

Možnosti zahušťování velmi zředěných kalů v hydrocyklónech

Möglichkeiten der Verdickung von sehr verdünnten Schlämmen in Hydrozyklonen

Eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung der festen Phase aus den bei der Aufbereitung der Braunkohle entstehenden Schlämmen, ist ihre ausreichende Entwässerung. Die Effektivität des Entwässerungsprozesses und sein verfahrenstechnischer Einsatz, wird - neben der nötigen Verringerung des Inhaltes der flüssigen Phase – auch von seinem finanziellen Anspruch abhängig. Deshalb ist die Teilung der flüssigen und festen Phase aus den Schlämmen (Suspension) außer anderem mit den Bestrebungen charakterisiert, bei dem Verfahren solche Anlagen anzuwenden, die bei einem ausreichenden Niveau der Teilung der Phasen auch relativ niedrige Investitions- und Betriebskosten ausweisen. Zu solchen Anlagen können Verdickungshydrozyklone eingeordnet werden.

Possibilities of thickening very diluted sludges in hydrocyclones

Sufficient dewatering a solid phase from sludges rising when treating brown coal is a significant presumption allowing its utilization. The effectiveness of a dewatering process and its technological use is, besides a necessary reduction of the liquid phase content, influenced also by its financial demands. For this reason, separating a liquid and solid phase from sludges (suspensions) accompanied, among others, by the endeavor to apply such devices when performing the technological process, which show relatively low investment and operational costs with a sufficient level of separating both phases. Also

thickening hydrocyclones may be classified among these devices.

Возможности сгущения сильно разбавленных шламов в гидроциклонах

Важной предпосылкой использования твердой фазы шламов, возникающих при обогащении бурого угля, является ее достаточное обезвоживание. На эффективность процесса обезвоживания и его технологическое применение влияют – кроме требуемого снижения содержания жидкой фазы - также высокие финансовые затраты. Поэтому, разделка жидкой и твердой фазы из шламов (суспензий) сопровождается также стремлением применять в ходе технологического процесса такие оборудования, которые при достаточном уровне разделки обеих фаз показывают относительно низкие капитальные и эксплуатационные расходы. К такому оборудованию можно отнести также загущающие гидроциклоны.

Možnosti zahušťování velmi zředěných kalů v hydrocyklónech

Významným předpokladem, umožňujícím využití tuhé fáze z kalů, vznikajících při úpravě hnědého uhlí, je její dostatečné odvodnění. Efektivnost odvodňovacího procesu a jeho technologické nasazení je, vedle potřebného snížení obsahu kapalné fáze, ovlivněna také jeho finanční náročností. Proto je dělení kapalné a tuhé fáze z kalů (suspenzí) doprovázeno mj. snahou aplikovat při technologickém procesu taková zařízení, která při dostatečné úrovni rozdělení obou fází vykazují relativně nízké investiční i provozní náklady. Mezi taková zařízení lze zařadit také zahušťovací hydrocyklóny.

Úvod

Hnědouhelné kaly, vznikající při těžkosuspenzní úpravě hnědého uhlí jsou mj. také směsí kalu z přepadu baterií hydrocyklónů k regeneraci zředěné rozdružovací suspenze a „kalové vody“ z odlučovačů prachu.

Tyto kaly jsou v současnosti čerpány do odkaliště bez dalšího využití tuhé fáze.

Vyčištěná voda z odkaliště je převážně vrácena zpět do provozu úpravny, usazená tuhá fáze pak zůstává deponována v prostoru odkaliště se všemi negativními dopady na okolní prostředí. Dosavadní výzkum a analýza vlastností pevné substance kalu nabízí několik variant jejího využití. Podstatnou podmínkou je však mj. většinou také její ekonomicky efektivní a dostatečně účinné odvodnění. Vzhledem ke skutečnosti, že baterie hydrocyklónů jsou v současné době součástí technologického vybavení úpravny, bylo by jejich využití k zahuštění kalů před dalším stupněm odvodnění v případě dostatečné účinnosti velmi výhodné. S tímto záměrem byly v rámci řešení grantového projektu č. 105/00/1609 „Výzkum možností úpravy, zpracování a využití odpadních kalů z úpraven hnědého uhlí a jejich odkališť“ a česko – slovenského vědeckého projektu Clean Coal Technology se zaměřením na „Výzkum technologií a techniky úpravy jemnozrnných a kalových uhelných podílů na kvalitní uhelnou hmotu s možností jejího speciálního využití a minimalizaci negativních ekologických dopadů“ realizovány zahušťovací experimenty s velmi zředěným kalem z úpravny hnědého uhlí v Komořanech na poloprovozní hydrocyklónové stanici za různých podmínek.

