

# Koncepcja zintegrowanego zespołu napędowego

## A new integrated drive system

ZBIGNIEW SZKUDLAREK  
SEBASTIAN JANAS\*

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.500

Przedstawiono innowacyjną konstrukcję napędu, opracowaną w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, w której zintegrowano przekładnię mechaniczną z kołem napędowym. Scharakteryzowano obecnie stosowane rozwiązania oraz innowacyjność proponowanej koncepcji pozwalającej lepiej wykorzystać parę cierń koło–szyna. Omówiono konstrukcję 3D zespołu napędowego oraz wstępne wyniki analizy numerycznej jego korpusu.

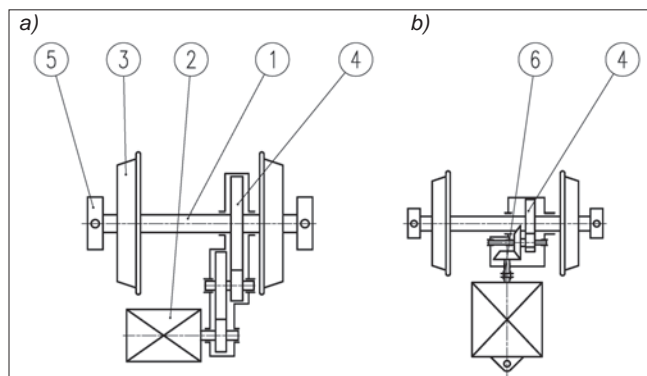
**SŁOWA KLUCZOWE:** lokomotywa szynowa, zespół napędowy, przekładnia mechaniczna, górnictwo

*Presented is an innovative solution of the drive system as developed in KOMAG Institute of Mining Technology, which consists in mechanical transmission gear integrated with the drive wheel. Current solutions are described to expose innovativeness of the new concept, which should provide for more efficient use of the wheel/rail frictional pair. Discussed is the 3D model of the drive system and preliminary results of numerical analysis of its case body are presented.*

**KEYWORDS:** rail locomotive, drive system, mechanical gear, mining industry

Lokomotywy szynowe są przeważnie wyposażone w klasyczne zespoły napędowe (rys. 1). Wspólną ich cechą jest przeniesienie napędu na oba koła jezdne przez wał główny. Taki układ kinematyczny cechuje niekorzystna współpraca koło–szyna, zwłaszcza w trakcie jazdy po łuku. Podczas ruchu koła po wewnętrznym promieniu torowiska występuje poślizg, ponieważ prędkość ruchu postępowego środka geometrycznego koła jest większa od prędkości chwilowej punktu obrotu na średnicy tocznej koła. Występuje również poślizg koła poruszającego się po zewnętrznym łuku torowiska (szyna o większym promieniu łuku), lecz wskutek odwrotnej relacji prędkości.

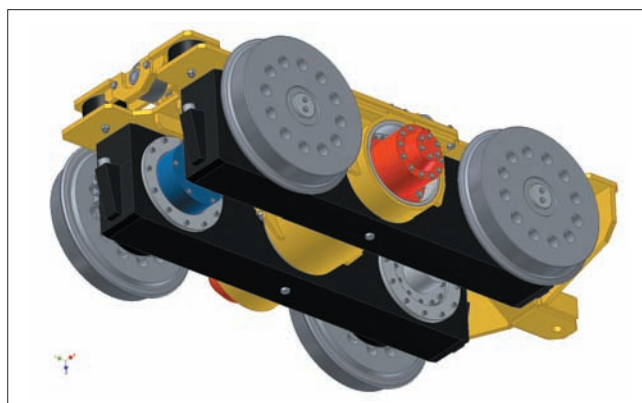
Efektom tych zjawisk jest utrata siły uciążu oraz nadmierne zużywanie się obręczy kół i wewnętrznych krawędzi główek



