

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 36 829

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

*B22C 1/16* (2006.01)  
*B22C 9/06* (2006.01)  
*C04B 14/10* (2006.01)  
*C04B 18/08* (2006.01)  
*C04B 18/14* (2006.01)  
*C04B 28/26* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-40619**  
(22) Přihlášeno: **30.09.2021**  
(47) Zapsáno: **08.02.2023**

- (73) Majitel:  
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-  
Staré Město, CZ
- (72) Původce:  
prof. Ing. Petr Louda, CSc., Dlouhý Most, CZ  
Ing. Katarzyna Ewa Buczkowska, Ph.D., Liberec,  
Liberec XXX-Vratislavice nad Nisou, CZ
- (74) Zástupce:  
STRNAD Patentová a známková kancelář, Ing.  
Václav Strnad, patentový zástupce, Rychtářská  
375/31, 460 14 Liberec, Liberec XIV-Ruprechtice

- (54) Název užitného vzoru:  
**Forma pro odlévání skleněných prvků a  
skleněných výrobků**

## Forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků

### Oblast techniky

5

Technické řešení se týká trvalých, to je opětovně použitelných forem vyrobených z geopolymerního kompozitu a určených pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků. Tyto formy vykazují zlepšení jejich tepelné odolnosti a mechanických vlastností.

10

### Dosavadní stav techniky

Geopolymery, tedy materiály vznikající anorganickou polykondenzací hlinitokřemičitanů v alkalickém prostředí, jsou velmi perspektivní materiály pro nejrůznější aplikace, například ve stavebnictví. Předurčují je k tomu výborné mechanické vlastnosti (blízké přírodním kamenům), odolnost vůči teplu, UV záření i dalším vlivům prostředí, energetická nenáročnost výroby a jednoduchá dostupnost surovin k jejich výrobě (hlinitokřemičitany jsou nejběžnější látky v zemské kůře). Též se dají velmi jednoduše tvarovat, neboť se připravují ve formách či pomocí 3D tisku. Jejich nevýhodou je však v současné době cena, neboť jsou dražší než komerčně používané stavební materiály, např. beton.

Reakce, při které vznikají geopolymery, je nazývána geopolymerace neboli vytvrzování. Dochází k ní, pokud je hlinitokřemičitý materiál, nejčastěji metakaolin či bezuhlíkový odletový popílek v roztoku s pH vyšším než 12. Jako aktivátor se obvykle používají hydroxidy a oxidy alkalických kovů. Přestože je celý proces podobný výrobě plastů, mají geopolymery vlastnosti bližší keramickým materiálům.

Odolnost vůči teplu představuje jednu z hlavních výhod geopolymerů oproti běžně používanému betonu. Zatímco beton při zahřátí na teplotu nad 300 °C rychle degraduje díky tepelnému rozkladu, při kterém navíc dochází k uvolňování toxických látek. Geopolymery jsou stabilní až do bodu roztavení, který se pohybuje okolo teploty 1265 °C.

Odlévání neboli lití je způsob výroby předmětů, součástek apod. z tavitelných materiálů, například skla, kovů či plastů, při kterém tavenina vyplňuje dutý prostor formy, která je následně odstraněna. Odlévání se často používá pro výrobu předmětů složitých tvarů, které nelze vyrobit pomocí jiných metod, například obráběním či svařováním. Jeho nevýhodou jsou vysoké náklady na modely.

Při odlévání lze využívat tzv. „ztracené formy“, které lze použít jen jednou a pro získání výrobku musí být následně zničeny. Příkladem může být například „metoda ztraceného vosku“, kdy se z vosku vyrobí model odlévaného předmětu, který je následně obalen cementem či jiným materiálem a vosk je roztaven, aby bylo možné předmět odlít. Následně je forma rozbita, aby byl odlitý výrobek získán. Druhou možností jsou tzv. poloztracené formy, kde je vzor pro odlévání, tzv. pozitiv, možné použít vícekrát. Za tímto účelem se obvykle využívá písek, ve kterém je pomocí pozitivu obtisknut požadovaný tvar a následně může proběhnout lití. Třetí možností je použití tzv. trvalých forem, které lze využívat opakovaně. Obvykle používanými materiály jsou různé kovy, například ocel, hliník či olovo. Další možností je použití grafitu či keramiky, které mají velmi vysoký bod tání.

