

Aleksander LUTYŃSKI

Aleksander OPILSKI

Franciszek WITOS

ZASTOSOWANIE EMISJI AKUSTYCZNEJ W IDENTYFIKACJI
WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE
PRZENOŚNIKOWYCH TAŚM TKANINOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań emisji akustycznej przENOŚNIKOWYCH taŚM tkaninowych poddawanych obciążeniu siłą rozciągającą wzdłuż osnowy. Opisano zjawisko emisji akustycznej, podano zestawy aparatury do pomiaru i rejestracji aktywności AE oraz do elektronicznej analizy zarejestrowanych impulsów. Zaprezentowano przykładowe przebiegi impulsów i ich charakterystyki, jak również parametr impulsów AE [1] przydatny do prognozowania wytrzymałości próbek taŚm.

1. WSTĘP

Generowanie fal sprężystych w strukturze materiału pojawiające się wskutek szybkiego wyzwolenia zakumulowanej w nim energii nazywany emisją akustyczną ciał stałych. Każdy z materiałów, rozumianych bardzo szeroko posiada pierwotny lub nabyty w trakcie eksploatacji niejednorodny rozkład energii sprężystej. Jeżeli pojawią się zewnętrzne przyczyny zmieniające ten stan rzeczy (bodźce mechaniczne [2, 3], chemiczne, radiacyjne), to w jednym lub wielu obszarach - zachodzi proces deformacyjny, w trakcie którego energia może być częściowo wyemitowana w postaci fal sprężystych. W przypadku tkaninowych taŚm przENOŚNIKOWYCH, najczĘŚCIEJ oddziałującymi na taŚmę sĄ bodźce mechaniczne. Wspomniane procesy deformacyjne sĄ procesami niszczenia materiałów i dla fizycznej interpretacji pomiarów AE badanego materiału potrzebna jest znajomość jego mechaniki niszczenia, która w przypadku tkaninowych, kompozytowych materiałów jest nazwywaną mechaniką niszczenia dwufazowego układu: wysoko wytrzymałe włókna-plastykowa matryca (bieszniaki, obrzeża, warstwa frykcyjnej). Dla taŚmy przENOŚNIKOWEJ, ze zrozumiałych względów, bardziej interesujący jest proces deformacyjny włókien. Zerwanie włókna jest elementarnym stanem, prowadzącym do utworzenia w materiale mikroszczeliny. W przypadku małych wartości właściwej energii sprężystej nagromadzonej w włóknie od chwili zerwania mikroszczelina rozwija się na granicy matryca-włókno. Rozwój mikroszczeliny prowadzi najczĘŚCIEJ do przecięcia, a następnie zerwań włókien sąsiednich

do pękających. Moduł sprężystości włókna zwykle znacząco przewyższa moduł sprężystości matrycy i dlatego szczelina w włóknistym kompozytowym materiale wzrasta. Rozwój procesu kolejnych zerwań włókien może być typu narastania lawinowego i wtedy utworzona mikroszczelina zamieni się może w szczelinę powodującą przerwanie próbki. Może się zdarzyć, że w próbie nastąpi zanik narastania procesem zerwań włókien i powstanie w materiale stabilnej (przy danym poziomie obciążenia) przechodzącej przez szereg włókien, nieniszczącej szczeliny.

Niszczenie włóknistych kompozytowych materiałów poddanych obciążeniu jest złożonym wielostadiowym procesem. Ta wielostadiowość zależy od właściwości składników materiału, stanu granicy faz, struktury rozkładu włókien w kompozycie.

Znajomość opisanych zagadnień pozwala na wytypowanie metod pomiaru AE.

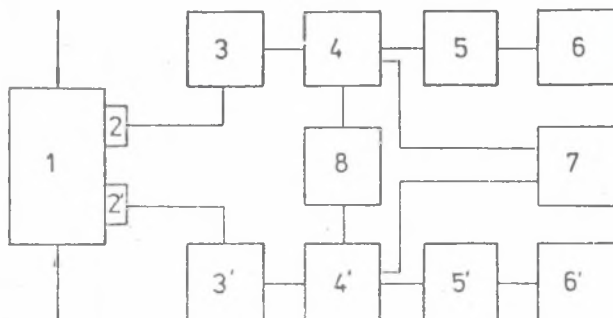
2. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA BADAŃ

