

Možnosti využití plynových vaků v oblasti trhacích prací

Möglichkeiten der Nutzung von Gasbag bei Sprengarbeiten (Air-deck blasting)

Das Ergebnis der Sprengarbeiten ist von der Vielfalt des Gesteinmassivs beeinflusst. Der Gasbag ermöglicht bei der Sprengtechnik, einige mit der Unhomogenität des Gesteinmassivs zusammenhängende Probleme zu überwinden sowie erleichtert Vorgänge der Sprengarbeiten. Dieses Mittel und seine Einsatzmöglichkeiten in der Sprengtechnik werden im Artikel beschrieben.

Possibilities to use air-decks in the area of blasting works

The result of blasting works realized in a rock massif is being influenced by its diversification. An air-deck is one of means of blasting equipment allowing to overcome some problems associated with the inhomogeneity of a rock environment, thus facilitating blasting works. This article deals with the presented technical equipment and possibilities of its being utilized in blasting works.

Возможности использования газовых мешков в области буровзрывных работ (Air-deck blasting)

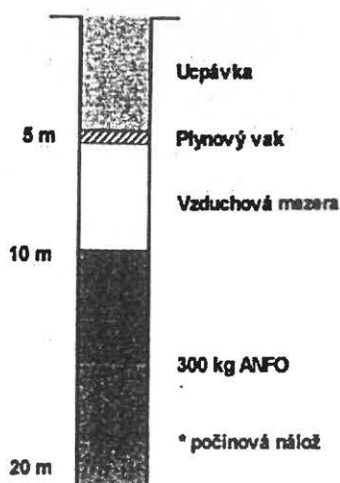
Результат буровзрывных работ проводимых в горном массиве находится под влиянием его многообразия. Одним из средств буровзрывной техники, которое позволяет преодолеть некоторые проблемы, связанные с неоднородностью породной среды и облегчает буровзрывные операции, является газовый мешок. Статья информирует об этом техническом средстве и возможностях его использования.

Možnosti využití plynových vaků v oblasti trhacích prací

Výsledek trhacích prací prováděných v horninovém masívu je ovlivňován jeho mnohotvárností. Jedním z prostředků trhací techniky, který umožňuje překonat některé problémy související s nehomogenitou horninového prostředí a usnadňuje operace trhacích prací je plynový vak. O uvedeném prostředku a jeho možnostech využití v trhací technice pojednává tento článek.

Plynový vak (Gasbag) je samonafukovací, velmi pevný vak schopný uzavřít vrt a snést značné zatížení po dlouhou dobu. Výrobek je určen zejména k utěsnění nežádoucí vody ve vrtu dovolující upřednostnit trhavinu ANFO (DAP – dusičnan amonný a palivo) před dražšími vodovzdornými výbušninami. Dále je možné plynový vak použít namísto ucpávky, nebo jako její součást vzhledem k jeho jednoduché a spolehlivé aplikaci. Takto vytvořená ucpávka umožňuje lepší využití vrtu zkrácením ucpávkové zóny, vhodné u měkčích hornin nebo vrstev, a ponechání vzduchové mezery. Plynový vak umožňuje snadnou konstrukci axiálně lehčené nálože nejen při provádění metody hladkého výlomu a pre-splitu (předstípnutí), ale i při potřebě aplikovat nižší koncentraci energie výbušniny v zájmové oblasti.

Plynový vak se skládá z neprodyšného vaku, obaleného pytlovinou proti průrazu s očkem pro uvázání a spuštění do vrtu. Nedílnou součástí vaku je hliníková tuba, která obsahuje reaktivní látky. Tuba je zabalená do vaku. Na vrchu tuby je tlačítko, které po jeho stlačení zajistí smísení reaktivních látek v tubě a následnou reakci, při níž dochází k uvolnění plynů potřebných k nafouknutí vaku. Doba úplné reakce látek je dostatečná pro umístění vaku do vrtu.



