

Henryk HOLKA, Tomasz JARZYNA

e-mail: holka@utp.edu.pl

Instytut Mechaniki i Konstrukcji Maszyn, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Zastosowanie trójdyszowych głowic natryskowych w metodzie *water-jet* do recyklingu opon samochodowych

### Wstęp

Ekonomiczne i ekologiczne aspekty utylizacji zużytych opon spowodowały duże, globalne zainteresowanie tą tematyką. O znaczeniu problemu niech świadczy fakt, że w 2008 same kraje Unii Europejskiej wygenerowały 2600 tys. Mg zużytych opon. Brak opłacalnych metod utylizacji powoduje, że corocznie 77% zużytych opon samochodowych nie jest w żaden sposób utylizowanych. Warto podkreślić, że opony w środowisku naturalnym nie ulegają degradacji nawet przez 100 lat.

Sposób utylizacji używanych opon zależy od ich kategorii. Używane opony dzieli się na trzy kategorie:

- opony częściowo zużyte – mające nieszkodzony karkas i zachowaną minimalną głębokość rzeźby bieżnika (w Polsce 1,6 mm) i które można użyć zgodnie z ich pierwotnym przeznaczeniem,
- opony używane nadające się do bieżnikowania – mające nieszkodzony karkas i odpowiedni wiek, a zbyt małą głębokość rzeźby bieżnika. Trwałość ich można zwiększyć poprzez mechaniczne pogłębienie – nacięcie rzeźby bieżnika tylko dla opon samochodów ciężarowych o dostatecznej grubości bieżnika lub poprzez bieżnikowanie polegające na trwałym przyłączeniu nowego bieżnika w procesie wulkanizacji,
- opony zużyte, które nie nadają się do używania ani do bieżnikowania ze względu na wiek lub uszkodzenie karkasu. Opony te można poddać spalaniu, pirolizie, rozpuszczeniu, recyklingowi produktowemu lub materiałowemu. Recykling materiałowy wymaga rozdrobnienia opon [1]. Duża trwałość, wytrzymałość oraz odporność na działanie czynników zewnętrznych powodują, że proces odzyskiwania gumy czy drutów stalowych z opony jest utrudniony. Ich zawartość w oponie jest znaczna, o czym świadczy tab. 1.

Tab. 1. Skład materiałowy opon w % mas. [2, 3]

Rodzaj materiału	Skład [% mas.]
kauczuk	45 - 47
sadza	~22
stal	16,5 - 25
kord tekstylny	~5
tlenek cynku	1 - 2
siarka	~1
dodatki chemiczne	5 - 7,5

### Metoda *water-jet*

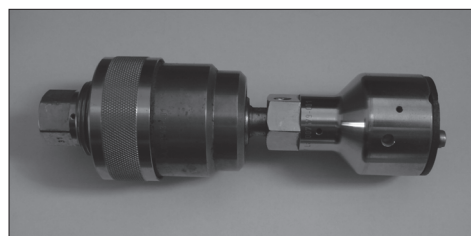
Na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym od kilku lat trwają badania dotyczące możliwości wykorzystania wysokociśnieniowej technologii natrysku wody do dekompozycji opon. Prowadzone prace charakteryzują dużą innowacyjność o czym świadczą dwa zgłoszenia patentowe dotyczące proponowanej metody.

Wykorzystanie technologii *water-jet* w recyklingu opon samochodowych polega na skierowaniu na oponę pojedynczej lub większej liczby strug wody pod wysokim ciśnieniem. Prace badawcze rozpoczęto od analizy natrysku pojedynczego strumienia na oponę (Rys. 1) pod kątem efektywności oraz jakości oddzielania drutów stalowych od pozostałych materiałów opony [4, 5].



Rys. 1. Widok opony po oddziaływaniu strumienia wody o wysokim ciśnieniu

Liczne badania eksperymentalne, podczas których zmieniano ciśnienie natryskiwanej wody na oponę, prędkość posuwu dyszy, odległość czoła dyszy od opony pozwoliły na wybór optymalnych parametrów procesu. Problemem pozostawał długi czas obróbki opony, który dla pojedynczej strugi wynosił kilkadziesiąt minut. Dlatego podjęto decyzję o wykorzystaniu w dalszych badaniach trójdyszowych głowic natryskowych (Rys. 2) [7]. Zastosowanie głowicy natryskowej znacznie skraca czas procesu.