Rys. 1. Schematy klasycznych zespołów napędowych (źródło: opracowanie własne): a) zespół napędowy z przekładnią walcową; b) zespół napędowy z przekładnią walcowo-kątową; 1 – wał główny, 2 – silnik, 3 – koło jezdne, 4 – przekładnia napędowa, 5 – maźnica, 6 – sprzęgło

\* Dr inż. Zbigniew Szkudlarek (zszkudlarek@komag.eu), mgr inż. Sebastian Janas (sjanas@komag.eu) – Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

szyn w torowisku. Aby wyeliminować lub ograniczyć niekorzystną współpracę koła z szyną, w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG skonstruowano wózek napędowy (rys. 2) dla lokomotywy LDS-80. Dwukołowe zespoły napędowe umieszczono równolegle po obu jego stronach, z możliwością wahliwej pracy względem osi poprzecznej wózka jezdnych. Wahliwość ta jest jednak realizowana tylko w jednej płaszczyźnie, a zespoły napędowe zabudowano na wspólnej sztywnej ramie.



Rys. 2. Wózek napędowy lokomotywy LDS-80 (źródło: opracowanie własne)

Wózek napędowy zapewnia stały kontakt koła z szyną. Połączenie zespołów napędowych sztywną ramą powoduje jednak, że w trakcie jazdy po nierównej nawierzchni torowej lokomotywa może się kiwać na boki, zwłaszcza gdy nierówności toru będą znaczne.

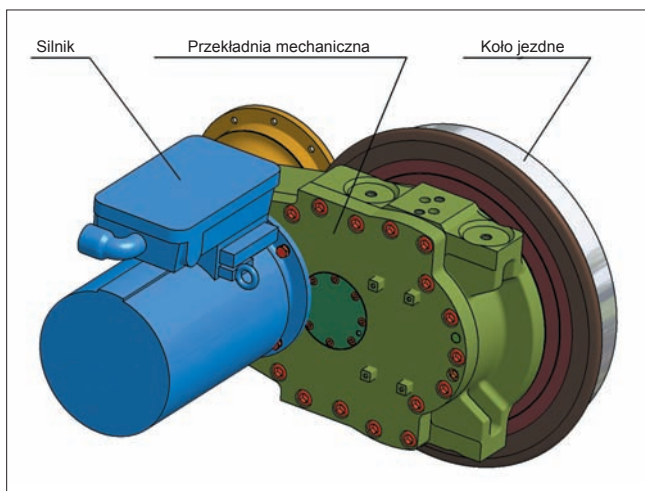
W wyniku prac nad zintegrowanym zespołem napędowym, który może działać niezależnie od drugiego, bliźniaczego zespołu, powstała koncepcja zintegrowanego zespołu napędowego, w którym przekładnia o budowie dwustopniowej została połączona z kołem jezdnych lokomotywy. Dodatkowo koło jezdne wyposażono we wkładki polimerowe, mające ograniczać natężenie hałasu podczas toczenia się oraz tłumić drgania.

### Opis techniczny zintegrowanego zespołu napędowego

Przyjęto następujące założenia wobec opracowywanej konstrukcji:

