Technologické postupy při restaurování pískovcových a kameninových soch, jejich rozdíly a specifikace

---

Technological procedures in the restoration of sandstone and earthenware sculptures, their differences and specifications

---

Zaměřeno na plastické doplnění / Focused on plastic supplementation

Vypracoval: Ondřej Čechura; posluchač VI. ročníku

avu

Akademie výtvarných umění v Praze

Pod vedením MgA. Jana Kracíka

2024 ©

Pracovní verze

Úvod **2**

1. Charakteristika restaurovaných památek **2**

1.1. Socha sv. Prokopa 2

1.2. Socha bohyně Ceres 4

1.3. Srovnání obou památek z hlediska použitých materiálů a vlivů prostředí na jejich degradaci. 7

2. Obecné principy restaurování soch z pískovce a kameniny **9**

2.1. Etické principy a přístupy k restaurování uměleckých děl 9

2.2. Dokumentace 10

2.3. Konzervace 10

3. Technologické postupy při restaurování pískovce a kameniny **10**

3.1. Pískovec 11

3.2. Kamenina 11

3.3. Rozdíly v technologických postupech vzhledem k vlastnostem materiálů. 11

4. Problematika plastického doplnění **12**

4.1. Principy plastického doplnění – materiálová kompatibilita, estetická stránka a reverzibilita. 12

4.2. Doplňování pískovcové sochy sv. Prokopa 12

4.3. Rekonstrukce pískovcové sochy pro osazení v exteriéru 12

4.4. Doplňování sochy bohyně Ceres (kamenina) 13

4.5. Porovnání přístupů k doplňování obou materiálů. 14

5. Moderní výpočetní technika při restaurování **15**

5.1. Možnosti 3D dokumentace a archivace 16

5.2. Praktická aplikace 3D tisku 17

5.3. Výhody a omezení moderních technologií v restaurátorské práci. 17

6. Diskuse a srovnání **17**

6.1. Hlavní rozdíly a podobnosti při restaurování pískovce a kameniny. 17

6.2. Přínos moderních technologií k efektivitě a přesnosti restaurátorských zásahů. 17

6.3. Návrhy na další aplikace moderních metod v oboru restaurování. 17

Zdroje **18**

Úvod

Tato teoretická práce úzce souvisí s praktickou částí mého diplomového zadání sestávajícího z restaurování dvou kulturních památek pískovcové sochy sv. Prokopa a kameninové sochy bohyně Ceres. Jejím cílem je porovnat specifika obou materiálů z pohledu problematiky restaurování, zejména v oblasti plastického doplňování. Zvláštní pozornost je věnována moderním technologiím, jako je 3D skenování a 3D tisk, které umožňují nové možnosti dokumentace, archivace uměleckých děl a mohou usnadnit výrobu doplňků, či být užitečným nástrojem pro proces plastického doplnění. Práce zkoumá, jak tyto metody mohou zefektivnit práci restaurátora a přispět k ochraně kulturního dědictví.

1. Charakteristika restaurovaných památek

1.1. Socha sv. Prokopa

Historie a ikonografie

Pískovcová socha sv. Prokopa se nachází v obci Veleliby nedaleko Nymburka a je zapsanou kulturní památkou. Dílo je připisováno dílně Matyáše Bernarda Brauna, což naznačuje jeho vysokou uměleckou hodnotu a barokní charakteristiku.

Ikonograficky socha zobrazuje sv. Prokopa triumfujícího nad ďáblem, což je tradiční motiv spojený s tímto světcem. Sv. Prokop stojí na pravé noze, zatímco levá je pokrčená a opírá se o postavu ďábla. Ten je proporčně menší a většinou svého těla zakrytý drapérií světce. Hlava ďábla je zakloněná a vzhlíží k sv. Prokopovi, který je mírně natočen směrem k němu. Tato kompozice symbolizuje vítězství dobra nad zlem a zdůrazňuje světcovu moc.

Materiál a současný stav památky

Socha je zhotovena z pískovce, který vykazuje pokročilou degradaci materiálu. Nejvýraznějšími defekty jsou:

- **Ztráta částí sochy**: Zcela chybí obě ruce světce, části obličeje světce i ďábla a některé prvky drapérie.

- **Povrchové poškození**: Dochované fragmenty naznačují původně detailní modelaci, například krajku na lemu roucha, která se však dochovala pouze

částečně.

