

Adam Maj
DFME DAMEL S.A., Dąbrowa Górnicza

SEPARATORY ELEKTROMAGNETYCZNE BUDOWY PRZECIWWYBUCHOWEJ

EXPLOSION-PROOF ELECTROMAGNETIC SEPARATORS

Abstract: The article presents exemplary applications and versions of separators intended for operation in the explosion hazard compartments. Construction of exemplary electromagnetic separators applicable in zones 22 and 21 of dust explosion hazard are described. The article presents development of the explosion-proof version of separator for mining applications, designed with assistance of Akademia Górniczo-Hutnicza [AGH University of Science and Technology] within the framework of a targeted project. The electro-magnetic circuit and the cooling system of the separator have been designed with the Ansys system, using the performed model tests and simulation analyses. The achieved parameters, confirmed by tests in the Electric Machines Laboratory, are presented.

1. Wstęp

Niedopuszczalna obecność zanieczyszczeń metalicznych w produktach eksploatacji, rozdrabniania lub sortowania stwarza zagrożenia mogące spowodować uszkodzenie, a nawet zniszczenie urządzeń i przez to postój całych linii technologicznych.

W takich przypadkach niezbędne staje się oddzielenie zanieczyszczeń od reszty transportowanego na przenośniku materiału ziarnistego. Jednym ze sposobów efektywnego oddzielenia ferromagnetyków jest stosowanie separatorów magnetycznych lub elektro-magnetycznych.

Separatory powszechnie stosowane w powierzchniowych zakładach przemysłowych (różnych branż) są w wykonaniu zwykłym z uwagi na brak zagrożeń wybuchu transportowanych materiałów.

W przypadku transportu materiałów o własnościach wybuchowych np. mąki, węgla, biomasy koniecznym jest stosowanie dodatkowych środków bezpieczeństwa w postaci maszyn i urządzeń budowy przeciwwybuchowej odpowiedniej grupy.

Rozróżnia się separatory magnetyczne i elektromagnetyczne przeznaczone do pracy pod ziemią w kopalniach oraz naziemnych obszarach kopalń zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego – grupa I oraz przeznaczone do stosowania na powierzchni w obszarach zagrożonych wybuchem gazów, par, mgieł lub pyłów – grupa II.

Ponieważ w zakładach przemysłowych (powierzchniowych) nie występują albo w różnych miejscach występują różne poziomy zagrożenia

wybuchowego, odpowiednio różne części składowe złożonych maszyn i urządzeń mogą być innej budowy przeciwwybuchowej.

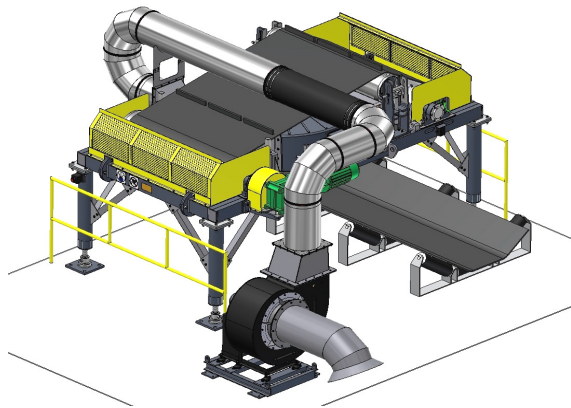
Separatory w kopalniach metanowych – urządzenia grupy IM2, muszą posiadać wszystkie podzespoły budowy przeciwwybuchowej: ognioszczelne lub budowy wzmocnionej, z obwodami iskrobezpiecznymi sterowania, zabezpieczenia i sygnalizacji.

2. Separatory do zakładów przemysłowych

Najbardziej popularnymi aplikacjami z wykorzystaniem separatorów są:

- ciągi nawęglania (elektrownie, elektrociepłownie) - transport kruszywa (przemysł wydobywczy, cementownie),
- transport rud (kopalnie rud),
- transport odpadów (wysypiska, sortownie śmieci, recykling),
- transport drewna i biomasy (tartaki, przemysł papierniczy, elektrownie),
- transport komponentów (huty, odlewnie).

Przykładem separatora przeznaczonego do zabudowy na powierzchni – grupa II jest separator elektromagnetyczny SEM-2Ex/2(3)D produkcji Damel przeznaczony do pracy w elektrowni GDF SUEZ w Połańcu w strefie „21” i „22” zagrożenia wybuchem pyłu.



