

## **Efekty współpracy ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o.o.**

### *Streszczenie*

W ostatnich latach rozwinęła się szeroka współpraca pomiędzy Instytutem Techniki Górniczej KOMAG, a firmą MWM Elektro Sp. z o. o. – czołowym, krajowym dostawcą maszyn wyciągowych dla górnictwa. Jej efektem są wdrożenia wielu nowych maszyn wyciągowych w górniczych wyciągach szybowych. Oferowana gama produktów obejmuje maszyny bębnowe: jedno i dwubębnowe, jak również maszyny wciągowe z kołem pędnym, jedno- i wielolinowe. W projektach nowych maszyn wyciągowych ITG KOMAG opracowuje dokumentację techniczną części mechanicznej. Pozostały zakres projektów tj. część elektryczną (zasilanie i sterowanie maszyny), instalacje hydrauliczne wraz z własnymi układami hydraulicznymi dedykowanymi do maszyn wyciągowych w zakresie zasilania i sterowania hamulców oraz smarowania łożysk wału głównego oraz dokumentacje technologiczne wykonuje firma MWM Elektro Sp. z o. o. Firma MWM Elektro Sp. z o. o. realizuje montaż i uruchomienie maszyn w całym zakresie inwestycji oraz prowadzi nadzór, przy współudziale specjalistów ITG KOMAG, gwarancyjny i pogwarancyjny.

**Słowa kluczowe:** górnicze wyciągi szybowe, maszyny wciągowe, projektowanie

**Keywords:** mine shaft hoists, hoisting machines, designing

---

### *Summary*

Collaboration between KOMAG Institute of Mining Technology and MWM Elektro Sp. z o. o. - leading Polish supplier of machinery for the mining industry - has developed in the last years. Implementation of many new hoisting machines in mine shaft hoists is the result of the collaboration. Offered products include single-drum machines and two-drum machines as well as single-rope and multi-rope hoisting machines with a drive wheel. KOMAG develops technical documentation of mechanical part of new hoisting machines. Electrical part (power supply and control of machine), hydraulic installations with own hydraulic systems designed for hoisting machines to supply and control of brakes and lubrication of bearings of the main shaft as well as technological documentations are developed by MWM Elektro Sp. z o. o., which is also responsible for assembly and start-up of machines as well as for warranty and post-warranty servicing of these machines with participation of KOMAG's specialists.

## **1. Wprowadzenie**

Ostatnie lata to ścisła współpraca ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o. o., czołowym, krajowym realizatorem inwestycji, w zakresie szeroko rozumianego transportu szybowego. Jednym z elementów systemu transportu pionowego są maszyny wciągowe, które projektuje ITG KOMAG w zakresie części mechanicznej i MWM Elektro Sp. z o. o. w pozostałym zakresie: elektrycznym, hydraulicznym i technologicznym.

W latach 2010 – 2015 zaprojektowano wspólnie, wykonano i wdrożono następujące maszyny wciągowe:

– maszyny z ciernym sprzężeniem liny na linopędni (maszyny typu Koepe):

- K-6000/DC-10 m/s – szyb Piotr przedział zachodni KWK „Mysłowice Wesola”,
- 4L-4000/3900 – szyb R-III przedział skipowy KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG Rudna,

- 2L-5000/2400 – szyb R-VII przedział klatkowy KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG Rudna,
- maszyny bębnowe:
  - B-4300/DC-8m/s – jednobębnowa maszyna wciągowa przeznaczona do głębiania szybów (3 wdrożenia: Budryk, Głogów głęboki 2 sztuki),
  - B-1500/Ex/AC-2m/s – jednobębnowa maszyna wciągowa przeznaczona do pogłębiania szybów w wykonaniu przeciwwybuchowym,
  - BB-2500/AC-4m/s – dwubębnowa maszyna wciągowa zastosowana w szybie Daniłowicz i szybie Kinga K.S. Wieliczka (2 wdrożenia).

Kolejne dwie maszyny będące na etapie zabudowy i uruchamiania to:

- jednobębnowa maszyna wciągowa typu B-1200/AC-2m/s, przeznaczona do górniczego wyciągu awaryjno-

rewizyjnego szybu Foch-II JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowice”,

- wielolinowa maszyna wyciągowa z ciernym sprzężeniem liny na linopędni typu 4L-3600/DC-10m/s, przeznaczona również do szybu Foch-II JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowice” jako wyciąg główny.

## 2. Rozwiązania konstrukcyjne stosowane w maszynach wyciągowych z ciernym sprzężeniem liny na linopędni [5, 6]

Maszyny wyciągowe z ciernym sprzężeniem liny z linopędnią (typu Koepe), w części mechanicznej konfigurowane są z następujących podzespołów:

- zestawu wału głównego:
  - wał główny z łożyskami,
  - koło lub bęben pędny,
- hamulca składającego się z:
  - stojaków z siłownikami hamulcowymi,
  - elektrohydraulicznego zespołu sterowniczo-zasilającego,
  - instalacji hydraulicznej,
- urządzenia do korekty kształtu rowków wykładziny linopędni,
- osłon bębna,
- wyposażenia dodatkowego (zintegrowanego z częścią mechaniczną maszyny) zawierającego:
  - urządzenie wymuszające dodatkowy spływ oleju wraz z instalacją hydrauliczną,
  - urządzenie do grawitacyjnego opuszczania nadwagi wraz z instalacją hydrauliczną,
  - czujniki kontroli stanu siłownika i zużycia okładziny,
  - czujniki bicia bieżni hamulcowych,
  - czujniki temperatury tarcz hamulcowych,
  - czujnik temperatury łożysk głównych,
  - napędy do kontroli prędkości maszyny i sygnalizacji położenia naczyń w szybie.

