



ANDRZEJ NIEMIERKO

Instytut Badawczy Dróg  
i Mostów  
aniemierko@ibdim.edu.pl

## Historia współczesnych łożysk mostowych. Łożyska elastomerowe i elastomerowo-ślizgowe

Łożyska są ważnym ogniwem konstrukcji mostowej. Z tego względu ich dobór oraz trwałość i niezawodność decydują o warunkach utrzymania i eksploatacji obiektów mostowych.

Począwszy od lat 50. i 60. ubiegłego wieku zaczęto stosować w budownictwie mostowym nowatorskie rozwiązania łożysk [1, 3-5, 8, 24-26]. Stosowane wcześniej łożyska tradycyjne takie jak wałkowe, wahaczowe czy przeguby betonowe zaczęły być coraz rzadziej spotykane. Przy modernizacji, przebudowie i remontach starych obiektów mostowych, łożyska tradycyjne wymieniane są na współczesne. Współczesne łożyska działają na zasadzie odkształcalności (dotyczy to głównie łożysk elastomerowych), natomiast łożyska tradycyjne działają na zasadzie pokonywania oporów tarcia posuwistego i potoczystego.

Poza tradycyjnymi gatunkami stali zwykłej i podwyższonej wytrzymałości oraz staliwa, we współczesnych łożyskach spotykamy materiały, których dawniej w mostownictwie nie stosowano. Zaliczamy do nich: stal nierdzewną (austenityczną), smar silikonowy, policzterofluoroetylen (PTFE) – bardziej znany pod nazwą teflonu, materiały kompozytowe, a także wszelkiego rodzaju elastomery jak kauczuki syntetyczne i naturalne oraz poliuretany.

Współczesne łożyska mostowe są urządzeniami mechanicznymi, a nie elementami budowlanymi – za jakie można było uważać stosowane kiedyś powszechnie łożyska wałkowe, wahacze, przeguby żelbetowe czy płaskie łożyska stalowe liniowo- i punktowo-styczne. Wymagania wobec współcześnie stosowanych łożysk, będących urządzeniami mechanicznymi, są zatem większe i innego rodzaju niż w przypadku łożysk tradycyjnych. I mimo że dzięki swej koncepcji projektowej, wyrażającej się brakiem koncentracji naprężeń, przekazywaniem docisków na dużych powierzchniach, uszkodzenia lub wady tych łożysk rzadko prowadzą do katastrof konstrukcji mostowych, to jednak mogą powodować szybsze zużycie ich elementów, pogorszenie warunków podparcia przęseł mostowych, a w skrajnym przypadku nawet blokadę przemieszczeń i obrotów [22].

Zmieniły się także wymagania dotyczące projektowania, wykonywania oraz wbudowywania łożysk mostowych. Obecnie podstawowym dokumentem regulującym zasady związane z jakością wykonania i niezawodnością pracy współczesnych łożysk mostowych jest norma PN-EN 1337 „Łożyska konstrukcyjne” [28, 29].

Współcześnie stosowane łożyska mostowe, pod względem konstrukcyjnym dzielą się na:

- elastomerowe,
- elastomerowo-ślizgowe,
- garnkowe,
- soczewkowe.

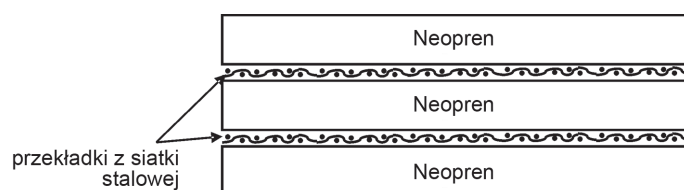
W niniejszym artykule zostanie przedstawiona historia łożysk elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych.

### Łożyska elastomerowe

#### Łożyska elastomerowe za granicą

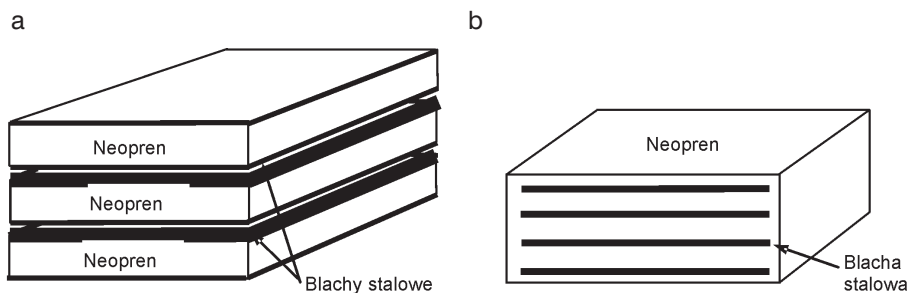
Łożyska elastomerowe (*Elastomerlager, elastomeric bearings, appareils d'appui en élastomère fretté*) nazywano wcześniej łożyskami gumowymi (*Gummilager, rubber bearings*).

Współczesna historia łożysk elastomerowych zaczęła się w 1932 r. od mostu kolejowego we Francji. W celu zmniejszenia wpływu oddziaływań dynamicznych w tym moście, po raz pierwszy w Europie zastosowano oparcie przęśla na cienkich płytach kauczukowych [4]. Łożyska gumowe o większej wysokości, umożliwiającej przemieszczenia poziome dzięki odkształceniu postaciowemu gumy, zastosowano jednak dopiero w 1945 r. w wiadukcie *Le Bourget* pod Paryżem [4]. Wprowadzenie zbrojenia do łożysk gumowych zawdzięczamy Eugène Freyssinetowi (1879-1962), francuskiemu inżynierowi, twórcy pierwszych przęseł mostowych z betonu sprężonego [1]. Łożyska Freyssineta były to po prostu warstwy kauczuku przekładane warstwami plecionej siatki stalowej (rys. 1).



