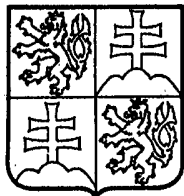


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(21) 02415-91.0

(13) A3

5(51) C 04 B 7/24,
7/26,
7/28

(22) 02.08.91

(32) 08.08.90

(31) 90/1664

(33) AT

(40) 19.02.92

(71) Köhler-Pavlik Johann dipl.-ing., Wien, AT

(54) Stavební směs pro výrobu tvarovek a prefabrikátů
a způsob její výroby

(57) Stavební směs pro výrobu tvarovek a prefabrikátů, například cihel, desek, nosníků, trubek a podobně sestává ze základní složky představující 85 až 100 % hmot., s výhodou 90,6 až 95,4 % hmot., a popřípadě pojiva, s výhodou hašeného nebo nehašeného vápna představujícího podíl 0 až 15 % hmot., s výhodou 4,6 až 9,4 % hmot., a vody. Základní složka je tvořena tribomechanicky aktivizovanými domovními a/nebo průmyslovými odpady, zejména struskami a popílky ze spalování odpadků nebo elektráren, cihlovou a/nebo betonovou sutí, popřípadě odpadky z výroby cihel a/nebo betonu a podobně. Hmotnostní poměr směsi k vodě je v rozsahu 1 : 0,05 až 1 : 0,25. Dále je popsán způsob výroby této stavební směsi.

PŘÍL.	ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A ODBĚRY	02. VIII 91	036183	2415-91

- 1 -

Stavební směs pro výrobu tvarovek a prefabrikátů a způsob její výroby

Oblast techniky

Vynález se týká stavební směsi pro výrobu tvarovek a prefabrikátů, například cihel, desek, nosníků, trubek a podobně, která sestává ze základní složky představující podíl 85 až 100 % hmot., s výhodou 90,6 až 95,4 % hmot., a v případě potřeby pojiva, s výhodou hašeného nebo nehašeného vápna, představujícího podíl 0 až 15 % hmot., s výhodou 4,6 až 9,4 % hmot., a vody. Vynález se dále týká způsobu výroby této stavební směsi.

Dosavadní stav techniky

Současné stavebnictví vyžaduje od průmyslu stavebních hmot nové, lepší a levnější stavební materiály. K nejčastěji používaným stavebním materiálům patří bezesporu beton na bázi cementu, který v rozhodující míře určuje charakter moderního stavebnictví. Výškové budovy, silniční stavby, mosty, zásobníky, vodní díla, přehrady a řada dalších stavebních děl se dnes celé nebo zčásti zhotovují z betonu. Beton na bázi cementu je bezesporu vynikajícím stavebním materiálem, má však dvě nikoliv zanedbatelné nevýhody. Jeho výroba vyžaduje poměrně velké množství cementu a hrubozrnných přísad, které z ekonomického hlediska a z hlediska budoucnosti jsou k dispozici jen v omezeném rozsahu. Dosud jsou sice dostatečné zásoby štěrku, písku a surovin pro výrobu cementu, projevuje se však již místní nedostatek a zvyšování cen těchto surovin, které musí být na příslušná staveniště dopravovány se stoupajícími náklady ze stále se zvětšujících vzdáleností. Z těchto důvodů jsou účelné úvahy o možnostech náhrady těchto přírodních surovin jinými materiály. Především je třeba prozkoumat, zda jsou

reálné vyhlídky na odpovídající úpravu odpadních surovin, které jsou nyní k dispozici ve velkém množství, a jejich opětovné zhodnocení ve stavebnictví.

Pod pojmem odpadní suroviny se obecně rozumějí pevné a kapalné odpady, které jako nežádoucí produkty vznikají v domácnostech, živnostech a průmyslu. Vznikající odpady mají velmi mnohotvárný charakter. Domácí odpadky a podobné odpadky ze živností představují heterogenní směs pevných minerálních a organických látek, jejichž složení výrazně závisí na ročním období a místních vlivech. Co se týká látkového složení, jsou hlavními složkami odpadu uhlík, vodík, dusík, síra, fosfor a křemík. Přídavně jsou však v odpadu obsaženy i halogeny a kovy, které je třeba považovat za potenciální ohrožení životního prostředí.

V současné době se většina komunálního odpadu ukládá na skládkách a jen malá část se spaluje.

Většina zbytků po spalování odpadu se nyní rovněž ukládá na skládkách. Toto ukládání je však v důsledku chemických a fyzikálních vlastností těchto zbytků nutno považovat za krajně problematické, zejména s ohledem na ohrožení spodních vod, popřípadě jiných vod obecně.

Toto má zvláštní význam u létavého popílku, protože tento obsahuje velké množství látek rozpustných ve vodě. Strusky naproti tomu obsahují podstatně menší podíl ve vodě rozpustných složek. Vysoká rozpustnost ve vodě je u létavých popílků způsobena a podporována velkým vnitřním povrchem a také přítomností snadno rozpustných sloučenin kovů.

Za důležitou oblast využití strusek z odpadků se v současné době považuje silniční stavitelství. Rozsáhlé výzkumy byly v tomto směru provedeny ve Švýcarsku. Zjistilo se přitom, že dobře vypálená struska z odpadků je po odpovídající úpravě velmi vhodná pro základové vrstvy. Takové nosné vrstvy lze co se týká jejich nosnosti a ostatních vlastností považovat za zcela rovnocennou náhradu vrstev z kvalitního šterku.

Podobným problémem je zhodnocování a využití zbytků z energetických zařízení. V důsledku celosvětových problémů

se zásobováním ropou nabylo v mnoha zemích opět na významu využití uhlí pro výrobu a zásobování energií. Může se přitom vycházet z toho, že používání uhlí bude v příštích letech ještě výrazně stoupat jak při výrobě elektrického proudu, tak i v průmyslu. S rostoucím používáním uhlí je spojen i růst množství zbytků po spalování a tedy i naléhavá potřeba jejich likvidace nebo opětného využití. Z hlediska látkového složení a na základě fyzikálních, chemických a mineralogických vlastností těchto zbytků je nasnadě, že tyto zbytky je třeba považovat nikoliv za odpad, nýbrž za téměř zcela dobře použitelný vedlejší produkt.

