

Iván TARJÁN - Elemér DEBRECZENI - Sándor MAKRA

Lehrstuhl für Aufbereitungstechnik und Lehrstuhl für Bergbaumaschinen
Technische Universität für Schwerindustrie, Miskolc, Ungarn

HYDRAULISCHER VERSATZ IN SCHLAGWETTER- UND BRANDGEFÄHRDETEN GRUBEN

Zusammenfassung. Der Vortrag beschäftigt sich mit der Verwirklichung des Versetzens in schlagwetter- und brandgefährdeten Gruben. Das Ziel des Versetzens ist die Auflassung des Grubenraumes bzw. die präventive Brandverhütung als Teil der Bergbautechnologie. Die Zeitdauer des Versetzens, bzw. die hinter den Verschlag eingeführte Feststoffmenge ist unterschiedlich.

In manchen Fällen muß das Versetzen für lange Zeit durchgeführt werden, in anderen Fällen ist jedoch lediglich eine Versatzmenge von einigen Kubikmetern nötig. Im ersten Fall gelangt während der Beschickung eine bedeutende verschluckte Luftmenge stetig in die Rohrleitung, im zweiten Fall muß man die Strömung des Versatzmaterials durch Preßluftzuführung ermöglichen. Oft wird die Rohrleitung nach dem Versetzen mit Druckluft gereinigt. In den oben angeführten Fällen strömen Wasser, Feststoff und Luft in den unter Spülversatz stehenden Grubenraum, wodurch die Schlagwetter- und Brandgefahr zunimmt.

Der Vortrag erläutert ein hydraulisches Versatzverfahren zur Bekämpfung dieser Gefahrenquellen.

Formelzeichenverzeichnis

c_t	volumetrische Transportkonzentration
D	Rohrdurchmesser
H	geodätische Höhe
l	Länge, Veränderliche
L	Länge, Reichweite
p_0	atmosphärischer Druck
$p-p_0$	Überdruck
\dot{Q}	Volumenstrom
v	Geschwindigkeit
x	Korngröße

Einführung

In durch Schlagwetter und Brand gefährdeten Gruben wird das Schlammversetzen kontinuierlich d.h. für eine längere Zeit oder gelegentlich d.h. in kleineren Mengen zur Auflassung der Grubengebäude bzw. für präventive Brandverhütung verwendet. In beiden Fällen wird das Verfahren durch Preßluftzuführung erleichtert, wobei Preßluft in den unteren Abschnitt der Rohrleitung eingeblasen wird, nachdem die Sperrarmatur vor der Zuführstelle abgeschlossen worden ist.

Im Aufsatz werden die Gründe und die eigentliche Technologie der Preßluftzuführung sowie die Vermeidung ihrer Notwendigkeit und schädliche Folgen erläutert.

Versatzverfahren

Beim hydraulischen Versetzen wird das Versatzmaterial mit Wasser gemischt. Die Suspension gelangt erst in eine senkrechte, dann nach einem 90° Kniestück in eine praktisch horizontale Rohrleitung. Von dieser "idealen" Anordnung gibt es Abweichungen wegen der Höhenunterschiede der horizontalen Rohrstrecken, aber die für das ideale Modell entwickelten theoretischen Zusammenhänge lassen sich für die Fälle der Bergbaupraxis verwenden (Boldizsár-Tarján 1963, Palarski 1978).

Wie bekannt, wird das hydraulische Versetzen entweder mit Voll-Rohr- oder Nicht-Voll-Rohr-Strömung durchgeführt (Boldizsár-Tarján 1963, Zambó 1972, Palarski 1978). Beim Versetzen mit vollem Rohr soll die aufgegebene Trübemenge $\dot{Q} = \dot{Q}(L, c_t)$ gemäß der Veränderungen der Reichweite L des Versetzens und der volumetrischen Transportkonzentration c_t bei gegebener geodätischer Höhe H verändert werden. Dazu ist eine zuverlässige Einrichtung für die Schlammaufbereitung am Tage notwendig, mit deren Hilfe die Gemischmenge entsprechend der jeweiligen Lage (L, c_t) eingestellt werden kann. Bei größeren geodätischen Höhen und nahen Versatzstellen können sehr große Gemischmengen realisiert werden. Ein der größten Vorteile des Versetzens mit vollem Rohr ist, das es zu keinem Luftverschlucken bei der Beschickung kommt.