- **Znečištění**: Povrch sochy je pokryt vrstvou prachových depozitů, které narušují čitelnost reliéfních prvků a estetické vnímání sochy.

Další vystavení venkovním podmínkám by mohlo ohrozit zbývající detaily, a proto je nutné přistoupit k restaurátorskému zásahu s ohledem na dlouhodobou ochranu památky.

Restaurátorský záměr a postup

Hlavním cílem restaurátorského zásahu je stabilizace stavu památky a příprava pro galerijní expozici. Plánované kroky zahrnují:

1. **Očištění sochy** – odstranění povrchových depozitů a nečistot.
2. **Vyhodnocení a konzervace** – posouzení druhotných doplňků a konzervace kamenného materiálu.
3. **Plastická rekonstrukce** – vyplnění trhlin minerálním tmelem, doplnění chybějících částí (např. rukou) formou tvarové rekonstrukce v umělém kameni.
4. **Zhotovení kopie** – vzhledem k vysoké míře poškození originálu a nutnosti jeho ochrany byla vytvořena replika.

Proces výroby kopie probíhal následovně:

- Bylo provedeno **3D skenování** originální sochy.
- Na základě skenu byl **vytištěn model ve třetinovém měřítku**, který sloužil jako předloha pro rekonstrukci chybějících částí.
- Po dopracování modelace byl vytvořen **hliněný model v měřítku 1:1**, který posloužil jako základ pro realizaci kopie v umělém kameni.

Odůvodnění restaurátorských zásahů

Vzhledem k degradaci původního materiálu a nutnosti zachování dochovaných detailů byla zvolena kombinace konzervačního restaurování a výroby kopie. Originál bude chráněn v interiéru, zatímco replika umožní prezentaci sochy v exteriéru bez dalšího rizika poškození.

Tento přístup odpovídá moderním restaurátorským metodám, které kladou důraz na minimalizaci zásahů do originálu a využívání moderních technologií pro dokumentaci a obnovu uměleckých děl.

1.2. Socha bohyně Ceres

Popis sochy a ikonografie

Socha bohyně úrody Ceres je jednou ze šesti kameninových soch původně umístěných na budově vitrážovny v obci Okrouhlá na Českolipsku. Byla vytvořena v keramické fabrice v Charlottenburgu v Berlíně a představuje alegorii úrody v klasicistním pojetí.

Socha je 160 cm vysoká a vyrobena ze slinuté kameniny bez glazury. Bohyně je oděna v antický šat, který splývá až k chodidlům, přičemž díky mírnému nakročení jsou částečně odhalena. V pravé ruce drží atribut, pravděpodobně srp, z něhož se dochovala pouze část rukojeti. Levou rukou objímá roh hojnosti, otevřený směrem dopředu. Na hlavě má spletené vlasy ozdobené čelenkou z obilných klasů.

Detailní modelace sochy je přizpůsobena pohledu zepředu a z podhledu – prvky, jako plody v rohu hojnosti, jsou stylizovány tak, aby byly snadno odformovatelné při výrobě. Socha stojí na plintu o rozměrech 7 × 40 × 35 cm, který je v zadní části zaoblen tak, aby kopíroval profil niky, v níž byla umístěna.

Stav sochy a poškození

Socha vykazuje několik typů poškození:

- Poškození plintu – plintus je částečně odlomen a má vlasovou trhlinu v pravé části, což výrazně ovlivňuje stabilitu sochy.

- Mechanické poškození modelace – chybí špička levého chodidla, část nártu, značná část srpu v pravé ruce a špičatý konec rohu hojnosti.

- Betonová výplň soklu – soklová část sochy byla vyplněna betonovou směsí, která může negativně ovlivňovat keramický materiál v důsledku rozdílné teplotní roztažnosti obou materiálů.

- Celkový stav materiálu – kamenina je jinak kompaktní a nenese známky povětrnostního poškození, které by ohrožovalo stabilitu sochy.

Restaurátorský záměr a postup

Hlavním cílem restaurování je obnovení stability sochy a její návrat na původní místo v nice budovy vitrážovny. Postup zahrnuje několik klíčových kroků:

1. Očištění sochy od povrchového znečištění a odstranění cementové výplně soklu.

2. Doplnění chybějícího plintu pomocí keramického materiálu odpovídajícího původní kamenině. Pro výběr vhodného materiálu proběhne série zkoušek zaměřených na barevnost a strukturu po výpalu.

