

## Výroba laminátových forem

### Creation of fibreglass moulds

Josef Čepelka | restaurátor



#### Klíčová slova

Sewa-cryl | Elastosil | silikonový kaučuk | forma | kopie | výdusek | laminát

#### Key words

Sewa-cryl | Elastosil | silicone rubber | mould | copy | cast | laminate

#### Abstrakt

V oboru restaurování kamene a souvisejících materiálů je někdy nutné přistoupit ke zhotovení kopie. Různost materiálů, z nichž jsou originály vytvořeny, a požadavky na vlastnosti jejich náhrad otevírají několik možností. Vedle materiálových kopií a replik vyrobených stejnými postupy, jakými byly vytvořeny původní předlohy, se nabízí zhotovení negativní formy a následného výdusku či odlitku.

V současnosti je na trhu velké množství materiálů na výrobu forem a stejně tak je i řada výrobních postupů. Při formování rozměrných objektů, jakými mohou být například fasádní prvky a sochy, je samozřejmě nutné řešit i váhu samotné formy a možnosti manipulace s ní. Použití kvalitních silikonových kaučuků práci výrazně usnadňuje. Ty se z praktických i cenových důvodů nanášejí na rozměrné objekty v několikamilimetrové vrstvě a posléze se aplikuje další, pevná část formy, která slouží jako její opora pro zachování celkového objemu. Jako tradiční materiál na výrobu forem lze použít sádku, ta ale vyžaduje značné zkušenosti na zpracování i aplikaci. Kromě ní se však nabízí několik druhů materiálů, které umožňují nanášení v tenké, ale houževnaté vrstvě. Jedná se o laminační systémy na bázi epoxidů, polyesterů, ale i minerálně-organických pojiv. Jejich použití je zdokumentováno na několika příkladech, kdy tyto systémy sloužily nejen ke zhotovení forem, ale i odlehčených kopií do interiéru a exteriéru.

#### Abstract

In the field of restoration of stone and related materials it is sometimes necessary to make a copy. The difference of materials, which the originals are made of, and the requirements for the characteristics of their replacements, open up for new options. Besides material copies and replicas made in the same way as the originals, there is an option of creating a negative mould and subsequently its cast stone or cast.

At present, there are a lot of types of materials used for mould creation available on the market, as well as there is a whole range of production processes. When creating a mould for large objects such as facade elements and sculptures, it is crucial to bear in mind the weight of the mould itself and the options for its handling. The use of high quality silicone rubber facilitates the work immensely. For practical and financial reasons they are applied in a thin layer of a few millimetres all over the large object and subsequently another solid part of the mould is applied, serving as a support to keep the whole volume. A traditional material used for mould making is plaster, which requires considerable experience of how to create and apply it. At this point there is a choice of several types of materials that allow a thin and resilient layer to be applied. The material concerned is a fibreglass system based on epoxides, organic-mineral binders and polyesters. The use of the first two above mentioned methods is demonstrated on several examples, where they were used not only for making moulds, but also for creating lightweight copies aimed for presentation in the interior and exterior.

## Úvod

V oboru restaurování kamene a souvisejících materiálů je někdy nutné přistoupit ke zhotovení kopie. Různost materiálů, z nichž jsou originály vytvořeny, a požadavky na vlastnosti jejich náhrad otevírají několik možností. Vedle materiálových kopií a replik vyrobených stejnými postupy, jakými byly vytvořeny původní předlohy, se nabízí zhotovení negativní formy a následného výdusku či odlitku.

V současnosti je na trhu velké množství materiálů na výrobu forem a stejně tak existuje i řada výrobních postupů. Při formování rozměrných objektů, jakými mohou být například fasádní prvky a sochy, je samozřejmě nutné řešit i váhu samotné formy a možnosti manipulace s ní.

