

Katarzyna Rucińska^{1*}, Kazimierz Dąbrowski¹, Cezary Dębek¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział w Piastowie, ul. Harcerska 30, 05-820 Piastów

* e-mail: katarzyna.rucinska@impib.lukasiewicz.gov.pl

Innowacje w przemyśle oponiarskim

W pracy przedstawiono innowacje w przemyśle oponiarskim. Największym odbiorcą wyrobów gumowych jest przemysł motoryzacyjny. Guma jest wykorzystywana do produkcji opon samochodowych i innych elementów znajdujących się w samochodach, tj.: elementy zawieszenia, wycieraczki, węże, uszczelki w kabinie, komory silnikowej czy silnikach i skrzyni biegów. Rozwój nowoczesnych technologii oraz dbałość o środowisko naturalne spowodowały poszukiwanie nowych rozwiązań w technologii opon samochodowych, które stałyby się bardziej nowoczesne, innowacyjne i ekologiczne. Są to innowacje związane ze zdobywaniem nowych źródeł surowców do produkcji opon tj.: elastomerów z biomasy, zrębków drzewnych, kauczuk naturalny z mniszka kok-sagiz (*Taraxum kok-saghyz*) oraz stosowaniem surowców wtórnych. Nowymi rozwiązaniami mogą być także: opony wykorzystujące technologie druku 3D, wprowadzenie czujników połączonych z komputerem pokładowym lub smartfonem. Dzięki takiemu rozwiązaniu kierowca będzie na bieżąco informowany o stanie dróg, jakości opon i będzie mógł kontaktować się z innymi użytkownikami dróg za pomocą nowych technologii. Prezentowane innowacje związane są z wpływem rozwoju nowych i proekologicznych technologii na przemysł oponiarski.

Słowa kluczowe: innowacje, opony, kauczuk, elastomery, mniszek kok-sagiz, technologie proekologiczne.

Innovations in the tire industry

The paper presents innovations in the tire industry. The largest consumer of rubber products is the automotive industry. Rubber is used in the production of car tyres and other components in cars, i.e.: suspension elements, wipers, hoses, seals in the cabin, engine compartment or engines and transmission. The development of modern technologies and taking care of the natural environment caused the search for new solutions in car tire technology, which would become more modern, innovative and ecological. These are innovations connected with gaining new sources of raw materials for tire production, i.e: elastomers from biomass, or from wood chips, natural rubber of dandelion kok-saghyz (*Taraxum kok-saghyz*), use of recycled material. New solutions may also be: 3D-printed tires, introducing sensors connected to the on-board computer or smartphone. Thanks to this solution, the driver will be kept informed about the condition of the roads, the quality of tires and will be able to contact other road users with the help of new technologies. The innovations presented are related to the impact of the development of new and environmentally friendly technologies on the tire industry.

Keywords: innovations, tires, rubber, elastomers, dandelion kok-saghyz, environmental technologies.

1. Wstęp

Innowacja (łac. *innovatio*, czyli odnowienie), według Josepha A. Schumpetera [1], „ojca innowacji”, polega na wprowadzeniu nowych lub ulepszonych towarów lub metody produkcji, otwieraniu nowego rynku, zdobywaniu nowego źródła surowców lub wreszcie wprowadzeniu nowych systemów organizacyjnych. Z kolei dla Petera F. Druckera [2] „innowacja to specjalne narzędzie dla przedsiębiorców, za pomocą którego mają oni możliwość poprowadzenia nowej działalności lub świadczenia nowych usług”. Definicja innowacji znajduje się także w Programie Operacyjnym Innowacyjnej Gospodarki, w którym innowacja jest rozumiana

Introduction

According to Joseph A. Schumpeter [1], the “father of innovation”, innovation (*innovatio*, i.e. renewal) consists in introducing new or improved goods or production methods, opening up a new market, acquiring a new source of raw materials or finally introducing new organisational systems. For Peter F. Drucker [2], on the other hand, ‘innovation is a special tool for entrepreneurs, through which they have the opportunity to run new businesses or provide new services’. The definition of innovation is also included in the Operational Programme for Innovative Economy, where innovation is understood as introducing a new

jako wprowadzenie nowego lub znacznie ulepszonego rozwiązania do praktyki firmy (produktu lub usługi), procesu, marketingu lub organizacji.

Innowacje w przemyśle oponiarskim mogą zatem obejmować wszystkie nowe działania związane z opunami tj.: nowe surowce do produkcji opon, aparaturę związaną z produkcją oraz organizację samej produkcji, a także budowę, kształt i skład samej opony.

2. Historia gumy i opon samochodowych

Przemysł oponiarski jest nierozdzielnie związany z przemysłem gumowym. Elementy wykonane z materiałów gumowych stanowią ok. 6% masy samochodu. Największy udział w komponentach gumowych stanowią opony i uszczelnienia karoserii.

Produkty gumowe były znane już w czasach starożytnych. Pierwsze doniesienia mówią o tym, że ludy mezoamerykańskie wytwarzały je na bazie soku pochodzącego z drzewa figowego. Kauczuk, pochodzący z drzewa kauczukowego (*Hevea Brasiliensis*), był znany również Indianom zamieszkującym Amerykę Środkową i Południową [3].

Elastyczność i wodoodporność przyciągnęły uwagę naukowców z Europy. Zasługa opisu, rozpoznania i sprowadzenia do Europy próbek substancji należy do Charlesa de la Condamine, członka geograficznej wyprawy Paryskiej Akademii Nauk do Ekwadoru i dorzecza Amazonki. Pierwszy uporządkowany opis zawierający informację dotyczącą pochodzenia lateksu z drzewa kauczukowego, metod wytwarzania kauczuku z mlecza lateksowego i jego przygotowywania opublikował Francois Fresneau [4]. Angielski naukowiec Joseph Priestley użył na określenie tego tworzywa słowa "rubber" (*to rub* – pocierać, trzeć), ponieważ za jego pomocą można było wycierać ślady ołówka. Sprowadzenie tego materiału do Europy oraz liczne publikacje na jego temat wywołały ogromne zainteresowanie środowisk naukowych i przedsiębiorców [5].

Kauczuk mimo całej gamy istotnych i znaczących zalet miał wiele wad – wykonane z niego produkty odznaczały się ostrym zapachem, były wrażliwe na zmiany temperatury, w niskiej temperaturze stawały się twarde, a podczas ogrzewania lepkie. W 1839 roku Charles Goodyear w USA odkrył, że kauczuk ogrzany z siarką staje się mocniejszy, bardziej elastyczny i nie jest podatny na zmianę temperatury [6]. Odkrycie to spowodowało gwałtowny wzrost zużycia kauczuku naturalnego (NR), z 25 ton w 1830 r. do 6000 ton w 1860 r. [7]. W 1845 roku Robert William Thomson

or significantly improved solution to the practice of a company (product or service), process, marketing or organization.

Innovation in the tire industry can therefore cover all new tire-related activities, i.e.: new raw materials for tire production, production-related equipment and organisation of the production itself, as well as the construction, shape and composition of the tire itself.

2. History of rubber and car tires

The tire industry is inextricably linked to the rubber industry. Elements made of rubber materials account for about 6% of the car weight. The largest share of rubber components are tires and body seals.

Rubber products were known already in ancient times. The first reports say that Mesoamerican peoples produced them on the basis of juice from fig trees. Rubber from the rubber tree was also known to Indians living in Central and South America [3].

Flexibility and water resistance have attracted the attention of European researchers. The merit of describing, recognizing and bringing samples of the substance to Europe belongs to Charles de la Condamine, member of the geographical expedition of the Paris Academy of Sciences to Ecuador and the Amazon Basin. The first structured description containing information on the origin of latex from the rubber tree, methods of producing rubber from latex milk and its preparation was published by Francois Fresneau [4]. The English scientist Joseph Priestley used the word "rubber" to describe this material because it could be used to wipe pencil marks. Bringing this material to Europe and the numerous publications about it has generated great interest from the scientific and business communities [5].