Rys. 2. Trójdyszowa głowica natryskowa

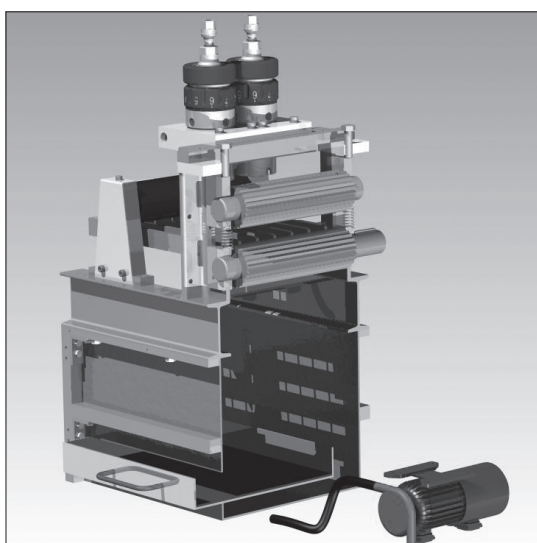
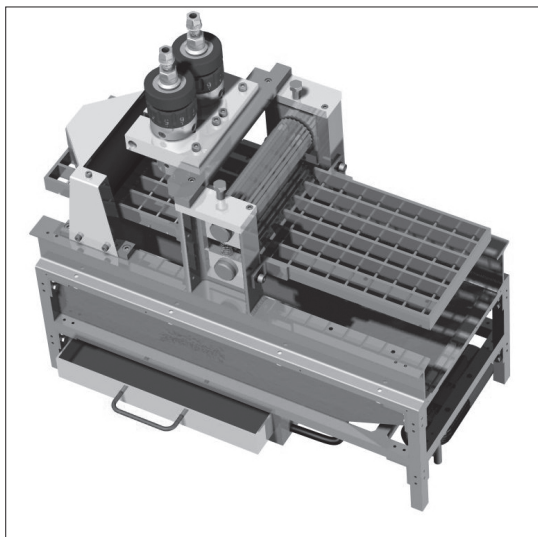
Zagadnienia dotyczące analizy bilansu energetycznego procesu technologicznego dekompozycji można znaleźć w innych publikacjach autorów np. w pracy [6].

Doświadczenia zbierane w czasie badań skłaniały do tworzenia coraz to nowych koncepcji stanowisk badawczych. Ostateczną formę stanowiska w postaci modelu 3D przedstawiono na rys. 3. Aby przeprowadzić operację na całej szerokości opony, postanowiono wykorzystać dwie głowice współpracujące równolegle.

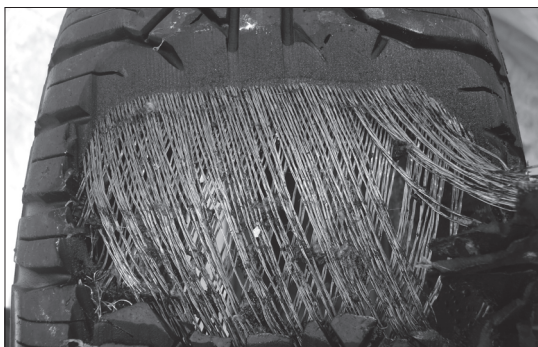
### Badania doświadczalne

Przeprowadzone badania doświadczalne miały na celu stwierdzenie, czy proponowana metoda badawcza może stanowić alternatywę dla metod obecnie stosowanych (szczególnie mechanicznego rozdrabniania) oraz jak wygląda oddzielenie drutów stalowych od pozostałych materiałów opony. Wyniki badań eksperymentalnych po zastosowaniu pojedynczych strug wody jak i trójdyszowej głowicy natryskowej potwierdziły, że możliwe jest całkowite odseparowanie drutów stalowych od pozostałych materiałów (Rys. 4, 5).

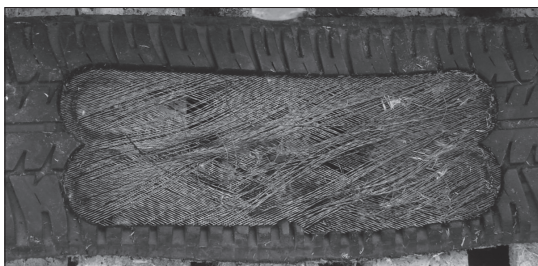
Drugim, istotnym zagadnieniem jest wielkość rozdrobnionych cząstek, które uzyskuje się w trakcie procesu.