Obr. 1 Aplikace plynového vaku

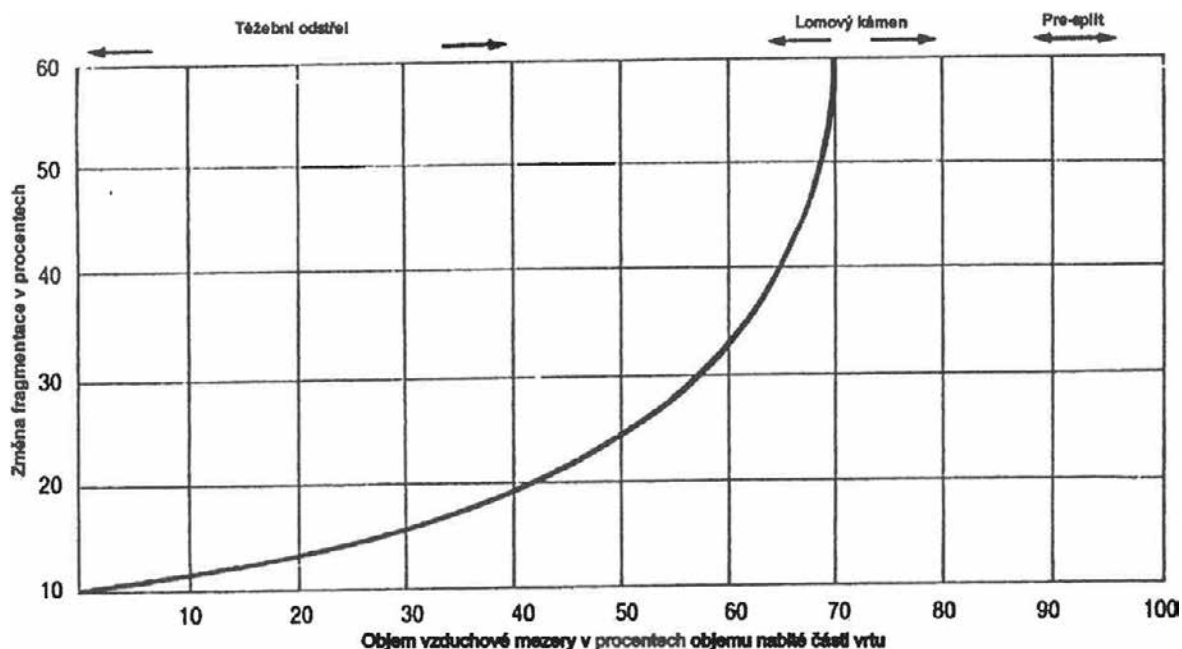
Teorie plynových vaků

Po iniciaci nálože v uzavřeném prostoru - dutinách (vrtech, komorách, sklípcích) se šíří trhavinou detonační vlna, která působí na okolní prostředí, kde vyvolá vlnu rázovou. S rostoucí vzdáleností od centra výbuchu tato vlna slábne a mění se ve vlnu napěťovou a dále pak v akustickou vlivem divergence (zvětšování kuloplochy šířící se rázové vlny) a disipace energie (tření, viskozita prostředí). Při reálném výbuchu působí zplodiny chemické reakce jako kulový píst, který před sebou žene stlačený vzduch, čímž v něm vyvozuje vzdušnou rázovou vlnu. Tlak výbuchových zplodin za vysokých teplot drtí a stlačuje okolí nálože. Vzniklé trhliny (tangenciální a radiální) jsou zaplňovány povýbuchovými zplodinami pod tlakem, který překonává pevnost horniny a spolupodílí se na jejím rozpojení. V případě přítomnosti volné plochy dochází k pohybu horniny tak, jak jej známe při trhacích pracích. Takto, ve stručnosti a zjednodušeně bez složitého popisu různých teorií, si můžeme představit mechanismus rozpojení hornin výbuchem při provádění trhacích prací. Objem povýbuchových zplodin je v přebytku, ve vztahu k objemu vrtu zvětšeného tlakem zplodin na okolní horninu a objemu trhlin vytvořených rázovou vlnou v daném čase. Plynový vak pomáhá při utěsnění vrtu ucpávkou, která vyvolá druhotnou nebo několikanásobnou rázovou vlnu, jenž prodlouží účinky působení detonace a zvýší dosah šíření trhlin. Při přechodu detonační vlny z výbušniny do vzduchové mezery (řidšího prostoru) dojde ke snížení tlaku ve vrtu a poklesu teploty, sníží se podrcení horniny v bezprostřední blízkosti vrtu a tepelné ztráty. Stlačený vzduch je stále schopný vytvářet systém šířících se trhlin a zajistit pohyb horniny. V případě, že místo vzduchové mezery je voda (lze přirovnat ke stlačenému pístu), je účinek tlaku na okolní horninový masív vyšší.

Jakou velikost vodní / vzduchové mezery dělené (axiálně lehčené) nálože zvolit ?

Obvyklá odpověď zní, že se velikost liší v závislosti na místních podmínkách. Doporučuje se až třímetrový sloupec vodní/vzduchové mezery u 15 metrových řezů.