Despite the whole range of important and significant advantages, rubber had many disadvantages – products made of it had a strong smell, were sensitive to temperature changes, at low temperatures they



Rysunek 1. Sposób zbierania lateksu wydzielanego przez drzewo kauczukowe [3]

Figure 1. The way of collecting latex secreted by a rubber tree [3]

wynalazł, a rok później opatentował, oponę pneumatyczną wraz z dętką, jednakże wynalazek ten nie wzbudził wtedy większego zainteresowania. Opona ogumienia pneumatycznego została niezależnie wynaleziona i opatentowana w Anglii przez Johna Dunlopa w 1888 roku, najpierw rowerowa, potem samochodowa. Wynalezienie opon, boom rowerowy w końcu XIX w. oraz pojawienie się pierwszych samochodów z oponami pneumatycznymi i rozwój przemysłu motoryzacyjnego spowodowały kolejny, skokowy wzrost zapotrzebowania na kauczuk naturalny do 103 tys. ton w 1913 r. [8]. Sukces ten stał się impulsem do dalszego udoskonalania procesu, dzięki czemu opracowano dodatki w postaci przyspieszaczy, aktywatorów, przeciwutleniaaczy, które pozwoliły wydajniej osiągać coraz to lepsze jakościowo wyroby w krótszym czasie [9].

W połowie XIX wieku Thomas Hancock z Wielkiej Brytanii dokonał niezależnego odkrycia wulkanizacji (*Vulcanus*, w mitologii rzymskiej bóg ognia). Hancock uznawany jest również za pioniera w projektowaniu maszyn do przetwarzania kauczuku. Wprowadził uplastycznienie mechaniczne kauczuku za pomocą walcarki [4]. W 1870 roku Sir Henry Wickham przywiózł sadzonki *Hevea Brasiliensis* z Brazylii, posadził je w Londynie, a następnie rozpoczęto ich sadzenie na Cejlonie, w Malesji i w Indochinach. Do 1920 roku kraje te pokrywały 90% światowego zapotrzebowania na kauczuk, później dołączyły do nich Filipiny, Indonezja, Tajlandia i Indie [10].

Opony gumowe były na początku gładkie. Dopiero w 1904 roku firma Continental Tire jako pierwsza wprowadziła wzór bieżnika na oponie. W 1908 roku bieżnikowane opony wyprodukowała także firma Goodyear Tyre Company [11].

Kauczuk syntetyczny wyprodukowano po raz pierwszy w Niemczech w latach 30. XX wieku. Podczas drugiej wojny światowej ograniczenie dostaw kauczuku naturalnego skłoniło przemysł USA do rozwoju metod masowej produkcji kauczuku syntetycznego. Opracowane podczas II Wojny Światowej kauczuki syntetyczne i ich rosnąca podaż w okresie powojennym, mimo wstrzymania przez aliantów wytwarzania takich kauczuków w Niemczech do 1952 r., nie zachwiały pozycją i znaczeniem kauczuku naturalnego (NR). Już w 1950 roku wytworzono 1,86 mln ton NR, przy zużyciu 1,77 mln ton, oraz 0,535 mln ton kauczuków syntetycznych. Wojna koreańska spowodowała wzrost ceny NR do 1,3 USD/kg. Po II Wojnie Światowej wytwarzanie NR i kauczuków syntetycznych przebiegało równoległe. Opracowano syntetyczne stereoregularne kauczuki izoprenowe (1954 r.) i butadienowe (1956 r.). W Polsce produkcję kauczuku butadienowo-styrenowego uruchomiono w 1959 r. w fabryce w Oświęcimiu. W połowie lat 80. największymi producentami NR stały się Tajlandia i Indonezja, a do grona znaczących producentów należały Indie, Chiny, Wietnam i Filipiny [10].

became hard and when heated they became sticky. In 1839, Charles Goodyear in the USA discovered that when heated with sulfur, rubber becomes stronger, more flexible and is not susceptible to temperature changes [6]. This discovery caused a sharp increase in the use of natural rubber (NR), from 25 t in 1830 to 6000 t in 1860 [7]. In 1845 Robert William Thomson invented and patented a pneumatic tire with an inner tube a year later, but this invention did not attract much interest. The pneumatic tire was independently invented and patented in England by John Dunlop in 1888, first the bicycle tire and then the car tire. The invention of tires, the bicycle boom at the end of the 19th century and the subsequent appearance of the first cars with pneumatic tires and the development of the automobile industry resulted in a further, leaping demand for natural rubber to 103,000 in 1913 [8]. This success gave impetus to further improvement of the process, thanks to which additives in the form of accelerators, activators, antioxidants were developed, which allowed to achieve more and better quality products in a shorter time [9].

At the same time Thomas Hancock from Great Britain made an independent discovery of vulcanization (from *Vulcanus*, the god of fire in Roman mythology). Hancock is also considered to be a pioneer in designing rubber processing machines. He led the mechanical plasticization of rubber by means of a rolling machine [4]. In 1870 Sir Henry Wickham brought the *Hevea Brasiliensis* seedlings from Brazil, they were planted in London and then in Ceylon, Malaysia and Indochina. By 1920, these countries covered 90% of the world's demand for rubber, later joined by the Philippines, Indonesia, Thailand and India [10].

Rubber tires were smooth at first. It was not until 1904 that Continental Tire was the first company to introduce a tread pattern on a tire. In 1908 Goodyear Tyre Company also produced treaded tires [11].

Synthetic rubber was first produced in Germany in the 1930s. During the Second World War, an interruption in the supply of natural rubber led the US industry to develop methods of mass production of synthetic rubber. Synthetic rubbers developed during the Second World War and their growing supply in the post-war period, despite the fact that the Allies stopped the production of such rubbers in Germany until 1952, did not shake the position and importance of natural rubber (NR). Already in 1950, 1.86 million tonnes of NR were produced, with a consumption of 1.77 million tonnes and 0.535 million tonnes of synthetic rubbers. The Korean war brought the price of NR up to USD 1.3 per kg. After the Second World War, NR and synthetic rubbers were produced in parallel. Synthetic stereoregular isoprene (1954) and butadiene rubbers (1956) were developed. In Poland the production of styrene-butadiene rubber was launched in 1959 in state factory in Oświęcim. In the mid-1980s, Thailand and Indonesia became NR's largest producers,

XX wiek charakteryzował się ogromnym rozwojem przemysłu oponiarskiego. Wtedy to opracowano i zaczęto produkować opony z kordem tekstylnym. W 1930 roku rozpowszechniono opony diagonalne (krzyżowe), które składają się z dwóch warstw kordu ułożonego skośnie względem siebie do płaszczyzny symetrii opony. Nici te oplatają zarówno czoło, jak i bok opony i wykonane są najczęściej z mocnych i sztywnych materiałów, takich jak sztuczny jedwab (rayon), nylon czy stalowe linki. Opony te są sztywne, ale ich konstrukcja nie pozwala na rozwijanie prędkości powyżej 100 km/h, co praktycznie wyklucza je z użytku w samochodach osobowych, a jedynie w niektórych pojazdach terenowych, motocyklach czy rowerach.

Kolejnym rozwiązaniem była opona radialna (promieniowa), która po raz pierwszy została zaprezentowana przez braci Michelin w 1935 roku, jednak weszła do sprzedaży dopiero w 1946 roku. W oponie radialnej kolejne nici osnowy kordu nie krzyżują się, a rozciągają się równoległe do siebie, tworząc kąt prosty z płaszczyzną symetrii opony. Opona radialna ostatecznie trafiła do wszystkich samochodów amerykańskich na początku lat osiemdziesiątych.

Kolejnym wynalazkiem była opona bezdętkowa. Firma Goodrich Tire Company złożyła wniosek o patent na „oponę pneumatyczną bez dętki” w 1946 r. Patent został przyznany dopiero w 1952 r. Pierwszym amerykańskim samochodem, w którym zastosowano opony bezdętkowe, był Packard Clipper z 1954 r.

Obecny udział rynku kauczuku syntetycznego, z którego robi się opony wynosi około 55% całkowitej ilości kauczuku. Chociaż przemysł gumowy ma około 200 lat to prace badawcze nad rozwojem tego sektora nadal trwają i są stale powiązane z oczekiwaniami rynku [12].

