ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

**ALEKSANDER LUTYŃSKI** 

IDENTYFIKACJA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH TKANINOWYCH TAŚM PRZEKŁADKOWYCH EKSPLOATOWANYCH W PRZENOŚNIKACH GÓRNICZYCH

# GÓRNICTWO

Z. 183 GLIWICE 1989

# POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Prof. dr Bab. Int. Antoni Crubak

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 1054

100

Cach ALEKSANDER LUTYŃSKI 

## **IDENTYFIKACJA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH TKANINOWYCH TAŚM** PRZEKŁADKOWYCH EKSPLOATOWANYCH W PRZENOŚNIKACH GÓRNICZYCH

Datal Widawrictw Pollheimildi Glumler, of Kugawala 7 44-100 Gluvies

state to et any we all are done. As from allowing all the featuring

GLIWICE 1989

### OPINIODAWCY

Prof. dr hab. inż. Antoni Czubak Prof. dr hab. inż. Andrzej Włochowicz

### KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR	NACZELNY		Prof
REDAKTOR	DZIAŁU		Prof
SEKRETARZ	REDAKCJI	_	Mgr

Prof. dr hab. inż. Jan Węgrzyn
Prof. dr hab. inż. Mirosław Chudek
Mgr Elżbieta Leśko

OPRACOWANIE REDAKCYJNE Mgr Roma Łoś

> Wydano za zgodą Rektora Politechniki Śląskiej

> > PL ISSN 0372-9508

Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej ul. Kujawska 3, 44-100 Gliwice

 Nakl. 150-185
 Ark. wyd. 6,5
 Ark. druk. 6,0
 Papier offsetowy kl.HI, 70×100,76g

 Oddane do druku 20.11.89
 Podpis. do druku 4.12.89
 Druk ukończ. w grudniu 1989

 Zam. 765/89
 Cena zł 130,-

Skład, fotokopie, druk i oprawę wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

### SPIS TREŚCI

	Str.
wykaz ważniejszych oznaczeń	7
1. WSTĘP	9
2. CEL I ZAKRES PRACY	12
3. WPROWADZENIE DO ZAGADNIENIA	14
<ul><li>3.1. Własności mechaniczne przenośnikowych taśm tkaninowych</li><li>3.2. Metody identyfikacji stanu taśmy eksploatowanej</li></ul>	14 16
4. BADANIE WYBRANYCH WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH TAŚM EKSPLOATOWANYCH	18
<ul> <li>4.1. Sposób przeprowadzenia badań</li> <li>4.2. Wyniki badań oraz ich analiza</li> <li>4.3. Matematyczny model zmian wytrzymałości taśmy</li> <li>4.4. Uwagi końcowe</li> </ul>	19 19 39 45
5. BADANIA MIKROSKOPOWE TAŚM PRZENOŚNIKOWYCH	48
6. METODY IDENTYFIKACJI WYTRZYMAŁOŚCI TAŚMY W BADANIACH NIENISZCZĄ- CYCH	51
6.1. Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań rentgenograficznych	51
6.2. Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań emisji akustycznej	60
6.3. Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań jej wydłużenia względnego	72
7. PODSUMOWANIE PRACY I WNIOSKI	78
8. KIERUNKI DALSZYCH BADAN	80
LITERATURA	81
STRESZCZENIA	85

### СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

CII	исок валанелших обозначения	7
1.	зведение	9
٤.	дель и объём работы	12
З.	заедение в проблема	14
	3.1. Механические свойства конвейерных лент	14 16
4.	ИССЛЕДОВАНИН НЕКОТСРЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВСЛСТВ ЭКСПЛУАТИРОВАННЫХ ЛЕНТ	18
	<ul> <li>4.1. летодика проведения исследований</li></ul>	19 19 39 45
5.	микроскопические исследования конвелерных лент	48
6.	методы идентификации сопротивления растяжению в неразрушающих ис- следованиях	51
	6.1. Метод идентификации сопротивления ленты на основе рентгенов- ских исследований	51
	6.2. метод идентификации сопротивления ленты на основе исследова- ния акустической эмиссии	60
	6.3. метод идентификации сопротивления ленты на основе исследова- ния её относительного удлинения	72
7.	выводы	78
8.	ныправления дальнелиих исследований	80
лил	ГЕРАТУРА	81
PLX	Miž	85

ter and the first of the draft is the second state of the second s

Canal Minister, Done I agreed

### CONTENTS

1

Page

LIS	ST OF THE MORE IMPORTANT DESIGNATIONS	7
1.	INTRODUCTION	9
2.	PURPOSE AND RANGE OF THE WORK	12
3.	INTRODUCTION INTO THE PROBLEM	14
	3.1. Mechanical properties of woren fabric conveyor belts	14
	3.2. Methods of identification of the state of the operated belt .	16
4.	STUDY OF SELECTED MECHANICAL PROPERTIES OF OPERATED BELTS	18
	4.1. Method of conduction of investigations	19
	4.2. Results of investigations and their analysis	19
	4.3. Mathematical model of changes in strength of the belt	39
	4.4. Final remarks	45
5.	MICROSCOPIC STUDIES OF CONVEYOR BELTS	48
6.	METHOD OF IDENTIFICATION OF THE STRENGTH OF THE BELT IN NON-DE- STRUCTIVE TESTS	51
	6.1. Method of the identification of the belt on the basis of X-ray studies	51
	6.2. Method of identification of the strength of the belt on the basis of acoustic emission studies	60
	6.3. Method of identification of the strength of the belt on the basis of unit ebongation studies	72
7.	SUMMARY OF WORK AND CONCLUSIONS	78
8.	DIRECTIONS OF FURTHER STUDIES	80
REI	FERENCES	81
SUN	MMARY	85

### WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

	In the second
11	
	" some bier bigs big to share our to consuct third to their of that or
	The state of the s
	the stand west an area in any resting to reach and the bound of the
	the second

с		-	cykle pracy taśmy,
G,	н	-	wykładniki zmiennych odpowiednio cykli pracy i masy przetrans- portowanego urobku,
۵1	[mm]	-	wydłużenie taśmy,
Р	[kN]	-	siła naciągu taśmy,
R <sub>c</sub>	[kN/m]	-	wytrzymałość taśmy na rozciąganie w kierunku osnowy,
Rp	[kN/m]	-	wytrzymałość taśmy nowej na rozciąganie w kierunku osnowy,
Q	[Ma]	-	masa przetransportowanego urobku,
A,	в	-	współczynniki funkcji regresji,
k <sub>p</sub>	, k <sub>m</sub> , k <sub>o</sub>	-	parametry rozkładu Weibulla,
n		-	liczebność próbki,
R		-	współczynnik korelacji,
x,	У	-	zmienne losowe,
x,	Ŷ	-	średnie zmiennych losowych,
æ		-	poziom ufności,
η <sub>y</sub> ,	/ x	-	współczynnik korelacji krzywoliniowej,
б		-	odchylenie standardowe.

111, Particular and street

producer a second de secon

1

Wzrost głebokości, z której eksploatowany jest wegiel kamienny w kopalniach głębinowych, średnio od 10 do 15 m/rok, pogarszające się warunki górniczo-eksploatacyjne, rosnace ceny materiałów i robocizny powoduja stały wzrost kosztów wydobycia. Z tego względu logiczną koniecznością są działania, mające na celu ograniczenie tych kosztów. Jednym z takich działań, w obszernym zbiorze możliwości, jest poprawa efektywności transportu przenośnikami taśmowymi na drodze racjonalnej produkcji taśm i właściwego ich wykorzystania. Wydaje się, że drugi z wymienionych kierunków poprawy efektywności transportu, w którym zawiera się cały szereg czynników, takich jak: właściwy dobór taśmy do przenośnika, modernizacja konstrukcji przenośnika prowadząca do zwiększenia trwałości taśm [23], właściwa eksploatacja taśm i organizacja ich gospodarki, posiada wieksze szanse na osiagniecie, stosunkowo szybko, zauważalnych efektów. Wpływa to na koszty produkcji górniczej nie tylko poprzez ich zmniejszenie w zakresie wydatków na taśme, ale również poprzez podwyższenie, niezwykle istotnego dla funkcjonowania kopalni, poziomu niezawodności przenośników taśmowych 3, 32, 6, 34.

O skali poruszanego zagadnienia niech świadczą przytoczone dane. Liczbę zainstalowanych w kopalniach przenośników taśmowych szacuje się na ponad 9 tys. szt. o łącznej długości około 2,6 x  $10^3$  km. Tak więc w przenośnikach zainstalowanych jest ponad 5 x  $10^3$  km tkaninowej taśmy, której cena w trzecim kwartale 1989 roku sięgała kwoty ok. 200 tys. zł za 1 m<sup>2</sup> i wzrosła w stosunku do 1986 r. blisko trzydziestokrotnie. Najczęściej stosowane są w



Rys. 1.1. Tkaninowa taśma przekładkowa

1 - obrzeża, 2 - bieżnik górny, 3 - bieżnik dolny, 4 - przekładki tkaninowe

Fig. 1.1. Sandwich fabric belt 1 - rims, 2 - to track, 3 - bottom track, 4 - fabric interlayers

kopalniach taśmy typu 630, 800, 1000, 1250, 1600 (oznaczenia wg ISO/R 432 i PN-74/C-94143) z przekładkami w ilości trzy do pięciu (rys. 1.1) i szerokościach 650 do 1400 mm. Roczne zapotrzebowanie na taśme wynosi 1,8 x 10<sup>3</sup> km i pokrywane jest produkcją Zakładów Gumowych Górnictwa w Miechowicach (obecnie zakład przenoszony jest do Łagiewnik) - 67% zapotrzebowa- + nia, Wolbromskich i Bydgoskich Zakładów Przemysłu Gumowego oraz importem (ok. 10%). Wskaźnik zużycia taśmy na 1000 t wydobywanego urobku w latach 1985 do 1988 wyniósł średnio 8,38 m. Wskaźnik udziału kosztów zużycia taśmy w koszcie wydobycia jednej tony wegla w 1986 r. wahał sie w

### And an entry transferred by the second

application and a grant contraction of a second provided by

They are a list and a

ner officies star - Doll

more summer a supplying of Ages, representation - [8104]

come conception and a special and the lowers pains that any range of a back

the state of the second s

sectores ensembly transferringes -

Accounted Contract & Contracted - Suchar

A Providence of Property Linear or

maked make her another a

- antipation -

Concerning a concerning of the second second

1. WSTEP

poszczególnych gwarectwach od 39 do 59 zł/tonę. Dynamika wzrostu tego wskaźnika wynosiła do 1989 ok. 10% rocznie. W trzecim kwartale 1989 omawiany wskaźnik osiągnął wartość 1676 zł/tonę. W relacji do ceny zbytu węgla wzrósł on dwukrotnie. Taśma użytkowana w normalnych warunkach eksploatacji ulega naturalnemu zużyciu i losowym uszkodzeniom. Na rys. 1.2 przedstawiono za [29] przyczyny powodujące wymianę taśmy na nową. Z przytoczonych na rysunku danych wynika, że najczęściej, bo w 37,5% przypadków, przyczyną wymiany taśmy jest zużycie (wytarcie) jej bieżników. Następnymi, co do liczności, są karby i wyżłobienia. Tylko nieliczne z wymienionych przyczym (rozwarstwienia, pęcherze) dyskwalifikują uszkodzony odcinek taśmy. W pozostałych przypadkach uszkodzenia mogą być naprawione, a rdzeń taśmy po regeneracji ponownie wykorzystany.



