

Průzkum a restaurování soch z polyesterového sklolaminátu umístěných v exteriéru

Survey and restoration of outdoor glass reinforced polyester sculptures

Knotek V.¹, Červinka J.², Křenková Z.¹

¹ Ústav chemické technologie restaurování památek, VŠCHT Praha

² Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice

E-mail: knotekv@vscht.cz

Počátky rozvoje použití polyesterových pryskyřic pro uměleckou tvorbu sahají do konce 50. let 20. století. Z počátku měly pryskyřice dočasně nahrazovat a imitovat tradiční, ale nákladnější sochařské materiály (kámen, bronz). Později vznikala svěbytná, především sklolaminátová díla, kde laminát tvořil skořepinu spojenou s vnitřní nosnou ocelovou konstrukcí. Do současnosti se zachovala pouze část exteriérových uměleckých děl vytvořených z polyesterových pryskyřic. Přesto, že jsou polyesterové pryskyřice považovány za materiály s dobrou odolností povětrnosti, vykazuje většina exteriérových soch více či méně závažné defekty vyplývající často ze zanedbané údržby. V příspěvku jsou představeny hlavní typy defektů vyskytujících se u polyesterových sklolaminátových děl. Nejzávažnějším poškozením jsou praskliny v celé tloušťce skořepiny, kterými může pronikat voda k vnitřní ocelové konstrukci. Při dlouhodobějším průniku vody může vlivem koroze dojít až ke zhroutilí sochy. V článku je představen postup průzkumu sklolaminátové sochy z 50. let 20 století s uvedením vhodných metod pro dokumentaci stavu díla. Závěrem jsou diskutovány vhodné restaurátorské zásahy pro maximalizaci životnosti soch.

ÚVOD

S rychlým rozvojem polymerních materiálů po druhé světové válce dochází k rostoucímu uplatňování plastů ve všech výrobních odvětvích. V důsledku vývoje nových polymerních hmot, které vykazují dosud nevídané vlastnosti a lze je snadno zpracovávat, začali s těmito materiály ve větší míře experimentovat také umělci. Ve světovém měřítku se polymerní materiály začínají prosazovat v umění především v druhé polovině 60. let. Na výstavě moderního amerického sochařství 60. let, která proběhla v roce 1967 v Country Museum (Los Angeles), bylo u většiny vystavených děl použito syntetických polymerních materiálů [1].

Vývoj v socialistickém Československu nebyl v oblasti aplikace moderních materiálů v umělecké tvorbě oproti světovým trendům nijak opožděn. První pokusy se koncentrovaly hlavně na aplikaci nových materiálů

The beginning of the use of polyester resins for artistic work date back to the late 1950s. Initially, resins were supposed to temporarily replace and imitate traditional but more expensive sculptural materials (stone, bronze). Later, original, especially fiberglass works were created, where the laminate formed a shell connected to the internal supporting steel structure. Until now, only part of the exterior works of art made of polyester resins have been survived. Although polyester resins are considered to have good weather resistance, most exterior sculptures exhibit more or less severe defects, often resulting from neglected maintenance. The main types of defects occurring in polyester fiberglass works are presented. The most serious damage is cracks in the entire thickness of the shell, because water can easily penetrate to the internal steel structure. In the case of prolonged water penetration, the statue may collapse due to corrosion. The article presents the procedure of exploring the fiberglass sculpture from the 1950s with the introduction of suitable methods for the documentation of the state of the work. Finally, suitable restoration interventions to maximize the life of the statues are discussed.

a technologií pro účely reprodukce uměleckých děl a jejich využití v památkové péči [2]. Zkoumáno bylo především využití polyesterové, popř. epoxidové pryskyřice, která měla sloužit hlavně jako náhražka bronzu a kamene v případě momentálního nedostatku finančních prostředků.