3. Budowa opony

Przemysł samochodowy jest jedną z najważniejszych gałęzi przemysłu wg przychodów i obejmuje

Tabela 1. Przybliżony skład materiałowy opon samochodowych [13, 14]

Rodzaj materiału	Opony samochodowe	Opony ciężarowe i autobusowe
Kauczuk	47%	45%
Sadza	21,5%	22%
Stal	16,5%	25%
Kord tekstylny	5,5%	–
Tlenek cynku	1%	2%
Siarka	1%	1%
Składniki dodatkowe	7,5%	5%

while India, China, Vietnam and the Philippines were among the significant producers [10].

The 20th century was the period of a huge development of the tire industry. It was then that tires with textile cord were developed and put into mass production. In 1930, diagonal tires were introduced, which consisted of two layers of cords arranged diagonally to the symmetry plane of the tire. These threads braid both the forehead and side of the tire and are usually made of strong and rigid materials such as artificial silk (rayon), nylon or steel cord. These tires are rigid, but their construction does not allow speeds above 100 km/h, which practically excludes them from use in cars, but only in some off-road vehicles, motorcycles or bicycles.

Another solution was the radial tire, which was first presented by the Michelin brothers in 1935, but only came on sale in 1946. In the radial tire, the successive cordshaft threads do not cross and extend parallel to each other, creating a right angle to the tire's symmetrical plane. The radial tire eventually found its way into all American cars in the early 1980s.

Another important invention was a tubeless tire. The Goodrich Tire Company applied for a patent for the “Tubeless Pneumatic Tire” in 1946. The patent was not granted until 1952. The first American car with tubeless tires was a 1954 Packard Clipper.

The current market share of synthetic rubber used to make tires is about 55% of the total amount of rubber. Although the rubber industry is about 200 years old, research into the development of this sector is still ongoing and is constantly linked to market expectations [12].

3. Tire structure

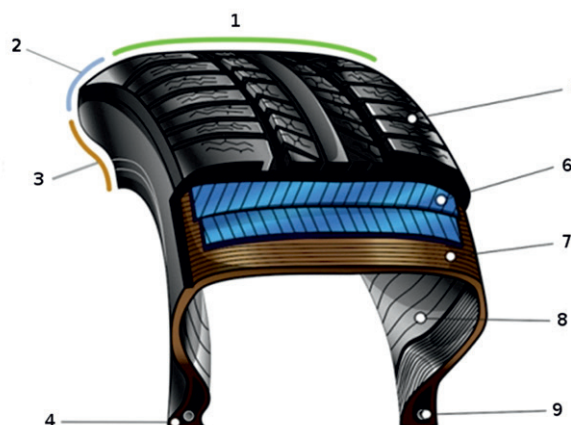
The automotive industry is one of the most important revenue-driven industries and covers a wide range of companies and organizations involved in the design, production, marketing and sales of cars. Elastomer materials in a car account for about 6% of its total weight.

Table 1. Typical material composition of car tires [13, 14]

Component	Car tires	Truck and bus tires
Rubber	47%	45%
Carbon black	21.5%	22%
Steel	16.5%	25%
Textile cord	5.5%	–
Zinc oxide	1%	2%
Sulphur	1%	1%
Additional ingredients	7.5%	5%

Rysunek 2. Budowa opony [15]: 1) czoło opony, 2) bark, 3) bok, 4) stopka, 5) bieżnik, 6) opasanie stalowe, 7) osnowa tekstylna, 8) warstwa butylowa, 9) drutówka

Figure 2. Tire structure [15]: 1) tread area, 2) shoulder, 3) sidewall, 4) bead, 5) tread, 6) steel belts, 7) carcass plies, 8) inner liner, 9) bead wires



szerokie spektrum przedsiębiorstw i organizacji zaangażowanych w projektowanie, produkcję, marketing i sprzedaż samochodów. Materiały elastomero-we stanowią ok. 6% masy samochodu. Największy udział w komponentach gumowych stanowią opony i uszczelnienia karoserii ok. 85%. Pozostałe elementy wnoszą 0,5–0,7% masy samochodu.

Konstrukcja opony samochodowej jest strukturą skomplikowaną (rys. 2). Opony są kompozycją wielu różnych materiałów. Głównym ich składnikiem są mieszanki kauczukowe zawierające kauczuki syntetyczne (najczęściej kauczuk butadienowy i/lub butadienowo-styrenowy) oraz kauczuk naturalny, ponadto napełniacze – sadzę i krzemionkę, zespół sieciujący, na który składają się aktywatory (tlenek cynku ze stearyną), przyspieszacze (głównie CBS) i substancja wulkanizująca (siarka). W mieszankach oponiarskich stosuje się też antyutleniacze i antyozonanty, plastyfikatory, promotory adhezji do kordu. Konstrukcję wzmacnia się kordem stalowym i tekstylnym oraz tak zwaną drutówką. Każdy z wymienionych materiałów ma różne właściwości, które nadają oponie odpowiednie cechy, np. kształt, sztywność, wytrzymałość, tłumienie drgań, odprowadzanie ciepła i ładunków elektrostatycznych.

4. Innowacje w przemyśle oponiarskim

Przemysł gumowy rozwija się bardzo dynamicznie i obejmuje bardzo szeroki zakres. Największym odbiorcą gumy jest przemysł motoryzacyjny, ponieważ guma jest wykorzystywana do produkcji opon samochodowych i innych elementów znajdujących się w samochodach, takich jak wycieraczki czy uszczelki.

Budowa opony przez lata ulegała zmianom. Przemysł oponiarski obecnie przy opracowaniu nowych opon łączy nowe technologie i proekologiczne podejście. Współczesna opona stara się rozwiązać problemy, z którymi spotyka się nie tylko użytkownik, lecz także globalnie świat. Innowacyjne rozwiązania w konstrukcji opon dotyczą budowy opony, nowych rodzajów materiałów (surowców) do produkcji opon oraz nowych metod produkcji (np. druk 3D), a także wykorzystania nowych technologii do obsługi opony. Opony z nowych surowców, opony biodegradowalne, opony drukowane 3D, opony oparte na nowych technologiach tj.: samonaprawiające się, opony oczyszczające powietrze czy wyposażone w rozwiązania

Tires and body seals account for the largest share of rubber components, with about 85%. The remaining components contribute 0.5-0.7% of the car weight.

The structure of a car tire is a complex one (Figure 2). Tires are a composition of many different materials. Their main components are rubber blends containing synthetic rubbers (mostly butadiene and/or styrene-butadiene rubbers) and natural rubber, plus fillers – carbon black and silica, a cross-linking unit consisting of activators (zinc oxide with stearin), accelerators (mainly CBS) and a vulcanizing agent (sulphur). Antioxidants and anti-ozonants, plasticizers and cord-adhesion promoters are also used in tyre blends. The structure is reinforced with steel and textile cord and so-called bead wires. Each of these materials has different properties that give the tire its own characteristics, such as shape, stiffness, strength, vibration damping, heat and static electricity dissipation.

4. Innovation in the tire industry

The rubber industry is developing very dynamically and covers a very wide range. The largest consumer of rubber is the automotive industry, as rubber is used to produce car tires and other components found in cars, such as wipers and seals.

Tire structure has changed over the years. The tire industry now combines new technologies and a green approach when developing new tires. Today's tire is trying to solve problems not only for the user, but also globally. Innovative solutions in tire construction concern tire structure, new types of materials (raw materials) for tire production and new production methods (e.g. 3D printing), as well as the use of new technologies for tire maintenance. Tires made of new raw materials, biodegradable tires, 3D printed tires, tires based on new technologies such as: self-repairing tires, air purifying tires or tires equipped with artificial intelligence solutions are the topics presented in this paper.

One of the most interesting innovations is the polymer that self-repairs when damaged. Research on this

sztucznej inteligencji to tematy przedstawione w tym artykule.

Jedną z ciekawszych innowacji jest polimer, który ulega samonaprawieniu podczas uszkodzenia. Badania na ten temat trwają od 1990 roku. Do tej pory udało się uzyskać takie samonaprawiające się materiały do rękawic gumowych, farb samochodowych, żywic epoksydowych i kompozytów [16]. Testowane są również samonaprawiające elastomery. Polimer z grupy elastomerów uretanowych (PU) został stworzony w laboratorium Ibore Odriozola w hiszpańskim centrum technologicznym CIDETEC [17]. Zasadniczo elastomery mogą deformować się pod wpływem siły mechanicznej i jednocześnie utrzymywać ciągłość swojej struktury. Ta wyjątkowość polega na tym, że polimer łączy się samoczynnie. Nie wymaga obróbki chemicznej ani termicznej. Cały proces odbywa się w normalnych warunkach. Elastomer taki można zastosować do produkcji opon.