Rys. 1. Separator elektromagnetyczny SEM-2Ex/2(3)D

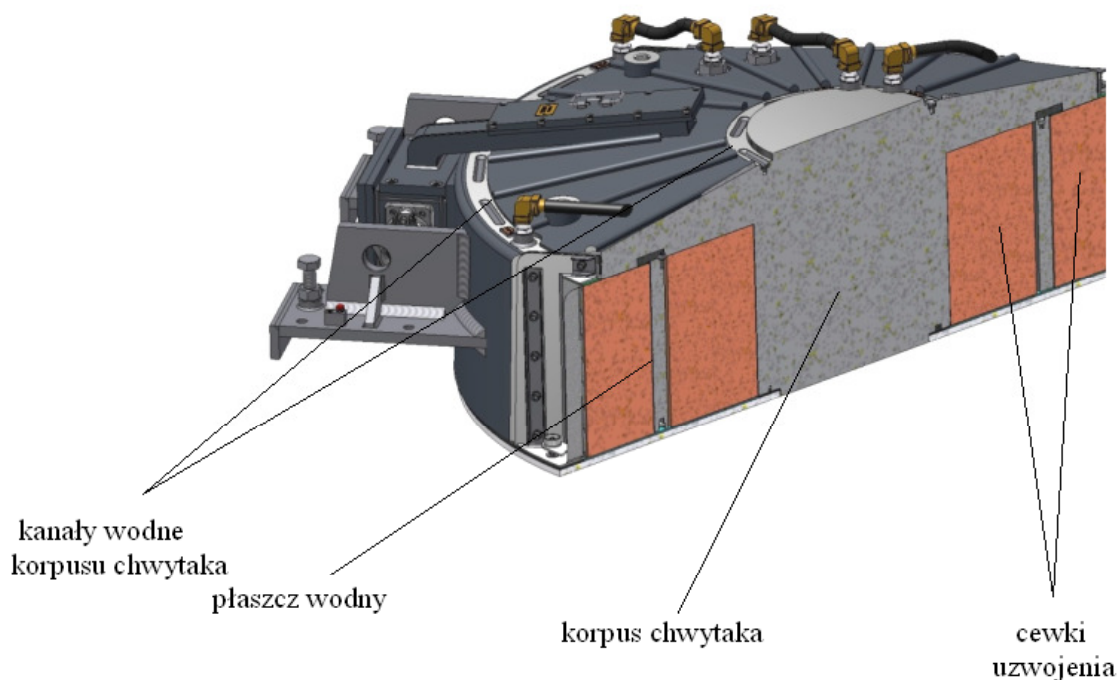
Dla separatora typu SEM-2Ex/2D chwytak elektromagnetyczny (w wykonaniu z osłoną gazową z nadciśnieniem) wraz z przetwornikiem różnicy ciśnień gazów (iskrobezpiecznym) i części układu odprowadzania materiału ferromagnetycznego tj. motoreduktor (budowy ognioszczelnej) i czujnik ruchu taśmy obiegowej (iskrobezpieczny) oraz wyłączniki bezpieczeństwa (budowy wzmocnionej) należą do grupy II2D, części chłodzenia chwytaka, sygnalizacji i sterowania (wentylator, pulpit sterowniczy, sygnalizatory ostrzegawcze) należą do grupy II3D, natomiast szafa zasilająco-sterownicza zabudowana w oddzielnym pomieszczeniu nie jest budowy przeciwwybuchowej.

Separator spełnia wszystkie normy bezpieczeństwa zawarte w Dyrektywie ATEX Unii Europejskiej 94/9/WE oraz Dyrektywie Maszynowej Unii Europejskiej 2006/42/WE.