Základní teoretické zákonitosti proudění v hydrocyklónu a zařízení použité k výzkumu

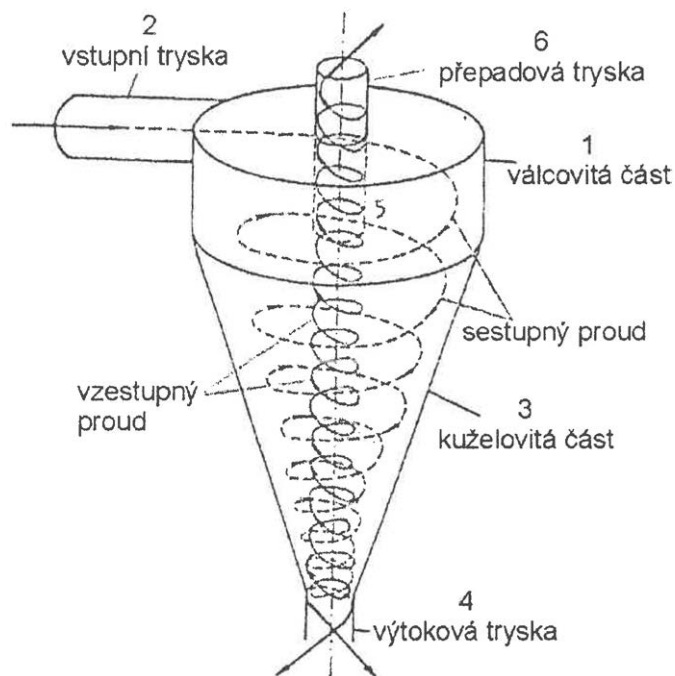
Při zahušťování a třídění jemnozrnných materiálů je výhodné využití odstředivé síly. Mezi technologická zařízení, která využití této síly umožňují, patří mj. hydrocyklóny. Vedle universálnosti jejich využití (zahušťování, třídění, rozdružování) je jejich předností rovněž jednoduchá konstrukce, malý zastavěný prostor a absence pohybujících se součástí. Princip činnosti a konstrukce hydrocyklónu jsou schématicky znázorněny na obr. 1. Přes zdánlivou jednoduchost pohybu médií v hydrocyklónu jsou proudění kapaliny a pohyb částic tuhé fáze ve skutečnosti velmi složité. Mnohými výzkumy bylo prokázáno, že v hydrocyklónu lze identifikovat čtyři základní typy proudění a to odstředivé, dostředivé, axiální a podél kuželové části. Pravděpodobný průběh změn rychlostí, odpovídajících jednotlivým typům proudění a to v_t , v_r a v_a v horizontálním řezu hydrocyklónu je naznačen na obr. 2. Rozhodujícím činitelem pro činnost hydrocyklónu je zřejmě proudění odstředivé, definované pro průběh rychlosti v závislosti na vzdálenosti od osy hydrocyklónu vztahem