Rys. 1.2. Wyniki analizy uszkodzeń taśmy tkaninowej

1 - ścieranie, 2 - karby, 3 - wyżłobienia, 4 - długie przecięcia, 5 - rozprucia, 6 - wykruszenia powierzchni, 7 - przebicia, 8 - nacięcia, 9 - rozwarstwienia, 10 - pęcherze, 11 - korozja, 12 - inne

Fig. 1.2. Results of analysis of damages of the fabric belt

W polskich kopalniach węgla kamiennego podejmowane są pewne przedsięwzięcia, mające na celu odzyskanie niezniszczonych odcinków taśmy eksploatowanej. W skali roku, w wyniku tych zabiegów, przeznacza się do ponownej eksploatacji taśmę w ilości około 10% zapotrzebowania. Wydaje się, że rezerwy tkwiące w tego typu zabiegach, a przede wszystkim w regeneracji taśmy są znaczne. Jest to istotny element właściwego wykorzystania taśmy. Uznanie, że regenerowana taśma posiada walory eksploatacyjne zbliżone do taśmy nowej i może być zastosowana ponownie bez ograniczeń, wymaga:

- 11 -

- właściwej technologii wykonywania zabiegów regeneracyjnych,

- właściwych urządzeń, narzędzi i materiałów,
- odpowiedniego personelu,

- efektywnych metod kwalifikacji taśmy do zabiegu regeneracji.

W niniejszej pracy podjęto próbę poszukiwań nowych metod kwalifikacji taśmy do zabiegu regeneracji przez identyfikację jej własności mechanicznych.

and an interpreter of proceeding to an addition of the second state of the second stat

Lager alle and a reserver were taken a second holder in the minimum second second in a reaction of a second holder in the minimum second second in a reaction of a second hold a momentum interaction of the second second second in the second seco

Submitted seights polationers topp hads transformer's product (1 202 K 81) down box 1 al-contentes & presentations (dispets legals anyth therein a back production int product take, hittender product programped a back presentation backbox 7.7.

And a second standard of the second s

Tablica 2.1

Liczności próbek taśm pozyskanych do badań z kopalń

### 2. CEL I ZAKRES PRACY

Powszechność stosowania przenośników taśmowych, charakteryzujących się szeregiem niekwestionowanych zalet, wyłania wiele problemów natury teoretycznej, konstrukcyjnej czy eksploatacyjnej, zmuszających do prowadzenia kompleksowych badań celem ich rozwiązania.

Długość przenośnikowych dróg transportowych, ilość zainstalowanych przenośników decydują o znacznym zapotrzebowaniu na taśmę. Pokrywane jest ono w górnictwie węgla kamiennego produkcją rodzimych zakładów i importem. Ponadto, pewna niewielka część taśm pochodzi z odzysku. Bardzo często zdarza się, że taśma zużywa się nierównomiernie na całej swej długości. Wobec powyższego krótkie odcinki taśmy o niezniszczonych bieżnikach i obrzeżach łączy się przez wulkanizację lub klejenie w odcinki o większej długości. Zdarza się również, że bieżniki i obrzeża zostają w wyniku eksploatacji zużyte, lecz rdzeń pozostaje w dobrym stanie. Wówczas nakłada się bieżniki i obrzeża [62, 50], przywracając taśmie jej walory użytkowe.

Taśma ze względu na znaczne masy transportowanego urobku, przesypywanie go na trasach dróg transportowych, występujące wpływy chemiczne, biologiczne oraz współpracę z innymi elementami przenośnika zmienia swoje parametry mechaniczne.

Celem niniejszej pracy było poznanie istoty i zakresu zmian własności mechanicznych taśm przenośnikowych w aspekcie warunków ich eksploatacji charakteryzowanych wybranymi parametrami.

Innym celem, już o znaczeniu utylitarnym, było opracowanie metody identyfikacji zmian własności mechanicznych taśm, a w szczególności najistotniejszej z nich - wytrzymałości na rozciąganie. Metoda ta ma stanowić sprawne narzędzie kwalifikacji taśmy do zabiegu regeneracji, a tym samym do dalszego jej użytkowania.

Badaniami objęto podstawowe typy taśm tkaninowych produkcji ZGG w Miechowicach i eksploatowane w przenośnikach różnych kopalń węgla kamiennego. W sumie przebadano 396 próbek taśm. Liczności próbek pozyskanych z kopalń przedstawia tablica 2.1.

W czasie kiedy wykonywano niniejszą pracę, taśmy przenośnikowe uległy pewnym modyfikacjom. Producent wprowadził inny rodzaj tkaniny przekładki. Tkaninę PT-27 stosowaną w taśmach typu TK 420 zastąpiono przędziną PTM-0016, a tkaninę PT-52 z taśm TK 250 tkaniną PT-122. Różnice własności tkanin prezentuje tabl. 2.2. Ponadto zmianom uległy oznaczenia taśm. Taśmy o podobnych własnościach mechanicznych jak badane oznaczane są (cecha trwała, tłoczona na bieżniku) T3P630, T4P800, T3P1000, T4P1250.

Typ taśmy Kopalnia	тк 250	)/3	TK 25	50/4	тк 43	20/3	тк 42	0/4	TK 2	250/5
Bolesław Śmiały	28; 2	20p	-	Зp	-	19p		7p		-
Knurów	-	5p	4	-	4;	3p	8;	Зp		4
Miechowice	14;	8p	12;	4p	28;	12p	12;	9p		-
Polska	4;	4p		**	3;	13p	3;	4p		-
Siemianowice	6;	-	11-1	-	- 1	Зp		2p		-
Sośnica	8;	-	18	-	36;	1p	15;	-	9234	8
Staszic	6;	8p	-	- 1	3;	-	2;	-	1123	-
Szczygłowice	4;	-	8;	-	24;	-	6;	-	1.11	-

p – oznacza taśmy eksploatowane w przenośnikach zainstalowanych pod ziemią pozostałe to taśmy przenośników powierzchniowych

Tablica 2.2

Własności mechaniczne przekładek taśm starego i nowego typu

Rodzaj przekładki Własność	PT-52	PT-122	PT-27	PTM-0016
Wytrzymałość nominalna [kN/m]				
w kierunku: osnowy	250	200	430	380
wątka	80	80	100	100
Wydłużenie przy zrywaniu [%]	40	30	40	32
Masa 1 m <sup>2</sup> [kg]	0,69	0,57	1,08 *	0,93
Grubość [mm]	1,12	0,98	2,08	1,92

- 11.

- 15 -

7.5 weilder

### 3. WPROWADZENIE DO ZAGADNIENIA

Szeroki zakres zastosowań przenośników taśmowych jak również rozwój konstrukcji zespołów i elementów oraz unowocześnienie sposobu obliczeń determinują konieczność prowadzenia badań własności mechanicznych taśm.

Do własności mechanicznych (oprócz najważniejszej, a kiedyś jedynie badanej i wystarczającej do obliczeń – wytrzymałości taśmy na rozciąganie w kierunku wzdłużnym) zalicza się wytrzymałość na rozciąganie w kierunku poprzecznym, wydłużenie względne (sprężyste), wydłużenie trwałe, sztywność wzdłużną i poprzeczną, wytrzymałość na rozwarstwienie okładek i przekładek, odporność rdzenia i taśmy na przebicie oraz wpływ karbu na wytrzymałość taśmy. Do grupy dynamicznych własności mechanicznych taśmy zalicza się prędkość rozchodzenia się drgań wzdłużnych w taśmie, współczynnik tłumienia oraz własności reologiczne.

Z wymienionych powyżej własności mechanicznych w niniejszej pracy zajęto się tylko wybranymi. Dla tych własności omówiono aktualny stan wiedzy.

### 3.1. Własności mechaniczne przenośnikowych taśm tkaninowych

- Wytrzymałość taśmy na rozciąganie w kierunku wzdłużnym

Podstawą oznaczenia wytrzymałości taśmy na rozciąganie jest próba zrywania. Badania wytrzymałości, opisane w normie PN-75/C-05011 Arkusz 4, przeprowadzane są masowo jako próby kontrolne w zakładach produkujących taśmę oraz przez użytkowników [51, 71]. Informacje z tego zakresu pojawiają się często w różnego rodzaju katalogach handlowych firm - producentów. W literaturze przedmiotowej opisuje się te własności najczęściej przy porównywaniu własności taśm nowej generacji, tj. nowej konstrukcji (np. solid - woven) bądź nowego tworzywa (np. kevlar). Przykładem mogą być prace [17, 21, 55]. Wyniki badań pojawiają się też w przypadku prac autorskich, jako poszerzające wiedzę o przedmiocie badań, jak np. [23, 48]. Wyniki prezentowane w literaturze jw. to wyniki badań taśm nowych. W pracach [15, 16] zaprezentowano wyniki wytrzymałości na rozciąganie taśm gumowo-tkaninowych kilku typów po różnych okresach ich eksploatacji w kopalniach węgla brunatnego. Taśmy te wykazywały znaczne obniżenie wytrzymałości wraz ze wzrostem czasu ich eksploatacji. - Wydłużenie względne i trwałe taśm przenośnikowych

Charakter zależności pomiędzy wydłużeniem a naprężeniami (siłą) przy rozciąganiu określono w pracach [51, 65, 66]. Również wykresy prezentowane w [30] ilustrują tę zależność. Wyniki zamieszczone w tych pracach dotyczą taśm nowych.

Przyjmuje się, że zależność pomiędzy wydłużeniem a naprężeniami w taśmie przy jej rozciąganiu ma charakter nieliniowy. Łatwo jednak zauważyć, że wykres prezentowany np. w [30] w 1000 cyklu rozciągania zmienia swój charakter i w początkowej fazie narastania naprężeń ma charakter liniowy.

W pracy [49] dokonano analizy wydłużeń w zależności od naprężeń taśmy poddanej rozciąganiu. Zauważono, że wydłużenie jest zależne zarówno od obciążenia, jak i od kierunku jego zmian. Badaniom poddano taśmy nowe i eksploatowane. Na przykład dla taśmy 5RP125 stwierdzono znaczne różnice modułu sprężystości wyznaczanego jako iloraz amplitudy naprężeń i amplitudy wydłużeń. Moduł sprężystości dla taśmy eksploatowanej miał zdecydowanie mniejszą wartość, co wskazuje na zwiększenie amplitudy wydłużeń. Obowiązująca norma PN-74/C-94143 wprowadza ograniczenie wydłużenia względnego dla taśm nowych, poliamidowych do 3,5%. Zobowiązuje to producentów do stałego badania tej własności.

### - Sztywność poprzeczna i wzdłużna taśmy

Sztywność poprzeczna charakteryzuje zdolność do układania się nieobciążonej urobkiem taśmy na krążnikach zestawu, co warunkuje jej poprawną pracę. Za miarę sztywności poprzecznej przyjmuje się iloraz strzałki ugięcia próbki taśmy obciążonej tylko masą własną i podpartą na krawędziach w ten sposób, by nie występowały momenty utwierdzenia (ISO/R 703-1968).

Sztywność wzdłużna charakteryzuje podatność taśmy przy przewijaniu przez bębny. Do pomiaru sztywności stosowanych jest kilka metod (np. NF/M81-653 z 1971 r. – norma francuska).

Wymienione wyżej sztywności taśm badane są głównie przez producentów, którzy zobowiązani są do przestrzegania ustalonych zaleceń ISO bądź norm przedmiotowych, opisanych w [78].