Následující graf ukazuje výsledek výzkumné práce australských odborníků, zabývajících se touto otázkou. Objem vzduchové/vodní mezery je vyjádřen v procentech jako poměrná část objemu výbušniny, která může být nahrazena vzduchovou / vodní mezerou, k celkovému objemu výbušniny, pokud by byl vrt nabit celý. Řečeno jednoduše, je to množství výbušniny, které může být vyjmuto z vrtu a nahrazeno vzduchem nebo vodou.



Obr. 2 Závislost změny fragmentace na objemu použité vzduchové mezery

Z tohoto grafu lze odečíst, že 30 až 40 % nálože výbušniny může být nahrazeno vzduchem nebo vodou, aniž by došlo k významnému zhoršení fragmentace. Tento výsledek byl zjištěn laboratorními experimenty a publikován (Maxon a kol., IMM Transactions 1993, UK). Následně byl potvrzen rámcovými studiemi. Zmíněná publikace však připouští, že různé druhy hornin vykazují odlišné charakteristiky.

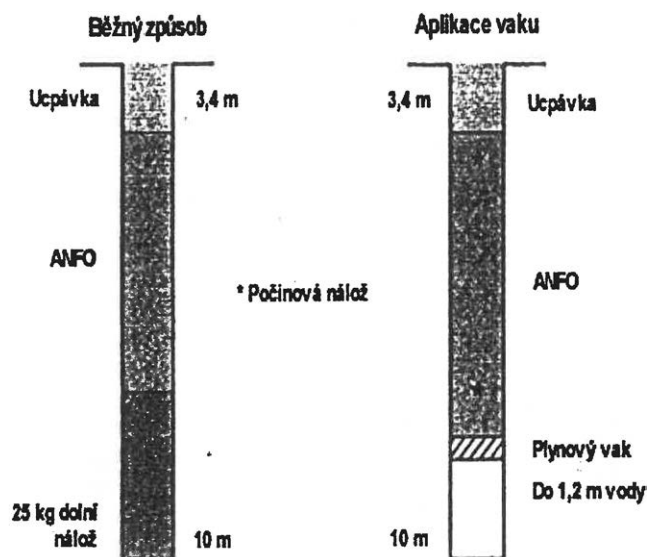
Samonafukovací plynový vak, prostředek trhací techniky

usnadňující trhací práce za pomoci vzduchové/vodní mezery axiálně lehčené nálože. Tento prostředek prokazatelně spoří náklady:

- úspora výbušnin až 30 %, snížení specifické spotřeby výbušnin,
- zlepšení fragmentace v ucpávkové zóně,
- snížení nároků na vodovzdorné nebo balené výbušniny.

Za pomoci plynových vaků je možné snadno:

- vytvořit stabilní lomové stěny nezávisle na jejich výšce,
- tvarovat obrysovou plochu (závěrné svahy),
- omezit narušení zaobrysového masívu odstřelem,
- minimalizovat možnost nadměrného rozletu a škody na povrchu, a v oblasti životního prostředí
- omezit emise CO₂,
- snížit seismické účinky, hlučnost a prašnost.

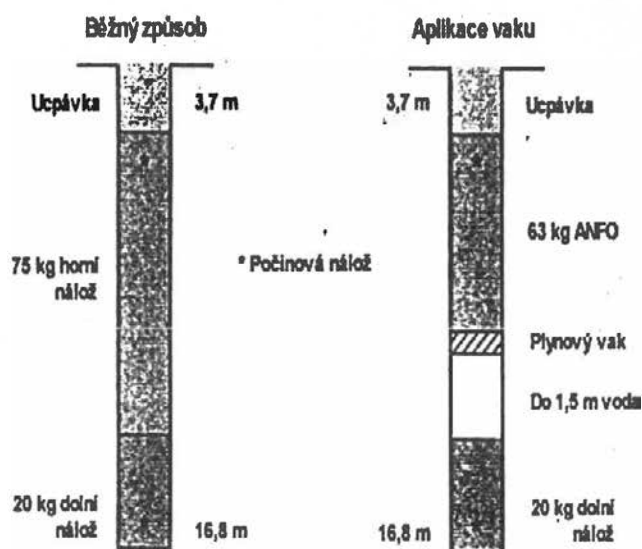


Obr. 3 Basalt, 110 mm prům. vrtu, sklon 10°, záběr 3.5 m, rozteč 3.5 m

Technika vodní mezery dělených náloží

Na většině lomů je snaha maximálně využívat ANFO, je to levné a efektivní. V případě přítomnosti většího množství vody ve vrtu jsou aplikovány vodovzdorné trhaviny. Ve vrtu o Ø 105 mm se sloupцем vody 1 m je třeba na dně vrtu až třímetrový sloupec vodovzdorné trhaviny. Na obr. 3 je příklad izolování vody ve vrtu plynovým vakem umožňující nabít zbylou část vrtu ANFO. Detonační vlna šířící se výbušninou přejde ve vodním sloupci v rázovou vlnu s účinky umožňujícími rozpojení spodní části vrtu.