Rys. 1. Oryginalne rozwiązanie Freyssineta łożyska gumowego zbrojonego luźnymi siatkami stalowymi z początku lat 50. [26]

W 1954 r. Freyssinet opatentował takie łożyska wykonane z neoprenu zbrojonego, przez analogię do betonu, siatkami stalowymi zwulkanizowanymi z neoprenem. Tytuł tego francuskiego patentu Nr 1 100 285 z 25 maja 1954 r. brzmiał: „Dispositif de liaison élastique à un ou plusieurs degrés de liberté”. W latach 1945-1958 we Francji i w należących wówczas do Francji krajach północnej Afryki (Algieria, Tunezja) łożyska te zastosowano w około 30 obiektach mostowych. Od 1956 r. produkowane były przez założoną przez Freyssineta firmę: STUP – *Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte*. Pierwsze łożyska tej firmy zastosowano we francuskim moście rozpiętości 20 m nad kanałem w Beautor (Pikardia). Składały się one z kilku płyt neoprenowych ułożonych jedna nad drugą. Płyty 5 mm grubości były zbrojone



Rys. 2. Pierwsze łożyska zbrojone blachami stalowymi [26]: a – rozwiązanie francuskie, b – rozwiązanie niemieckie

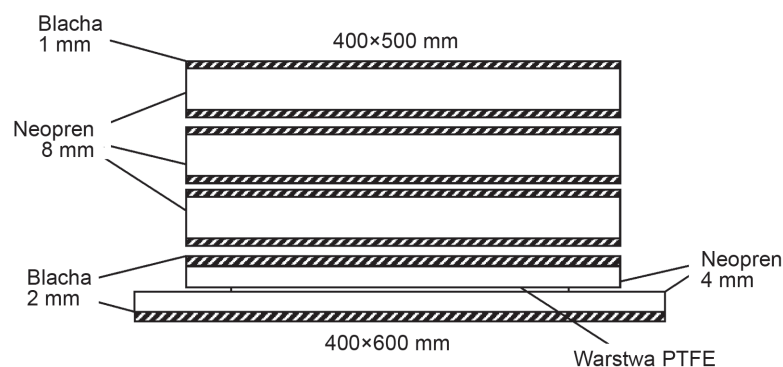
siatkami stalowymi zwulkanizowanymi z neoprenem. Pojedyncze płyty traktowano jako przegubowe nieprzesuwne, zaś stosy złożone z 4 płyt, jako łożyska przegubowo przesuwne. Rozwiązanie z siatkami zbrojenia nie sprawdziło się w praktyce, gdyż siatki były często przyczyną niszczenia neoprenu podczas odkształceń łożyska.

Pierwsze łożyska elastomerowe w Republice Federalnej Niemiec z 1957 r. były łożyskami wzorowanymi na pomysły Freyssineta – były zbrojone siatkami z drutu średnicy 1,5 mm. Dopiero po przeprowadzeniu w Düsseldorfie badań doświadczalnych łożysk zbrojonych siatkami i blachami, zdecydowano o tym ostatnim rozwiązaniu (rys. 2).

W ten sposób od końca lat 50. w Niemczech rozpowszechniło się zbrojenie elastomeru blachami stalowymi [1]. Początkowo blachy zbrojenia wystawały na zewnątrz bloku elastomerowego, co powodowało ich przyspieszoną korozję. Produkowała je firma Vorspanntechnik z Ratingen [3]. Pierwsze seryjnie produkowane łożyska miały wymiary w planie nie większe od 200 × 400 mm. Do 1960 r. zastosowano je w kilkudziesięciu obiektach mostowych.

Także i we Francji zmieniono sposób zbrojenia bloków elastomeru stosując 2 blachy stalowe grubości 1 mm zwulkanizowane z pojedynczą płytą elastomeru grubości 8 mm. Płyty te nie były jednak ze sobą łączone a jedynie układane jedna nad drugą w zależności od wymaganego przemieszczenia na łożysku. Takie rozwiązanie zastosowano w wiaduktach dojazdowych do lotniska Orly pod Paryżem w 1960 r. (rys. 3).

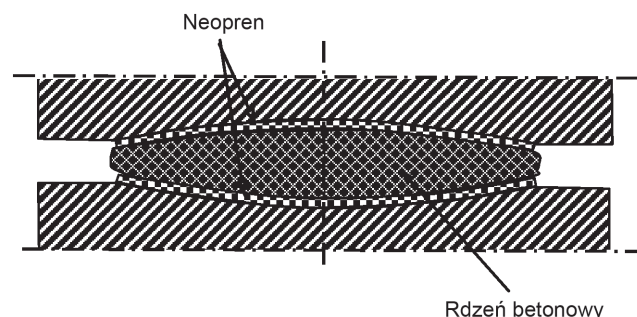
Jednakże łożyska nieprzesuwne miały zupełnie inną postać, przedstawioną na rys. 4. Tworzyły je soczewkowe rdzenie z betonu zbrojonego umieszczone między cienkimi warstwami neoprenu zbrojonego siatkami stalowymi. Ten rodzaj



Rys. 3. Przekrój poprzeczny łożyska przesuwnego w wiaduktach dojazdowych na lotnisku Orly pod Paryżem w 1960 r. [4]

łożysk zastosowano także w 1959 r. w wiaduktach dojazdowych do słynnego mostu wiszącego Tancarville przy ujściu Sekwany.

Blachy zewnętrzne łożysk francuskich były zabezpieczane powłoką antykorozyjną. Po doświadczeniach niemieckich [26] zaczęto blachy wulkanizować w całości z elastomerem. Z takich zwulkanizowanych płyt można było wycinać płyty o dowolnych rozmiarach i kształtach. Nastąpiło to jednak dopiero w latach 70. Takie łożyska stosowano też w NRD [8] oraz ZSRS, a także w innych krajach europejskich. Szeroki przegląd wymagań wobec łożysk elastomerowych w tamtych czasach przedstawiono w [25].