Strusky z odpadů jsou z hlediska složení, velikosti zrna a formy velmi heterogenní materiály. Protože struska ze spalování odpadků je jen málo vyluhovatelná, má zpravidla výhodné rozdělení zrnitosti a lze ji obvykle snadno zhutnit, používá se v Nizozemí, severním Německu a ve Švýcarsku v rostoucí míře pro nosné vrstvy v silničním stavitelství a pro stavbu protihlukových náspů. Je však nepřípustné používat pro tyto účely směsi strusky a létavého popílku. Tyto směsi totiž podle okolností obsahují vysokou koncentraci rozpustných solí. Ukládání strusky lze pak považovat za zcela nemyslitelné, protože dochází k odlučování létavého popílku. Protože při ukládání létavých popílků, popřípadě směsí létavých popílků se struskou z odpadu, jsou zapotřebí zvláštní bezpečnostní opatření, objevují se v současné době snahy tyto zbytky vhodným zpracováním zpevnit a přítomné škodliviny spolehlivě a účinně vázat.

V současné době se dále zhodnocují především popílký ze spalování kamenného uhlí. Hnědouhelné popílký vznikají sice ve velkém množství, ukládají se však převážně na skládkách, popřípadě se používají k vyplňování vytěžených důlních prostorů.

S ohledem na pucolánový charakter se popílek z kamenného uhlí používá převážně jako přísada do betonových směsí. Létavý popílek se dále používá v silničním stavitelství k zlepšení podkladu, pro tlumicí násypy a nosné vrstvy. Létavé

popílký lze použít také jako plnivo do bitumenových nosných vrstev, spojovacích a krycích vrstev. -

Úkolem vynálezu je vyvinout stavební směs a způsob její výroby, ve které jako jeden z výchozích materiálů naleznou použití uvedené strusky a popílký a také další materiály považované dosud za odpadní materiály, jako například betonová a cihlová drť, zbytky z výroby betonu nebo cihel a podobně. Je přitom třeba dosáhnout pevnosti odpovídající stavebním normám a přítomné škodliviny musí být v hotovém produktu spolehlivě vázány s vyloučením vyluhování. Dále je třeba pokud možno minimalizovat výrobní náklady, a to jak co se týká přísad, tak i spotřeby energie.

Podstata vynálezu

Uvedený úkol je vyřešen stavební směsí uvedeného druhu podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že základní surovinová složka je tvořena tribomechanicky aktivovanými domovními nebo průmyslovými odpady, zejména struskami a popílký ze spalování odpadu nebo elektráren, cihlovou a/nebo betonovou drť, popřípadě zbytky z výroby cihel a/nebo betonu a podobně, přičemž hmotnostní poměr směsi k vodě je v rozsahu 1 : 0,05 až 0,25, s výhodou 1 : 0,08 až 0,16.

Výraz "směs" zde a dále označuje smísené a v podstatě suché složky stavební směsi, to jest surovinové složky a pojivo.

Způsob výroby popsané stavební směsi spočívá podle vynálezu v tom, že mezi 85 a 100 % hmotn., s výhodou 90,6 až 95,4 % hmotn. základní složky, která je tvořena domovním a/nebo průmyslovým odpadem, zejména struskami a popílký ze spalování odpadků nebo elektráren, cihlovou a/nebo betonovou sutí, popřípadě odpady z výroby cihel a/nebo betonu a podobně, se tribomechanicky aktivizuje, poté případně smísí s 0 - 15 % hmotn., s výhodou 4,6 až 9,4 % hmotn. pojiva, s výhodou hašeného nebo nehašeného vápna, a tato směs s vodou se slisuje na

požadovaný tvar a hydrotermálně vytvrdí.

Záměsná voda se přidává v hmotnostním poměru směs k vodě rovném 1 : 0,05 až 1 : 0,25, s výhodou v poměru 1 : 0,08 až 1 : 0,16.

Je výhodné, jestliže částice základní složky se napřed pomocí mechanických zařízení, například drtičů nebo kladivových mlýnů rozmělní na velikost zrna maximálně 4 mm.

Každá částice základní složky je přitom v průběhu tribomechanické aktivizace vystavena v průběhu maximálně 0,05 sek. nejméně třem nárazům úderových těles, která se pohybují rychlostí nejméně 15 m/sek.

Při vlastním lisování se používá lisovací tlak v rozsahu 3 až 160 MPa.

Následné hydrotermální vytvrzování se provádí za teploty mezi 56 a 90°C po dobu v rozsahu 3,5 až 7,5 hodin, popřípadě se toto hydrotermální vytvrzování provádí při přetlaku páry a teplotách přes 100°C po dobu v rozsahu 3 až 7 hodin.

Stavební materiály vyrobené tímto způsobem odpovídají svými vlastnostmi všem požadavkům na jakost podle příslušných technických norem. Stavební materiály jsou vhodné pro výstavbu obytných, průmyslových a sociálních objektů.

Způsob podle vynálezu je použitelný i pro výrobu stavebních prvků s dutinami nebo bez dutin a s nejrůznějšími rozměry.

Podíl nákladů na materiál je ve složení stavebních nákladů podstatně nižší než v případě použití stavebních materiálů vyrobených klasickými technologiemi. Například potřebná spotřeba energie je ve srovnání s cihlami potřebnými pro zhotovení 1 m² stěny v průměru 3,5 krát nižší, pro 1 m³ cihel pak dokonce v průměru 10 - 15 krát nižší. Tato skutečnost je zároveň významná i z hlediska ekologie.

Stavební materiály prověřené jako optimální se kromě toho vyznačují optimálními parametry z hlediska tepelné izolace a také jinými parametry. Možnosti použití těchto stavebních materiálů jsou neomezené, takže je lze použít ve všech klimatických pásmech.

Zásluhou použití analyzovaných stavebních materiálů lze při stavbě budov dosáhnout určitého snížení hmotnosti konstrukce, což se opět příznivě projeví z ekonomického hlediska, zejména zmenšením rozměrů nosných konstrukčních prvků, jako jsou základy, sloupy, překlady stropů a podobně. Při provádění způsobu podle vynálezu lze snížit i množství potřebného pojiva, což rovněž přináší výrazné úspory při výrobě.