Postupem doby bylo upuštěno od použití polymerních materiálů pouze jako náhražky a docházelo k popularizaci nových materiálů s poukazováním na pozitivní vlastnosti pro výtvarné umění [3]. Skelné lamináty se prosadily především ve volné tvorbě, kdy byly využívány pro menší interiérová díla i monumentální realizace pro architekturu v exteriéru i interiéru. Z laminátu tvořili i klasicky orientovaní sochaři, jakými byli např. František Mrázek (Labuť, 1965; Malše, 1965), Jiří Hanzálek (Uzdravená, 1963), nebo Zdeněk Hošek (Hanačka, 1975). Progresivněji ladění umělci dokázali ve svých dílech lépe využít možnosti nových

pryskyřic. Příkladem je Slavoj Nejdle se svým dílem Letící racci (70. léta, přesný rok neznámý). Specifika a výhody využití skelného laminátu asi nejvýrazněji zúročil sochař Jiří Novák. Vyplývalo to již z podstaty Novákovy tvorby, která byla vždy silně koncentrovaná na postup a zejména technické otázky vzniku díla. Práci s laminátem se Novák systematicky věnoval zejména v 60. letech. V krátké době realizoval hned několik děl určených do veřejného prostoru. Velká část se bohužel nezachovala. Mezi významná zachovaná díla ze sklolaminátu patří Rychlost z pražských Strašnic (1959) a Motýlí křídla (1969) osazená v Liberci.

Z hlediska odolnosti jsou polyesterové pryskyřice považovány za velmi odolné působení povětrnostních podmínek. Účinkem UV záření však dochází k poměrně rychlému žloutnutí povrchu, v případě nepřítomnosti UV stabilizátorů [4]. Pro odolnost sklolaminátových uměleckých děl umístěných v exteriéru je kritická kvalita vrchní (gelcoatové) vrstvy, vyplývající z dodržení předepsané technologie zpracování a pečlivosti úpravy povrchu především v místech spojů jednotlivých segmentů díla. Při porušení povrchu a vzniku prasklin dochází k zatékání vody dovnitř laminátu a ke kontaktu se skleněnou výztuží. Přestože je skleněná výztuž vyrobena z hydrolyticky odolného skla, dochází postupem času k migraci kovových iontů na povrch skla, které při kontaktu s vodou vytvoří povlak hydroxidu rozrušujícího sklo [5]. V případě kontaktu vody se skleněnou výztuží dochází kvůli kapilárním silám k rychlému rozšíření působení vody skrz materiál. Tento stav vede k výraznému snížení pevnosti díla. Kritickým momentem je však prosakování vody až k ocelové výztuži laminátového díla, která je přítomna uvnitř. Účinkem vody začne ocelová výztuž korodovat a postupem času může dojít až k ohrožení stability díla.

V práci jsou popsány druhy poškození polyesterových laminátových soch s uvedením postupu průzkumu sochy Rychlost od Jiřího Nováka. Při průzkumu byl dán důraz na zjištění stavu kovové výztuže, který je zásadní pro stabilitu a životnost díla.

DRUHY POŠKOZENÍ LAMINÁTOVÝCH SOCH

Trhliny

Trhliny se mohou vyskytovat ve vrchní vrstvě laminátu (tzv. gelcoatu, pregelu) v různých velikostech od vlasových trhlin (Obr. 1) do cca jednoho milimetru (Obr. 2). Vznik prasklin v povrchové vrstvě laminátu je nejčastěji způsobený pnutím v místech spojů jednotlivých dílů nebo pohybem jednotlivých dílů např. v důsledku působení větru. Praskliny vznikají také v důsledku působení povětrnosti, kdy dochází ke štěpení vazeb polyesterové sítě (hydrolyza, fotolyza). Praskliny vrchní vrstvy mohou být způsobeny také mechanicky, např. nárazem předmětu do povrchu.

V případě absence nátěru plní vrchní gelcoatová vrstva laminátu estetickou a především ochrannou funkci, tím, že brání průniku vlhkosti ke spodním vrstvám obsahujícím skelnou výztuž. Při přítomnosti trhlin v horní vrstvě laminátu dochází ke snadnému pronikání vody k rozhraní pryskyřice – skelná výztuž, kde může kapilárně difundovat do vzdálenějších míst laminátu a snižovat mechanické vlastnosti a přispívat k další tvorbě prasklin [5].



Obr. 1. Vlasové praskliny v povrchové vrstvě laminátu
Fig. 1. Hairline cracks in the laminate surface



Obr. 2. Prasklina ve vrchní vrstvě laminátu
Fig. 2. Crack in the laminate top layer



Obr. 3. Prasklina v celé tloušťce laminátu
Fig. 3. Crack in the whole thickness of the laminate

Dalším typem jsou trhliny v celé tloušťce laminátu (Obr. 3). Tyto trhliny vznikají nejčastěji v místech spoje jednotlivých dílů laminátu. Spojování dílů bylo často prováděno jejich slícováním, vytmelením tixotropní pastou a přelaminováním z vnitřní strany. Pevnost takového spoje je dána především kvalitou provedení.