Rys. 4. Przekrój poprzeczny łożyska nieprzesuwnego w wiaduktach dojazdowych na lotnisku Orly pod Paryżem

W Stanach Zjednoczonych pierwsze łożyska neoprenowe zbrojone blachami stalowymi pojawiły się w 1957 r. [6]. Było to tym bardziej proste, że firma *Du Pont de Nemours* od 1931 r. posiadała patent na ten rodzaj kauczuku syntetycznego. Wcześniej, bo w 1936 r., do mieszanki kauczuku butadienowego z antyoksydantami i inhibitorami pleśni jako zbrojenie wprowadzono kilka warstw napiętej tkaniny bawełniano-poliestrowej (50/50). Nazwano je *Fabreeka pads* (fot. 1) [10].

Stosowane są one do tej pory w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie według specyfikacji AASHTO. Wymagało to jednak dopuszczenia dwukrotnie mniejszych nacisków (0,7 MPa) w stosunku do tych stosowanych w przypadku łożysk zbrojonych blachami. Badania wykazały, że wytrzymałość przy ścisaniu bloków zbrojonych włóknami była nawet dziesięciokrotnie większa (7 MPa). łożyska wykonywano o wysokości nie przekraczającej 1 cala. W przypadku wymaganych większych wysokości, poszczególne bloki klejono ze sobą. Obecnie szerzej stosowane są tam łożyska zbrojone blachami stalowymi, ale o wysokości znacznie większej niż w przypadku łożysk europejskich.

Inną cechą charakteryzującą łożyska elastomerowe na kontynencie amerykańskim jest stosowanie niezbrojonego poliuretanu, umieszczonego między dwiema płytami stalowymi znacznej grubości [10]. Tego rodzaju łożyska (tzw. *disc bearings*), o nazwie handlowej *Wabo-Fyfe* i opatentowane przez firmę kanadyjską, zastosowano po raz pierwszy w 1972 r. Poliuretan jest materiałem o znacznie większej od-

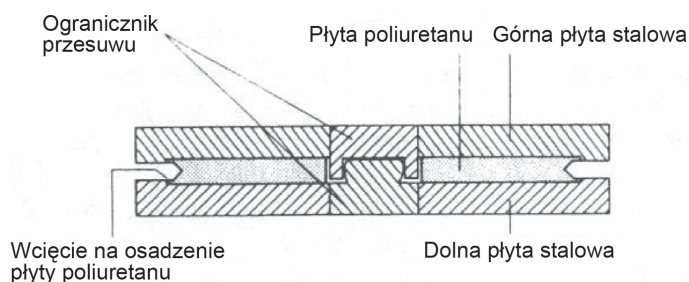




Fot. 1. Fragment łożyska elastomerowego zbrojonego włóknami bawełniano-poliestrowymi (ze zbioru autora)

porności na oleje, rozpuszczalniki, utlenianie, ozon, wilgoć i wodę morską niż neopren.

Przedstawione na rys. 5 rozwiązanie pełni funkcję łożyska nieprzesuwne. W łożyskach przesuwnych na górnej płycie dodano element ślizgowy. Łożyska z niezbrojonymi płytami poliuretanowymi pełnią podobną funkcję jak łożyska garnkowe, ale są znacznie prostsze w wykonaniu. Dopuszczalny docisk do poliuretanu przyjęto na poziomie 35 MPa, a odkształcenie trwałe pod długotrwałym dociskiem nie przekracza 7%. W Europie nie są spotykane i nie ujmuje ich norma PN-EN 1337.

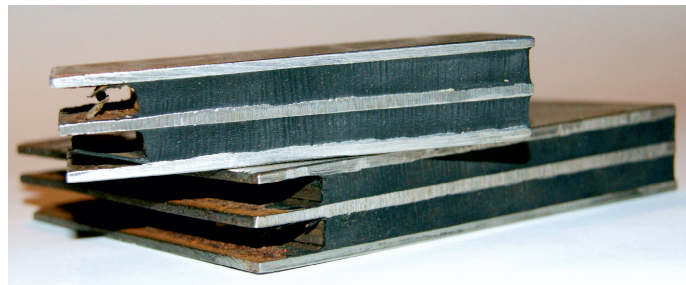


Rys. 5. Nieprzesuwne łożysko poliuretanowe Wabo-Fyfe, [10]

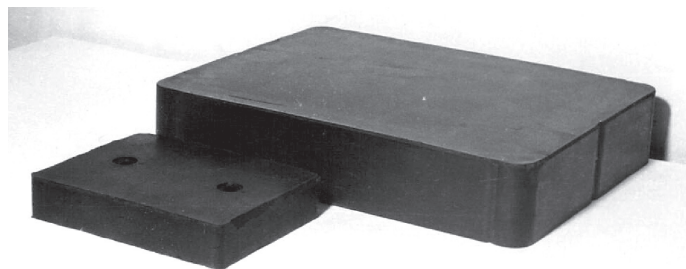
## Łożyska elastomerowe w Polsce

W Polsce pierwsze łożyska elastomerowe zbrojone blachami stalowymi o wymiarach w planie 200 × 300 mm i nośności 0,6 MN zastosowano w 1963 r. w moście przez rzekę Długą w Zielonce k. Warszawy [5, 21, 27]. Składały się z 3 blach grubości 2 mm zwulkanizowanych z 2 warstwami neoprenu grubości po 8 mm (fot. 2). Inicjatorem podjętych rok wcześniej prac badawczych i wdrożeniowych był profesor Zbigniew Wasiutyński (1902–1974), kierownik Katedry Mostów Politechniki Warszawskiej. Łożyska te przez prawie 30 lat spełniały swe zadanie [21], a w 1992 r. wymieniono je na łożyska o tych samych wymiarach, ale z blachami otulonymi całkowicie elastomerem.

