

# ***Nové typy plastov vo výtvarnej praxi***

projekt KEGA č.: 3/6501/08  
riešiteľ: Martin PIAČEK

Tento text vznikol vďaka grantu KEGA,  
Projekt č. 3/6501/08

**Nové typy plastov vo výtvarnej praxi**

*Moje poďakovanie patrí*  
*nasledovným spolupracovníkom:* Patrik Kovačovský,  
Silvia Jokelová,  
Richard Zozulák,  
Mirka Podmanická,  
Peter Machata,  
Peter Kováč,  
Peter Ondroušek,  
Miroslav Hric,  
Jan Janda,  
Peter Krupa,  
Rastislav Trizma,  
Richard Barger,  
Martin Kubina  
a ďalším, ktorí sa zapojili  
do riešenia grantu.

*V texte sú použité:* skúsenosti autora a spolupracovníkov,  
produktové informácie výrobcov,  
informácie z internetu  
a z knihy Polyméry vo výtvarnej praxi  
(M. Schätz, SPN Bratislava, 1978)

# OKRUHY TÉM

<b>Viacnásobné odlievanie</b> (+Všeobecné zásady formovania) .....	<b>4</b>
<b>Priesvitné odliatky</b> .....	<b>10</b>
<b>Odlievanie vytáčaním</b> .....	<b>13</b>
<b>Modelácia trvanlivých objektov a la prima</b> .....	<b>14</b>
<b>Penový polystyrén</b> .....	<b>15</b>
<b>Polyestery</b> .....	<b>16</b>
<b>Epoxidy</b> .....	<b>18</b>
<b>Laminovanie</b> .....	<b>19</b>
<b>Bezpečnosť a ochrana zdravia</b> .....	<b>21</b>

*Témy, ktoré budú doplnené v ďalšej aktualizácii:*

**Odlievanie vytáčaním** (špeciálne formy a vytáčacie hmoty)

**Mincový - nízky reliéf** (veľmi viskózne formovacie a liace hmoty)

**PMMA - plexisklo**

**Frézovacie materiály**

# VIACNÁSOBNÉ ODLIEVANIE.

V súčasnosti existujú pre potreby výtvarnej praxe dve základné riešenia tvorby formy pre viacnásobné odlievania: **sadrová delená** (prípadne aj klinová) **forma**, alebo **forma silikónová** (s využitím pomocných materiálov).

Nebudeme sa tu venovať klinovej sadrovej forme, nakoľko nepatrí do kategórie plastov. Jej výroba je náročná na zručnosť a skúsenosti, preto odporúčame zo začiatku pracovať pod odborným vedením.

Druhým typom formy je pružná forma, ktorej funkčná časť je vytvorená použitím elastomérov, čiže hmôt s kaučukovou elasticitou. V súčasnosti sú to hlavne rôzne druhy silikónov.

Pri odlievaní do pružnej formy dosahujeme najčastejšie malé série odliatkov (do 50 kusov), množstvo pre potreby výtvarnej praxe väčšinou dostačujúce. Je možné dosiahnuť aj väčšie série (nad 1000 kusov), najmä použitím odolnejších typov silikónov (napr. pri odlievaní betónových odliatkov).

## **VŠEOBECNÉ ZÁSADY FORMOVANIA**

Pre tvorbu silikónovej formy platia podobné spoločné pravidlá odlievania.

Veľmi dôležité je určenie si celého technologického postupu vopred.

**Forma je vo všeobecnosti negatívnym - obráteným priestorom originálu.**

**Tvar odliatku budujeme vo forme od jeho povrchu smerom dovnútra.**

Správna voľba postupu, napr. určenie deliacej roviny, nálevných otvorov, spevňujúcej kapsy, postup pri nalievaní alebo laminovaní, príp. pri vkladaní vnútornej konštrukcie, všetko s ohľadom na výsledný vzhľad, pevnosť a vyberanie odliatku, ako aj s ohľadom na zachovanie kvality formy. V tejto fáze sú rozhodujúce skúsenosti, materiálková predvídavosť a priestorová predstavivosť. Začiatočníkom doporučujeme odborný dohľad, alebo aspoň detailnú konzultáciu.

Taktiež treba vopred myslieť na zabezpečenie vhodného vetraného pracoviska a všetkého potrebného materiálu (vrátane váhy, odmerných valcov, misiek, špachtlí, štetcov, handier, rozpúšťadiel, separátora, pigmentov apod.) tak, aby sme nemuseli prerušovať prácu. V neposlednom rade myslíme na zaobstaranie adekvátnych osobných ochranných pomô-

cok (napr. rukavíc, zástery, okuliarov) a najmä kvalitného respirátora s protichemickým filtrom. Táto investícia sa nám rozhodne vyplatí a mali by sme s ňou rátať od začiatku práce s plastmi. (Viac v poslednom odseku Bezpečnosť a ochrana zdravia)

Zmiešavanie chemických zmesí, či už niekoľkých reaktívnych zložiek, alebo hlavnej zložky a katalyzátora podlieha základným pravidlám.

Rýchlosť chemickej reakcie (čiže vytuhnutia zmesi) pozitívne ovplyvňujú najmä:

### **1. množstvo pridaného katalyzátora**

(s percentuálnym podielom môžeme narábať len v úzkom intervale, aby sme nenarušili výslednú kvalitu a trvanlivosť materiálu)

### **2. teplota zmesi a prostredia**

(v teplom letnom počasí by sme mali mierne ubrať na podiele katalyzátora, aby sme si neskrátili pracovný čas. Pozor najmä na priame slnko, to môže viesť až k zapáleniu zamiešanej zmesi)

### **3. celkové množstvo zamiešanej zmesi**

(toto je veľmi dôležité upozornenie pre menej skúsených používateľov, ktorí sa chystajú na prácu väčšieho rozsahu. Naraz môžeme odvážiť a zamiešať len obmedzené množstvo materiálu. V prípade silikónu nám hrozí zatuhnutie v miske a strata roztierateľnosti. V prípade reaktomérnych živíc môže nastať vnútri zmesi reťazová reakcia vedúca k jej „zahoreniu“. Prejavuje to sa prudkým nárastom teploty, dymením a znehodnotením materiálu.)