Praskliny v celé tloušťce laminátu ohrožují stabilitu díla možným oddělením jednotlivých částí a především umožněním pronikání vody přímo k vnitřní ocelové výztuži, což vede k její korozi a časem i snížení pevnosti.

Chybějící části vrchní vrstvy

Vytvoření povrchových prasklin vede postupem času k narušení soudržnosti vrchní vrstvy s vyztuženým podkladem. Výsledkem je ztráta větší části povrchové vrstvy a obnažení materiálu se skelnou výztuží. Vzniklou dírou může do spodních vrstev laminátu snadno vstupovat voda a nečistoty podporující další poškození laminátu.



Obr. 4. Chybějící část povrchové vrstvy laminátu
Fig. 4. Missing part of laminate surface layer



Obr. 5. Ztráta krycí vrstvy laminátu
Fig. 5. Loss of laminate cover layer

Menší díry v povrchu mohou být způsobeny vytvořením vzduchových bublin v gelcoatové vrstvě během tvorby díla a následná absence jejich odstranění po odformování díla. Vzduchové bubliny jsou kryty pouze tenkou vrstvou pryskyřice, která nemá dostatečnou ochranou schopnost a dochází k pronikání vody do materiálu. Takové místo se po čase oddělí od podkladu a vytvoří malou díru v gelcoatové vrstvě. Následným působením vody a dalších nečistot se může plocha chybějícího materiálu zvětšit. Příklady chybějících částí vrchní vrstvy laminátu jsou na Obr. 4 a Obr. 5.

Koroze vnitřní ocelové výztuže

V případě pronikání vody až k ocelové výztuži dochází k nárůstu korozní rychlosti. Častým projevem pronikání vody k ocelové výztuži je vytékání korozních produktů ve spodních částech plastiky. Korozní produkty mají typickou barvu rzi. Příklady vytékání korozních produktů výztuže jsou na Obr. 6.



Obr. 6. Vytékání korozních produktů ocelové výztuže přes prasklinu v noze sochy
Fig. 6. Outflow of corrosion products of steel reinforcement through a crack in the sculpture leg

Znečištění

V důsledku zanedbání údržby je většina exteriérových laminátových soch povrchově znečištěna. Pomineme-li znečištění povrchu korozními produkty železa diskutované výše, lze u soch nalézt několik druhů znečištění.

Biologické znečištění

Biologické znečištění představuje především výskyt mechtů, lišejníků a řas na povrchu laminátu (Obr. 7). Výskyt je hojnější ve stínu a vlhkých stanovištích, např. blízko vegetace. Biologické znečištění zadržuje vlhkost a může uvolňovat kyselé metabolity, které působí korozivně jak na polyesterovou pryskyřici (kyselá hydrolyza), tak na skelnou výztuž [5]. Kyselější povaha laminátu s biologickým znečištěním byla potvrzena měřením pH pomocí dotykové elektrody [6]. Mezi biologické znečištění patří také exkrementy drobných živočichů.



Obr. 7. Biologické znečištění v místech poškození vrchní vrstvy

Fig. 7. Biological contamination in places where the top layer is damaged



Obr. 8. Chybějící ruka laminátové sochy

Fig. 8. Missing hand of a laminate sculpture

Znečištění nátěrovými hmotami

Znečištění nátěrovými hmotami souvisí s vandalismem. Lze se setkat s laminátovými díly lokálně znečištěnými barvou, nápisy nebo graffiti. Z hlediska vlivu na laminátový objekt jde především o estetickou vadu. Odstraňování nátěrových hmot z povrchu skelných laminátů je ztíženo nutností použít prostředky nepoškozující polyesterovou pryskyřici nebo nátěrový systém, kterým může být socha natřena.

Znečištění prachovými nánosy

Povrch laminátových soch je postupně pokrýván prachovými částicemi především anorganického původu. Při kombinaci s produkty vznikajícími spalováním uhlovodíkových paliv, tzv. „městská špína“, dochází k tvorbě soudržné hmoty, která vytváří na povrchu krusty. Prachové nečistoty se snadno dostávají do prasklin a otvorů v povrchu, kde zadržují vlhkost a tvoří vhodné podmínky pro osídlení živými organismy.