### - Wytrzymałość na rozwarstwienie

Wytrzymałość na rozwarstwienie jest własnością mechaniczną, charakterystyczną dla taśm wieloprzekładkowych. Wytrzymałość tę bada się dla więzi okładki z rdzeniem i przekładki z przekładką. Sposób oznaczenia wytrzymałości na rozwarstwienie opisuje norma PN-79/C-05011 Arkusz 8. Prowadzone przez producentów i użytkowników badania dotyczą taśm nowych. Niekiedy, symulując wpływy eksploatacji [13], wykonywane są badania taśm moczonych w odpowiednich roztworach (norma DIN-22109).

manager lines and an entry of the set of the set

### 3.2. Metody identyfikacji stanu taśmy eksploatowanej

Istnieje wiele metod oceny stanu taśmy eksploatowanej. Przegląd takich metod zaprezentowano w [7]. Został on dokonany pod kątem wykrywania przecięć, uszkodzeń wzdłużnych taśmy. Są to metody kontroli poprzez:

- wykrywanie przepadu urobku z taśm będących w ruchu,
- pomiaru sił wywoływanych rozcinaniem (w Mount Isa Mines Australia zastosowano czujniki tensometryczne na każdym zestawie krążnikowym),
- wykrywanie przerw w obwodzie elektrycznym z elementami zatopionymi w taśmie,
- badania ultradźwiękowe.

Podane metody pozwalają na uzyskanie jedynie informacji jakościowych o taśmie. W wyniku badania stwierdza się istniejące uszkodzenie bez możliwości oceny jego wpływu na własności, np. wytrzymałościowe taśmy. Podobnie zresztą jak metoda ultradźwiękowa zaproponowana w [24] do badania rozwarstwienia taśmy na całej szerokości, czy metoda ultradźwiękowa [19] pozwalająca na pomiar głębokości uszkodzeń taśmy. Metody te znajdują się jeszcze w stadiach laboratoryjnych, a zastosowanie przemysłowe wymaga pokonania wielu barier. Pewne rozwiązania przemysłowe zaprezentowane zostały w [25]. Metodami radiograficznymi bada się taśmy z linkami stalowymi i miejsca połączeń taśm tekstylnych. Badanie prowadzi się w dolnej gałęzi przenośnika, a przewidziany do badania odcinek dzielony jest na siatkę obszarów o wymiarach 30x40 cm, które fotografowane są promieniami rentgenowskimi. Wykonane zdjęcia obszarów są przeglądane i oceniane. Podobne badania, lecz w skali laboratoryjnej, prezentują prace [18, 19].

W dokonanym krótkim przeglądzie metod nieniszczących oceny stanu taśmy nie znaleziono metody pozwalającej na ocenę ilościową. W pracy [25] weryfikowano wprawdzie rezultaty badań radiograficznych połączeń taśm tkaninowych badaniami niszczącymi, lecz wyniki tej weryfikacji nie zostały opublikowane.

W warsztatach regeneracji, które zlokalizowane są w kopalniach węgla kamiennego, praktycznie nie wykonuje się żadnych badań własności mechanicznych taśm. Dokonuje się tylko oceny wzrokowej taśmy przeznaczonej do regeneracji. Z tego względu, zachowując pewną rezerwę wynikającą z niewiedzy o stanie taśmy, przeznacza się ją po regeneracji na przenośniki o niższym stopniu odpowiedzialności (roboty przygotowawcze, zwały itp.). W kopalniach odkrywkowych wykonuje się, zgodnie z obowiązującymi instrukcjami, badanie wytrzymałości taśmy, pobierając próbki z końców odcinka przeznaczonego do regeneracji [61, 62]. Wyniki badania próbek odnosi się do całego odcinka taśmy. Obniżenie wytrzymałości, wynoszące powyżej 10% wartości wytrzymałości nominalnej, stanowi o nieprzyjęciu taśmy do regeneracji.

Jak wykazały badania [16, 33] taśm, które były eksploatowane w kopalniach, wytrzymałość poszczególnych próbek pobranych z tego samego przekroju taśmy osiąga istotnie różne wartości wytrzymałości. Na rys. 3.1 przedstawiono wyniki takiego badania. Występujące, jak widać na rysunku, dość znaczne różnice wytrzymałości próbek czynią ocenę wytrzymałości taśmy, na podstawie trzech tylko wyników, wątpliwą. Wartość średniej jest zależna od miejsca, z którego próbkę tę pobrano. Podobne zastrzeżenia można sformułować w odniesieniu do próbkowania wzdłuż taśmy. Wskazuje to na konieczność poszukiwania innej, niż dotychczas stosowana, metody identyfikacji wytrzymałości w badaniu nieniszczącym, po którym taśma może być przeznaczona do regeneracji.





Fig. 3.1. Results of tensile strength studies of specimens taken from total width of the used belt

- 17 -

### 4. BADANIE WYBRANYCH WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH TAŚM EKSPLOATOWANYCH

Wytyczony w niniejszej pracy cel wymagał decyzji o tym, które z własności mechanicznych i które z parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy będą brane pod uwagę w badaniu.

Badane własności mechaniczne wymienione zostały w rozdz. 3.

Podstawą decyzji, która dotyczyła parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy były:

- czynniki brane pod uwagę w wyznaczaniu trwałości taśmy, a opisane w pracach [5, 12, 29, 37, 64],
- możliwości uzyskania wiarygodnych danych z kopalń.

Do parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy zaliczono:

- długość przenośnika,
- prędkość taśmy,
- czas eksploatacji taśmy do jej badania,
- masę przetransportowanego taśmą urobku.

Przyjęto, że transportowane taśmą nosiwo nie wykazuje istotnych różnic własności w poszczególnych kopalniach.

Ze względu na pewne różnice w konstrukcji przenośników (długość, rodzaje napinania, konstrukcje napędu) podjęto decyzję o rozdzielnym traktowaniu w badaniach taśmy eksploatowanej w zakładach przeróbczych i przenośnikach usytuowanych w podziemiach kopalń. Słuszność takiej decyzji potwierdziły badania jednorodności danych wg metody [8] przeprowadzone we wstępnej fazie zbierania informacji.

Z uwagi na występujące trudności w uzyskiwaniu licznych próbek taśm niezbędnych do przeprowadzenia badań ograniczono ilość rozpatrywanych zmiennych opisujących warunki eksploatacji. Było to możliwe dzięki wykorzystaniu istniejących więzi pomiędzy wymienionymi wcześniej parametrami. I tak, długość przenośnika, prędkość taśmy i czas jej eksploatacji opisano, po odpowiednim przeliczeniu, ilością cykli pracy (obiegów taśmy). W badaniach rozpatrywano więc dwa zasadnicze parametry opisujące warunki eksploatacji taśmy:

- ilość cykli pracy taśmy do badania - C,

- masę przetransportowanego urobku taśmą - Q.

Jako pomocnicze parametry rozpatrywano:

- czas pracy taśmy do badania,
- tonocykle, tj. iloczyn dwóch zasadniczych parametrów.

Przeprowadzone badania wstępne sugerowały liniowe zależności pomiędzy własnościami mechanicznymi a parametrami opisującymi warunki eksploatacji taśmy.

Wobec powyższego do wyznaczenia współczynników liniowej funkcji regresji wykorzystano planowanie kompozycyjne, stosując zmodyfikowany plan dwupoziomowy typu 2<sup>S</sup> (gdzie s - liczba zmiennych) z dodatkowym punktem centralnym [58]. Z przytoczonej zależności wynika, że minimalna ilość punktów w badaniu poszczególnych typów taśm powinna wynosić pięć. Dysponując odpowiednio bogatym materiałem badawczym, postanowiono zwiększyć liczbę punktów do dziesięciu. Dla tej liczby punktów w poszczególnych badaniach powtarzano próbkowanie od 3 do 5 razy, otrzymując po 40 wyników. Z oczywistych względów powtórzenie próby dotyczyło pewnego przedziału tak cykli pracy taśmy jak i masy przetransportowanego nią urobku.

4.1. Sposób przeprowadzenia badań

Próbki taśm do opisywanych badań uzyskano z kopalń (patrz tabl. 2.1). Były to odcinki pełnej szerokości o długościach 0,5 do 1,5 m, powstałe ze skracania taśm w zakładach przeróbczych i z warsztatów regeneracji. Z uwagi na wymaganą liczność próbek w badaniach uwzględniono taśmy TK-420/3, TK-420/4, TK-250/3, TK-250/4. Ogółem poddano badaniu 240 próbek taśm. Własności mechaniczne badano zgodnie z obowiązującymi normami i zaleceniami ISO. Badanie wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia względnego i trwałego przeprowadzono wg normy PN-75/C-05011, Arkusz 4, a badanie na rozwarstwienie wg PN-79/C-05011 Arkusz 8. Ze względu na brak odpowiednich norm polskich badanie sztywności poprzecznej przeprowadzono wg ISO/R-703-1968, a sztywności wzdłużnej wg normy francuskiej NF/M81-653-1971.

W kolejnych etapach badań, których wyniki opisano w [33, 36, 38], modyfikowano kierunki i zakres badań oraz sposób analizy wyników.

### 4.2. Wyniki badań oraz ich analiza

W tablicach 4.2.1 do 4.2.6 przedstawiono wyniki uzyskane w badaniach taśm. Dla ułatwienia zapisu w nagłówkach tablic i w oznaczeniach wyników korelacji, regresji własności mechanicznych oraz parametry opisujące warunki eksploatacji oznaczono odpowiednimi numerami. Tak więc poszczególne numery to:

- 1 wytrzymałość na rozciąganie, (kN/m),
- 2 wydłużenie względne, (%),
- 3 wydłużenie trwałe, (%),
- 4 sztywność poprzeczna, (mm/mm),
- 5 sztywność wzdłużna, (°),

- 19 -

6 - wytrzymałość na rozwarstwienie pomiędzy okładką a rdzeniem, (kN/m),

- 7 wytrzymałość na rozwarstwienie pomiędzy przekładkami, (kN/m),
- 8 czas pracy, (h)
- 9 cykle pracy x  $10^3$
- 10 masa przetransportowanego urobku x 10<sup>3</sup>, (Mg)
- 11 tonocykle x  $10^9$

Wyjaśnić należy, że zapis np. 2/6, który będzie można spotkać w tekście lub w którejś z tablic, oznacza, iż omawiane są wyniki analizy korelacyjnej pomiędzy własnością mechaniczną taśmy nr 2 a własnością nr 6. Zapis np. 9/1 informuje, że podawany jest lub omawiany wynik analizy korelacyjnej pomiędzy parametrem eksploatacji oznaczonej numerem 9 a własnością 1.

Analizę korelacyjną przeprowadzono wykorzystując opracowany do tego celu program na IBM. Jedna z opcji tego programu dawała obraz graficzny analizowanych wyników, co pozwalało na określenie typu regresji weryfikowanego obliczeniami. Współczynnik korelacji wyznaczano z zależności:

(4.2.1)

(4.2.2)

(4, 2, 3)

$$R_{xy} = \frac{\sum_{(x_{i} - \bar{x})} (y_{i} - \bar{y})}{\left[\sum_{(x_{i} - \bar{x})}^{2} \sum_{(y_{i} - \bar{y})}^{2}\right]^{1/2}}$$

Współczynniki funkcji regresji liniowej y = A + Bx z:

$$B = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$= \frac{\sum y_i - B \sum x_i}{n}$$

a odchylenie standardowe 6 z

 $6 = \left[\frac{\sum(y_i - A - Bx_i)^2}{n - 1}\right]^{1/2}$ (4.2.4)

Wyniki analizy zestawione zostały w tablicach 4.2.7 do 4.2.12.

