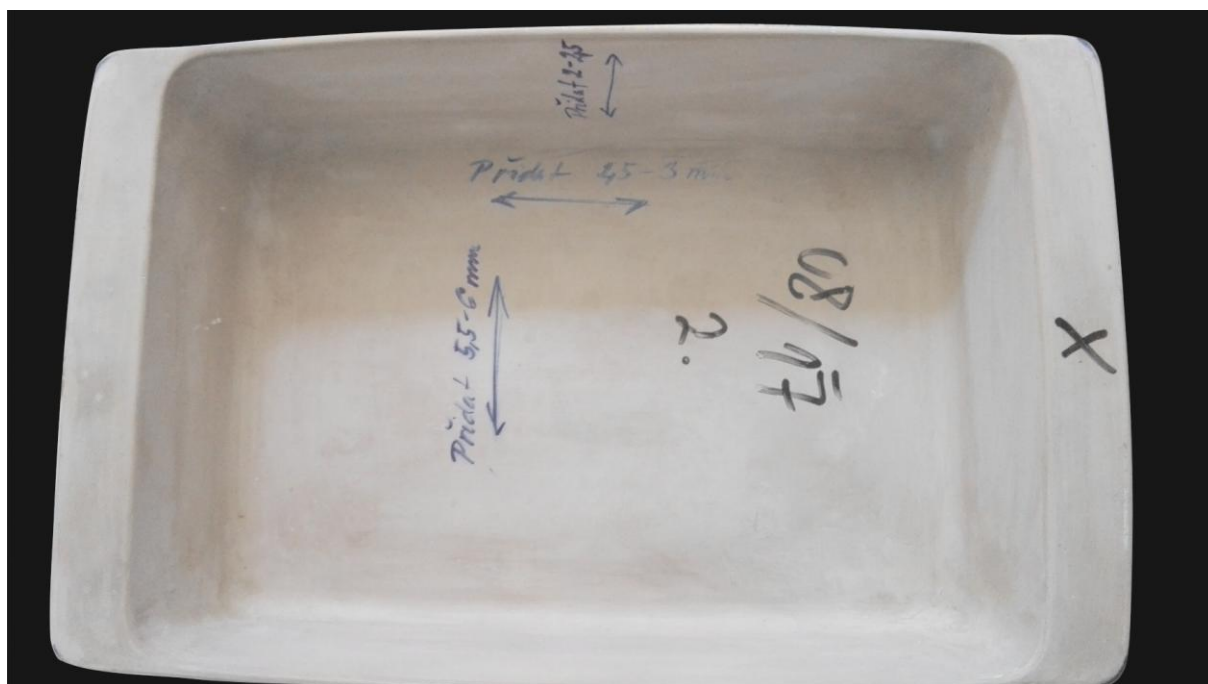
Logistika s 3D tiskem. Je pochopitelné, že vedení společnosti podpořilo technologickou inovaci po prvních pozitivních výsledcích, kdy 3D technologie ukázala svůj potenciál v možnostech mnohostranného zlepšení vývoje a v ekonomickém přínosu. Potvrdilo se také, že se otevírají možnosti pro řešení, která by tradičními modelářskými technikami nebyla proveditelná a pokud ano, bylo by zapotřebí nejzručnějších specialistů a mnoho času, což by v důsledku negativně ovlivnilo ekonomickou stránku věci. Samozřejmě, i mezi manažery jsou osvědčení jedinci, ale jsou často limitováni neutuchajícím bojem o zákazníka a ekonomickými požadavky. I tak ale vědí, či, přinejmenším, alespoň tuší, že neustálé inovace jsou motorem firmy; ne vždy jsou však k dispozici dostatečné investiční prostředky.

Seznámení se s 3D technologií započalo zmíněným tendrem, či spíše hledáním dodavatele modelu šálku pro dánskou firmu Eva Solo, distribuující kuchyňské nádobí a náčiní, která se směle může rovnat proslulé italské firmě Alessi. Realizace metodou 3D tisku proběhla nakonec úspěšně a ve velmi krátkém čase bylo vyzkoušeno několik další oblastí, jako 3D tištěný prototyp, převod sádrového modelu do 3D tisku skenováním, výroba plochých výrobků digitální cestou, zkouška tisku vtokových segmentů s modely uch šálků atd. Vždy se ale jednalo o vývojové prvky, které je obtížné realizovat, nebo jsou časově náročné. Současný velký tlak na inovace při minimálním množství specialistů vytváří prostředí pro hledání způsobů, jak inovace urychlit bez navyšování požadavků na lidský potenciál. Nedostatek odborníků může být zčásti kompenzován právě 3D technologiemi. K tomu přispívá i tlak ze strany firem jako je výše zmíněná Eva Solo, pro které společnost Thun funguje jako subdodavatel a které již moderní technologie pro design dávno využívají pro prezentační, marketingové a obchodní účely. Překážkou v inovačním procesu může být i taková marginálie, že jinak velmi dobří vývojáři, „zaběhnou“ na tradičních postupech, si nedokážou otevřít konstrukční grafické výstupy CAD programů, aby získali výkresovou dokumentaci. Určitě to není tím, že by tito

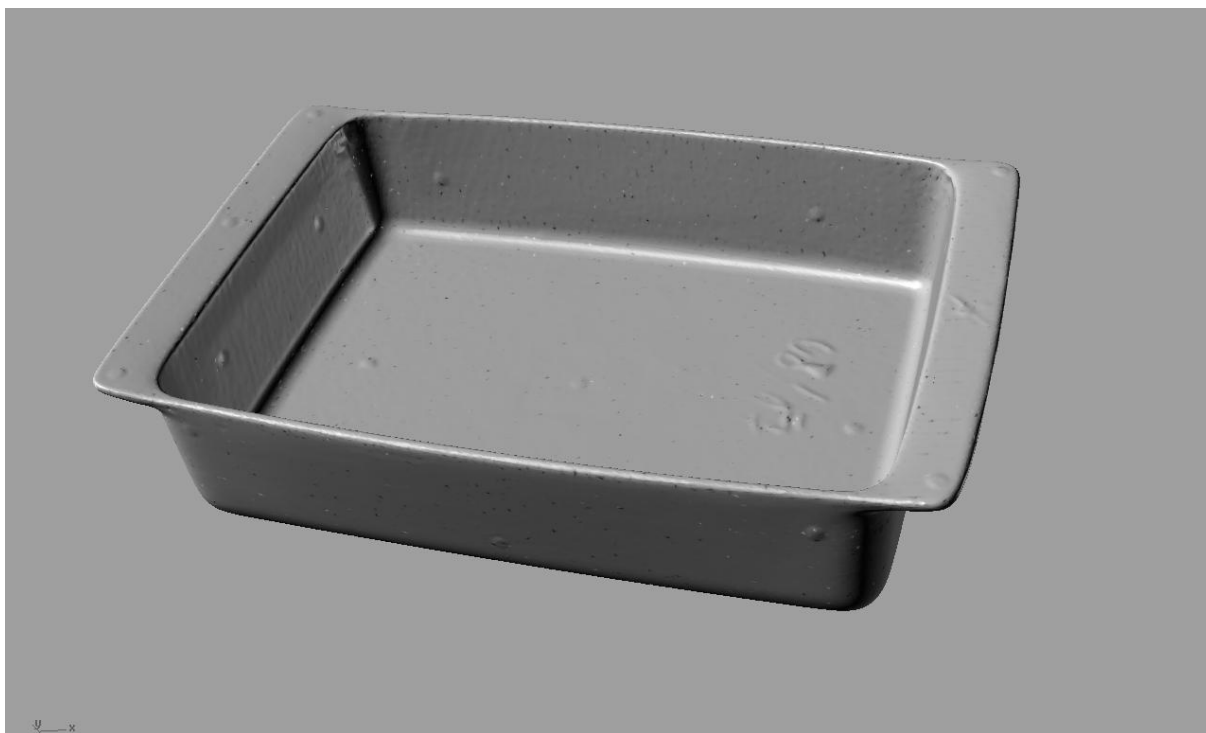
vývojáři byli zaostalí, nebo neměli zájem o moderní technologie. Oni jen tyto znalosti dosud nepotřebovali, protože tradiční vývoj porcelánového produktu byl do této „chvilé“ ekonomicky nejvýhodnější. Teprve v současnosti je patrný propastný rozdíl mezi technologickými inovacemi v keramice a v dalších mimooborových průmyslech. Zčásti „za to může“ dobrá opracovatelnost sádry, která je stále materiálem s nejlepšími povrchovými vlastnostmi, a od 90. let 20. století také výborně propracovaný systém práce se syntetickými materiály v závislosti na strojovém vybavení, vesměs vyvíjeném v německých zemích. Jako příklad může sloužit německá firma Sama.²¹

Pravda je, že po Švýcarsku, které uvedlo v roce 1946 na trh první typ epoxidové pryskyřice, bylo Československo druhou zemí, která zahájila jejich výrobu.²² Z pohledu kvality nejsou žádné tlaky na inovace ani nyní, protože vývojové výstupy jsou stále nejdokonalejší a ekonomicky nejúspěšnější. A zčásti je situace nepřímo zapříčiněna vysoce zručnými řemeslníky (kterých kvapem ubývá a noví nejsou) s výtvarným a konstrukčním myšlením. Dá se říci, že do současnosti se vývoj porcelánu obešel bez jakéhokoliv stroje, pomineme-li modelářský kruh pro rotační tvarování. Tato, po desetiletí, ne-li staletí, velká výhoda se v současnosti stává hrobem oboru, protože několikanásobné zkrácení času obrátky produktu vytvořilo požadavek na rychlejší provádění inovací než jak to porcelánový průmysl, dokáže zvládnout. Co se týká designu (ve firemním prostředí), který je momentální alfou a omegou kvalitní obrátky produktu, neovládá jej ani jedna ze zúčastněných stran. Designéři, namísto navrhování kvalitního produktu, zabředávají do tajů materiálu a konstrukce porcelánu a, na druhé straně, firmy nedokážou efektivně pracovat s vícečlenným kreativním týmem, který je „pro ně drahý“. Navíc, což je největší chyba v náhledu u managementu, je hodnocení případného zřízení takového týmu z pohledu současné ekonomické situace.