Dnes je nejrozšířenější výroba forem za použití silikonových kaučuků. Z praktických i cenových důvodů se na rozměrné objekty nanášejí jen v několikamilimetrové vrstvě. Ta je schopná zachytit při jejím kvalitním zpracování i velmi jemné detaily povrchu kopírovaného objektu a zároveň ji lze snadno sejmut. Použití kvalitních silikonových kaučuků je při požadavku na opakované používání formy samozřejmostí.

Na vytvrzenou vrstvu silikonového kaučuku se posléze aplikuje další, pevná část formy – kadlub, který slouží jako opora silikonovému kaučuku pro zachování celkového objemu. U tvarově komplikovaných forem se kadlub běžně vytváří z více částí pro zajištění snadného rozebrání hotové formy.

Tradičním materiálem na výrobu forem a kadlubů je sádra. Ta ale vyžaduje značné zkušenosti na zpracování i aplikaci. Klíčovým parametrem je správné dimenzování tloušťky kadlubu s ohledem na pevnost a úsporu hmotnosti formy. Pro zvýšení pevnosti lze sádru vyztužit sisalovými vlákny nebo jutou a na okrajích betonářskou ocelí. Problematické je ale vzájemné spojování rozměrných dílů formy a možné deformace vznikající při jejím vysychání.

V tomto ohledu se kromě samotné sádry nabízí využití několika druhů materiálů, které umožňují nanášení v tenké a houževnaté vrstvě. Jedná se o laminační systémy na bázi epoxidů, sádry s přídavkem polymeru, polyesterů a polyuretanů. Použití prvních dvou je zdokumentováno na několika příkladech, kde sloužily nejen na zhotovení forem, ale i odlehčených kopií pro interiér i exteriér.

## Ambasáda Spojených států Amerických, Vídeň

V rámci probíhající obnovy fasády amerického velvyslanectví ve Vídni bylo během restaurátorského průzkumu zjištěno, že obě téměř dvoumetrové vázy umístěné na vrcholu rizalitu vykazují závažná poškození. Vázami zhotovenými z umělého kamene na bázi portlandského cementu procházelo ve střední části několik vertikálních prasklin a nebylo možné vyloučit uvolnění některých částí a jejich pád na zem. Po zvážení možností restaurování těchto objektů bylo s ohledem na bezpečnost zvoleno jejich nahrazení novými výdusky.

Na výrobu formy byl vybrán kondenzační silikonový kaučuk Elastosil M 4541 od firmy Wacker a laminační systém na bázi sádry SEWA-cryl 001 firmy Sewa Chemie. Výsledná forma měla být co nejlehčí a zároveň dostatečně pevná, aby snesla samotné dusání a manipulaci při rozebírání. Bylo totiž zřejmé, že vrchní část vázy bude nutné dusat v převrácené poloze a následně ji otočit.

Samotná výroba formy probíhala následujícím způsobem. Po doplnění chybějících a poškozených částí byl štětcem aplikován separátor – vodný roztok methylcelulosity pro tapetářské účely. Na vyschlý povrch byla štětcem nanášena první vrstva silikonového kaučuku na celou formovanou část. Po zatuhnutí byly do druhé vrstvy na vybraných místech vlepeny kousky polyetylenové fólie s vytlisovanými zámkami, a vznikl tak základ dělicí roviny pro rozdělení kaučuku na více částí.

Po zatuhnutí kaučuku byly lepicí pásky přilepeny další kousky fólie a nanášena vrstva silikonu. Bylo se tak možné vyhnout tvorbě dělicího lemu z hlíny nebo sádry a pracovat na všech částech formy zároveň. K zajištění rovnoměrného nanášení kaučuku v relativně tenké vrstvě byly jeho jednotlivé vrstvy barevně odlišeny. Tento postup se osvědčil i při práci několika lidí na jednom objektu.

U velkých forem je nezbytné silikonový kaučuk do kadlubu ukotvit pomocí malých „špuntíků“, které se na závěr nalepí na silikon. Nehrozí tak zborcení a sesouvání kaučuku při skládání a manipulaci s formou.

