

Stanowiskowe badania stóp podporowych do posadowienia odrzwi obudowy wyrobisk korytarzowych

Bench tests of support bases for gallery working support frame setting



*Dr inż. Andrzej Pytlik *)*



Dr inż. Krzysztof Paczeński)*

Treść: Podziemne wyrobiska korytarzowe w polskim górnictwie węglowym zabezpieczone są przed skutkami ciśnienia górotworu przede wszystkim stalową obudową odrzwiową. Składa się ona z elementów podporowych zwanych odrzwiami, które rozstawione są w określonych odstępach od siebie oraz z elementów współpracujących z tymi odrzwiami (rozpory, opinka, stopy podporowe). Stalowe odrzwia składają się z trzech lub więcej łukowych lub prostych elementów wykonanych z kształtownika stalowego typu V (PN-H-93441-2; PN-H-93441-3), produkowanego głównie dla potrzeb górnictwa. Wymagania i badania przy odbiorze dla wyrobisk korytarzowych obudowanych odrzwiami z kształtowników korytkowych określone zostały w polskiej normie (PN-G-06011:2013-10). Zgodnie z normą końce łuków ociosowych odrzwi otwartych lub zamkniętych posadawia się na stalowych stopach podporowych, betonitach fundamentowych, podkładkach drewnianych lub bezpośrednio na spągu, na podstawie projektu technicznego drażenia wyrobiska. W zależności od wytrzymałości skał spągowych na ściskanie, powierzchnia stóp podporowych zgodnie z normą powinna wynosić co najmniej: $-0,06 \text{ m}^2$ – przy wytrzymałości na ściskanie skał spągowych do 4 MPa, $-0,04 \text{ m}^2$ – przy wytrzymałości na ściskanie skał spągowych powyżej 4 MPa. W przypadku gdy wytrzymałość na ściskanie skał spągowych przekracza 30 MPa, norma dopuszcza umieszczanie łuków ociosowych bezpośrednio na spągu. Norma nie określa żadnych kryteriów wytrzymałościowych dla stóp podporowych, których praca związana jest z danym typem kształtownika odrzwi oraz nośnością odrzwi, natomiast wymaga, żeby stopy podporowe przylegały do spągu wyrobiska całą powierzchnią. Stopy podporowe mają na celu zwiększenie powierzchni nacisku kształtownika na spodek wyrobiska, dzięki czemu ogranicza się możliwość wciskania się kształtownika w spodek wyrobiska, co z kolei zabezpiecza obudowę przed niezamierzoną i niekontrolowaną podatnością. W krajowym górnictwie stosuje się głównie stopy podporowe wykonane z blachy o grubości do 12 mm i powierzchni kontaktu ze spodkiem wyrobiska – do $0,06 \text{ m}^2$. Stopy podporowe muszą charakteryzować się określoną wytrzymałością na nacisk odrzwi, z którymi współpracują. Nacisk ten wynika z przewidywanej, maksymalnej nośności odrzwi obudowy. W artykule przedstawiono metodykę badania stóp podporowych oraz kryteria oceny uzyskanych wyników. Pokazano również wyniki badań stóp podporowych tłoczonych, które najczęściej stosowane są w polskim górnictwie węgla kamiennego.