3. Projekt separatora do podziemi kopalń

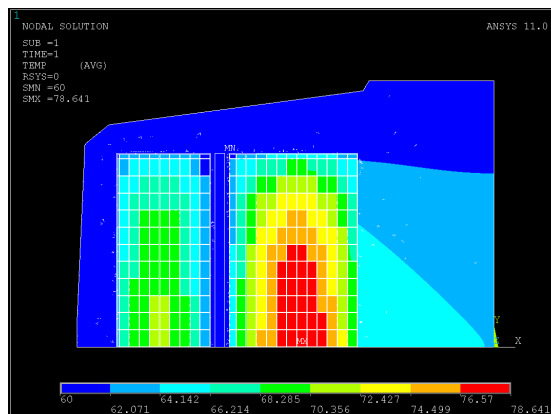
Ze względu na zwiększanie masy wydobywanego urobku oraz powiększania się odległości pracujących urządzeń w ścianach od szybu wydobywczego, coraz więcej kopalń dostrzega potrzebę ochrony taśm przenośników przed uszkodzeniami mechanicznymi. Uszkodzenie taśmy przez jej wzdłużne rozcięcie powoduje wielodniowy postój ścian wydobywczych i w wielu przypadkach, konieczność wymiany całej taśmy. Odpowiedzią firmy Damel na tą potrzebę było przedsięwzięcie mające na celu uruchomienie produkcji przeciwwybuchowych separatorów elektromagnetycznych mogących pracować w podziemnych zakładach górniczych. DFME Damel S.A. wspólnie z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie zrealizowała projekt celowy pt. „Opracowanie konstrukcji, wykonanie i badania prototypu górniczego

separatora elektromagnetycznego w wykonaniu przeciwwybuchowym” dofinansowanego przez MNiSzW. Celem projektu było doprowadzenie do uruchomienia produkcji nowoczesnych separatorów elektromagnetycznych przeciwwybuchowych mogących pracować w kopalniach w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. W ramach badań przemysłowych przeprowadzono badania symulacyjne w celu opracowania obwodu elektrycznego separatora elektromagnetycznego. Separatorzy budowy przeciwwybuchowej powinny cechować się w odniesieniu do seryjnie produkowanych separatorów SEM-2, większą skutecznością (zwiększoną siłą elektromagnesu) wymuszoną wymaganą minimalną odległością 600mm od taśmy przenośnika (podziemne zakłady górnicze). W separatorze założono wstępnie zastosowanie przeciwwybuchowej obudowy ognioszczelnej oraz uzwojenia wykonanego w postaci cewek przedzielanych panelami chłodzącymi wodą. Celem uzyskania większej skuteczności przyjęto, zwiększony o 10% okład prądowy, w porównaniu do okładu separatora SEM-2. Wykonano wielowariantowe obliczenia obwodów elektromagnetycznych. Przeprowadzono analizy i badania rozkładu przestrzennego pola magnetycznego w separatorze. W ramach badań przemysłowych wykonane zostały analizy konstrukcji i wytrzymałości obudowy ognioszczelnej chwytaka, która okazała się zbyt trudna do realizacji. Musiałaby być nie tylko z zewnątrz ognioszczelna osłona chwytaka, ale również ognioszczelny niejako od wewnątrz musiałby być cały układ chłodzenia wodnego uzwojenia. Efektem tego była zmiana konstrukcji chwytaka, dla którego przyjęta budowa wzmocniona jako typ wykonania przeciwwybuchowego skutkowałą koniecznością radykalnej zmiany jego uzwojenia a także zmianą układu chłodzenia. Przeanalizowano wykonanie uzwojenia z drutu o różnych wymiarach i różnych proporcjach wymiarów, a także zbadano możliwości zmniejszenia rezystancji cieplnej dla przepływu ciepła. Przeprowadzono obliczenia cieplne i badania modelowe układu chłodzenia, przepływu ciepła i rozkładu temperatur. Wykazały one możliwość powstania niedopuszczalnie wysokich temperatur w monobloku cewki. W zaistniałej sytuacji przemodelowano uzwojenie separatora dzieląc je na dwa współśrodkowe monolityczne bloki cewek oraz dodając panel chłodzący – płaszcz wodny, umieszczony pomiędzy cewkami.