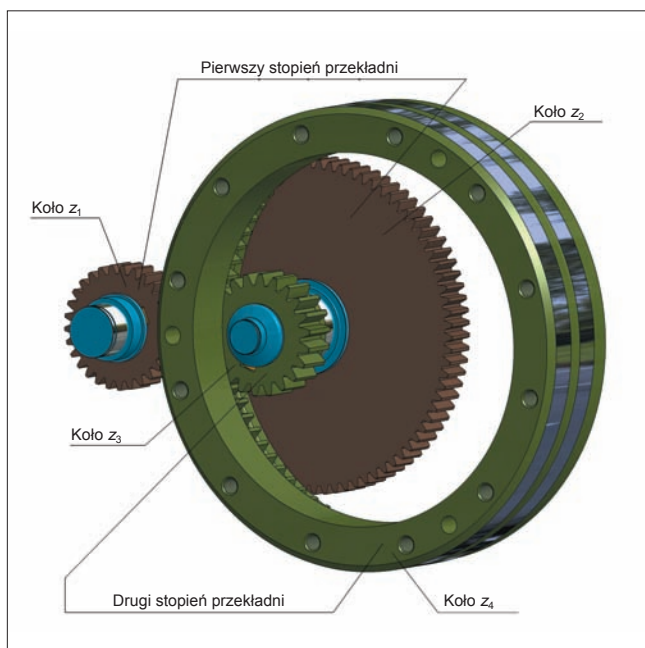
- koła jezdne nie mogą być osadzone na wspólnym wale napędowym ani na jednej osi,
- przekładnia napędowa powinna być zintegrowana z kołem jezdnych,
- zabudowane w ramie nośnej lokomotywy zespoły napędowe powinny być kinematycznie niezależne od siebie,
- zespół napędowy powinien umożliwiać osiąganie podobnych parametrów technicznych lokomotywy jak w obecnie wykorzystywanych rozwiązaniach.

Koncepcję zintegrowanego zespołu napędowego oparto na trzech głównych podzespołach: silniku, przekładni redukującej oraz zespolonych z nią kołach jezdnych (rys. 3).



Rys. 3. Model zintegrowanego zespołu napędowego (źródło: opracowanie własne)

■ **Przekładnia mechaniczna.** Zaprojektowana konstrukcja składa się z dwóch stopni. Pierwszym z nich jest układ kół zębatach  $z_1$  i  $z_2$  (rys. 4) o zazębieniu czołowym. Koło  $z_1$  jest osadzone na wałku umieszczonym w korpusie wraz z dwoma łożyskami tocznymi. Koło  $z_2$  znajduje się na wspólnym wałku z kołem  $z_3$ , które daje początek drugiemu stopniowi przekładni. Oba koła przenoszą moment obrotowy za pomocą wpustów pryzmatycznych. Wałek z kołami  $z_2$  i  $z_3$  jest osadzony w trzech łożyskach tocznych.



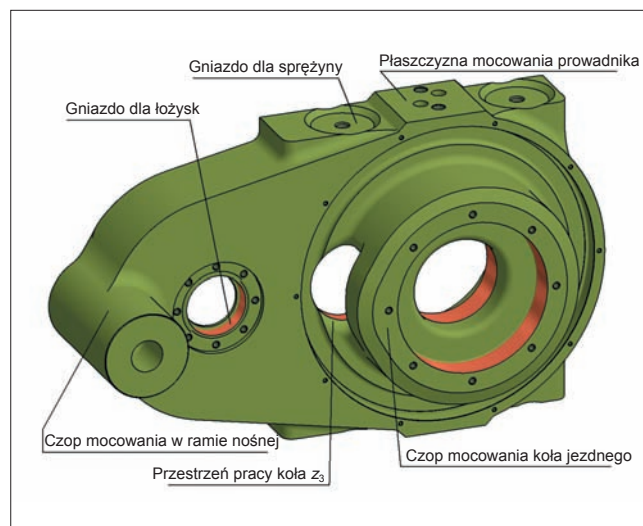
Rys. 4. Model koncepcji przekładni zębatej (źródło: opracowanie własne)

Zastosowanie dwóch łożysk, między którymi umocowane jest koło  $z_2$ , umożliwi kompensację przemieszczania osiowego w trakcie pracy.

Na drugi stopień przekładni składa się układ kół o zazębieniu wewnętrznym. Koło  $z_3$ , osadzone na wałku w korpusie, zazębia się z kołem  $z_4$  dzięki umiejscowieniu go w oknie korpusu przekładni. Koło  $z_4$  tworzy wieniec zębata o uzębieniu wewnętrznym i jest osadzone bezpośrednio w korpusie modułu koła bosego. Przeniesienie momentu z koła zębatego  $z_4$  na koło jezdne jest zrealizowane poprzez kołki oraz siłę tarcia między powierzchniami wienca zębatego i korpusu koła jezdne, wywołaną połączeniami śrubowymi.

