

Zakladanie vydobytých priestorov tuhnicou základkou

Marián Šofranko¹ a Róbert Zeman²

Filling of recovered mining areas using solidifying backfill

The aim of this article is to explore the possibilities for filling recovered mining areas using solidifying backfill. The article describes the preparation of the backfill (backfill formulation with an eventual application using low quality sands, wastes from treatment plants and ash from power plants etc) now to transport it as well as its application in practice. Advantageous and disadvantageous of this method are also mentioned.

Several factors must be taken into consideration during the preparation process of the backfill mixture. Firstly, the quantities of each individual component must be constantly regulated. Secondly, the properties of each component must be respected. In addition, the needs of the pipeline transport system and the specific conditions of the recovered area to be filled must also be considered.

Hydraulic transport and pneumo-hydraulic pipeline transport are used for handling the backfill. Pumps for transporting the solidifying backfill have to carry out demanding tasks.

Due to the physical-mechanical properties of the backfill, only highly powerful pumps can be considered. Piston type pumps such as Abel Simplex and Duplex pumps with capacities of up to 100 m³.h⁻¹ and operating pressures of up to 16 MPa would be suitable.

This method has been applied abroad for different purposes. For example, solid backfill was used in the Hamr mine during exploitation of uranium using the room-and-pillar system mining method.

In the Ostrava-Karvina Coal field, backfill was used in decontamination work, filling areas in a zone of dangerous deformations and for creating a dividing stratum during thick seam mining.

Research into the use of solidifying backfill was also done in the Walsum mine in Germany. The aim of this research was:

- to investigate the possibilities of filling a collapsing area in a working face using a solidifying mixture of power plant ash and water,*
- to verify whether towing pipelines proposed by the DMT corporation would be suitable for filling,*
- to determine whether collapsed rocks would be able to absorb surplus water to prevent it from flowing into the mine.*

Research has shown that it is necessary to resolve the automatization of the control and management processes of the whole filling process. After the application of high performance computer technology instruments, the filling process will be more effective and of a higher quality.

Key words: solidifying backfill, pipeline transport, pumps, mining

Úvod

Baníctvo sa v súčasnej pre neho zložitej situácii musí vysporiadať s technicko-ekonomickými, ako aj s environmentálnymi problémami. Tieto ho nútia zavádzať také metódy dobývania, ktoré umožňujú selektívnosť ťažby ako aj nedevasujú prostredie odpadmi i poklesmi nadložia. To znamená, že ťažobné organizácie sú nútené, čo z bane vytážia, to do nej aj dodať. A to ako vo forme odpadov z úpravy alebo inej suroviny. Týmto podmienkam vyhovujú základkové dobývacie metódy, a preto aj došlo k ich inovácii.

Charakteristika zakladania tuhnicou základkou

Pri základkových dobývacích metódach sa využíva nebilančný materiál vyprodukovaný pri ťažbe (vlastná základka) i materiál dopravený do bane za účelom zakladania (cudzí základka).

Pri základkových dobývacích metódach sa využívajú nasledovné druhy základky: sypaná, plavená, fúkaná a tzv. špeciálna. V minulosti sa využívali najmä prvé tri. Súčasnosť však priniesla rozmach použitia už spomenutej špeciálnej čiže tuhnickej základky z pastovitých zmesí.

Výhodami tejto základky sú:

- vyššia pevnosť, ale aj variabilita. Zmenou receptúry je vlastne možné ovplyvňovať dosahované pevnosti,
- minimálna stlačiteľnosť, takže nedochádza k výraznejším poklesom nadložia, teda ani k narúšaniu povrchových vrstiev,
- možnosť použitia v protipožiarnej prevencii, protizáparovej prevencii, pri budovaní uzáverov a hrádzí a pod..

Na základe výsledkov laboratórnych pokusov je možné v blízkej budúcnosti očakávať, že z ekonomických i ekologických dôvodov dôjde k uplatneniu receptúr tuhnickej základky s väčším obsahom priemyselných odpadov rôzneho druhu (málo kvalitné piesky, odpady z úpravni, elektrárenský popolček a pod.).

