

**XI Konferencja
TERMOGRAFIA I TERMOMETRIA
W PODCZERWIENI**

**11th Conference on
THERMOGRAPHY AND THERMOMETRY
IN INFRARED**



**Politechnika Łódzka
22-24 września 2015 r.**



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki



IEEE
POLAND SECTION



Patron medialny



Wydawnictwo PAK

Właściwości termomechaniczne gumy wulkanizowanej badane za pomocą maszyny wytrzymałościowej oraz kamery termowizyjnej

M. Staszczak¹, E.A. Pieczyska¹, M. Maj¹, L. Urbański¹, I. Odriozola²,
R. Martin²

¹ Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, ul. Pawińskiego 5b, 02-106 Warszawa, email: mstasz@ippt.pan.pl

² Centrum technologii IK4-CIDETEC, ul. Miramón 196, 20009 San Sebastian, Hiszpania

Streszczenie

Praca przedstawia wyniki doświadczalnych badań efektów sprzężeń termomechanicznych w naturalnej, wulkanizowanej gumie z różną zawartością poliuretanu o właściwościach samo-naprawiania, tzw. „self-healing” podczas obciążania z różnymi prędkościami deformacji. Próbki rozciągano na maszynie wytrzymałościowej wysokiej klasy, co pozwoliło otrzymać charakterystyki mechaniczne z wysoką dokładnością, a szybka i czuła kamera termowizyjna pozwoliła otrzymać w sposób bezstykowy zmiany temperatury próbek związane z ich odkształcaniem. Stwierdzono, że im więcej dodatku poliuretanu, tym wyższa sprężystość gumy oraz niższa jej wytrzymałość. Ponadto, otrzymane wyniki potwierdziły wysoką wrażliwość materiału na prędkość deformacji: im wyższa prędkość, tym wyższe wartości naprężenia oraz zmian temperatury.

1. Wprowadzenie

Obecnie materiały gumowe cieszą się bardzo dużym zainteresowaniem i często są stosowane w różnych dziedzinach przemysłu. Ze względu na swoją elastyczność i wytrzymałość, guma naturalna (NR) jest podstawowym składnikiem wielu produktów stosowanych w przemyśle samochodowym, spożywczym oraz medycznym.

Sprzężenia termomechaniczne określamy jako wzajemne silne lub słabe oddziaływania pomiędzy polami naprężenia i temperatury; efekty te często występują w przyrodzie. Pierwsze badania doświadczalne sprzężeń termomechanicznych naturalnej gumy przeprowadził Gough w 1805 r. Zadeemonstrował on sprzężony charakter termomechanicznego zachowania się gumy [1]. Następnie Joule zauważył (1859), że rozciąganie gumy powoduje spadek temperatury próbki w początkowym zakresie odkształcenia, natomiast zdecydowany wzrost temperatury próbki obserwowany jest w zakresie większych odkształceń [2]. Obecnie sprzężenia termomechaniczne w gumach są przedmiotem badań prac teoretycznych i eksperymentalnych, m.in. Samaca Martineza J.R., Wattrisse'a B., Ovalle Rodasa C.

2. Materiał i procedura eksperymentalna

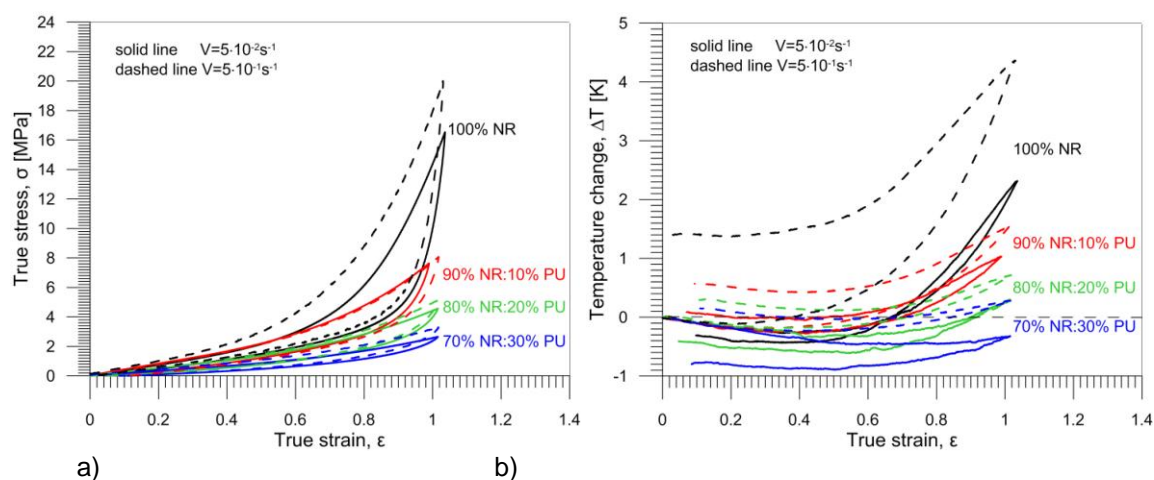
Badania doświadczalne przeprowadzono na nowym materiale elastomerowym otrzymanym jako mieszanina dwóch termoutwardzalnych polimerów: wulkanizowanej gumy i poliuretanu (PU) o właściwościach samo-naprawiających. Celem badań było określenie wpływu zawartości PU na termomechaniczne zachowanie się otrzymanej gumy jak również scharakteryzowanie jej właściwości termomechanicznych.