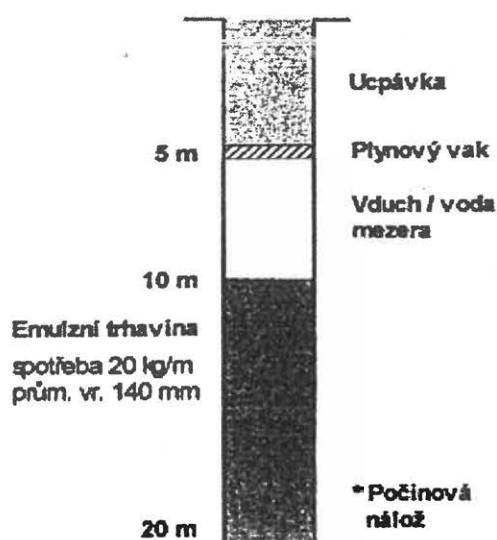
V některých lomech se stalo obvyklou praxí umístit vak až nad tři metry vysoký sloupec vody. Rozumný přístup je však vyzkoušet tuto technologii s 1 m vysokým sloupцем a podle výsledků sloupec zvyšovat. Zkušebními odstřely se nejlépe dosáhne optimální hodnoty. Limitní známá hodnota pro 15 m vysoké řezy jsou 3 m vodního sloupce.



Obr. 4 Vápenec, 105 mm průměr vrtu, sklon 10°, záběr 3.7 m, rozteč 3.7 m

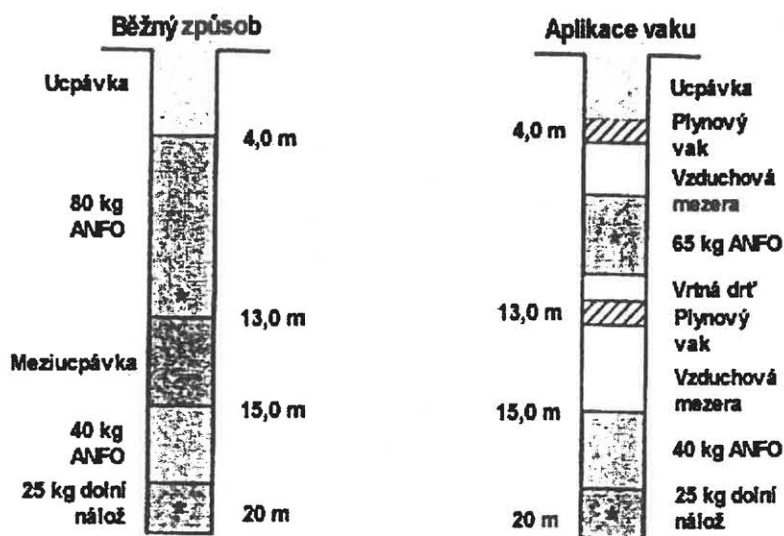
Obr. 4 (vápenec, 105 mm průměr vrtu, sklon 10°, záběr 3.7 m, rozteč 3.7 m) znázorňuje situaci, kde přítomnost většího sloupce vody ve vrtu by nás mohla přesvědčit o nutnosti použít vodovzdorné trhaviny. Na dno je uložena základní vodovzdorná nálož, následuje vodní sloupec, který je třeba nechat ustálit (pokud nebyla voda před nabíjením vyčerpána) a následně utěsnit vzduchovým vakem. Aplikací plynového vaku a použitím náročnější technologie nabíjení rostou náklady, které jsou kompenzovány nižší cenou ANFO (vyšší cenou vodovzdorných a balených trhavin).

Pokud jsou vrty plné vody, nedoporučuje se nabíjet vrt až k ucpávce. Pod ucpávkou je vhodné ponechat mezeru vyplněnou vodou tak, jak je uvedeno na obr. 5.



Obr. 5 Granit, 140 mm průměr vrtu, sklon 10°, diorit, spotřeba 20 kg/m emulzních trhavin

Tento obrázek znázorňuje nejčastěji používanou techniku plynových vaků, s cílem redukovat náklady na trhací práce snížením spotřeby trhavin ve vrtech obsahujících vodu.