Badanie tkaninowych taśm przenośnikowych przebiegały w kilku etapach. W badaniach wstępnych, opierając się na analizie wyników z pomiarów trój- i czteroprzekładowych taśm, ustalono wymagania zapewniające powtarzalność pomiarów, optymalne parametry układu pomiarowego, geometrię i stan próbki. W badaniach zasadniczych wykonanych na małowymiarowych próbkach badania prowadzono na stanowiskach pomiarowych, których schematy blokowe przedstawiono na rys. 1 i 2. Rys. 1 przedstawia stanowisko do zapisu aktywności AE próbek poddanych jednoosiowemu naprężeniu w maszynie wytrzymałościowej. Sygnały AE rejestrowane na taśmie magnetofonu pomiarowego przy stosowanej prędkości zapisu 60 cali na sekundę. Tak zarejestrowane sygnały poddawano wielorakiej analizie elektronicznej, wykorzystując do tego celu układy pomiarowe, których schematy przedstawione są na rys. 2.

Układ pomiarowy 2a pozwala na wielokrotną analizę amplitudowo-obciążeniową zarejestrowanych uprzednio sygnałów. Układ pomiarowy 2b, poprzez zastosowanie heterodynowego analizatora częstotliwości (jako filtra środkowo-przepustowego) umożliwia wielokrotną analizę obecności różnych składowych w widmie częstotliwościowym uprzednio zarejestrowanych sygnałów. Układ pomiarowy z rys. 2c, dzięki zastosowaniu magnetofonu cyfrowego i dwukanałowego analizatora częstotliwości FFT, umożliwia pomiar: gęstości zdarzeń, sumy zdarzeń, charakterystyk częstotliwościowych wybranych impulsów (pojedynczych lub sumy).

Badane próbki taśmy miały kształt prostokąta o wymiarach 50 x 400. Posiadały warstwy bieżników. Próbkę do badań wytrzymałości wycinano z ww. prostokąta o wymiarach przewężenia zgodnych z PN75/C-05011, a przewężenie sytuowano w strefie przełożenia przetwornika odbiorczego. W badaniach AE próbkę taśmy obciążano siłą na granicy 10 i 20% nominalnej siły zrywają-

cej dla danego typu taśmy. Prędkość przesuwu szosek maszyny wytrzymałościowej przy naprężaniu próbki taśmy wynosiła 20 mm/min. Wykonano również badania AE w całym zakresie obciążeń próbki aż do jej zerwania. Kształt próbki w tym badaniu był zgodny z ww. normą. Wyniki badań były prezentowane w [4] i [5].



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego do rejestracji aktywności AE próbek taśm:

1 - badana próbka, 2 - przetwornik AE, 3 - przedwzmacniacz, 4 - filtr górnozaworowy, 5 - analizator amplitudy, 6 - przetwornik o/a, 7 - rejestrator, 8 - magnetofon pomiarowy

Fig. 1. Block diagram of the measuring system for recording the AE activity of belt specimens:

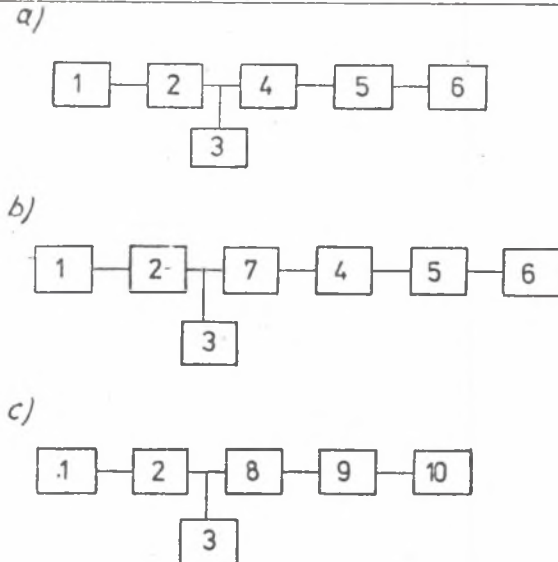
1 - tester specimen, 2 - AE converter, 3 - preamplifier, 4 - amplifier high-pass filter, 5 - amplitude analyzer, 6 - o/a converter, 7 - recorder, 8 - measuring tape recorder

3. WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W niniejszej pracy przedstawione zostaną przykładowo wyniki badań próbek taśmy TK 420/3.