Korpusy łożysk zestawu wału głównego stawiane są na belkach i mocowane do fundamentu, w przypadku maszyn zabudowywanych na zrębie lub do konstrukcji wsporczej, w przypadku maszyn instalowanych na wieży górniczego wyciągu szybowego. Belki stanowiące element pośredni pomiędzy fundamentem lub konstrukcją wsporczą w wieży szybowej umożliwiają właściwe wypoziomowanie zestawu wału głównego maszyny wyciągowej.

Linopędnia (bęben lub koło pędne) mocowana jest do kołnierzy wału głównego śrubami pasowanymi. Linopędnie wykonywane są jako konstrukcje spawane powłokowe – dzielone, co ułatwia ich transport, jak i montaż na obiekcie. Połówki linopędni są łączone ze

sobą połączeniami skręcany. Płaszcz linopędni połączony jest z pobocznikami, które w swojej środkowej części posiadają piasty do łączenia ich śrubami z kołnierzami wału głównego. Na płaszczu bębna wykonuje się koryta, w których osadza się wykładziny z tworzywa sztucznego współpracujące z liną lub linami nośnymi. W zależności od wymagań użytkownika stosuje się wykładziny trapezowe lub trapezowe dwudzielne, odpowiednio dostosowując sposób ich unieruchamiania w przygotowanych korytach. Do skrajnych pobocznik linopędni przyspawane są pierścienie, do których mocowane są tarcze hamulcowe. Segmenty tarcz hamulcowych zazwyczaj mocowane są za pomocą czterech śrub pasowanych, zlokalizowanych w środkowej części segmentu i kilkunastu lub kilkadziesiątu śrub stabilizujących tarczę względem pierścienia osadczego linopędni. Segmenty tarcz hamulcowych łączone są ze sobą obwodowo blachami osadzonymi w wykonanych w segmentach rowkach, zastępując połączenie segmentów na tzw. „pióro”. Rozwiązanie takie ułatwia właściwe wykonanie połączenia segmentów tarczy ze względu na możliwość obróbki mechanicznej rowków na stykach sąsiadujących ze sobą segmentów tarczy, z jednego zamocowania na obrabiarce.

W ostatnich wykonaniach wały główne maszyn przystosowano do połączenia z wirnikiem silnika za pomocą połączenia wciskowego wykonywanego hydraulicznie. Rozwiązanie takie eliminuje stosowane połączenia wirników silnika za pomocą klinów stycznych, co miało miejsce jeszcze w przypadku maszyny wyciągowej K-6000/DC-16 m/s. Połączenie wirnika silnika z wałem za pomocą połączenia wciskowego wymaga bardzo precyzyjnego wykonania powierzchni stożkowych, tak w piaście wirnika silnika, jak i czopu wału. Weryfikacja poprawności wykonania obu stożków ma miejsce dopiero podczas montażu na obiekcie. Stosowanie precyzyjnych obrabiarek umożliwiających obróbkę mechaniczną długich i ciężkich wałów, jak również odpowiednie przygotowanie technologii wykonania i doświadczenie pracowników w zakładzie wytwórczym, istotnie zmniejsza ryzyko niepoprawnego wykonania elementów. Zaletą połączenia wciskowego wirnika silnika z wałem wykonywanego metodą hydrauliczną jest potencjalne ułatwienie demontażu wirnika z wału np. w przypadku uszkodzenia łożyska tocznego.

Wały główne, w zależności od wymagań użytkownika, projektowane są do współpracy z łożyskami tocznymi lub ślizgowymi. W przypadku stosowania łożysk tocznych proponowane są łożyska baryłkowe dwurzędowe.

Smarowanie łożysk tocznych najczęściej realizowane jest za pomocą smarów stałych, ale również stosowane są instalacje umożliwiające smarowanie obiegowe – olejowe, co zastosowano w maszynie

wyciągowej 4L-4000/3900. Do smarowania łożysk ślizgowych stosuje się wyłącznie smarowanie obiegowe – olejowe. Firma MWM Elektro Sp. z o. o. posiada w swoim asortymencie wyrobów odpowiednie agregaty hydrauliczne do smarowania obiegowego łożysk ślizgowych, jak i toczyń. Korpusy łożysk wyposażane są standardowo w elementy do kontroli temperatury łożysk oraz opcjonalnie w czujniki drgań łożysk, które wykorzystywane są przy diagnozowaniu stanu maszyny.