## **ELASTOMÉRY**

Pôvodný materiál je **želatína**, predchodcom silikónovej formy bola forma želatínová. Aj keď je dnes už nevyužívaná, dlho tvorila hlavnú alternatívu k sadrovej forme. Rozšírenie (a zlacnenie) plastických materiálov v druhej polovici 20. storočia postupne ukončilo jej éru. Dnes je málo pravdepodobným technologickým riešením, ale pretože niektoré zásady práce sú podobné s dnešnými materiálmi, uvádzame stručný technologický návod podľa knihy Polyméry vo výtvarnej praxi (M. Schätz, SPN Bratislava, 1978).

Želatína sa používa mäkkčená vodou, glycerolom alebo inými zmäkčovadlami, ktoré predlžujú jej životnosť. Jej hlavné nevýhody sú : podlieha plesniam a ľahko sa roztápa - z toho vyplýva zmena tvaru aj pri miernom zahriatí, napr. pri tuhnutí sadry. Preto sa povrch formy v minulosti spevňoval tzv. kamencovaním, alebo sa sadrový odliatok z formy vyberal ešte pred svojím zahriatím. Výhoda želatíny je naopak v nízkej cene, opakovanom použití a jednoduchosti spracovania. Na výrobu pružných foriem je najvhodnejšia drvená (kryštalová) želatína, nie šupinková. Najprv sa želatína nechá napučať vo vode, najlepšie cez noc. Základný pomer je 4 diely želatíny na 1 diel vody. Na rozvarenie sa používa vodný

kúpeľ, aby teplota nepresiahla bod varu vody a želatína tak nedegradovala. Neustále miešanie zabraňuje tvorbe hrčiek. Pomer vody k želatíne sa môže meniť, od 1:2 pri vysoko elastických formách, pri tuhších až 1:5. Želatína sa odlieva pri jej čo najnižšej teplote, kvôli nižšiemu zmršťovaniu a menšej tvorbe bublín. Asi okolo 40-45°C (teplota na dotyk bez pocitu pálenia). Vhodné je odlievaný predmet nahriať, spôsobí to dlhší čas tuhnutia a lepšie zatekanie.

Pri príprave trvanlivej želatínovej formy sa namiesto vody používa glycerol. Ten, pridaný do vody, zlepšuje aj vlastnosti obyčajnej formy. Nie je však možné nahradiť celý objem vody naraz glycerolom (vznikla by drobná hmota). Najprv teda rozvaríme želatínu s vodou, počas varu postupne pridávame glycerol a pomaly varíme vo vodnom kúpeli do odparenia vody.

Nástupcom želatíny sú niektoré súčasné formovacie hmoty, využívajúce možnosť opätovného rozpustenia do tekutého stavu. Ich výhodou oproti želatíne je najmä väčšia trvanlivosť. Staršie obchodné názvy týchto PVC plastigélov česko-slovenskej produkcie sú **Solagel** a **Monagel**.

V súčasnosti je na trhu napríklad hmota **Gelflex** (fy.ACC Silicones). Dodáva sa v dvoch variantoch bielej (tvrdšej) a modrej (mäkšej), ktoré sa dajú vzájomne kombinovať. Základ práce s hmotou spočíva v jej rovnomernom zohriatí, uvedení do tekutého stavu a následnej aplikácii na formovaný predmet. Výhodné je hrubostenné zalievanie do masívnych gumených blokov, napríklad liatím zhora do pripravenej pevnej ohrádky. Nepotrebná forma sa nastrihá na malé kúsky a môže sa opäť použiť. Výrobca tejto hmoty síce sľubuje mnohonásobne opakovateľný cyklus zahriatí a stuhnutí, čo by znamenalo nepochybný ekonomický prínos, v praxi však jej využitie naráža na niekoľko problémov. Jedným z nich je obmedzené použitie na formovanie takých predmetov, ktorým neprekáža vysoká pracovná teplota roztopenej hmoty. Ďalším je náročnosť uvedenia do varu väčšieho množstva hmoty naraz. Treba ju tiež zohrievať vo vodnom (prípadne glycerínovom) kúpeli aby sa odo dna nepripekala. Hrčky, ktoré vzniknú pripečením sa z hmoty ťažko odstraňujú a zhoršujú jej kopírovacie schopnosti. Ďalším problémom, s ktorým sme sa stretli, je pomerne intenzívny zápach sprevádzajúci proces zohrievania hmoty. Napriek uvedeným výhradám je to materiál, ktorý má svoje opodstatnenie pri vhodne zvolenom využití.

**Silikónové kaučuky** – pre nás sú zaujímavé tie, ktoré sú použiteľné pri bežnej teplote, či už jednozložkové (rôzne stavebné tesniace alebo lepiace hmoty) alebo dvojzložkové napr. Lukoprén a iné.