Nespornou výhodou všech laminačních systémů je možnost spojování jednotlivých dílů vzájemným sešroubováním v místě okrajových lemů. Formu tak lze rozdělit na více částí a omezit množství klínů, kterými je jinak nutné zjednodušovat tvar formy. Klíny lze zhotovit ze sádry.



Obr. 1. Tělo vázy s vertikální prasklinou. Foto Josef Čepelka.



Obr. 4. Rozebírání hotové formy. Foto Josef Čepelka.



Obr. 2. Horní část vázy. Foto Josef Čepelka.



Obr. 3. Postupné nanášení SEWA-crylu se skelnou tkaninou. Foto Josef Čepelka.



Obr. 5. Formy během dusání. Foto Josef Čepelka.



Obr. 6. Balkon Neuer Markt 14, výchozí stav. Foto Mag. Christian Gurtner.

Jejich uchycení do tenkého kadlubu se řeší pomocí vrutu. Aby se z měkké sádky nevytrhl, vytvoří se kolem vrutu závit z drátu a ten se zapustí do ještě neztuhlého sádkového klínu. Po přelaminování vyčnívá z kadlubu pouze hlava šroubu.

Velké plochy lze pomocí SEWA-crylu laminovat poměrně rychle, malé a komplikované části forem jsou o něco náročnější. Po smíchání laminační pryskyřice a vytvrzovacího práškového komponentu vznikne řídká kaše, ve které se nasatí předem nastříhaná skelná tkanina a ta se přenesou na povrch silikonového kaučuku. Při ručním zpracování je u komplikovanějších tvarů výhodnější nanést více menších pruhů skelné tkaniny, které se navzájem překrývají a lze je lépe přitisknout k povrchu. Zároveň se částečným zdvojením vrstev zvýší pevnost výsledné formy. V případě váz z ambasády byly na plochy naneseny vždy dvě vrstvy tkaniny, na lemy tři vrstvy a dále zhotoveny výztuhy v podobě žeber, také ze SEWA-crylu. Samozřejmostí je vytvoření zámků při tvorbě lemů.

Hotovou formu je vhodné nechat den až dva vyschnout. Poté lze lemy jednotlivých částí pohodlně oříznout nebo zbrousit. V případě opracování mokré formy se totiž v řezu vytváří nepříjemné „bláto“ zanášející pracovní nástroje.

Před rozebráním formy je nebytně nutné uvolnit vruty upevňující sádkové klíny a provrtat odpovídající otvory v lemech pro spojovací šrouby (postačí M6). Ty slouží k pozdějšímu spojení jednotlivých částí formy. Seříznuté lemy zároveň poskytují přehled o přesnosti sestavení kadlubu.

Vytvrzená forma je velmi houževnatá a nehrozí tak její významnější poškození při rozebírání. Po sundání kadlubu následuje opatrné naříznutí silikonového kaučuku v místech lemu. Polyetylenová fólie se totiž nedotýká přímo kopírovaného povrchu, a je tedy nutné několik zbývajících milimetrů proříznout. Lem ze silikonového kaučuku je ale dostatečně široký a lze ho ukotvit v lemu kadlubu pomocí zmiňovaných „špuntíků“, čímž se zajistí dokonalá spára.

Konečná pevnost formy je daná až po jejím vyschnutí. Formu je vhodné skladovat ve spojeném stavu, aby se zabránilo možným deformacím během schnutí.

#### Barockhaus, Neuer Markt 14, Vídeň

U pohledu balkonu domu označovaného jako Barockhaus na náměstí Neuer Markt v centru Vídně docházelo k jeho rozpadávání a uvolňování drobných částí. Objekt byl dlouhou dobu zajištěn sítí, aby nedošlo ke zranění osob pohybujících se na velmi frekventovaném chodníku. Stavebně-historickým průzkumem bylo prokázáno, že balkonový podhled pochází z pozdější doby. Je částečně tvořen odlitky a štukem naneseným na ocelovém pletivu s podpůrnou kovovou konstrukcí. Pochozí plocha je tvořena čtyřmi vápencovými deskami podložených ocelovými I profily.