3. Plastická rekonstrukce chybějících prvků:

Fragment rukojeti v pravé ruce naznačuje, že původním atributem byl srp, jehož tvar byl doložen ikonografickým průzkumem.

Chybějící části srpu a špička rohu hojnosti budou doplněny keramickými replikami, jejichž výroba proběhne následujícím způsobem:

- Modelace v sochařské hlíně.
- Úprava modelu na základě 3D skenu a 3D tisku s přihlédnutím k procentuálnímu smrštění keramické hmoty při výpalu.
- Výroba sádrové formy pro odlévání keramických doplňků.

4. Drobné defekty povrchu budou vyplněny plastickou směsí na bázi pryskyřičného adheziva s plnivem nebo směsí bílého cementu a křemičitého písku. Směs bude před aplikací pigmentována tak, aby odpovídala barevnému tónu sochy.

Obnova umístění sochy

Restaurovaná socha bude vrácena na původní místo v nice budovy vitrážovny. Pro dosažení autentického vzhledu bude rekonstruován i původní plintus, jehož tvar a rozměry lze určit podle otisku v depozitech na architektuře.

Výroba plintu proběhne podobně jako u plastických doplňků:

- Modelace v sochařské hlíně.
- Zvětšení 3D modelu s ohledem na smrštění při výpalu.
- Výroba sádrové formy a následné zhotovení keramického odlitku.

Socha s rekonstruovaným plintem bude upevněna na silonový čep a spojena chemickou kotvou odpovídající výplňovému materiálu architektury vitrážovny. Tento postup zajistí stabilitu sochy a zároveň respektuje původní technologii výroby.

1.3. Srovnání obou památek z hlediska použitých materiálů a vlivů prostředí na jejich degradaci.

Rozdíly v materiálech

Sochy sv. Prokopa a bohyně Ceres jsou vyrobeny z odlišných materiálů, což zásadně ovlivňuje jejich vlastnosti i způsob degradace.

- **Pískovec** je přírodní sedimentární hornina, která vznikla zpevněním písku v průběhu geologických období. Má vrstvenou strukturu, která může ovlivňovat jeho pevnost a odolnost vůči vnějším vlivům.

- **Kamenina** je keramický materiál, vytvořený vypalováním směsi jílů a ostřiv. Na rozdíl od pískovce se jedná o člověkem vytvořený materiál, který je zpravidla méně porézní a odolnější vůči nasákavosti.

Strukturální vlastnosti a mechanická odolnost

Hlavní rozdíly mezi oběma materiály spočívají v jejich mechanických vlastnostech:

- **Nasákavost**: Pískovec je vysoce porézní, což znamená, že snadno absorbuje vodu. Kamenina, zvláště slinutá, je téměř nepropustná, což ji činí méně náchylnou k erozi způsobené vlhkostí.

- **Pevnost a křehkost**: Kámen je obecně pevnější v tlaku, ale méně odolný v tahu, a jeho vrstevnatost může vést k lomům podél přirozených vrstev. Kamenina, vypálená při vysokých teplotách, je tvrdá, ale její křehkost může způsobovat lom při mechanických nárazech.

- **Plnost vs. dutost**: Socha sv. Prokopa je plná, zatímco socha Ceres je dutá. To znamená, že zatímco kamenná socha je těžší a stabilnější, kameninová socha je lehčí, což však může snižovat její stabilitu.

Vlivy prostředí na degradaci

Materiály reagují odlišně na vnější podmínky:

- **Vlhkost a voda**:
    - Pískovec absorbuje vodu, což vede k erozi, biologickému růstu (řasy, mechy, lišejníky) a krystalizaci solí, které mohou způsobovat povrchovou i vnitřní destrukci.
    - Kamenina má nižší nasákavost, takže je méně citlivá na vlhkost, ale může dojít k degradaci při dlouhodobém vystavení cyklům mrazu a tání.
- **Mechanické poškození**:
    - Pískovec je náchylný k poškození vrstvením a vnějšími silami, zejména při fyzických nárazech.
    - Kamenina je křehká, a pokud dojde k prasklině, může se rozlomit najednou a ve větším rozsahu.
- **Atmosférické znečištění**:
    - Pískovec reaguje s kyselými dešti a oxidy síry, což může vést k jeho chemickému zvětrávání a vzniku černých krust.
    - Kamenina je vůči chemickému zvětrávání odolnější, avšak dlouhodobé vystavení exteriéru může způsobit změny v povrchové vrstvě, například ztrátu hladkého povrchu nebo vznik trhlin.