Například při použití betonové nebo cihlové sutě, která vzniká například při demolici budov, může zcela odpadnout přidávání vápna, protože pojivo je v tomto případě již obsaženo v surovinové složce, například jako malta. Tato okolnost přináší další úspory materiálových nákladů.

Další znaky a výhody vynálezu jsou blíže vysvětleny v následujícím popisu.

Pod pojmem "tribomechanika" se rozumějí mikroskopické a submikroskopické procesy, které probíhají při zásahu do složení mezních ploch krystalických látek. Tribofyzikou podchycené souvislosti mechanického vzájemného působení a fyzikálních jevů mezi pevnými hraničními plochami fází navzájem nebo s jejich okolím jsou velmi různorodé a energetické příčiny nejsou dosud plně objasněny. Takové procesy vzájemného působení se vyskytují například při zpracování materiálů v dezintegrátorech a vibračních nebo kulových mlýnech.

Jednou z důležitých příčin změny chování materiálů při tribomechanickém namáhání je změna mřížkové struktury pevných látek. Protože to spočívá především ve vytváření poruchových oblastí, vede tribomechanické zpracování prakticky vždy k urychlení fyzikálně chemických procesů probíhajících v pevné látce, to jest k aktivizaci pevné látky. Stupeň aktivizace závisí jak na struktuře tribomechanicky zpracované pevné látky, tak i na intenzitě a druhu mechanických sil působících na tuto pevnou látku. V případě periodicky působících sil je intenzita zpracování určována amplitudou a kmitočtem působící energie. Maximum koncentrace mřížkových poruch se například dosáhne při zpracování pevné látky ve vibračních mlýnech.

Velký význam tribomechanických způsobů ze stavebně technického hlediska již mohl být prokázán při aktivizaci cementů v dezintegrátorech. Pevnost betonu zhotoveného z aktivizovaných cementů lze takto zvýšit přibližně na dvojnásobek. Tyto betony současně vykazují vysokou počáteční pevnost, to jest proces tvrdnutí probíhá podstatně rychleji než při použití běžného, neaktivovaného cementu. Podobně dobré výsledky se dosahují i při výrobě vápenopískových cihel - viz AT 295 381, Hint. Aktivizace křemenného písku přinesla u hotových cihel podstatně vyšší pevnosti, než je tomu u cihel z nezpracovaného křemenného písku, přičemž praxe prokázala, že z písku mletého v dezintegrátoru se získají stavební prvky s vyšší pevností v tlaku než z materiálu mletého v kulových nebo vibračních mlýnech.

Dezintegrátor je určitým druhem hřebového mlýna, ve kterém se protiběžně vysokými otáčkami otáčejí dva proti sobě uspořádané rotory s větším počtem hřebových věnců. Hlavními součástmi dezintegrátoru jsou klece, které jsou tvořeny sadou tyčí, popřípadě úderových těles, které jsou uspořádány ve třech soustředných kruzích. Tyče jsou upevněny pomocí řady disků. Některé z nich jsou opatřeny závitem, většina je však zasunuta. Obě klece, to jest vnější klec a vnitřní klec, jsou zasunuty do sebe navzájem a uvádějí se protiběžně do otáčivého pohybu s otáčkami až 1.500/min. Při průměru klece přibližně 900 mm odpovídají tyto otáčky rychlosti úderových těles minimálně 15 m/sek. a vzájemné rychlosti tyčí až 120 m/sek. Při tak vysokých rychlostech je pískový materiál přicházející dovnitř klece vystaven silným a častým nárazům, které rozmělnují a aktivizují zrna. Vnitřní klec je motorem otáčena rychlostí 1.500 otáček za minutu. Vnější klec má obvykle dva stupně regulace otáček 1.000/min pro hrubé mletí a 1.500/min. pro jemné mletí.

Aktivizované částčky jsou při průchodu dezintegrátorem vystavovány působením kolíků uspořádaných na rotorech ve zlomcích sekundy opakovaným účinkům zrychlení a zpomalení.

Mechanická energie přenášená na aktivizované částice v tomto krátkém čase je větší než při déle trvajícím zpracování v kulovém nebo vibračním mlýně.

Například maxima koncentrace mřížkových poruch se ve vibračních mlýnech dosáhne někdy v průběhu zpracování.

Zvýšení intenzity zpracování se u vibračních mlýnů dosáhne zvětšením amplitudy působení a kmitočtu vibrace, u kulových mlýnů pak zvětšením hmot koulí.

V dezintegrátoru jsou jednotlivé částice vrhány vysokou rychlostí proti tvrdým plochám a jsou přitom vystavovány silným nárazům. Při praktickém procesu dezintegrace jsou jednotlivé částice nezávisle na jejich druhu vystaveny nejméně třem až pěti nárazům. Časový interval mezi jednotlivými nárazy je s výhodou kratší než 0,01 sek., maximálně 0,05 sek. Zrna jsou proto rozmělněována hlavně v důsledku poruch vnitřní struktury a mletý materiál získá větší strukturální pevnost než výchozí látka.

Zvýšenou pevnost hotového výrobku lze vysvětlit zvětšenou rozpustností zrn, vytvořením většího množství hydrosilikátových pojiv v průběhu hydrotermálního zpracování, optimální strukturou zrnitosti a s vysokou pravděpodobností také stavem povrchové struktury zrn, jestliže se částice při určitém stupni aktivizace nacházejí v mezním deformačním napětovém stavu, jehož výsledkem je zvýšení schopnosti chemické reakce. Z hlediska elektrostatiky lze zvýšení pevnosti vysvětlit zvětšením náboje aktivovaného materiálu. Procesem aktivizace získají zrna větší záporný náboj, v důsledku čehož se při výrobě malty dosáhne lepší vazby s kladně nabitými částicemi vápna. Při přípravě směsi s vodou a v průběhu lisování a tvrdnutí se kromě elektrostatických sil zvětšují také molekulární přitažlivé síly a vzniká rovnoměrné roztokové pole, která v dalším procesu podporuje rychlé vytváření krystalizačních center.