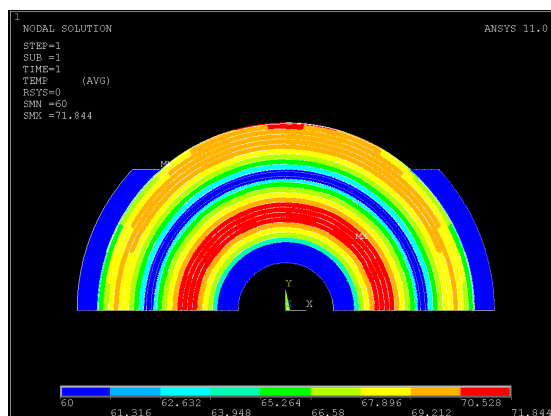


Rys. 2. Chwytnik separatora elektromagnetycznego SEM-4Ex

Wykonano analizy symulacyjne oraz badania modelowe zmienionego układu chłodzenia. Przy modelowaniu wykonano symulacje, które przeprowadzono z wykorzystaniem systemu Ansys. Z powodu braku wymaganego „czystego” powietrza w podziemiach kopalń podstawowe, efektywne i bezpośrednie chłodzenie powietrzne uzwojenia chwytaka nie mogło być zastosowane. Pierwotnie planowane aluminiowe panele wodne nie mogły być zastosowane. Zaprojektowano zatem jeden, płaszcz wodny ze stali nierdzewnej, ze spiralnymi kanałami wodnymi. Podobne kanały wodne zaprojektowano w walcowym rdzeniu i nabiegunnikach korpusu chwytaka. Połączone szeregowo elementy tworzą układ chłodzenia. Obliczenia oraz badania symulacyjne wykazały w takim wariantcie znaczne (około dwukrotne) zmniejszenie przyrostów temperatur, w porównaniu do wariantu z pojedynczą cewką bez płaszcza wodnego. Spowodowało to sprawdzenie do wielkości akceptowalnych maksymalnych wartości temperatury.



Rys. 3. Rozkład temperatur w płaszczyźnie XZ



Rys. 4. Rozkład temperatury w płaszczyźnie XY

Model uzwojenia wykorzystano do badań układu chłodzenia oraz do wykonania uzwojenia. Otrzymane drogą modelowania rezultaty zostały wykorzystane do wykonania w ramach prac badawczo-rozwojowych prototypu separatora.

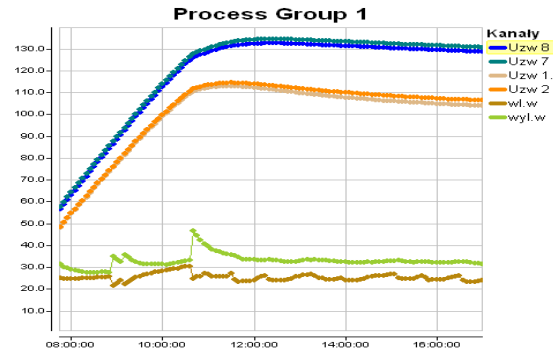
W celu realizacji zadań:

- zaprojektowany i wykonany został obwód elektromagnetyczny,
- zaprojektowany i wykonany został chwytak elektromagnetyczny budowy wzmocnionej,
- zaprojektowany i wykonany został układ chłodzenia wodnego,
- zaprojektowana i wykonana została rama separatora kompletna (z konstrukcją wsporczą, podstawą napędu i osłonami),
- zaprojektowany i wykonany został układ odprowadzania elementów ferromagnetycznych (bębny, taśma, wsporniki do regulacji taśmy),
- zastosowany został motoreduktor w wykonaniu ognioszczelnym,
- zaprojektowany i wykonany został układ zasilania i sterowania elektrycznego (skrzynia zasilająco-sterownicza w wykonaniu ognioszczelnym z regulowanym zasilaczem tyrystorowym oraz układ sterowania z obwodami iskrobezpiecznymi albo niezapalającymi zawierającymi: pulpit sterowniczy, wyłączniki bezpieczeństwa, czujnik ruchu taśmy),
- zaprojektowane i wykonane zostało stanowisko do badań pola magnetycznego, przeprowadzone zostały badania stanowiskowe. Podczas badań prototypu okazało się, że efektywność schładzania uzwojenia chwytaka jest zbyt niska, z powodu zbyt dużych szczelin powietrznych. Po wypełnieniu szczelin przewodzącą ciepłnie kompozycją kauczukową przeprowadzone zostały powtórne badania stanowiskowe w których uzyskano zadawalające efekty chłodzenia.