Zespoły napędowo-robocze hamulców oddziaływujące na dwie tarcze hamulcowe na bębnie stanowią siłowniki (zwalniaki hamulcowe sprężynowe odwodzone hydraulicznie) firmy Svendborg Brakes APS typu BSFG-408 (lub BSFG-408S), wyposażone w okładzinę hamulcową Micke 1203. Są to siłowniki powszechnie stosowane w hamulcach krajowych maszyn wyciągowych. Ich liczba dobierana jest w zależności od parametrów maszyny - nadwagi statycznej. Siłowniki mocowane są do dwóch lub czterech stojaków kotwionych poprzez belkę pośrednią do fundamentu. Każdy siłownik wyposażony jest w czujniki do kontroli stanu siłownika i zużycia okładzin szczęk hamulcowych. Siłowniki hamulcowe połączone są przewodami instalacji hydraulicznej z elektrohydraulicznym zespołem sterowniczo-zasilającym. W zależności od ustaleń z zamawiającym firma MWM Elektro Sp. z o. o. dostarcza własne zespoły zasilająco-sterujące hamulców typu H-C MWM proponując rozwiązanie z tzw. dwuwariantowym realizowaniem hamowania bezpieczeństwa stałym momentem hamującym, lub regulowanym momentem hamującym ze stałym opóźnieniem hamowania. Najczęściej proponowane są dwa agregaty hamulcowe z przełącznicą typu LP, co zapewnia w przypadku niesprawności jednego z nich 100% rezerwę. Do instalacji hydraulicznych firma MWM Elektro Sp. z o. o. proponuje ponadto:

- urządzenie wymuszające dodatkowy spływ oleju typu UWDSO, umożliwiające udrożnienie dodatkowej drogi spływu oleju w sytuacji awaryjnej,
- urządzenie typu GRAVIT przeznaczone do kontrolowanego przemieszczania naczyń wyciągowych bez udziału napędu maszyny wyciągowej w warunkach istnienia różnicy sił występujących w linii nośnej górniczego wyciągu szybowego, czyli do tzw. grawitacyjnego opuszczania nadwagi.

Z częścią mechaniczną maszyny wyciągowej współpracują elementy wykorzystywane do kontroli i sterowania maszyny. Są to:

- mocowane do powierzchni czołowych wału głównego napędy:
  - po stronie bębna pędnego – napęd przetwornika inkrementalnego zintegrowanego z programo-

walnym wyłącznikiem odśrodkowym i tachoprądnicą, których obudowa unieruchamiana jest względem obudowy korpusu łożyska,

- po stronie silnika – napęd przetwornika inkrementalnego, którego obudowa unieruchamiana jest do wspornika mocowanego na fundamencie,
  - mocowane do stojaków hamulcowych:
    - czujniki do kontroli bicia bieżni tarcz hamulcowych,
    - czujniki do kontroli temperatury tarcz hamulcowych,
- oraz wspomniane już wcześniej czujniki do kontroli stanu siłownika i zużycia okładzin szczęk hamulcowych.

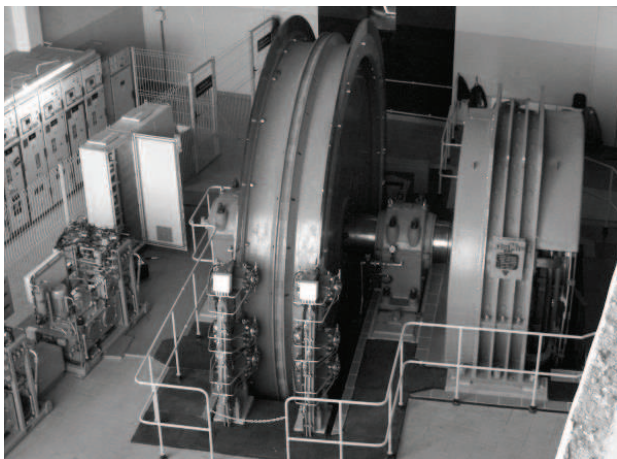
Dodatkowo, maszyny wyciągowe wyposażane są w osłony bębna oraz urządzenia do toczenia rowków, wykorzystywane do czyszczenia wykładziny bębna z odkładającego się na nich smaru, jak również do przeprowadzania korekty kształtu rowka oraz wyrównywania średnic rowków w przypadku maszyn wielolinowych. Elementy te mocowane są do fundamentu lub konstrukcji wsporczej maszyny.