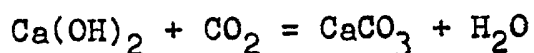
Základní surovinové složky stavební směsi se vloží do dezintegrátoru a jsou aktivizovány výše popsáním postupem. V případě příliš velkých rozměrů částic výchozího mate-

riálu, což se zvláště často vyskytuje u betonové nebo cihlové sutě, se částice základních surovinových složek před aktivizací rozemelou pomocí dosud běžných mechanických zařízení, jako jsou drtiče, kladivové mlýny a podobně, na zrnitost s maximální velikostí zrn 4 mm. Po aktivizaci se základní surovinové složky smísí s pojivem a v případě potřeby s dalšími látkami, například hliníkem pro vytváření pórů a podobně. Podíl základních surovinových složek v této suché směsi kolísá s výhodou v rozsahu 90,6 až 95,4 % hmotnostních. Za určitých okolností musí být případně spodní hranice koncentrace těchto složek snížena až na 85 % hmot. Na druhé straně, v příznivých případech, to jest při přítomnosti pojiva v základní surovinové složce, se může použít až 100 % hmot. této složky. Podíl pojiva podle toho kolísá v rozsahu mezi 15 až 0 % hmot., bude však s výhodou v rozsahu mezi 4,6 až 9,4 % hmot.

Při řadě způsobů zpevňování zbytků ze spalování odpadu a spalování v elektrárnách se ve většině případů používají jako pojivo následující látky : cement, vodní sklo, pucolán, vápno nebo sádra. Způsoby zpevňování založené na těchto pojivech vedou ke vzniku kostry z křemičitanů nebo hlinitanů, které vstupují do chemických vazeb s anorganickými složkami odpadu a tím nejen materiál zpevňují, ale také účinně vážou případně přítomné nebezpečné látky. K chemické vazbě dochází především v důsledku reakce záporně nabitých povrchů křemičitanů nebo hlinitanů s kladně nabitými ionty kovů, které jsou přítomny v rozpuštěné formě. Z praktických pokusů vyplynulo, že nejlepších výsledků se dosáhne, také z hlediska spotřeby energie, při použití hašeného nebo nehašeného vápna.

Jedním z dlouho známých způsobů je chemická stabilizace zemin pomocí oxidu vápenatého, to jest páleného vápna, nebo hydroxidu vápenatého. Většina zemin obsahuje velká množství kyseliny křemičité nebo koloidálních hlinítokřemičitanů. Při smísení těchto zemin s vápnem dochází také zde k pucolánovým reakcím, při kterých vznikají vápenatokřemičitany a vápenatohlinitany, které mají vazební a zpevňovací

účinek. Použitý oxid vápenatý reaguje s vodou a tato reakce je spojena se zvětšením povrchu takovým způsobem, že netěkavé škodliviny se vážou do vznikajícího pevného hydroxidu vápenatého. Reakce má nevýhodu spočívající v tom, že probíhá za vývinu tepla, v důsledku čehož se uvolňují případně přítomné snadno těkavé složky. Vznikající hydroxid vápenatý má také poměrně vysokou rozpustnost ve vodě a nepředstavuje stabilní výsledný produkt. Vytvrzení je možné pouze reakcí s oxidem uhličitým obsaženým ve vzduchu. Při tomto procesu pak vzniká stabilnější uhličitán vápenatý :



Tuto reakci lze výrazně urychlit použitím plynové atmosféry s obsahem oxidu uhličitého. Na principu zpevňování pomocí vápna spočívá také výroba vápenopískových cihel podle rakouského patentového spisu č. 295 381.

Voda potřebná pro popsané procesy, která zajišťuje také potřebnou tekutost směsi, se k suché směsi přidává v hmotnostním poměru směs : voda = 1 : 0,05 až 1 : 0,25, načež se všechny složky důkladně smísí a promísí. Nejpriznivější poměr mísení, jak vyplývá z pokusů, leží mezi 1 : 0,08 až 1 : 0,16. Následně se vlhká směs slisuje v libovolné stavební prvky, tvárnice a podobná plná nebo dutá tělesa. Používaný lisovací tlak kolísá v závislosti na výchozích materiálech a jejich poměru ve směsi ve velmi širokém rozsahu. Při základní surovinové složce tvořené vypáleným jílem při výrobě izolačních materiálů může tak být zapotřebí tlak pouze 3 MPa, zatímco u stavebních materiálů na bázi popílku z elektrofiltrů je zapotřebí tlak mezi 26 až 54 MPa, až ke 160 MPa u stavebních materiálů na bázi odpadu z výroby cihel a střešních tašek.

Posledním krokem je konečně hydrotermální vytvrzení tvarových prvků, při kterém vykrytalizováním dojde k zatvrdnutí směsi. Používá se teplota v rozsahu 55 až 90°C a doba vytvrzování činí přibližně 3,5 až 7,5 hodin. Hydrotermální vytvrzování se však může provádět také při teplotách

přesahujících 100°C za přetlaku páry, například v autoklávu, v zájmu úspory času v průběžném autoklávu se současným plněním a vyprazdňováním. S výhodou se přitom používá teplota mezi 170 až 180°C a doba zpracování činí přibližně 3 až 7 hodin.

Vytvrzování výrobků při variantě s přetlakem páry se smí provádět jen s nasycenou párou. Přehřátá pára by byla na závalu, protože by ze směsi odebírala technologickou vlhkost potřebnou pro průběh chemických reakcí. Zpracování se s výhodou provádí v ocelové tlakové komoře s kruhovým nebo pravoúhelníkovým průřezem o délce až 40 m. Při průmyslové výrobě se plnění autoklávů provádí obvykle po kolejích. Aby se autoklávy pokud možno nejvíce využily, protože při výrobě silikátového betonu je z technologického hlediska určujícím agregátem autokláv, používají se tlakové nádoby, které lze otevřít na obou stranách. U těchto tak zvaných průběžných autoklávů se k vytvrzení připravené tvarové prvky vkládají do otevřeného autoklávu na jedné jeho straně, současně se z protilehlého konce autoklávu vyjímají vytvrzené výrobky. Plnění a vyprazdňování trvá u průběžných autoklávů přibližně poloviční dobu než u autoklávů otevíraných pouze na jedné straně.