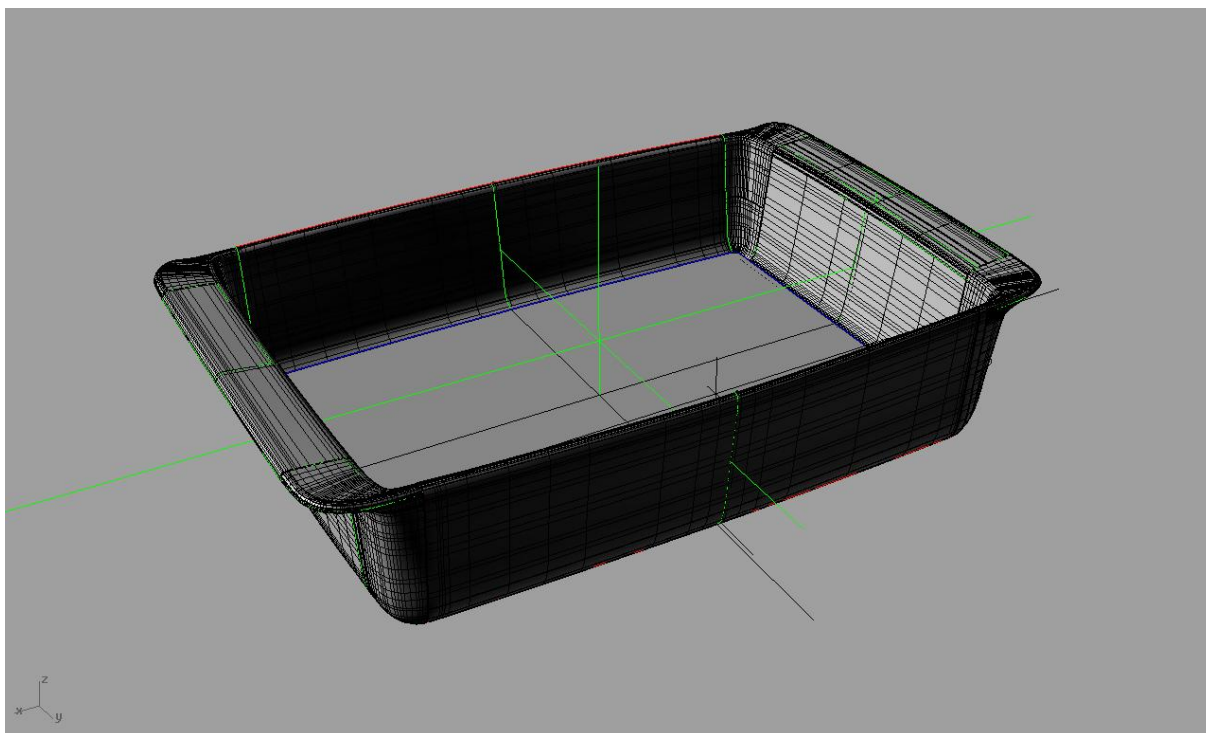
Pokus o převod sádrového modelu zapékací mísy na objekt konstrukční grafiky metodou reverzního inženýrství (tedy prostřednictvím skenování 3D modelu) nedopadl dobře. Jak už bylo v této práci zmíněno, práce se skenem produktu vzhledem ke koncovému formátu .stl je velmi problematická. Využití je omezené, protože jej lze transformovat pouze lineárně, případně je možné na něm provádět řezy, a to nestačí k zachování stejné tloušťky stěn u všech výrobků, což je pro strojovou výrobu nutné.



*Obr. 90: Model zapékací mísy 17 Thun určený pro skenování
Archiv Futuree*



Obr. 91: Kvalita skenované zapékací mísy 17 připravené pro převádění do konstrukční grafiky. ArchivFuturee



Obr. 92: Finální digitální model zapékací mísy 32 Thun jako výsledek reverzního inženýrství vycházející ze skenu zapékací mísy 17 Thun. Archiv Futuree



Obr. 93: Porcelánová zapékací mísa 32Thun
<https://www.thun.cz/detail//27-1014/misa-zapekaci-obdelnikova-31.html>

V manufakturní nebo ateliérové výrobě pro klasické lití by to stačilo, ale tyto provozy živí malé série, vysoká různorodost produkce a potřeba mít stejný výrobek ve více velikostech je z obchodního hlediska nerentabilní, možná vyjma figurek, které, kromě náboženského prostředí, nejsou v této době „v kurzu“. Pro firmy se strojí tvarujícími výrobky z obou stran metodou tlakového lití, či izostatického lisování, je technologie skenování kvůli zachování stejné tloušťky stěn také nerentabilní. A to nebereme v úvahu kopírování chyb sádrových modelů způsobených lidským faktorem při skenování. Téměř ve všech případech je jednodušší jakýkoliv model překreslit od základu do 3D grafiky a dále při manipulacích s tvarem pracovat s touto grafikou. Počáteční náklady na převedení ideje, výkresu či modelu jsou vyšší, ale další manipulace s grafikou modelu vycházejí nesrovnatelně levněji a rychleji, než manipulace se skenem. Ten je potřeba stejně převést na grafiku, buď automaticky za pomoci velmi drahého softwaru, nebo existující metodou „ručního“ převodu v CAD softwaru,

kde jsou využity stejné postupy jako ve zmíněném nákladném softwaru. Protože ale tento proces není automatický a grafika při něm musí provádět množství oprav, vynucených kopírováním chyb z původního skenu, je to velmi náročné na čas a duševní energii i pro zkušeného 3D grafika.

Oblastí, kde se výborně osvědčilo využití 3D tisku je stavba modelů pro tlakové technologie. Na počátku roku 2018 přišel požadavek připravit do výroby kompletní porcelánový tvar s jídelními i nápojovými sety, a to během několika týdnů (Čas pro velmi rychlou realizaci celého tvaru je obvykle 6 měsíců!), aby bylo možné obsadit jistý segment náhle uvolněného ruského trhu, známého svými specifickými nároky z hlediska tradice a tvarosloví porcelánu. 3D tisk byl využit pro stavbu reliéfních oválů a mís, které jsou při použití tradičních modelářských postupů velmi složité jak konstrukčně, tak vývojem a realizací modelu. Velkou výhodou digitálně vytvořeného modelu byla přesná tloušťka a profilace stěn, což je nutné pro bezchybné tlakové plnění forem porcelánovou hmotou. Dále pak samozřejmě kopírování konstrukčních, funkčních i vizuálních segmentů napříč tvarem setů a rychlá výroba modelu 3D tiskem. Rychlá přesto, že tisk mnohdy trval několik desítek hodin a dalších několik hodin zabralo mechanické čištění. Digitální metoda také umožnila rychlé úpravy tvaru při nečekaných deformacích. Celá realizace jednoho nerotačního plochého modelu se zkrátila v ideálních podmínkách přibližně ze čtrnácti na pět dnů, přitom s vysokou pravděpodobností, že konstrukce bude funkční bez dodatečných úprav.

Od této chvíle se stala stavba složitých modelů digitální cestou ve společnosti Thun standardem. Přes všechna pozitiva s sebou aplikace 3D technologie do vývoje porcelánu přináší jednu „nevýhodu“. Zkrácení časových intervalů činností ve vývoji přineslo zvýšení tlaku na vývojáře, kteří „reptají“, že jejich tempo se nezvolnilo. To také odráží skutečnost, že rázem přicházejí od vývojářů požadavky na stále dokonalejší 3D tiskový model, který již nezvládá personální 3D tiskárna, ale profesionální tiskový stroj.