Práca so samotným silikónom je popísaná v návode priloženom ku každému produktu. Dôležitým údajom je miešací pomer s katalyzátorom, látkou potrebnou na vytvrdnutie hmoty do jej výslednej pružnej, ale pevnej a nelepkej podoby. Niektoré silikóny ponúkajú na výber viaceré druhy katalyzátorov podľa rýchlosti ich pôsobenia (napr. výrobky ACC Silicones je možné vytvrdzovať niekoľkými typmi katalyzátorov, modrý = rýchly, červený = pomalší). Všeobecne platí, že pri odlievaní zvislých a členitých plôch volíme skôr väčšiu rýchlosť vytvrdzovania. Tam, kde si to môžeme dovoliť, teda pri jednoduchších menších objektoch, prevažne horizontálnych plochách a najmä pri jemnom reliéfnom povrchu (napr. mincový reliéf alebo tabule s písmom) je vhodné zvoliť pomalšiu rýchlosť reakcie. Dosiahne sa tak lepšia zatekavosť hmoty, lepšie kopírovanie povrchu originálu a zmenší sa riziko vzduchových bubliniek.

Na trhu sú v súčasnosti dostupné viaceré druhy formovacieho silikónu. Asi najznámejším a najdlhšie používaným produktom je **Lukoprén**, českej firmy Lučební závody Kolín ([www.lucebni.cz](http://www.lucebni.cz)). Vzhľadom na jeho dostupnosť a všeobecnú známosť, budeme aj ostatné výrobky porovnávať s ním.

**Lukoprén** má malú priľnavosť (adhéziu) k ostatným materiálom, čo je vhodné pri menšej potrebe separovania. V prípade, že si želáme priľnavosť zvýšiť, používajú sa tzv. primery, ktoré ako náterová medzivrstva zabezpečujú pevné spojenie s ostatnými materiálmi, najmä kovmi.

Na čistenie pri práci s Lukoprénom je najlepší toluén alebo perchlór.

Hmotu je dôležité pred použitím dobre premiešať od dna a tak ju zhomogenizovať. Pri tom ale vzniká množstvo vzduchových bubliniek, ktoré odstránime ďalším čakaním alebo vo vákuu. Bublínky v hmote vznikajú aj za pôsobenia vyšších teplôt.

Difúzna vulkanizácia- povrch kaučukovej hmoty sa natrú alebo nastrieka katalyzátorom (bez ich vzájomného premiešania) a zvyšok katalyzátora sa po vulkanizácii odstráni acetónom. Dá sa tak dosiahnuť vrstva okolo 2 mm. Pri hrúbkach nad 6 mm je vhodné použitie menšieho množstva katalyzátora, kvôli spomaleniu uzatvorenia sa vrchnej vrstvy, tá by odizolovala zvyšok hmoty od vzdušnej vlhkosti a spomalila jej vulkanizáciu. Pri odlievaní do uzavretých foriem je vhodné do Lukoprénu pridať niekoľko kvapiek vody a zamiešať ich, ešte pred pridaním katalyzátora.

Lukoprén možno farbiť, najlepšie anorganickými práškovými, prípadne aj organickými farbivami pokiaľ sa nevyžaduje tepelná odolnosť.

Odlievacie silikónových kaučukových zmesí – dôležitá je vhodná separácia (5% roztok parafínu v xyléne, včelí vosk rozpostený v perchlóre, voskové mlieko, prípadne iný separátor).

Odlievanie epoxidov a polyesterov – pri opakovaní ich odlievania dochádza narúšaniu povrchu formy. Pri polyesteroch je veľmi výrazné, forma zväčšuje objem, preto je Lukoprén na odlievanie polyesterov v zásade nevhodný (viac v odseku Polyester). Odporúčanou regeneráciou formy je zahriatie na 150°C počas 8 hodín.

Objemová reakcia silikónov na niektoré chemikálie sa tradične využíva pri sochárskom zväčšovaní alebo zmenšovaní reliéfnych tvarov (mince, medaily, tabule, erby..). Pri správnom postupe je možné dosiahnuť vizuálne veľmi presné kópie. Na členitejšie priestorové tvary tento postup nie je vhodný, najlepšie sa pracuje s jednoduchou jednostrannou formou, liatou zhora, bez sadrového kopyta, ktoré by obmedzovalo tvarovú zmenu.

Možnosti proporcionálnej zmeny (a iné) dnes ponúkajú v oveľa lepšej kvalite aj digitálne technológie (3D skener, následne 3D tlačiareň alebo fréza). Ich (ne)dostupnosť však môže byť dôvodom návratu k postupom starej školy. Okrem cenovej nenáročnosti je pre mnohých dôvodom aj technologická jednoduchosť a samostatnosť pri práci.

**Zväčšovanie** reliéfov pomocou napučanej silikónovej gumy – Lukoprénový odliatok, ktorý následne chceme zväčšovať napúčaním, by mal byť vytvrdený menším ako predpísaným množstvom katalyzátora (pre dosiahnutie maximálneho zväčšenia), rovnako ako je dôležité jej dôkladné premiešanie, kvôli pravidelnosti napúčaných väzieb.

Napúča sa použitím toluénu, či už pôsobením jeho pár v uzavretom priestore alebo priamym ponorením do neho. Proces treba kontrolovať a je možné ho kedykoľvek prerušiť. Teoreticky je možné dosiahnuť až štvornásobné zväčšenie odliatku. Pri dosiahnutí požadovaného zväčšenia sa odliatok sníme do sadry, ktorú možno ešte retušovať a prípadne pomocou nasledujúceho silikónového odliatku z nej celý proces ľubovoľne opakovať.

**Zmenšovanie** reliéfov pomocou zriedených odlievacích hmôt. Do zamiešanej odlievacej zmesi Lukoprénu s katalyzátorom sa primieša rozpúšťadlo (s vyššou teplotou varu, napr. xylén). Po prebehnutí prvej fázy vulkanizácie musíme pružnú formu opatrne sňať a premiestniť na rovnú podložku. Pri jej tuhnutí bude zároveň prebiehať aj odparovanie rozpúšťadla a nastane rovnomerné zmrštenie odliatku.