## 2.1. Maszyna wyciągowa K-6000/DC-16 m/s [1, 2, 5, 6]

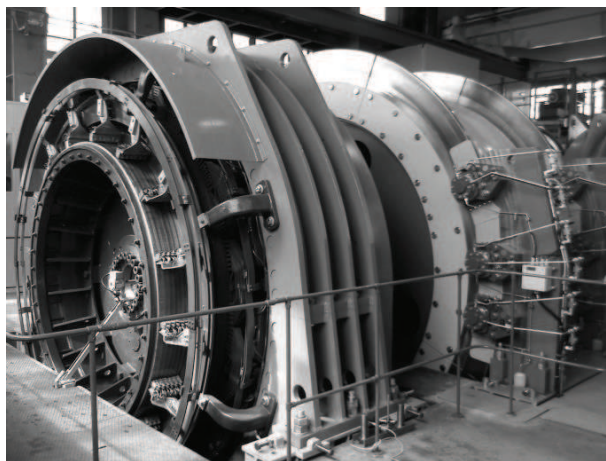
Maszyna jednolinowa K-6000/DC-16 m/s z ciernym sprzężeniem liny nośnej zabudowana została na zrębie szybu. Przeznaczona jest do transportu urobku lub materiałów oraz jazdy ludzi.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| - średnica linopędni                               | 6000 mm,                            |
| - moc znamionowa silnika                           | 2000 kW,                            |
| - średnica nominalna liny nośnej                   | 60 mm,                              |
| - liczba lin nośnych                               | 1,                                  |
| - głębokość ciągnięcia                             | 865 m,                              |
| - maksymalna siła zrywająca linę nośną             | 2800 kN,                            |
| - maksymalna siła w linie nośnej                   | 420 kN,                             |
| - maksymalna nadwaga statyczna                     | 120 kN,                             |
| - maksymalna siła w dwóch gałęziach liny           | 720 kN,                             |
| - maksymalna prędkość jazdy                        | 16 m/s,                             |
| - hamulec tarczowy                                 |                                     |
| • liczba par siłowników                            | 6 (2 stojaki po 3 pary siłowników), |
| • typ siłowników                                   | BSFG 408S,                          |
| • zespół zasilająco-sterujący hamulca              | dwuwariantowy,                      |
| • ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego | 15,5 MPa,                           |
| • okładzina hamulcowa                              | Micke 1203,                         |
| - łożyskowanie wału                                | łożyska ślizgowe,                   |
| - wykładzina bębna                                 | modar - dwudzielna,                 |
| - masa maszyny                                     | ok. 80 000 kg.                      |



Rys. 1. Maszyna wyciągowa K-6000/DC-16 m/s  
[źródło: własne]



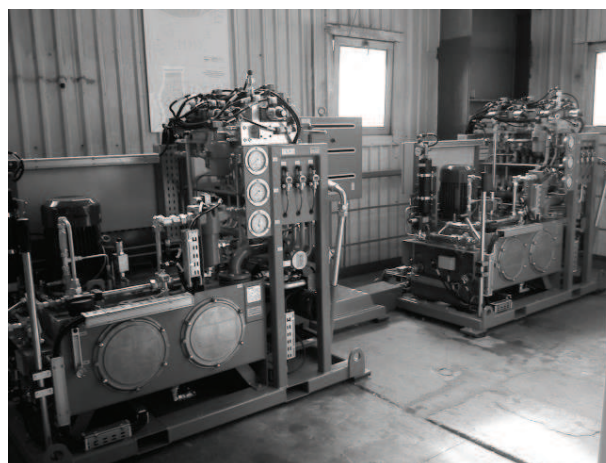
Rys. 2. Maszyna wyciągowa 4L-4000/3900  
[źródło: własne]

## 2.2. Maszyna wyciągowa 4L-4000/3900 [5, 6]

Maszyna wyciągowa 4L-4000/3900 zainstalowana jest na wieży górniczego wyciągu szybowego skipowego.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni 4000 mm,
- moc znamionowa silnika 3900 kW,
- średnica nominalna liny nośnej 40 mm,
- liczba lin nośnych 4,
- głębokość ciągnięcia 1000 m,
- maksymalna siła zrywająca 1 linę nośną 1350 kN,
- maksymalna siła w linach nośnych 700 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna 250 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 16 m/s,
- hamulec tarczowy
  - liczba par siłowników 10 (2 stojaki po 2 pary siłowników, 2 stojaki po 2 pary siłowników),
  - typ siłowników BSFG 408,
  - zespół zasilająco-sterujący hamulca z regulowanym momentem hamującym (stałym opóźnieniem hamowania) podczas transportu urobku,
  - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 14,5 MPa,
  - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- łożyskowanie wału łożyska toczne (smarowane obiegowo),
- wykładzina bębna Becorit,
- masa maszyny ok. 66 000 kg.



Rys. 3. Elektrohydrauliczny zespół zasilająco-sterujący hamulca H-C MWM-4/VER.III z przetwornicą LP-4  
[źródło: własne]

## 2.3. Maszyna wyciągowa 2L-5000/2400 [5, 6]

Maszyna wyciągowa 2L-5000/2400 zainstalowana jest na zrębie górniczego wyciągu szybowego klatkowego.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni	5000 mm,
- moc znamionowa silnika	2400 kW,
- średnica nominalna liny nośnej	52 do 58 mm,
- liczba lin nośnych	2,
- głębokość ciągnięcia	1100 m,
- maksymalna siła zrywająca 1 linę nośną	2536 kN,
- maksymalna siła w linach nośnych	700 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna	140 kN,
- maksymalne obciążenie dwóch gałęzi lin	1300 kN,
- maksymalna prędkość jazdy	12 m/s,
- hamulec tarczowy	
• liczba par siłowników	8 (4 stojaki po 2 pary siłowników),
• typ siłowników	BSFG 408,
• zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy z funkcją hamowania zmiennym momentem hamującym,	
• ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego	14,5 MPa,
• okładzina hamulcowa	Micke 1203,
- łożyskowanie wału	łożyska toczne,
- wykładzina bębna	Becorit,
- masa maszyny	ok. 67 000 kg (bez silnika),
- masa silnika	57 400 kg.