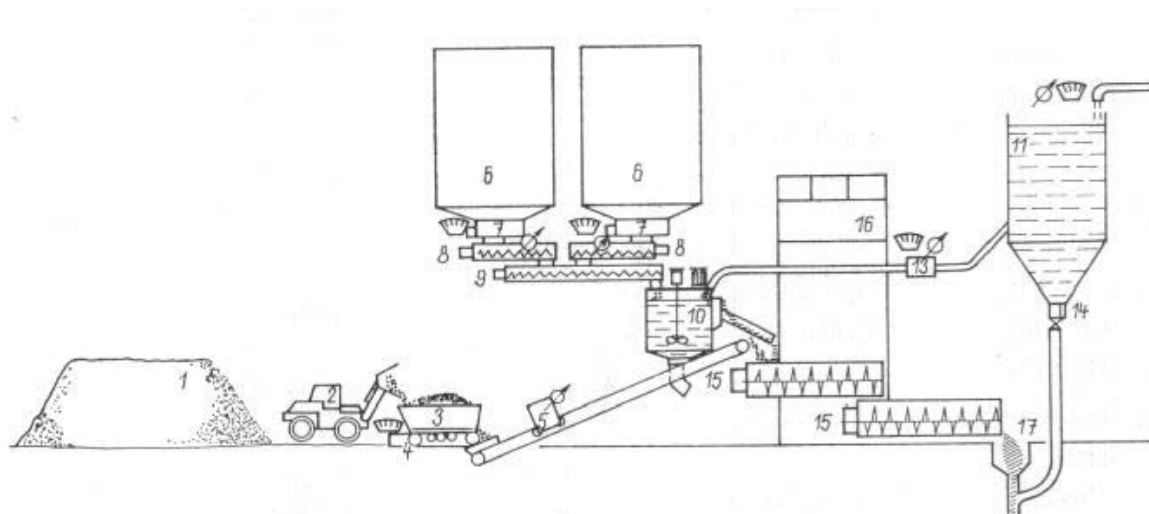
¹ Ing. Marián Šofranko, Katedra dobývania ložísk a geotechniky F BERG Technickej univerzity, Park Komenského 19, 043 84 Košice

² Ing. Róbert Zeman, SMZ a.s. Jelšava, 04916 Jelšava, Katedra logistiky a výrobných systémov, F- BERG TU-Košice: externý doktorand. (Recenzované a revidované verzia dodaná 11.7.2001)

Požadované vlastnosti základky kladú vysoké nároky na prípravu, čiže receptúru základky (schéma technologického procesu prípravy zmesi je znázornená na obr.1). Musí dôjsť k možnosti plynulej regulácie množstva jednotlivých komponentov v súlade s variabilnými vlastnosťami surovín, potrebami procesu potrubnej dopravy, špecifickými podmienkami ukladania základkovej zmesi do vydobytých priestorov a požiadavkami na základkový masív, (Šimek, 1985). Teda rozhodujúcou je príprava a doprava pastovitej zmesi, pretože táto zmes sa dopravuje potrubiami a do miest uloženia sa tlačí čerpadlami.

Najvýznamnejším komponentom, ktorý najvýraznejšie ovplyvňuje pevnosť základky, je druh a množstvo pojiva (cement, vápno). Je zároveň jednou z ekonomicky najnáročnejšou časťou základky. Pokiaľ je to možné, snažíme sa sčasti ho nahrádzať inými látkami. Preto bol ďalší výskum zameraný na náhradu pojivových materiálov, a to použitím niektorých druhov odpadov, ako napr. popolčiekov z fluidného spaľovania uhlia, cementárenských odpraškov a odpadových látok z procesu termického zneškodňovania odpadov.

Pre zaistenie ukladania popolčeka, flotačných odpadov a ich zmesí, doplnených podľa potreby tiež určitým podielom cementu, je v súčasnej dobe zameraná pozornosť na vytvorenie takých zmesí, ktoré vzhľadom ku svojej objemovej koncentrácii po uložení v podzemí budú uvoľňovať minimálne množstvo vody.



Obr.1. Schéma kontinuálnej výroby tuhúcej základky.

1 – skládka piesku, 2 – nakladač, 3 – pohotovostný zásobník, 4 – vynášací pás, 5 – pásový dopravník s váhou, 6 – zásobník pojiva, 7 – rotačný dávkovač, 8 – vážiaca skrutkovica, 9 – zmiešavacia skrutkovica, 10 – príprava pulpy, 11 – zásobník vody s kontrolou maxima a minima, 12 – prívod vody, 13 – regulačný prietokomer, 14 – rýchlozáver (preplach potrubia), 15 – miešačka dvojriadeľová, 16 – velín, 17 – základkový vrt.