$$v_t \cdot r^n = \text{konst}$$

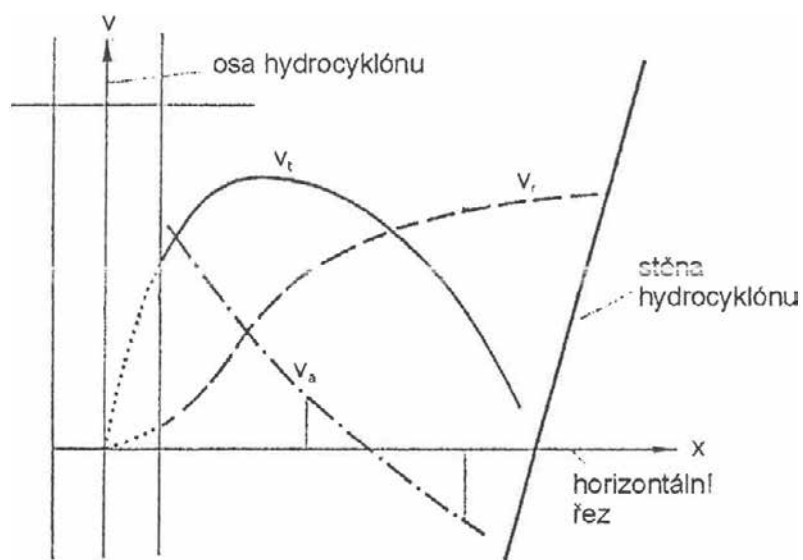
kde v_t tangenciální rychlost proudění

r vodorovná vzdálenost zkoumaného bodu od osy hydrocyklónu

n veličina závislá na parametrech hydrocyklónu (0,5 – 0,84)



Obr. 1 Princip konstrukce a činnosti hydrocyklónu

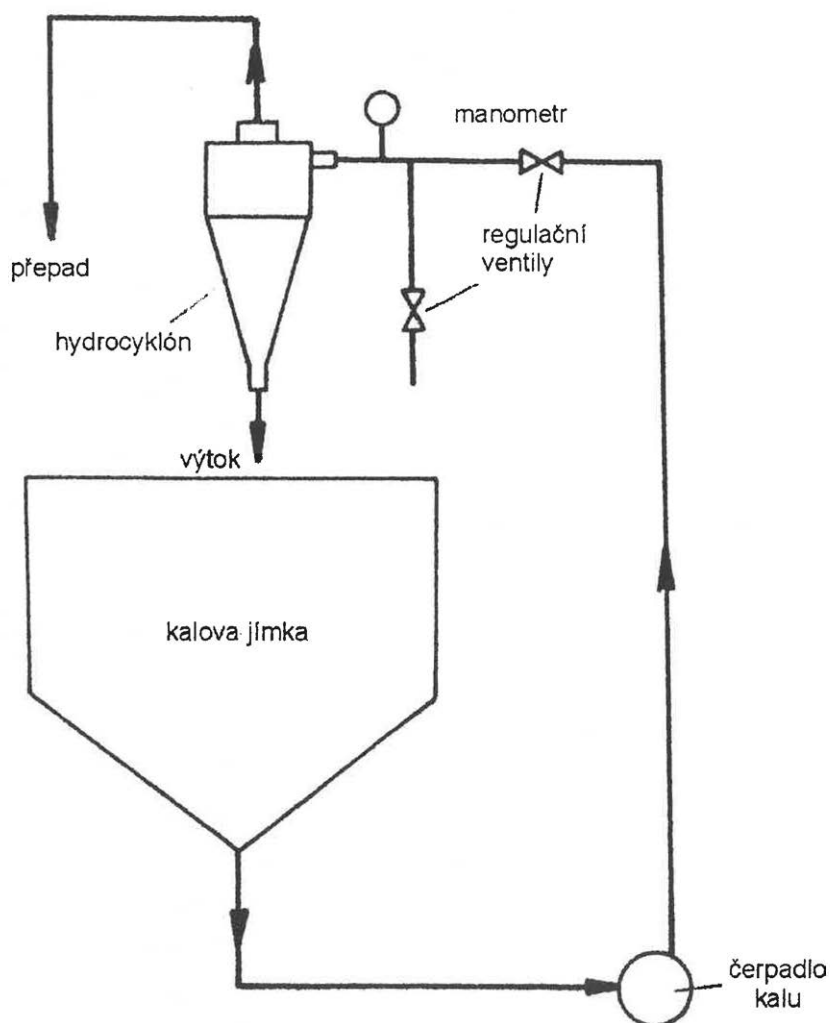


v_t .. tangenciální (obvodová) rychlost proudění
 v_r .. radiální rychlost proudění
 v_a .. axiální (vertikální) rychlost proudění

Obr. 2 Průběh změn rychlostí proudění v horizontálním řezu hydrocyklónu

Úspěšnost technologické operace v hydrocyklónu je závislá také na velikosti a vzájemném poměru hlavních parametrů hydrocyklónu, ke kterým patří především průměr všech tří trysek (vstupní, přepadová, výtoková), průměr válcové části hydrocyklónu, úroveň vstupního tlaku, vrcholový úhel kuželové části aj. K zahušťování kalů jsou nejčastěji využívány hydrocyklóny s malým vrcholovým úhlem. Snížení vstupního tlaku při stejném účinku lze dosáhnout zmenšením průměru válcové části hydrocyklónu.[2], [3].