Innym ciekawym wynalazkiem ostatnich lat są opony reklamowane jako „nie do przebicia”. Ich budowa sprawia, że z opony nie zejdzie powietrze, nawet jeśli utknie w niej „obcy obiekt” o średnicy 1,6 milimetra. Samouszczelniające się opony mają wewnątrz specjalną elastyczną warstwę. To ona jest odpowiedzialna za zjawisko „wulkanizacji” po przekłuciu. Jeśli do opony dostanie się gwóźdź lub inny mały, ale ostry przedmiot, lepka guma przepłynie wokół niej, przyklei się do „ciała obcego” i zapobiegnie ucieczce powietrza. Teoretycznie warstwa ta musi być wystarczająco elastyczna, aby poradzić sobie nawet z „ciałami obcymi” o średnicy większej niż 1,5 milimetra, a w przypadku uszkodzenia punktowego możliwe jest nawet wyciągnięcie przysłowiowego gwóźdźka, bez potrzeby łatania.

W 2009 roku firma Goodyear przedstawiła opony ciężarówki, które poddano eksperymentowi wbijania gwóźdźki o średnicy 6 mm w czoło opony. Po usunięciu gwóźdźki substancja uszczelniała otwory, blokując ucieczkę powietrza z kół. Następnie sprawdzono ciśnienie w oponie, które się nie zmieniło i nadal wynosiło 8,5 bara. Ciężarówka na tych oponach przejechała 20 km i po ponownym pomiarze ciśnienia wewnątrz opony okazało się, że ciśnienie pozostało niezmiennione [18].

Firma Michelin zaprezentowała podczas jedenastej edycji *Challenge Bibendum Michelin* prototyp samonaprawiającej się opony. Producent wciąż musi zmierzyć się z pewnymi niedoskonałościami tej konstrukcji, z których najważniejszymi są wysoki koszt produkcji, wzrost masy pojedynczej opony o około kilogram i zwiększenie oporów toczenia, co jest znaczną wadą ze względu na zwiększoną emisję CO₂. Z drugiej strony taka opona z ekologicznego punktu widzenia ma wiele zalet: dzięki możliwości rezygnacji z koła zapasowego i podnośnika, samochód mógłby być lżejszy nawet o 30 kilogramów, co oznaczałoby mniejsze zużycie paliwa. Jednocześnie, przestrzeń w bagażniku zwiększyłaby się, ale najważniejszą zaletą byłoby

subject has been conducted since 1990. So far, it has been possible to obtain such self-repairing materials for rubber gloves, car paints, epoxy resins and composites [16]. Self-repairing elastomers are also tested. The polymer from the group of urethane elastomers (PU) was created in the Ibore Odriozola laboratory in the Spanish CIDETEC technology centre [17]. Basically, elastomers can deform under the influence of mechanical force and at the same time maintain the continuity of their structure. This uniqueness lies in the fact that the polymer merges on its own. No chemical or thermal treatment is required. The whole process takes place under normal conditions. This elastomer can be used in the production of tires.

Another interesting invention of recent years are tires advertised as “puncture-proof”. Their structure ensures that no air will escape from the tire, even if a 1.6 millimetre diameter “foreign object” is stuck in the tire. Self-sealing tires have a special elastic layer inside. It is responsible for the phenomenon of “vulcanization” after a puncture. If a nail or other small but sharp object gets into the tire, the sticky rubber will flow around it, stick to the “foreign body” and prevent air from escaping. Theoretically, this layer must be flexible enough to cope with even “foreign bodies” larger than 1.5 millimetres in diameter, and in case of point damage, it is even possible to pull out the proverbial nail without patching.

In 2009, Goodyear presented truck tires that were subjected to the tread area nailing test with 6 mm diameter nails. Once the nails were removed, the substance sealed the holes, blocking air escape from the wheels. The tire pressure was then checked and remained unchanged at 8.5 bar. The truck on these tires drove 20 km and after measuring the pressure inside the tire again, the pressure remained unchanged [18].

Michelin presented a prototype of a self-repairing tire at the eleventh edition of the *Michelin Challenge Bibendum*. The manufacturer still has to face certain shortcomings of this structure, the most important of which are the high cost of production, the increase in weight of a single tire by about a kilogram and the increase in rolling resistance, which is a significant disadvantage due to the increased CO₂ emissions. From an environmental point of view, on the other hand, such a tire has many advantages: thanks to the possibility of dispensing with the spare wheel and jack, the car could be up to 30 kilograms lighter, which would mean less fuel consumption. At the same time, the space in the boot would increase, but the most important advantage would be increased safety in case of a puncture while driving at high speed [19].

In 2012, research was conducted into ecological biomass rubber area. Michelin, together with Axens and the French national research center IFP Energies nouvelles (IFPEN), began research on the innovative BioButterfly project, the production of rubber from biomass. The Michelin, Axens and IFPEN initiative

zwiększenie bezpieczeństwa w przypadku przebicia podczas jazdy z dużą prędkością [19].

W 2012 roku przeprowadzono badania nad ekologiczną gumą z biomasy. Producent opon Michelin wraz z Axens i francuskim państwowym centrum badawczym IFP Energies nouvelles (IFPEN) rozpoczęli badania nad innowacyjnym projektem BioButterfly, tj. produkcją kauczuku z biomasy. Inicjatywa Michelin, Axens i IFPEN miała na celu opracowanie składu i wdrożenie przyjaznej dla środowiska produkcji kauczuku syntetycznego. Projekt BioButterfly obejmował wszystkie etapy procesu badawczo-rozwojowego, wykorzystując uzupełniające się doświadczenie partnerów inicjatywy. Budżet projektu wynosi 52 miliony euro i był rozłożony na 8 lat. Inicjatywa otrzymała środki w wysokości 14,7 mln euro od Francuskiej Agencji Ochrony Środowiska i Poszanowania Energii ADEME w ramach programu o nazwie Inwestowanie w przyszłość. Prace te to celowe zmniejszenie całego procesu produkcyjnego i negatywnego wpływu na środowisko naturalne, a w szczególności emisji ditlenku węgla.

W ramach zainicjowanego przez firmę Michelin w 2012 r. projektu BioButterfly, którego celem jest zastąpienie surowców ropopochodnych stosowanych w oponach firmy produktami pochodzenia biologicznego rozpoczęto budowę pierwszego przemysłowego demonstratora we Francji zdolnego do produkcji butadienu z etanolu uzyskanego na drodze fermentacji biomasy roślinnej. Instalacja, której zakończenie jest planowane na koniec 2020 r., może umożliwić roczną produkcję od 20 do 30 ton butadienu pochodzącego ze źródeł biologicznych, a do połowy 2021 roku będą ogólnie dostępne pierwsze partie butadienu [20].

Firma Michelin rozważa również wykorzystanie zrębków drzewnych, które w produkcji opon miałyby zastąpić elastomery oparte na surowcach z ropy naftowej. Michelin ma nadzieję wyprodukować taką „drewnianą” oponę w 2020 roku. Obecnie firma prowadzi badania w Brazylii [21].

Firma Michelin wraz z firmą General Motors zaprezentowała na szczycie Movin’On Summit nową generację technologii kół bez powietrza dla samochodów osobowych – prototyp MICHELIN Uptis (*Unique Puncture-proof Tire System*, unikalny system opon odpornych na przebicie). Ogłosili wspólne porozumienie, na mocy którego firmy zamierzają zatwierdzić prototyp Uptis na modele osobowe w 2024 roku. Rozpoczęto już testowanie we współpracy z marką Chevrolet [22].