Jak wiadomo z teorii prawdopodobieństwa, miernikiem siły związku dwóch lub wielu zmiennych jest współczynnik korelacji, który w przypadku związku typu liniowego posiada istotną własność – wartość krytyczną. Jeżeli weryfikowana jest hipoteza głosząca, iż współczynnik w populacji generalnej równy jest zero  $H_{o}$ ;  $\rho$ =0, wobec hipotezy alternatywnej  $H_{1}$ ;  $\rho \neq 0$ , to wartość krytyczna współczynnika ma postać:

$$\mathbb{P}\left\{\left|\mathbb{R}_{xy}\right| \ge \mathbb{R}\left(n-2\right)\right\} = \alpha \tag{4.2.5}$$

W przypadku przeprowadzanych badań taśm, gdzie liczność próbek wynosiła 40 dla przyjętego a priori poziomu istotności d = 0,05, wartość krytyczna współczynnika jest równa:

$$R_{kr}(\alpha = 0,05; n=38) = 0,3125$$
 [76].

Wobec powyższego w prezentowanych tablicach 4.2.7 - 4.2.12 podkreślono te wartości współczynnika, które dają podstawy do odrzucenia hipotezy H. Sugerują tym samym liniową więź pomiędzy poddanymi analizie korelacyjnej parametrami. Ponieważ przyjęto, że na każdą z własności mechanicznych mają wpływ dwa parametry warunków eksploatacji, w toku dalszej analizy skorygowano uzyskane wyniki, obliczając dla badanych zmiennych współczynniki korelacji cząstkowej [76], które uwzględniają wzajemny wpływ zmiennych na siebie. Obliczenia te nie wniosły do badań nowych elementów. Ich wpływ na wartości współczynników był znikomy. W tablicy 4.2.13 zestawiono wyniki badań korelacyjnych. Wyniki te są znacznie zróżnicowane. Na obliczonych, dla każ-



Rys. 4.2.1. Współzależność pomiędzy wytrzymałością taśmy na rozciąganie  $R_c$ a liczbą cykli pracy taśmy C. Dane z tabl. 4.2.2

Fig. 4.2.1. Interrelation between the tensile strength  $R_C$  and the number of working cycles of the belt C. Data from table 4.2.2

dej taśmy, 28 związków korelacyjnych pomiędzy własnościami mechanicznymi a parametrami warunków eksploatacji tylko w przypadku taśmy TK250/4 (tablica 4.2.8) stwierdzono jedenaście, w których współczynnik korelacji był większy od krytycznego, Dla innych taśm liczności te były mniejsze. Najczęściej, bo w pięciu przypadkach na sześć, znaleziono związek korelacyjny pomiedzy liczbą cykli a wytrzymałością na rozciąganie i wydłużeniem względnym, W czterech przypadkach spostrzeżono współzależność pomiędzy ilością przetransportowanego urobku a sztywnością poprzeczną taśmy.

Pewną ilustrację przeprowadzonych badań stanowią prezentowane rysunki 4.2.1 do 4.2.7, przedstawiające przykładowo te wyniki z tabl. 4.2.2, dla których współczynnik korelacji pomiędzy własnościami mechanicznymi taśm a parametrami opisującymi warunki ich eksploatacji jest większy od krytycznego.



Rys. 4.2.2. Współzależność pomiędzy wytrzymałością taśmy na rozciąganie R<sub>c</sub> a masą przetransportowanego taśmą urobku Q. Dane z tabl. 4.2.2

Fig. 4.2.2. Interrelation between the tensile strength  $R_C$  of the belt  $R_C$  and the mass of transported run-of-mine Q. Data from table 4.2.2





Fig. 4.2.3. Interrelation between the unit elongation of the belt  $\Delta l/l$  and the mass of the transported run-of-mine Q. Data from table 4.2.2



Rys. 4.2.4. Współzależność pomiędzy wydłużeniem trwałym taśmy  $\Delta l_{+}/1$  a masą przetransportowanego taśmą urobku Q. Dane z tabl. 4.2.2

Fig. 4.2.4. Interrelation between the constant elongation of the belt  $\Delta l_t/l_t$  the mass of the transported run-of-mine Q. Data from table 4.2.2







Rys. 4.2.6. Współzależność pomiędzy sztywnością po-przeczną taśmy f/B a masą przetransportowanego taś-mą urobku Q. Dane z tabl. 4.2.2

Fig. 4.2.6. Interrelation between the transversal rigidity of the belt f/B and the mass of the transported run-of-mine Q. Data from table 4.2.2

Rys. 4.2.7. Współzależność pomiędzy sztywnością wzdłuż-ną taśmy S<sub>z</sub> a masą przetransportowanego taśmą urobku Q Dane z tabl. 4.2.2

Fig. 4.2.7. Interrelation between the longitudinal rigidity of the belt  $S_z$  and the mass of the transported run-of-mine Q. Data from table 4.2.2

		_	_			_					-																								_				_
557.0	705 0	598.0	467.0	496.0	0, 169	703,0	499.0	613.0	593,0	621,0	575.0	511,0	685,0	621,0	498.0	593,0	626.0	710,0	720,0	720,0	631,0	644 0	701,0	692,0	506,0	479.0	550,0	512,0	470,0	0 589	595,0	647,0	435 0	547 0	606,0	648.0	685,0	763,0	_
5,7	4,0	6,0	8,3	6,7	4 0	4,0	5,7	5,0	4 5	5,7	6,0	6 3	4,7	6,3	7,6	7,3	7,0	5,0	3,8	5,3	6,0	6,0	6,0	5 3	7,0	7,7	10,3	7,7	8,3	6,3	7,7	5,7	8,0	5,0	8,0	5,6	4.6	4.8	2
0 42	0,66	0,12	0,53	0,69	0,74	0,82	0,52	0,46	0,24	0,38	0,62	1,12	0,46	0,32	0,86	0,88	1,11	0,44	0,38	E8,0	0,67	0,88	0,38	0,61	0,18	0,48	0,48	0,06	0,07	0,06	0,23	1,17	0,5	0,5	0,66	0,83	0,55	1,22	ω
0 286	0,184	0,23	0,386	0,324	0,23	0,115	0,28	0,42	0,333	0,356	0,319	0,242	0,215	0,195	0,304	0,252	0,216	0,185	0,342	0,212	0,164	0,315	0,286	0,164	0,293	0,188	0,257	0,436	0,152	0,186	0,183	0,163	0,32	0,264	0,243	0,223	0,286	0.273	4
36.0	32,0	23,0	29,0	28,0	38,0	35,0	32 0	33 0	35,0	24,0	36.0	34,0	29.0	28,0	24,0	27.5	27,0	29,0	28,5	30,0	30,5	28,0	29.0	29.0	35,0	33,0	35,0	36.0	32,0	35,0	34,0	32,0	35.0	33,0	34,5	34 0	35.0	35.5	J
5	2,9	3,8	4,6	5,2	5,8	4.9	ω, 4	2,8	3,8	4,6	3 3	3,2	4,8	5,6	5 2	4,6	3,9	4 5	3,6	3,2	4,6	3,2	6.5	4 8	1,1	3,2	1,6	3 3	2 2	7,2	5,4	9,6	5,0	5,1	6,2	3 6	5,3	4.7	6
л U 00	3,6	4 5	5,3	5,9	6,6	5,6	4 0	4,1	3,2	4.9	3.9	3,8	5.4	5,6	5,8	5,2	5,1	5,6	4.2	3,9	4 8	4 2	6,8	5,6	4 5	4.1	4 6	7,3	4,2	8,5	5,8	7,0	7,6	5,8	7,5	5,7	6,5	4,7	7
200,0	4800 0	6300,0	0,0088	8350,0	3200.0	4600,0	5900.0	3850,0	6280,0	8200.0	5600,0	4720,0	3250.0	7800,0	6200,0	12500.0	12500,0	5000,0	5000,0	6310,0	6310,0	3140,0	3140,0	6260,0	5350,0	7300,0	6500,0	900,0	3050,0	5550,0	4500,0	4135,0	66660,0	1980,0	6620,0	3320,0	4960,0	2360,0	œ
344,0	274.0	351,0	488,0	725,0	430,0	398.0	275,0	477,0	538,0	824.0	177,0	486,0	364.0	425.0	886,0	298,0	298.0	206,0	206,0	468,0	468,0	361,0	361,0	454,0	278,0	318,0	636,0	424,0	245,0	119,0	337,0	179,0	1399,0	356,0	154,0	390,0	285,0	455,0	6
385 0	490,0	517,0	358.0	411,0	495,0	328,0	430,0	654,0	516,0	321,0	374,0	463,0	1030,0	684,0	552,0	0,066	390,0	625,0	625,0	1184,0	1184,0	343.0	343,0	1760.0	684,0	867,0	325,0	313,0	877,0	694,0	490,0	579,0	932,0	317,0	745,0	145,0	145,0	265,0	10
298.0	134,0	181,0	175,0	298.0	213,0	128,0	256,0	312,0	278,0	265,0	66,0	225,0	375.0	291,0	489,0	116,0	116,0	129.0	129,0	554,0	554,0	124.0	124.0	799,0	190,0	276,0	207,0	133,0	215,0	83,0	165,0	104,0	0303.0	113,0	115,0	57,0	41,0	121,0	11

Tablica 4.2.1

1

24

Tablica 4.2.2

Wyniki badań własności mechanicznych i parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy TK 250/4 – przenośniki powierzchniowe

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1024,0	4,50	0,61	0,185	16,0	6,2	10,2	9720,0	231,0	189,0	44,0
925,0	6,50	0,50	0,218	29,5	6,6	6,9	5060,0	163,0	324,0	53,0
1133,0	4,33	0,88	0,173	20,0	5,4	5,8	4640,0	84,0	212,0	18,0
1237,0	3,33	0,44	0,156	20,0	5,2	5,8	4640,0	122,0	161,0	20,0
916,0	6,00	0,38	0,195	19,0	4,6	4,8	9180,0	88,0	294,0	26,0
923,0	7,66	0,52	0,203	18,0	6,1	5,9	9180,0	96,0	318,0	31,0
1105,0	3,82	0,46	0,196	17,0	4,5	5,2	8620,0	194,0	265,0	51,0
768,0	7,21	0,82	0,312	28,5	4,8	5,3	4890,0	218,0	796,0	174,0
825,0	6,00	0,94	0,264	28,0	5,1	5,5	3720,0	246,0	584,0	144,0
794,0	6,54	1,15	0,233	28,0	4,7	5,0	6500,0	308,0	980,0	302,0
812,0	6,82	0,63	0,312	27,0	3,6	3,6	7200,0	264,0	725,0	191,0
957,0	4,81	0,42	0,194	20,0	3,8	3,5	8350,0	19,0	544,0	10,0
1008,0	4,00	0,83	0,183	21,0	4,2	4,5	6280,0	43,0	420,0	18,0
996,0	3,72	0,71	0,221	18,0	4,0	4,8	7300,0	194,0	630,0	122,0
815,0	5,82	0,66	0,213	18,0	3,6	4,2	4520,0	262,0	590,0	155,0
896,0	4,66	0,72	0,224	19,0	6,1	6,0	5900,0	48,0	465,0	22,0
906,0	4,00	0,68	0,184	17,0	4,8	5,0	5300,0	181,0	382,0	69,0
794,0	5,12	0,44	0,283	26,0	4,3	4,5	3950,0	93,0	715,0	66,0
898,0	5,42	0,36	0,243	20,0	3,8	3,9	5630,0	77,0	530,0	41,0
855,0	5,94	0,52	0,224	19,0	5,0	5,0	4350,0	85,0	820,0	70,0
943,0	4,82	0,48	0,208	20,5	4,2	4,6	7910,0	212,0	330,0	70,0
968,0	4,23	0,42	0,184	18,5	4,3	4,8	8360,0	286,0	452,0	129,0
1093,0	3,52	0,56	0,172	17,0	4,8	4,9	7280,0	173,0	220,0	38,0
- 886,0	5,63	0,72	0,200	20,0	3,8	4,2	6130,0	38,0	360,0	14,0
1120,0	4,20	0,77	0,115	16,0	3,7	3,9	4850,0	74,0	425,0	31,0
1016,0	3,81	0,81	0,136	17,0	4,2	4,5	3970,0	123,0	580,0	71,0
943,0	4,63	1,02	0,188	18,0	5,1	5,8	4250,0	215,0	1010,0	217,0
892,0	5,52	0,86	0,246	19,0	4,5	5,2	5120,0	149,0	830,0	124,0
864,0	5,82	0,62	0,205	19,0	4,8	5,2	5300,0	193,0	724,0	140,0
921,0	4,83	0,43	0,218	18,0	5,2	5,8	4820,0	28,0	566,0	16,0
876,0	5,8	0,56	0,308	19,0	5,3	5,6	4960,0	96,0	346,0	33,0
792,0	6,92	0,39	0,404	23,0	3,6	4,2	5630,0	394,0	964,0	380,0
852,0	6,33	0,42	0,300	18,5	3,8	4,6	4800,0	215,0	388,0	83,0
839,0	5,66	0,35	0,298	18,0	4,2	4,3	3950,0	188,0	578,0	109,0
898,0	5,25	0,74	0,265	17,0	4,4	5,0	6830,0	96,0	382,0	37,0
905,0	4,93	0,68	0,258	18,0	5,1	5,5	6100,0	148,0	298,0	44,0
. 878,0	5,36	0,59	0,204	17,5	4,8	5,3	5950,0	216,0	477,0	103,0
953,0	4,18	0,92	0,196	17,0	4,9	5,2	4050,0	155,0	724,0	112,0
1012,0	3,84	0,55	0,178	16,0	5,3	5,5	3120,0	128,0	226,0	29,0
966,0	4,00	0,61	0,198	18,5	5,6	5,6	4620,0	84,0	493,0	41,0