Příklady provedení vynálezu

Dále bude na několika příkladech vysvětleno použití několika výchozích materiálů k výrobě stavebních hmot způsobem podle vynálezu, které již bylo experimentálně ověřeno.

Jsou to

- betonová suť
- popílek z elektrofiltrů
- odpad ze separace magnezitu
- vypražený jííl
- odpad z výroby cihel a keramiky
- struska ze spalování uhlí

Zkráceně budou též uvedeny, pokud jsou zjištěny, také chemické a fyzikálně mechanické vlastnosti těchto materiálů a vlastnosti stavebních materiálů vyrobených z těchto surovin. Přitom je případ od případu také přesně sledována volba příslušných technologických podmínek, to jest lisovacího tlaku, obsahu vápna, teploty a doby vytvrzování, a to na základě změn těchto podmínek.

Příklad 1

Směs 90,6 až 95,4 % hmot. aktivované betonové suti a 4,6 až 9,4 % hmot. vápenného hydrátu se homogenizuje a přidá se voda v hmotnostním poměru směs : voda = 1 : 0,08 až 1 : 0,12.

Připravená směs se zformuje lisováním a pak hydrotermálně vytvrdí :

- lisovací tlak 40 - 90 MPa
- vytvrzovací teplota 90° a 170°C
- doba vytvrzování 4,5 - 7 hodin

Pro výrobu dutých tvárnic s rozměry 32,0 x 28,0 x 24,0 cm se použilo :

19,872 kg aktivované betonové suti
2,062 kg vápenného hydrátu
1,755 kg vody

Ostatní technologické podmínky :

- lisovací tlak 40 MPa
- vytvrzovací teplota 90°C
- doba vytvrzování 6 hodin

Dutá tvárnice vyrobená popsáním způsobem má následující stavebně fyzikální vlastnosti :

- pevnost v tlaku
 - a) po 24 hodinách 25,6 MPa
 - b) po 28 dnech 29,3 MPa
- měrná hmotnost 1.020 kg/m³
- nasákavost vodou 15,2 %

Příklad 2

Pro výrobu dutých tvárnic s rozměry 32,0 x 28,0 x 24,0 cm se použily následující složky :

20,925 kg aktivované betonové suti

1,009 kg vápenného hydrátu

1,755 kg vody

Ostatní technologické podmínky :

- lisovací tlak 75 MPa
- vytvrzovací teplota 90°C
- doba vytvrzení 6 hodin

Dutá tvárnice vyrobená popsáním způsobem má následující stavebně fyzikální vlastnosti :

- pevnost v tlaku
 - a) po 24 hodinách 23,2 MPa
 - b) po 28 dnech 28,6 MPa
- měrná hmotnost 1.020 kg/m³
- nasákavost vodou 14,92 %

Příklad 3

Pro výrobu NF cihel s rozměry 25,0 x 12,0 x 6,5 cm se použily následující složky :

3,779 kg aktivované betonové suti

0,199 kg vápenného hydrátu

0,400 kg vody

Ostatní technologické podmínky :

- lisovací tlak 90 MPa
- vytvrzovací teplota 90°C
- doba vytvrzování 7 hodin

Dutá tvárnice vyrobená popsáním způsobem má následující stavebně fyzikální vlastnosti :

- pevnost v tlaku
 - a) po 24 hodinách 20,6 MPa
 - b) po 28 dnech 28,2 MPa
- měrná hmotnost 2.040 kg/m³
- nasákavost vodou 15,80 %

Zatímco v předchozích příkladech bylo použito jednoduché hydrotermální vytvrzování tvarových prvků, týkají se následující příklady vytvrzování pomocí autoklávu :

Příklad 4

Pro výrobu dutých tvárnic s rozměry 32,0 x 28,0 x 24,0 cm se podle předem určené receptury (příklady 1 - 3) použily následující složky :

19,872 kg aktivizované betonové suti
2,062 kg vápenného hydrátu
1,755 kg vody

Ostatní technologické podmínky :

- lisovací tlak 40 MPa
- vytvrzovací teplota (autokláv) 170°C
- doba vytvrzování 6 hodin

Dutá tvárnice vyrobená popsáním způsobem má následující stavebněfyzikální vlastnosti :

- pevnost v tlaku
 - a) po 24 hodinách 30,1 MPa
 - b) po 28 dnech 32,0 MPa
- měrná hmotnost 1,025 kg/m³
- nasákavost vodou 14,3 %

Příklad 5

Pro výrobu dutých tvárnic s rozměry 32,0 x 28,0 x 24,0 cm byly podle předem určené receptury použity následující složky :

20,925 kg aktivizované betonové suti
1,009 kg vápenného hydrátu
1,755 kg vody

Ostatní technologické podmínky :

- lisovací tlak 75 MPa
- vytvrzovací teplota (autokláv) 170°C
- doba vytvrzování 6 hodin

Dutá tvárnice vyrobená popsáním způsobem má následující stavebně fyzikální vlastnosti :

- pevnost v tlaku
 - a) po 24 hodinách 22,3 MPa
 - b) po 28 dnech 24,2 MPa
- měrná hmotnost 1.030 kg/m³
- nasákavost vodou 14,2 %

Příklad 6

Pro výrobu NF cihel s rozměry 25,0 x 12,0 x 6,5 cm se použily následující složky :

- 3,779 kg aktivizované betonové suti
- 0,199 kg vápenného hydrátu
- 0,400 kg vody

Ostatní technologické podmínky :

- lisovací tlak 90 MPa
- vytvrzovací teplota (autokláv) 170°C
- doba vytvrzování 7 hodin

Dutá tvárnice vyrobená popsáním způsobem má následující stavebně fyzikální vlastnosti :

- pevnost v tlaku
 - a) po 24 hodinách 36,2 MPa
 - b) po 28 dnech 38,4 MPa
- měrná hmotnost 2.040 kg/m³
- nasákavost vodou 14,50 %

Fyzikálně mechanické vlastnosti stavebních hmot vyrobených podle vynálezu závisí na tribomechanické aktivizaci betonové suti a na zvolených podmínkách technologického procesu.