Beim Versetzen mit nicht vollem Rohr stellt sich das Gleichgewicht die Gemischsäule h im vertikalen Rohr gemäß der Reichweite und der Konzentration, d.h. der Belastung automatisch ein. Für gegebene konstante Gemischmengen ($\dot{Q} = \text{konst.}$) läßt sich die Geschwindigkeit im horizontalen Rohr ermitteln. Erfolgt die Strömung durch nicht vollen Querschnitt, so kann das Luftverschlucken nur durch sehr kostspielige Methode vermieden werden.

Ablagerungsgrenzeschwindigkeit

Beim hydraulischen Versetzen stellt die Ermittlung der Geschwindigkeit, die einen betriebssicheren Trübetransport gewährleistet, eine wichtige Frage dar. Dazu ist die Kenntnis der Ablagerungsgrenzeschwindigkeit notwendig. Bei heterogener Gemischströmung oder wenn die Suspensionsströmung zwar homogen ist, aber auch größere Körner im Gemisch zu finden sind, wird die

Konzentrationsverteilung im horizontalen Rohr bei der Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit asymmetrisch. Bei der Ablagerungsgrenzgeschwindigkeit scheiden sich die Festkörner aus, lagern sich ab und bilden ein Feststoffbett auf dem Rohrboden. Die minimale Geschwindigkeit, bei der sich das stationäre Feststoffbett auf dem Rohrboden gerade ausbildet, wird Ablagerungsgrenzgeschwindigkeit genannt. Niedrigere Geschwindigkeiten gewährleisten keinen sicheren Transport. Im gegebenen Fall kann die Ablagerungsgeschwindigkeit mit den in der Fachliteratur veröffentlichten Zusammenhängen oder aus Messungen in Abhängigkeit der Eigenschaften des Feststoffes, des Rohrdurchmessers und der Konzentration bestimmt werden (Durand 1953, Kazanskij 1979, Switli 1973, Wasp-Kenny-Gandhi 1977). Die Kenntnis der Ablagerungsgeschwindigkeit ist zur Bestimmung der maximalen Reichweite besonders wichtig.

Druckveränderung in der Rohrleitung

Es ist wichtig, den Druckverlauf entlang der Rohrleitung zu kennen, weil es eine Quelle konstanter Betriebsstörung, instationärer Gemischströmung, Verstopfungsgefahr und einer Strömung mit freier Oberfläche darstellt, wenn Saugen bzw. partielles oder volles Vakuum im gegebenen Punkt der Rohrleitung bei der geförderten Gemischmenge auftritt (Zambó 1972). In solchen Fällen kommt Kavitation und Unterbrechung der Flüssigkeitssäule im gegebenen Punkt vor, was unbedingt zu vermeiden ist. Man kann schon in der Phase der Planung bzw. des Baues der Rohrleitung voraussagen, ob eine solche unvorteilhafte Gemischströmung beim Versetzen mit vollem oder nicht vollem Rohr bei gegebener Trasse und bestimmter Gemischmenge in Kauf genommen werden muß.

Abb.1 veranschaulicht den in die vertikale Ebene geklappten Schnitt einer hypothetischen ungünstigen -aber oft vorkommenden- hydraulischen Versatzleitung (Palarski 1978). Anhand dieses Beispiels wird die Druckveränderung für die verschiedenen Fälle erläutert. Die ganze Rohrleitung wird nach dem Eindrehen der einzelnen Rohrstrecken mit wirklichen Längen dargestellt (A-B). Ausgehend von der Aufgabestelle A werden danach die Druckwerte $p-p_0$ aufgetragen, wobei p_0 den atmosphärischen Druck darstellt. Der Widerstand der Kniestücke wird einfach außer Acht gelassen, wodurch nur ein geringer Fehler entsteht.