Abstract: Underground gallery workings in Polish coal mining are secured from rock mass pressure influence primarily through the use of the steel frame support. It is composed of support elements known as frames which are spaced from each other at specific distances, and other elements interacting with the frames (sprags, lagging, support bases). The steel frames consist of three or more arched or straight elements constructed from V-type steel sections (PN-H-93441-2; PN-H-93441-3), manufactured primarily for the needs of the mining industry. The requirements and commissioning tests for gallery workings supported by frames constructed from channel sections have been specified in a Polish standard (PN-G-06011:2013-10). According to this standard, the ends of closed or open frame sidewall arches must be set on steel support bases, bentonite foundations, wooden bases or directly on the floor, based on technical drill design. Depending on the floor rock compressive strength, the support base surface, according to the standard, should be at least: $-0,06 \text{ m}^2$ – at floor rock compressive strength up to 4 MPa, $-0,04 \text{ m}^2$ – at floor rock compressive strength above 4 MPa. In the event the floor rock compressive strength exceeds 30 MPa, the standard allows setting the sidewall arches directly on the floor. The standard does not specify any strength criteria for support bases, whose operation is related to a given frame section type and frame bearing capacity, but it does require the support bases to adhere to the working floor with their entire surface. The support bases are meant to increase the pressure surface of the section on the bottom which limits the possibility of forcing the section into the bottom, which, in turn, protects the support from unintended and uncontrolled yielding. In Polish mining industry, the most common support bases are made from 12 mm-thick sheet metal and have a contact surface of up to $0,06 \text{ m}^2$ with the bottom. The support bases must be characterised by resistance determined for the pressure of the frame with which they interact. The pressure is a result of the predicted maximum support frame bearing capacity. This paper presents a support base testing methodology as well as criteria of evaluation of the obtained result. It also demonstrates the test results of pressed support bases, which are the most commonly used in Polish hard coal mining industry.

*) Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Słowa kluczowe:

obudowa wyrobisk korytarzowych, odrzwi obudowy LP, stopy podporowe, metodyka badań, badania stanowiskowe

Keywords:

gallery working support, LP support frames, support bases, study methodology, bench tests

1. Wprowadzenie

Podziemne wyrobiska korytarzowe w polskim górnictwie węgla kamiennego zabezpieczone są przed skutkami ciśnienia górotworu przede wszystkim stalową, podatną obudową odrzwiową oraz elementami wzmacniającymi, takimi jak stojaki cierne typu SV (dwa proste odcinki kształtowników typu V połączone na zakładkę za pomocą strzemion). Podatne odrzwia obudowy składają się obecnie z trzech lub więcej łukowych lub prostych elementów wykonanych z kształtownika stalowego typu V (PN-H-93441-2; PN-H-93441-3), połączonych na zakładkę za pomocą strzemion. Odrzwia obudowy rozstawione są w określonych odstępach od siebie za pomocą rozpór, a ich obciążenie przenoszone jest poprzez stopy podporowe na spodek wyrobiska.

Stopy podporowe (Pytlik 2013) mają na celu zwiększenie powierzchni nacisku kształtownika na spodek wyrobiska, dzięki czemu ogranicza się możliwość wciskania się kształtownika w spodek wyrobiska, co z kolei zabezpiecza obudowę przed niezamierzoną i niekontrolowaną podatnością.

W krajowym górnictwie stosuje się głównie stopy podporowe wykonane z blachy o grubości do 12 mm i powierzchni kontaktu ze spodkiem wyrobiska do 600 cm². Dla ograniczenia możliwości przesuwania się kształtownika względem stopy (stabilizacji położenia), wykonuje się w niej przetłoczenia lub przymocowuje się do niej za pomocą spawania dodatkowe elementy. Stopy podporowe powinny charakteryzować się określoną wytrzymałością na nacisk odrzwi lub stojaków, z którymi współpracują. Nacisk ten można określić na podstawie stanowiskowych badań nośności odrzwi obudowy oraz stojaków SV.

Wymagania i badania przy odbiorze dla wyrobisk korytarzowych obudowanych odrzwiami z kształtowników korytkowych określone zostały w polskiej normie (PN-G-06011:2013-10). Zgodnie z normą końce łuków ociosowych odrzwi otwartych lub zamkniętych posadawia się na stalowych stopach podporowych, betonitach fundamentowych, podkładkach drewnianych lub bezpośrednio na spągu, na podstawie projektu technicznego drażenia wyrobiska. W zależności od wytrzymałości skał spągowych na ściskanie, powierzchnia stóp podporowych zgodnie z normą powinna wynosić co najmniej:

- 0,06 m² – przy wytrzymałości na ściskanie skał spągowych do 4 MPa,
- 0,04 m² – przy wytrzymałości na ściskanie skał spągowych powyżej 4 MPa.