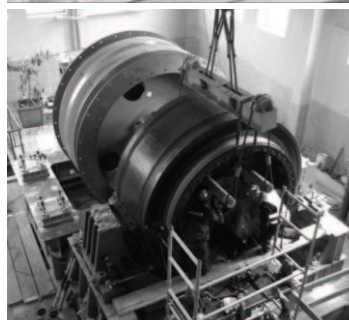
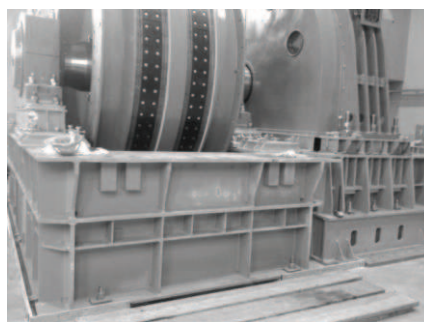
Rys. 4. Maszyna wyciągowa 2L-5000/2400  
[źródło: własne]

#### 2.4. Maszyna wyciągowa 4L-3600/DC-10 m/s [5, 6]

Maszyna wyciągowa 4L-3600/DC-10 m/s w budowie jest elementem górniczego wyciągu szybowego, który przewidziany jest do jazdy ludzi, wydobywania, transportu materiałów, jazdy osobistej, rewizji szybu, jazd brygad szybowych, prac szybowych i rewizji elementów wyciągu.

Podstawowe parametry maszyny wyciągowej są następujące:

- średnica nawijania liny na linopędni	3600 mm,
- moc silnika	2900 kW,
- nominalna średnica liny nośnej	38 mm,
- liczba lin nośnych	4,
- głębokość ciągnięcia	850 m,
- maksymalna siła zrywająca 1 linę	1000 kN,
- maksymalna siła w linach nośnych	600 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna	120 kN,
- maksymalne obciążenie dwóch gałęzi lin	1100 kN,
- maksymalna prędkość jazdy	10 m/s,
- hamulec tarczowy	
• liczba par siłowników	8 (4 stojaki po 2 pary siłowników),
• typ siłowników	BSFG 408,
• zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,	
• ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego	14,5 MPa,
• okładzina hamulcowa	Micke 1203,
- łożyskowanie wału	łożyska toczne,
- wykładzina bębna	Becorit,
- masa maszyny	ok. 53 000 kg (bez silnika).



Rys. 5. Maszyna wyciągowa 4L-3600/DC-10m/s - w budowie  
[źródło: własne]

Maszyna została zabudowana na wieży konstrukcji żelbetowej górniczego wyciągu szybowego. Aby nie naruszyć w istotny sposób konstrukcji wieży konieczne było wyniesienie maszyny powyżej żelbetowych belek nośnych wieży. W związku z powyższym koniecznym było zaprojektowanie i wykonanie stalowej konstrukcji wsporczej, którą zamocowano do wieży. Do konstrukcji, składającej się z dwóch niezależnych części zamocowano: do jednej, zestaw wału głównego maszyny i stojaki hamulcowe, a do drugiej stojan silnika.

### **3. Rozwiązania konstrukcyjne stosowane w maszynach bębnowych [5, 6]**

Maszyny wyciągowe bębnowe to maszyny z napędem pośrednim, w których stosuje się przekładnię zębatą i szybkoobrotowy silnik prądu stałego lub zmiennego.

W zakresie budowy zestawu wału głównego maszyny wyciągowe jedno lub też dwubębnowe wyposażane są w bębny nawojowe przewidziane do wielowarstwowego nawijania liny. Liczba warstw jest zależna od wymaganej głębokości ciągnięcia oraz wymaganego obciążenia maszyny. Planowane obciążenie liny wpływa na jej wymaganą wytrzymałość, co bezpośrednio wiąże się ze średnicą liny, a to przekłada się na średnicę bębna, zgodnie z wymaganiami przepisów określającymi minimalny stosunek średnicy bębna do średnicy liny, w zależności od rodzaju wyciągu. Szerokość strefy nawojowej liny na bębnie musi być dobrana tak, aby spełnić warunki prawidłowego nawijania się liny na bębnie w kolejnych warstwach. Warunki te podyktowane są wymaganiami przepisów odnoszącymi się co do maksymalnego i minimalnego kąta nabiegu liny przy obrzeżu, w stosunku do płaszczyzny prostopadłej do osi wału i przechodzącej przez środek koła linowego. Kąt ten, według wymagań przepisów, winien być nie mniejszy niż  $0^{\circ}20'$  i nie większy niż  $1^{\circ}20'$  lub też spełniać wymagania dodatkowe określone przez np. producenta wykładziny bębnowej np. firmę LEBUS International Engineers GmbH. W maszynach bębnowych produkowanych przez firmę MWM Elektro Sp. z o. o. stosowane są wykładziny stalowe firmy LEBUS z opatentowanym sposobem ich rowkowania tj. z rowkami równoległymi, z podwójnym, skośnym przegięciem liny. Wykładziny z tego typu rowkowaniem zapewniają łagodne wypiętrzanie się liny i jej przejście z warstwy na warstwę bez zakleszczania się przy obrzeżach. Wykładziny stalowe Lebus z tego typu rowkowaniem są powszechnie stosowane nie tylko w maszynach wyciągowych bębnowych stosowanych w górnictwie, ale też szeroko w innych gałęziach przemysłu dźwigowego.