Wyniki badań własności mechanicznych i parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy TK 420/3 - przenośniki podziemne

	1	1	T	1	-	-					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
832,0	7,0	0,28	0,275	34,0	4,72	4,91	9000,0	173,0	290,0	50,0	
1173,0	6,0	0,36	0,320	25,0	4,15	4,51	1875,0	54,0	720,0	39,0	
1047,0	5,3	0,48	0,180	31,0	5,16	5,28	2250,0	43,0	680,0	29,0	
940,0	8,0	0,19	0,165	23,0	4,26	4,41	3000,0	58,0	440,0	25,0	
1085,0	4,3	0,24	0,235	28,0	5,86	5,90	4500,0	108,0	325,0	35,0	
1068,0	4,4	0,26	0,312	21,0	5,12	5,36	5250,0	76,0	819,0	62,0	
1003,0	6,7	0,32	0,278	26,0	4,81	4,87	3180,0	60,0	952,0	57,0	1
1025,0	5,3	0,41	0,293	25,0	4,18	4,28	2250,0	43,0	560,0	24,0	
918,0	6,4	0,51	0,211	33,0	3,86	4,51	9650,0	92,0	424,0	39,0	
1233,0	4,9	0,27	0,254	21,0	3,6	3,85	2050,0	24,0	715,0	` 17,0	
1356,0	4,1	0,24	0,386	21,0	4,24	4,41	3225,0	284,0	654,0	162,0	1
1179,0	5,0	0,26	0,331	28,0	4,05	4,36	250,0	7,0	6,0	0,4	ļ
944,0	6,3	0,31	0,286	26,0	5,12	5,46	8200,0	37,0	319,0	12,0	
923,0	6,8	0,35	0,269	25,0	3,82	4,15	10200,0	138,0	866,0	119,0	
1120,0	5,3	0,21	0,225	24,0	4,61	4,82	2635,0	21,0	715,0	15,0	
1289,0	4,3	0,28	0,312	21,0	4,18	4,22	2500,0	36,0	616,0	22,0	1
1189,0	4,7	0,29	0,316	27,0	5,08	5,16	1875,0	27,0	724,0	19,0	Ì
1132,0	5,6	0,35	0,285	28,0	3,66	3,82	4500,0	216,0	395,0	85,0	l
1267,0	6,0	0,28	0,279	23,0	3,98	4,16	1912,0	16,0	418,0	7,0	
1149,0	5,3	0,24	0,241	26,0	4,23	4,48	3600,0	35,0	526,0	18,0	
1243,0	4,3	0,36	0,293	22,0	4,69	4,89	2100,0	20,0	484,0	10,0	1
1063,0	4,8	0,53	0,281	24,0	5,12	5,53	9000,0	259,0	387,0	100,0	Ì
1189,0	4,3	0,41	0,234	25,0	4,46	4,66	3800,0	102,0	423,0	43,0	l
1146,0	4,2	0,38	0,255	26,0	4,85	5,08	4200,0	113,0	488,0	55,0	
680,0	11,0	0,23	0,322	28,0	3,22	3,48	8500,0	354,0	652,0	221,0	
1068,0	4,8	0,28	0,388	31,0	4,18	4,39	3600,0	58,0	564,0	33,0	
788,0	7,8	0,21	0,343	34,0	5,01	5,28	7220,0	191,0	619,0	118,0	
893,0	6,7	0,36	0,245	32,0	4,52	4,81	5300,0	87,0	846,0	74,0	
1322,0	3,3	0,41	0,261	24,0	3,81	4,42	3770,0	102,0	1022,0	104,0	l
1120,0	3,7	0,43	0,293	25,0	3,64	4,05	6200,0	77,0	934,0	72,0	
1039,0	4,3	0,38	0,246	26,0	3,28	3,82	7120,0	24,0	718,0	17,0	
1093,0	5,0	0,32	0,285	28,0	4,18	4,68	5140,0	108,0	315,0	34,0	ļ
1195,0	5,3	0,23	0,236	21,0	3,53	3,92	6200,0	86,0	720.0	62,0	
1002,0	4,7	0,31	0,245	29,0	3,69	3,81	3840,0	62,0	710,0	45,0	
879,0	7,6	0,46	0,268	24,0	3,82	4,22	5210,0	39,0	628,0	24,0	
812,0	7,3	0,68	0,291	26,0	3,44	3,96	4780,0	61,0	882,0	54,0	
1020,0	6,3	0,28	0,318	25,0	3,62	3,60	2960,0	162,0	619,0	100,0	
1087,0	6,0	0,30	0,320	24,0	3,88	3,93	3810,0	93,0	718,0	67,0	
860,0	7,3	0,36	0,250	28,0	4,18	4,58	4750,0	174,0	524,0	91,0	
1153,0	5,7	0,39	0,224	23,0	5,13	5,39	3900,0	79,0	391,0	31,0	

Tablica 4.2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1116,0	3,5	0,44	0,163	25,0	4,0	4,8	4340,0	360,0	488,0	176,0
1179,0	3,0	0,55	0,169	24,5	4,0	4,4	2600,0	149,0	292,0	43,0
1234,0	3,0	0,39	0,200	25,0	4,7	5,6	7420,0	9,0	835,0	8,0
927,0	5,0	0,28	0,188	24,5	5,4	7,2	6215,0	215,0	870,0	187.0
1010,0	5,1	0,55	0,215	30,5	3,4	4,8	5180,0	554,0	303,0	168,0
1349,0	3,0	0,33	0,310	23,5	5,2	6,9	3380,0	194,0	118,0	23,0
1072,0	4,0	0,33	0,317	26,0	5,2	6,1	2620,0	296,0	327,0	97,0
1143,0	4,3	0,31	0,210	26,0	6,4	9,3	2420,0	237,0	837,0	198,0
1213,0	4,3	0,20	0,253	28,0	3,6	6,4	2400,0	142,0	432,0	61,0
1478,0	2,0	0,39	0,282	26,5	3,8	4,9	4800,0	356,0	748,0	266,0
1225,0	2,0	0,27	0,320	26,0	5,1	5,8	5000,0	371,0	749,0	278,0
1150,0	4,7	0,55	0,152	26,0	3,6	4,3	4950,0	367,0	750,0	275,0
1419,0	3,0	0,37	0,195	26,0	5,3	4,8	4900,0	363,0	740,0	269,0
1220,0	2,8	0,23	0,188	28,0	4,0	4,2	8600,0	85,0	360,0	31,0
1257,0	3,2	0,35	0,219	23,0	4,6	4,8	3888,0	133,0	425,0	57,0
1106,0	3,3	0,36	0,331	28,0	4,3	4,5	4200,0	215,0	114,0	530,0
1018,0	4,2	0,28	0,290	30,0	3,6	3,9	6855,0	198,0	285,0	57,0
1069,0	4,6	0,46	0,265	26,0	3,8	4,1	3482,0	266,0	324,0	86,0
1017,0	5,2	0,29	0,338	25,0	4,3	4,5	9130,0	394,0	450,0	177,0
1125,0	4,2	0,32	0,215	22,0	3,8	3,8	3520,0	405,0	692,0	280,0
1156,0	4,3	0,41	0,286	23,0	4,0	4,0	2790,0	328,0	720,0	236,0
1061,0	5,0	0,29	0,293	27,0	4,2	4,8	4550,0	217,0	750,0	161,0
1055,0	5,2	0,36	0,312	28,0	4,1	4,8	3800,0	128,0	844,0	108,0
983,0	4,8	0,39	0,209	31,0	3,9	4,1	4500,0	231,0	812,0	188,0
940,0	5,8	0,41	0,296	25,0	3,8	4,4	7800,0	288,0	693,0	200,0
739,0	6,3	0,33	0,301	24,0	4,6	4,8	6462,0	406,0	927,0	376,0
690,0	7,0	0,48	0,288	24,0	4,1	4,5	7730,0	462,0	878,0	406,0
806,0	6,0	0,44	0,388	25,0	4,3	4,3	8150,0	372,0	878,0	357,0
749,0	6,7	0,28	0,276	26,0	4,2	4,6	5720,0	266,0	1020,0	2/1,0
1037,0	4,7	0,33	0,328	28,0	3,9	4,1	4650,0	56,0	634,0	36,0
988,0	5,2	0,31	0,218	24,0	4,0	4,0	5230,0	312,0	485,0	151,0
1072,0	5,0	0,38	0,286	25,0	5,2	5,6	6120,0	288,0	394,0	113,0
1049,0	4,9	0,42	0,292	28,0	4,9	4,7	3950,0	320,0	515,0	165,0
998,0	5,2	0,29	0,301	27,0	4,2	4,6	4160,0	298,0	802,0	239,0
895,0	6,0	0,31	0,266	27,0	3,9	4,2	2990,0	212,0	301,0	122 0
984,0	6,1	0,36	0,282	26,0	3,7	3,9	3320,0	383,0	322,0	123,0
977,0	6,0	0,39	0,260	26,0	4,1	4,3	4550,0	421,0	394,0	100,0
1040,0	5,3	0,35	0,235	25,0	4,3	4,5	5230,0	328,0	415,0	130,0
945,0	6,0	0,4	0,263	24,0	3,3	3,7	4620,0	200,0	490,0	176.0
910,0	6,4	0,28	0,241	25,0	3,6	3,9	6230,0	338,0	520,0	170,0

Wyniki badań własności mechanicznych	n i parametrów opisujących
warunki eksploatacji taśmy TK 420/3	<ul> <li>przenośniki powierzchniowe</li> </ul>