Příklad 7

Popílek z elektrofiltrů.

Pro tyto pokusy byl vybrán popílek z elektrofiltrů s následujícími chemickými a fyzikálně mechanickými vlastnostmi :

	% hmot.
-----	-----
SiO ₂	57,60
Al ₂ O ₃	16,87
Fe ₂ O ₃	6,30
CaO	5,47
MgO	1,70
Na ₂ O	0,32
K ₂ O	1,28
P ₂ O ₅	0,06
MgO	0,08
TiO ₂	1,28
BaO	0,48
sulfáty SO ₃	0,99
sulfidy SO ₃	0,00
ztráta vyžháním	6,50
vlhkost	0,96
-----	-----

Fyzikálně mechanické vlastnosti :

- měrná hmotnost bez pórů a dutin, g/cm ³	2,19
- měrná hmotnost, kg/m ³	
a) sypná hmotnost	467
b) po slisování	829
- měrný povrch cm ² /g	2.831
- granulometrický test - zbytky na sítu, %	
- 0,063 mm	20
- 0,080 mm	10
- 0,090 mm	8
- 0,125 mm	2

- 0,250 mm	1
- 0,500 mm	0

Pro následující pokusy byla jako způsob výroby zvolena metoda hydrotermálního vytvrzování. Kromě této metody se pokusně měnily také následující technologické podmínky :

- lisovací tlak při tvarování	26 - 54 MPa
- hmotn. obsah vápenného hydrátu	2,2 - 7,8 %
- teplota při hydrotermálním vytvrzování	56 - 84°C
- doba hydrotermálního vytvrzování	276 - 444 minut

Při kombinaci výše uvedených technologických parametrů se ukázalo, že výrobu stavebních hmot lze popsat následujícími vlastnostmi :

- pevnost v tlaku po 24 hodinách	2,3 - 10,0 MPa
- pevnost v tlaku po 28 dnech	3,3 - 10,5 MPa
- měrná hmotnost plné tvárnice	1.500 kg/m ³
- měrná hmotnost duté tvárnice	750 kg/m ³
- nasákavost vodou	24 - 29 %
- koeficient tepelné vodivosti	$\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$

Stavební hmoty, které byly vyrobeny s uvedenými fyzikálně mechanickými vlastnostmi, se mohou použít jako cihly nebo tvárnice pro stavbu objektů, jejichž stěny se pokrývají dalším pláštěm. Při výrobě stavebních hmot tímto způsobem lze dosáhnout výrazných úspor, neboť ve srovnání s klasickou výrobou cihel je zapotřebí vynaložit 15,2 -krát méně energie.

Příklad 8

Odpad ze separace magnezitu.

Odpad ze separace magnezitu představuje vzhledem k množství tohoto odpadu v mnoha zemích stále rostoucí ekologický problém. Dosavadní pokusy s použitím tohoto materiálu jako přísady při výrobě stavebních hmot nepřinesly pozitivní výsledky. Pomocí tribomechanické aktivizace však lze strukturu tohoto materiálu změnit a jeho vlastnosti

přizpůsobit požadavkům výroby stavebních hmot. Před aktivizací byl odpad rozmělněn na velikost zrna v rozsahu 0 - 4 mm.

Výsledek chemické analýzy odpadu ze separace magnezitu :
% hmot.

SiO ₂	27,51
Al ₂ O ₃	1,12
Fe ₂ O ₃	4,84
CaO	1,37
MgO	37,79
sulfáty SO ₃	0,04
sulfidy SO ₃	0,10
K ₂ O	0,01
Na ₂ O	0,07
ztráta vyžeháním	26,25
vlhkost	1,02

celkem (% hmot.) : 100,12

Fyzikálně mechanické vlastnosti aktivizovaného odpadu ze separace magnezitu :

- měrná hmotnost bez pórů a dutin, g/cm ³	2,66
- měrná hmotnost, kg/m ³	2660
a) sypná hmotnost	879
b) po slisování	1.235
- měrný povrch, cm ² /g	1.610
- granulometrický test - zbytky na sítu :	
- 0,063 mm	98 %
- 0,080 mm	86 %
- 0,090 mm	72 %

- 0,125 mm	62 %
- 0,250 mm	44 %
- 0,500 mm	33 %
- 0,710 mm	24 %
- 1,000 mm	16 %
- 2,000 mm	3 %

Byly zkoumány následující technologické podmínky a jejich vliv na vlastnosti vyrobených stavebních hmot :

- lisovací tlak při tvarování	40 - 110 MPa
- hmotnostní obsah vápenného hydrátu	4,6 - 7,4 %
- teplota při hydrotermálním vytvrzování	68 - 82°C
- doba hydrotermálního vytvrzování	215 - 385 minut

Při kombinování odpovídajících technologických parametrů bylo zjištěno, že je mnoho možností výroby stavebních hmot z tohoto materiálu.

Stavební objekty z této stavební hmoty je třeba opatřit pláštěm z omítky nebo jiného materiálu.

Stavební hmoty ze zkoušeného odpadu mají následující fyzikálně mechanické vlastnosti :

- pevnost v tlaku po 24 hodinách	8,3 - 18,7 MPa
- pevnost v tlaku po 28 dnech	11,0 - 24,8 MPa
- měrná hmotnost plné tvárnice	2.030 kg/m ³
- měrná hmotnost duté tvárnice	1.020 kg/m ³
- nasákavost vodou	15,1 - 18,7 %
- koeficient tepelné vodivosti	$\lambda = 0,250$

Spotřeba energie pro výrobu stavebních hmot z tribo-mechanicky aktivizovaného odpadu ze separace magnezitu je 13,33 -krát menší než spotřeba energie při klasické výrobě stavebních hmot.

Příklad 9

Odpad z výroby cihel a stavební keramiky.