W przypadku gdy wytrzymałość na ściskanie skał spągowych przekracza 30 MPa, norma dopuszcza umieszczanie

łuków ociosowych bezpośrednio na spągu. Norma nie określa żadnych kryteriów wytrzymałościowych dla stóp podporowych, których praca związana jest z danym typem kształtownika odrzwi oraz nośnością odrzwi, natomiast wymaga, żeby stopy podporowe przylegały do spągu wyrobiska całą powierzchnią. Norma przedmiotowa (PN-88/G-15000/06) dotycząca stóp podporowych jest już nieaktualna pod względem technicznym, ponieważ przedstawione w niej wymiary geometryczne stóp tłoczonych (SPT) nie są obecnie stosowane, a stopy walcowanych (SPW) w ogóle się nie produkuje. Nie ma w niej również żadnych wymagań co do wytrzymałości na obciążenie pochodzące od nacisku kształtownika odrzwi obudowy lub stojaka ciernego typu SV.

Z uwagi na powyższe braki wymagań wytrzymałościowych i kryteriów oceny, w Głównym Instytucie Górnictwa opracowano w ostatnich latach metodykę badań pt. „Metodyka badania stóp podporowych do posadowienia odrzwi obudowy wyrobisk korytarzowych – MBSP-4”, a na jej podstawie powstaje obecnie projekt normy (PrPN-G-15023:2018), który zawiera podstawowe wymagania i badania dla stóp podporowych.

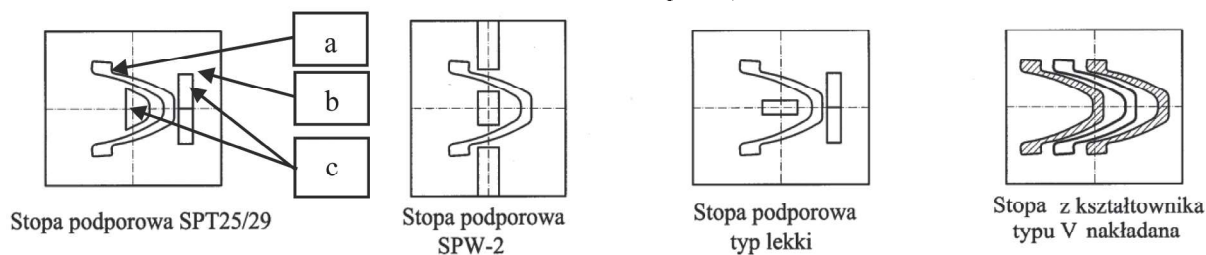
W artykule przedstawiono metodykę badania stóp podporowych oraz kryteria oceny uzyskanych wyników. Pokazano również wyniki badań stóp podporowych tłoczonych, najczęściej stosowanych w polskim górnictwie.

2. Metodyka badania stóp podporowych i kryteria oceny

Metodykę badania stóp podporowych opracowaną w Głównym Instytucie Górnictwa można stosować do oceny, kontroli i porównania wyników badań stóp podporowych. Wyniki badań stóp podporowych, uzyskane według niniejszej metodyki i opracowane w formie sprawozdania, stanowią podstawę w procesie uzyskiwania przez producentów stosownych certyfikatów (np. na znak bezpieczeństwa B). Metodykę można również wykorzystywać do przeprowadzania poznawczych badań stóp podporowych posadowionych na różnym podłożu.

W metodyce opracowanej w Zakładzie Badań Urządzeń Mechanicznych GIG przyjęto następujące określenia:

- stalowa stopa podporowa (rys. 1) – element obudowy górniczej służący do posadowienia ociosowych łuków odrzwi podatnych obudowy chodnikowej, wykonanych z kształtowników korytkowych (rys. 1 poz. a) oraz zapobiegający wciskaniu się łuku ociosowego w spąg wyrobiska,
- element oporowy – element stalowej stopy podporowej spoczywający bezpośrednio na spągu wyrobiska (rys. 1 poz. b),



Rys. 1. Schematy konstrukcyjne przykładowych stóp podporowych (Pytlik2013)

Fig. 1. Example support base structural schemes (Pytlik 2013)

- stabilizatory – elementy stopy podporowej służące do stabilizacji kształtownika obudowy na stopie (rys. 1 poz. c),
- obciążenie próbne P – wymagana minimalna wartość siły przenoszona przez stopę podporową podczas próby obciążania statycznego (poprzez prosty odcinek kształtownika), przy której badana stopa podporowa nie powinna ulec pęknięciu ani nie powinny powstać naderwania materiału, pęknięcia spoin itp.