Bębny nawojowe łączone są z wałami, podobnie jak w maszynach typu Koepe, kólnierzowo, z zastosowaniem śrub pasowanych. Wały osadzone są w łożyskach tocznych baryłkowych dwurzędowych

(najczęściej firmy SKF). Korpusy łożysk mocowane są do ramy głównej maszyny. W przypadku małych maszyn bębnowych rama zestawu wału głównego stanowi zwartą całość lub składa się z dwóch niezależnych ram: ramy pod zestaw wału głównego i ramy pod zespół napędu: silnik i przekładnię. W przypadku większych maszyn bębnowych (np. B-4300/DC-8m/s) lub maszyn dwubębnowych korpusy łożysk mocowane są do fundamentu poprzez niezależne belki podłożyskowe. Ramy zestawu wału głównego małych maszyn bębnowych mają przystosowane miejsce do zamocowania stojaków hamulcowych. W większych maszynach bębnowych stojaki hamulcowe, poprzez belki, mocowane są do fundamentu.

Wały główne łączone są z zespołem napędowym sprzęgłami zębatymi. Wyjątkiem jest tutaj maszyna B-1500/Ex/Ac-2m/s, która ze względu na przewidywalne stosowanie w wielu miejscach do głębinienia lub pogłębiania szybów, będzie podlegała demontażom i montażom. Ułatwienie montażu uzyskano dzięki zastosowaniu przekładni zębatej umożliwiającej osadzenie jej bezpośrednio na wale głównym, a przeniesienie ruchu obrotowego i momentu obrotowego realizowane jest poprzez połączenie wielowypustowe. Pomiędzy wałkiem szybkoobrotowym przekładni, a wałkiem silnika stosowane są sprzęgła elastyczne.

Zespoły napędowe maszyn produkowanych przez firmę MWM Elektro Sp. z o. o. oparte są o elementy produkowane przez firmę Siemens – Flender, są to: sprzęgła elastyczne typu Rupex sprzęgła zębate typu Zapex oraz przekładnie zębate dobierane z szerokiej oferty producenta umożliwiającej dopasowanie elementów do określonych parametrów maszyny wyciągowej.

Zespoły napędowo-robocze hamulców stanowią, podobnie jak w dużych maszynach, siłowniki hamulcowe firmy Svendborg Breakes typu BSFG. W zależności od potrzeb stosowane są siłowniki wielkości BSFG-408, BSFG-408S lub BSFG-405, różniące się między sobą siłą docisku do tarcz hamulcowych zależną od charakterystyk stosowanych w nich sprężyn talerzowych. Nie wpływa to istotnie na konstrukcje agregatów zasilająco-sterujących hamulców, a jedynie na parametry ich nastaw, co pozwala firmie MWM Elektro Sp. z o. o. stosować takie same lub zbliżone strukturalnie zespoły zasilająco-sterujące typu H-C MWM oraz dodatkowe urządzenia, takie jak UWDSO i Gravit.

Z częścią mechaniczną maszyny wyciągowej współpracują elementy wykorzystywane do kontroli i sterowania maszyny i są to:

- mocowane do powierzchni czołowej wału głównego napęd przetwornika inkrementalnego zintegrowanego z programowalnym wyłącznikiem odśrodkowym i tachoprądnicą, których obudowa unieruchamiana jest względem obudowy korpusu łożyska,

- zintegrowany z silnikiem napęd przetwornika inkrementalnego,
- mocowane do stojaków hamulcowych:
  - czujniki do kontroli bicia bieżni tarcz hamulcowych,
  - czujniki do kontroli temperatury tarcz hamulcowych,
- mocowane do obudowy siłowników czujniki do kontroli stanu siłownika i zużycia okładzin szczęk hamulcowych.

### 3.1. Maszyna wyciągowa B-4300/DC-8 m/s [1, 2, 5, 6]

Maszyna wyciągowa jednobębnowa, jednolinowa B-4300/DC-8m/s zabudowana została na zrębie szybu. Maszyna przewidziana jest do stosowania przy głębieniu lub pogłębieniu szybów. Przeznaczona jest do transportu urobku lub materiałów oraz jazdy ludzi.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni	4300 mm,
- moc znamionowa silnika	2x1040 kW,
- średnica nominalna liny nośnej	41 mm,
- liczba nawijanych warstw	4,
- głębokość ciągnięcia	1500 m,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną	1900 kN,
- maksymalna siła w linie nośnej	240 kN,
- maksymalna prędkość jazdy	8 m/s,
- hamulec tarczowy	
• liczba par siłowników	8 (4 stojaki po 2 pary siłowników),
• typ siłowników	BSFG 408S,
• zespół zasilająco-sterujący hamulca	dwuvariantowy,
• ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego	15,5 MPa,
• okładzina hamulcowa	Micke 1203,
- łożyskowanie wału	łożyska toczne,
- wykładzina bębna	stalowa (z rowkowaniem typu Lebus )
- masa maszyny	ok. 84 500 kg.