Firma Michelin przewiduje, że opony przyszłości będą biodegradowalne, pozbawione powietrza i będą drukowane w 3D oraz zintegrowane z usługami nowoczesnych technologii (rys. 3). Futurystyczny model

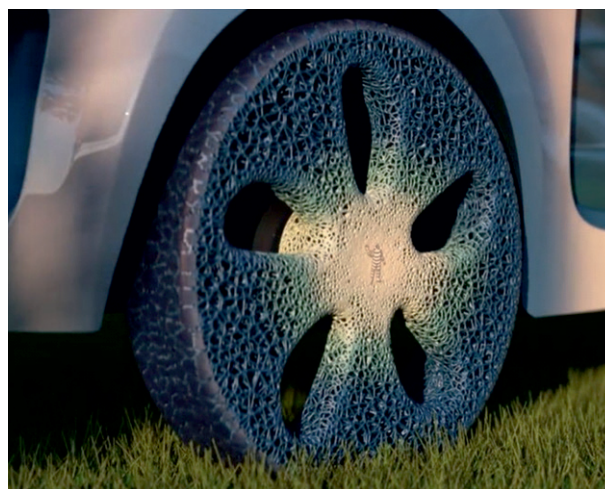
aimed at developing the composition and implementation of an environmentally friendly synthetic rubber production. The BioButterfly project covered all stages of the R&D process, drawing on the complementary experience of the partners in the initiative. The project’s budget is €52 million and was spread over 8 years. The initiative received €14.7 million from the French Environmental and Energy Conservation Agency ADEME under a programme called Investing in the future. This work is a deliberate reduction of the entire production process and the negative impact on the environment, in particular carbon dioxide emissions.

As part of the BioButterfly project, launched by Michelin in 2012 to replace the petroleum-based raw materials used in the company’s tyres with bio-based products, company start the construction of the first industrial-scale technology demonstrator in France capable of producing butadiene from ethanol obtained by fermentation of plant biomass. The installation, which is scheduled to be completed by the end of 2020, could allow an annual production of 20 to 30 tonnes of bio-based butadiene, and the first batches of butadiene will be publicly available by mid-2021 [20].

Michelin is also considering the use of wood chips to replace oil-based elastomers in tire production. Michelin hopes to produce such a “wooden” tire in 2020. The company is currently conducting research in Brazil [21].

Michelin and General Motors presented at the Movin’On Summit the new generation of airless wheel technology for passenger cars – the prototype MICHELIN Uptis (*Unique Puncture-proof Tire System*). They announced a joint agreement under which companies intend to approve the Uptis prototype for passenger cars in 2024. Testing has already started in cooperation with the Chevrolet brand [22].

Michelin predicts that the tires of the future will be biodegradable, airless and printed in 3D and integrated with high-tech services (Figure 3). The futuristic “Vision” model is to be produced from recycled raw materials and waste, i.e. paper, plastic, cans, used electronic



Rysunek 3. Opony przyszłości wg Michelin [23]
Figure 3. Tires of the future according to Michelin [23]

„Vision” ma być produkowany z surowców pochodzących z recyklingu i do produkcji tego koncepcyjnego modelu mają być wykorzystane odpady, tj.: papier, tworzywa polimerowe, puszki, zużyte części elektroniczne i resztki żywności. Wmontowany w koło czujnik umożliwi komunikację z kierowcą przez komputer pokładowy lub smartfon, informując go o stanie zużycia oraz o warunkach pogodowych. Michelin zapowiedział, że opony „Vision” trafią do seryjnej produkcji, nie określił jednak daty [24].

W 2017 roku firma Goodyear pokazała futurystyczną wizję opon w kształcie piłek – Eagle 360 Urban, wyposażoną w sztuczną inteligencję. Opona Goodyear Eagle 360 Urban ma bioniczną skórę z siecią czujników, która umożliwi oponie sprawdzenie własnego stanu i zbiera informacje o otaczającym ją środowisku, w tym o nawierzchni. Wykonana z super-elastycznego polimeru bioniczna powłoka opony jest prawie tak elastyczna jak ludzka skóra, która może się rozciągać i kurczyć. Dzięki zastosowaniu zmiennego bieżnika, Eagle 360 Urban przekształca się i dostosowuje do aktualnych warunków drogowych i pogodowych. W przypadku uszkodzenia bionicznej powłoki, czujniki w bieżniku lokalizują przebicie i następuje uruchomienie procesu autonaprawy [25].

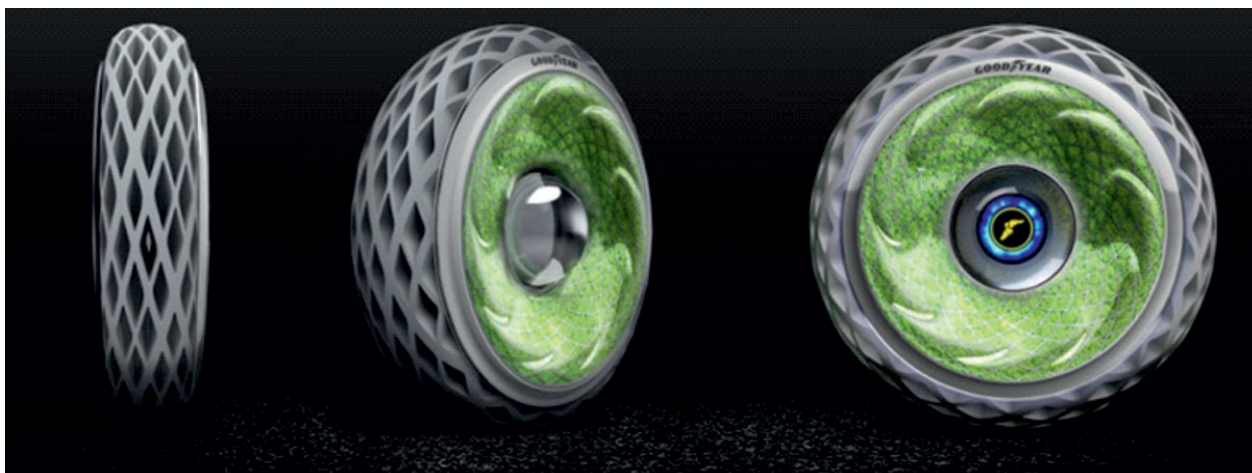
Podczas Salonu Samochodowego 2018 w Genewie Goodyear zaprezentował innowacyjny produkt pod nazwą *Oxygen Tire* (rys. 4), który łączy w sobie żywe organizmy, druk 3D i sztuczną inteligencję. Do tej pory mech rosnący na samochodach i ich oponach był kojarzony tylko ze starymi, uszkodzonymi wrakami samochodów, o których wszyscy już zapomnieli. Dzięki firmie Goodyear pojazdy porośnięte żywymi roślinami mogą być symbolem nowoczesności i innowacji. W związku z powszechnym i często dyskutowanym problemem smogu w miastach firma postanowiła zaprojektować oponę przyjazną dla środowiska, która poprawi jakość powietrza. W *Oxygen Tire* mech posadzony na bocznej powierzchni opony przyczynia się do poprawy jakości powietrza poprzez proces fotosyntezy, zmniejszając ilość ditlenku węgla i wytwarzając tlen. Rośliny i mchy potrzebują wody do życia. Dlatego opony będą wyposażone w specjalny bieżnik pochłaniający wilgoć, który nie tylko zbierze wodę z ulicy i dostarczy ją do roślin, ale także zapewni przyczepność pojazdu na mokrej nawierzchni. Firma Goodyear szacuje, że gdyby w mieście podróżowało każdego dnia 2,5 milionów pojazdów na „oponach pokrytych roślinami”, z atmosfery wchłaniałoby się ponad 4000 ton ditlenku węgla rocznie i wytworzyłoby 3000 ton tlenu. Zmniejszyłoby to zdecydowanie zanieczyszczenie środowiska. Aby opony te były jeszcze bardziej przyjazne dla środowiska, materiał do budowy opon zostałby pozyskany dzięki recyklingowi. Jak wyjaśnia firma Goodyear, opona pozbawiona powietrza zostanie wydrukowana w technologii SLS (*Selective Laser Sintering*) z dodatkiem miazgi gumowego uzyskanego ze zużytych opon.

parts and food waste, is to be used to produce this conceptual model. A sensor installed in the wheel will enable communication with the driver via the on-board computer or smartphone, informing him about the state of wear and tear and the weather conditions. Michelin has announced that “Vision” tires will go into serial production, but has not set an exact date [24].