Pro tyto pokusy byly použity rozličné vzorky materiálů, takové, jaké vznikají jako zlomky při výrobě cihel, a dále takové, jaké vznikají jako stavební suť při demolici starých budov. Ukládání těchto odpadů, zejména v rozsáhlých zastavěných oblastech, je problematické a také možnosti využití, popřípadě jiné regulace těchto odpadů jsou poněkud omezené.

Tribomechanická aktivizace však umožňuje opětné zhodnocení těchto materiálů jejich použitím pro výrobu stavebních hmot.

Odpad se před aktivizací hrubě rozmělní na velikost zrna v rozsahu 0 - 4 mm. Byly zjištěny následující vlastnosti aktivizovaných odpadů :

Chemické složení aktivizovaného odpadu z cihel a střešních tašek :

	% hmot.
-----	-----
SiO ₂	59,43
Al ₂ O ₃	22,47
TiO ₂	0,63
Fe ₂ O ₃	3,93
FeO	0,76
MnO	0,06
MgO	1,50
CaO	3,16
Na ₂ O	0,25
K ₂ O	1,43
P ₂ O ₅	stopově
sulfáty SO ₃	0,63
sulfidy SO ₃	0,13

ztráta vyžháním	4,27
obsah vlhkosti	1,30

celkem (% hmot.) :	99,95

Fyzikálně mechanické vlastnosti

- měrná hmotnost bez pórů a dutin, g/cm ³	2,60
- měrná hmotnost kg/m ³	
a) sypná hmotnost	520
b) po slisování	748
- měrný povrch, cm ² /g	5.430
- granulometrický test - zbytky na sítu, %	
- 0,063 mm	86
- 0,080 mm	71
- 0,090 mm	60
- 0,125 mm	48
- 0,250 mm	26
- 0,500 mm	16
- 0,710 mm	12

Byly zkoumány následující technologické parametry :

- lisovací tlak při tvarování	90 - 160 MPa
- hmotnostní obsah vápenného hydrátu	3,6 - 6,4 %
- teplota při hydrotermálním vytvrzování	56 - 84°C
- doba hydrotermálního vytvrzování	258 - 342 minut

Při uvedené kombinaci technologických podmínek byly vyrobeny stavební hmoty s následujícími vlastnostmi :

- pevnost v tlaku po 24 hodinách	12,4 - 24,6 MPa
- pevnost v tlaku po 28 dnech	19,6 - 30,4 MPa
- měrná hmotnost plné tvárnice	1.720 kg/m ³
- nasákavost vodou	18,0 - 23,5 %
- koeficient tepelné vodivosti	$\lambda = 0,225 \text{ W/mK}$

Takto vyrobené stavební hmoty lze použít pro stavbu objektů, jejichž stěny se pokrývají omítkou nebo pláští i z jiných materiálů.

Spotřeba energie při výrobě těchto stavebních hmot je 15 -krát nižší než při klasické výrobě stavebních hmot.

Příklad 10

Struska

Předmětem těchto pokusů byla struska, která je odpadem při spalování uhlí, v kotelnách dálkového vytápění, v kotelnách obecně a v domácnostech.

Přeprava a ukládání této strusky jsou drahé a z ekologického hlediska zatěžují životní prostředí. Struska se příležitostně používá pro výrobu betonu, pro tak zvaný škváro-beton. Takto vyrobený materiál má velmi vysokou měrnou hmotnost a vyžaduje proto změny statických projektů.

Před aktivizací byla struska hrubě rozmělněna na velikost zrna v rozsahu 0 - 4 mm. Chemická analýza přinesla následující výsledky :

Chemické složení aktivizované strusky

% hmot.

SiO ₂	53,25
Al ₂ O ₃	16,20
TiO ₂	0,16
Fe ₂ O ₃	6,12
FeO	0,10
MnO	0,25
MgO	4,66
CaO	8,10
Na ₂ O	2,14
K ₂ O	2,10
P ₂ O ₅	0,25

sulfáty SO_3	0,45
sulfidy SO_3	0,20
ztráta vyžiháním	3,74
vlhkost	2,40

celkem (% hmot.)	100,12
--------------------	--------

Fyzikálně mechanické vlastnosti aktivizované strusky :

- měrná hmotnost bez pórů a dutin, g/cm^3	2,45
- měrná hmotnost kg/m^3	
a) sypná hmotnost	530
b) po slisování	690
- měrný povrch, cm^2/g	3420
- granulometrický test - zbytky na sítu, %	
- 0,063 mm	83
- 0,080 mm	70
- 0,090 mm	58
- 0,125 mm	46
- 0,250 mm	28
- 0,500 mm	14
- 0,710 mm	6

Zkoumání možností výroby stavebních hmot z tribomechanicky aktivizované strusky.

Při těchto testech byly zkoumány vlivy následujících parametrů :

- lisovací tlak při tvarování	57 - 93 MPa
- hmotnostní obsah vápenného hydrátu	2,2 - 7,8 %
- teplota při hydrotermálním vytvrzování	56 - 84°C
- doba hydrotermálního vytvrzování	276 - 444 minut

Při volbě odpovídajících parametrů byly vyrobeny stavební hmoty s následujícími vlastnostmi :

- pevnost v tlaku po 24 hodinách	11,8 - 21,4 MPa
- pevnost v tlaku po 28 dnech	19,2 - 24,8 MPa
- měrná hmotnost plné tvárnice	1.900 kg/m ³
- měrná hmotnost duté tvárnice	1.000 kg/m ³
- nasákavost vodou	18,2 - 23,4 %
- koeficient tepelné vodivosti	$\lambda = 0,24 \text{ W/mK}$

Stavební hmoty s těmito vlastnostmi jsou vhodné pro výstavbu objektů, jejichž stěny se chrání dalším pláštěm.

Spotřeba energie při výrobě těchto stavebních hmot je 14,2 -krát nižší než při klasické výrobě stavebních hmot.

Z následující tabulky vyplývá, že energie spotřebovaná na zhotovení stěny z tribomechanicky vyrobených tvárnic je několikanásobně nižší než u klasických stavebních hmot. Všechny stěny splňují podmínky stavebních norem týkajících se tepelné izolace. Spotřeba technologické energie na 1 m² konstrukce stěny je pro všechny tři klimatické zóny nepatrná, takže použitím tribomechanicky vyrobených stavebních hmot lze dosáhnout značných úspor energie, popřípadě stavebních nákladů.