Obr. 94: Vizualizace tvarového srovnání přílohové mísy 26 a oválu 32 Angelina Thun připravované pro 3D tisk. Archiv Futuree



Obr. 95: Vizualizace původního designu kabaretu 24 Angelina před tvarovou úpravou středu a boků. Archiv Futuree



*Obr. 96: vybrané porcelánové výrobky tvaru Angelina realizované cestou 3D tisku
<https://www.thun.cz/cz/info/150-angelina.html>*

Design těchto produktů se sofistikoval a dnes, v případě společnosti Thun, se již zcela samozřejmě počítá s moderními digitálními technikami a technologiemi, jak v případě schvalování návrhu - designu pomocí 3D tisknuté prostorové makety, tak ve využití při vývoji porcelánových produktů. Na aditivní výrobu si 3D tisk ještě nějakou dobu počká, ale určitě si své využití najde. Jak dlouho tento proces bude trvat, záleží jen na rychlosti pochopení potenciálu 3D technologií a na schopnosti je vhodně aplikovat.

ZÁVĚR

Metody 3D tisku si jistě najdou své místo v oblasti porcelánového průmyslu a doplní tak hluchá místa vývoje a výroby, která jsou nerentabilní a pro výrobce porcelánu tím pádem nezajímavá. Velký potenciál mají metody 3D tisku pro profesi designéra. 3D tisk, jako metoda vhodná primárně pro rychlé prototypování, se takto v porcelánu uplatní dvojnásob dobře. Designér nebude závislý na znalostech specialistů, bude schopen sám, bez větší pomoci, vyvinout porcelánový produkt, i když jen soliterně, a tak konfrontovat svoji ideu, záměr, s hmotným porcelánovým výstupem bez pomoci dalších zainteresovaných osob. Aplikování 3D tisku a konstrukčního softwaru do přípravy výroby porcelánu otevře pro designéry, inklinující spíše ke konstrukci než ke kreativnímu projevu možnost zaměstnání v roli 3D grafického konstruktéra, nebo počátek profesní kariéry průmyslového designéra porcelánového produktu. Už dnes je možné říci, že s moderními metodami rychlého prototypování se v porcelánovém vývoji budeme setkávat stále častěji. Na základě vlastního výzkumu lze říci, že si 3D tisk najde své nezastupitelné místo tam, kde je dnes vývoj originálů neúnosně zdoluhavý, finančně a časově náročný. Není pravděpodobné, že porcelánový produkt bude levnější, ale výrobci spíše využijí 3D technologie k intenzivnějšímu vývoji. Ve výsledku lze očekávat ze strany firem větší zájem o práci ideových designérů, zvýšenou tvorbu návrhů a prototypů, a na tomto základě větší a kvalitnější výběr pro výrobce. I přesto, že nebudou všechny návrhy designérů realizovány, bude mít finální produkt, zavedený do výroby daleko vyšší šanci být konkurenceschopný. Dosažení takového stavu bude výrobce zřejmě velmi motivovat a profese designéra by tak jednou provždy mohla být uznána jako vysoce potřebná pro kvalitní produkci a úspěšný obchod.

Při zpětném pohledu na cíle disertační práce se témata zúžila, ale o to je jejich obsah intenzivnější. Bylo vynecháno historické období vývoje v Karlovarském

porcelánu a vývojovém závodu Lesov mezi lety 1945 - 2000, které je již poměrně dobře zpracováno v diplomové práci Jana Šulce (FFUK) z roku 2007¹. O to intenzivněji bylo možno se věnovat aplikacím 3D tisku do porcelánového průmyslu. Na základě dosavadního výzkumu se podařilo vyvzorovat první litofanii, jejíž původní technologie (metodou osvit) a materiály, související s jejím použitím, jsou zřejmě zapomenuty. K úspěšnému „znovuobjevení“ litofanie digitální cestou vedlo spojení několika profesí a vytvoření speciálního algoritmu aplikovaného v 3D tisku. Zpracované téma o kontrolovaných deformacích, doposud nikde nepublikované, může sloužit k hlubšímu pochopení materiálových vlastností porcelánu a tím usnadnit aplikaci 3D tisku. Během zpracovávání tématu disertační práce se priority postupně ujasňovaly a rozvahy o „filozofii věci“ byly stále jasnější, i když se téma zpočátku zdálo být striktně technické. Výzkum aplikace 3D tisku jistě posune obor porcelánu a s ním i design opět o pár kroků dopředu. Do budoucna je třeba zvážit, jak velkou měrou by se měl koncept podílet na procesu navrhování nových produktů, jak bylo naznačeno ve stati o stylu výuky na Gerrit Rietveld Akademii. Není jednoduché odhadnout, jak velký podíl na úspěchu nového produktu může mít designérův myšlenkový koncept. Autocitace v dotazníku Interreg Central Europe asociace CerDee možná problematiku osvětlí lépe. *„Studenti keramických oborů jsou velmi úzce specializovaní na keramický průmysl bez další širší perspektivy. Vytratila se profesní hrdost v keramickém oboru z důvodu zaostalosti a neschopnosti konkurovat dalším průmyslovým oborům. Je potřeba propojit tradiční inovace se současnými 3D technologiemi a změnit způsob myšlení a probudit kreativitu v designu. Běžná veřejnost nechápe abstraktní pohled současného designu a porcelánový průmysl s ním nedokáže pracovat. Projekt Ceramics and its Dimension je dobrý pro umělce a kreativce, ale, dle mého názoru, absolutně k ničemu pro veřejnost a firemní prostředí, kde toto počínání není přijímáno s pochopením. A my přeci vytváříme produkt a děláme službu pro veřejnost!“* PŘIBÍK, 2020.² Tak jako designér přemýšlí nad udržitelností a

ekologií v Papankovském vidění světa, tak i filozofie nově navržených produktů by měla být prezentována způsobem srozumitelným široké veřejnosti, způsobem, který učí rozpoznávat kvalitní produkt a zamezuje tím jakémukoli plýtvání. Technologie 3D tisku je jedním z takových nástrojů velkých úspor a firmy se s tímto nástrojem učí pracovat. Svět jak ho známe dnes, nebude mít dlouhého trvání, změní se. Příkladem může být pandemie, spojená s výskytem nového koronaviru, kdy se technologie 3D tisku projevila v plné síle a ukázala svůj potenciál. Stejný potenciál je možno tušit i v aplikaci 3D tisku na keramiku a porcelán. V průběhu výzkumu byly do problematiky zasvěceny mnohé soukromé i státní organizace a na základě jejich zájmu lze téměř s jistotou předpokládat úspěšné začlenění technologie 3D tisku do průmyslu. Svět je neustále v pohybu, proto by se ke všem způsobům aplikace 3D tisku zde popsaným a realizací v prostředí skutečné výroby dokázaným, mělo stále přistupovat kriticky, protože výsledky pocházejí z prvních experimentů výzkumu, a přes to, že byly podrobeny metodickému zkoumání a dostanou se do reálné praxe. Budou buď nekontrolovatelně žít svým vlastním životem, nebo zaniknou a budou nahrazeny způsoby životaschopnějšími. Po přečtení textu, který vznikl v průběhu šesti let, si leckdo možná pomyslí, že je vše jasné, ale aplikace 3D tisku skrývá mnoho „temných zákoutí“ a všechna zde odkrýt nelze. Tato zákoutí ještě nejednoho potrápí, rozhodne-li se metody zde zveřejněné využít, protože, stejně jako přinášejí nová řešení a možnosti, tak otevírá i nové otázky. Postupy, které jsou popisovány, jsou novátorské, proto není třeba se dopředu omlouvat za jejich stávající, případně, později „odhalené“ drobné nedostatky. Je to logická daň za jejich „novost“ a, přesto, že se nyní třeba mohou jevit složitějšími, později budou jistě shledány jednoduchými a srozumitelnými. Když se Descartes dostal při zveřejnění závěrů své práce do podobné situace, napsal: *„Nemohou-li řemeslníci ihned realizovat vynález, který je vyložen v Dioptrice, nemyslím, že proto můžeme říci, že je špatný. Neboť vyrobit a bez jakékoli chyby seřídít stroje, které jsem popsal, vyžaduje obratnost*

a návyk, a tak kdyby se to podařilo hned na poprvé, divil bych se stejně, jako kdyby se někdo naučil za jediný den hrát výtečně na loutnu jen proto, že mu dali dobré noty. “DESCARTES (1637).³

Snaha zachovat srozumitelné vyjadřování, bez oborového slangu a nadbytku striktně technických pojmů, byla motivována vědomím, že práce může v jisté své rovině nabídnout pohled, nacházející se na pomezí umění a technologie, než aby byla souzena jen podle zažitých „pravd“, nalézajících se v tradicích řemesla nebo ve spisech o umění. Závěry práce by měly být posuzovány spíše zdravým rozumem, ve spojení se vzděláním, než z pozice vzdělání, lpícího na tom, že umění je jen a pouze produkt lidského intelektu. Tato práce nemá ambice být kultovním spisem, ale má být nápomocná všem, kteří jejímu přečtení věnují svůj čas, všem, díky jejichž podpoře mohla vzniknout, i těm kteří přispěli věcnou kritikou. Nikoliv těm, kteří ji budou bez důvodu velebit, nebo naopak zatracovat.