Rys. 3. Stanowisko badawcze



Rys. 4. Widok opony po kilkukrotnym oddziaływaniu pojedynczego strumienia wody



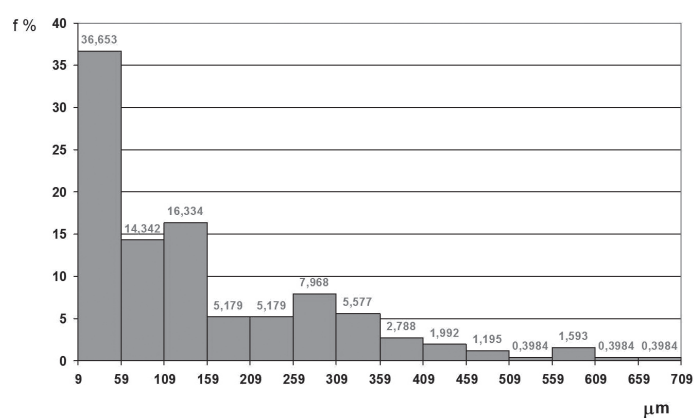
Rys. 5. Widok opony po dwukrotnym oddziaływaniu trójdiscyzowej głowicy natryskowej

W tym celu przeprowadzono odpowiednie pomiary stosując mikroskop wyposażony w okular z podziałką, wycechowaną za pomocą wzorca o długości 1 mm i podziałce 0,01 mm. Pomiary wykonano przy powiększeniu  $\times 80$ . Losowo pobrano próbki rozdrobnionej gumy i określano dla każdego pola widzenia maksymalne wymiary cząstek. Wykonano 251 pomiarów.

Na podstawie tej populacji opracowano szereg rozdzielczy cechujący się następującym zakresem zmienności (rozstępem wyników pomiaru):  $R = a_{max} - a_{min} = 688,2 + 9,3 = 688,2 \mu\text{m}$  oraz średnią arytmetyczną wyników pomiarów  $\bar{a} = 146 \mu\text{m}$ . Ponadto wyznaczono średnie odchylenie kwadratowe dla populacji pomiarów  $s = 139,8 \mu\text{m}$  oraz średni błąd wartości średniej  $\bar{s} = 8,82 \mu\text{m}$ . Przedziały wartości dla  $n = 251$  pomiarów przy poziomie ufności  $p = 0,95$  wyniosły

$$131,91 < E(a) < 160,95 \mu\text{m}.$$

Na rys. 6 przedstawiono histogram szeregu rozdzielczego cząstek gumy.



Rys. 6. Histogram szeregu rozdzielczego wymiarów cząstek gumy (szereg niemodalny)

## Wnioski

1. Proponowana metoda umożliwia całkowite odseparowanie drutów stalowych od pozostałych materiałów opony przy dużym stopniu rozdrobnienia gumy.
2. Metoda *water-jet* stanowi doskonałą alternatywę dla metod mechanicznego rozdrabniania i może być stosowana w skali przemysłowej.
3. Minimalna wartość ciśnienia strugi wody potrzebna do prawidłowej realizacji procesu wynosi 200 MPa.
4. Liczba głowic zastosowana w czasie obróbki opony bezpośrednio zależy od jej szerokości. Dla typowych standardowych opon samochodów osobowych wystarczy zastosować dwie głowice.
5. Małe gabaryty urządzenia umożliwiają budowę stanowiska mobilnego, dzięki czemu łatwy będzie jego transport do zakładów zajmujących się przeróbką.
6. Badaniom poddawano wyłącznie opony samochodów osobowych. Planuje się w niedalekiej przyszłości zastosować proponowaną metodę do opon o większych gabarytach.

## LITERATURA

- [1] J. Gronowicz, T. Kubiak: Problemy Eksploatacji, nr 2 (2007).
- [2] G. Nowak: Recykling 3 (99), 2009.
- [3] J. W. Sikora, U. Ostaszewska: Elastomery nr 2 (2010).
- [4] H. Holka, T. Jarzyna: Inż. Ap. Chem. 44, nr 3s, 31 (2005).
- [5] H. Holka, T. Jarzyna: Inż. Ap. Chem. 47, nr 5, 11(2008).
- [6] H. Holka, T. Jarzyna: Inż. Ap. Chem. 49, nr 5, 43 (2010).
- [7] H. Holka, T. Jarzyna: Sposób odzyskiwania gumy z zużytych opon samochodowych i instalacja do jego stosowania. Zgłoszenie patentowe P-392151 z dnia 17.08.2010 r.