Fig.1. Plan of continual manufacturing solidified backfill.

1 – sand storage, 2 – loader, 3 – working bin, 4 – belt feeder, 5 – weighed conveyor, 6 – binder storage, 7 – rotary dosing appliance, 8 – weights screw, 9 – mix screw, 10 – preparation mixture, 11 – accumulator water with regulation maxim and minimum, 12 – supply water, 13 – regulation flow-meter, 14 – high speedshut, 15 – double-shaft temperer, 16 – dispatching, 17 – backfill bore.

Tieto požiadavky sú však limitované podmienkou ekonomickosti dopravy, čiže vzdialenosťou zdroja týchto odpadov od miesta zakladania. Ďalšími dôležitými limitujúcimi faktormi sú zákony o odpadovom hospodárstve. Zvýšenú pozornosť pri použití odpadov si vyžadujú ekologické opatrenia, aby nedošlo ku kontaminácii okolia zakladaného prostredia.

Použitie odpadov v základkovom hospodárstve si preto vyžaduje dokonalú znalosť situácie, vyhovujúci typ odpadu (nesmie obsahovať škodlivé, toxické a nebezpečné látky), vhodnosť prostredia pre takúto aplikáciu, ako aj maximálnu pozornosť na dodržiavanie bezpečnostných zásad.

Doprava základkovej zmesi

Príprava zmesi je dôležitým faktorom aj pre dopravu tuhúcej zmesi. Môžeme použiť buď samostatnú dopravu jednotlivých komponentov zmesi alebo priamu dopravu základky pripravenej na povrchu.

Ide vlastne o potrubnú dopravu, kde rozlišujeme dva základné spôsoby, a to:

- hydraulickú,
- pneumohydraulickú.

V minulosti bola najviac používaným spôsobom hydraulická doprava. Táto umožňovala dosahovať vysoké výkony zakladania, čiže vzhľadom na veľké prepravované objemy, ide o veľkoobjemovú dopravu. Dopravný výkon je daný svetlým priemerom potrubí, rýchlosťou pohybu dopravovanej zmesi a celkovým objemom zmesi v potrubí.

Nevýhodou tejto dopravy je, že na veľké vzdialenosti nie je možné dopraviť menšie objemy základkovej zmesi. Ďalšou nevýhodou je, že po odstavení, resp. prerušení prevádzky, hrozí tvorba zátok. To si vyžaduje potrubie neustále preplachovať vodou, čo má za následok prítok vody do priestoru dobývok, a tým zhoršovanie pracovných a klimatických podmienok na dobývke.

Tieto nevýhody rieši pneumohydraulická doprava, ktorá umožňuje dopravovať aj malé množstvá na väčšie vzdialenosti. Preto v súčasnosti začína nahrádzať hydraulickú dopravu.

Princípom pneumohydraulickej dopravy zmesi je rozdelenie potrubia v podzemí bane na samostatné dopravné úseky s dĺžkou 300 až 500 m. Do potrubia sa dávajú postupne za sebou dávky zmesi, ktoré zaplnia potrubie v takej dĺžke, aby tlaková strata nepresiahla 0,4-0,5 MPa, t.j. nesmie sa prekročiť hodnota tlaku vzduchu v podzemnom rozvode, na ktorý pôsobí tlačný kus dopravným úsekom do nasledujúceho úseku a tak ďalej. Po prechode dávky zmesi z jedného úseku do druhého ju prevezme ďalší úsek a tlačí ju ďalej, pričom prvý úsek už preberá novú dávku. Týmto pulzujúcim spôsobom postupuje v dopravnom potrubí niekoľko dávok, a tým dochádza k podstatnému rozšíreniu dosahu dopravného potrubia.

Pneumohydraulický spôsob teda umožňuje dopravovať na ľubovoľné miesto v bani potrebné množstvo zmesi. Pri prechode dávky daným úsekom je tento súčasne vyčistený tlačným kusom, a teda nie je potrebné preplachovanie dopravného potrubia.