In 2017, Goodyear demonstrated a futuristic vision of the Eagle 360 Urban, spherical shaped tire equipped with artificial intelligence. The Goodyear Eagle 360 Urban features bionic skin with a network of sensors that allows the tire to check its condition and collect information about the surrounding environment, including the road surface. Made from a super-elastic polymer, the tire’s bionic coating is almost as flexible as human skin, which can stretch and shrink. With its variable tread, the Eagle 360 Urban transforms and adapts to current road and weather conditions. In the event of damage to the bionic coating, sensors in the tread locate the puncture and the auto-repair process starts [25].

At the 2018 Motor Show in Geneva, Goodyear presented an innovative product is called *Oxygen Tire* (Figure 4), which combines living organisms, 3D printing and artificial intelligence. Until now, moss growing on cars and their tires has only been associated with old, damaged car wrecks, which everyone has forgotten about. With Goodyear, vehicles with living plants can be a symbol of modernity and innovation. Due to the widespread and often discussed problem of smog in cities, the company decided to design an environmentally friendly tire that will improve air quality. In *Oxygen Tire* moss planted on the sidewall of the tire contributes to improving air quality through photosynthesis, reducing carbon dioxide and producing oxygen. Plants and moss need water to live. That’s why tires will be equipped with a special moisture-absorbing tread that not only collects water from the street and delivers it to the plants, but also provides the vehicle with excellent wet grip. Goodyear estimates that if 2.5 million vehicles traveled in the city every day on “planted tires”, more than 4000 tons of carbon dioxide would be absorbed from the atmosphere every year and would produce 3000 tons of oxygen. This would significantly reduce environmental pollution. To make the tires even more environmentally friendly, the material for the tires would be obtained through recycling. As Goodyear explains, the airless tire will be printed with SLS (*Selective Laser Sintering*) technology with the addition of rubber dust from the used tires.

Tires printed in 3D will have a lightweight design, resistance to punctures (because they are not filled with air) and have a special ability to absorb shocks. These features will enable drivers to benefit from longer tire life and shorter service intervals. *Oxygene* will also be equipped with artificial intelligence solutions. All the electronics necessary for its operation,



Rysunek 4. Opona *Oxygen* firmy Goodyear [26]

Figure 4. Goodyear's *Oxygene* Tire [26]

Opony wydrukowane w 3D będą miały lekką konstrukcję, odporność na przebicie (ze względu na to, że nie będą wypełnione powietrzem) i będą miały specjalną zdolność pochłaniania wstrząsów. Funkcje te umożliwią kierowcom czerpanie korzyści z dłuższej żywotności opon i krótszych okresów serwisowych. Opona *Oxygene* będzie również wyposażona w rozwiązania sztucznej inteligencji. Cała elektronika niezbędna do jej działania, zgodnie z projektem, jest zasilana energią fotosyntezy. Ponadto podświetlone paski znajdujące się na bocznej ścianie koła zmieniają kolor, aby ostrzec innych kierowców i pieszych przed ruchem samochodu (zmiana pasa, hamowanie itp.). Opony będą również wyposażone w technologię Li-Fi (*Light Fidelity*) wykorzystującą do transmisji danych fale elektromagnetyczne zakresu widzialnego. Główną zaletą Li-Fi jest to, że nie powoduje zakłóceń elektromagnetycznych. W *Oxygene Tire* technologia umożliwi kontakt opon z innymi pojazdami (V2V – *Vehicle-to-Vehicle*), infrastrukturą drogową (V2I – *Vehicle-to-Infrastructure*) i punktami wymiany informacji w Internecie. Może to pomóc poprawić bezpieczeństwo na drodze.

Według szacunków do 2050 r. większość ludności świata będzie mieszkać w miastach, co będzie wiązało się ze znacznym obciążeniem sieci transportowych, ale także środowiska. Bardziej inteligentna i przyjazna dla środowiska infrastruktura komunikacyjna będzie zatem kluczowym elementem w rozwiązywaniu najpilniejszych wyzwań związanych z motoryzacją i rozwojem miast [20].

Innym pomysłem firmy Goodyear na innowacyjną oponę jest Prototyp *EfficientGrip Performance* z technologią *Electric Drive*, który został opracowany dla rozwijającego się rynku pojazdów elektrycznych. Dzięki nowatorskiemu wzorowi bieżnika oferuje użytkownikom dłuższy przebieg, ale także cichszą i bardziej komfortową jazdę. Konstrukcja o wysokiej nośności gwarantuje dłuższą żywotność opon, ale także wysoką wydajność i niższe opory toczenia, co przekłada się na większy

as designed, are powered by energy of photosynthesis. In addition, the illuminated stripes on the side of the wheel will change color to warn other drivers and pedestrians of car traffic (lane change, braking, etc.). The tires will also be equipped with Li-Fi (*Light Fidelity*) technology which uses electromagnetic waves of visible light to the data transfer. The main advantage of Li-Fi is that it does not cause electromagnetic interference. In *Oxygene Tire*, the technology will enable the tires to be connected with other vehicles (V2V – *Vehicle-to-Vehicle*), road infrastructure (V2I – *Vehicle-to-Infrastructure*) and information exchange points on the Internet. This can help improve road safety.

It is estimated that by 2050 the majority of the world's population will live in cities, which will place a significant burden on transport networks, but also on the environment. A smarter and more environmentally friendly transport infrastructure will therefore be a key element in addressing the most pressing automotive and urban development challenges [20].

Another Goodyear idea for an innovative tire is the *EfficientGrip Performance* Prototype with *Electric Drive* technology, which was developed for the growing electric vehicle market. Thanks to its innovative tread pattern, it offers users longer mileage but also a quieter and more comfortable ride. The high load-carrying construction guarantees a longer tire life and also high performance and lower rolling resistance, which translates into a wider range of vehicle applications. *Eagle F1 Asymmetric 3*, has been developed for fleets and features a complete sensor system and tools to communicate with the cloud. Goodyear's intelligent tire prototype enables real-time connectivity and data exchange to optimize tire utilization, implement safer and more cost-effective innovations and maximize uptime. Sensors in the intelligent tires collect data from the vehicle and external sources and deliver it in real time to special algorithms developed by Goodyear engineers. These algorithms keep information about the tire and its condition – including wear, temperature

zakres zastosowania w pojazdach. Eagle F1 Asymmetric 3, został opracowany dla flot samochodów i wyposażony w kompletny system czujników i narzędzia komunikujące się z chmurą. Inteligentny prototyp opon Goodyear umożliwia stałą łączność i wymianę danych w czasie rzeczywistym, co pozwala optymalnie wykorzystywać opony, wdrażać bezpieczniejsze i bardziej opłacalne innowacje oraz maksymalizować czas sprawności. Czujniki w inteligentnych oponach zbierają dane z pojazdu i źródeł zewnętrznych i dostarczają je w czasie rzeczywistym do specjalnych algorytmów opracowanych przez inżynierów firmy Goodyear. Dzięki tym algorytmom informacje o oponie i jej stanie – w tym stopniu zużycia, temperatury i ciśnienia – są stale aktualizowane i udostępniane operatorowi floty [27].

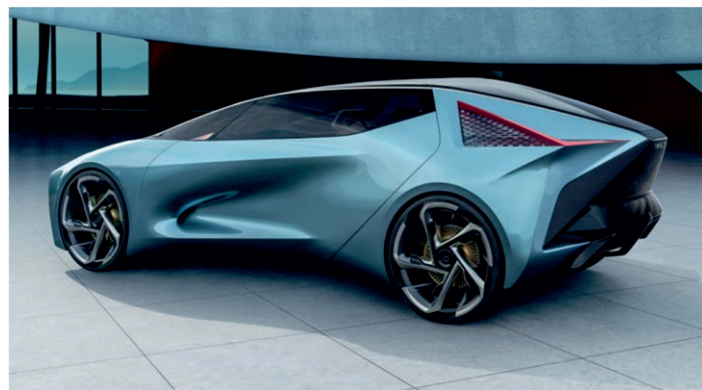
W marcu 2020 roku w Brukseli firma Goodyear we współpracy z Lexusem pokazała odważną nową wizję elektryfikacji pojazdu przez Lexusa, Lexus LF-30 Electrified (rys 5). Ten unikatowy pojazd został pierwotnie pokazany podczas Tokyo Motor Show 2019. Jest to wizja przyszłości samochodów elektrycznych. W futurystycznym modelu zaproponowano oryginalne chłodzenie silnika EV. Dzięki innowacyjnie zaprojektowanej oponie chłodne powietrze dostaje się przez wlot przedniego zderzaka, a żebra na oponach kierują strumień powietrza w kierunku silnika elektrycznego umieszczonego za każdym kołem. Gorące powietrze wytwarzane przez silnik EV jest następnie wydalone w kierunku zewnętrznej krawędzi naelektryzowanej obręczy LF-30. Kolejną zaletą jest zmniejszony opór aerodynamiczny. Konstrukcja opony i jej zewnętrzny kształt poprawiły aerodynamikę Lexusa poprzez zmniejszenie oporu, co skutkuje wyższą wydajnością akumulatorów. Goodyear znalazł inspirację w naturze podczas projektowania opon, co pozwoliło na m.in. zmniejszenie hałasu toczenia opony [28].