### Podstata technického řešení

Předmětem technického řešení jsou trvalé formy na odlévání skleněných výrobků vyrobené z geopolymerního kompozitu, který obsahuje krom geopolymerního základu ještě příměs uhlíkových vláken, oxidu křemičitého a šamotu. Řešení spočívá ve využití geopolymery pro výrobu forem pro odlévání skleněných výrobků, a tedy využití tepelné odolnosti geopolymerních

směsi a v tom, že používaný geopolymerní materiál obsahuje výše uvedené příměsi, které zajišťují lepší mechanické vlastnosti, a především vyšší tepelnou odolnost, která umožňuje geopolymerní směsi lépe odolávat teplotám roztaveného skla v rozmezí 1400 °C až 1600 °C.

5 Forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků byla vytvořena na bázi geopolymerního cementu, složeného z hlinitokřemičitého pojiva na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopeční granulované strusky a/nebo odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství s dalšími příměsemi kterými jsou alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného v množství tvořícím 65 až 112 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, šamot v množství 70 až 250 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, uhlíková  
10 mikrovlákná o průměru  $6 \pm 1 \mu\text{m}$  a délkou vláken 6 mm v množství 1 až 4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a oxid křemičitý v množství 2 až 8 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu.

15 Způsob výroby formy pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků zahrnuje pomalé míchání geopolymerního cementu ve směsi s alkalickým aktivátorem po dobu 5-ti minut a po uplynutí této doby byly přidány šamot, uhlíková vlákna a oxid křemičitý a geopolymerní směs byla míchána po další dobu 5-ti minut při vysoké rychlosti. Následně takto vytvořená směs byla míchána po dobu jedné minuty při nízké rychlosti za účelem odvodu směsi a potom nalita do  
20 připravené formy jejíž vnitřní povrch byl pokryt separátorem spolu s uhlíkovou sítí s velikostmi ok 10 mm příčně a 15 mm podélně a obsažená geopolymerní směs byla poté ještě odvětrána na vibrační plošině.

Po zatvrdnutí geopolymerní směsi v připravené formě byla tato forma zabalena do fólie a ponechána v klidu 48 hodin, následně byl geopolymerní vyňat z připravené formy a zabalen rovněž do fólie a ponechán 28 dní při pokojové teplotě. Po vybalení geopolymerního z fólie byl geopolymerní podroben v průběhu šesti hodin postupnému navýšování teploty až na 900 °C a poté vypalován při teplotě 900 °C další tři hodiny a následně byla teplota postupně snížena až na pokojovou teplotu. Tímto snížením teploty byl proces výroby geopolymerní formy dokončen a geopolymerní forma  
30 mohla začít sloužit svému účelu.

#### Příklady uskutečnění technického řešení

35 Následující příklady provedení vynálezu slouží k jeho objasnění, aniž by jimi byl, vynález, jakkoliv omezen.

##### Příklad 1

40 Forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků byla vytvořena na bázi geopolymerního cementu, složeného z hlinitokřemičitého pojiva na bázi metakaolinu v množství 1000 g. Další příměsí je 900 g alkalického aktivátoru tvořeného vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného, dále je přidán šamot v množství 100 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, uhlíková mikrovlákná o průměru  $6 \pm 1 \mu\text{m}$  a délkou vláken 6 mm  
45 v množství 2,5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, a nakonec oxid křemičitý v množství 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.

Geopolymerní cement a aktivátor v poměru 1:0,9 byly pomalu míchány po dobu 5 minut. Po uplynutí této doby byl přidán šamot, uhlíková vlákna a oxid křemičitý v uvedeném množství  
50 a geopolymerní směs byla míchána po dobu 5 minut při vysoké rychlosti. Pro odvodu směsi byla následně směs míchána po dobu 1 minuty při nízké rychlosti. Následně byla geopolymerní směs nalita do připravené separátorem pokryté formy spolu s uhlíkovou sítí o velikostech ok 10 mm příčně a 15 mm podélně. Nalita geopolymerní směs do formy byla poté ještě odvětrána na vibrační plošině.