## **ĎALŠIE SILIKÓNY PRE FORMOVACIE ÚČELY:**

Výrobky firmy Axson, produktovej rady Essil. Najmä typy Essil 125 (porovnateľný s výrobkom Lukoprén) a Essil 112 (porovnateľný s Lukoprénom Super). Viac technických informácií na [www.axson.cz](http://www.axson.cz).

Výrobky firmy ACC Silicones (domovská stránka [www.acc-silicones.com](http://www.acc-silicones.com)) možno objednať na [www.re-art.sk](http://www.re-art.sk). Väčšina týchto produktov má vynikajúce mechanické vlastnosti a nevyžadujú použitie armovacích textílií. Naopak, prídavné materiály by boli prekážkou rozťažnosti, ktorá pri niektorých typoch dosahuje desaťnásobok pôvodného rozmeru.

Pri väčších množstvách je určite vhodné vyhľadať si miestneho dodávateľa a odoberať za lepšie ceny. Výhodou oproti bežnému obchodu je odborné poradenstvo pri výbere vhodného typu, prípadne dodávka priamo na miesto vo väčšom balení.

Pri práci na pružnej forme treba zohľadniť aj charakter materiálu, ktorý do nej chceme odlievať. Najjednoduchšie je odlievanie takých materiálov, ktoré nevyžadujú separáciu (alebo len minimálnu) a sú dostatočne pevné pri vyberaní. (sádra, epoxid, prototypovacie materiály – napr. produktový rad F od firmy Axson, tzv. fast-cast materiály).

# PRIESVITNÉ ODLIATKY

Priesvitné odliatky sú veľmi žiadaným produktom výtvarnej práce. S ich vyhotovením ráta množstvo autorských umeleckých či reklamných koncepcií. Ide však o jeden z najzložitejších problémov z hľadiska technologickej a cenovej náročnosti.

Okrem (zatiaľ) vysokých nákupných cien kvalitných plastov je tu niekoľko najčastejšie sa opakujúcich problémov:

**1. bublinky** (prípadne zákal) vnútri odliatku. Bublinky vznikajú miešaním zmesi, jej nalieváním, prípadne štetcováním, vznikajú tiež tesne pred zatuhnutím na dotyku so stenami formy, ako aj na prípadnom vloženom objekte. Niektoré kvalitné druhy priesvitných hmôt majú veľmi dlhý reakčný čas tuhnutia, čo pomáha samovoľnému odvzdušneniu odliatku. Pomôcť tomuto procesu môžeme tiež opatrným miešaním od dna a pomalým nalieváním hmoty do formy tenkým prúdom po paličke. Najlepšia možnosť je odvákovanie zmesi v podtlakovej komore. Zákal v odliatku je väčšinou spôsobený technologickou chybou pri odlievaní (primiešanie nečistôt zo stien formy, nevhodný druh separátora, teplotné výkyvy pri odlievaní, nevhodne skladovaný alebo expirovaný materiál). Bublinky spôsobuje tiež prítomnosť vody (vlhkosti) v zmesi počas odievania.

**2. malá UV odolnosť odliatku** vedúca k jeho zažltnutiu. Najčastejšou požiadavkou je dosiahnutie neutrálnej (chladnej) farebnosti odliatku podobnému sklu, čo je však možné len pri najkvalitnejších a najdrahších materiáloch. (Napríklad produkt PX 521HT firmy Axson)

**3. náročné prifarbovanie.** Väčšina farbív spôsobuje stratu priesvitnosti, nakoľko pozostávajú z jemne mletých pigmentov. Farby do priesvitných odliatkov primiešavame vo veľmi malých množstvách (rádovo veľkosti špendlíkových hlavičiek) a robíme si priebežné skúšky na malých vzorkách. Ideálne sú tzv. chemické farby, u ktorých je výsledný odtieň výsledkom chemickej reakcie a dá sa dosiahnuť aj veľmi intenzívny tón. [www.barnes.com.au](http://www.barnes.com.au) (Pigments – Translucent dyes)

**4. náročnosť povrchovej úpravy** odliatkov. Priesvitnosť vyžaduje úplne hladký, leštený povrch, odliatky sú náchylné na poškrabanie. Brúsime ich väčšinou „na sucho“ pri nízkych otáčkach a citlivom prítlaku, aby sme neprehriali povrch materiálu. Na leštenie sú vhodné špecializované pasty, prípadne pasty pre ručné leštenie autolakov. Zjednotiť nerovnomerne vyleštené povchy môžeme aj nalakovaním.

**5.** často sa opakuje požiadavka na **vkladanie objektov do odliatku**, vyžaduje sa suchý, pevný a nemastný povrch, napriek tomu sa často vyskytuje tvorby bubliniek na povrchu objektu, ktoré znejasňujú jeho tvar. Preto, ak je to možné, penetrujeme vkladací objekt v riedkej zmesi použitej priesvitnej hmoty ešte pred jeho zaliatím a necháme zatuhnúť. Tým z veľkej miery potlačíme dodatočnú tvorbu bubliniek v odliatku, vznikajúcich podtlakom pri tuhnutí. Týka sa to najmä poréznych materiálov (drevo, textil..) a povrchovo nepevných alebo prašných materiálov, ktoré by mohli oddeľujúcimi sa čiastočkami „zašpiniť“ odliatok. Objekty pokladáme na prvú zatuhnutú vrstvu materiálu, ak chceme, aby sa vo výslednom objekte „vznášali“.