Ako už bolo spomenuté, straty, čiže odpor v potrubí pri doprave základkových pastovitých a sypkých materiálov sú dôležitým prvkom praktického využitia metódy zatláčania odpadov pomocou čerpadiel. Jedná sa vlastne o dĺžkové straty v potrubí, ktoré závisia od drsnosti potrubia, Re – Reynoldsovho čísla a v závislosti na ňom od rýchlosti pohybu zmesi v potrubí, kinematickej viskozity, ale aj od dĺžky potrubia.

Vzťah pre výpočet dĺžkových strát:

$$h_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad [\text{m}] \quad (1)$$

kde:

$\lambda = f(Re, k)$

k - drsnosť potrubia

d - priemer potrubia [m]

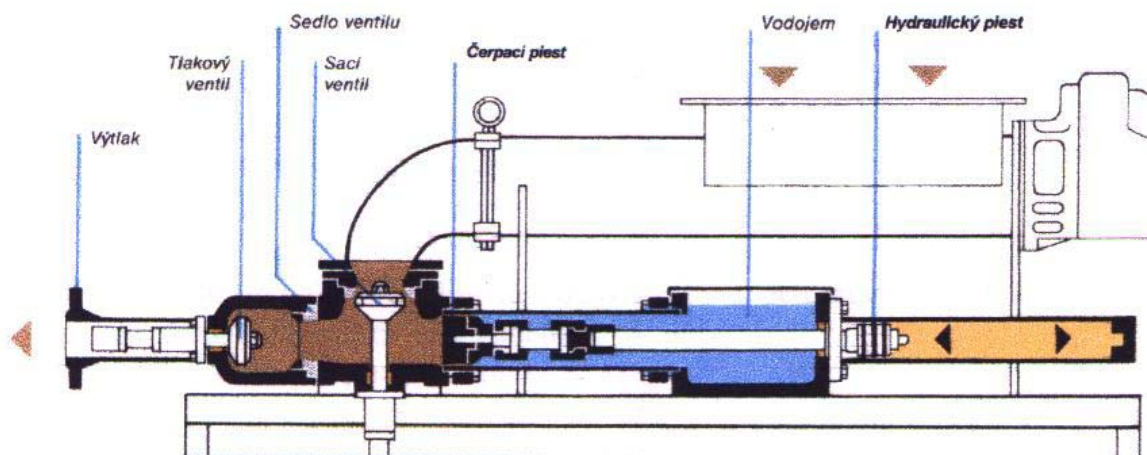
g - gravitačné zrýchlenie [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

Pre potrubia kruhového prierezu, ak chceme zachovať laminárne prúdenie, platí: $Re_{\text{krit}} = 2300$ a $\lambda = 64/Re$.

Čerpadlá na pastovité a pevné látky

Z vyššie uvedených požiadaviek vyplýva, že musíme navrhnuť čerpadlá, ktoré sú schopné ich spĺňať. Na tieto účely sú konštruované špecializované čerpadlá na čerpanie pastovitých a pevných látok (obr.2).

Do úvahy prichádzajú vzhľadom na fyzikálno-mechanické vlastnosti média (základkového materiálu) predovšetkým vysokovýkonné objemové čerpadlá, takými sú napríklad piestové čerpadlá Simplex alebo Duplex z produkcie firmy ABEL, s výkonmi do $100 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a tlakom do 16 Mpa, určené na čerpanie pastovitých a pevných látok.



Obr.2. Schéma čerpadla na pastovité a pevné látky typu SH.

Fig.2. Plan pumps to past and compact matters SH-type.

Ich zvláštnosťou je, že pohyb pracovného piestu zabezpečuje hydraulický valec a pohon je zabezpečený samostatným hydraulickým agregátom. Firma ABEL vyrába tieto čerpadlá ako jedno, alebo dvojvalcové, v rôznych prevedeniach, ako SH, EKB, ERKB, ZRKB podľa prevedenia ventilov, počtu valcov a spôsobu čerpania média.

Čerpadlá typu SH s kužeľovým ventilom

Tieto čerpadlá sú schopné pracovať až do tlaku 16 MPa a čerpať množstvo maximálne $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Sú to čerpadlá dvojpiestové (Duplex) a hodia sa pre čerpanie tekutých, pastovitých, zrnitých a abrazívnych materiálov s podielom pevných látok do 75%.