Shrnutí a závěr

Obě sochy jsou vystaveny rozdílným typům degradace v závislosti na materiálu a umístění. Pískovcová socha sv. Prokopa podléhá vlhkosti, erozi a biologickým vlivům, zatímco kameninová socha Ceres je odolnější vůči povětrnostním podmínkám, ale může být ohrožena mechanickým poškozením a degradací výplně soklu.

Při restaurování je třeba vzít v úvahu nejen materiálové vlastnosti, ale i podmínky, ve kterých budou sochy nadále umístěny, aby byla zajištěna jejich dlouhodobá stabilita a ochrana.

2. Obecné principy restaurování soch z pískovce a kameniny

2.1. Etické principy a přístupy k restaurování uměleckých děl

Restaurování je pojem označující obecně proces, kdy se předmětu vytvořenému člověkem navrací jeho funkčnost. Vymezením se na restaurování uměleckých děl sochařských dostaneme se k specifičtější činnosti, která je definována samotným uměleckým dílem, nikoli sama sebou. Hodnota uměleckého díla se sestává z samotné umělecké hodnoty s níž bylo dílo vytvořeno a zároveň z času, kterým si dílo prošlo a který na něm ulpěl v podobě defektů a depozitů, svědčících o proběhlém času. Umělecké dílo, a zvláště pak jedná-li se o sochu, je taktéž závislé na materiálu, z něhož je umělecké dílo zhotoveno[1].

Hodnota uměleckého díla spočívá ve třech základních rovinách:

1. **Umělecká hodnota**, kterou dílo získalo v době svého vzniku – tedy autorův záměr, forma a výrazové prostředky.

2. **Materiální hodnota**, daná specifickým materiálem, z něhož je dílo vytvořeno, a který utváří jeho charakter.

3. **Historická hodnota**, tedy stopy času, které se na díle uchovaly ve formě defektů, patiny, depozitů či jiných znaků stárnutí.

Z etického hlediska je nutné k dílu přistupovat komplexně, s ohledem na všechny tyto roviny. Restaurátorský zásah by měl být **co nejméně invazivní**, aby nedošlo k nevratnému narušení původní matérie. Zároveň by však měl přispět k **zachování díla pro další generace**.

Základní etické principy restaurování zahrnují:

- **Reverzibilitu zásahů** – materiály a techniky použité při restaurování by měly být v ideálním případě vratné, nebo alespoň odstranitelné bez poškození

[1] Cesare Brandi; Teorie restaurování; Tichá Byzanc 2000

originálu.

- **Rozlišitelnost doplňků** – doplněné části by měly být na první pohled odlišitelné od originálu, a to alespoň při bližším zkoumání nebo za použití jednoduchých metod.

- **Dokumentaci** – každý zásah by měl být pečlivě zdokumentován, a to včetně fotografií před, během a po restaurování, popisu použitých materiálů a postupů.

- **Respekt k autorskému záměru** – restaurátor by měl ctít původní kompozici a výraz díla, ale zároveň brát v potaz jeho současné či budoucí funkce (např. vystavení v interiéru vs. exteriéru).

- **Zachování autentických stop stáří** – patina, drobné defekty či změny způsobené časem mohou být nedílnou součástí výrazu díla, a neměly by být automaticky odstraňovány.

Cílem restaurování tedy není "navrácení do původního stavu" v doslovném smyslu, ale uchování autentičnosti díla s maximálním ohledem na jeho integritu – uměleckou, materiální i historickou.

2.2. Dokumentace

- Textová dokumentace
- Fotoaparát
- video dokumentace
- 3D sken

2.3. Konzervace

3. Technologické postupy při restaurování pískovce a kameniny

3.1. Pískovec

- Typické degradační procesy (eroze, vlhkost, znečištění).

- Postupy čištění
- konsolidace



3.2. Kamenina

- Postupy čištění

- Specifika neglazovaných povrchů.