Chybějící části díla

Chybějících částí laminátových děl jsou v dřívějších případech spojeny s vandalismem (Obr. 8). Oprava takového poškození spočívá ve vymodelování nové části z laminátu a její připojení např. přes kovový čep nebo přilepením k původnímu dílu. Velice problematická je modelace ztracené části při chybějící dokumentaci sochy před poškozením.

PRŮZKUM SKLOLAMINÁTOVÉ SOCHY „RYCHLOST“ OD JIŘÍHO NOVÁKA

Na Obr. 9 je zobrazen vzhled sochy „Rychlost“ v roce 1960 a 2016. Porovnáním obou fotografií lze vypořádat jisté rozdíly (např. nenabarvené kovové krčky, či vrchní špic), které byly způsobeny dvěma autorskými opravami v roce 1985 a 2001. Hlavní rozdíl představuje současná povrchová úprava. Původní dílo bylo probarveno ve hmotě polyesterové pryskyřice bez aplikace nátěrové hmoty. Při poslední autorské opravě byla socha natřena modrou barvou.

Poškození

Při průzkumu v roce 2016 bylo zjištěno, že socha obsahuje velké množství různých typů poškození. Vrchní vrstva byla na několika místech popraskaná a ztrácela soudržnost s podkladem. Modrý nátěr neměl dostatečnou odolnost a adhezi k podkladu, což zapříčinilo jeho smytí na několika místech. Na soše bylo nalezeno velké množství trhlin. Velikostně pokrývaly trhliny spektrum od desetin milimetru (Obr. 10) až přes jeden centimetr (Obr. 11). Většina nejzávažnějších trhlin, kterými může pronikat voda do vnitřního prostoru kon-

strukce, byla přítomna ve spojích jednotlivých dílů laminátové skořepiny. Pronikání vody dovnitř sochy bylo zřejmě ze znečištění patek sochy korozními produkty železa (Obr. 12).

Vzhledem k vytékajícím korozním produktům byl proveden endoskopický průzkum pro zjištění stavu vnitřní ocelové výztuže. Pro tento účel byly na několika místech vyvrtány otvory o průměru 8 mm. Místa, kde

byly vyvrtány otvory a směry zkoumání vnitřního prostoru endoskopem jsou na Obr. 13.

Průzkum byl proveden videoskopem Proxis XLVUC6130. Průzkumem bylo zjištěno, že vnitřní nosnou konstrukci tvoří převážně ocelové trubky místy zpevněné L-profilů a pásovinou. Konstrukce je silně povrchově zkorodovaná, přičemž největší korozní poškození vykazuje prostor nohou sochy (Obr. 14).



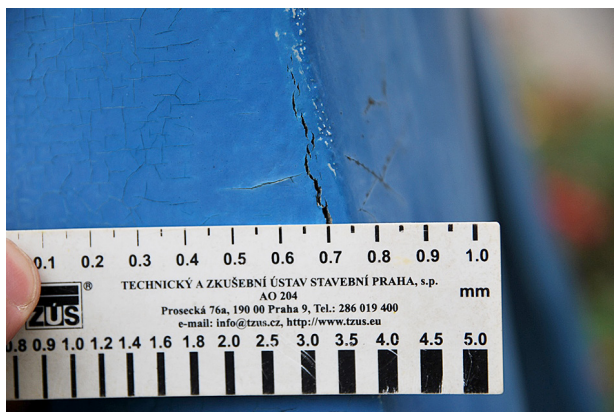
a)



b)

Obr. 9. Fotografie sochy „Rychlost“ a) z roku 1960 [6], b) z roku 2016

Fig. 9. Pictures of the sculpture „Rychlost“ a) in 1960 [6], b) in 2016



Obr. 10. Tenké trhliny ve vrchní vrstvě laminátu
Fig. 10. Thin cracks in the laminate top layer



Obr. 11. Široká trhlina v noze sochy
Fig. 11. Wide crack in the leg of the statue



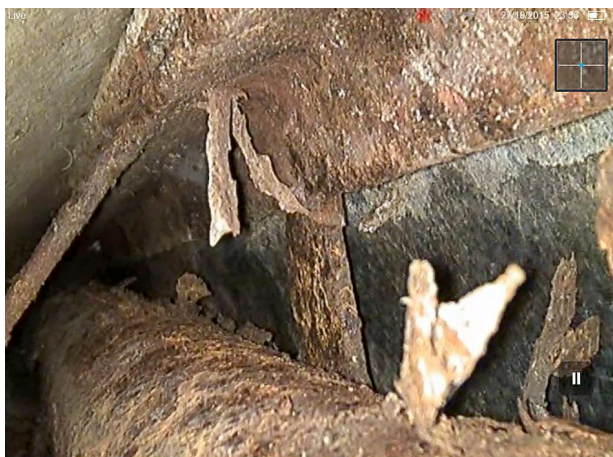
Obr. 12. Znečištění povrchu sochy korozními produkty železa