Na rys. 3 i 4 pokazano impulsy AE o różnej energii. Punktem wyjścia do charakterystyk emisji akustycznej jest przebieg czasowy impulsu AE. Cały przedział pokazywanej na rysunkach osi odciętych wynosi około dwie mikrosekundy. Widmową gęstość mocy impulsu PSD uzyskiwano przy dodatkowej filtracji i zastosowaniu korelacji prostokątnej. Kolejna charakterystyka - zmiany czasowe amplitudy impulsu - umożliwia dokładniejsze określenie zrównania się poziomu sygnału z poziomem szumów, jego logarytmiczna skala amplitud pozwala na rozdzielenie impulsu na części o różnej zmianie amplitudy z czasem.

Na rys. 3 zarejestrowano impuls AE o małej energii. Impulsy o małej energii to takie, których czasy trwania są małe, rzędu kilkudziesięciu milisekund. Ich charakter jest jednolity: bardzo szybkie osiągnięcie amplitudy maksymalnej i monotoniczny spadek do poziomu szumów (na wykresie zmian czasowych amplitudy impulsu daje to liniową zależność).



Rys. 2. Schematy blokowe układów pomiarowych do elektronicznej analizy zarejestrowanych impulsów

1 - magnetofon pomiarowy, 2 - wzmacniacz, 3 - tektronix-oscyloskop, 4 - analizator amplitudy, 5 - przetwornik o/a, 6 - rejestrator, 7 - heterodynowy analizator częstotliwości, 8 - magnetofon cyfrowy, 9 - dwukanałowy analizator częstotliwości FFL, 10 - rejestrator graficzny

Fig. 2. Block diagrams of measuring systems for electronic analysis of registered pulses

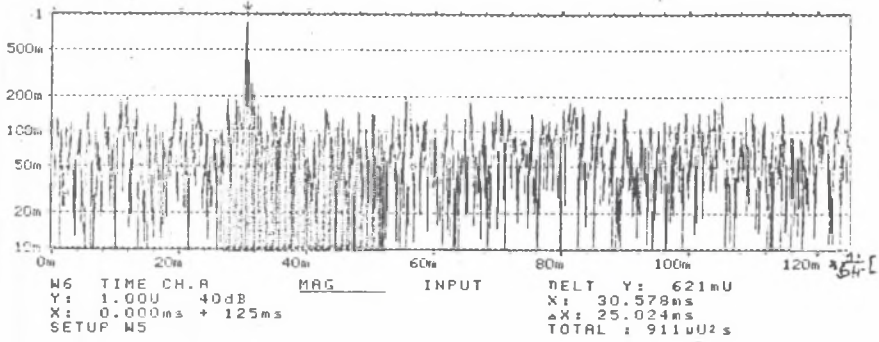
1 - measuring tape-recorder, 2 - amplifier, 3 - tektronix-oscilloscope, 4 - amplitude analyser, 5 - o/a converter, 6 - recorder, 7 - heterodyna frequency analyser, 8 - digital tape-recorder, 9 - double-channel FFL frequency analyser, 10 - graphical recorder

Na rys. 4 zarejestrowano impuls o dużej energii. Amplitudy tego typu impulsów osiągają maksymalne wartości, a czasy ich trwania wynoszą około milisekundy. Charakter impulsów jest złożony, co łatwo jest zauważyć na charakterystykach zmian amplitudy. Dla impulsów tego typu charakterystyczne jest utrzymanie się przez znaczną część trwania impulsu stałej wartości amplitud.