Obr. 6 Granit, 135 mm průměr vrtu, sklon 5°, záběr 4.0 m, rozteč 3.5 m

Pomocí plynových vaků je možné sestavit axiálně lehčenou nálož, s cílem snížit hodnoty rychlosti kmitání seismického vlnění generovaného trhacími pracemi.

K dosažení cíle je možné využít tyto možnosti:

- axiálně lehčená nálož se dvěma nebo třemi mezerami,
- snížení průměru vrtu, kterého není vždy snadné dosáhnout na lomu dostupnou vrtací technikou,
- pre-splitting (metoda předstípnutí obrysu), obrysové vrty jsou nabíjeny a odpalují se jako první.

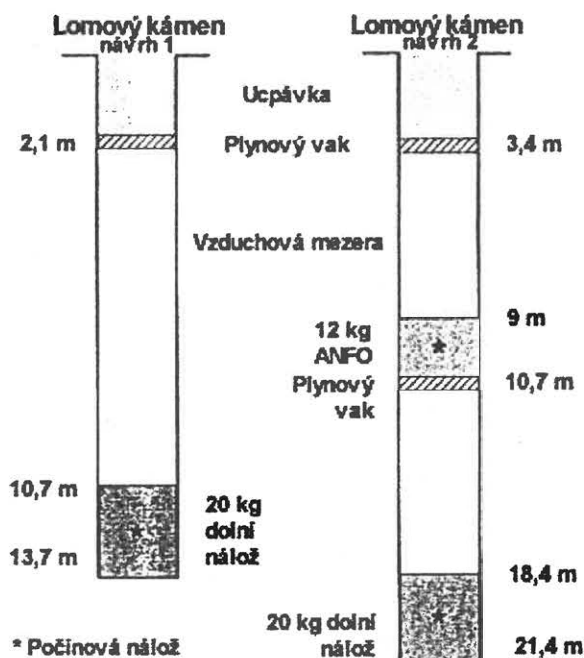
S použitím plynových vaků v rozsahu uvedeném na obr. 6 nedojde ke snížení používané výšky stěny a průměru vrtů, stejně tak popsanych limitních hodnot.

Lomový kámen

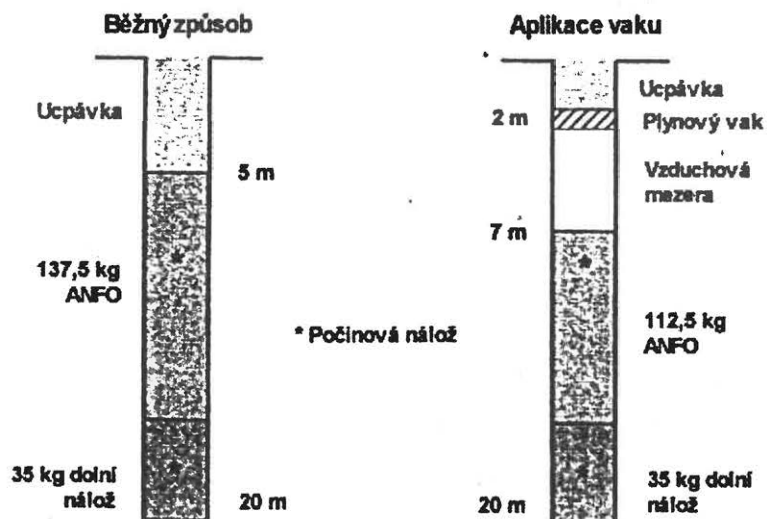
Produkce velkého množství lomového kamene má zvýšené nároky na plánování, pokud máme získat maximální množství kamenů o velké kusovitosti z odstřelu. Roztažení vrtného schématu a zvětšení délky ucpávky vede k cíli pouze u několika prvních odstřelů, jež následně způsobí problémy s udržením svahu vhodného pro další dobývací práce. Následující návrh umožní produkci kamene požadované kusovitosti a zachová „čisté“ řezy - bez převisů a upnutých pat. V tomto případě by měly být dodrženy dva základní předpoklady:

- záběr je dvojnásobkem rozteče,
- co nejvíce vrtů odpálit ve stejném čase.

První a druhý návrh na obr. 7 může být užitečný v mnoha dalších situacích běžně se vyskytujících v lomech. V místech, kde je žádoucí použít menší koncentraci energie výbušniny (více volných ploch, proměnlivý záběr první řady-zátrhy) se můžeme rozhodnout utěsnit převážnou část vrtu. To může mít za následek nedostřelené paty nebo naopak převisy. Vytvoření velkých vzduchových mezer nad základní náloží umožní výbušnině vykonat práci v celé délce vrtu a zajistit tak hladší a stabilnější řez. Tyto návrhy ukazují, jak získat větší objem kamenů o požadované (větší) kusovitosti. Rozpojovaným nerostem je basalt, průměr vrtů 105 mm, sklon 0–5° záběr 4.0 m, rozteč 2.0 m. Předpokládaná kusovitost 3/5/8 tun a 3/5 tun.