POUŽITÁ LITERATURA

CHLÁDEK, Jiří, NOVÁ, Ilona, *Porcelán kolem nás*, 1.vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury a Karlovarský porcelán, 1991, 216 s. ISBN 80-0300540-X

ŠPÍS, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8

GENG-HSI Wu, SHAN-HUI Hsu, Review: Polymeric-Based 3D Printing for Tissue Engineering, *Journal of Medical and Biological Engineering*, June 2015, vol. 35, no. 3, p. 285–292

SMĚŘIČKA, Pavel. *3D tisk jako umění: diplomová práce*, Brno: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, 2014, s. 102, doc. Mgr. Jana Horáková, PhD.

GEBHARDT, Andreas, *Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping, Rapid tooling, Rapid manufacturing*, Munich: Hanser publisher, Cincinnati: Hanser Publications, c 2011, ISBN: 978-1-56990-507-4

3D TISK, *aditivní výroba a rapid prototyping*, [online] c.2014, poslední revize 21.12.2019 [cit.2016-05-03] Dostupné z: <<http://www.3d-tisk.cz/pla/>>

MAZZANTI Valentina, MALAGUTTI Lorenzo, MOLLICA Francesco, FDM 3D Printing of Polymers Containing Natural Fillers: A Review of their Mechanical Properties, *Polymers2019* [online] c.2019, poslední revize 21.12.2019 [cit.2019-12-21] Dostupné z: <www.mdpi.com/2073-4360/11/7/1094/htm>

3Dwiser, [online] c.2019, poslední revize 27.12.2019 [cit.2019-12-27] Dostupné z: <<https://3dwiser.com/spotrební-material-pro-3d-tiskárny/tiskové-struny/>>

CHLÁDEK Jiří, VÍT Jiří, *Modelářství v oboru ozdobného a užitkového porcelánu*, Praha, Nakladatelství technické literatury, 1990, 184 s., ISBN 80-03-00225-7

DOČKALOVÁ, Pavla. *Možnosti využití 3D technologií v oblasti bezpečnosti : diplomová práce*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, Fakulta aplikované informatiky, 2019. 70 l., 2 l. příl. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Luděk Lukáš, CSc.

DUBOVSKÁ Rozmarina, JAMBOR Jaroslav, MAJERIK Josef, Implementation of CAD/CAM system CATIA V5 in Simulation of CNC Machining Process, *Procedia Engineering*, 2014, vol.69, p.638 – 645

BACH, Martin. *Josef Průša*, [online] c.2018, poslední revize 11.1.2020 [cit.2020-01-11] Dostupné z: <<https://josefprusa.cz/ze-2d-do-3d-jak-udelat-3d-model-z-obrazku-nebo-fotografie/>>

Image to Lithphane, [online], poslední revize 11.1.2020, [cit.2020-01-11] Dostupné z: <<http://3dp.rocks/lithophane/>>

3Dwiser, [online] c.2019, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z: <<https://3dwiser.com/3d-tiskarny/fdm/ultimaker-3/#specifikace>>

Wikiskripta, [online] c.2014, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z: <<https://www.wikiskripta.eu/w/S%C3%A1dra>>

Y soft, *Manuál, servisní a záruční podmínky Dee Green*, [online] c.2020, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z: <https://www.ysoft.com/YSoftWeb/media/be3D/DeeGreen_CZ_1-0.pdf>

FLAHERTY Joe, Wired, *Slick Trick Adds Much-Needed Shine To 3-D Printed Parts*, [online] c.2013, poslední revize 20.5.2020 [cit.2017-11-13] Dostupné z: <<https://www.wired.com/2013/03/3d-print-smoothing/>>

CUNICO Marlon Wesley Machado, CUNICO Miriam Machado, CAVALHEIRO, de CARVALHO Patrick Medeiros Jonas, Investigation of additive manufacturing surface smoothing process, *Rapid Prototyping Journal*, 2017, vol.23 Iss 1 pp. 201 – 208

DODZIUK, Helena, Applications of 3D printing in healthcare, *Kardiochirurgia Torakochirurgia Pol.* 2016 Sep, 13(3), 283–293.

Polymaker, [online] c.2020, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17], Dostupné z: <<https://www.kickstarter.com/projects/polymaker/polysmooth-and-polysher-3d-prints-without-layers> >

3Dwiser,[online] c.2019, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z:< <https://eshop.3dwiser.com/prislusenstvi/polymaker-polysher/>>

ANDREEV D. V., ZAKHAROV A. I., Ceramic Item Deformation During Firing: Effects Of Composition And Microstructure (Review), *Refractories and Industrial Ceramics*, August, 2009, Vol. 50, No. 4, pp. 45 – 52

KRÁLOVÁ, Magda,*Techmania Science Center, Eduportál* [online], poslední revize 28.1.2020 [cit. 2020-01-28] Dostupné z:<<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/sila/deformace-pevnych-teles>>

Dlupal,*Software pro navrhování a výpočty konstrukcí*,[online] c.2019, poslední revize 29.1.2020 [cit.2020-01-29] Dostupné z: <<https://www.dlupal.com/cs/reseni/oblasti-pouziti>>

Dlupal,*Software pro navrhování a výpočty konstrukcí*,[online] c.2019, poslední revize 29.1.2020 [cit.2020-01-29] Dostupné z: < <https://www.dlupal.com/cs/podpora-a-skoleni/podpora/faq/002786>>

HARARI, Yual, Noah. *Homo deus Stručné dějiny zítřka*, 1. vyd.Voznice: Leda, 2017. 432 s. IBSN 978-80-7335-502-9

HARARI, Yual, Noah. *21lekci pro 21. století*, 1. vyd.Voznice: Leda, 2019. 384 s. IBSN 978-80-7335-612-5

SHER Davide, GRUNEWALD Scott,3D Printing Industry [online]. c.2014, 21.5.2020[cit.2017-10-26] Dostupné z: <<https://3dprintingindustry.com/news/shapeways-3d-printed-porcelain-36569/>>

van HERPT Olivier, Olivier van Herpt [online]. c.2017, 26.10.2017[cit.2017-10-31] Dostupné z: <<http://oliviervanherpt.com/about/>>

van HERPT Olivier, *Functional 3D Printed Ceramics*,[online] c.2020, poslední revize 21.5.2020 [cit.2020-02-28], Dostupné z:<<http://oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/>>

WARNIER Claire, VERBRUGGEN Dries, Unfold [online]. c.2017, 26.10.2017 [cit.2017-10-31] Dostupné z <<http://unfold.be/>>

Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/simakurtbag>>

Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15],
Dostupné,z:< <https://kwambio.com/about>>

Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15],
Dostupné,z:< <https://kwambio.com/kitchenware>>

Crucial Detail,[online] c.2020, poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16],
Dostupné,z:< <https://crucialdetail.com/pages/about-us>>

Proti proudu,[online] poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z:<
<https://protiproudu.net/martin-kastner/>>

Alinea,[online] c.2020, poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16],
Dostupné,z:< <https://www.alinearestaurant.com/site/>>

Chicago Industrial Art & Design Center,[online] c.2020, poslední revize
16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z: <<https://www.ciadc.org/membership>>

Aalto University, School of Arts, Design and Architecture,Empirica,[online],
poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19], Dostupné,z:<
<http://empirica.aalto.fi/projects/ceramics-and-its-dimensions/>>

GoOut Aalto,[online] c.2020, poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19],
Dostupné,z:< <https://goout.net/cs/vystavy/perspektivy-keramicke-tvorby-ceramics-and-its-dimensions-shaping-the-future/ogred/+udrtj/>>

Aalto University,[online] c.2019, poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19],
Dostupné,z:< <https://www.aalto.fi/en/events/ceramics-and-its-dimensions-shaping-the-future-on-display-in-prague>>

The Large Glass Department, Amsterdam, Gerrit Rietveld Academie, 2017

HOCKNEY, David. Tajemství starých mistrů, Praha, Slovart, 2003, IBSN 80-7209-474-2

MUCHA, Jiří, Alfons Mucha, 2 opravené a doplněné vydání, Praha, Mladá Fronta, 1982, 464 s. ISBN 23-051-82

Wikipedia,[online] c.2019, poslední revize 31.1.2020 [cit.2020-01-31],
Dostupné,z:< <https://cs.wikipedia.org/wiki/Luk>>

WEINGARTEN, S., SCHEITHAUER, U., JOHNE, R., ABEL, J., SCHWARZER, E., MORITZ, T., MICHAELIS, A. Multi-material Ceramic-Based Components – Additive Manufacturing of Blackand-white Zirconia Components by Thermoplastic 3D-Printing (CerAM - T3DP) *Journal of Visualized Experiments*. January 2019, vol. 143 p.1- 10.

Strategie AV ČR – Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů,[online] c.2016, poslední revize 31.1.2020 [cit.2020-01-31], Dostupné,z: <https://www.youtube.com/watch?time_continue=85&v=YrVL8YrRt0&feature=emb_logo>

Wikipedia,[online] c.2020, poslední revize 31.1.2020 [cit.2020-01-31], Dostupné,z:< [https://cs.wikipedia.org/wiki/Venu%C5%A1e_\(planeta\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Venu%C5%A1e_(planeta))>

Wikipedie [online]c.2002, poslední revize 4.10.2017 [cit. 4-11-2017] Dostupné z:<https://cs.wikipedia.org/wiki/Meteorologie>

CARRIÈRE, Jean-Claude, ECO, Umberto; rozhovory vedl Jean-Philippe de Tonnac, *Knih se jen tak nezbavíme*, [přeložila Dagmar Slavíková], 1.vyd. Praha: Argo, 2010. 237 s. ISBN 978-80-257-0266-6 (váz.)