K výzkumu možností zvýšení koncentrace tuhé fáze v odpadním kalu z úpravní s velmi nízkým obsahem pevných částic zahuštěním v hydrocyklónu byla použita hydrocyklónová stanice, jejíž uspořádání je naznačeno na obr. 3. Suspenze použitá k výzkumu (kal) je do hydrocyklónu čerpána čtyřstupňovým kalovým čerpadlem a pohybuje se v uzavřeném okruhu. Odběr vzorků přepadu a výtoku je prováděn současně po stejnou dobu. Při výzkumu lze měnit válcovou i kuželovou část hydrocyklónu včetně možností nastavení různých kombinací vstupní, přepadové a výtokové trysky. Vstupní tlak do hydrocyklónu lze měřit manometrem umístěným na přívodním potrubí a jeho regulace je možná pomocí dvou regulačních ventilů osazených na vstupním potrubí a regulační odbočce vstupního potrubí.



Obr. 3 Schéma hydrocyklónové stanice

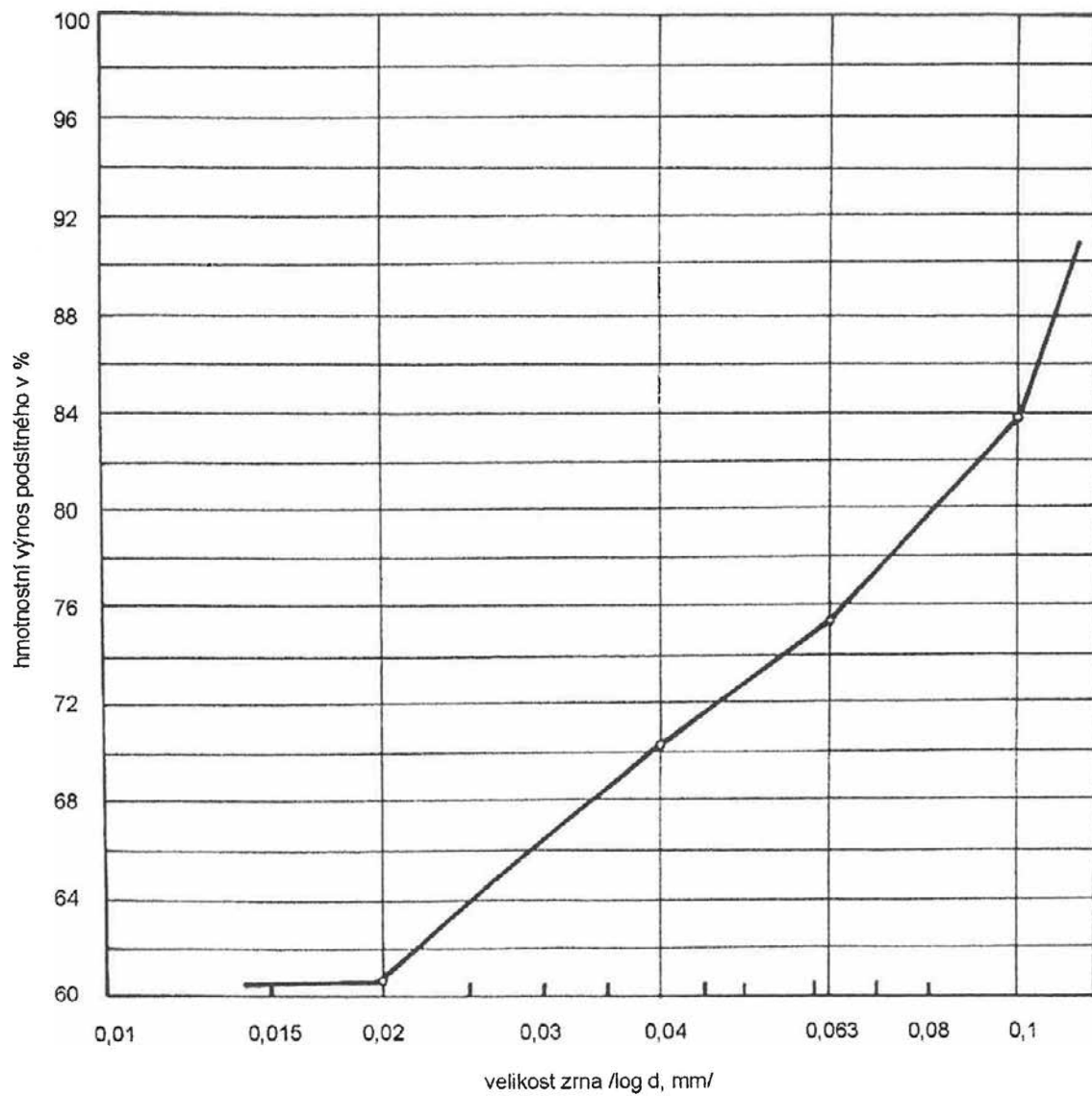
Výsledky měření

Kvalita a stabilita složení kalů čerpaných z úpravny na odkaliště a používaných k výzkumu na hydrocyklónové stanici byla ověřena analýzou deseti vzorků, odebraných ve dvoudenních intervalech. Ověření vzorků bylo provedeno testem odlehlosti výsledků měření v souladu s ČSN 01 0222. Shoda empirického a teoretického rozdělení naměřených hodnot byla ověřena pomocí kritéria W pro malý rozsah výběru. Průměrný obsah popela v odebraných vzorcích kalů vykázal hodnotu 42,44 % A^d po vyřazení 1 odlehlého pozorování při směrodatné odchylce $s = 4,5$. Průměrné zahuštění kalu dosáhlo hodnoty $Z = 7,14 \text{ g.l}^{-1}$ při směrodatné odchylce $s = 2,08$. Oba údaje vykazují normální rozdělení. Průměrné zrnitostní složení zkoumaného kalu bylo stanoveno jako střední hodnota čtyř zrnitostních analýz kalů, odebraných vždy při pokusech a je uvedeno v tab. 1. Graficky je zrnitostní složení kalu znázorněno formou distribuční křivky zrnitosti podsítného na obr. 4.