Srovnávací tabulka konstrukcí obvodových stěn podle stavebně klimatických zón z hlediska spotřebované energie :

příklad č.	popis konstrukce	klimatická zóna	zabudovaná technologická energie index	
			kW/m ²	%

1.	- plášťová omítka, 2,5 cm	I	63,8	100
	- tvárnice z odpadu při se- paraci magnezitu, vyrobená tribomechanicky	II	70,9	100
	- vápenná omítka, 2 cm	III	77,5	100

2.	- tepelně izolační omítka, 4 cm	I	86,6	136
	- tvárnice z odpadu při se- paraci magnezitu, vyrobe- ná tribomechanicky	II	92,2	130
	- vápenná omítka, 2 cm	III	99,4	128

3.	- "Jubizol" s polystyrénem	I	311,6	388
	- stavební cihly, 25 cm	II	319,6	351
	- vápenná omítka, 2 cm	III	323,6	317

4.	- "Jubizol" s polystyrénem	I	283,6	344
	- železobeton, 20 cm	II	291,6	311
	- vápenná omítka, 2 cm	III	295,6	281

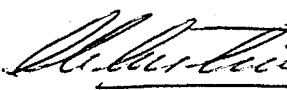
5.	- plášťová omítka, 2,5 cm	I	107,0	168
	- tvárnice z lehčeného betonu, 20 cm	II	119,5	169
	- vápenná omítka, 2 cm	III	132,0	170

Ve všech dosud uvedených příkladech byl jako pojivo uveden vápenný hydrát. Tento dával nejlepší výsledky. Dobré vlastnosti vykazují také střešní tašky vyrobené s použitím portlandského cementu. Principiálně jsou však při způsobu výroby podle vynálezu použitelná všechna uvedená pojiva.

Chemické složení vápenného hydrátu

	% hmot.
ztráta vyžeháním při 1.000°C	23,10
vlhkost při 120°C	0,13
krystalová voda při 600°C	20,79
CO ₂	2,20
SiO ₂ + nerozpustné zbytky	0,14
Fe ₂ O ₃	0,14
Al ₂ O ₃	0,09
CaO	74,50
MgO	1,55
SO ₃	0,10
Na ₂ O	0,29
K ₂ O	0,05
P ₂ O ₅	0,02
MnO	0,01
TiO ₂	0,02
obsah aktivního CaO + MgO	94,35
celkem (% hmot.)	100,03

Zastupuje:

 Ing. Jiří CHLŮSTINA
patenty, rešerše, překlady
Makarenskova 47

120 00 Praha 2-Vinohrady
tel. 25 27 39

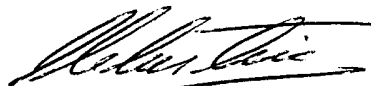
P A T E N T O V É N Á R O K

PŘÍL. PRO VYNALEZY A OBJEVY	ÚŘAD PRO VYNALEZY A OBJEVY	02. VIII 91	24 85-91 6183

1. Stavební směs pro výrobu tvarovek a prefabrikátů, například cihel, desek, nosníků, trubek a podobně, která sestává ze základní složky představující 85 až 100 % hmotn., s výhodou 90,6 až 95,4 % hmotn., popřípadě pojiva, s výhodou hašeného nebo nehašeného vápna, představujícího podíl 0 až 15 % hmotn., s výhodou 4,6 až 9,4 % hmotn., a vody v množství odpovídajícím hmotnostnímu poměru základní složky a pojiva k vodě rovném 1 : 0,05 až 1 : 0,25, v y z n a č u j í c í s e t í m , že základní složka je tvořena aktivizovanými domovními a/nebo průmyslovými odpady, zejména struskami a popílkami ze spalování odpadů nebo elektráren, cihlovou a/nebo betonovou sutí, popřípadě odpady z výroby cihel a/nebo betonu, která je tribomechanicky aktivizována.
2. Způsob výroby stavební směsi podle nároku 1, zejména pro výrobu tvarovek, jako jsou například cihly, desky, nosníky, trubky a podobně, v y z n a č u j í c í s e t í m , že mezi 85 a 100 % hmotn., s výhodou 90,6 až 95,4 % hmotn. základní složky, která je tvořena domovním a/nebo průmyslovým odpadem, zejména struskami a popílkami ze spalování odpadů nebo elektráren, cihlovou a/nebo betonovou sutí, popřípadě odpady z výroby cihel a/nebo betonu a podobně, se tribomechanicky aktivizuje, poté případně smísí s 0 - 15 % hmotn., s výhodou 4,6 až 9,4 % hmotn. pojiva, s výhodou hašeného nebo nehašeného vápna, a tato směs s vodou se slisuje na požadovaný tvar a hydrotermálně vytvrdí.
3. Způsob podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že záměsná voda se přidává v hmotnostním poměru směs k vodě rovném 1 : 0,05 až 1 : 0,25, s výhodou v poměru 1 : 0,08 až 1 : 0,16.

4. Způsob podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že částice základní složky se napřed pomocí mechanických zařízení, například drtičů nebo kladivových mlýnů rozmělní na velikost zrna maximálně 4 mm.
5. Způsob podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že každá částice základní složky je v průběhu tribomechanické aktivizace vystavena v průběhu maximálně 0,05 sekundy nejméně třem nárazům úderových těles, která se pohybují rychlostí nejméně 15 m/sek.
6. Způsob podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že lisovací tlak je v rozsahu 3 až 160 MPa.
7. Způsob podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že hydrotermální vytvrzování se provádí za teploty mezi 56 a 90°C po dobu v rozsahu 3,5 až 7,5 hodin.
8. Způsob podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že hydrotermální vytvrzování se provádí při přetlaku páry a teplotách přes 100°C po dobu v rozsahu 3 až 7 hodin.

Zastupuje :



Ing. Jiří CHLUSTINA
patenty, rešerše, překlady
Makarenkova 47
120 00 Praha 2-Vinohrady
tel. 25 27 39