CHADRABA, Lukáš, AW-DEV, UX, [online]c.2016, poslední revize 10.11.2016 [cit.2017-11-4] Dostupné z: <<https://blog.aw-dev.cz/co-je-ux/>>

ROUBÍK, Hynek, *Logistika*[online]c.2015, poslední revize 20.3.2015 [cit.2017-11-6] Dostupné z:<<http://logistika.ihned.cz/c1-63712320-3d-tisk-meni-logistiku-na-zemi-i-ve-vesmiru>>

KALČÍK, Filip, *Inovativní návrh 3d tiskárny hypercube s možnostmi opensource platformy: bakalářská práce*.Ostrava: Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní,2019. 64 l, 4 příl. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Pagáč, Ph.D.

HALAMÍČEK Lukáš, *Návrh 3d tiskárny s dvojicí tiskových hlav: diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 116 l., 4 příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

Portál profesionálů, *Strojirenství.cz*,[online]. c 2020, poslední revize 25.2.2020 [cit.2020-02-125], Dostupné,z: <<https://www.strojirenstvi.cz/hybridni-vyroba-spojuje-3d-tisk-s-presnym-obrabenim/>>

SHAFER, Christopher Scott, SIDDEL, Derek H., ELLIOTT, Amy M. Cleated Print Surface for Fused Deposition Modeling. *Journal of Mechanics Engineering and Automation* .United States: N. p., 2017. Vol.7, Is.1,ISSN 2159-5275

3D wiser, Polymaker PolyMx PLA[online]. c 2020, poslední revize 26.2.2020 [cit.2020-02-26], Dostupné,z: <<https://eshop.3dwiser.com/tiskove-struny/polymaker-polymax-pla/>>

3D Printing Solution, PolylitePLA[online]. c 2020, poslední revize 26.2.2020 [cit.2020-02-26], Dostupné,z: <<https://www.3dprintingsolutions.com.au/Polymaker/PolyLite-PLA-Filament>>

Atelier Lesov[online]. c 2015, poslední revize 27.2.2020 [cit.2019-09-21], Dostupné z: <<http://www.atelierlesov.cz/cs/V%C3%BDrobky/Polygon/Informace/>>

KRYNEK, Ondřej. *Designmag*[online]. c2015, poslední revize 29.2.2020 [cit.2020-02-29], Dostupné,z: < <http://www.designmag.cz/produkty/58530-studenti-utb-vystavuji-hrave-pairs-in-squares-v-tokiu.html>>

Peníze.cz[online]. c 2020, poslední revize 27.2.2020 [cit.2020-02-27], Dostupné,z: < <https://www.penize.cz/15671-jak-funguje-operativni-leasing>>

CzechTourism, kudyznudy.cz, Dům kultury Ostrov[online] c.2018, poslední revize 24.2.2020 [cit.2020-02-24], Dostupné,z:< <https://www.kudyznudy.cz/akce/48-detsky-filmovy-a-televizni-festival-oty-hofman>>

ŠMUDLOVÁ, Barbora, iDnes,[online] c.2018, poslední revize 24.2.2020 [cit.2020-02-24], Dostupné z:< https://www.idnes.cz/karlovy-vary/zpravy/ostrovsky-dudek-cena-festival-oty-hofmana-kultura.A180619_134033_vary-zpravy_ba>

PŘIBÍK, Martin,atelier Futuree,[online] c.2018, poslední revize 24.2.2020 [cit.2020-02-24], Dostupné z: <<https://www.facebook.com/futuree.porcelan/?ref=bookmarks>>

SAMA,[online], poslední revize 28.2.2020 [cit.2020-02-28]Dostupné z:< <http://www.sama-online.com/en-US/Company.aspx?idC=66350&LN=en-US>>

KOLÁŘ,Martin, *Srovnání pevnostních charakteristik lepených spojů na různých typech adherendů: bakalářská práce*.Pardubice Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická,2019. 66 l, 5 příl. Vedoucí bakalářské práce Ing. Luboš Prokůpek, Dr.

PŘIBÍK, Martin, Interreg Central Europe, Cer Dee, *dotazník pro soukromí sektor*, únor 2020, vol.16,s. 16

Gerrit Rietveld Academie, *Sandberg Instituut*,[online]. c 2020, poslední revize 25.2.2020 [cit.2020-02-125], Dostupné z:<<https://sandberg.nl/main-department-fine-arts>>

FEYERABEND, Paul, *Three Dialogues on Knowledge*, Wiley, c1991, 167 s. ISBN-0631179186, 9780631179184

ŠTULC, Jan, *Vývoj porcelánového designu v Československu 1945-1965*, Diplomová práce FFUK Praha, 2007

BARAN, Ilya, LUO, Linjie, MATUSIK, Wojciek, United State Patent, *Partitioning models into 3D-printable components*, [online] c.2018, poslední revize 19.5.2020 [cit.2020-05-19] Dostupné z: <<https://patents.google.com/patent/US10025882B2/en>>

MRÁZ, Bohumír, *Dějiny výtvarné kultury 1*, 4. Vydání. Praha: Idea Servis, 2002. 183 s. ISBN 80-85970-39-2

HLUŠIČKA, Jiří, *Hit hit, Tisk s porcelánu*, [online]. c 2018, poslední revize 23.5.2020 [cit.2020-05-23], Dostupné z: <<https://www.hithit.com/cs/project/4711/tisk-z-porcelanu>>

DESCARES, René, přeložil Šprunk Karel, *Rozprava o metodě: jak vést správně rozum a hledat pravdu ve vědách*. 1. Vyd. Praha: OIKOYMENH, 2016. 77s. ISBN 978-80-7298-212-7

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Úvod

1. CHLÁDEK, Jiří, NOVÁ, Ilona, *Porcelán kolem nás*, 1.vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury a Karlovarský porcelán, 1991, 216 s. ISBN 80-0300540-X

1. Aplikace technologie 3d tisku do vývoje porcelánového produktu

1. ŠPÍS, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8
2. Tamtéž
3. GENG-HSI Wu, SHAN-HUI Hsu, Review: Polymeric-Based 3D Printing for Tissue Engineering, *Journal of Medical and Biological Engineering*, June 2015, vol. 35, no. 3, p. 285–292
4. SMĚŘIČKA, Pavel. *3D tisk jako umění: diplomová práce*, Brno: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, 2014, s. 102, doc. Mgr. Jana Horáková, PhD.
5. GEBHARDT, Andreas, *Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping, Rapid tooling, Rapid manufacturing*, Munich: Hanser publisher, Cincinnati: Hanser Publications, c 2011, ISBN: 978-1-56990-507-4
6. 3D TISK, *aditivní výroba a rapid prototyping*, [online] c.2014, poslední revize 21.12.2019 [cit.2016-05-03] Dostupné z: <<http://www.3d-tisk.cz/pla/>>
7. MAZZANTI, Valentina, MALAGUTTI, Lorenzo, MOLLICA, Francesco, FDM 3D Printing of Polymers Containing Natural Fillers: A Review of their Mechanical Properties, *Polymers2019* [online] c.2019, poslední revize 21.12.2019 [cit.2019-12-21] Dostupné z: <www.mdpi.com/2073-4360/11/7/1094/htm>

8. 3Dwiser,[online] c.2019, poslední revize 27.12.2019 [cit.2019-12-27]Dostupné z:<<https://3dwiser.com/spotrebni-material-pro-3d-tiskarny/tiskove-struny/>>
9. ŠPÍŠ, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8
10. CHLÁDEK , Jiří, VÍT, Jiří, *Modelářství v oboru ozdobného a užitkového porcelánu*, Praha, Nakladatelství technické literatury, 1990, 184 s., ISBN80-03-00225-7
11. DOČKALOVÁ, Pavla. *Možnosti využití 3D technologií v oblasti bezpečnosti : diplomová práce*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, Fakulta aplikované informatiky, 2019. 70 l., 2 l. příl. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Luděk Lukáš, CSc.
12. DUBOVSKÁ, Rozmarina,JAMBOR, Jaroslav, MAJERIK, Josef, Implementation of CAD/CAM system CATIA V5 in Simulation of CNC Machining Process, *Procedia Engineering*, 2014, vol.69, p.638 – 645
13. ŠPÍŠ, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8
14. BACH, Martin. *Josef Průša*,[online] c.2018, poslední revize 11.1.2020 [cit.2020-01-11]Dostupné z:<<https://josefprusa.cz/ze-2d-do-3d-jak-udelat-3d-model-z-obrazku-nebo-fotografie/>>
15. Tamtéž
16. Image to Lithphane, [online], poslední revize 11.1.2020, [cit.2020-01-11] Dostupné z:< <http://3dp.rocks/lithophane/>>
17. 3Dwiser,[online] c.2019, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z:<<https://3dwiser.com/3d-tiskarny/fdm/ultimaker-3/#specifikace>>
18. BARAN, Ilya,LUO, Linjie, MATUSIK, Wojciek, United State Patent, *Partitioning models into 3D-printable components*,[online] c.2018, poslední revize 19.5.2020 [cit.2020-05-19] Dostupné z:<<https://patents.google.com/patent/US10025882B2/en>>
19. Wikiskripta,[online] c.2014, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z:< <https://www.wikiskripta.eu/w/S%C3%A1dra>>