W latach 70. uruchomiono na niewielką skalę produkcję łożysk elastomerowych 0,3 MN w Zakładach Przemysłu Gumowego „Stomil” w Piastowie [5], a w 1977 r. dzięki podjętym w IBDiM pracom [11, 12] we współpracy z Instytutem Przemysłu Gumowego w Piastowie zastosowano po raz pierwszy łożyska elastomerowe większej nośności 1,2 MN (fot. 3) –



Fot. 2. Wycinki z pierwszych w Polsce łożysk elastomerowych usuniętych po 30 latach eksploatacji w 1992 r. (ze zbioru autora)



Fot. 3. Pierwsze polskie łożysko elastomerowe większej nośności 1,2 MN (300 × 400 × 71 mm) oraz łożysko 0,3 MN (150 × 200 × 38 mm), produkowane w 1970 r. (ze zbioru autora)



Fot. 4. Pierwsze polskie łożyska elastomerowe nośności 1,2 MN wbudowane zamiennie zamiast łożysk wałkowych w moście na CMK [14]

w dwóch mostach w ciągu Centralnej Magistrali Kolejowej [14] (fot. 4).

Seryjną produkcję łożysk elastomerowych różnych nośności uruchomiono w Polsce dopiero w połowie lat 80. [17] (w Zakładach Gumowych Górnictwa w Bytomiu na podstawie umowy wdrożeniowej zawartej między IBDiM a PRInż. Katowice). Zastosowano je także po raz pierwszy w kraju w obiekcie betonowanym na miejscu [16]. Po pierwszych doświadczeniach z łożyskami elastomerowymi (fot. 5) podjęto starania o przygotowanie odpowiednich zaleceń, wytycznych i normy regulującej zasady stosowania nowoczesnych rozwiązań to-

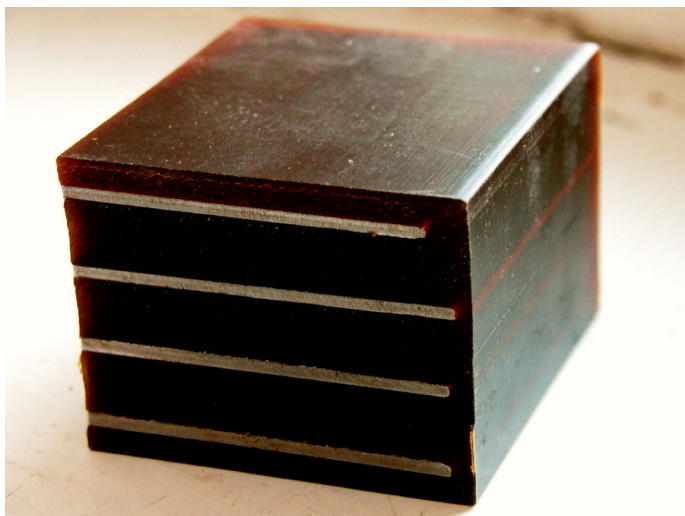


żyskowych w Polsce [30-32]. Obecnie łożyska elastomerowe są częściowo wykonywane w kraju, ale w większości sprowadzane z zagranicy. Wszystkie powinny mieć certyfikat zgodności z wymaganiami PN-EN 1337-3 [29].



Fot. 5. Przekrój bloku łożyska elastomerowego zbrojonego trzema blachami (ze zbioru autora)

W latach 70. w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN podjęto próby z płytami poliuretanowymi niezbrojonymi. Próby te kontynuowano w latach 80. w IBDiM w kooperacji z Instytutem Przemysłu Gumowego w Piastowie [15, 18, 20]. Podjęto po raz pierwszy w świecie badania nad zastosowaniem łożysk poliuretanowych zbrojonych blachami stalowymi (fot. 6).



Fot. 6. Wycinek łożyska poliuretanowego zbrojonego blachami stalowymi (ze zbioru autora)

Okazało się, że łożyska tego rodzaju są znacznie prostsze w wykonaniu, nie wymagają ani wulkanizacji i skomplikowanych form, ani ciśnienia i wysokiej temperatury. Jedynym problemem było dokładne odpowietrzenie mieszaniny dwóch składników, z których powstawał poliuretan. Przeprowadzone badania odkształceniowe i wytrzymałościowe wykazały, że w łożyskach tego rodzaju można było dopuścić dwukrotnie większe dociski. Wyniki tych badań przedstawiono na Czwartym Światowym Kongresie Łożyskowym w Sacramento [20]. Poliuretan ma tę wyższość nad neoprenem, że jest znacznie

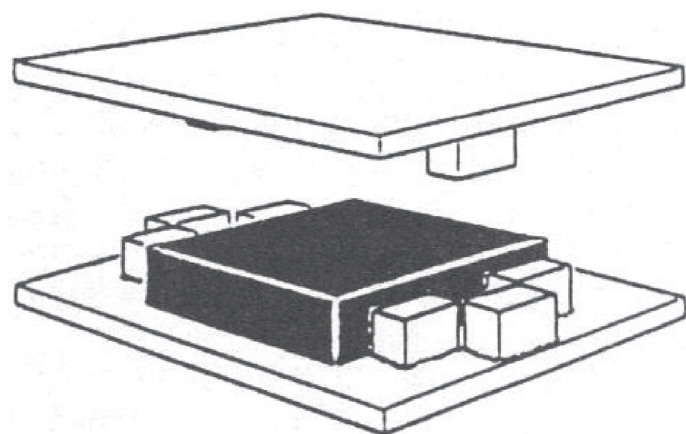
bardziej odporny na starzenie materiałowe i agresywne czynniki zewnętrzne. Jest jednak droższy i to ogranicza na razie jego zastosowanie.