Po dohodě s příslušným odborem památkové péče bylo rozhodnuto o zhotovení náhrady poškozeného podhledu. S ohledem na termín prací stanovený na zimu, tedy období mimo

turistickou sezonu, a požadavky na bezpečnost nově vyrobeného prvku byl pro jeho výrobu vybrán výše zmiňovaný SEWA-cryl 001.

Stávající podhled byl částečně zbaven nesoudržných vrstev fasádních nátěrů a byla doplněna chybějící a poškozená modelace. Povrch byl opět separován vodním roztokem methylcelulose naneseným pomocí štětce.

Kvůli nízkým venkovním teplotám probíhaly formovací práce na zakrytém lešení s možností přitápění. Pro tyto extrémní podmínky byl vybrán silikonový kaučuk s adičním typem vytvrzování, konkrétně TFC typ 1 od firmy Troll Factory. Přes venkovní teplotu pohybující se v rozmezí o až 5 °C bylo možné lokálním ohříváním zajistit vytvrzení silikonového kaučuku do jedné hodiny od jeho nanesení. Kaučuk byl aplikován popsáním způsobem a byl nanesen jako jeden kus.

Pro zhotovení kadlubu byla vybrána epoxidová laminační pasta PE 664 firmy Trias Chem plněná uhlíkovými vlákny. Její lehkost a dobrá přilnavost k silikonovému kaučuku umožňovala její nanášení na podhled bez toho, aby se od něho před ztuhnutím odtrhávala. Kadlub byl nanesen v jedné, přibližně 1 cm silné vrstvě a celkem rozdělen na čtyři části.

Po vytvrzení epoxidové laminační pasty vzniká lehká a tvrdá skořepina. Lemy je opět vhodné zbrousit nebo seříznout a před rozebráním provrtat otvory pro spojovací šrouby. Jedná-li se o větší plochu, je pro její uvolnění od kaučuku nutné vyvinout značné úsilí. Aby nedošlo k poškození originálu nebo samotné formy, je nutné s tímto faktem počítat již na počátku formování. Jednou z možností je zalaminování vpustí pro stlačený vzduch nebo, jako v tomto případě, umístění uvolňovacích šroubů. Jedná se o jednoduchý krok. Na vybraná místa je na kaučuk upevněna kovová destička, nad kterou se v kadlubu ukotví například křídlová matka. Při rozebírání formy stačí pomalu otáčet jedním nebo více šrouby a kadlub se bez námahy odloučí od silikonového kaučuku.

Vlastní laminování probíhalo v ateliéru. Vzhledem ke tvaru formy ji bylo po sestavení nutné podepřít na připravených opěrných bodech a překontrolovat přesnou šířku budoucího výrobku pro bezproblémové osazení na fasádu.

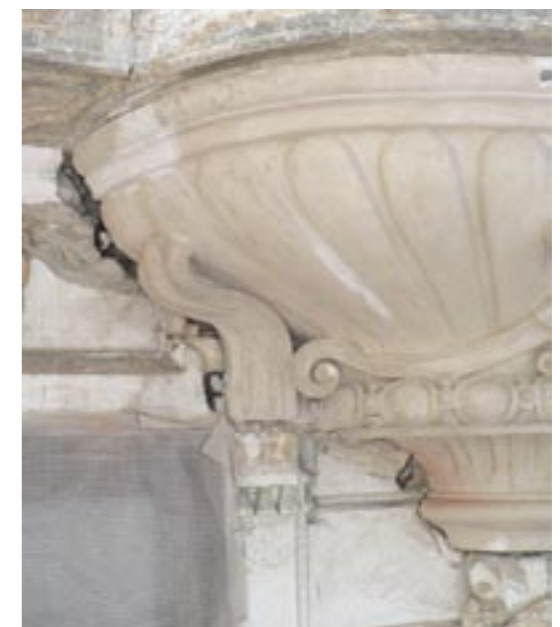
První tenká vrstva SEWA-crylu byla nanesena štětcem. Aby nedocházelo k přílišnému stékání, bylo v malé míře přidáno tixotropní aditivum. Druhá, o něco hustější vrstva, byla takéž