Najważniejszym odkryciem firmy Continental jest produkcja kauczuku naturalnego z mniszka gumodajnego, inaczej kok-sagiz (*Taraxum kok-saghyz*), spokrewnionego z mniszkiem lekarskim. Pozwala to producentom przemysłu gumowego uniezależnić się od dostawców kauczuku naturalnego otrzymywanego z kauczukowca, a tym samym znacznie obniżyć koszty produkcji. Prace nad nim prowadzone są wspólnie z Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology (IME). Celem jest zastosowanie kauczuku naturalnego uzyskanego z korzeni mniszka gumodajnego jako bardziej opłacalnej alternatywy kauczuku z kauczukowca hodowanego w monokulturowych plantacjach znajdujących się w strefie

and pressure – constantly updated and available to the fleet operator [27].

In March 2020 in Brussels, Goodyear and Lexus showed a bold new vision of vehicle electrification, the Lexus LF-30 Electrified (Figure 5). This unique vehicle was originally shown at the Tokyo Motor Show 2019, a vision of the future of electric cars. In the proposed model original EV engine cooling system was provided. Thanks to the innovative tire design, cool air enters through the front bumper inlet and the ribs on the tires direct the airflow towards the electric motor behind each wheel. The hot air produced by the EV motor is then expelled towards the outer edge of the LF-30's electrified rim. Another advantage is the reduced aerodynamic resistance. The tire design and external shape have improved the aerodynamics of the Lexus by reducing drag, resulting in higher battery efficiency. Goodyear has found inspiration in nature when designing its tires, which has resulted in reduced rolling noise, among other things [28].

The most important discovery of Continental is the production of natural rubber from rubber dandelion, or dandelion kok-saghyz (*Taraxum kok-saghyz*), related to the common dandelion. This allows the rubber industry producers to become independent from suppliers of natural rubber obtained from rubber tree, thus significantly reducing production costs. The work is being carried out jointly with the Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology (IME). The aim is to use natural rubber from dandelion roots as a more cost-effective alternative to rubber tree grown in monoculture plantations in the equatorial zone. Rubber-rich dandelion can be grown even on soils that



Rysunek 5. Lexus LF-30 Electrified i innowacyjna opona w tym samochodzie [28]

Figure 5. Lexus LF-30 Electrified and innovative tire of this car [27]

równikowej. Mniszek gumodajny może być hodowany nawet na glebach, których nie można wykorzystać do uprawy roślin jadalnych, dlatego plantacja może znajdować się w pobliżu fabryk opon w Europie Środkowej. Jedną z najnowszych innowacji firmy Continental w dziedzinie zrównoważonego rozwoju jest opona z mniszka (rys. 6). Ze względu na małą odległość od fabryki opon brak transportu kauczuku znacznie zmniejszy emisję ditlenku węgla.

Wraz z rozwojem mobilności elektrycznej w sektorze transportu publicznego zaistniała potrzeba rozbudowy floty pojazdów niskoemisyjnych. W 2019 roku Continental wprowadził na rynek pierwszą oponę do autobusów elektrycznych. Opony te muszą wytrzymać dużą masę całkowitą pojazdu oraz zapewnić dobrą przyczepność, wytrzymałość i nośność. Opona Conti Urban HA3 ma zwiększony indeks nośności dzięki wytrzymałej powłoce o dużej gęstości i grubości drutu. Ma również mocny i wytrzymały bieżnik z dużą ilością kauczuku naturalnego, co prowadzi do wykorzystania pełnego potencjału takiej opony. Specjalny miejski profil opony autobusowej zwiększa wytrzymałość i równomierność zużycia, a duża szerokość bieżnika zapewnia doskonałą stabilność podczas pokonywania zakrętów, co zwiększa bezpieczeństwo w ruchu miejskim. Specjalna budowa opony zmniejsza hałas i poprawia komfort jazdy [29].

Kolejną innowację przedstawił Sumitomo Rubber Industries Ltd. (SRI), we współpracy z profesorem Hiroshi Tani z Uniwersytetu Kansai, który opracował technologię generowania energii elektrycznej z obrotu opony [30]. Projekt jest częścią „konceptu inteligentnych opon” SRI, której celem jest reagowanie na zmiany zachodzące w całym przemyśle motoryzacyjnym. Konceptja dotyczy również różnych parametrów, w tym bezpieczeństwa, efektywności środowiskowej i cyfryzacji. SRI oczekuje, że nowa technologia zostanie wykorzystana jako źródło zasilania czujników w systemach monitorowania ciśnienia w oponach (TPMS) i innych urządzeniach samochodowych. Firma potwierdziła, że będzie kontynuować prace nad badaniami przy wsparciu Japońskiej Agencji Nauki i Technologii.

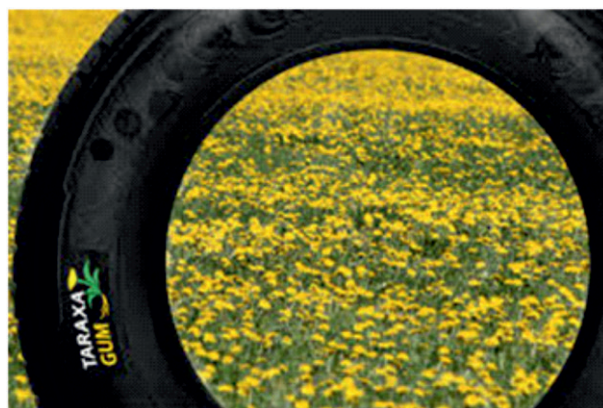
Ciekawą proekologiczną koncepcję ma firma Audia Elastomers. Ogłosiła ona wprowadzenie swojej linii „OP” elastomerów termoplastycznych z odpadów tworzyw sztucznych pochodzących z mórz i oceanów. Materiały te mogą zastąpić konwencjonalne TPE, TPU i TPV stosowane w artykułach konsumpcyjnych, elektronicznych czy sprzęcie sportowym. Głównym celem jest zapobieganie zanieczyszczeniom oceanów, mórz i plaży oraz ochrona gatunków zwierząt [31].

cannot be used for growing edible crops, so the plantation may be located close to tire factories in Central Europe. One of Continental’s latest innovations in the field of sustainability is the dandelion tire (Figure 6). Due to the short distance from the tire factory, the lack of necessity of long-range rubber transport will significantly reduce carbon dioxide emissions.

With the development of electric mobility in the public transport sector, there is a need to expand the fleet of low-carbon vehicles. In 2019, Continental launched the first tire for electric buses. These tires must be able to withstand the high total weight of the vehicle and provide good grip, strength and load capacity. The Conti Urban HA3 has an increased load capacity index thanks to a high-density, heavy-duty coating and wire thickness. It also has a strong and durable tread with a large amount of natural rubber, which leads to the full potential of the tire. The special urban bus tire profile increases strength and wear uniformity, and the large tread width provides excellent stability when cornering, which increases safety in urban traffic. The special tire structure reduces noise and improves riding comfort [29].