Die Drucklinie a stellt den Fall des im Punkt B abgeschlossenen Rohres dar ($v = 0$). Linie b entspricht einem Versetzen mit vollem Rohr (im Rohr mit Durchmesser $D = 150$ mm beträgt der Volumenstrom $Q = 2,3$ m³/min und die Geschwindigkeit $v = 2,2$ m/s). Dazu müßte man eine Ausströmdüse oder eine andere Rohrverengung am Ende des Rohres einbauen, die die Druckenergie in Wärme umwandelt. Das wird wegen der Verstopfungsgefahr nicht gemacht. Drucklinie c entspricht auch einem Versetzen mit vollem Rohr, die aufgegebene Gemischmenge ist aber größer und Geschwindigkeit beträgt 5 m/s. In diesem Fall erreicht das Gemisch Punkt B nur mit einem geringen Druck. In einigen Teilen der Rohrabschnitte 5 und 6 herrscht Saugen ($p < p_0$) laut der Abbildung, was eine Unterbrechung der Gemischsäule oder andere unangenehme Erscheinungen (Kavitation, Verstopfung, instationäre Strömung) hervorrufen kann.

Linie d zeigt ein Versetzen mit nicht vollem Rohr; der Volumenstrom des Gemisches beträgt auch hier $Q = 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ und die Geschwindigkeit $v = 2,2 \text{ m/s}$. Im Punkt B herrscht jetzt kein Überdruck ($p = p_0$), aber die Höhe der vertikalen Gemischssäule stellt sich im Punkt C ein. Wie ersichtlich ist, tritt in den Rohrabschnitten 5 und 6 ein größeres Saugen als beim vorigen Fall (Linie c) auf. Diese Strömung ist ungünstig und gefährlich. Im ungarischen Bergbau wird Preßluftzuführung in solchen Fällen verwendet.

Preßluftzuführung

Die Preßluftzuführung, wobei Preßluft in den unteren Teil der Versatzleitung eingeblasen wird, nachdem die Rohrleitung vor der Luftzuführstelle abgeschlossen worden ist, findet Anwendung in folgenden Fällen:

- beim kontinuierlichen Versetzen, wo die Trübe zu weit entfernt liegenden Versatzstellen mit sehr niedriger Geschwindigkeit strömt und eventuelle Ablagerung oder Verstopfung befürchtet werden muß, oder wo Saugen laut der Erläuterungen anhand Abb.1 in irgendwelchen Rohrabschnitt auftritt.
- beim Versetzen von kleinen Feststoffmengen, wenn der Feststoff die untere Rohrleitung nicht ausfüllt und diese relativ geringe Feststoffmenge mit sehr vielem Wasser, d.h. in einer sehr dünnen Trübe zur Versatzstelle transportiert werden soll; im solchen Fällen wird ein Gemischpfropfen gewöhnlicher Konzentration in das untere horizontale Rohr gefördert, das Sperrorgan am Fuß der vertikalen Rohrleitung abgesperrt und der Gemischpfropfen durch Preßluft zur Versatzstelle gedrückt.
- bei der Reinigung der Rohrleitung nach dem Versetzen ermöglicht eine Preßluftzuführung, die Zugabe von Wasser großer Menge zu vermeiden, die ökonomisch und energetisch ungünstig wäre, die Ablagerung an der Versatzstelle verlangsamen und im gegebenen Fall das Grubenklima unvorteilhaft beeinflussen würde.

In Gruben mit Schlagwettergefahr soll die Entlüftung vor dem Damm des versetzten Grubengebäudes bei der Anwendung von Preßluftzuführung gelöst werden.