Korpus przekładni mechanicznej zaprojektowano w taki sposób, aby pełnił równocześnie funkcję nośną dla całego

układu napędowego. Złożony kształt elementu pozwala na zamocowanie do niego wszystkich podzespołów i części, które uczestniczą w generowaniu i przenoszeniu siły pociągowej z kontaktu ciernego koło–szyna na ramę nośną pojazdu. Aby zapewnić przeniesienie siły pociągowej z zespołu napędowego na ramę nośną maszyny, na końcu korpusu umieszczono czop zamocowany do ramy nośnej. Obok czopa wykonano gniazdo do osadzenia łożyska wałka atakującego (rys. 5).



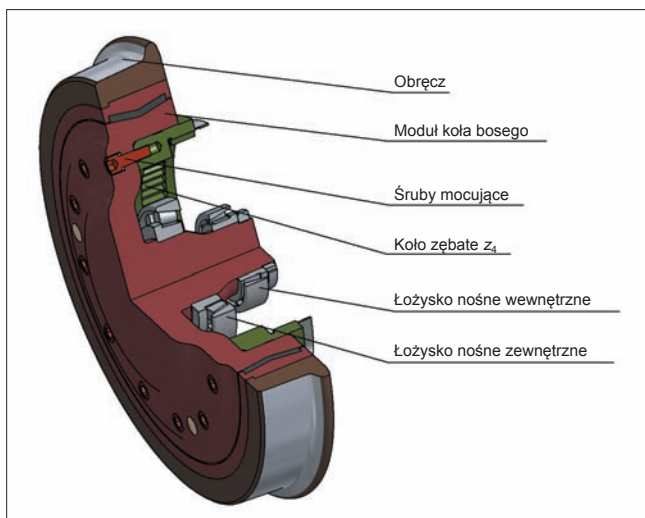
Rys. 5. Model korpusu przekładni mechanicznej (źródło: opracowanie własne)

W korpusie przewidziano przestrzeń do poprawnej współpracy kół  $z_3$  i  $z_4$ . W celu osadzenia koła jezdne wykonano dwa gniazda do zabudowy łożysk nośnych. Ze względu na złożony charakter obciążenia w trakcie pracy, jako toczne elementy nośne zastosowano łożyska stożkowe w układzie „X”. Zaplanowano również możliwość zabudowy w korpusie elementów podatnych – sprężyn amortyzujących pracę zespołu napędowego podczas ruchu. Miejsca te mają postać specjalnych zagłębień z otworami na trzpień sprężyny. Między zagłębieniami znajduje się powierzchnia do zamontowania przewodnika. Współpracuje on z ramą nośną pojazdu. Konstrukcja korpusu jest symetryczna względem płaszczyzny poziomej, co pozwala na zwiększenie możliwości konfiguracji zabudowy zespołu napędowego.

Korpus przekładni mechanicznej pełni również funkcję nośną dla całego zintegrowanego zespołu napędowego, determinuje zatem odmiennosć sposobu obciążenia przekładni. Różnice wobec rozwiązań klasycznych są widoczne w zabudowie korpusu oraz sposobie jego umiejscowienia w ramie nośnej maszyny.

■ **Koło jezdne.** Konstrukcja koła jezdne różni się od rozwiązań stosowanych w typowych napędach pojazdów szynowych (rys. 6). Zasadniczy jej element – koło bose – w proponowanej koncepcji ma postać modułu złożonego z trzech elementów. Zaimplementowano w nim wkładki polimerowe mające dodatkowo tłumić drgania wynikające z nierównomierności współpracy koło–szyna.