Obr. 7. Silikonový kaučuk před nanesením kadlubu. Foto Josef Čepelka.



Obr. 8. Dokončený epoxidový kadlub. Foto Josef Čepelka.



Obr. 9. Detail osazeného podhledu. Foto Josef Čepelka.



Obr. 10. Balkon Neuer Markt 14, finální stav. Foto Josef Čepelka.

nanesena štětcem. Třetí vrstva již byla laminována se skelnou tkaninou stejným postupem jako u forem na vázy z amerického velvyslanectví. Na závěr byly vyztuženy okraje, vlepena nerezová pásovina pro ukotvení na fasádě a v horní části zalaminován hliníkový profil pro zajištění lepší tvarové stability.

Nový pohled byl na fasádu upevněn pomocí nerezových závitových tyčí a chemické kotvy. Po dokončení dalších restaurátorských prací na celém balkonu a okolní štukové výzdobě byl celý objekt natřen silikonovou fasádní barvou.

#### Kopie náhrobní stély z Carnunta

V tomto případě vznikla ze SEWA-crylu kopie antického náhrobního kamene pro výstavní účely Musea Carnuntinum zaměřeného na antickou historii na území dnešního Rakouska. Téměř dvoumetrová stéla z místního vápence měla být na-

hrazena kopií z lehkého materiálu pro usnadnění manipulace při přípravě tematických výstav.

Vynikající kopírovací schopnost SEWA-crylu umožňuje zachytit všechny detaily zachycené silikonovým kaučukem a kopíruje tak i jednotlivá zrna a póry na povrchu kamene. Pro dosažení charakteru kopírovaného kamene je vhodné první vrstvy bez skelné tkaniny probarvit do požadovaného základního tónu. Jelikož laminační pryskyřice obsahuje akrylátovou složku, lze k tónování použít běžné malířské prostředky. Povrch kopie lze snadno patinovat do požadované podoby, a dosáhnout tak věrohodného povrchu.

Přestože má SEWA-cryl po vytvrzení oproti samotné sádře velmi nízkou nasákavost, je nutné výsledné produkty určené pro exteriér opatřit vhodnou ochranou proti povětrnostním vlivům, podobně jako u výše popsaného nového balkonového podhledu.

#### Resumé

S formami ze SEWA-crylu jde snadno manipulovat a lze z nich jednoduše zhotovit i více kopií. Jistou nevýhodou může být horší opracovatelnost. Proto je lepší použít pro zhotovení kopie z tohoto materiálu jednodílný silikonový kaučuk, a vyhnout se tak opracování v místech dělicích rovin.

Laminační pasty na bázi epoxidových pryskyřic mají své uplatnění při formování komplikovaných tvarů a požadavku na časté použí-

vání formy. Je ale nutné zvážit zdravotní rizika plynoucí z práce s tímto materiálem a zajistit odpovídající opatření pro ochranu zdraví.

Ve srovnání s uvedenými laminačními systémy je sádra jako tradiční materiál na kadruby cenově nejdostupnější. Sádrové kadruby jsou vhodné především na menší a středně velké objekty. Za předpokladu dostatečných zkušeností ji lze použít i na rozměrné formy. Při časté manipulaci se sádrovými formami a jejich opakovaném používání však hrozí jejich poškození.

Obr. 11. Náhrobní stéla, vpravo je vidět kopie před finální retuší. Foto Josef Čepelka.