20. Y soft, *Manuál, servisní a záruční podmínky Dee Green*, [online] c.2020, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z: <https://www.ysoft.com/YSoftWeb/media/be3D/DeeGreen_CZ_1-0.pdf>
21. FLAHERTY, Joe, Wired, *Slick Trick Adds Much-Needed Shine To 3-D Printed Parts*, [online] c.2013, poslední revize 20.5.2020 [cit.2017-11-13] Dostupné z: <<https://www.wired.com/2013/03/3d-print-smoothing/>>
22. Tamtéž
23. CUNICO Marlon Wesley Machado, CUNICO Miriam Machado, CAVALHEIRO, de CARVALHO Patrick Medeiros Jonas, Investigation of additive manufacturing surface smoothing process, *Rapid Prototyping Journal*, 2017, vol.23 Iss 1 pp. 201 – 208
24. DODZIUK, Helena, Applications of 3D printing in healthcare, *Kardiochirurgia Pol. 2016 Sep*, 13(3), 283–293.
25. Polymaker, [online] c.2020, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17], Dostupné, z: <<https://www.kickstarter.com/projects/polymaker/polysmooth-and-polysher-3d-prints-without-layers>>
26. 3Dwiser, [online] c.2019, poslední revize 17.1.2020 [cit.2020-01-17] Dostupné z: <<https://eshop.3dwiser.com/prislusenstvi/polymaker-polysher/>>

2. Deformace a kontrolované deformace porcelánu

1. ŠPÍS, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8
2. ANDREEV D. V., ZAKHAROV A. I., Ceramic Item Deformation During Firing: Effects Of Composition And Microstructure (Review), *Refractories and Industrial Ceramics*, August, 2009, Vol. 50, No. 4, pp. 45 – 52
3. CHLÁDEK, Jiří, VÍT, Jiří. *Modelářství v oboru ozdobného a užitkového porcelánu*, Vyd. 1. Praha. SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 184 s. ISBN 80-03-00225-7
4. KRÁLOVÁ, Magda, *Techmania Science Center, Eduportál* [online], poslední revize 28.1.2020 [cit. 2020-01-28] Dostupné

z:<<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/sila/deformace-pevnych-teles> >

5. CHLÁDEK, Jiří, NOVÁ, Ilona, *Porcelán kolem nás*, 1.vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury a Karlovarský porcelán, 1991, 216 s. IBSN 80-0300540-X
6. Dlubal, *Software pro navrhování a výpočty konstrukcí*, [online] c.2019, poslední revize 29.1.2020 [cit.2020-01-29] Dostupné z: <<https://www.dlubal.com/cs/reseni/oblasti-pouziti>>
7. Dlubal, *Software pro navrhování a výpočty konstrukcí*, [online] c.2019, poslední revize 29.1.2020 [cit.2020-01-29] Dostupné z: <<https://www.dlubal.com/cs/podpora-a-skoleni/podpora/faq/002786>>
8. HARARI, Yuval, Noah. *Homo deus Stručné dějiny zítřka*, 1. vyd. Voznice: Leda, 2017. 432 s. IBSN 978-80-7335-502-9
9. HARARI, Yuval, Noah. *21 lekcí pro 21. století*, 1. vyd. Voznice: Leda, 2019. 384 s. IBSN 978-80-7335-612-5

3. Filosofický náhled na využití 3D tisku pro design a prototypování porcelánu:

1. SHER, Davide, GRUNEWALD, Scott, 3D Printing Industry [online]. c.2014, 21.5.2020 [cit.2017-10-26] Dostupné z: <<https://3dprintingindustry.com/news/shapeways-3d-printed-porcelain-36569/>>
2. Tamtéž
3. van HERPT, Olivier, Olivier van Herpt [online]. c.2017, 26.10.2017 [cit.2017-10-31] Dostupné z: <<http://oliviervanherpt.com/about/>>
4. van HERPT, Olivier, *Functional 3D Printed Ceramics*, [online] c.2020, poslední revize 21.5.2020 [cit.2020-02-28], Dostupné z: <<http://oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/>>

5. WARNIER, Claire, VERBRUGGEN, Dries, Unfold [online]. c.2017, 26.10.2017 [cit.2017-10-31] Dostupné z <<http://unfold.be/>>
6. Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/simakurtbag>>
7. Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/about>>
8. MRÁZ, Bohumír, *Dějiny výtvarné kultury 1* , 4.Vydání.Praha: Idea Servis, 2002. 183 s. IBSN 80-85970-39-2
9. Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/about>>
10. Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/kitchenware>>
11. Kwambio,[online] c.2019, poslední revize 15.2.2020 [cit.2020-02-15], Dostupné,z:< <https://kwambio.com/kitchenware>>
12. Crucial Detail,[online] c.2020, poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z:< <https://crucialdetail.com/pages/about-us>>
13. Proti proudu,[online] poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z:< <https://protiproudu.net/martin-kastner/>>
14. Alinea,[online] c.2020, poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z:< <https://www.alinearestaurant.com/site/>>
15. Proti proudu,[online] poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z:< <https://protiproudu.net/martin-kastner/>>
16. Chicago Industrial Art & Design Center,[online] c.2020, poslední revize 16.2.2020 [cit.2020-02-16], Dostupné,z: <<https://www.ciadc.org/membership>>
17. Aalto University, School of Arts, Design and Architecture,Empirica,[online], poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19], Dostupné,z:< <http://empirica.aalto.fi/projects/ceramics-and-its-dimensions/>>
18. Tamtéž

19. GoOut Aalto,[online] c.2020, poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19], Dostupné,z:< <https://goout.net/cs/vystavy/perspektivy-keramicke-tvorby-ceramics-and-its-dimensions-shaping-the-future/ogred/+udrtj/>
20. Aalto University, School of Arts, Design and Architecture,Empirica,[online], poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19], Dostupné,z:< <http://empirica.aalto.fi/projects/ceramics-and-its-dimensions/>>
21. Aalto University,[online] c.2019, poslední revize 19.2.2020 [cit.2020-02-19], Dostupné,z:< <https://www.aalto.fi/en/events/ceramics-and-its-dimensions-shaping-the-future-on-display-in-prague>>
22. The Large Glass Department, Amsterdam, Gerrit Rietveld Academie, 2017
23. HOCKNEY, David. Tajemství starých mistrů, Praha, Slovart, 2003, IBSN 80-7209-474-2
24. MUCHA, Jiří, Alfons Mucha, 2 opravené a doplněné vydání, Praha, Mladá Fronta, 1982, 464 s. ISBN 23-051-82
25. Wikipedia,[online] c.2019, poslední revize 31.1.2020 [cit.2020-01-31], Dostupné,z:< <https://cs.wikipedia.org/wiki/Luk>>
26. WEINGARTEN, S., SCHEITHAUER, U., JOHNE, R., ABEL, J., SCHWARZER, E., MORITZ, T., MICHAELIS, A. Multi-material Ceramic-Based Components – Additive Manufacturing of Blackand-white Zirconia Components by Thermoplastic 3D-Printing (CerAM - T3DP) *Journal of Visualized Experiments*. January 2019, vol. 143 p.1- 10.
27. Tamtéž
28. Strategie AV ČR – Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů,[online] c.2016, poslední revize 31.1.2020 [cit.2020-01-31], Dostupné,z:<
<https://www.youtube.com/watch?time_continue=85&v=YrVL8YrRt0&feature=emb_logo>
29. Wikipedia,[online] c.2020, poslední revize 31.1.2020 [cit.2020-01-31], Dostupné,z:< [https://cs.wikipedia.org/wiki/Venu%C5%A1e_\(planeta\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Venu%C5%A1e_(planeta))>

30. Wikipedie [online]c.2002, poslední revize 4.10.2017 [cit. 4-11-2017]
Dostupné z:<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Meteorologie>>
31. CARRIÈRE, Jean-Claude, ECO, Umberto; rozhovory vedl Jean-Philippe de Tonnac, *Knih se jen tak nezbavíme*, [přeložila Dagmar Slavíková], 1.vyd. Praha: Argo, 2010. 237 s. ISBN 978-80-257-0266-6 (váz.)
32. Tamtéž
33. CHADRABA, Lukáš, AW-DEV, UX, [online]c.2016, poslední revize 10.11.2016 [cit.2017-11-4] Dostupné z: <<https://blog.aw-dev.cz/co-je-ux/>>
34. ROUBÍK, Hynek, *Logistika*[online]c.2015, poslední revize 20.3.2015 [cit.2017-11-6] Dostupné z:<<http://logistika.ihned.cz/c1-63712320-3d-tisk-meni-logistiku-na-zemi-i-ve-vesmiru>>
35. Tamtéž
36. Gerrit Rietveld Academie, *Sandberg Instituut*,[online]. c 2020, poslední revize 25.2.2020 [cit.2020-02-125],Dostupné,z:<<https://sandberg.nl/main-department-fine-arts>>
37. FEYERABEND, Paul, *Three Dialogues on Knowledge*, Wiley, c1991, 167 s.ISBN-0631179186, 9780631179184, překlad citace Petra Bidlasová a Markéta Kyloušková, 1999