**6. obmedzenia pri liatí väčších množstiev naraz** (viď Základné pravidlá odlievania). Z toho vyplýva liatie hrubších odliatkov po vrstvách, ktoré sú však neskôr vo vytuhnutom odliatku viditeľné. Každý materiál má inú toleranciu na objem naraz spracovateľného množstva, preto je vhodné robiť si skúšky. Znížením podielu katalyzátora, prípadne podchladením celej zmesi môžeme dosiahnuť hrubšie zalievacie vrstvy. Rizikom je vznik vnútorného pnutia, ktoré sa môže prejaviť prasklinami, napríklad pri manipulácii, alebo pôsobením priameho slnečného svetla.

**7. obmedzenia pri laminovaní** s úmyslom dosiahnuť škrupinový odliatok. Vyžaduje sa vkladanie vrstiev zosilňujúceho sklotextilu, kvôli dosiahnutiu pevnosti, čo však pôsobí proti priesvitnosti. Navyše tupovanie sklotextilu štetcom do živice vnáša do odliatku množstvo bubliniek. Rovnako je to aj s inými typmi výstuže, lúčov, káblov apod., ktoré sú v odliatku viditeľné na úkor dokonale priesvitného vzhľadu.

Tradične využívaným materiálom v našich končinách je český produkt **Dentakryl**, vyrábaný už od šesťdesiatych rokov. Je to zalievacia hmota na akrylovej báze, využívaná v zubných laboratóriách, v elektrotechnike, či pri tvorbe priesvitných učebných preparátov. Tuhne pomerne rýchlo, pri tuhnutí vyvíja teplo až 120°C. Hrozí riziko zahorenia. Použitie vývevy na odstránenie bubliniek je obmedzené, vzhľadom na jeho rýchly reakčný čas. Pre zvýšenie čírosti zmesi je možné pridať chloroform. Pri styku s mastnotou netuhne, leptá takmer všetky druhy plastov. Pri práci intenzívne a škodlivo páchne, preto doporučujeme kvalitný respirátor. Pôsobením času mierne „vysychá“, znižuje objem a môže sa deformovať. Väčšie odliatky časom praskajú. Napriek tomu je cenovo výhodný pri rýchlej tvorbe menších odliatkov, napríklad v šperkárstve či modelárstve. Dodáva sa aj v menších baleniach. Objednávka napr. cez [www.swt.sk](http://www.swt.sk)

Živice na tvorbu priesvitných odliatkov sú aj v portfóliu firmy Axson. Ide o epoxidovú radu **Translux** (150, 180, 260) a polyuretanovú živicu **PX 521**. Rada epoxidových živíc Translux obsahuje UV stabilizátory, vďaka čomu je pomerne odolná zmenám farebnosti (zažltnutiu). **Translux 150** je možné dosiahnuť vo forme priesvitnej gumy až po tvrdý leštiteľný odliatok povolenou zmenou miešacieho pomeru. Je možné ho tiež odlievať vo väčších množstvách naraz (až 10litov). **Translux 180** je vhodný na odlievanie menších leštiteľných odliatkov. **Translux 260** má po odliatí gumovitý charakter, ktorý komplikuje dodatočné leštenie a kladie nároky na dobré spracovanie a separáciu formy. Ideálne je získať finálnu kvalitu vybratím z formy, prebytok separátora sa z odliatku ťažko odstraňuje a znepríehľadňuje povrch.

Polyuretanová živica **PX 521** má najlepšie optické vlastnosti. Nežltne a má neutrálny tón číreho skla. Pretože sa však vytvrdzuje temperovaním na 70°C, je nutné vyriešiť zahrievanie celej formy požadovaný čas podľa návodu.

# ODLIEVANIE VYTÁČANÍM

Odlievania vytáčaním umožňuje výrobu uzavretých škrupinových odliatkov. Používa sa v množstve priemyselných aplikácií, najmä pri malosériovej výrobe. Vyžaduje totiž menej náročnú formu ako je kovová forma na vstrekovanie plastov. Forma na vytáčanie môže byť aj laminátová, čo umožňuje jej výrobu aj v domácich podmienkach.

Podstatnou technologickou vlastnosťou materiálov použiteľných na odlievania vytáčaním je ich nižšia viskozita a najmä schopnosť zatuhnúť v predpísanom čase v celom objeme. To umožňuje vznik relatívne rovnomernej škrupiny odliatku, bez rizika, že nezatuhnutý materiál stečie nadol.

V rámci projektu sme testovali špeciálnu vytáčaciu hmotu **RIM 832** (firma Axson). Napriek tomu, že v technickom popise ponúka zaujímavé vlastnosti, práca s ňou je náročná, pretože vyžaduje zahrievanie počas doby polymerizácie.

# MODELÁCIA TRVANLIVÝCH OBJEKTOV A LA PRIMA

Máme na mysli použitie takých materiálov, ktoré umožňujú modeláciu podobnú práci s hlinou, ale zároveň ostávajú aj finálnym materiálom, vďaka následnému vytvrdeniu (vnútornou chemickou reakciou, najmä vplyvom vzduchu či tepla). Sú relatívne pevné a trvanlivé, a je možné ich dodatočne upravovať.

Z minulosti je známy materiál domácej produkcie s obchodným názvom **Modurit** ([www.modurit.cz](http://www.modurit.cz)). Je to modelovacia hmota, ktorá sa vytvrďuje vo vriacej vode alebo v horúcom vzduchu. Po vytvrdení sa dá mechanicky opracovávať a farbiť. Je zdravotne nezávadná a nehorľavá.