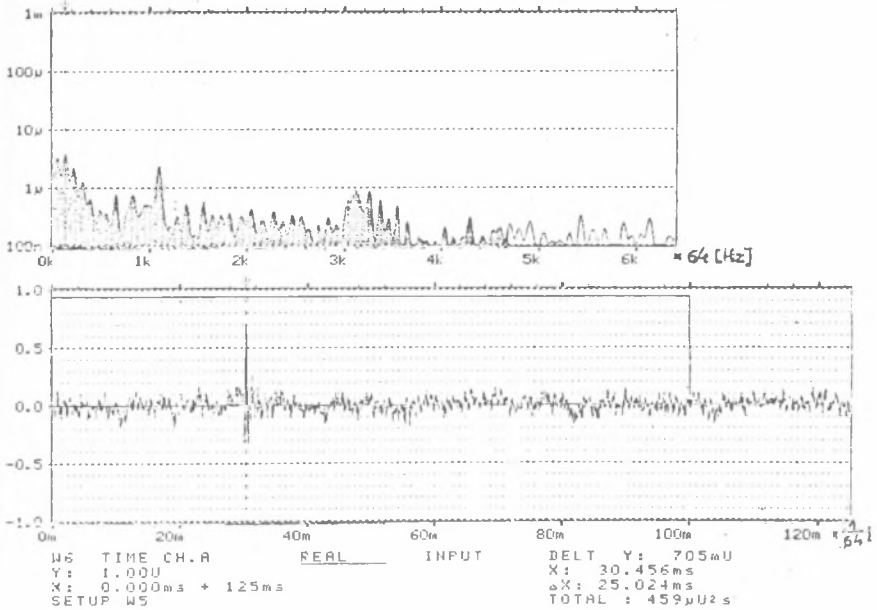
Charakterystyki impulsów AE o dużej energii są typowe dla źródeł oddziaływających o dużym stopniu korelacji i w porównaniu z charakterystykami impulsów o małej osy średniej energii wolniej opadają.

Badania emisji akustycznej taśm przenośnikowych prowadzono w celu stwierdzenia przydatności wyników tych badań w prognozowaniu wytrzymałości próbek taśmy. Realizując ten cel dokonano szeregowej analizy parametrów impulsów AE. Parametrami tymi są:

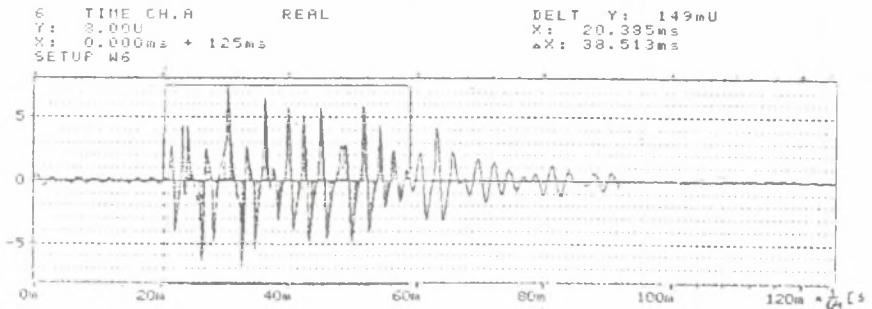
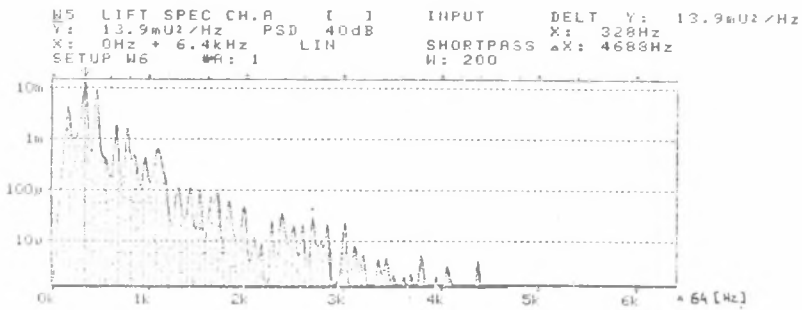
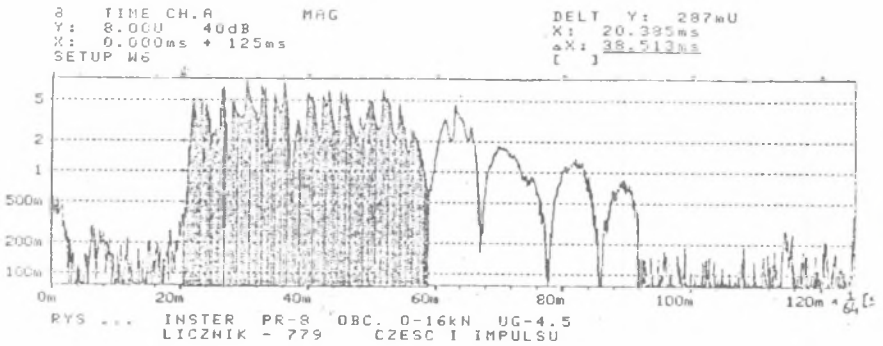
- gęstość amplitud AE,
- gęstość zdarzeń AE,
- suma zdarzeń AE,
- suma "typowych" zdarzeń AE.