4. Experiment

1. KALČÍK, Filip, *Inovativní návrh 3d tiskárny hypercube s možnostmi opensource platformy: bakalářská práce*.Ostrava: Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní,2019. 64 l, 4 příl. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Pagáč, Ph.D.
2. HALAMÍČEK, Lukáš, *Návrh 3d tiskárny s dvojicí tiskových hlav: diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 116 l., 4 příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.
3. HLUŠIČKA, Jiří, *Hit hit, Tisk s porcelánu*, [online]. c 2018, poslední revize 23.5.2020 [cit.2020-05-23], Dostupné,z:<<https://www.hithit.com/cs/project/4711/tisk-z-porcelanu>>

4. Portál profesionálů, Strojírenství.cz,[online]. c 2020, poslední revize 25.2.2020 [cit.2020-02-125], Dostupné,z: <<https://www.strojirenstvi.cz/hybridni-vyroba-spojuje-3d-tisk-s-presnym-obrabenim/>>
5. SHAFER, Christopher Scott, SIDDEL, Derek H., ELLIOTT, Amy M. Cleated Print Surface for Fused Deposition Modeling. Journal of Mechanics Engineering and Automation .United States: N. p., 2017. Vol.7, Is.1,ISSN 2159-5275
6. 3D wiser, Polymaker PolyMx PLA[online]. c 2020, poslední revize 26.2.2020 [cit.2020-02-26], Dostupné,z: <<https://eshop.3dwiser.com/tiskove-struny/polymaker-polymax-pla/>>
7. 3D Printing Solution, PolylitePLA[online]. c 2020, poslední revize 26.2.2020 [cit.2020-02-26], Dostupné,z: <<https://www.3dprintingsolutions.com.au/Polymaker/PolyLite-PLA-Filament>>
8. Atelier Lesov[online]. c 2015, poslední revize 27.2.2020 [cit.2019-09-21], Dostupné,z: <<http://www.atelierlesov.cz/cs/V%C3%BDrobky/Polygon/Informace/>>
9. CHLÁDEK, Jiří, NOVÁ, Ilona, Porcelán kolem nás,1.vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury a Karlovarský porcelán, 1991, 216 s.IBSN 80-0300540-X
10. KRYNEK, Ondřej. *Designmag*[online]. c2015, poslední revize 29.2.2020 [cit.2020-02-29], Dostupné,z: < <http://www.designmag.cz/produkty/58530-studenti-utb-vystavuji-hrave-pairs-in-squares-v-tokiu.html>>
11. Tamtéž
12. Peníze.cz[online]. c 2020, poslední revize 27.2.2020 [cit.2020-02-27], Dostupné,z: < <https://www.penize.cz/15671-jak-funguje-operativni-leasing>>
13. CHLÁDEK, Jiří, NOVÁ, Ilona, *Porcelán kolem nás*.1.vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury a Karlovarský porcelán, 1991, 216 s.IBSN 80-0300540-X
14. ŠPÍŠ, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8
15. CzechTourism, kudyznudy.cz, Dům kultury Ostrov[online] c.2018, poslední revize 24.2.2020 [cit.2020-02-24], Dostupné,z:< <https://www.kudyznudy.cz/akce/48-detsky-filmovy-a-televizni-festival-oty-hofman>>

16. ŽIPPAIOVÁ, Lucie, *Karlovarský deník.cz*, [online] c.2018, poslední revize 24.5.2020 [cit.2020-05-24], Dostupné z:<
,https://karlovarsky.denik.cz/zpravy_region/ostrovsky-dudek-nova-cena-k-50-narozeninam-20180620.html>
17. ŠMUDLOVÁ, Barbora, *iDnes*, [online] c.2018, poslední revize 24.2.2020 [cit.2020-02-24], Dostupné z:< https://www.idnes.cz/karlovy-vary/zpravy/ostrovsky-dudek-cena-festival-oty-hofmana-kultura.A180619_134033_vary-zpravy_ba>
18. ŽIPPAIOVÁ, Lucie, *Karlovarský deník.cz*, [online] c.2018, poslední revize 24.5.2020 [cit.2020-05-24], Dostupné z:
<https://karlovarsky.denik.cz/zpravy_region/ostrovsky-dudek-nova-cena-k-50-narozeninam-20180620.html>
19. PŘIBÍK, Martin, atelier Futuree, [online] c.2018, poslední revize 24.2.2020 [cit.2020-02-24], Dostupné z:
<<https://www.facebook.com/futuree.porcelan/?ref=bookmarks>>
20. ŠPÍS, Jiří, *Modelářství porcelánu a keramiky*, rozš. vyd. Karlovy Vary: Garamond, 2016. 166 s. ISBN 978-80-86821-78-8
21. SAMA, [online], poslední revize 28.2.2020 [cit.2020-02-28] Dostupné z:<
<http://www.sama-online.com/en-US/Company.aspx?idC=66350&LN=en-US>>
22. KOLÁŘ, Martin, *Srovnání pevnostních charakteristik lepených spojů na různých typech adherendů: bakalářská práce*. Pardubice Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, 2019. 66 l, 5 příl. Vedoucí bakalářské práce Ing. Luboš Prokůpek, Dr.

Závěr

1. ŠTULC, Jan, *Vývoj porcelánového designu v Československu 1945-1965*, Diplomová práce FFUK Praha, 2007
2. PŘIBÍK, Martin, Interreg Central Europe, Cer Dee, *dotazník pro soukromí sektor*, únor 2020, vol.16,s. 16
3. DESCARES, René, přeložil Šprunk Karel, *Rozprava o metodě: jak vést správně rozum a hledat pravdu ve vědách*. 1. Vyd. Praha: OIKOYMENH, 2016. 77s. IBSN 978-80-7298-212-7

SEZNAM OBRAZOVÉ DOKUMENTACE

- Obr. 1: Schéma metody Stereolithography (SLA). <https://link.springer.com>
- Obr. 2: Schéma Digital Light Processing (DLP). <https://link.springer.com>
- Obr. 3: Schéma Selective Laser Sintering (SLS). <https://link.springer.com>
- Obr. 4: Schéma Laminated Object Manufacturing (LOM).
<http://3dprintingfromscratch.com>
- Obr. 5: Schéma Fused Deposition Manufacturing (FDM).
<https://link.springer.com>
- Obr. 6: Schéma Liquid-Frozen Deposition Manufacturing (LFDM).
<https://link.springer.com>
- Obr. 7: Schéma Multi Jet Modeling (MJM). <https://www.researchgate.net>
- Obr. 8: Digitální model v prostředí grafického programu. Archiv atelier Futuree
- Obr. 9: Digitální model převeden do G-Codu. Archiv atelier Futuree
- Obr. 10: Diagram aplikačních stupňů 3D tisku podle Andree Gebhardta.
Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing
- Obr. 11: Tabulka vlastností tiskových materiálů ABS, PP, PE a TPU. *Polymers 2019*
- Obr. 12: Tabulka vlastností tiskových materiálů PLA, PHB, PCL a PLA+PHA.
Polymers 2019
- Obr. 13: Sádrové rozmnožovací zařízení se sírografitovými segmenty.
<https://slideplayer.cz>
- Obr. 14: Manipulativní měřítko - zobrazení digitálního modelu podšálku 150 Viktor na ploše monitoru. Konstrukce modelové velikosti podšálku na mřížce 200 x 200 mm. Archiv Futuree
- Obr. 15: Manipulativní měřítko - zobrazení reliéfního prvku o velikosti 1,01 mm podšálku 150 Viktor na ploše monitoru. Archiv Futuree