Pri tvorbe tejto kapitoly sme plánovali vyskúšať aj produkt **Varaform**, teplom tvarovateľnú textíliu firmy Axson. Nepodarilo sa nám ho zohnať, pretože sa už nevyrába. išlo o teplom tvarovateľnú textíliu, z ktorej sa dali vytvárať relatívne pevné a ľahké škrupinové odliatky. Na podobnom princípe fungujú aj niektoré zdravotnícke materiály, napríklad tzv. rýchle dlahy a ortézy ([www.sk.hartmann.info](http://www.sk.hartmann.info)). Väčinou sa však dodávajú v malých rozmeroch.

**Epopast** (firma Axson) je pastózny epoxid so zamiešaným obsahom nastrihaného skleneného vlákna (dĺžka vlákien okolo 30mm), určený primárne na výstuž foriem. Pohodlne sa mieša a spracováva (aj ručne v rukaviciach) a rýchlo tuhne. Dajú sa s ním dosiahnuť pevné a ľahké kopytá pružných foriem aj pri malej použitej hrúbke.

**SC 258** (firma Axson) je dvojzložková epoxidová modelovacia pasta s obsahom plniva (Aerosilu) . Dodáva sa v 10l baleniach. Spracováva sa ručne v ochranných rukaviciach. Po premiesení sa aplikuje napríklad na drôtenú konštrukciu, pretože je veľmi mäkký a nedrží tvar. Vytuhnutý sa dá mechanicky opracovávať a farbiť. Je ľahký a pevný.

# PENOVÝ POLYSTYRÉN

Penový polystyrén patrí medzi tzv. styrénové polyméry. Bloky sa vyrábajú sa lisovaním pod tlakom, teplom a vplyvom pár do kovových foriem. Perličky sa dajú speňovať do foriem aj v ateliérových podmienkach, zahrievaním vo vriacej vode, zrením a následným spečením vo forme. (viac v knihe Polyméry vo výtvarnej praxi (M. Schätz, SPN Bratislava, 1978, str. 139)

Opracúva sa mechanicky alebo pomocou tepla (horúcimi nástrojmi, odporovým drôtom...). Lepí sa rôznymi lepidlami (epoxid, Duvilax, sadra...), spoje však majú väčšiu pevnosť ako samotný materiál, čo je dôležité vedieť pri ďalšom opracúvaní, napr. brúsení.

Dá sa použiť aj na odlievanie kovu, ako priamy model, ktorý sa zaformuje a bez odstránenia zaleje kovom. Dá sa tiež použiť ako negatívna forma (napr. na betón), ktorá sa po použití odleptá acetónom.

Ak plánujeme na polystyrénový povrch nanášať vrstvu sadrového tmelu, je vhodné ho najprv natrieť akrylom alebo latexom. Povrch sa spevní a ďalej nesaje vodu pórmi. Pevnejší povrch polystyrénového podkladu oceníme najmä pri brúsení povrchového tmelu.

Povrch polystyrénu sa dá protipožiarne ošetriť náterom roztoku vodného skla.

Výrobcovia napríklad:

[www.izomat.sk](http://www.izomat.sk)

[www.austrotherm.com](http://www.austrotherm.com)

## **POLYESTERY A EPOXIDY**

Reaktoméry – syntetické polyméry najmä vo forme živice. Po vytvrdnutí sa vnútri hmoty vytvoria pevné a husté väzby. Majú široké spektrum použitia, pre svoju tvrdosť, relatívnu ľahkosť a nerozbitnosť, opracovateľnosť, odolnosť a stálosť. Ide najmä najmä o polyesterové a epoxidové živice, laminačné a lejacie hmoty.

## **POLYESTERY**

Pôvodným výrobcom v Československu bol Spolek pro chemickou a hutní výrobu v Ústí nad Labem s označením ChS-Polyester. Dnes vyrába a predáva na Slovensku polyestery napríklad firma Dipex ([www.dipex.sk](http://www.dipex.sk)) v Seredi alebo firma Polyvia – S v Ivanke pri Nitre ([www.polyvianova.cz](http://www.polyvianova.cz)).

Polyester je niekoľkonásobne lacnejší ako epoxid a tuhne rýchlejšie. Využíva sa väčšinou na výrobu väčších laminovaných odliatkov ako sú bazény, lode, časti lietadiel a podobne. Jeho základnou nevýhodou je tvarové a objemové zmrštenie po odliatí, ako aj dlhotrvajúci zápach spôsobený odparujúcim sa styrénom (najmä na slnku). Tento jav sa dá potlačiť uzavretím povrchu náterom. Použitie polyesteru je výhodné pri veľkých a jednoduchých tvaroch, ako aj pri potrebe rýchlej práce. Na odlievanie tvarovo členitejších sôch a na niektoré špeciálne namáhané konštrukcie (napr. vrtule veterných elektrární) sa používa epoxid.

Aj keď sú do dodávanej hmoty pridávané inhibítory zabraňujúce samovoľnému vytvrdnutiu, staršia skladovaná hmota môže zle vytvrdzovať a ostávať na povrchu mäkká a lepavá. Tento jav sa dá čiastočne odstrániť rozpúšťadlami (napr. acetón). Je vhodné zabrániť styku povrchu hmoty s kyslíkom a vzdušnou vlhkosťou, skladovať hmotu dostatočne izolovanú a nie po záruke. Rovnako platí zásada včasnej spotreby aj pre katalyzátor. Tvrdenie hmoty spomaľuje aj vlhkosť foriem, pridanie nevhodných pigmentov, medi alebo napr. exotických druhov drev.

Syntetická živica po zamiešaní reaguje pomerne rýchlo, pričom sa uvoľňuje teplo. Polyester tuhne rádovo pár hodín, epoxid zhruba pol dňa (prípadne cez noc). Práca s polyesterom je teda rýchlejšia, za deň sa dá stihnúť niekoľko vrstiev.