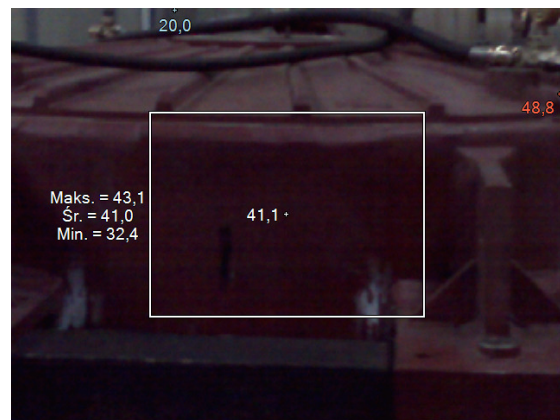
4. Separator SEM-4Ex

Po zakończeniu prac badawczo-rozwojowych DAMEL S.A. wykonał w ramach projektu jeden egzemplarz separatora SEM-4Ex serii informacyjnej.

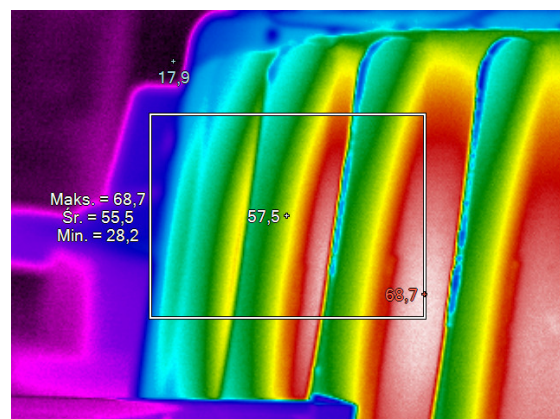
Na wykonanym separatorze SEM-4Ex przeprowadzono w Laboratorium Maszyn Elektrycznych DAMEL S.A. badania wchodzące w skład przeprowadzanych przez Główny Instytut Górnictwa badań certyfikacyjnych.



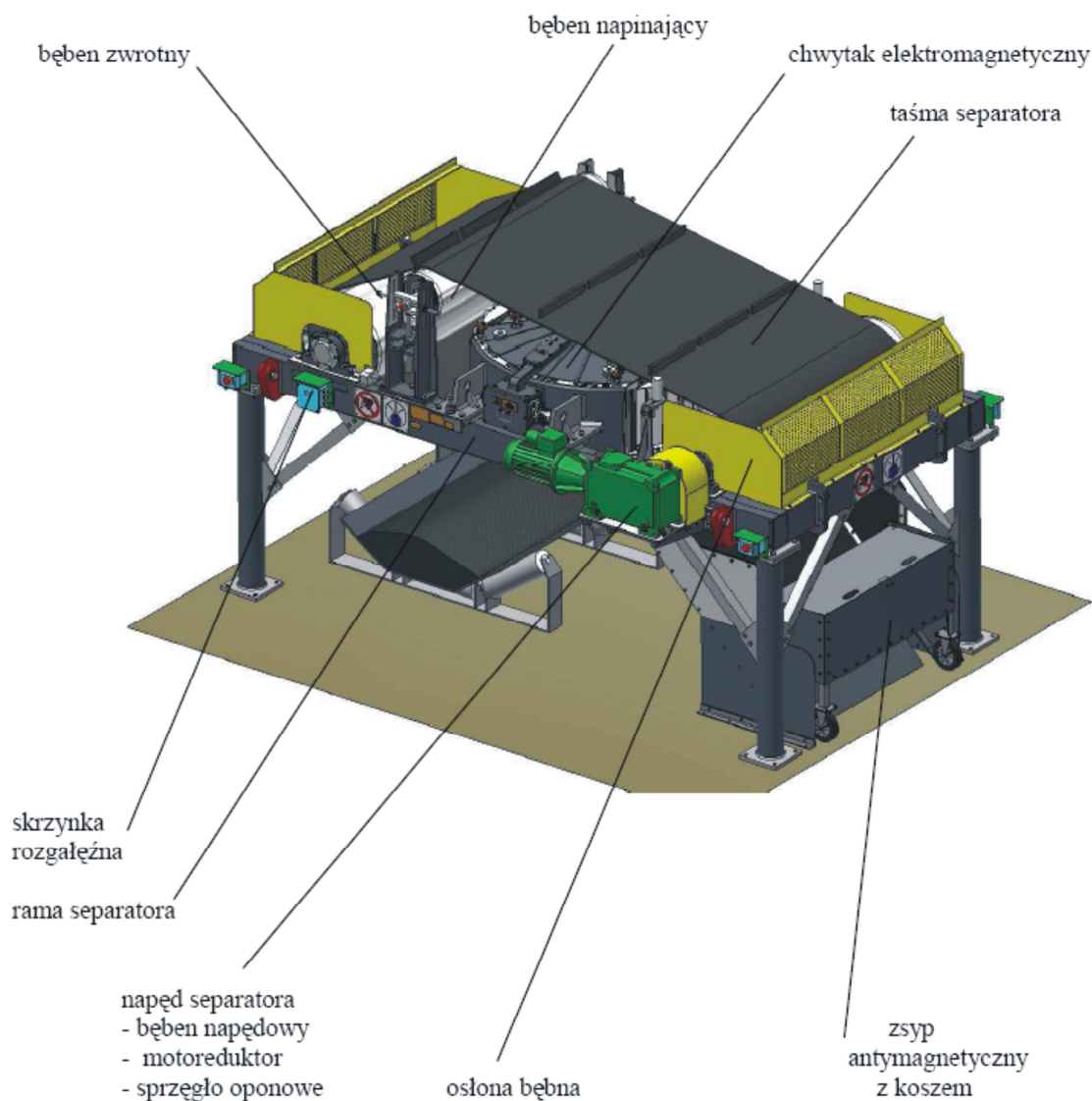
Rys. 5. Próba nagrzewania uzwojenia separatora (pomiar temperatury rezystorami Pt100) – przez pierwsze 3 godz. bez przepływu wody chłodzącej