3.3. Rozdíly v technologických postupech vzhledem k vlastnostem materiálů.

4. Problematika plastického doplnění

4.1. Principy plastického doplnění – materiálová kompatibilita, estetická stránka a reverzibilita.

4.2. Doplňování pískovcové sochy sv. Prokopa

Po očištění povrchu sochy od depozitů a povrchových nečistot byly odstraněny dřívější doplňky z cementového pojiva, které narušovaly estetické vyznění díla. Tyto zásahy se nacházely zejména v misce draperie mezi pravou paží a trupem, kde došlo k deformaci původního tvaru a tím i k matoucí interpretaci modelace, a dále v zadní části sochy, kde cementové výplně překrývaly zachované stopy originálního tvarování.

V rámci konzervačního zásahu byly plastické doplňky provedeny výhradně za účelem vyplnění výrazných trhlin. Po sérii zkoušek byla pro tyto doplňky zvolena směs na minerální bázi, konkrétně kombinace vápna, cementu a maltového písku, do níž byl přidán přípravek Sokrat ke zlepšení přilnavosti k původnímu kameni.

4.3. Rekonstrukce pískovcové sochy pro osazení v exteriéru

Kamenný materiál pískovcové sochy světce vykazuje pokročilé známky degradace povrchu, přičemž dochované fragmenty modelace jsou zachovány pouze částečně. Další vystavení sochy nepříznivým povětrnostním podmínkám by mohlo vést k nenávratné ztrátě i těchto zbytkových detailů. Z tohoto důvodu by případné doplnění chybějících partií přímo na originálu znamenalo výrazný zásah do historické matérie a mohlo by být eticky i technicky problematické.

Na základě této analýzy bylo rozhodnuto přistoupit k vytvoření sochařské rekonstrukce určené k instalaci v exteriéru. Tato kopie je koncipována jako náhrada originálu na jeho původním místě, zatímco originál bude dále konzervován a vystaven v interiéru kostela sv. Václava v obci Veleliby.

Jako výchozí bod pro vytvoření repliky posloužil 3D sken originálu, který zachytil stav plastiky před restaurátorským procesem. Na jeho základě byl vyhotoven redukovaný fyzický model ve třetinovém měřítku pomocí 3D tisku, který sloužil jako předloha pro doplnění chybějících částí modelace, pomocí včelího vosku, na základě ikonografického rozboru, historických fotografií a dobových analogií.

Z takto doplněného zmenšeného modelu byl vytvořen model z hlíny v měřítku 1:1, jenž jsem zaformoval a převedl repliku sochy sv. Prokopa do umělého kamene. Volba materiálu zohledňovala estetickou kompatibilitu s originálem i zvýšenou odolnost vůči vnějším vlivům.

Tento postup umožnil zachovat sochu v její kulturně-historické hodnotě a zároveň navrátit její formu a význam zpět do veřejného prostoru v podobě věrné kopie, která může sloužit jako model pro realizaci kopie v přírodním kameni.

4.4. Doplňování sochy bohyně Ceres (kamenina)

- Specifika práce s rekonstrukcí detailů.

Pro zajištění celistvosti a stability sochy byla plintová část doplněna keramickým materiálem odpovídajícím charakteru původní kameniny sochy. Tento materiál byl vybrán na základě série zkoušek různých keramických hmot, přičemž hlavními kritérii výběru byly barevnost a struktura po výpalu. Testovány byly krémově bílé točírenské hmoty s ostřivem do velikosti 0,5 mm – konkrétně dvě hmoty od výrobce J. Pávek s označením FL a MA, a dále hmota 11 sf od firmy Witgert. Na základě výsledků byla zvolena točírenská hlína 11 sf od firmy Witgert, která při výpalu na 1200 °C vykazuje smrštění 10 %.



[2]

Pro účely plastického doplnění jsem chybějící prvky nejprve vymodeloval v sochařské hlíně a převedl je do sádrových modelů. Tyto modely byly následně převedeny do digitální podoby pomocí 3D skenu a zvětšeny o procentuální smrštění zvolené keramické hmoty. Takto upravené digitální modely posloužily k výrobě sádrových

[2] Zkoušky keramických hmot pro plastické doplnění.

forem, které byly vyplněny hlínou J. Pávek FL. Po vyschnutí byly vypálené doplňky připevněny k soše pomocí polyesterového adheziva.



- Použití polymerů a moderních lepidel.

Menší defekty povrchu, sochy jsem, s ohledem na umístění sochy v exteriéru, vyplnil plastickou směsí na bázi polyesterového adheziva a plniva a větší defekty směsí bílého cementu a křemičitého písku. Směsi byly pigmentovany před aplikací tak aby odpovídaly barevnosti sochy.