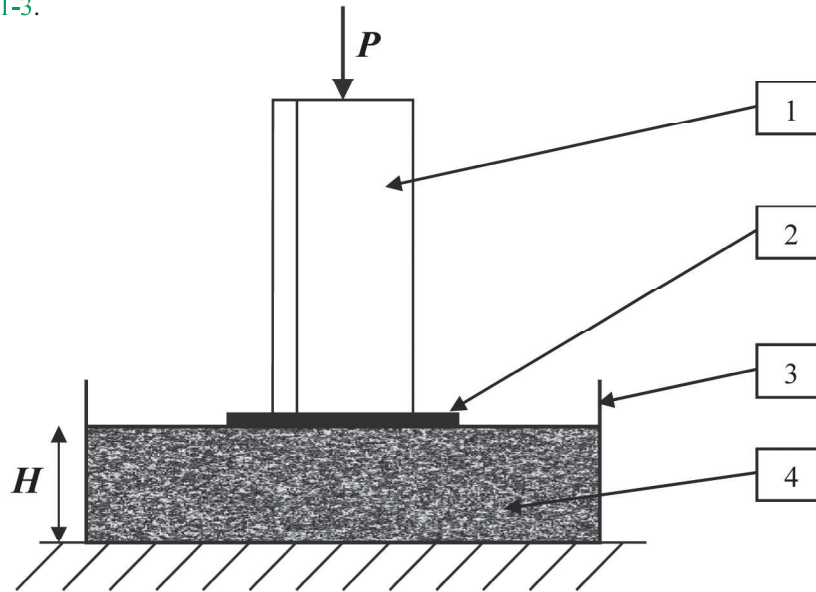
W zależności od zastosowanego kształtownika, według polskich norm PN-H-93441-2 lub PN-H-93441-3 na odrzwia obudowy rozróżnia się następujące typy stóp podporowych:

- lekkie – przeznaczone do kształtowników KO21 (typ kształtownika obecnie bardzo rzadko stosowany) według PN-H-93441-2 lub V21, V25, V29 według PN-H-93441-3,
- ciężkie – przeznaczone do kształtowników V32, V36, V44 według PN-H-93441-3.

Stalowy pojemnik z granitowym kruszywem łamanym o granulacji 4-31,5 mm powinien posiadać takie wymiary, aby warstwa kruszywa miała grubość co najmniej 100 mm, a pole powierzchni warstwy kruszywa, na którym spoczywa stopa podczas badania, równe co najmniej 2-krotnemu polu powierzchni badanej stopy. Konstrukcja pojemnika musi być na tyle wytrzymała, aby nie ulegała odkształceniom podczas obciążania stopy.