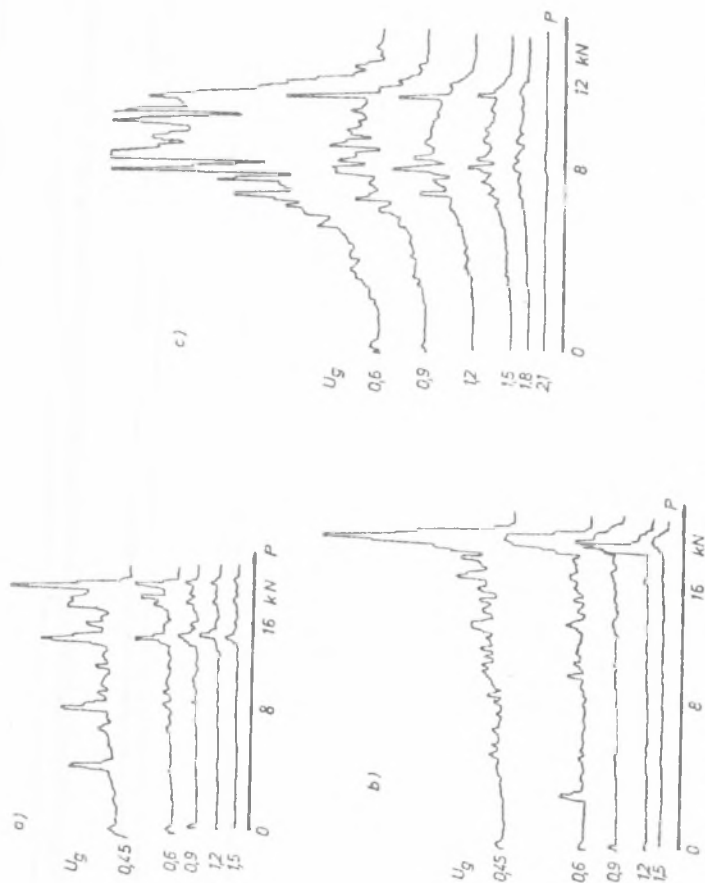
W7 LIFT SPEC CH.A DELT Y: 3.85μU²/Hz
 Y: 1.00mU²/Hz PSD 40dB X: 128Hz
 X: 0Hz + 6.4kHz LIN SHORTPASS ΔX: 4898Hz
 SETUP W5 #A: 1 W: 200 TOTAL: 2.16μU²



Rys. 3. Przykładowy impuls AE o małej energii wraz z charakterystyką
 Fig. 3. Example of AE pulse of low energy together with characteristic curve