4.5. Porovnání přístupů k doplňování obou materiálů.

5. Moderní výpočetní technika při restaurování

Technické parametry aparátů pro 3D skenování v našem ateliéru

Model 3D skeneru	Einstar
Zdroj světla	infračervené strukturované světlo VCSEL (třída 1)
Vzdálenost bodů	0,1–3 mm
Efektivní pracovní vzdálenost	160–1400 mm
Optimální pracovní vzdálenost	400 mm
Zorné pole (při optimální pracovní vzdálenosti)	434 × 379 mm
Rychlost snímání	až 14 snímků za sekundu
Zarovnání	textura / obrys / hybridní / globální značky (pouze v režimu skenování objektu)
Plnobarevné snímání	ano
Snímání v exteriéru	ano
Výstupní formáty	OBJ, STL, PLY, ASC, 3MF, P3
Hmotnost skeneru	0,5 kg
Rozměry skeneru	220 × 46 × 55 mm
Rozměry přenosného pouzdra skeneru	245 × 245 × 90 mm

Připojení	USB 2.0 a vyšší
Doporučený počítač	procesor Intel Core i7-11800H nebo vyšší; paměť RAM 32 GB či více; grafická karta nVidia GTX 1060 či vyšší; VRAM 6 GB či více
Podporované operační systémy	Windows 10 či 11 (64bit.)[3]

Přesnost, Moose Lite 0,05 mm	Barevná textura 24bitové barevné textury
Rezoluce Moose 0,07 mm	Světelný zdroj, Modrá LED
Pracovní vzdálenost 150-400 mm	Rozsah jednoho zachycení 200 x 100 mm
Typické velikosti objektů 15-1500 mm	Snímková frekvence, 10 snímků za sekundu
Rozměry 120 x 60 x 35 mm	Režim sledování: Al Vizuální sledování
Výstupní formát, OBJ/STL/PLY/ASC	USB rozhraní, USB 2.0
Kompatibilní systém, Doporučeno Windows 10/11 64bit, MacOS 12/13/14, Intel Core i7	Minimální požadavky na počítač Intel Core i5 8th, 16 GB RAM, MX250 GPU s 2 GB VRAM
požadavky: 8., 16GB RAM, N-VDIA1060 GPU se 4GB VRAM	Hmotnost, 280 g

[4]

5.1. Možnosti 3D dokumentace a archivace

- Význam 3D skenování v restaurátorské praxi.
- Případová studie: aplikace 3D skeneru při dokumentaci soch sv. Prokopa a bohyně Ceres.

[3]https://admasys.cz/produkty/3d-skenery/shining-3d/shining-3d-einstar/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PERF_SEA_3D-stoln%C3%AD_skenery&utm_id=22083083233&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwtdi_BhACEiwA97y8BNl4CcFGCsPklAWaqob6tc7d3JAf0DE1zPVI0LRIyo9U-eZyFLK6LBoCEmEQAvD_BwE#specifications

[4]https://forum.jimumeta.com/home/help/support/manual/a667cab446b44cb295489dd52d4d3627.html

5.2. Praktická aplikace 3D tisku

- Příprava modelů pro plastické doplnění.
- Ukázky využití 3D tisků při restaurování pískovcových a kameninových soch.

Historie 3D tiskáren

5.3. Výhody a omezení moderních technologií v restaurátorské práci.

6. Diskuse a srovnání

6.1. Hlavní rozdíly a podobnosti při restaurování pískovce a kameniny.

6.2. Přínos moderních technologií k efektivitě a přesnosti restaurátorských zásahů.

6.3. Návrhy na další aplikace moderních metod v oboru restaurování.

Zdroje

Cesare Brandi; Teorie restaurování; Tichá Byzanc 2000

HANYKÝŘ, V. – KUTZENDÖRFER, J. Technologie keramiky. Praha: Silikátový svaz, 2008. ISBN 978-80-8682-48-1

https://admasys.cz/produkty/3d-skenery/shining-3d/shining-3d-einstar/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PERF_SEA_3D-stoln%C3%AD_skenery&utm_id=22083083233&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwtdi_BhACEiwA97y8BNl4CcFGCsPklAWaqob6tc7d3JAf0DE1zPVI0LRIyo9U-eZyFLK6LBoCEmEQAvD_BwE#specifications

https://forum.jimumeta.com/home/help/support/manual/a667cab446b44cb295489dd52d4d3627.html