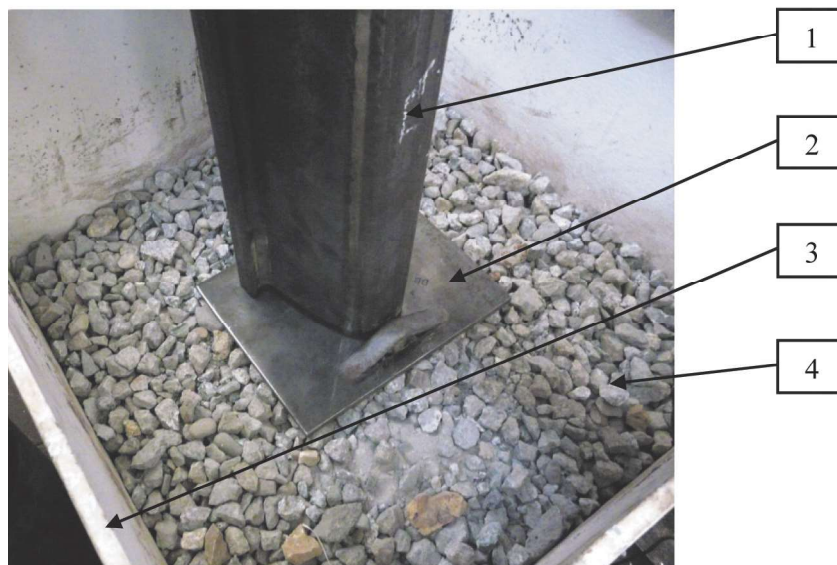
Stopę podporową obciąża się według schematu przedstawionego na rys. 2. Na stopie kładzie się odcinek kształtownika typu KO lub V o wielkości i profilu wynikającym z przeznaczenia badanej stopy i obciąża pionowo przyłożoną siłą P aż do momentu uzyskania obciążania o wartości odpowiadającej obciążeniu próbnemu. Wartość obciążenia próbnego wynosi:

- dla stóp podporowych lekkich – 600 kN,
- dla stóp ciężkich – 900 kN.



Rys. 2. Schemat obciążania stóp podporowych: 1 – prosty odcinek kształtownika o długości ≥ 300 mm, do współpracy z którym przeznaczona jest badana stopa, 2 – badana stopa podporowa o powierzchni F elementu oporowego (stalowej płyty), 3 – zbiornik z kruszywem, 4 – warstwa kruszywa o grubości $H \geq 100$ mm

Fig. 2. Support base load scheme 1 – straight shape section with the length ≥ 300 mm which the tested base is intended to cooperate with, 2 – base with bearer (of the steel plate) area F , 3 – container with aggregate, 4 – aggregate layer with the thickness of $H \geq 100$ mm



Rys. 3. Stalowa stopa podporowa tłoczona podczas próby

Fig. 3. Steel pressed support base during testing

Zdjęcie stanowiska badawczego z przykładową stopą podporową tłoczoną o powierzchni ok. 0,04 m² przedstawiono na rys. 3.

Minimalna liczba stóp tego samego typu i tej samej konstrukcji, przeznaczonych do badań, nie powinna być mniejsza od trzech sztuk.

Badanie wytrzymałości stóp podporowych należy przeprowadzić w maszynie wytrzymałościowej, która powinna umożliwiać sporządzanie wykresu zależności pomiędzy siłą P obciążającą stopę a wartością przemieszczenia będącego sumą deformacji stopy oraz jej wgniecenia w podłoże.

System pomiarowy powinien zapewnić pomiar wartości tej siły i przemieszczenia z dokładnością co najmniej 1%.

Sprawdzenie podstawowych wymiarów stóp podporowych przed i po badaniu wykonuje się za pomocą uniwersalnych przyrządów pomiarowych z dokładnością do 1 mm.

Jako kryterium oceny stóp podporowych przy obciążeniu próbnym P przyjęto wymóg, że badana stopa podporowa nie powinna ulec pęknięciu, nie powinny powstać naderwania i rozwarstwienia materiału oraz pęknięcia spoin.

Do dyskusji pozostają natomiast wartości maksymalnych deformacji stóp podporowych po badaniu. Ten ważny parametr ma związek z głębokością zagłębienia się kształtownika odrzwi lub stojaka w spodku wyrobiska, a jego maksymalna wartość powinna być określona w normie.

3. Wyniki badań wytrzymałościowych

Na rys. 4 przedstawiono przykładowe wykresy obciążania dwóch stalowych stóp podporowych tłoczonych, obciążanych poprzez odcinek kształtownika V32, o powierzchni F elementu oporowego:

- 0,06 m² - wymiary gabarytowe płyty prostokątnej: 200×300×8 mm,
- 0,04 m² - wymiary gabarytowe płyty prostokątnej: 200×200×8 mm.

