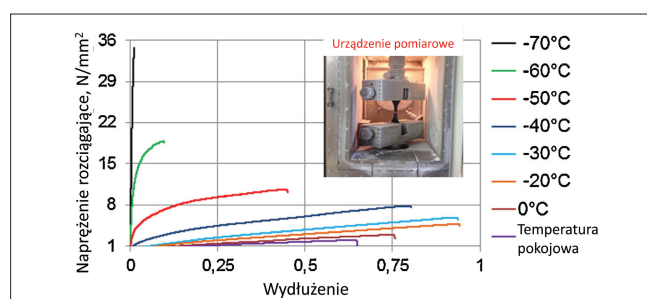


Obróbka skrawaniem elastomerów z wykorzystaniem chłodzenia kriogenicznego

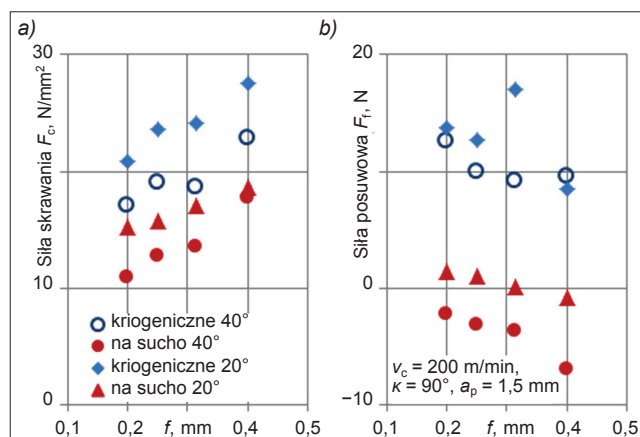
Podstawową techniką kształtowania elastomerów jest formowanie tłoczne, wymagające kosztownego, indywidualnego przygotowania form, co w przypadku produkcji małoseryjnej jest nieoptyczne. W tej sytuacji atrakcyjną alternatywą może być obróbka skrawaniem, oferująca dużą różnorodność uzyskiwanych kształtów. Lepkosprężyste zachowanie materiałów o niskim module Younga utrudnia jednak osiągnięcie wyrobów o wysokiej jakości. Na szczęście to zachowanie można czasowo zmienić przez zastosowanie chłodzenia kriogenicznego.

W celu określenia właściwego zakresu temperatury podczas skrawania kauczuku akrylonitrylo-butadienowego (NBR) przeprowadzono próby rozciągania. Wyniki przedstawione na rys. 1 wskazują, że obniżenie temperatury prowadzi do wzrostu modułu sprężystości i naprężeń rozciągających. Maksymalne wydłużenie początkowo rośnie i osiąga lokalne maksimum przy ok. -20°C . Podczas dalszego obniżania temperatury maksymalne wydłużenie wyraźnie spada, a stan kruchy i quasi-sprężysty materiału zostaje osiągnięty przy ok. -70°C .

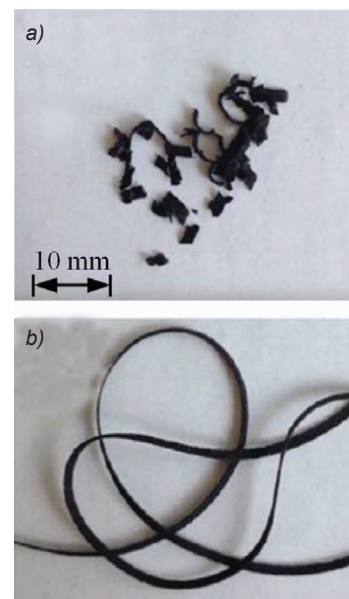
Obróbce toczeniem poddano cylinder z elastomeru NBR, umieszczony w specjalnym uchwycie zapobiegającym obracaniu się badanego elementu i odształcaniu na boki. Zastosowano nóż o kącie przystawienia $\kappa_r = 90^{\circ}$, kącie przyłożenia $\alpha_o = 11^{\circ}$ oraz kątach natarcia $\gamma_o = 20^{\circ}$ i 40° . Stosowano prędkość skrawania $v_c = 200$ m/min i głębokość skrawania $a_p = 1,5$ mm. Badano zależność sił skrawania od posuwu podczas skrawania na sucho i z chłodzeniem kriogenicznym, gdy przedmiot po zamocowaniu był schładzany przy pomocy ciekłego azotu, podawanego dyszą o średnicy 3 mm umieszczoną w odległości 40 mm od przedmiotu. Wyniki przedstawione na rys. 2 wskazują na wzrost siły skrawania F_c wraz ze wzrostem posuwu oraz na niższe siły dla większych kątów natarcia, co jest typowe dla obróbki konwencjonalnej. Schłodzenie przedmiotu powoduje, że obie składowe siły (F_c i F_f) są znacznie wyższe, co wynika z podwyższenia modułu Younga. Interesujący efekt zaobserwowano w przypadku siły posuwowej, która w obróbce metali – np. aluminium – rośnie wraz ze wzrostem posuwu nawet przy wysokich kątach natarcia. Otóż wartość F_f malała wraz ze wzrostem posuwu, a przy toczeniu na sucho osiągała wartości ujemne. Chłodzenie kriogeniczne powoduje znaczny wzrost sił i niewystępowanie wartości ujemnych. Występowanie niskiej temperatury w strefie tworzenia się wióra potwierdza także kruche zachowanie się materiału, ułatwiające łamanie się wiórów – długie wióry wstępowe zostają zastąpione przez wióry segmentowe (rys. 3).



Rys. 1. Wykresy naprężenie-odkształcenie NBR uzyskane dla różnych wartości temperatury



Rys. 2. Zależność siły skrawania F_c (a) i siły posuwowej F_f (b) od posuwu podczas toczenia NBR na sucho i z chłodzeniem kriogenicznym



Rys. 3. Kształt wióra tworzącego się podczas toczenia elastomeru z chłodzeniem kriogenicznym (a) i na sucho (b)

Przedstawione badania wykazały, że chłodzenie kriogeniczne powoduje zmianę właściwości elastomerów z lepko-sprężystych do szklisto-kruchych o wyższym module Younga, co umożliwia precyzyjną obróbkę i zapewnia znacznie lepszą postać wiórów.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Putz M., Dix M., Neubert M., Schmidt T. "Mechanism of cutting elastomers with cryogenic cooling". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 65 (2016): s. 73–76.