Współczesne łożyska elastomerowe (fot. 7) charakteryzują się dużą nośnością (ich rozmiary dochodzą do 1200 × 1200 mm w planie i wysokości 360 mm) oraz urozmaiconą budową [3, 25].



Fot. 7. Łożysko elastomerowe dużej nośności (ponad 10 MN) po wbudowaniu (ze zbioru autora)

Mogą być kotwione do konstrukcji dzięki zastosowanym zewnętrznym płytom stalowym zwulkanizowanym z blokiem elastomerowym. Mogą być także stosowane jako łożyska nieprzesuwne (rys. 6) lub jednokierunkowo przesuwne (fot. 8), dzięki umieszczeniu bloku elastomerowego między płytami dociskowymi wyposażonymi w odpowiednie blokady przemieszczeń. Stosowane też są jako amortyzatory drgań.

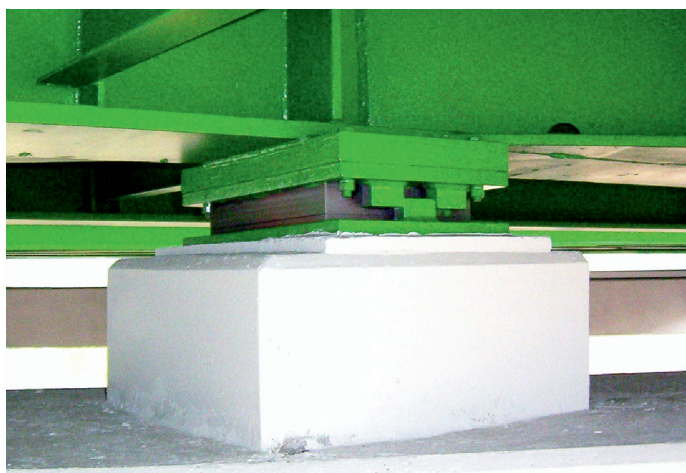


Rys. 6. Sposób uniemożliwienia przemieszczeń łożyska elastomerowego (łożysko przegubowe nieprzesuwne) [3]

Jako innowacyjne rozwiązania stosowane są, na razie tytułem eksperymentu, łożyska elastomerowe z czujnikami światłowodowymi pozwalającymi na rejestrację zmian obciążenia i naprężeń ściskających.

Wykonywane są na ogół z kauczuków syntetycznych (chloroprenowych, butadienowych, poliuretanu) lub naturalnych.

Najbardziej popularny wśród kauczuków syntetycznych jest neopren, opatentowany w 1931 r. przez zakłady Du Pont de Nemours.



Fot. 8. Łożysko elastomerowe z blokadą przemieszczeń w jednym z kierunków (fot. Marian Skawiński)

### Trwałość łożysk elastomerowych

Łożyska elastomerowe stosowano początkowo w postaci niezbrojonych płaskich płyt z kauczuku naturalnego (NR). Zastosowanie tego rodzaju łożysk miało miejsce m.in. na podporach wiaduktu w Australii już w 1887 r. [9, 10]. W 1981 r. i jak podano w [10] płyty te były nadal w użyciu. Badania niewielkich próbek pobranych z tych łożysk, które przeprowadził Nakauchi z zespołem [9] w 1992 r., a więc po 105-letniej ich eksploatacji wykazały, że degradacja gumy była jedynie powierzchniowa i nie sięgała głębiej niż na 1 mm. Starzenie NR ograniczone było jedynie do powierzchni zewnętrznej, gdyż dostęp tlenu do głębszych warstw ograniczała utleniona warstwa zewnętrzna.

W pracy [6], opublikowanej w 1990 r., przedstawiono graficznie wyniki badań na rozciąganie próbek neoprenu przechowywanych w komorze o stałych parametrach otoczenia przez okres 50 lat. Próbki okresowo badano, określając ich wydłużenie przy zerwaniu. Okazało się, że po 50 latach wartość tego wydłużenia stanowiła 70% wydłużenia początkowego. Na podstawie przebiegu krzywej zmienności, przewidywane jest, że nawet po 100 latach wydłużenie przy zerwaniu neoprenu będzie jeszcze stanowić 50% wydłużenia początkowego. W wielu krajach np. we Francji (LCPC) [7], w Wielkiej Brytanii (TRRL) [23], Niemczech (BAST) [3] a także w Polsce (IBDiM) [21], prowadzone obserwacje i badania łożysk elastomerowych po kilkudziesięcioletniej eksploatacji wykazały niewielkie zmiany ich początkowych cech odkształceniowych.

Najszerszą ocenę eksploatowanych łożysk elastomerowych przeprowadzono ostatnio w Isfahanie, trzecim co do wielkości mieście irańskim [2]. W ciągu 10 tygodni dokonano przeglądu 1128 łożysk w 28 dużych obiektach mostowych, głównie betonowych i zespolonych. Najstarsze łożyska były w eksploatacji od ponad 40 lat. Mimo zmian w technologii otrzymywania elastomeru, które zaszły w ciągu tego czasu, nie jakość materiału, lecz błędy w ustawianiu i wbudowywaniu

łożysk oraz brak właściwego utrzymania ich otoczenia były podstawową przyczyną ich defektów. Przyczyny te stanowiły około 75% wszystkich odnotowanych niedoskonałości łożysk elastomerowych. Twardość elastomeru w łożyskach usuniętych, eksploatowanych od ponad 40 lat, wynosiła średnio 75 °Shore'a A, a w łożyskach w wieku od 25 do 30 lat – 61 °Shore'a A.