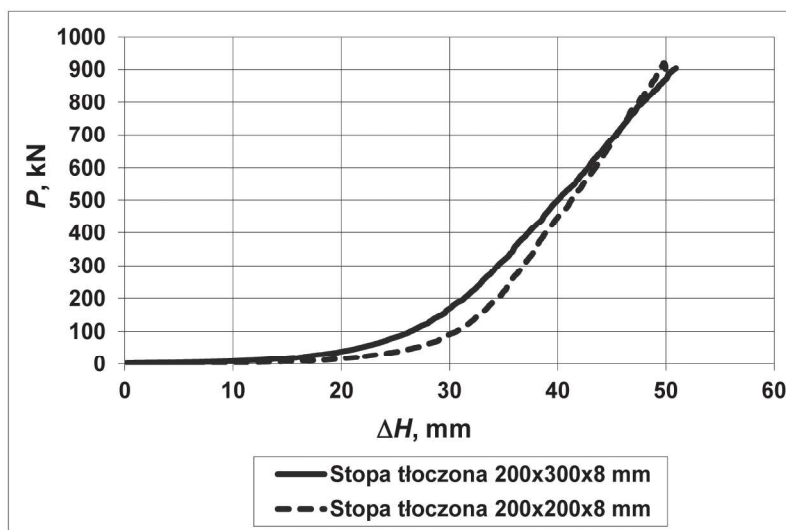
Podczas badań stopy obciążane były do wartości obciążenia próbnego $P=900$ kN.

Na podstawie przebiegów przedstawionych na rys. 4 można stwierdzić, że sztywność k układu: stopa podporowa-podłoże z kruszywa granitowego, wyrażona wzorem:

$$k = \frac{P}{\Delta H}, \text{ kN/mm}$$

dla obciążenia próbnego $P=900$ kN jest dla obydwu stóp podporowych bardzo zbliżona i wynosi $k=18$ kN/mm.

Maksymalne ugięcie u (rys. 5) stalowej płyty oporowej stwierdzono po badaniu w jej narożach i wyniosło ono: ok. 25 mm dla stóp o wymiarach 200×300×8 mm oraz 12 mm dla stóp o wymiarach 200×200×8 mm.



Rys. 4. Przebiegi obciążania stóp podporowych do wartości $P = 900$ kN
Fig. 4. Support base loading courses to a value of $P = 900$ kN



Rys. 5. Typowa deformacja stopy po badaniu
Fig. 5. Typical post-test support base deformation

Oględziny zewnętrzne po badaniach obydwu stóp podporowych nie wykazały żadnych pęknięć, naderwań ani rozwarstwień materiału.

4. Podsumowanie

Opracowana metodyka, będąca podstawą projektu normy (PrPN-G-15023:2018) wymaga jeszcze dopracowania w wyniku konsultacji z przedstawicielami kopalń, producentami i jednostkami naukowo-badawczymi.

Na podstawie wyników badań stóp podporowych tłoczonych o wymiarach elementu oporowego $200 \times 300 \times 8$ mm i $200 \times 200 \times 8$ mm, można stwierdzić, że spełniły one wymagania określone dla stóp ciężkich – tj. przy obciążeniu próbnym $P=900$ kN nie stwierdzono żadnych pęknięć, naderwań ani rozwarstwień materiału.

Należy jednak zastanowić się nad deformacjami obydwu stóp. Większe deformacje naroży stopy o powierzchni $F=0,06$ m² wynikają głównie z tego, że są one bardzo oddalone od kształtownika obciążającego stopę podporową. Badania wykazują, że sztywność k układu: stopa podporowa - podłoże z kruszywa granitowego, dla obydwu stóp jest porównywalna (wykres na rys. 4) i wynosi $k=18$ kN/mm. Powstaje zatem pytanie – po co stosować stalowe stopy tłoczone o powierzchni $F=0,06$ m² (200×300 mm) i grubości 8 mm, skoro nie zmniejszają one, w stosunku do stóp o powierzchni $F=0,04$ m² (200×200 mm) i grubości 8 mm, głębokości zagłębienia się obudowy w spodku wyrobiska?