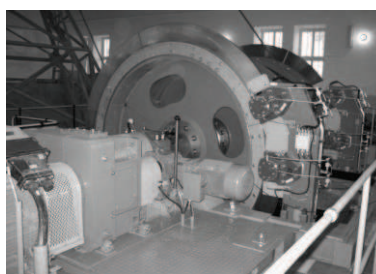
Rys. 6. Maszyna wyciągowa B-4300/DC-8m/s [źródło: własne]

### 3.2. Maszyna wyciągowa BB-2500/AC-4 m/s [2, 4, 5, 6]

Maszyny wyciągowe dwubębnowe typu BB-2500/DC-4m/s zaprojektowane zostały do szybów Kinga i Daniłowicz KS Wieliczka. Maszyny o bardzo zbliżonej do siebie konstrukcji zostały dopasowane do warunków ruchowych obu szybów oraz lokalnych warunków ich zabudowy.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni	2500 mm,
- moc znamionowa silnika	160 kW,
- średnica nominalna liny nośnej	41 mm,
- liczba nawijanych warstw	2,
- głębokość ciągnięcia	300 m,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną	1900 kN,
- maksymalna siła w linie nośnej	63 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna	30 kN,
- maksymalna prędkość jazdy	4 m/s,
- hamulec tarczowy	
• liczba par siłowników	4 (2 stojaki po 2 pary siłowników),
• typ siłowników	BSFG 405,
• zespół zasilająco-sterujący hamulca	dwuvariantowy,
• ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego	10,5 MPa,
• okładzina hamulcowa	Micke 1203,
- łożyskowanie wału	łożyska toczne,
- wykładzina bębna	stalowa (z rowkowaniem typu Lebus )
- masa maszyny	ok. 37 500 kg.



a) szyb Kinga



b) szyb Daniłowicz

Rys. 7. Maszyna wyciągowa BB-2500/AC-4m/s [źródło: własne]

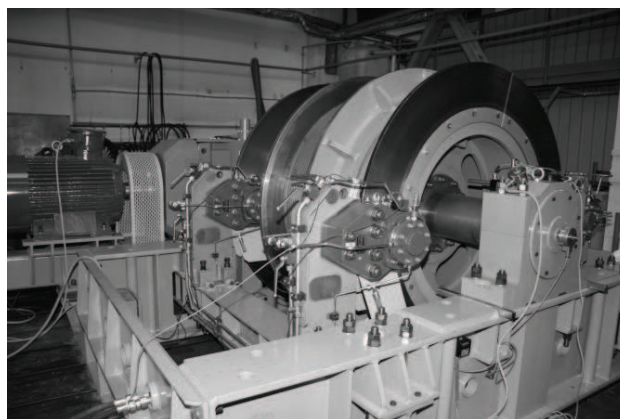
W maszynach tych zastosowano dodatkowo niezależne napędy awaryjne umożliwiające zasilanie maszyny i kontynuowanie ruchu w przypadku braku zasilania centralnego kopalni z agregatu prądotwórczego. Rozwiązanie to pozwala prowadzić jazdę ludzi w przypadku całkowitego odcięcia zasilania elektrycznego kopalni (co miało miejsce parę lat temu) i zapewnić turystom bezpieczne opuszczenie podziemi kopalni.

### 3.3. Maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2 m/s [3, 5, 6]

Jednym z ciekawszych rozwiązań jest maszyna wyciągowa jednobębnowa, w wykonaniu przeciwwybuchowym, przeznaczona do głębinienia i pogłębiania szybów oraz do prowadzenia prac związanych np. ze zbrojeniem i przezbajaniem szybów. Maszyna przewidziana jest do prowadzenia jazdy ludzi, ciągnięcia urobku, transportu materiałów i rewizji szybów i wykonywania prac szybowych. Maszyna spełnia wymagania urządzeń grupy I kategorii M2 dyrektywy ATEX, co umożliwia jej stosowanie w podziemnych zakładach górniczych w wyrobiskach ze stopniem „a”, „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach klasy „A” i „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- moc silnika 132 kW,
- prędkość obrotowa silnika 1480 obr./min,
- nominalna średnica nawojowa liny w pierwszej warstwie 1500 mm,
- maksymalna siła statyczna w linie nośnej 50 kN,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 440 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 2 m/s,
- hamulec tarczowy
  - liczba par siłowników 4 (4 stojaki po 1 parze siłowników),
  - typ siłowników BSFG 405,
  - zespół zasilająco-sterujący hamulca jednowariantowy,
  - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 10,5 MPa,
  - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- całkowita masa maszyny ~15850 kg,
- zalecana odległość maszyny od koła linowego min. 15 m - max. 30 m.



Rys. 8. Maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2 m/s [źródło: własne]