### Łożyska elastomerowo-ślizgowe

#### Łożyska elastomerowo-ślizgowe za granicą

Łożyska elastomerowo-ślizgowe (*Elastomer-Gleitlager, elastomer sliding bearings, appareils d'appui glissants en élastomère fretté*) mają budowę taką jak łożyska elastomerowe, z tym że ich górna powierzchnia pokryta jest arkuszem PTFE (fot. 9), ewentualnie arkusz ten jest osadzony w blasze stalowej zwulkanizowanej z blokiem elastomerowym. W celu umożliwienia poślizgu po powierzchni arkusza PTFE, łożysko to powinno być wyposażone w górną płytę ślizgową pokrytą od spodu arkuszem polerowanej blachy austenitycznej.



Fot. 9. Przekrój przez łożysko elastomerowo-ślizgowe (bez górnej płyty ślizgowej) (ze zbioru autora)

Zaczęto je stosować powszechniej po opatentowaniu w 1956 r. przez zakłady Du Ponta syntezy politetrafluoroetyleny (PTFE). PTFE otrzymano po raz pierwszy w 1942 r. w laboratoriach badawczych tych zakładów. Nazwano go Teflonem®. W latach 50. produkcję tego materiału opanowano także w innych krajach, gdzie występuje pod różnymi nazwami handlowymi. W Polsce nosi nazwę Tarflenu®, bo wytwarzano go w Zakładach Azotowych w Tarnowie [13, 19].

W latach 60. w Niemczech w laboratoriach Staatlichen Materialprüfungsanstalt (MPA) na Politechnice w Stuttgarcie podjęto szerokie badania PTFE pod kątem możliwości zastosowania go jako warstwy ślizgowej w łożyskach mostowych [3]. W wyniku tych badań stwierdzono, że najmniejszy współczynnik tarcia (poniżej 1%) osiągnięty jest wówczas, gdy arkusz PTFE ma odpowiednie zagłębienia (tzw. kieszenie smarownicze) wypełnione smarem silikonowym a chropowatość blachy ślizgowej  $R_z$  jest nie większa niż 1  $\mu\text{m}$ . Dzięki unikatowym właściwościom ciernym PTFE, im większy jest do niego docisk, tym mniejszy osiąga się współczynnik tarcia. Cecha ta jest niezwykle pożądana w budowie współczesnych łożysk mostowych. Zestaw: arkusz PTFE + blacha austenityczna +

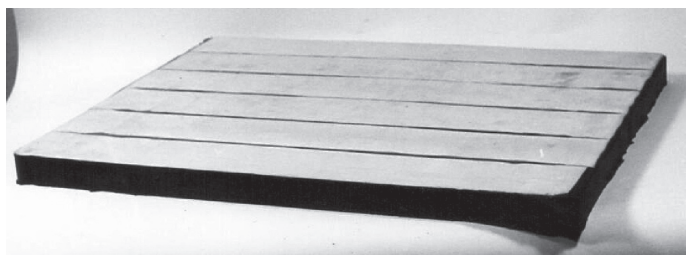


smar silikonowy tworzy tzw. element ślizgowy spotykany we wszystkich odmianach współczesnych przesuwnych łożysk mostowych.

W Niemczech pierwsze zastosowanie łożysk elastomero-ślizgowych odnotowano w 1966 r. Zaprojektowało je biuro inżynierskie Ronald Kaiser z Monachium [3]. Dopiero w 1973 r. biuro to dostało świadectwo dopuszczenia do stosowania takich łożysk. F. Leonhardt autor pierwszych zastosowań metody nasuwania wzdłużnego do budowy mostów skrzynkowych z betonu sprężonego, zastosował płytki neoprenowe zwulkanizowane z PTFE do budowy tych obiektów na przełomie lat 60. i 70. Płytki miały rozmiary 300 × 300 mm i 400 × 400 mm, były zbrojone 2 blachami stalowymi grubości 2 mm i pokryte warstwą PTFE grubości 1 mm. Podczas nasuwania minimalny współczynnik tarcia wyniósł 0,02, ale najczęściej wahał się od 0,04 do 0,05. Badano też stopień zużycia PTFE i współczynnik tarcia łożysk po długoletniej eksploatacji, stwierdzając rozbieżność między wynikami badań laboratoryjnych a rzeczywistą pracą elementów ślizgowych. Współczynnik tarcia oraz zużycie PTFE w eksploatowanych obiektach mostowych okazały się większe niż wynikałoby to z badań w warunkach laboratoryjnych. W Wielkiej Brytanii do nasuwania stosowano płytki 250 × 700 × 18 mm, zbrojone blachą 2 mm grubości i pokryte warstwą PTFE o grubości 2 mm. W początkowej fazie nasuwania współczynnik tarcia PTFE po blasze polerowanej dochodził do 0,08, a pod koniec nasuwania malał do 0,03.