Próbki o długości pomiarowej 25 mm (przekrój 25 mm x 2 mm) rozciągano na maszynie wytrzymałościowej MTS 858 w temperaturze pokojowej z prędkościami deformacji $5 \cdot 10^{-2} \text{s}^{-1}$ oraz $5 \cdot 10^{-1} \text{s}^{-1}$. Szybka i czuła kamera termowizyjna ThermoCamTM Phoenix została wykorzystana w celu oszacowania zmian temperatury towarzyszących deformacji próbek w bezstykowy sposób [3].

3. Badanie sprzężeń termomechanicznych w próbkach gumy z różną zawartością poliuretanu

Na rys. 1 pokazano naprężenie i zmiany temperatury w funkcji odkształcenia otrzymane podczas rozciągania gumy naturalnej z różną zawartością PU: 100% NR, 90% NR-10% PU; 80% NR-20% PU i 70% NR-30% PU z prędkościami odkształcenia $5 \cdot 10^{-2} \text{s}^{-1}$ i $5 \cdot 10^{-1} \text{s}^{-1}$. Naprężenia i zmiany temperatury demonstrują bardzo duży wpływ sprzężeń termomechanicznych na mechaniczne zachowanie się tej gumy. W początkowym zakresie odkształcania obserwuje się spadek temperatury, natomiast dla większych odkształceń temperatura próbek zdecydowanie wzrasta.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że im więcej poliuretanu, tym próbki mają większą sprężystość oraz mniejszą wytrzymałość na rozciąganie. Dla wyższej prędkości odkształcenia uzyskano ponadto wyższe wartości naprężenia i zmian temperatury. Wynika to z faktu, że dla wyższych prędkości mechanizmy odkształcania zachodzą bardziej dynamicznie, a warunki pomiarów zbliżają się do adyabatycznych, co w znaczący sposób wpływa na strukturę próbki oraz jej zachowanie termomechaniczne.



Rys. 1. Porównanie wyników otrzymanych dla naturalnej gumy z różną zawartością PU podczas rozciągania z prędkościami $5 \cdot 10^{-2} \text{s}^{-1}$ (linia ciągła) oraz $5 \cdot 10^{-1} \text{s}^{-1}$ (linia przerywana): a) naprężenie rzeczywiste σ w funkcji odkształcenia ϵ ; b) zmiany temperatury ΔT w funkcji odkształcenia ϵ

4. Wnioski

Z przeprowadzonych badań sprzężeń termomechanicznych w procesie odkształcania gumy z różną zawartością poliuretanu o właściwościach „self-healing” wynika, że otrzymany materiał charakteryzują korzystne właściwości mechaniczne, m.in. wysoka elastyczność, duże wydłużenie, szczególnie przy większej zawartości poliuretanu. Potwierdzono również wysoką wrażliwością na prędkość odkształcania - większe zmiany naprężenia i temperatury.

Bibliografia

- [1] J. Gough, A description of a property of Caoutchouc, or Indian rubber, Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester, vol. 1, 1805, 288-295.
- [2] J.P. Joule, On some thermo-dynamic properties of solids, Philosophical Transactions of the Royal Society of London A, vol.149, 1859, 91-131.
- [3] M. Staszczak, E.A. Pieczyska, M. Maj, L. Urbański, H. Tobushi, S. Hayashi, Właściwości mechaniczne oraz zmiany temperatury polimeru z pamięcią kształtu w procesie rozciągania, PAK, vol.59, nr 9, 2013, 1002-1005.

Acknowledgments: Badania zostały przeprowadzone w ramach stypendium naukowego KMM-VIN (Call 6) oraz Grantów NCN Nr 2011/01/M/ST8/07754 i Nr 2014/13/B/ST8/04280.