- Obr. 16: Postup segmentování vyvíjeného modelu čtvercové mísy. Tvar Bernadotte - společnost Thun 1794.*
- Obr. 17: Korekce proporční chyby reliéfu oválu Legio dánského studia Eva Solo vyvíjeného společností Thun 1794.*
- Obr. 18: 3D tiskový model pro porcelánovou litofanii. Archiv Futuree*
- Obr. 19: Finální porcelánová litofanie prosvícená světlem. Archiv Futuree*
- Obr. 20: Webové rozhraní s grafikou pro tvorbu litofanie 3D tiskem.
<http://3dp.rocks/lithophane/>*
- Obr. 21: Dělení modelu oválu Legio 32 pro 3D tisk s malou depoziční deskou. Archiv Futuree*
- Obr. 22: Vrstvení horizontálně přes model a reliéf při 3D tisku na výšku. Archiv Futuree*
- Obr. 23: Dělení modelu uch s vtokovým kanálem šálku Lea 155 Thun pro 3D tisk. Archiv Futuree*
- Obr. 24: Finish Touch Smoothing Station – zařízení pro chemické povrchové úpravy ABS 3D tisku společnosti Stratasys. <https://www.smg3d.co.uk>*
- Obr. 25: 3D tisk před a po povrchové úpravě v Polysheru.
<https://www.kickstarter.com>*
- Obr. 26: Detail povrchově upraveného 3D tisku v Polysheru.
<https://www.kickstarter.com>*
- Obr. 27: Polysher – zařízení pro chemické povrchové úpravy 3D tisku společnosti Polymaker. <https://www.kickstarter.com>*
- Obr. 28: Směr deformace a proporční smrštění krychle v půdorysu o 13,5%. Archiv Futuree*
- Obr. 29: Směr deformace a proporční smrštění válce v půdorysu o 13,5% s tahovou silou uch. Archiv Futuree*
- Obr. 30: Směr deformace nakloněného a rovného válce v bokorysu. Archiv Futuree*
- Obr. 31: Směr deformace a proporční smrštění koule v bokorysu o 13,5%. Archiv Futuree*

- Obr. 32: Směry deformací profilů – nejslabší místa v ohybu. Archiv Futuree*
- Obr. 33: Deformace střepu plošiny z řezu v závislosti na postavení nožky. Archiv Futuree*
- Obr. 34: Kontrolované deformace profilu plošiny z řezu – od shora požadovaný tvar, tvarová deformace bez dimenzování, dimenzování modelu pro požadovaný tvar. Archiv Futuree*
- Obr. 35: Kontrolovaná deformace oválu posunem nožky směrem k zrcadlu. Archiv Futuree*
- Obr. 36: Deformace čtvercové plošiny v půdorysu v závislosti na proporční velikosti nožky – zleva požadovaný tvar, tvarová deformace bez dimenzování, možnosti dimenzování pro požadovaný tvar. Archiv Futuree*
- Obr. 37: Shapeways. <https://3dprintingindustry.com/news/shapeways-3d-printed-porcelain-36569/>*
- Obr. 38: Edice váz COS Olivera van Herpta. www.oliviervanherpt.com/cos/*
- Obr. 39: Arcadum Olivera van Herpta. www.oliviervanherpt.com/3d-printing-porcelain/*
- Obr. 40: Detail struktury 3Dtisku - Oliver van Herpt*
- Obr. 41 Detail struktury 3Dtisku - Oliver van Herpt. www.oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/*
- Obr. 42: Oliver van Herpt. www.oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/*
- Obr. 43: Oliver van Herpt. www.oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/*
- Obr. 44: 3D tiskárna zkonstruovaná Oliverem van Herptem. www.oliviervanherpt.com*
- Obr. 45: Brick clay carafe & cups. Unfold studio*
- Obr. 46: Keramická taška - Sima Kurt. www.kwambio.com*
- Obr. 47: Keramická taška - výkresová dokumentace vnitřního reliéfu Sima Kurt www.kwambio.com*

- Obr. 48: Odšťavňovač EE Juicer Kwambio Ceramic. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 49: Detail odšťavňovač EE Juicer Kwambio Ceramic. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 50: Tanizate_Marc Thorpe. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 51: Detail Lillium Caraffe_Felicie Ferrone. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 52: Time in cafe set_Michael Sodeau. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 53: Pill Mortar & Pestle Bambú Studio. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 54: Canon Wine Decanter Brand Ascalon. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 55: Cerco_Kutarq. www.kwambio.com/kitchenware*
- Obr. 56: Lis na servírování másla na kostním porcelánu - Studio Crucial Detail. www.nytimes.com*
- Obr. 57: Infuzivní nádoba Porthole oceňená Global Innovation Award for Best Product Design. www.crucialdetail.com/collections/all/products/porthole*
- Obr. 58: Chip Plate - Studio Crucial Detail. www.crucialdetail.com/collections/all/products/chip-plate*
- Obr. 59: Black Hole - Studio Crucia Detail. www.crucialdetail.com/collections/all/products/blackhole*
- Obr. 60: Grafika plakátu pro propagaci Ceramics and tis Dimension – Shaping the Future konaná na podzim 2018 v Praze. Shaping the Future*
- Obr. 61: Joo Kawasumi_ČR_Nami_2016. Shaping the Future*
- Obr. 62: Salla Luhtasela, Wesley Walters_Finsko_Konvice na kávu Pippu_2015. Shaping the Future*
- Obr. 63: Hilda Nilsson_Dánsko_Shluky 2016. Shaping the Future*
- Obr. 64: Jin Zhang_Německo_Flexibilní forma pro experiment s tvarováním porcelánu_2016. Shaping the Future*

- Obr. 65: Iva Kukurič _Soubor kuchyňských předmětů_ 2016. Shaping the Future*
- Obr. 66: Porcelánová rychlovarná konvice české společnosti Concept.
www.my-concept.cz*
- Obr. 67: Multimateriálový kompozit – finální vzorek bílého a černého oxid zirkoničitý souběžně tištěného za pomoci 3D tisku metodou FDM.
www.jove.com*
- Obr. 68: Ceramo One Personální keramická 3D tiskárna SLS společnosti Kwanbio. <https://www.konstrukter.cz/kwambio-predstavi-na-ces-2018-3d-tiskarnu-ceramo-one/>*
- Obr. 69: Průmyslová 3D tiskárna Protofab SLS 660.
www.3dprotofab.com/protofab-sls-660-3d-printer.html*
- Obr. 70: Vizualizace poptávaného porcelánu. Hrny Legio – dánská firma Eva Solo*
- Obr. 71: Kinematika - základní souřadnicové systémy 3D tiskáren. Filip KALČÍK, Inovativní návrh 3d tiskárny hypercube s možnostmi opensource platformy.*
- Obr. 72: Hybridní výroba stroje Lasertec 65 3D – DMG MORI.
<https://www.strojirenstvi.cz/hybridni-vyroba-spojuje-3d-tisk-s-presnym-obrabenim>*
- Obr. 73: Studie repliky barokního šálku Queen. Archiv Futuree*
- Obr. 74: 3D grafika repliky barokního šálku Queen. Archiv Futuree*
- Obr. 75: Tisknutý model a porcelánový prototyp repliky barokního šálku Queen. Archiv Futuree*
- Obr. 76: Jednoduché rozmnožovací zařízení na ucho barokního šálku Queen. Archiv Futuree*
- Obr. 77: Nápojová souprava Polygon. Atelier JM Lesov*
- Obr. 78: Pilotní snídanové šálky soupravy Polygon – vlevo reliéfní, vpravo s optickým dekorem. Atelier JM Lesov*
- Obr. 79: Modely jednorpcové konvice a mokka šálku spr. Polygon s díly realizované 3D tiskem. Archiv Futuree*

- Obr. 80: Snídaňový set Polygon. Vlevo u konvice reliéf z 3D tisku, vpravo s šálku reliéf vytvořený klasickou vývojovou cestou. Archiv Futuree
- Obr. 81: Vizualizace původního konceptu mísy a vázy Puff & fy. Archiv Futuree
- Obr. 82: Váza a mísa Puff & fy. Archiv Futuree
- Obr. 83: Vizualizace jedné z verzí espresso šálek Viktor. Archiv Futuree
- Obr. 84: První verze espresso šálku 0,09 l Viktor. Archiv Futuree
- Obr. 85: Vytvářecí poloautomat Netzsch na duté výrobky. Porcelán kolem nás
- Obr. 86: Soška dudka – cena pro Dětský filmový a televizní festival Oty Hofmana. <https://gramho.com/explore-hashtag/atelierlesov>
- Obr. 87: Sošky dudka – vlevo Viktora Chalepy, vpravo Jaroslava Ježka. <https://cz.pinterest.com/pin/464222674085241446/?lp=true>
- Obr. 88: Výroba prototypu dudka. Archiv Futuree
- Obr. 89: Dudek - první komplexní rozmnožovací zařízení pro výrobu sádrových produkčních forem. Archiv Futuree
- Obr. 90: Model zapékací mísy 17 Thun určený pro skenování. Archiv Futuree
- Obr. 91: Kvalita skenované zapékací mísy 17 připravené pro převádění do konstrukční grafiky. Archiv Futuree
- Obr. 92: Finální digitální model zapékací mísy 32 Thun jako výsledek reverzního inženýrství vycházející ze skenu zapékací mísy 17 Thun. Archiv Futuree
- Obr. 93: Porcelánová zapékací mísa 32Thun. <https://www.thun.cz/detail//27-1014/misa-zapekaci-obdelnikova-31.html>
- Obr. 94: Vizualizace tvarového srovnání přílokové mísy 26 a oválu 32 Angelina Thun připravované pro 3D tisk. Archiv Futuree
- Obr. 95: Vizualizace původního designu kabaretu 24 Angelina před tvarovou úpravou středu a boků. Archiv Futuree
- Obr. 96: Vybrané porcelánové výrobky tvaru Angelina realizované cestou 3D tisku. <https://www.thun.cz/cz/info/150-angelina.html>