521,0         6,3         0,38         0,342         28,0         4,1         4,1         595,0         286,0         645,0         184,0           592,0         7,0         0,66         0,286         27,5         4,2         4,5         466,0         324,0         780,0         253,0           674,0         6,7         0,50         0,164         26,5         3,3         4,8         4125,0         215,0         1050,0         226,0           572,0         6,0         0,45         0,320         24,0         3,4         5,2         375,0         186,0         862,0         160,0           527,0         8,3         0,66         0,288         23,0         6,2         6,4         225,0         320,0         381,0           566,0         4,3         0,55         0,254         25,5         5,4         5,8         275,0         385,0         46,0         117,0           599,0         6,0         1,12         0,220         28,0         4,1         4,8         450,0         184,0         220,0         333,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         21,0 <t< th=""><th>606,0</th><th>6,7</th><th>0,45</th><th>0,188</th><th>25,0</th><th>3,6</th><th>4,2</th><th>6750,0</th><th>115,0</th><th>810,0</th><th>93,0</th></t<>	606,0	6,7	0,45	0,188	25,0	3,6	4,2	6750,0	115,0	810,0	93,0
592,0         7,0         0,66         0,286         27,5         4,2         4,5         4560,0         324,0         780,0         253,0           674,0         6,7         0,50         0,164         26,0         4,8         5,5         2250,0         374,0         946,0         354,0           681,0         5,7         0,34         0,152         26,5         3,3         4,8         4125,0         215,0         186,0         862,0         186,0           572,0         6,7         0,50         0,310         22,0         3,8         4,3         1250,0         345,0         540,0         186,0           527,0         8,3         0,66         0,288         23,0         6,2         6,4         2250,0         320,0         370,0         81,0           580,0         6,3         0,83         0,272         26,5         5,4         5,8         2750,0         385,0         460,1         177,0           599,0         6,0         1,12         0,320         28,0         4,1         4,8         4500,0         184,0         522,0         36,0         22,0         36,0         22,0         36,0         22,0         36,0         22,0         36,0	521,0	6,3	0,38	0,342	28,0	4,1	4,1	5950,0	286,0	645,0	184,0
674,0         6,7         0,50         0,164         26,0         4,8         5,5         2250,0         374,0         946,0         354,0           681,0         5,7         0,34         0,152         26,5         3,3         4,8         4125,0         215,0         1050,0         226,0           572,0         6,0         0,45         0,320         24,0         3,4         5,2         3750,0         186,0         862,0         160,0           535,6         6,7         0,50         0,310         22,0         3,8         4,3         1250,0         220,0         333,0           566,0         4,3         0,55         0,224         25,5         5,1         5,3         5250,0         362,0         920,0         333,0           580,0         6,3         0,83         0,272         26,5         5,4         5,8         2750,0         385,0         460,0         177,0           599,0         6,0         1,12         0,220         28,0         4,14         4,8         450,0         184,0         522,0         96,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,1         4,8         500,0         56,0	592,0	7,0	0,66	0,286	27,5	4,2	4,5	4560,0	324,0	780,0	253,0
681,0         5,7         0,34         0,152         26,5         3,3         4,8         4125,0         215,0         1050,0         226,0           572,0         6,0         0,45         0,320         24,0         3,4         5,2         3750,0         186,0         862,0         160,0           535,0         6,7         0,50         0,310         22,0         3,8         4,3         1250,0         326,0         920,0         333,0           566,0         4,3         0,55         0,224         25,5         5,1         5,3         5250,0         362,0         920,0         333,0           580,0         6,3         0,83         0,275         26,5         5,4         5,8         2750,0         384,0         49,0         96,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         214,0         349,0         96,0           688,0         6,3         0,72         0,235         31,0         4,8         5,3         650,0         50,0         43,0         46         525,0         421,0         488,0         32,0           646,0         5,3         0,39         0,342	674,0	6,7	0,50	0,164	26,0	4,8	5,5	2250,0	374,0	946,0	354,0
572,0       6,0       0,45       0,320       24,0       3,4       5,2       3750,0       186,0       862,0       160,0         535,0       6,7       0,50       0,310       22,0       3,8       4,3       1250,0       345,0       540,0       186,0         527,0       8,3       0,66       0,288       23,0       6,2       6,4       2250,0       320,0       333,0         566,0       4,3       0,55       0,254       25,5       5,1       5,3       5250,0       386,0       6,0       1,12       0,320       28,0       4,1       4,8       4500,0       184,0       522,0       96,0         626,0       5,7       0,48       0,210       27,0       4,6       4,7       4125,0       27,4,0       349,0       96,0         688,0       6,3       0,72       0,235       31,0       5,2       5,3       4875,0       55,0       415,0       23,0         583,0       6,2       0,64       0,267       23,0       3,3       4,6       5250,0       84,0       36,0       32,0         646,0       5,1       0,52       0,41       3,43       4,7       5525,0       82,0       623,0 <t< td=""><td>681,0</td><td>5,7</td><td>0,34</td><td>0,152</td><td>26,5</td><td>3,3</td><td>4,8</td><td>4125,0</td><td>215,0</td><td>1050,0</td><td>226,0</td></t<>	681,0	5,7	0,34	0,152	26,5	3,3	4,8	4125,0	215,0	1050,0	226,0
535,0         6,7         0,50         0,310         22,0         3,8         4,3         1250,0         345,0         540,0         186,0           527,0         8,3         0,66         0,288         23,0         6,2         6,4         2250,0         220,0         370,0         81,0           566,0         4,3         0,55         0,254         25,5         5,1         5,3         5250,0         362,0         920,0         333,0           580,0         6,0         1,12         0,220         26,5         5,4         5,8         2750,0         385,0         660,0         177,0           599,0         6,0         1,72         0,235         31,0         5,2         5,3         4875,0         55,0         415,0         22,0           626,0         5,7         0,48         0,207         23,0         4,3         4,6         5250,0         88,0         368,0         32,0           591,0         6,7         0,54         0,267         23,0         4,3         4,6         5250,0         88,0         36,0         36,0           646,0         5,3         0,183         30,0         5,6         6,14         4670,0         89,0 <t< td=""><td>572,0</td><td>6,0</td><td>0,45</td><td>0,320</td><td>24,0</td><td>3,4</td><td>5,2</td><td>3750,0</td><td>186,0</td><td>862,0</td><td>160,0-</td></t<>	572,0	6,0	0,45	0,320	24,0	3,4	5,2	3750,0	186,0	862,0	160,0-
527,0         8,3         0,66         0,288         23,0         6,2         6,4         225,0         220,0         370,0         81,0           566,0         4,3         0,55         0,254         25,5         5,1         5,3         5250,0         362,0         920,0         333,0           580,0         6,3         0,83         0,275         26,5         5,4         5,8         2750,0         385,0         460,0         177,0           599,0         6,0         1,12         0,320         28,0         4,1         4,8         4500,0         184,0         522,0         96,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         274,0         489,0         205,0           688,0         6,3         0,72         0,333         1,0         4,8         5,3         650,0         55,0         415,0         23,0           583,0         6,2         0,63         0,282         23,0         4,3         4,6         5250,0         88,0         88,0         32,0           646,0         5,3         0,61         0,232         27,0         5,2         5,4         460,0         88	535,0	6,7	0,50	0,310	22,0	3,8	4,3	1250,0	345,0	540,0	186,0
566,0         4,3         0,55         0,254         25,5         5,1         5,3         5250,0         362,0         920,0         333,0           580,0         6,3         0,83         0,275         26,5         5,4         5,8         2750,0         385,0         460,0         177,0           599,0         6,0         1,12         0,220         28,0         4,1         4,8         4500,0         184,0         522,0         96,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         274,0         349,0         96,0           688,0         6,2         0,63         0,228         21,0         3,9         4,2         6325,0         421,0         488,0         205,0           583,0         6,7         0,54         0,267         23,0         4,3         4,6         5250,0         488,0         362,0         21,0           763,0         3,7         0,55         0,180         30,0         5,6         6,1         4687,0         49,0         424,0         21,0           78,0         3,7         0,55         0,180         30,0         5,2         5,4         460,0 <t< td=""><td>527,0</td><td>8,3</td><td>0,66</td><td>0,288</td><td>23,0</td><td>6,2</td><td>6,4</td><td>2250,0</td><td>220,0</td><td>370,0</td><td>81,0</td></t<>	527,0	8,3	0,66	0,288	23,0	6,2	6,4	2250,0	220,0	370,0	81,0