W najbliższym czasie w Zakładzie Badań Urządzeń Mechanicznych GIG przeprowadzone zostaną badania stóp

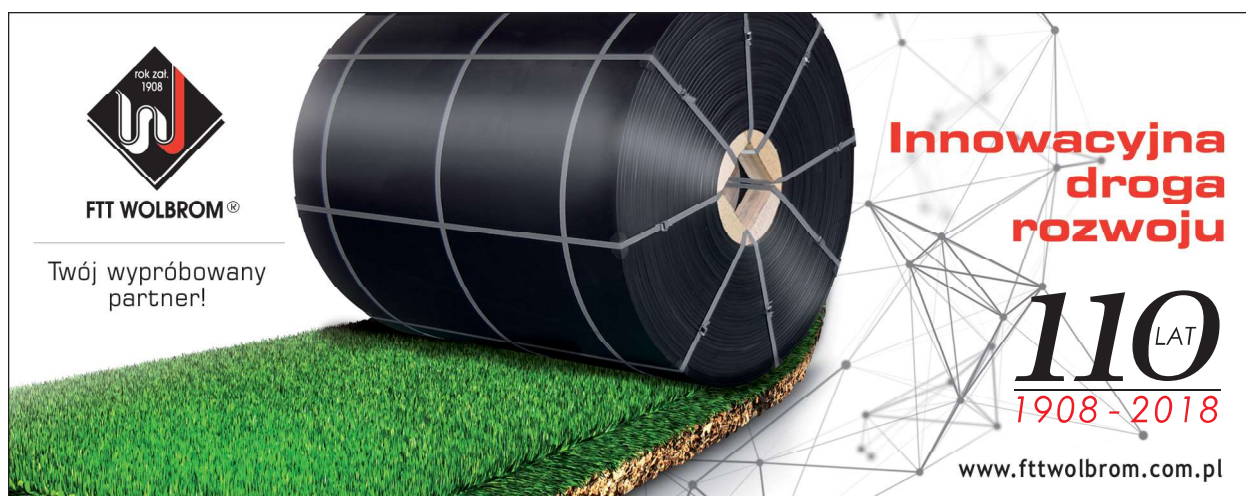
podporowych mające na celu opracowanie projektu normy. Liczymy również na doświadczenia górników ze stosowania stóp podporowych w różnych warunkach *in situ* i włączenie się do procesu normalizacji stóp podporowych poprzez konsultacje z Głównym Instytutem Górnictwa.

Literatura

- PN-G-06011:2013-10- Wyrobiska korytarzowe poziome i pochyle w zakładach górniczych - Wyrobiska obudowane odrzwiami z kształtowników korytkowych - Wymagania i badania przy odbiorze.
- PN-88/G-15000/06 – Obudowa chodników odrzwiami podatnymi z kształtowników korytkowych – Elementy pomocnicze – Stopa podporowa.
- PN-H-93441-2 - Kształtowniki stalowe walcowane na gorąco dla górnictwa – Kształtowniki korytkowe stropnicowe KS21 i kształtowniki korytkowe ociosowe KO21 – Wymiary.
- PN-H-93441-3 - Kształtowniki stalowe walcowane na gorąco dla górnictwa – Część 3: Kształtowniki typu V – Wymiary.
- PrPN-G-15023:2018 - Obudowa wyrobisk górniczych - Stopy podporowe - Podstawowe wymagania i badania.
- PYTLIK A. 2013 - Obudowa górnicza i jej akcesoria – wymogi bezpiecznego stosowania. Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego. Praca zbiorowa pod redakcją Władysława Konopko. Tom 1 – Górnictwo i Środowisko. Rozdział 4 Główny Instytut Górnictwa. Katowice, s. 111÷133.

Artykuł wpłynął do redakcji – luty 2018

Artykuł akceptowano do druku 11.05.2018



FTT WOLBROM®

Twój wypróbowany partner!

**Innowacyjna
droga
rozwoju**

110 LAT
1908-2018

www.fttwolbrom.com.pl