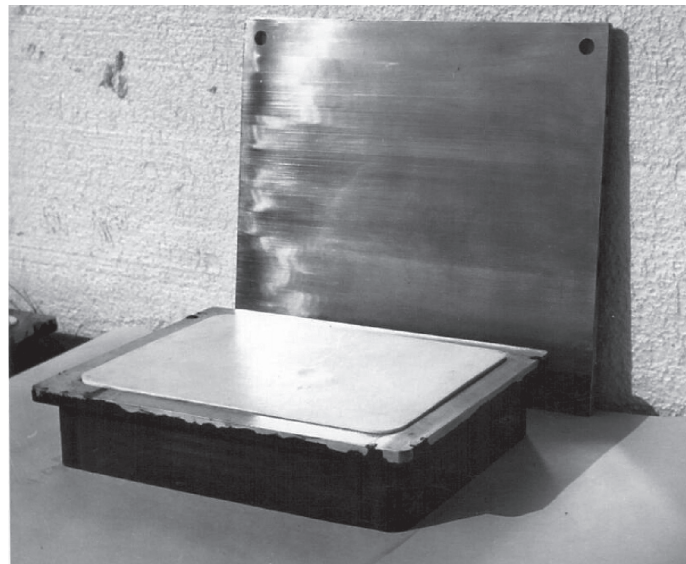
### Łożyska elastomero-ślizgowe w Polsce

W Polsce pierwsze badania nad łożyskami elastomero-ślizgowymi przeprowadzono w IBDiM w latach 80. [13, 19]. Początkowo celem tych badań była ocena prototypowych płytek gumowo-tarflenowych przeznaczonych do nasuwania obiektów w Oświęcimiu i Chabówce [19]. Płytki zostały wykonane w Zakładach Gumowych Górnictwa w Bytomiu. Ich wymiary w planie wynosiły 300 × 400 mm a grubość 22 mm. Były zbrojone 2 blachami 2 mm grubości oraz jedną blachą zewnętrzną, do której przyklejono taśmy tarflenu 1 mm grubości (fot.10). Badania prowadzono przy docisku zmieniającym się od 2 do 15 MPa, przy suchych i smarowanych powierzchniach ślizgowych oraz przy działaniu sił pionowych i poziomych w celu wywołania poślizgu. Badania potwierdziły znaną zależność zmniejszania się współczynnika tarcia wraz z dociskiem. Średni współczynnik tarcia w przypadku powierzchni smarowanych wyniósł 0,015, a powierzchni suchych 0,043.

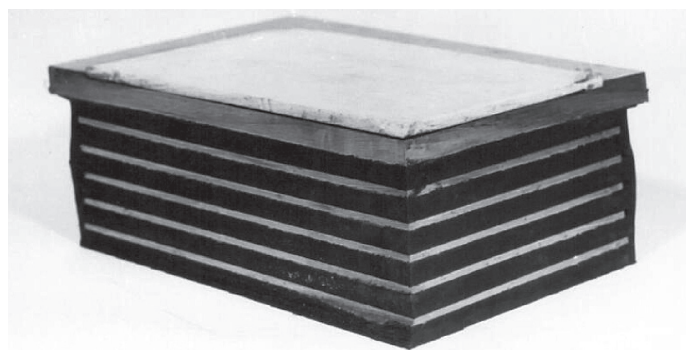


Fot. 10. Płytki elastomero-ślizgowe poddane badaniom w IBDiM (ze zbioru autora)

Następnie prowadzono badania nad właściwymi łożyskami elastomero-ślizgowymi, zbudowanymi na bazie łożyska elastomero-ślizgowego 1,2 MN, z którym zwulkanizowana była płyta ze stali nierdzewnej. W płycie tej osadzono arkusz tarflenu (PTFE) bez kieszeni smarowniczych, a kontaktowym elementem pary ślizgowej była polerowana górna płyta wykonana z tego samego gatunku stali (fot. 11 i 12).



Fot. 11. Prototypowe łożysko elastomero-ślizgowe badane w IBDiM (ze zbioru autora)



Fot. 12. Wycinek łożyska elastomero-ślizgowego po badaniach laboratoryjnych w IBDiM (ze zbioru autora)

Na podstawie badań współczynnika tarcia pod obciążeniem nominalnym 10 MPa stwierdzono, że w przypadku powierzchni niesmarowanych wynosi on średnio 0,048, a po przesmarowaniu powierzchni 0,017 i malał wraz ze zwiększaniem docisku [19].

### Podsumowanie

Na podstawie dotychczasowych badań i obserwacji eksploatowanych łożysk elastomero-ślizgowych, panuje przekonanie, że łożyska te mogą być użytkowane ponad 50 lat, a w szczególnych przypadkach nawet porównywalnie z długowiecznością samych obiektów mostowych [2, 6].

Łożyska elastomerowo-ślizgowe stosowane są wówczas, gdy zwykle łożyska elastomerowe nie zapewniają wymaganego przemieszczenia przęsła. Do niedawna to graniczne przemieszczenie przyjmowano jako 0,7 grubości warstw elastomeru w łożysku. Obecnie należy uwzględnić także naprężenie docisku i kąt obrotu na podporze. Łożyska powinny mieć certyfikat zgodności z wymaganiami norm [28, 29]. Łożyska elastomerowo-ślizgowe stosowane są również w różnych metodach nasuwania przęsła na podpory, ale nie podlegają wówczas wymaganiom norm.

W kolejnym, aktualnie opracowywanym, artykule zostanie przedstawiona historia łożysk garnkowych i soczewkowych.