Čerpadlá sú dimenzované na nepretržitú prevádzku a pracujú ako samonasávacie objemové čerpadlá. Sú vyrobené pre horizontálnu montážnu polohu a sú hydraulicky poháňané. Skladajú sa z dvoch oddelene inštalovaných jednotiek, čerpacieho agregátu a olejo-hydraulického pohonného agregátu.

Zvláštnymi znakmi týchto čerpadiel je najmä:

- robustné prevedenie koncipované pre nepretržitú prevádzku,
- ventily podľa potreby v rôznych usporiadaniach,
- nútene riadený kužeľový ventil s dlhým zdvihom,
- ľahký prístup k ventilom – rýchla a bezproblémová výmena,
- smer prúdenia sa dá obrátiť.

Čerpadlo typu EKP so šupátkovým ventilom

Čerpadlá so šupátkovými ventilmi sú k dispozícii v dvoch prevedeniach:

- piestové Simplex bez tesnenia,
- piestové Simplex a Duplex.

Ich princíp je podobný ako u typu SH, teda pohyb pracovného piestu zabezpečuje hydraulický valec. Patentované piestové čerpadlá Simplex bez tesnenia, typ EKP s jedným ventilom s čerpacím výkonom do $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, pri tlakoch do 6,4 MPa. Sú vhodné hlavne pre čerpanie vysokoviskózných, abrazívnych, vláknitých materiálov s hrubými látkami ako kusy železa, sklo, drevo, kamene a pod., s podielom pevných látok do 100%. Piestové čerpadlo Simplex bez tesnenia nemá na sacej strane ventil a je vhodné na základe vákuového plnenia hlavne na čerpanie extrémnych materiálov. Veľmi dobrý plniaci výkon ušetrí v mnohých prípadoch nasadenie nákladných prírodných zariadení.

Zvláštnymi znakmi tohoto čerpadla je najmä:

- čerpá hrubé látky do veľkosti piestu,
- ľahko prístupný, niekoľkokrát kalený oceľový piest,
- strihové pôsobenie piestu a ventilu,
- plniaci výkon veľmi dobrý vďaka impulznému pôsobeniu,
- nedochádza k znečisteniu hydraulického valca, vďaka vhodnému konštrukčnému riešeniu.

Čerpadlá na pevné látky typ ERKP/ZRKP so šupátkovými ventilmi

Sem patria čerpadlá Simplex a Duplex s dvoma ventilmi s čerpacími výkonmi do $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, pri tlakoch 6,4 MPa. Ich princíp činnosti je podobný ako pri SH. Sú vhodné predovšetkým na čerpanie tekutých, pastovitých a vláknitých materiálov, až do podielu pevných látok do 75%. Čerpadlá Duplex majú dva valce s piestami pracujúcimi synchronne proti sebe, a teda ak jeden podávací piest vykonáva čerpací zdvih, druhý podávací piest vykoná sací zdvih. Po pracovnom zdvihu podávacieho piestu sú šupátkové ventily ovládané tak, že sacie hrdlo nie je nikdy priamo spojené s výtlačným hrdlom.

Zvláštnymi znakmi týchto čerpadiel je najmä:

- nečistoty až do prierezu otvoru sacieho ventilu sú dopravované bez problémov,
- čerpadlá sú vyrobené z masívnej zliatiny alebo ušľachtilej ocele,
- nedochádza k znečisteniu hydraulického valca, vďaka konštrukčnému riešeniu,
- smer prúdenia sa dá obrátiť,
- je možné dodať výplachový piest pre vysoko abrazívne látky.

Pohonné agregáty pre čerpadlá na pastovité a pevné látky

Všetky uvedené čerpadlá na pastovité a pevné látky sú poháňané oddeleným hydraulickým agregátom, čím sa dosiahne väčšia flexibilita pri inštalácii, ktorý je prostredníctvom ohybných vysokotlakových hydraulických

hadíc spojený s čerpacím agregátom. Okrem olejovej nádrže a hydraulického čerpadla s pohonným motorom a olejového chladiča, obsahuje všetky potrebné kontrolné prístroje. Hydraulické čerpadlo môže byť v konštantnom alebo variabilnom prevedení. Pohonný agregát môže byť vybavený všetkými druhmi istenia a dimenzovaný pre ručné alebo diaľkové ovládanie. Pokiaľ je prírodná časť poháňaná hydraulicky, môže byť potrebná regulácia inštalovaná na pohonom agregáte.