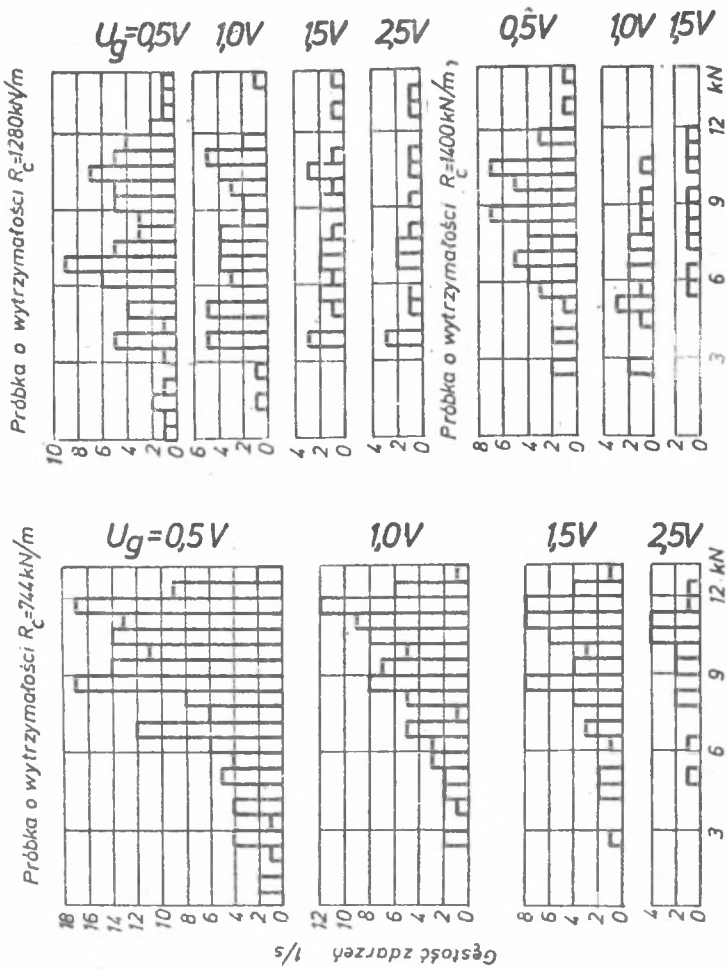


Rys. 4. Przykładowy impuls AE o dużej energii wraz z charakterystyką
 Fig. 4. Example of high energy pulse together with characteristic curve



Rys. 5. Rodziny krzywych gęstości amplitud AE w funkcji siły obciążającej dla próbek o różnych wytrzymałościach:

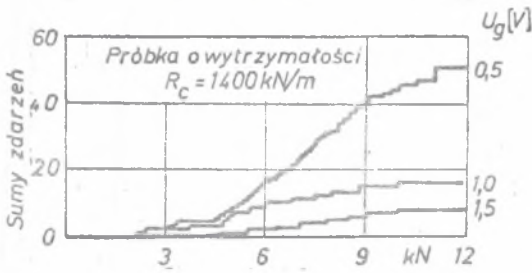
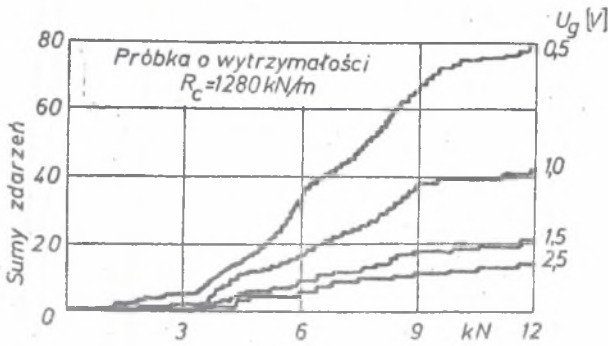
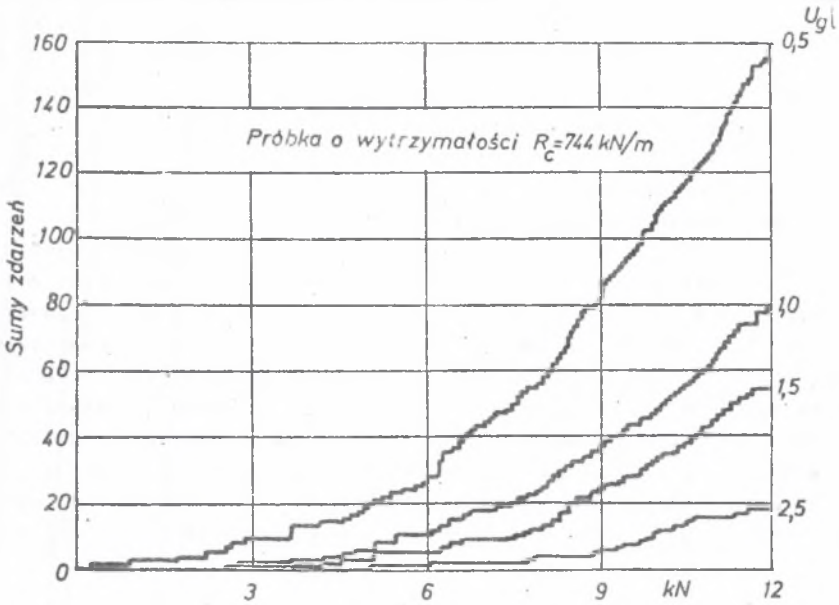
- a) 1364 kN/m, b) 1220 kN/m, c) 580 kN/m, dla różnych progów dyskryminacji
- Fig. 5. Families of curves: density of AE amplitudes in the function of the loading force for specimens of different strengths:
- a) 1364 kN/m, b) 1220 kN/m, c) 580 kN/m for different discrimination thresholds