Entlüftung bei Preßluftzuführung

Beim Versetzen für Brandschutz, d.h. beim Transport vom Feststoff geringer Menge, ist die Preßluftzuführung begründet. In schlagwettergefährdeten Gruben müßte man eine mobile Entlüftungsanlage vor dem Damm des zu versetzenden Grubengebäudes bauen und das entlüftete Gemisch dahin durch eine Trübepumpe fördern. Die Trübepumpe soll durch einen Luftmotor angetrieben werden. In durch Durchziehluststrom belüfteten Strecken können auch schlagwittersichere elektrische Motoren eingesetzt werden, wenn das den Vorschriften der Bergbaubehörden nicht widerspricht. Die Trübepumpe braucht das Gemisch nur auf einer relativ kurze Entfernung ($L_2 < 200 \text{ m}$) zu fördern; dabei muß man auch die geodätische Förderhöhe in Betracht ziehen.

Das Prinzipschema der Entlüftungsanlage und der hydraulischen Förderanlage, die zur Förderung der entlüfteten Trübe dient, ist auf Abb.2 veranschaulicht.

Die vom Tage abgegebene Trübe gelangt durch eine Versatzrohrleitung in einen Entlüftungszyklon. Der Zyklon verfügt über eine große Ausflußöffnung, die gewährleistet, daß die volle Trübemenge durch die untere Ausflußöffnung den Zyklon verläßt. Der Trübebehälter dient als Puffer; seine Aufgabe ist, eine gleichmäßige Förderung bei veränderlicher Beschickung am Tage zu sichern. Unter der Ausflußöffnung der Zyklons sollte ein Grobrost angeordnet werden, der die ungünstigen großen Körner ($x > 20$ mm) vor der Pumpe entfernt.

Der Behälter ist mit einem Überlauf versehen, wodurch das überflüssige Wasser abgeleitet werden kann. Bei Abnahme des Wasserpegels sollte man Zusatzwasser zuführen. Nach Versetzen kann Wasser vom Brandschutzwassernetz in den Behälter geleitet und die Rohrleitung mit klarem Wasser ausgespült werden.

Die Trübebehandlungsanlage kann auch in stationärer Ausführung gebaut werden. Diese Variante wird bei größerer Versatzleistung benötigt. Von einer zentral gelegenen Trübebehandlungsanlage in einer durch Durchziehluftstrom bewetterten Strecke können mehrerer Versatzstellen bedient und die Entfernung L_2 erhöht werden. Das Antreiben kann auch durch einen schlagwetter-sicheren Elektromotor erfolgen.

Die erläuterte Lösung verhindert, daß die Luft in die Versatzstelle gelangt, was durch eine Trübebehandlungsanlage bei den Mecseker Kohlenbergwerken in Süden Ungarns bewiesen wird.

Literatur

Boldizsár, T. - Tarján, I.: Hydraulischer Versatz.

Freiberger Forschungshefte, A 272. 1963. 5-17.p.

Durand, R.: Basic relationships of the transportation of solids in pipes.

Proceedings, Minnesota International Hydraulic Convention.

P89-103. Minneapolis, 1953.

Kazanskij, I.B.: Critical velocity of depositions for fine slurries - New results.

Sixth International Conference on the Hydraulic Transport of Solids in Pipes, BHRA Fluid Engineering. Cranfield, Bedford, U.K. 1979.

Palarski, J.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen der physikalischen Vorgänge bei stationärer und instationärer hydraulischer Förderung des Versatzgutes in Spülversatzanlagen.

Habilitationsschrift, Aachen, 1978. 1-121.p.

Switli, J.G.: Gidrawlitscheskij transport sola-schlak schlamow s welikimi koncentrazijami.

Gidromechanika. Vol. 25. Naukova Dumka. Kiew, 1973.

(Hydraulischer Transport von Flugasche-Schlacke-Schlammen bei hohen Konzentrationen. In Russisch.)

Wasp, E.J. - Kenny, J.P. - Gandhi, R.L.: Solid-Liquid flow.

Slurry pipeline transportation. Trans Tech Publications.

Clausthal, 1977.

Zambó, J.: Bányaművelés. Feltárás és fejtés.

Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.

(Bergbaukunde, Erschließung und Abbau. In Ungarisch.)