580,0         6,3         0,83         0,275         26,5         5,4         5,8         2750,0         385,0         460,0         177,0           599,0         6,0         1,12         0,320         28,0         4,1         4,8         4500,0         184,0         522,0         96,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         274,0         349,0         96,0           688,0         6,3         0,72         0,235         31,0         5,2         5,3         4875,0         55,0         415,0         23,0           583,0         6,2         0,63         0,288         22,0         3,9         4,2         6325,0         421,0         488,0         205,0           591,0         6,7         0,54         0,267         23,0         4,6         5250,0         89,0         86,0         79,0           763,0         3,7         0,55         0,183         30,0         5,6         6,1         4687,0         49,0         424,0         21,0           728,0         4,0         0,62         0,215         32,0         5,2         4887,0         56,0         715,0         <	566,0	4,3	0,55	0,254	25,5	5,1	5,3	5250,0	362,0	920,0	333,0
599,0         6,0         1,12         0,320         28,0         4,1         4,8         4500,0         184,0         522,0         96,0           626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         274,0         349,0         96,0           688,0         6,3         0,72         0,235         31,0         5,2         5,3         4875,0         55,0         415,0         23,0           583,0         6,2         0,63         0,288         22,0         3,9         4,2         6325,0         421,0         488,0         205,0           591,0         6,7         0,55         0,180         30,0         5,6         6,1         4687,0         49,0         424,0         21,0           763,0         3,7         0,55         0,180         30,0         5,2         5,4         4600,0         89,0         886,0         79,0           717,0         3,3         0,59         0,193         29,0         5,0         5,2         4887,0         56,0         715,0         40,0           675,0         5,3         0,61         0,234         27,0         4,3         4,7         5525,0         8	580,0	6,3	0,83	0,275	26;5	5,4	5,8	2750,0	385,0	460,0	177,0
626,0         5,7         0,48         0,210         27,0         4,6         4,7         4125,0         274,0         349,0         96,0           688,0         6,3         0,72         0,235         31,0         5,2         5,3         4875,0         55,0         415,0         23,0           583,0         6,2         0,63         0,288         22,0         3,9         4,2         6325,0         421,0         488,0         205,0           591,0         6,7         0,54         0,267         23,0         4,3         4,6         5250,0         88,0         368,0         32,0           646,0         5,3         0,39         0,342         31,0         4,8         5,3         6500,0         56,0         99,0         5,0           763,0         4,0         0,62         0,215         32,0         5,2         5,4         4600,0         89,0         886,0         79,0           717,0         3,3         0,59         0,193         29,0         5,0         5,2         4887,0         55,0         61,0         44,0           717,0         3,7         0,73         0,194         34,0         4,6         4,9         480,0         5,0 <td>599,0</td> <td>6,0</td> <td>1,12</td> <td>0,320</td> <td>28,0</td> <td>4,1</td> <td>4,8</td> <td>4500,0</td> <td>184,0</td> <td>522,0</td> <td>96,0</td>	599,0	6,0	1,12	0,320	28,0	4,1	4,8	4500,0	184,0	522,0	96,0
688,0         6,3         0,72         0,235         31,0         5,2         5,3         4875,0         55,0         415,0         23,0           583,0         6,2         0,63         0,288         22,0         3,9         4,2         6325,0         421,0         488,0         205,0           591,0         6,7         0,54         0,267         23,0         4,3         4,6         5250,0         88,0         368,0         32,0           646,0         5,3         0,39         0,342         31,0         4,8         5,3         6500,0         56,0         99,0         5,0           763,0         3,7         0,55         0,180         30,0         5,6         6,1         4667,0         49,0         424,0         21,0           728,0         4,0         0,62         0,215         32,0         5,2         5,4         4600,0         89,0         886,0         79,0           717,0         3,3         0,59         0,193         29,0         5,0         5,2         4887,0         56,0         715,0         40,0           675,0         5,3         0,61         0,232         27,0         3,8         3,6         5142,0         63,0<	626,0	5,7	0,48	0,210	27,0	4,6	4,7	4125,0	274,0	349,0	96,0
583,0         6,2         0,63         0,288         22,0         3,9         4,2         6325,0         421,0         488,0         205,0           591,0         6,7         0,54         0,267         23,0         4,3         4,6         5250,0         88,0         368,0         32,0           646,0         5,3         0,39         0,342         31,0         4,8         5,3         6500,0         56,0         99,0         5,0           763,0         3,7         0,55         0,180         30,0         5,6         6,1         4687,0         49,0         424,0         21,0           728,0         4,0         0,62         0,215         32,0         5,2         5,4         4600,0         89,0         886,0         79,0           717,0         3,3         0,59         0,193         29,0         5,0         5,2         4887,0         56,0         715,0         40,0           675,0         5,3         0,61         0,234         27,0         4,3         4,7         5525,0         82,0         623,0         34,0           731,0         3,7         0,315         27,0         5,2         5,6         6320,0         14,0         346,0	688,0	6,3	0,72	0,235	31,0	5,2	5,3	4875,0	55,0	415,0	23,0
591,0 $6,7$ $0,54$ $0,267$ $23,0$ $4,3$ $4,6$ $5250,0$ $88,0$ $368,0$ $32,0$ $646,0$ $5,3$ $0,39$ $0,342$ $31,0$ $4,8$ $5,3$ $6500,0$ $56,0$ $99,0$ $5,0$ $763,0$ $3,7$ $0,55$ $0,180$ $30,0$ $5,6$ $6,1$ $4687,0$ $49,0$ $424,0$ $21,0$ $728,0$ $4,0$ $0,62$ $0,215$ $32,0$ $5,2$ $5,4$ $4600,0$ $89,0$ $886,0$ $79,0$ $717,0$ $3,3$ $0,59$ $0,193$ $29,0$ $5,0$ $5,2$ $4887,0$ $56,0$ $715,0$ $40,0$ $675,0$ $5,3$ $0,61$ $0,234$ $27,0$ $4,3$ $4,7$ $5525,0$ $82,0$ $623,0$ $51,0$ $704,0$ $4,7$ $0,42$ $0,215$ $35,0$ $3,8$ $3,6$ $5142,0$ $63,0$ $545,0$ $34,0$ $731,0$ $3,7$ $0,73$ $0,194$ $34,0$ $4,6$ $4,9$ $4800,0$ $51,0$ $494,0$ $25,0$ $595,0$ $6,7$ $0,82$ $0,292$ $28,0$ $4,5$ $4,8$ $4860,0$ $94,0$ $372,0$ $35,0$ $585,0$ $6,3$ $0,77$ $0,315$ $27,0$ $5,2$ $5,6$ $6320,0$ $112,0$ $466,0$ $52,0$ $517,0$ $6,3$ $0,275$ $30,0$ $4,3$ $4,8$ $4200,0$ $86,0$ $274,0$ $23,0$ $570,0$ $4,5$ $0,22$ $0,22$ $0,22$ $27,0$ $3,1$ $3,8$	583,0	6,2	0,63	0,288	22,0	3,9	4,2	6325,0	421,0	488,0	205,0
646,0 $5,3$ $0,39$ $0,342$ $31,0$ $4,8$ $5,3$ $650,0$ $56,0$ $99,0$ $5,0$ $763,0$ $3,7$ $0,55$ $0,180$ $30,0$ $5,6$ $6,1$ $4687,0$ $49,0$ $424,0$ $21,0$ $728,0$ $4,0$ $0,62$ $0,215$ $32,0$ $5,2$ $5,4$ $4600,0$ $89,0$ $886,0$ $79,0$ $717,0$ $3,3$ $0,59$ $0,193$ $29,0$ $5,0$ $5,2$ $4887,0$ $56,0$ $715,0$ $40,0$ $675,0$ $5,3$ $0,61$ $0,234$ $27,0$ $4,3$ $4,7$ $5525,0$ $82,0$ $623,0$ $51,0$ $704,0$ $4,7$ $0,42$ $0,215$ $35,0$ $3,8$ $3,6$ $5142,0$ $63,0$ $545,0$ $34,0$ $731,0$ $3,7$ $0,73$ $0,194$ $34,0$ $4,6$ $4,9$ $4800,0$ $51,0$ $494,0$ $25,0$ $595,0$ $6,7$ $0,82$ $0,292$ $28,0$ $4,5$ $4,8$ $4860,0$ $94,0$ $372,0$ $35,0$ $585,0$ $6,3$ $0,77$ $0,315$ $27,0$ $5,2$ $5,6$ $6320,0$ $112,0$ $466,0$ $52,0$ $517,0$ $5,0$ $0,63$ $0,275$ $30,0$ $4,3$ $4,8$ $4200,0$ $86,0$ $274,0$ $23,0$ $545,0$ $7,0$ $0,47$ $0,242$ $27,0$ $3,1$ $3,8$ $3800,0$ $104,0$ $318,0$ $33,0$ $659,0$ $4,5$ $0,52$ $0,26,0$ $5,1$ $5,6$ $398$	591,0	6,7	0,54	0,267	23,0	4,3	4,6	5250,0	88,0	368,0	32,0
763,0 $3,7$ $0,55$ $0,180$ $30,0$ $5,6$ $6,1$ $4687,0$ $49,0$ $424,0$ $21,0$ $728,0$ $4,0$ $0,62$ $0,215$ $32,0$ $5,2$ $5,4$ $4600,0$ $89,0$ $886,0$ $79,0$ $717,0$ $3,3$ $0,59$ $0,193$ $29,0$ $5,0$ $5,2$ $4887,0$ $56,0$ $715,0$ $40,0$ $675,0$ $5,3$ $0,61$ $0,234$ $27,0$ $4,3$ $4,7$ $5525,0$ $82,0$ $623,0$ $51,0$ $704,0$ $4,7$ $0,42$ $0,215$ $35,0$ $3,8$ $3,6$ $5142,0$ $63,0$ $545,0$ $34,0$ $731,0$ $3,7$ $0,73$ $0,194$ $34,0$ $4,6$ $4,9$ $4800,0$ $51,0$ $494,0$ $25,0$ $595,0$ $6,7$ $0,82$ $0,292$ $28,0$ $4,5$ $4,8$ $4860,0$ $94,0$ $372,0$ $35,0$ $585,0$ $6,3$ $0,77$ $0,315$ $27,0$ $5,2$ $5,6$ $6320,0$ $112,0$ $466,0$ $52,0$ $517,0$ $5,0$ $0,63$ $0,275$ $30,0$ $4,3$ $4,8$ $4200,0$ $86,0$ $274,0$ $23,0$ $545,0$ $7,0$ $0,47$ $0,242$ $27,0$ $3,1$ $3,8$ $3800,0$ $104,0$ $318,0$ $33,0$ $659,0$ $4,5$ $0,52$ $0,230$ $31,0$ $3,6$ $3,8$ $3320,0$ $104,0$ $318,0$ $34,0$ $617,0$ $0,52$ $0,230$ $31,0$ $3,6$ $3,8$	646,0	5,3	0,39	0,342	31,0	4,8	5,3	6500,0	56,0	99,0	5,0
728,0 $4,0$ $0,62$ $0,215$ $32,0$ $5,2$ $5,4$ $4600,0$ $89,0$ $886,0$ $79,0$ $717,0$ $3,3$ $0,59$ $0,193$ $29,0$ $5,0$ $5,2$ $4887,0$ $56,0$ $715,0$ $40,0$ $675,0$ $5,3$ $0,61$ $0,234$ $27,0$ $4,3$ $4,7$ $5525,0$ $82,0$ $623,0$ $51,0$ $704,0$ $4,7$ $0,42$ $0,215$ $35,0$ $3,8$ $3,6$ $5142,0$ $63,0$ $545,0$ $34,0$ $731,0$ $3,7$ $0,73$ $0,194$ $34,0$ $4,6$ $4,9$ $4800,0$ $51,0$ $494,0$ $25,0$ $595,0$ $6,7$ $0,82$ $0,292$ $28,0$ $4,5$ $4,8$ $4860,0$ $94,0$ $372,0$ $35,0$ $585,0$ $6,3$ $0,77$ $0,315$ $27,0$ $5,2$ $5,6$ $6320,0$ $112,0$ $466,0$ $52,0$ $517,0$ $5,0$ $0,63$ $0,283$ $29,0$ $5,8$ $6,2$ $5250,0$ $134,0$ $352,0$ $47,0$ $570,0$ $4,6$ $0,39$ $0,275$ $30,0$ $4,3$ $4,8$ $4200,0$ $86,0$ $274,0$ $23,0$ $545,0$ $7,0$ $0,47$ $0,242$ $27,0$ $3,1$ $3,8$ $3300,0$ $104,0$ $318,0$ $33,0$ $659,0$ $4,5$ $0,52$ $0,230$ $31,0$ $3,6$ $3,8$ $3320,0$ $108,0$ $446,0$ $48,0$ $612,0$ $5,0$ $0,51$ $0,265$ $26,0$ $5,1$ <td< td=""><td>763,0</td><td>3,7</td><td>0,55</td><td>0,180</td><td>30,0</td><td>5,6</td><td>6,1</td><td>4687,0</td><td>49,0</td><td>424,0</td><td>21,0</td></td<>	763,0	3,7	0,55	0,180	30,0	5,6	6,1	4687,0	49,0	424,0	21,0