Another innovation was presented by Sumitomo Rubber Industries Ltd. (SRI), in collaboration with Professor Hiroshi Tani of the University of Kansai, who developed a technology to generate electric power from the tire’s rotation [30]. The project is part of the “intelligent tire concept” SRI, which aims to respond to changes in the entire automotive industry. The concept also covers various parameters, including safety, environmental performance and digitalization. SRI expects the new technology to be used as a power source for sensors in tire pressure monitoring systems (TPMS) and other automotive equipment. The company has confirmed that it will continue its research with the support of the Japanese Science and Technology Agency.

Audia Elastomers has an interesting pro-ecological concept. It announced the introduction of its “OP” line of thermoplastic elastomers from ocean plastic waste. These materials can replace conventional TPE, TPU and TPV used in consumer goods, electronics or



Rysunek 6. Opona firmy Continental wykonana z gumy z mniszka

Figure 6. Continental rubber dandelion tire

Przyszłością samochodów jest komunikacja z czynnikami zewnętrznymi, tj. sygnalizacją świetlną, infrastrukturą drogową, a następnie dzielenie się tymi informacjami z innymi kierowcami i lokalnymi władzami. Producent opon, Pirelli, wprowadza nowe rozwiązanie do technologii samochodów, debiutując jako producent inteligentnych opon, które przesyłają dane przez sieć 5G. Testy przeprowadzono już we współpracy z firmami Pirelli, Ericsson, Audi, Tim, Vodafone, Italdesign i KTH. Firma nie ogłosiła jeszcze, kiedy opony będą ogólnie dostępne, ale nowa technologia powinna z pewnością poprawić komfort, komunikację i bezpieczeństwo na drodze [32].

5. Podsumowanie

W niedalekiej przyszłości, zgodnie z obietnicą producentów, będziemy mogli jeździć na oponach wykorzystujących technologię 3D podłączonych do komputera pokładowego lub smartfona. Będzie możliwe uzyskiwanie informacji bezpośrednio o warunkach panujących na drodze, poziomie zużycia opon, a także porozumiewanie się z innymi użytkownikami dróg za pomocą sieci 5G. Dzięki technologii samonaprawiających się polimerów powstaną opony, które niemalże samoistnie zregenerują się po przebieciu. Opony staną się bardziej ekologiczne, będą wykorzystywać surowce wtórne, a nawet będą mogły przetwarzać ditlenek węgla w tlen za pomocą roślin osadzonych w oponie. Opony przyszłości będą mogły nawet wytwarzać energię, która zasili urządzenia elektryczne samochodu.

Trwają również prace nad poszukiwaniem nowych źródeł surowców, takich jak elastomery z odpadów z tworzyw sztucznych odławianych z mórz i oceanów, z biomasy czy zrębków drzewnych, które w produkcji opon mogłyby zastąpić elastomery oparte na surowcach z ropy naftowej.

Rozwój innowacyjnych rozwiązań w przemyśle oponiarskim jest bardzo dynamiczny. Czas pokaże, czy wszystkie pomysły znajdą zastosowanie w rzeczywistości.

sports equipment. The main objective is to prevent pollution of the oceans, seas and beaches and protect animal species [31].

The future of cars is to communicate with external factors, i.e. traffic lights, road infrastructure, and then share this information with other drivers and local authorities. Tire manufacturer Pirelli introduces a new solution to car technology, making its debut as a manufacturer of intelligent tires that transmit data over the 5G network. Tests have already been carried out in cooperation with Pirelli, Ericsson, Audi, Tim, Vodafone, Italdesign and KTH. The company has not yet announced when the tires will be publicly available, but the new technology should certainly improve comfort, communication and road safety [32].

5. Summary

In the near future, as promised by the manufacturers, we will be able to drive on 3D-printed tires connected to the on-board computer or smartphone. It will be possible to obtain information directly on road conditions, tire wear levels, as well as to communicate with other road users via the 5G network. Thanks to the technology of self-repairing polymers, the tires will be able to repair themselves after a puncture. The tires will become more environmentally friendly and even will be able to convert carbon dioxide into oxygen by means of plants that will be placed in the tire. The tires of the future will even be able to produce energy to power the car's electrical equipment.

Work is also underway to find new sources of raw materials, such as elastomers from plastic waste from seas and oceans, biomass or wood chips, which could replace petroleum-based elastomers in tire production.

The development of innovative solutions in the tire industry is very dynamic. Time will tell if all the ideas will be applied in reality.

6. Literatura / Literature

1. Schumpeter J.A., *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw Hill, New York, 1964, 14.
2. Drucker P.F., *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1992.
3. Żygo M., Kurczewski M., Prochom M., *Eliksir*, 2016, 1 (3).
4. Schurer H., *Rubber J.*, 1957, 132, 543.
5. White J.R., De S.K., (Ed.), *Poradnik technologia gumy*, 2003.
6. Patent USA 3633, 15 czerwca 1844

7. Koret A: *Brief History of Rubber*, www.iisrp.com/WebPolymers/00RubberIntern, [dostęp: 20.10.2019].
8. Rzymiski W.M.: *Elastomery*, 2013, **17** (3), 12.
9. Blow C.M., Hepburn C., *Rubber Technology and Manufacture*, Butterworth Scientific, London, 1981.
10. Ciechanowicz L.: *Elastomery*, 2001, **5** (2), 3.
11. <https://www.automoblog.net/2016/02/17/history-of-tires/>, [dostęp: 1.06.2020].
12. Harp S.L., *A World History of Rubber: Empire, Industry, and the Everyday*, John Wiley & Sons, 2016.
13. Andrzejewski R.: *Dynamika pneumatycznego koła jezdneho*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 2010.
14. Augustynowicz A.: *Modelowanie typu kierowcy samochodu*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2009.
15. <https://www.swiatopon.info/artykuly/jak-zbudowane-sa-opony,50310>, [dostęp: 1.06.2020].
16. Yang Y., Urban M.W., *Chem. Soc. Rev.*, 2013, **42**, 7446.
17. Rekondo A., Martin R., Ruiz de Luzuriaga A., Cabañero G., Grande H.J., Odriozola I., *Mater. Horiz.*, 2014, doi: 10.1039/C3MH00061C.
18. <https://truckfocus.pl/nowosci/3970/samonaprawiajaca-sie-opona-goodyear>, [dostęp: 22.05.2020].
19. <https://www.michelinman.com/michelin-selfseal-technology.html>, [dostęp: 22.05.2020].
20. <https://www.michelin.com/en/news/bio-sourced-materials-a-new-milestone/>, [dostęp: 22.05.2020].
21. <https://www.motor1.com/news/251541/michelin-wooden-tire-compound/>, [dostęp: 22.05.2020].
22. <https://www.cnet.com/roadshow/news/michelin-gm-future-tires/>, [dostęp: 22.05.2020].
23. <https://www.youtube.com/watch?v=Tyc4Apyk2Rc&feature=youtu.be>, [dostęp: 22.05.2020].
24. <https://www.michelin.com/en/innovation/>, [dostęp: 22.05.2020]. <https://www.youtube.com/watch?v=Tyc4Apyk2Rc&feature=youtu.be>, [dostęp: 22.05.2020].
25. <https://news.goodyear.eu/goodyear-unveils-the-eagle-360-urban-a-concept-tire-powered-by-artificial-intelligence/>, [dostęp: 22.05.2020].
26. <https://news.goodyear.eu/goodyear-unveils-oxygene-a-concept-tire-designed-to-support-cleaner-and-more-convenient-urban-mobility/>, [dostęp: 22.05.2020].
27. <http://www.swiatopon.info/dzial/120-opony/artykuly/opony-przyszlosci-wedlug-goodyear-zaprezentowane-w,66829/1>, [dostęp: 21.05.2020].
28. <https://news.goodyear.eu/goodyear-partners-with-lexus-to-shape-the-future-of-electric-mobility/>, [dostęp: 21.05.2020].
29. <https://www.continental.com/en/press/press-releases/2019-04-08-e-mobility-169470>, [dostęp: 21.05.2020].
30. US Patent App. 16/514,706, 2020.
31. <https://audiaelastomers.com/learn/looking-to-be-more-sustainable/>, [dostęp: 21.05.2020].
32. <https://www.pirelli.com/global/en-ww/road/from-the-tarmac-to-5g-pirelli-s-smart-tyres-describe-the-road-surface/>, [dostęp: 21.05.2020].