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan PALARSKI

Wpłynęło do Redakcji 1987.03.10

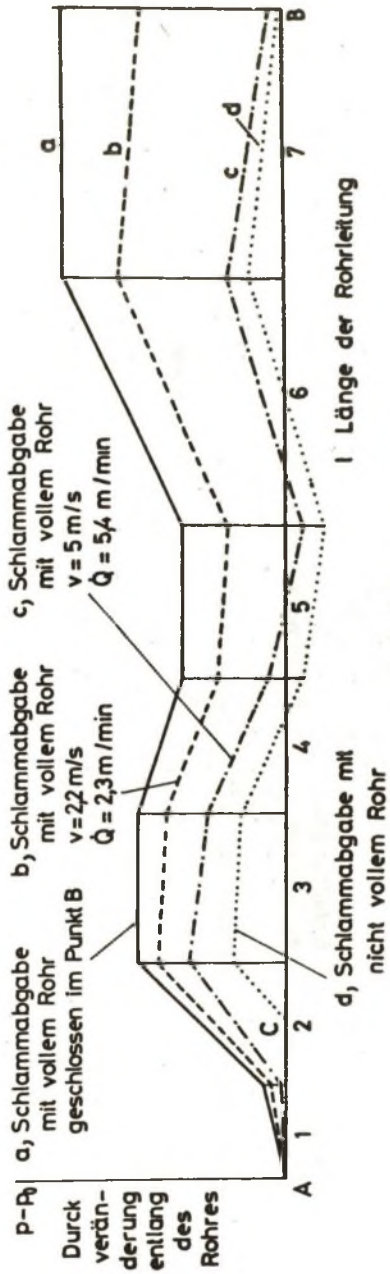
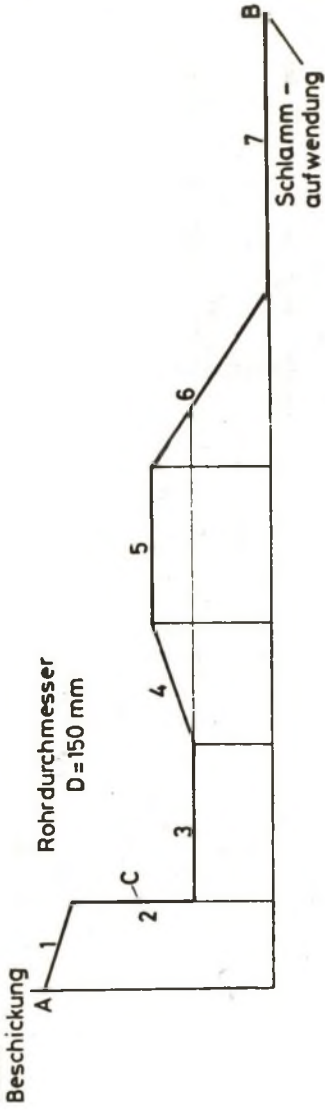