Treba dávať pozor na množstvo naraz spracovávanej zmesi, nenechávať ju vo väčších množstvách v miske, ale ju rýchlo rozhádzať na väčší povrch a až potom detailne rozotierať.

V prípade, že zmes z nejakého pôvodu tuhne príliš pomaly, môžeme proces urýchliť pôsobením tepla alebo napr. infračervenej lampy.

Zmes sa zahusťuje proti stekaniu pridaním plnidla, napr. suchých drevených pilín, ale najčastejšie jemného extrudovaného skleneného prachu (napr. Aerosil). Tento je veľmi ľahký a po zamiešaní do živice a jej odložení na „odbublinkovanie“ sa pomalšie usádza na dne.

Pozor na nadýchanie, spôsobuje silikózu - ostáva natrvalo v pľúcach!

Niekedy sa pridávajú špeciálne plnivá na dosiahnutie výtvarného účinku (piesok, piliny, mramorová múčka, grafit..).

Polyester veľmi dobre leptá penový polystyrén a vyplňa po ňom celý priestor.

Pri odlievaní polyesteru je negatívnym javom nechcená tvarová zmena silikónovej formy, pretože uvoľňujúci sa styrén formu napúča a poškodzuje. Forma sa takto zväčší a tvary zdeformujú, po prerušení kontaktu sa forma opäť postupne stiahne. Táto reakcia sa dá v nevyhnutnom prípade potlačiť dôkladnou separáciou formy, najprv masťou zložkou (včelí vosk rozpustený v perchlóre, separačný sprej..) a potom natretím tekutým **PVA** (polyvinylalkoholom), ktorý po zaschnutí vytvorí priesvitný film. Táto tenká vrstva sa preniesie aj na hotový odliatok, z ktorého sa ale dá ľahko umyť teplou vodou a saponátom. Tento spôsob ochrany však nie je dokonalý a treba ho opakovať, čo výrazne predlžuje čas odlievania.

Na bezpečné odlievanie polyesterov je potrebná špeciálna formovacia hmota, napr. na polyuretánovej báze. Zo silikónov je možné využiť napr. polyadičný silikón **Essil 291** od firmy Axson, alebo viaceré typy silikónov od ACC Silicones.

# EPOXIDY

Epoxidy sa používajú hlavne na lepenie a laminovanie (aj keď sú drahšie ako polyester). Ťažko sa lejú do blokov, kvôli uvoľňovaniu tepla pri tuhnutí, z čoho vyplýva možnosť zahorenia, alebo neskoršie vnútorné pnutie odliatku. Aj dobre odliate predmety môžu vplyvom nadmerného tepla (umiestnenie na slnku) mäknúť a meniť svoj tvar. Oproti polyesterom však po vytvrdnutí takmer nemenia svoj objem (polyestery až o -5%) a sú celkovo odolnejšie.

Tak ako pri polyesteroch, je dobré pred každou prácou odskúšať typ živice, správne plníva a farbivá a priebeh tuhnutia. V tenkých vrstvách tuhnú epoxidy dosť pomaly, až 24 hodín (napr. lepidlá). Preto je napríklad pri retušovaní epoxidových odliatkov lepšie použiť polyesterový tmel - napríklad karosársky.

Ako lepidlá sa nehodia na lepenie plexiskla, tvrdého a mäkkého PVC, polyetylénu, polypropylénu a kompaktného polystyrénu (penový polystyrén sa lepí dobre). Vhodné sú na lepenie množstva ďalších materiálov (kovy, kamene, keramika, drevo, guma, bakelit..), so suchým a odmasteným povrchom.

Najčastejšie používané epoxidy u nás sú od firmy Svegal ([www.svegal.sk](http://www.svegal.sk)). Dodáva dva hlavné typy epoxidov využiteľné pre laminovanie: **ChS Epoxy 512** a **ChS Epoxy 531**. Na laminovanie a odlievanie je vhodnejší typ **ChS Epoxy 512**, ktorý je redší a umožňuje ľahšie primiešavanie zahusťovadiel a farbív. Po namiešaní vhodnej (napríklad nestekavej) hustoty a farby elektrickým miešadlom sa do zmesi mimovoľne zapracuje aj množstvo vzduchových bubliniek. Je preto vhodné namiešanie živice realizovať s dostatočným časovým predstihom (aspoň jedného týždňa) a zmes ponechať samovoľne odvdzušniť v uzavretej nádobe. (Katalyzátor sa samozrejme pridáva až tesne pred použitím.)

# LAMINOVANIE

Laminát je živicová zmes spevnená pridaním sklenených tkanín. Tieto sa vyrábajú vo forme priečne tkanej tzv. plátnovej väzby rôznej jemnosti, ako aj nepravidelne ukladanej netkanej lisovanej tkaniny tzv. flysu. Flys sa tiež predáva v rôznych hrúbkach a jemnostiach vlákna, ako aj nastrihaný na laminovanie ťažko prístupných miest. Predáva sa aj tzv. sendvičová rohož, plátno s vrstvou jemných vlákien na jednej strane, ktorú poskytuje dostatočnú pevnosť odliatku už pri jednej použitej vrstve. Voľba správneho typu sklotextilu je dôležitá, pretože hrubšie typy sa ťažšie ukladajú do členitých foriem, prípadne sa po uložení a natupovaní živicom dvíhajú, jemnejšie typy treba zase ukladať viacnásobne na dosiahnutie požadovanej hrúbky odliatku a proces predlžujú a predražujú.