#### Bibliografia:

- [1] W. Andrä, F. Leonhardt, *Neue Entwicklungen für Lager von Bauwerken, Gummi- und Gummitopflager*, Die Bautechnik, 2, 1962, str. 37-50
- [2] M. Aria, R. Akbari, *Inspection, condition evaluation and replacement of elastomeric bearings in road bridges*, Structure and Infrastructure Engineering, Vol.9, No.9, September 2013, str. 918-934
- [3] T. Block, H. Eggert, Kauschke W.- *Lager im Bauwesen. 3. Auflage*, Wilhelm Ernst & Sohn, 2013
- [4] A. Brandt, *O zastosowaniu łożysk kauczukowych w mostownictwie*, Inż. i Bud., 3, 1962, str. 104-109
- [5] A. M. Brandt, A. Niemierko, *Nowe rozwiązania łożysk mostowych*, Inż. i Bud., 8-9, 1975, str. 392-396
- [6] J. S. Burpulis, J.R. Seay, R.S. Graff, *Neoprene in Bridge Bearing Pads - The Proven Performance*, Extending the Life of Bridges, Maupin, Brown, Lichtenstein, editors, ASTM STP1100, Philadelphia, 1990, str. 32-43
- [7] A. Chabert, M. Dauvilliers, *Durabilité des appareils d'appui en élastomère fretté*, Bull. de liaison des lab. des ponts et chauss., No 129, 1984, str. 57-69
- [8] H. Hänsch, G. Spaethe, *Entwicklung und Anwendung von Gummischichtenlagern in der DDR*, Bauplanung-Bautechnik, 2, 1967, str. 80-86
- [9] Y. Itoh, H.S. Gu, *Prediction of Aging Characteristics in Natural Rubber Bearings Used in Bridges*, Journal of Bridge Engineering ASCE, March/April 2009, str. 122-128
- [10] D.J. Lee, *Bridge Bearings and Expansion Joints*, E & FN SPON 1994
- [11] A. Niemierko, *Wyniki badań doświadczalnych prototypowych gumowych łożysk mostowych dużych nośności*, Prace IBDiM, 3-4, 1976
- [12] A. Niemierko, *Gumowe łożyska mostowe z wkładkami stalowymi o nacisku dopuszczalnym 0,3 MN i 1,2 MN*, IBDiM, Seria I, Zeszyt 6, Warszawa 1977
- [13] A. Niemierko, *Gumowo-teflonowe łożyska mostowe*, Prace IBDiM, 3-4, 1979
- [14] A. Niemierko, *Wpływ ruchu pojazdów szynowych na zachowanie się gumowych łożysk mostowych*, Prace IBDiM, 1, 1980
- [15] A. Niemierko, K. Germaniuk, *Badania doświadczalne łożysk poliuretanowych*, Prace IBDiM, 1-2, 1983
- [16] A. Niemierko, *Zastosowanie łożysk gumowych w obiekcie betonowanym na miejscu*, Drogownictwo, 9, 1985
- [17] A. Niemierko, *Weryfikacja doświadczalna łożysk gumowych 1,2 MN wykonywanych w Zakładach Gumowych Górnictwa*, Prace IBDiM, 3-4, 1986
- [18] A. Niemierko, *Wyniki doświadczeń z uzbrojonymi łożyskami poliuretanowymi*, Prace IBDiM, 3-4, 1986
- [19] A. Niemierko, *Wyniki badań gumowo-teflonowych płytek ślizgowych przeznaczonych do nasuwania obiektów mostowych*, Drogownictwo, 8, 1987, str. 167-170
- [20] A. Niemierko, *Test Results on Reinforced Polyurethane Bridge Bearings*, The 3rd World Congress on Joints and Bearings, Toronto, October 1991, str. 799-815
- [21] A. Niemierko, *Rubber Bridge Bearings Test Results After 30 Years in Service* (Wyniki badań gumowych łożysk mostowych po 30-letniej eksploatacji), Fourth World Congress on Joint Sealants and Bearing Systems for Concrete Structures, ed. Barrie Atkinson, vol.2, ACI, SP-164, Sacramento, Ca (USA), 1996, p. 1199
- [22] A. Niemierko, *Bridge Bearings Pathological Behaviour: Polish Case History* (Zachowanie patologiczne łożysk mostowych: historia polskich przypadków), Fifth World Congress on Joints, Bearings and Seismic Systems for Concrete Structures, Rome, 7-11 October 2001
- [23] A.R. Price, M.A. Fenn, *Removal and testing of elastomeric bridge bearings*, TRRL Report 812, Crowthorne 1983
- [24] G. Späthe, G. Mahlo, *Gummi- und Polytetrafluoräthylen als Werkstoffe im Brückenbau*, Die Strasse, 12, 1966
- [25] J. F. Stanton, Ch.W. Roeder, *Elastomeric Bridge Bearings Specifications: Review of the Present and Proposals for the Future*, ACI Journal, Nov-Dec 1983, 514-525.
- [26] B. Topaloff, *Gummilager für Brücken - Berechnung und Anwendung*, Der Bauingenieur, 39, 2, 1964, str. 50-64
- [27] Z. Wasiutyński, *Przeguby i łożyska gumowe*, rozdz. 4.6. w "Mosty. Część I", Arkady, Warszawa 1967, str. 263-294
- [28] PN-EN 1337-2: 2005 Łożyska konstrukcyjne - Część 2: Elementy ślizgowe
- [29] PN-EN 1337-3: 2010 Łożyska konstrukcyjne - Część 3: Łożyska elastomerowe
- [30] PN-S-10060:1998 Obiekty mostowe - Łożyska - Wymagania i metody badań (autor: A. Niemierko)
- [31] Wymagania techniczne wykonania i odbioru (WTW) łożysk mostowych, IBDiM Informacje, instrukcje, Zeszyt Nr 43, Warszawa 1994 (autor: A. Niemierko)
- [32] Zalecenia dotyczące łożyskowania obiektów mostowych oraz kontroli łożysk podczas eksploatacji, Załącznik do Zarządzenia nr 10 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 8 lutego 2006 r., IBDiM Warszawa 2005 (autor: A. Niemierko)

Zapraszamy do prenumerowania DROGOWNICTWA w 2015 roku

cena 1 egzemplarza 19 zł }  
prenumerata roczna 216 zł } (w tym 5% VAT)

**Dla studentów 50% zniżki**

Uprzejmie informujemy Szanownych Prenumeratorów, że egzemplarze „Drogownictwa” oraz faktury będą wysyłane po przesłaniu zamówienia na adres prenumerata@sitk.org oraz po wpłaceniu należnej kwoty na nasze konto:

**38 1160 2202 0000 0000 2741 3872**

**Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Zarząd Krajowy  
ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa**

Redakcja