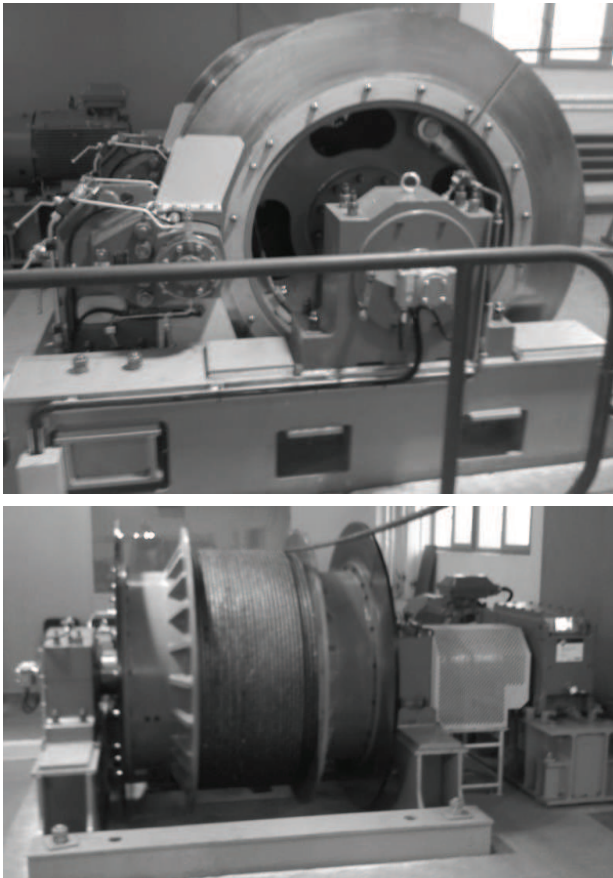
### 3.4. Maszyna wyciągowa B-1200/AC-2 m/s [5, 6]

Maszynę zastosowano w wyciągu pomocniczym.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- moc silnika 75 kW,
- prędkość obrotowa silnika 1500 obr./min,
- średnica nawojowa liny w pierwszej warstwie na bębnie 1200 mm,
- maksymalna liczba warstw liny nośnej nawiniętej na bęben 8,
- nominalna średnica liny nośnej 22 mm,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 297 kN,
- maksymalna siła statyczna w linie nośnej 35 kN,
- głębokość ciągnięcia 900 m,
- maksymalna prędkość jazdy 2 m/s,
- hamulec tarczowy
  - liczba par siłowników 2 (2 stojaki po 1 parze siłowników),
  - typ siłowników BSFG 405,
  - zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,
  - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 10,5 MPa,
  - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- całkowita masa maszyny ~12600 kg,
- odległość maszyny od koła linowego na wieży min. 15 m - max. 50 m.





Rys. 9. Maszyna wyciągowa B-1200/AC-2 m/s  
[źródło: własne]

#### 4. Podsumowanie

Współpraca ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o. o. w ostatnich latach zaowocowała powstaniem wielu nowych rozwiązań maszyn wyciągowych, począwszy od dużych maszyn wyciągowych jedno i wielolinowych z ciernym sprzężeniem liny na linopędni, jak i mniejszych maszyn jedno i dwubębnowych.

W wyniku zrealizowanych projektów oraz uruchomienia i nadzorowania w trakcie eksploatacji maszyn, dopracowano się wspólnie wysokich standardów, tak w zakresie projektowania, jak i tworzenia dokumentacji technicznej. Doświadczenia nabyte podczas uruchamiania obiektów wpływają na wprowadzanie udoskonaleń w konstrukcjach maszyn, podnosząc ich niezawodność, jak również ułatwiając montaż maszyn na obiektach.

Wypracowano również standardy współpracy pomiędzy ITG KOMAG, MWM Elektro Sp. z o. o. oraz

głównym wykonawcą części mechanicznej maszyn tj. Hutą Zabrze przy produkcji oraz odbiorach maszyn z Zakładu Wytwórczego. Przekłada się to na wysoką jakość maszyn oraz zminimalizowanie problemów technicznych, mogących pojawić się podczas montażu na obiekcie. Dobra współpraca przynosi pozytywne efekty, zwłaszcza w stosunkowo krótkich okresach czasu przewidzianych przez użytkowników na zatrzymanie ruchu górniczego wyciągu szybowego.

Firma MWM Elektro Sp. z o. o. prowadzi intensywne działania mające na celu znalezienie nabywców swoich maszyn nie tylko na krajowym rynku, ale również poza granicami naszego kraju, co przekłada się na ugruntowanie jej pozycji jako lidera rynku krajowego oraz podmiotu, który coraz intensywniej i skuteczniej zaczyna operować na rynkach zagranicznych.

#### Literatura

1. Kowal L., Turewicz K., Barańska H., Helmrich P.: Nowe maszyny wyciągowe przeznaczone do stosowania w górniczych wyciągach szybowych. Transport Szybowy 2011, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 97-114.
2. Kowal L.: Nowoczesne maszyny wyciągowe i ich wyposażenie na przykładzie efektów współpracy ITG KOMAG z przemysłem. Maszyny Górnicze 2013 nr 2 s. 61-70.
3. Madej M., Radowski R., Kowal L., Turewicz K., Helmrich P.: Nowa maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2m/s przeznaczona do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Transport Szybowy 2013, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 201-214.
4. Ryndak P., Długaj J., Miłek R., Kowal L., Turewicz K., Helmrich P., Wojciechowski D.: Kompleksowa modernizacja górniczego wyciągu szybowego szybu Kinga Kopalni Soli Wieliczka SA. Bezpieczeństwo pracy urzędzeń transportowych w górnictwie. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego sp. z o.o., Łędziny 2013 s. 62-73.
5. Dokumentacje techniczne maszyn wyciągowych - ITG KOMAG.
6. Dokumentacje techniczne maszyn wyciągowych - MWM Elektro Sp. z o. o.
7. Karty katalogowe - Siemens Flender.
8. Karty katalogowe - Svendborg Brakes APS.

*Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.*