Fig. 12. Contamination of the statue's surface with corrosion products of iron



Obr. 13. Otvory pro endoskop (červeně) a směry průzkumu vnitřního prostoru (žlutě)

Fig. 13. Holes for endoscope (red) and interior survey directions (yellow)



Obr. 14. Pohled na zkorodovanou nosnou konstrukci v prostoru nohy sochy „Rychlost“

Fig. 14. View of the corroded supporting structure in the foot space of the statue „Rychlost“

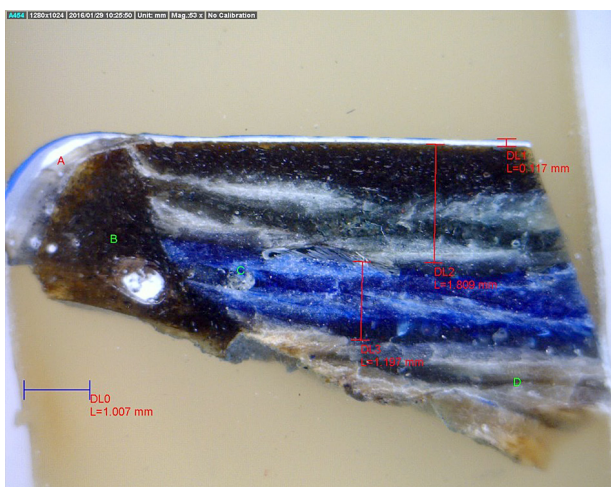
Materiálový průzkum

Pro materiálový průzkum byly odebrány vzorky z trhliny v noze sochy a ze zakončovacích patek nohou (viz Obr. 12). Dále byl využit materiál vzniklý při vrtání otvorů pro endoskopii. Stratigrafie odebraného vzorku byla pozorována digitálním mikroskopem DinoCapture 2.0. Pro zkoumání pryskyřice byl využit FTIR mikroskop Nicolet iZ10 v ATR módu s diamantovým krystalem a Ramanův mikroskop Nicolet DXR (laser 780 nm). Složení kovových patek bylo zjištěno pomocí SEM-EDS (Tescan Vega 2, Oxford Instruments).

Na Obr. 15 je znázorněna stratigrafie vzorku laminátu odebraného z nohy sochy „Rychlost“. Vzorek lze rozdělit na čtyři části, přičemž část označená písmenem „A“ představuje celoplošné převrstvení sochy zakončené modrým nátěrem pocházející z poslední autorské opravy. Vrstva „B“ je tvořena pryskyřicí a představuje pravděpodobně doplnění původního laminátu v rámci opravy.

vy v roce 1985. Vrstva „C“ představuje původní laminát probarvený ve hmotě z roku 1959. Poslední vrstva „D“ odpovídá pravděpodobně napojení skořepiny na nosnou kovovou konstrukci. Vrstva „A“ se skládá ze tří tenkých vrstev, jak je vidět z detailu na Obr. 16. Šedou a bílou podkladovou vrstvou pro modrý nátěr se nepodařilo identifikovat. Nicméně se pravděpodobně jedná o karosářský tmel.

Výsledky infračervené spektroskopie potvrdily, že původní pryskyřice odpovídá nenasycené polyesterové pryskyřici síťované styrenem. S největší pravděpodobností se jedná o typ pryskyřice Ch-S 104, která byla v 60. letech 20. století jediná dostupná a vhodná



Obr. 15. Příčný řez vzorku laminátu
Fig. 15. Cross section of the laminate sample



Obr. 16. Detail vrchní vrstvy vzorku laminátu
Fig. 16. Detail of the top layer of the laminate sample

pro ruční laminaci [8]. Ramanova spektroskopie prokázala přítomnost pigmentu ftalocyaninové modře, použité pro probarvení sochy ve hmotě.

Pomocí EDS analýzy bylo zjištěno, že patky sochy jsou tvořeny neželezným kovem se složením uvedeným v Tab. 1. Z Tab. 1 vyplývá, že jde o niklovou slitinu na bázi Ni–Cr.