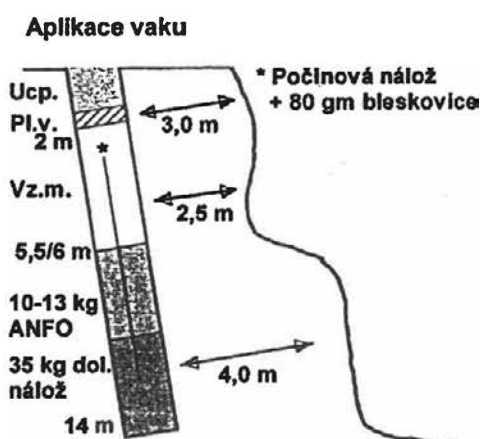
Obr. 7



Obr. 8 Vápenec, 127 mm průměr vrtu, sklon 15°, záběr 5.0 m, rozteč 6.0 m

Snížení nadměrných kusů v ucpávkové zóně

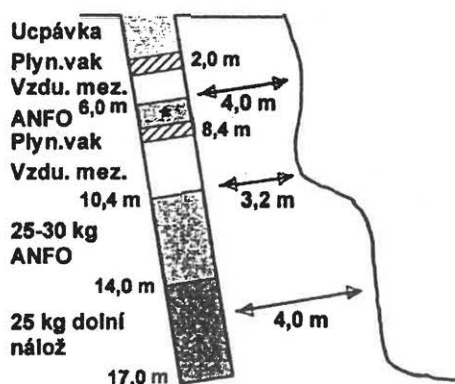
K docílení co nejmenšího množství nadměrných kusů v ucpávkové zóně se doporučuje například místo 5 metrové ucpávky použít ucpávku 2 metry dlouhou s 5 metrovou vzduchovou mezerou. Takto je možné ušetřit 25 kg trhaviny ANFO (průměr vrtu 127 mm, délka 20 m). Ušetřené náklady za trhavinu ANFO pokryjí náklady na pořízení plynových vaků a snížení délky ucpávky výrazně omezí množství nadměrných kusů rubaniny z ucpávkové zóny po odstřelu. Dále je třeba vzít v úvahu náklady na sekundární trhačí práce potřebné na rozpojení 10 – 15 % objemu rubaniny po odstřelu v případě neredukované délky ucpávky. Nově vzniklá lomová stěna je pravidelnější, hladší a bez větších zátrhů.



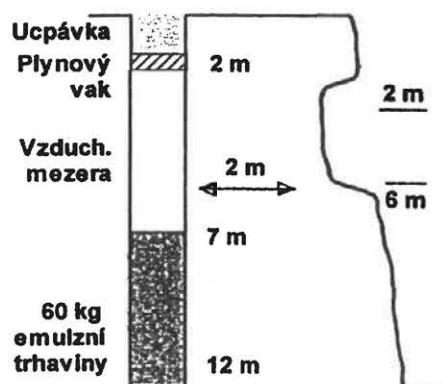
Obr. 9 Vápenec, 127 mm průměr vrtu, sklon 4°, záběr 4,0 m, rozteč 4,5 m

Axiálně lehčená nálož

řeší problémy spojené s proměnlivým záběrem první řady odstřelu. V návrzích uvedených na obr. 9, 10 a 11 je třeba dodržet pravidlo, že minimální vzdálenost od výbušniny umístěné ve vrtu k jakémukoliv bodu volného povrchu musí být větší nebo rovna plánovanému záběru.