Siła obciążająca kN

Rys. 6. Rodziny krzywych: gęstości zdarzeń AE w funkcji siły obciążającej dla próbek o różnych wytrzymałościach dla różnych progów dyskryminacji

Fig. 6. Families of curves: density of AE events in the function of the loading force for specimens of different strengths for different discrimination thresholds



Siła obciążająca taśmę

Rys. 7. Rodziny krzywych: sumy zdarzeń AE w funkcji siły obciążającej dla próbek o różnych wytrzymałościach dla różnych progów dyskryminacji

Fig. 7. Families of curves of the sum of AE events in the function of the loading force for specimens of different strengths for different discrimination thresholds

Na rys. 5 przedstawiono przykładowo wybrane rodziny krzywych gęstości amplitud w funkcji siły obciążającej dla próbek o różnych wytrzymałościach i dla różnych progów dyskryminacji U_g . Na rys. 6 wykresy dla drugiego z wymienionych parametrów - gęstości zdarzeń w funkcji siły obciążającej dla próbek różnych progów dyskryminacji. Parametry te, po przeprowadzonej analizie, okazały się mało przydatne.

O wiele ciekawszy, w świetle postawionego przed badaniami celn, okazał się być parametr sumy zdarzeń. Na rys. 7 przedstawione zostały rodziny krzywych będących sumami zdarzeń AE (dla różnych wartości progu dyskryminacji U_g) w funkcji obciążenia próbek taśm. Wartości końcowe tych sum zdarzeń (dla obciążenia ok. 20% nominalnej siły zrywającej próbkę) są przedstawione w kolumnach o i f tabelicy 1. Obliczone na tej podstawie liczby sum zdarzeń o amplitudach maksymalnych z różnych przedziałów są przedstawione w kolumnach g i m tabelicy 1. Widać, że liczby impulsów o małej i średniej energii (wyniki z kolumn k i l) są dobrymi parametrami porządkującymi próbki wg wartości ich wytrzymałości na rozciąganie.

Tabela 1

Sumy zdarzeń AE dla obciążenia próbki taśmy ok. 20% wytrzymałości nominalnej siły zrywającej

Lp.	Wytrzymałość na rozciąganie R_0 [kN/m]	Sumy zdarzeń AE dla wartości progu dyskryminacji U_g [V]				Sumy zdarzeń AE o amplitudach max z zakresu						
		0.5	1.0	1.5	2.5	0.5 ÷ 1.0	1.0 ÷ 1.5	1.5 ÷ 2.5	2.5 <	0.5 ÷ 1.5	0.5 ÷ 2.5	0.5 >
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
1	744	160	74	57	18	86	17	39	18	103	142	160
2	1112	89	42	19	7	45	23	12	7	68	80	89
3	1224	81	33	24	11	48	9	13	11	57	70	81
4	1280	80	41	22	13	39	19	9	13	58	67	80
5	1400	52	19	10	0	33	9	10	0	42	52	52

Jak zauważono, w taśmie eksploatowanej, ohwytanej podczas badań szcęgami maszyny wytrzymałościowej przy obciążeniu siłą równą około 20% siły zrywającej, uszkadza się powierzchnia biegnika. Z tego względu podjęte badania AE dla obniżonej siły rozciągającej (ok. 10% R_0). W badaniach sliczono zdarzenia AE mające maksymalne wartości amplitud z przedziałów $[0,3;0,6]$, $[0,6;1,0]$, $[1,5;2,0]$, $[2,0;3,0]$ V.