Souhrn

Průzkum sochy „Rychlost“ od Jiřího Nováka odhalil velké množství poškození, z nichž nejzávažnějším byla značně zkorodovaná nosná vnitřní konstrukce v důsledku zatékání vody skrz trhliny v laminátu. Stav nosné ocelové konstrukce byl zjištěn opticky pomocí profesionálního endoskopu. Nejvíce zkorodovaná byla konstrukce v nohách sochy, což může ohrožovat statiku sochy a existuje zde reálné riziko jejího zhroucení.

Ochranou proti nadměrné korozi vnitřní ocelové nosné konstrukce je absence pronikání vody dovnitř sochy. Snaha o splnění této podmínky byla zřejmě předmětem dvou autorských oprav z roku 1985 a 2001. Opravami byl změněn původní vzhled sochy, kdy původně byla socha probarvena modrým pigmentem v pregelové vrstvě. Při poslední autorské opravě z roku 2001 byla socha převrstvena dvěma druhy tmelu a dostala modrý nátěr. Kvůli zanedbané údržbě vznikly u sochy četné trhliny, které zapříčinily její havarijní stav. Pro zamezení zániku sochy je nezbytný restaurátorský zásah.

V rámci restaurování sochy „Rychlost“ je velice vhodná náhrada zkorodované vnitřní výztuže za prvky z korozivzdorné oceli. Výměna či repase kovové vnitřní výztuže představuje v rámci restaurování laminátových soch nejnáročnější zásah, jelikož je třeba sochu rozřezat na jednotlivé díly a znovu sesadit. Po úspěšném restaurátorském zásahu je důležitá pravidelná údržba a kontrola stavu povrchu.

ZÁVĚR

Na konci 50 let 20. století začaly v bývalém Československu vznikat první polyesterové sklolaminátové sochy. Polyesterové pryskyřice použila ve svých dílech celá řada autorů. Do současnosti se zachoval pouhý zlomek vytvořených soch. Velká většina z dochovaných exemplářů obsahuje méně či více závažná poškození, která byla v rámci práce zmapována.

Tab. 1. Složení kovových patek sochy „Rychlost“ (Jiří Novák) / Composition of metal footings of sculpture „Rychlost“ (Jiří Novák)

Prvek	Al	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni
Obsah (hm. %)	2,61	2,11	1,40	20,64	1,17	3,52	68,55

Významným dílem z laminátu zachovaným do současnosti je socha „Rychlost“ od ak. soch. Jiřího Nováka. V práci byl popsán restaurátorský průzkum této sochy. Mimo velkého množství trhlin představovala nejzávažnější poškození vnitřní ocelová výztuž, což bylo zjištěno prohlídkou vnitřního prostoru endoskopem. Nevýhodou použití endoskopu je nutnost vyvrtání otvoru do sochy pro zavedení endoskopu. Na druhou stranu, jde o velmi jednoduchý a rychlý způsob zhodnocení stavu konstrukce. Základním předpokladem pro dlouhou životnost sklolaminátových soch je dobrá kondice vnitřní kovové výztuže a odpovídající údržba povrchu.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu České umění 50. – 80. let ve veřejném prostoru: evidence, průzkumy, restaurování, identifikační kód projektu DG 16P02B030. Projekt je podpořený Ministerstvem kultury v rámci Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI).

LITERATURA

1. Schätz, M.: *Moderní materiály ve výtvarné praxi*. SNTL: Praha 1982.
2. Richter, S.: Sochařství v novém materiálu. *Umění a řemesla* **1963**, 2, 58–63.
3. Svoboda, B.: Plastické hmoty a umění. *Technický magazín* **1970**, 10, 40–41.
4. Doležel, B.: *Odolnost plastů a pryží*. SNTL: Praha, 1981
5. Beranová, M.: *Koroze skelných laminátů*. Dizertační práce. VŠCHT Praha, 1985.
6. Popova, K.: *Čištění povrchu polyesterových skelných laminátů*. Semestrální práce. VŠCHT Praha, 2018.
7. Šplíchal, J.: Artlist – Centrum pro současné umění Praha, Rychlost. Dostupné z <https://www.artlist.cz/dila/rychlost-5348/>. (accessed 6.9.2019)
8. Slezák, O.: *Zpracování a použití polyesterových skelných laminátů*. SNTL: Praha, 1965.