Obr. 10 Vápenec, 115 mm průměr vrtu, sklon 15°, záběr 4,0 m, rozteč 4,0 m



Obr. 11 Vápenec, 105 mm průměr vrtu, sklon 10°, záběr 4,0 m, rozteč 4,0 m



Obr. 12 Vápenec, 127 mm průměr vrtu, sklon 20°, záběr 4.0 m, rozteč 4.0 m

Krátké vrty

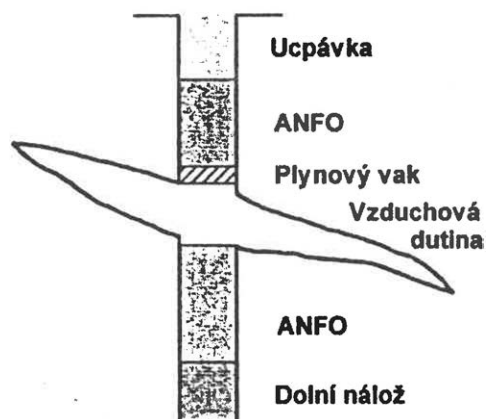
V lomech se často setkáváme s nutností použít krátké vrty. Zde je běžná délka ucpávky vždy problém, neboť zkracuje délku vrtu potřebnou pro umístění výbušniny. Použití plynového vaku přímo nad sloupcem výbušniny umožňuje zkrátit délku ucpávky.

Patní vrty a dutiny

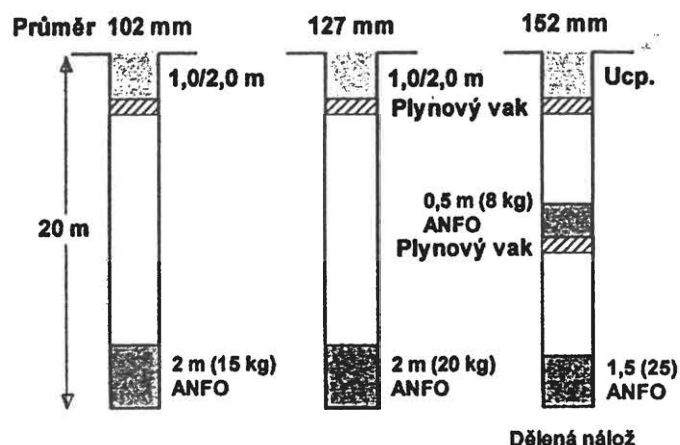
I zde při navrhování technologie trhacích prací mají plynové vaky opodstatněné využití.



Obr. 13 Patní vrty



Obr. 14 Dutina zasažená vrtem



Obr. 15 Pre-split za použití plynových vaků

Pravidla pre-splitu (předstípnutí obrysu)

Rozteč vrtů by se měla pohybovat od 15 do 22 násobku průměru vrtu. V rozrušené hornině je třeba rozteče zmenšit. Nálož výbušniny je rozmístěna tak, že její sloupec tvoří přibližně 10 % délky vrtu. Axiálně lehčená nálož přináší lepší výsledek. Ve vrtech o délce 20 m je dělená nálož již nutností s tím, že na dně vrtu by mělo být umístěno 60 % nálože. Ucpávka se pohybuje od 1 do 2 m. Delší ucpávka je požadována tam, kde jsou problémy s hlukem nebo je-li ucpávková zóna příliš rozrušená. Tato metoda spočívá v oddělení zaobrysového masívu od předobrysového umělou nespojitostí. Nespojitost je vytvořena předstřelením odlehčených náloží (v tomto případě axiálně lehčená) obrysových vrtů nejlépe současným roznětem. Značnou nevýhodou pre-splitu je nemožnost posoudit výsledek odstřelu před odtěžením rozvalu, oproti hladkému výlomu, kde je odtěžena hlavní část odstřelu před provedením odstřelu obrysových vrtů.

PVC folie

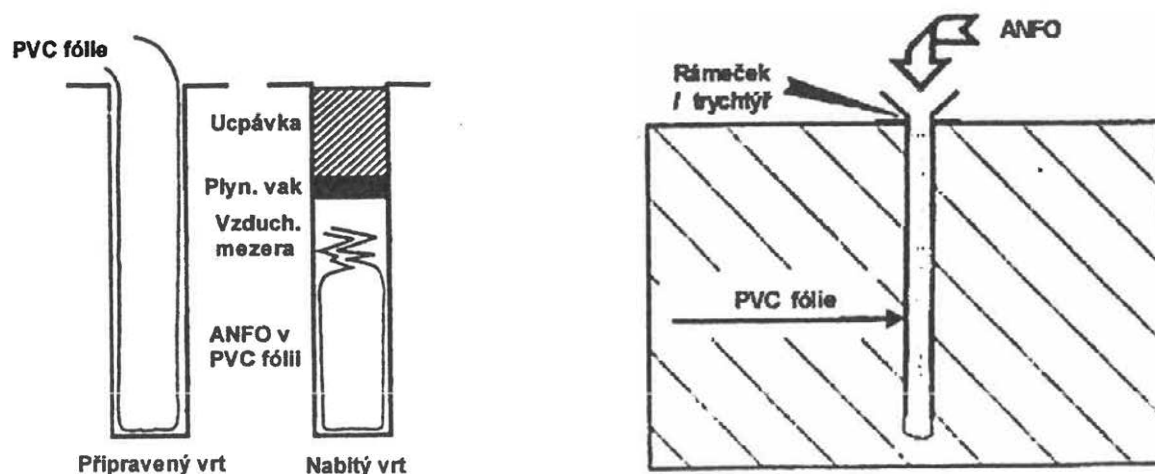
ve tvaru hadice zajišťuje bariéru chránící ANFO od znehodnocení vodou ve vrtu. Horní konec PVC folie je z hadice rozšířen do trychtýře pro lepší nabíjení ve zvodnělých vertikálních nebo ukloněných vrtech. Otevřený horní konec PVC folie je u ústí opatřen jednoduchým lehkým rámečkem, který drží hadici neustále otevřenou pro nabíjení.