55

Po zatvrdnutí geopolymerní směsi v připravené formě byla tato forma zabalena společně s obsaženým výrobkem z geopolymerní směsi do fólie a ponechána v klidu 48 hodin. Následně byla geopolymerní směs vyňata z připravené formy a znovu zabalena do fólie a ponechána 28 dní při pokojové teplotě, načež po vybalení geopolymerního výrobku z fólie byl geopolymerní výrobek podroben v průběhu šesti hodin postupnému navyšování teploty až na 900 °C a poté vypalován při teplotě 900 °C další tři hodiny. Následně byla teplota postupně snížena až na pokojovou teplotu.

Výše uvedeným postupem byla připravena geopolymerní forma, představovaná vyjmutým odlitým geopolymerním výrobkem, která byla následně použita jako geopolymerní forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků. Získaná geopolymerní forma byla rovněž použita pro testování struktury a hodnocení vlastností materiálu z geopolymerní směsi jako trvalé formy pro sklo.

Měřeními byly u tohoto vzorku zjištěny následující fyzikální vlastnosti: ohybová pevnost 9 MPa, tlaková pevnost 60 MPa, impaktní pevnost 15 kJ/m<sup>2</sup>, tepelná vodivost 0,54 W/mK, hustota 1809 kg/m<sup>3</sup>.

#### Příklad 2

Výše uvedeným postupem byla připravena trvalá geopolymerní forma, která byla následně použita pro lehání skla, což je sklářská technika, kdy roztavené sklo samo vtéká do formy a tvaruje se vlastní hmotností.

forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků byla vytvořena na bázi geopolymerního cementu, složeného z hlinitokřemičitého pojiva na bázi metakaolinu a mleté vysokopeční granulované strusky v množství 1 000 g. Další příměsí je 900 g alkalického aktivátoru tvořeného vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného, dále je přidán šamot v množství 100 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, uhlíková mikrovlákná o průměru  $6 \pm 1$   $\mu\text{m}$  a délkou vláken 6 mm v množství 2,5 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu, a nakonec oxid křemičitý v množství 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.

Další postup přípravy geopolymerní směsi a výroba geopolymerní trvalé formy je shodná s postupem podle příkladu 1.

#### Příklad 3

Forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků byla vytvořena na bázi geopolymerního cementu, složeného z mleté vysokopeční granulované strusky a odletového popílku v množství 1 000 g. Další příměsí je 900 g alkalického aktivátoru tvořeného vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného, dále je přidán šamot v množství 200 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, uhlíková mikrovlákná o průměru  $6 \pm 1$   $\mu\text{m}$  a délkou vláken 6 mm v množství 3,5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, a nakonec oxid křemičitý v množství 7 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.

Další postup přípravy geopolymerní směsi a výroba geopolymerní trvalé formy je shodná s postupem podle příkladu 1.

Výše uvedeným postupem byla připravena geopolymerní forma, která byla následně použita pro výrobu skleněné misky či výrobu skleněného vejce.

Průmyslová využitelnost

- 5 Předložené řešení je možno využít pro výrobu trvalých geopolymerních forem použitelných pro odlévání skla. Použité příměsi zlepšují fyzikální vlastnosti geopolymerních forem a umožňují snášet vyšší teploty při odlévání skla.

## NÁROKY NA OCHRANU

1. Forma pro odlévání skleněných prvků a skleněných výrobků, vytvořená na bázi geopolymerního cementu, **vyznačující se tím**, že obsahuje geopolymerní cement složený z hlinitokřemičitého pojiva na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopecní granulované strusky a/nebo odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství s dalšími příměsemi, kterými jsou alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného v množství tvořícím 65 až 112 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, šamot v množství 70 až 250 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, uhlíková mikrovlákná o průměru  $6 \pm 1$  mm a délkou vláken 6 mm v množství 1 až 4 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu, a oxid křemičitý v množství 2 až 8 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.