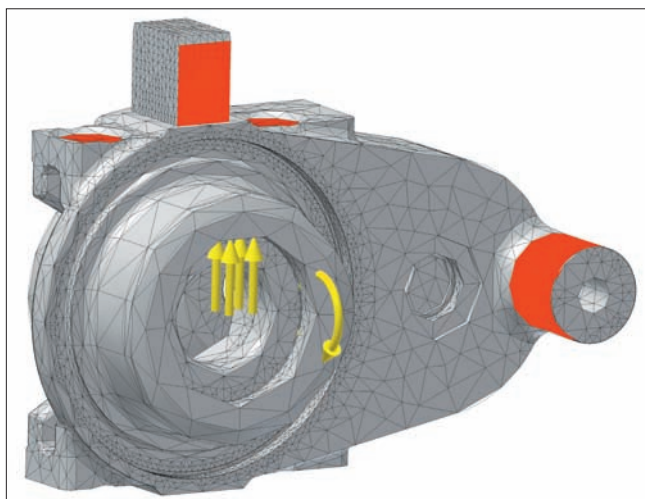
Wewnętrzna część modułu koła bosego, wraz z czopem i gniazdem do osadzenia koła  $z_4$ , jest bazowym elementem koła jezdne. Na czopie wewnętrznej części modułu koła bosego umieszczono dwa łożyska stożkowe w układzie „X”. Ich zadaniem jest przeniesienie na zespół napędowy obciążenia wynikającego z masy lokomotywy. Wewnątrz modułu koła bosego znajduje się koło zębata  $z_4$ , uzębione na wewnętrznej powierzchni cylindrycznej i zamocowane poprzez zespół kołków ustalających i śrub mocujących. Taki układ pozwala przenieść moment obrotowy z przekładni na koło. Na module koła bosego, poprzez połączenie skurczowe, zamontowano obręcz.



Rys. 6. Model modułu koła jezdnego (źródło: opracowanie własne)

### Wstępne badania numeryczne korpusu zespołu napędowego

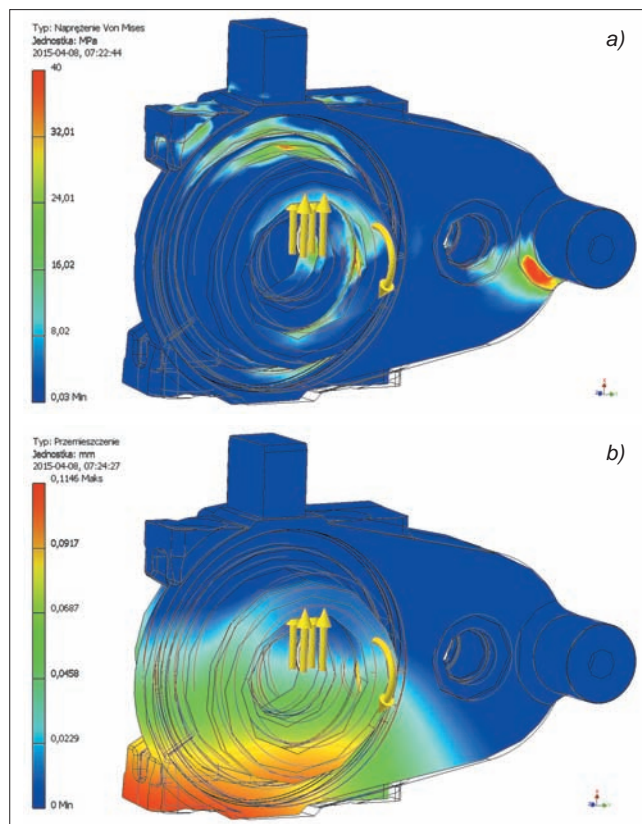
Do analizy numerycznej wykorzystano korpus przekładni wraz z pokrywą oraz prowadnikiem, który współpracuje z ramą nośną maszyny (rys. 7). Analiza sił występujących w trakcie pracy zespołu napędowego pozwoliła wyróżnić dwa rodzaje obciążeń działających na korpus.