Zariadenia na prívod produktu

Pre prívod média do nasávacej časti čerpadla sú vo väčšine prípadov použité nasledujúce zariadenia:

- nálievka alebo nádrž s vertikálnou miešačkou,
- dvojhriadeľový skrutkový dopravník.

Tieto zariadenia slúžia k homogenizácii, resp. nútenému prívodu dopravovaného média. Tým je zaručený vysoký stupeň plnenia čerpaceho valca. Prívodné a plniace zariadenia sa vyberajú podľa druhu čerpaného média. Zariadenia pre nútený prívod môžu byť dodané v rôznych usporiadaniach a stavebných rozmeroch. Systémy sú prispôsobené na všetky druhy výkonov a môžu byť poháňané elektricky aj hydraulicky.

Aplikácia uvedeného spôsobu zakladania

Ako už bolo spomenuté, s aplikáciou tejto metódy sa začalo v zahraničí a to na rôzne účely. V Čechách sa použil tento typ základky na bani Hamr pri dobývaní uránu dobývacou metódou komora – pilier. Taktiež v OKR bola táto základka použitá na rôzne účely: asanačné práce, vyplňovanie priestorov závalovej zóny, zriaďovanie deliacej vrstvy pri dobývaní mocných slojov v lávkach a pri stavbe tesniacich a ochranných monolitických rebier.

Na bani Walsum – SRN bol robený výskum použitia pastovitých zmesí. Na začiatku bolo treba:

- stanoviť možnosti zaplňovania závalového priestoru porubu pastovitou zmesou elektrárenského popolčeka a vody,
- zistiť, či sú závalové horniny schopné absorbovať nadbytok vody, a tak zabrániť jej zvýšenému prietoku do banských diel,
- overiť, či vlečné potrubie navrhnuté spolupracujúcou firmou DMT bude pre prevádzku zakladania vyhovovať.

Zmes sa dopravovala z porubovej chodby do vzdialenosti 400 m pomocou dvoch čerpadiel o výkone 10 m³/hod umiestnených za sebou a potom injektovala cez vlečné potrubie do vyrúbaného priestoru.

Prvé skúšky ukázali, že systém sa principiálne osvedčil. Zvlášť systém injektáže do závalového priestoru cez vlečné potrubie, ktoré je spojené s porubovým dopravníkom a vlečené po počve, sa ukázal ako veľmi úspešný.

Ďalej bola vyvinutá a vyskúšaná vhodná aparátúra a meracia technika. Množstvo pokusov bolo zameraných na hydraulickú dopravu rôznych zmesí do vzdialenosti 2000 m s následnou injektážou do závalového priestoru aktívneho porubu, s cieľom vyplňať priestor o ploche 1500 m² pri každom pokuse. Tieto pokusy sa konali so zmesou flotačného odpadu a popolčeka, mixovanou na povrchu v pomere 30% flotačných odpadov a 70% popolčeka. Výsledkom bolo odporúčanie, použiť flotačné odpady obsahujúce pevné látky od 600 do 1000 g na liter (Dirner, 1998).

Pokusy na bani Walsum potvrdili nutnosť ďalej pokračovať vo vývojovej práci. Zvlášť bude nutné zlepšiť miešanie.

Záver

Metóda zaznamenáva progresívny rozvoj a stále sa zdokonaľuje. Aj podniky na Slovensku sú nútené rešpektovať čoraz tvrdšie ekologické požiadavky (aj vzhľadom na zvýšené množstvo odpadov), a preto je predpoklad rozvoja tejto metódy zakladania aj u nás. Pri aplikácii však, ako vyplýva z výskumov, bude nutné riešiť automatizáciu procesu riadenia i kontroly celého technologického procesu. Zavedením prostriedkov riadiacej techniky vyššej generácie, sa celý tento zakladací proces (či už je to príprava, doprava alebo aplikácia tuhnúcej zmesi) zefektívni a skvalitní.

Literatúra

- ŠIMEK, P. a kol.: Technologie zakládání vydobytého prostoru tuhnoucí základkou. Rudy, 1985, č.9 .
DIRNER, V.: Kvalitativní rozbor problematiky ukládání odpadů do podzemních důlních děl. Montanex, a.s. Ostrava, 1998