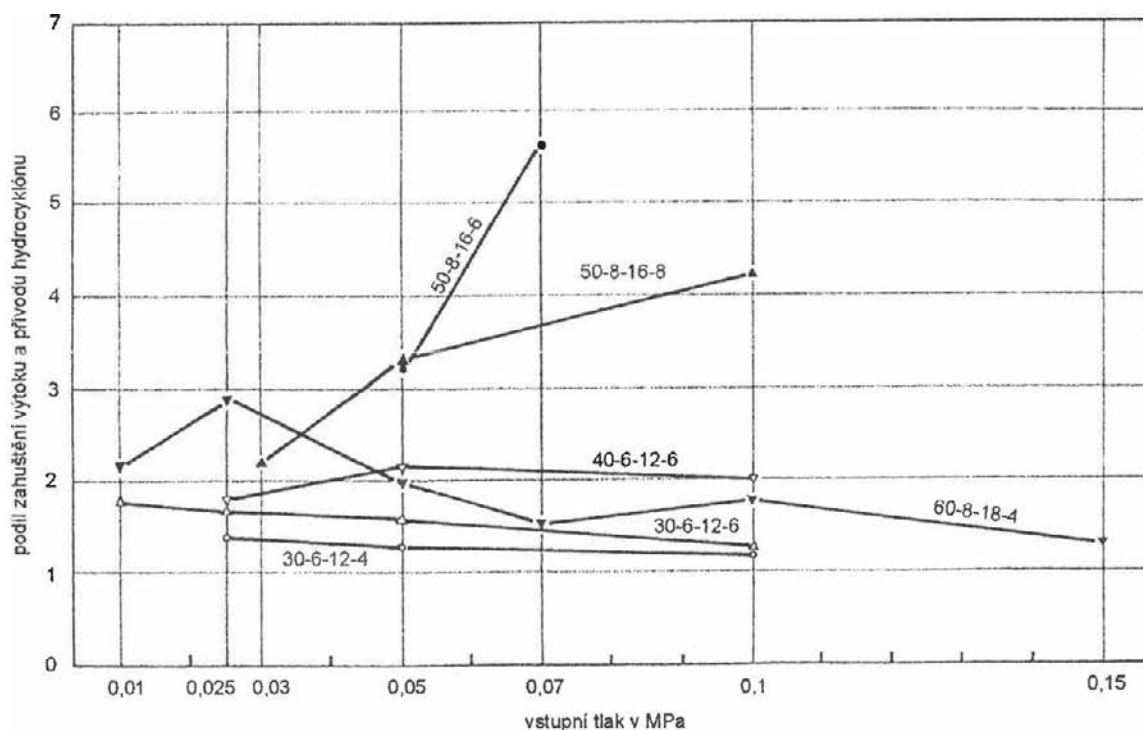
Možnosti zahuštění velmi zředěné suspenze v hydrocyklónu byly ověřeny ve 22 režimech. Každé provozní podmínky byly otestovány trojím současným odběrem přepadu a výtoku a pro vyhodnocení byly pak použity střední hodnoty zjištěného zahuštění obou produktů. Zahuštění byla stanovována přepočtem z hodnot změřeného objemu odebraného vzorku a hmotností vysušené tuhé fáze. Výsledky měření jsou pro zvolené parametry hydrocyklónu a vstupní tlaky uvedeny v tab. 2, 3, 4, a 5. Graficky jsou hodnoty podílů mezi zahuštěním výtoku a přívodu pro jednotlivé podmínky měření znázorněny na obr. 5.

Z průběhu čar, znázorňujících vývoj podílu zahuštění výtoku a přívodu hydrocyklónu v závislosti na vstupním tlaku lze vyvodit, že významnou roli hraje zahuštění vstupní suspenze. Při průměru válcové části 30 a 60 mm a zahuštění vstupní suspenze 5, 73 g.l^{-1} klesá podíl zahuštění výtoku hydrocyklónu a přívodu do hydrocyklónu s nárůstem vstupního tlaku. U průměru válcové části 40 a 50 mm se objevuje při zahuštění 8, 09 g.l^{-1} opačný trend s vyššími účinky, což potvrdily také pokusy se suspenzí o hustotě okolo 60 g.l^{-1} .

Rovněž absolutní hodnoty zahuštění výtoku jsou při velmi zředěné vstupní suspenzi nízké.



Obr. 4 Distribuční křivka zrnitosti podsítného zkoumaného kalu



Obr. 5 Grafické zobrazení závislosti mezi zahuštěním výtoku a přívodu hydrocyklónu pro různé podmínky

Závěr

Výsledky provedených měření naznačují, že zařazení hydrocyklónové stanice jako jediného zahušťovacího zařízení před konečným odvodňovacím stupněm – filtrací, nebude dostatečné. V případě potřeby odvodnění tuhé fáze odpadního kalu pro její další využití bude zřejmě nutné využití usazovací nádrže, aby zahuštění kalu před filtrací bylo dostatečné. Pouze další výzkum a jeho analýza osvětlí problém, zda by pro průběh procesu odvodnění tuhé fáze kalu z hlediska výkonu operace a její účinnosti byla vhodná kombinace zahušťování v hydrocyklónech před dělením obou fází v usazovacím zařízení nebo zda bude dostatečné pouze zahuštění v jednom stupni v usazovací nádrži za použití flokulačních činidel.

Literatura

1. Dinter, O.: Hydrocyklóny a jejich použití, Praha, SNTL, 1963
2. Lukáč, J.: Fyzikálne metódy rozdrúžovania, Košice, 1993
3. Schubert, H.: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, Band I, Leipzig, 1989
4. Turčaniova, L.: Clean Coal Technology I. – Úprava uhlia, Košice, 2000