Rys. 7. Model korpusu zespołu napędowego przyjętego do analizy numerycznej (źródło: opracowanie własne)

Pierwsze to obciążenie wynikające z masy lokomotywy, w postaci siły przenoszonej przez korpus na łożyska i parę ciernią koło–szyna. Drugim rodzajem obciążenia jest moment zginający, który powstaje podczas jazdy po łuku oraz pokonywania rozjazdów. Moment ten powstaje poprzez kontakt koło–szyna na styku obrzeża koła i wewnętrznej strony główki szyny, a następnie – poprzez łożyska – oddziałuje na korpus przekładni. Miejsca utwierdzenia przyjęto w punktach mocowania (styku) korpusu przekładni z ramą nośną lokomotywy.

Przy tak przyjętych obciążeniach oraz sposobie utwierdzenia maksymalne naprężenia zredukowane nie przekraczały 60 MPa. Naprężenia te są widoczne w górnej części mocowania łożyska nośnego (rys. 8a). Naprężenia skupiające się w dolnej części przejścia czopa (służącego do mocowania w ramie nośnej) w korpusie nie przekraczają 50 MPa (rys. 8a). Analiza odkształceń korpusu w trakcie pracy wykazuje przemieszczenie o wartości 0,1 mm (rys. 8b). Wartości te gwarantują pracę korpusu z założonego gatunku materiału w zakre-



Rys. 8. Mapa naprężeń zredukowanych (a) oraz mapa odkształceń (b) w korpusie zespołu napędowego (źródło: opracowanie własne)

się odkształceń sprężystych. Minimalna określona wartość współczynnika bezpieczeństwa dla korpusu wynosi 3,6.

### Podsumowanie

Koncepcję zintegrowanego zespołu napędowego opracowano z myślą o zastosowaniu w górniczych pojazdach szynowych pracujących na głównych drogach przewozowych. Zaprezentowano nowatorskie podejście do możliwości napędzania szynowych maszyn transportowych. Umożliwiło ono uproszczenie konstrukcji burt ramy nośnej lokomotywy (burty nie mają otwartych wycięć, co korzystnie wpływa na wytrzymałość ramy nośnej).

Indywidualna zabudowa każdego zespołu napędowego pozwala na stały kontakt koło–szyna oraz na osobne sterowanie każdym zespołem. Taka budowa eliminuje niekorzystne zjawisko różnicy prędkości ruchu postępowego środka geometrycznego koła od prędkości chwilowej punktu obrotu na średnicy toczonej koła. Konstrukcja zintegrowanego zespołu napędowego daje większe możliwości konfiguracji, ułatwia rozbudowę układów napędowych, a po modyfikacji modułu tocznego (koła) – zastosowanie go w innych pojazdach albo maszynach, gdzie wymagana jest bezpoślizgowa współpraca koło–szyna (nawierzchnia toczna). Dostosowanie ramy nośnej pozwoli również na zabudowę zespołu napędowego po jej zewnętrznej stronie, poprzez zabudowę innego rodzaju koła. Dzięki temu zespół napędowy można będzie wykorzystać w innych maszynach samobieżnych lub też do napędu urządzeń poprzez ciągną elastyczną.

### LITERATURA

1. Antoniak J., „Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach”. Katowice: Wyd. „Śląsk”, 1990.
2. Drwięga A., „Niekonwencjonalne systemy przeniesienia napędu w szynowych lokomotywach górniczych LDS-80 i LZS-120”. *Logistyka* nr 3 (2015): s. 10–20.
3. Szkudlarek Z., Janas S., Sobolewski A., Hupa B., Czerniak D., „Kompaktowy zespół napędowy dla maszyn transportu szynowego”. Gliwice: Instytut Techniki Górniczej KOMAG, 2015 (niepublikowana).