PVC folie je kombinací polyethylenových pryskyřic koextrudovaných, aby vznikla vrstva odolná vodě a naftě s mnohem větší roztažností, odolností proti roztržení a proražení, než je u běžných polyethylenů. Folie je antistatická a neslepující se (prevence proti ucpávání se a vytváření mezer).

Zvodnělé vrty s ustálenou hladinou vody

V tomto případě se doporučuje následující postup:

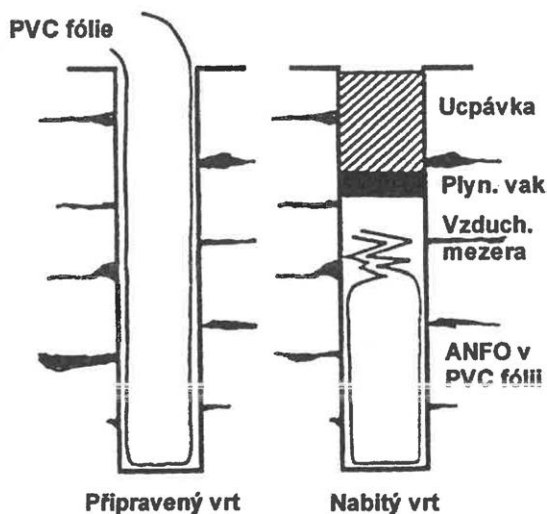
- odvodnění vrtu (vystřelováním, čerpáním, vyfoukáním vody stlačeným vzduchem)
- umístění PVC folie do vrtu
- nabíjení ANFO



Obr. 16 Nabíjení vzdušných vrtů výbušninou ANFO

Suché vrty v hornině obsahující dutiny

Podmínkou použití PVC folie je výskyt dutin malých rozměrů ve vztahu k průměru vrtu.



Obr. 17 Nabíjení vrtů v horninách s výskytem dutin

Závěr

Výše uvedené teoretické, ale i praktické znalosti aplikace plynových vaků, byly ověřeny na lomech Swinden, Tunstead a Balidon obchodní firmy Tarmac plc. ve Velké Británii (mezi Liverpoolem a Birminghamem). K těmto znalostem lze jen doplnit, že užití plynových vaků je obtížné (s nižším výsledným efektem) v tektonicky narušeném masívu nebo v horninách, kde vrtáním dochází k značnému porušení okolí vrtů. Z těchto důvodů bylo na lomu Tunstead od použití plynových vaků upuštěno. Řešením by bylo použití technologie vrtání s pěnovým proplachem. Při vrtání je jako výplach

použit roztok vody a pěnidla, který pod tlakem expanduje, obaluje vrtnou drť a vytváří maltu, jež zalepuje únikové cesty vzduchu. Životnost pěny je jen několik hodin, ale dá se prodloužit polymery.

Pro konkrétní postupy (aplikace vzduchové mezery, obr. 8) uvedených lomů byla za použití plynových vaků ověřena úspora trhaviny až o 20 % a snížen objem nadměrných kusů z ucpávkové zóny v rozvalu.

Do současné doby nebyly plynové vaky uvedeny na trh v České republice a to zejména z těchto důvodů:

- malé průměry vrtů převážně používané v ČR. S růstem průměru vrtu roste i efektivita aplikace plynových vaků,
- zvýšené nároky na plánování a provádění přípravných prací pro trhací práce,
- zvýšené požadavky na preciznost provádění vrtných prací a nenarušení horniny v okolí vrtu vrtáním,
- finanční náročnost uvádění výrobků na trh.

Literatura

1. Mintech gasbag, STEMTEK, Velká Británie – Warrinton 1998
2. Trhací technika, MONTANEX, a.s., Ostrava 1996