Abb. 1

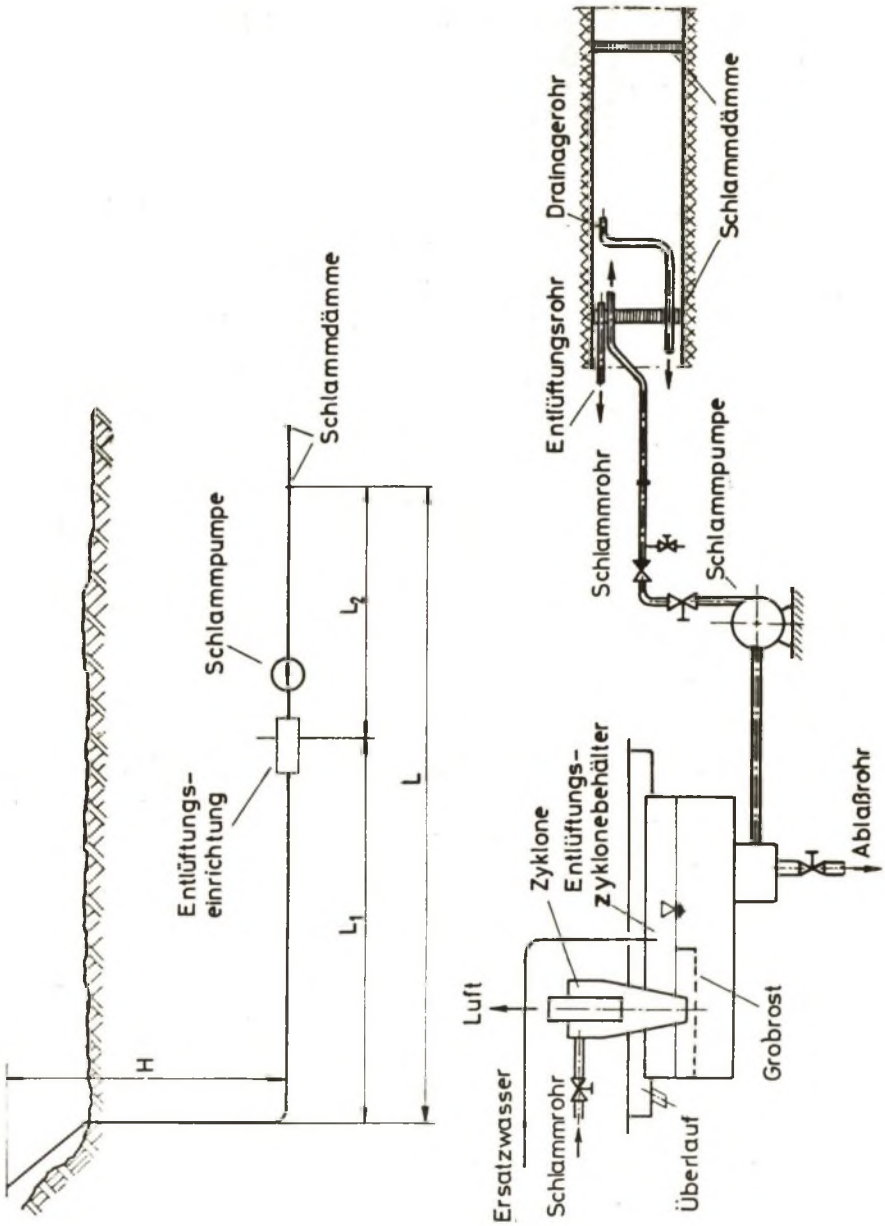


Abb. 2

HYDROMECHANICZNE OCZYSZCZANIE ODSTOJNIKÓW
URZĄDZEŃ ODWADNIAJĄCYCH W KOPALNIACH

S t r e z z e n i e

W celu rozwiązania hydromechanicznego oczyszczania odstojników konieczne są pompy do zawieszin. Jest to najlepsza metoda oczyszczania odstojników. Odpowiednie pompy do zawieszin lub instalacja do transportu hydraulicznego mogą transportować mieszaninę wody i ciała stałego bezpośrednio na powierzchnię. Korzystnie jest tutaj stosować strumieniowe pompy wodne, ponieważ posiadają one prostą konstrukcję, nie posiadają żadnych części ruchomych i są w ciągłej gotowości do pracy.

Autorzy opierają się odnośnie schematu działania, sposobu pracy, wymiarów i doświadczeń ruchowych o dane z hydromechanicznej oczyszczalni odstojników zabudowanych w szybie Puntok kopalni "Borsode".

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЗАКЛАДКА НА ГАЗО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ШАХТАХ

Р е з ю м е

Доклад посвящён вопросу реализации гидравлической закладки на газо- и пожароопасных шахтах. Закладка в этом случае частично служит прекращению, частично - профилактике пожаров в качестве части горной технологии. Продолжительность закладки, а также соответствующее количество твёрдого материала, закачиваемого за заилочную перемычку может быть различным, в одних случаях большим, в других случаях нужно заложить всего лишь несколько кубометров твёрдого. В первом случае при питании воздух непрерывно засасывается в трубопровод, в последнем случае сжатый воздух способствует попаданию смеси небольшого количества на место закладки. В обоих случаях смесь воды, твёрдого и воздуха течёт в закладочное пространство, тем самым повышается опасность по газу и пожарам. В докладе излагается способ, разработанный и осуществлённый с целью избежания этих опасностей.