Rys. 6. Próba nagrzewania uzwojenia separatora - pomiar temperatury korpusu kamerą termowizyjną



Rys. 7. Próba nagrzewania uzwojenia separatora - pomiar temperatury osłony korpusu kamerą termowizyjną



Rys. 8. Model separatora elektromagnetycznego przeciwwybuchowego SEM-4Ex

W poniższej tabeli zamieszczono podstawowe parametry separatora SEM-4Ex

- Moc zainstalowana	16kW
- Moc elektromagnesu	10kW
- Rodzaj pracy	S1
- Klasa izolacji elektromagnesu	H
- Sposób chłodzenia	woda, minimalny przepływ 15dm ³ /min., max temp. 25°C
- Skuteczność elektromagnesu (wg DAMEL) *	490mm

- Skuteczność elektromagnesu (wg VDE 0580) **	560mm
- Stopień ochrony chwytaka, szafy, pulpitu i silnika	IP 54

* Skuteczność chwytaka – odległość z jakiej kulka stalowa o średnicy 45mm powinna być przyciągnięta przez chwytak pod jego środkiem.

** Skuteczność chwytaka – odległość z jakiej walec stalowy o średnicy 20mm i długości 120mm powinien być przyciągnięty przez chwytak w odległości 0,4 długości lub szerokości od środka elektromagnesu mierzonej wzdłuż osi.

5. Wnioski

Realizacja projektu celowego pozwoliła na rozwiązanie problemu wykorzystania separatorów elektromagnetycznych w warunkach uniemożliwiających dotychczas ich zastosowanie, ze względu na zagrożenie wybuchowe.

Wymagania kopalń metanowych spełnia separator SEM-4Ex.

Zabezpieczenie przeciwwybuchowe separatora SEM-4Ex stanowi:

- dla elektromagnesu chłodzonego wodą budowa wzmocniona,
- dla napędu taśmy i skrzyni zasilająco-sterowniczej obudowa ognioszczelna,
- dla elementów układu sterowania wykonanie obwodów iskrobezpieczne i/lub niezapalające.

Separatory te spełniają wszystkie normy bezpieczeństwa zawarte w Dyrektywie ATEX Unii

Europejskiej 94/9/WE oraz Dyrektywie Maszynowej Unii Europejskiej 2006/42/WE. Proponowane urządzenia będą, dzięki wychwytywaniu elementów ferromagnetycznych na początkowym odcinku zbiorczej trasy przenośników taśmowych minimalizować ryzyko wzdłużnego przecięcia taśmy powodujące wielodniowy postój i przerwę w wydobywaniu.

Wyeliminowanie strat powodowanych przez awarie eksploatacyjne taśmociągów z pewnością wykaże znaczne korzyści ekonomiczne, płynące z ich eksploatacji.

Autor

Adam Maj
DFME DAMEL
Al. J. Piłsudskiego 2
41-300 Dąbrowa Górnicza
e-mail: amaj@damel.com.pl