Formy sa pred odlievaním dôkladne separujú, vrátane silikónových alebo polyuretanových pružných foriem. Savé formy (sádra, drevo) sa najprv zalakujú alebo natrú šelakom. Druhou vrstvou po vyschnutí je náter rozpusteným včelím voskom alebo parafínom (napr. Diava). Táto masť sa môže pre dosiahnutie kvalitného povrchu preleštiť. Po úplnom odparení rozpúšťadiel sa pretre tretou vrstvou, roztokom polyvinylalkoholu. Polyvinylalkohol je dostačujúci separátor pri odlievaní z kovových, epoxidových alebo polyesterových foriem. Na separovanie jednoduchých plošných tvarov možno použiť PVC fóliu alebo celofán.

Pri zamiešaní väčšieho množstva živicovej zmesi naraz treba dávať pozor na jej „zahoretie“. To platí aj pri práci počas teplého počasia. Vyhýbame sa priamemu slnku. Obsah zamiešanej misky sa snažíme rýchlo aplikovať, alebo aspoň rozhádzať na viaceré miesta odliatku (formy), kde ich postupne rozotrieme. Na spomalenie tuhnutia môžeme použiť aj menšie množstvo tvrdidla - katalyzátora, alebo špeciálne tvrdidlo s predĺženou dobou spracovateľnosti. (Napríklad pri epoxide 512 od firmy Svegal je to tvrdidlo T 0563. Firma Axson ponúka tvrdidlo Epolam 2016 s dobou spracovateľnosti 400 minút.)

Laminovanie sa deje v poradí: dôkladný náter prvej vrstvy živice zamiešanej s katalyzátorom do suchej a odseparovanej formy, ktorý podľa potreby po vytvrdnutí viacnásobne opakujeme, aj s použitím sklotextilu, prípadne inej výstuže.

## **Pozor, prvá vrstva „robí“ povrch odliatku!**

Túto prvú vrstvu je potrebné nechať zatvrdnúť, aby sme sa pri aplikácii ďalšej nepretlačili k povrchu. Do druhej vrstvy už môžeme použiť vhodný sklotextil. Väčšinou postupujeme tak, že vytrieme hustou zamiešanou živicom časť povrchu a naň nakladíme primerane veľké kusy prekrývajúceho sa sklotextilu. Striháme ho podľa potreby nožnicami alebo na doske orezávačom. Potom sklotextil tvrdším štetcom namáčaným v riedidle

natupujeme do živice. Tak dôjde k nasiaknutiu sklenených vlákien živicom a k dôkladnému prepojeniu oboch prvkov. Dávame pozor aby sa sklená tkanina od povrchu nedvíhala, ale aby ho dokonale kopírovala. Vznikli by tak ukryté vzduchové bubliny tesne pod povrchom, s malou pevnosťou proti prerazeniu odliatku a nepríjemné napr. pri ďalšom brúsení. Ukladanie vrstiev textilu podľa potreby opakujeme a vnútorný povrch môžeme uzavrieť ešte posledným náterom redšou živicom. Odstávajúce sklené vlákna a stekance odstraňujeme priebežne, ešte počas „gumenej“ fázy tvrdnutia zmesi, neskôr to ide oveľa ťažšie a sú nepríjemne pichľavé. Do vnútra odliatku podľa potreby prilaminujeme aj časti nosnej konštrukcie apod., najlepšie z hliníka alebo iného kovu (drevo nasáva vlhkosť a neustále „pracuje“, môže spôsobiť praskanie odliatku).

Na rozpúšťanie nezatuhnutých zvyškov a čistenie nádob a pomôcok sa používa acetón a acetónové riedidlá C6000. Štetce sa dajú vymyť aj v Solvine. Povrch odliatku odmasťujeme trichlóretylénom, acetón by povrch napúčal. Polyvinyl sa odstráni mechanicky (po vyschnutí tvorí jemnú fóliovitú vrstvu) alebo vodou a saponátom.

# BEZPEČNOSŤ A OCHRANA ZDRAVIA

Pri práci so živícami, elastomérmi a rozpúšťadlami platia prísne pravidlá ochrany zdravia. Sú detailne popísané na priloženom návode k materiálom, spolu so zoznamom obsiahnutých nebezpečných látok. Pre citlivé osoby, prípadne tehotné ženy sú práce so syntetickými živícami úplne nevhodné. Neprimeraný kontakt môže tiež vyvolať akútne alergické reakcie.

Najdôležitejšia ochrana pri práci trvajúcej často dlhé hodiny je ochrana pred nadýchaním. Potrebný je **respirátor s adekvátnym protichemickým filtrom**, bežná papierová rúška je úplne neúčinná. Veľmi nebezpečné je zasiahnutie očí, najmä katalyzátorom (pozor pri nalievaní do odmerných valcom a miešaní v miske!). V prípade, že nenosíte dioptrické okuliare, vhodný je plexisklový štít. Chemikálie sa do nášho tela dostávajú celým povrchom, najmä však sliznicami. Treba pracovať v odvetranej miestnosti, najlepšie s núteným odsávaním. Samozrejmosťou sú tiež pevné gumené rukavice. Dajú sa použiť aj jednorazové (lekárske) rukavice na vynilovej alebo gumenej báze (vynilové nezanechávajú na rukách pach gumy). Rukavice sú okrem ochrany praktické aj v tom, že môžeme v prípade nutnosti rýchlo prerušiť prácu bez umývania rúk. Výbornom pomôckou pri práci je gumená zástera. K zásadám bezpečnej práce patrí aj používanie pracovného odevu, ktorý si po práci prezlečiete, pretože je plný výparov. Na umývanie rúk je vhodná teplá voda a Solvina.

Linky na kvalitne respirátory (napr. výrobky 3M a Scotch) [www.3m.com](http://www.3m.com)  
Internetové obchody: napríklad [www.rempo.sk](http://www.rempo.sk) [www.technia.sk](http://www.technia.sk)