Tablica 2

Sumy zdarzeń AE o amplitudach maksymalnych z zakresu

Lp.	Wytrzymałość na rozciąganie R_o [kN/m]	Sumy zdarzeń z zakresu [V]							
		0.3	0.6	1.0	1.5	2.0	0.3	0.3	0.6
		÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷
		0.6	1.0	1.5	2.0	3.0	1.0	1.5	2.0
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	652	249	145	75	79	0	394	469	299
2	808	185	86	64	40	0	271	335	190
3	840	156	80	40	40	0	236	276	160
4	892	141	60	39	44	0	201	240	143
5	928	93	56	44	56	0	149	193	156
6	952	142	78	42	32	0	220	262	152
7	1264	32	6	1	2	1	38	39	9
8	1436	3	1	2	1	1	4	6	5

..... Wyniki pomiarów przedstawione zostały w kolumnach c ÷ g tablicy 2. Jak widać z kolumn h oraz i liczby zdarzeń o małych i średnich energiach są dość dobrymi estymatorami własności wytrzymałościowych próbek. Jednak w tym zakresie obciążeń nie jest to tak dobry estymator jak poprzednio. W tym zmniejszonym zakresie obciążenia próbki o wiele lepsza jest suma "typowych" zdarzeń AE. Przez pojęcie typowych zdarzeń AE rozumiane są tu wszelkie zdarzenia AE w próbce, pomniejszone o zdarzenia AE mające skrajne wartości amplitud maksymalnych. Ten fakt widoczny jest przez porównanie danych z kolumny j tablicy 2 z kolumnami poprzednimi. Sumy zdarzeń AE są silnie ujemnie skorelowane z wytrzymałością na zrywanie.

4. PODSUMOWANIE

Opisane w niniejszej pracy wyniki badań emisji akustycznej taśmy poddanej rozciąganiu wskazują, że istnieje korelacja pomiędzy sumą zdarzeń AE a wytrzymałością taśmy na rozciąganie. Niewielka siła obciążająca taśmę (10% minimalnej siły zrywającej) pozwalająca na uzyskanie odpowied-

niej emisji AE stanowi o nieniszczącym charakterze badania. Wydaje się celowe kontynuowanie opisanych badań w celu stworzenia charakterystyk opisujących współzależności pomiędzy wytrzymałością taśmy na rozciąganie a sumą zdarzeń AE dla taśm stosowanych powszechnie w polskim górnictwie. Pozwoli to na rzetelną ocenę właściwości taśmy w procesie przygotowania jej do regeneracji.

LITERATURA

- [1] A.E.Lord Jr. "AE-an update" in Physical Acoustics, vol. XV, ed.W.P. Mason, Academic Press 1981, 296-360.
- [2] A.A.Pollock "Metals and rocks: AE physics & technology in common and in contrast", Proceedings First Conference on Acoustic Emission Microseismic activity in geologic structures and materials Trans Tech Publications 1977, 384-401.
- [3] R.W.Harris, B.R.A.Wood "The detection, transmission and interpretation of AE signals", Metal Forum 1982, 5, 4, 210-216.
- [4] Ranaehowski J., Opilski A., Witos F., Lutyński A.: Untersuchung der akustischen Emission (AE) an einer einachsigen Spannung unterzogen Gewebeförderbandern. Gluckauf Forschungshefte (w druku).
- [5] Witos F., Opilski A., Lutyński A.: "Acoustic emission investigations of the horizontal transport belts, used in mining. subject to uniaxial load". Ultrasonics, 1989 Vol 27, May.

Recenzent: Doc. dr inż. Karol Reich

Wpłynęło do Redakcji w maju 1990

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ИДЕНТИФИКАЦИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАСТЯЖЕНИЮ ТКАНЕВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

Резюме

В работе представлены результаты исследований акустической эмиссии тканевых лент подвергнутых растяжению. Описаны явления акустической эмиссии. Представлены составы аппаратуры для измерений регистрирования активности ак акустической эмиссии, а также для электронического анализа зарегистрированных импульсов.

Представлены примерные процессы импульсов и их характеристики, а также параметр импульсов АЗ, пригодный для прогноза сопротивления растяжению.

ACOUSTIC EMISSION APPLICATION TO ASSESS
TENSILE STRENGTH OF FIBRE CONVEYOR BELTS

S u m m a r y

The paper presents the results of studies of acoustic emissions of fabric conveyer belts subject to loads induced by the force stretching the specimen along the warp. The phenomenon of acoustic emission has been described, and a set of apparatus for measuring and registering the AE-activity as well as for conducting electronic analysis the registered impulses has been suggested. Courses of impulses and their characteristic features have been presented by way of example, and so has been the parameter of AE impulses useful in the forecasting work of the strength of belt specimens.