717,0       3,3       0,59       0,193       29,0       5,0       5,2       4887,0       56,0       715,0       40,0         675,0       5,3       0,61       0,234       27,0       4,3       4,7       5525,0       82,0       623,0       51,0         704,0       4,7       0,42       0,215       35,0       3,8       3,6       5142,0       63,0       545,0       34,0         731,0       3,7       0,73       0,194       34,0       4,6       4,9       4800,0       51,0       494,0       25,0         595,0       6,7       0,82       0,292       28,0       4,5       4,8       4860,0       94,0       372,0       35,0         585,0       6,3       0,77       0,315       27,0       5,2       5,6       6320,0       112,0       466,0       52,0         517,0       5,0       0,63       0,283       29,0       5,8       6,2       5250,0       134,0       352,0       47,0         545,0       7,0       0,47       0,242       27,0       3,1       3,8       3800,0       104,0       318,0       33,0         612,0       5,0       0,63       0,244       27,	728,0	4,0	0,62	0,215	32,0	5,2	5,4	4600,0	89,0	886,0	79,0
675,05,30,610,23427,04,34,75525,082,0623,051,0704,04,70,420,21535,03,83,65142,063,0545,034,0731,03,70,730,19434,04,64,94800,051,0494,025,0595,06,70,820,29228,04,54,84860,094,0372,035,0585,06,30,770,31527,05,25,66320,0112,0466,052,0517,05,00,630,28329,05,86,25250,0134,0352,047,0570,04,60,390,27530,04,34,84200,086,0274,023,0545,07,00,470,24227,03,13,83800,0104,0318,033,0659,04,50,520,23031,03,63,83320,0108,0446,048,0612,05,00,630,24427,04,24,72460,094,0524,049,0647,05,00,510,26526,05,15,63980,052,0663,034,0529,06,30,490,21823,04,55,23260,096,0494,047,0554,06,00,590,28524,03,64,84520,088,0526,046,0550,05,3 <t< td=""><td>717,0</td><td>3,3</td><td>0,59</td><td>0,193</td><td>29,0</td><td>5,0</td><td>5,2</td><td>4887,0</td><td>56,0</td><td>715,0</td><td>40,0</td></t<>	717,0	3,3	0,59	0,193	29,0	5,0	5,2	4887,0	56,0	715,0	40,0
704,04,70,420,21535,03,83,65142,063,0545,034,0731,03,70,730,19434,04,64,94800,051,0494,025,0595,06,70,820,29228,04,54,84860,094,0372,035,0585,06,30,770,31527,05,25,66320,0112,0466,052,0517,05,00,630,28329,05,86,25250,0134,0352,047,0570,04,60,390,27530,04,34,84200,086,0274,023,0545,07,00,470,24227,03,13,83800,0104,0318,033,0659,04,50,520,23031,03,63,83320,0108,0446,048,0612,05,00,630,24427,04,24,72460,094,0524,049,0647,05,00,510,26526,05,15,63980,052,0663,034,0529,06,30,490,21823,04,55,23260,096,0494,047,0554,06,00,590,28524,03,64,84520,088,0526,046,0557,06,00,680,27325,03,84,225260,0164,0313,051,0550,05,3	675,0	5,3	0,61	0,234	27,0	4,3	4,7	5525,0	82,0	623,0	51,0
731,0 $3,7$ $0,73$ $0,194$ $34,0$ $4,6$ $4,9$ $4800,0$ $51,0$ $494,0$ $25,0$ $595,0$ $6,7$ $0,82$ $0,292$ $28,0$ $4,5$ $4,8$ $4860,0$ $94,0$ $372,0$ $35,0$ $585,0$ $6,3$ $0,77$ $0,315$ $27,0$ $5,2$ $5,6$ $6320,0$ $112,0$ $466,0$ $52,0$ $517,0$ $5,0$ $0,63$ $0,283$ $29,0$ $5,8$ $6,2$ $5250,0$ $134,0$ $352,0$ $47,0$ $570,0$ $4,6$ $0,39$ $0,275$ $30,0$ $4,3$ $4,8$ $4200,0$ $86,0$ $274,0$ $23,0$ $545,0$ $7,0$ $0,47$ $0,242$ $27,0$ $3,1$ $3,8$ $3800,0$ $104,0$ $318,0$ $33,0$ $659,0$ $4,5$ $0,52$ $0,230$ $31,0$ $3,6$ $3,8$ $3320,0$ $108,0$ $446,0$ $48,0$ $612,0$ $5,0$ $0,63$ $0,244$ $27,0$ $4,2$ $4,7$ $2460,0$ $94,0$ $524,0$ $49,0$ $647,0$ $5,0$ $0,51$ $0,265$ $26,0$ $5,1$ $5,6$ $3980,0$ $52,0$ $663,0$ $34,0$ $529,0$ $6,3$ $0,49$ $0,218$ $23,0$ $4,5$ $5,2$ $3260,0$ $96,0$ $494,0$ $47,0$ $554,0$ $6,0$ $0,59$ $0,285$ $24,0$ $3,6$ $4,8$ $4520,0$ $88,0$ $526,0$ $46,0$ $557,0$ $6,0$ $0,68$ $0,273$ $25,0$ $3,8$ <td< td=""><td>704,0</td><td>4,7</td><td>0,42</td><td>0,215</td><td>35,0</td><td>3,8</td><td>3,6</td><td>5142,0</td><td>63,0</td><td>545,0</td><td>34,0</td></td<>	704,0	4,7	0,42	0,215	35,0	3,8	3,6	5142,0	63,0	545,0	34,0
595,06,70,820,29228,04,54,84860,094,0372,035,0585,06,30,770,31527,05,25,66320,0112,0466,052,0517,05,00,630,28329,05,86,25250,0134,0352,047,0570,04,60,390,27530,04,34,84200,086,0274,023,0545,07,00,470,24227,03,13,83800,0104,0318,033,0659,04,50,520,23031,03,63,83320,0108,0446,048,0612,05,00,630,24427,04,24,72460,094,0524,049,0647,05,00,510,26526,05,15,63980,052,0663,034,0529,06,30,490,21823,04,55,23260,096,0494,047,0554,06,00,590,28524,03,64,84520,088,0526,046,0557,06,00,680,27325,03,84,25260,0164,0313,051,0550,05,30,740,29823,03,53,93850,0201,0594,0119,0538,07,00,810,30526,52,93,34220,0144,0415,060,0621,04,5 <td>731,0</td> <td>3,7</td> <td>0,73</td> <td>0,194</td> <td>34,0</td> <td>4,6</td> <td>4,9</td> <td>4800,0</td> <td>51,0</td> <td>494,0</td> <td>25,0</td>	731,0	3,7	0,73	0,194	34,0	4,6	4,9	4800,0	51,0	494,0	25,0
585,0         6,3         0,77         0,315         27,0         5,2         5,6         6320,0         112,0         466,0         52,0           517,0         5,0         0,63         0,283         29,0         5,8         6,2         5250,0         134,0         352,0         47,0           570,0         4,6         0,39         0,275         30,0         4,3         4,8         4200,0         86,0         274,0         23,0           545,0         7,0         0,47         0,242         27,0         3,1         3,8         3800,0         104,0         318,0         33,0           659,0         4,5         0,52         0,230         31,0         3,6         3,8         3320,0         108,0         446,0         48,0           612,0         5,0         0,63         0,244         27,0         4,2         4,7         2460,0         94,0         524,0         49,0           647,0         5,0         0,51         0,265         26,0         5,1         5,6         3980,0         52,0         663,0         34,0           529,0         6,3         0,49         0,218         23,0         4,5         5,2         3260,0         9	595,0	6,7	0,82	0,292	28,0	4,5	4,8	4860,0	94,0	372,0	35,0
517,0       5,0       0,63       0,283       29,0       5,8       6,2       5250,0       134,0       352,0       47,0         570,0       4,6       0,39       0,275       30,0       4,3       4,8       4200,0       86,0       274,0       23,0         545,0       7,0       0,47       0,242       27,0       3,1       3,8       3800,0       104,0       318,0       33,0         659,0       4,5       0,52       0,230       31,0       3,6       3,8       3320,0       108,0       446,0       48,0         612,0       5,0       0,63       0,244       27,0       4,2       4,7       2460,0       94,0       524,0       49,0         647,0       5,0       0,51       0,265       26,0       5,1       5,6       3980,0       52,0       663,0       34,0         529,0       6,3       0,49       0,218       23,0       4,5       5,2       3260,0       96,0       494,0       47,0         554,0       6,0       0,59       0,285       24,0       3,6       4,8       4520,0       88,0       526,0       46,0         557,0       6,0       0,68       0,273       25,	585,0	6,3	0,77	0,315	27,0	5,2	5,6	6320,0	112,0	466,0	52,0
570,04,60,390,27530,04,34,84200,086,0274,023,0545,07,00,470,24227,03,13,83800,0104,0318,033,0659,04,50,520,23031,03,63,83320,0108,0446,048,0612,05,00,630,24427,04,24,72460,094,0524,049,0647,05,00,510,26526,05,15,63980,052,0663,034,0529,06,30,490,21823,04,55,23260,096,0494,047,0554,06,00,590,28524,03,64,84520,088,0526,046,0557,06,00,680,27325,03,84,25260,0164,0313,051,0550,05,30,740,29823,03,53,93850,0201,0594,0119,0538,07,00,810,30526,52,93,34220,0144,0415,060,0621,04,50,530,20828,53,13,44840,082,0322,026,0601,05,00,720,19629,02,72,96270,0115,01018,0117,0533,06,50,390,28524,03,64,34500,0194,0743,0144,0544,05,5	517,0	5,0	0,63	0,283	29,0	5,8	6,2	5250,0	134,0	352,0	47,0
545,07,00,470,24227,03,13,83800,0104,0318,033,0659,04,50,520,23031,03,63,83320,0108,0446,048,0612,05,00,630,24427,04,24,72460,094,0524,049,0647,05,00,510,26526,05,15,63980,052,0663,034,0529,06,30,490,21823,04,55,23260,096,0494,047,0554,06,00,590,28524,03,64,84520,088,0526,046,0557,06,00,680,27325,03,84,25260,0164,0313,051,0550,05,30,740,29823,03,53,93850,0201,0594,0119,0538,07,00,810,30526,52,93,34220,0144,0415,060,0621,04,50,530,20828,53,13,44840,082,0322,026,0601,05,00,720,19629,02,72,96270,0115,01018,0117,0533,06,50,390,28524,03,64,34500,0194,0743,0144,0544,05,50,770,26423,02,32,63760,0162,0820,0133,0	570,0	4,6	0,39	0,275	30,0	4,3	4,8	4200,0	86,0	274,0	23,0
659,04,50,520,23031,03,63,83320,0108,0446,048,0612,05,00,630,24427,04,24,72460,094,0524,049,0647,05,00,510,26526,05,15,63980,052,0663,034,0529,06,30,490,21823,04,55,23260,096,0494,047,0554,06,00,590,28524,03,64,84520,088,0526,046,0557,06,00,680,27325,03,84,25260,0164,0313,051,0550,05,30,740,29823,03,53,93850,0201,0594,0119,0538,07,00,810,30526,52,93,34220,0144,0415,060,0621,04,50,530,20828,53,13,44840,082,0322,026,0601,05,00,720,19629,02,72,96270,0115,01018,0117,0533,06,50,390,28524,03,64,34500,0194,0743,0144,0544,05,50,770,26423,02,32,63760,0162,0820,0133,0	545,0	7,0	0,47	0,242	27,0	3,1	3,8	3800,0	104,0	318,0	33,0
612,0       5,0       0,63       0,244       27,0       4,2       4,7       2460,0       94,0       524,0       49,0         647,0       5,0       0,51       0,265       26,0       5,1       5,6       3980,0       52,0       663,0       34,0         529,0       6,3       0,49       0,218       23,0       4,5       5,2       3260,0       96,0       494,0       47,0         554,0       6,0       0,59       0,285       24,0       3,6       4,8       4520,0       88,0       526,0       46,0         557,0       6,0       0,68       0,273       25,0       3,8       4,2       5260,0       164,0       313,0       51,0         550,0       5,3       0,74       0,298       23,0       3,5       3,9       3850,0       201,0       594,0       119,0         538,0       7,0       0,81       0,305       26,5       2,9       3,3       4220,0       144,0       415,0       60,0         621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29	659,0	4,5	0,52	0,230	31,0	3,6	3,8	3320,0	108,0	446,0	48,0
647,0       5,0       0,51       0,265       26,0       5,1       5,6       3980,0       52,0       663,0       34,0         529,0       6,3       0,49       0,218       23,0       4,5       5,2       3260,0       96,0       494,0       47,0         554,0       6,0       0,59       0,285       24,0       3,6       4,8       4520,0       88,0       526,0       46,0         557,0       6,0       0,68       0,273       25,0       3,8       4,2       5260,0       164,0       313,0       51,0         550,0       5,3       0,74       0,298       23,0       3,5       3,9       3850,0       201,0       594,0       119,0         538,0       7,0       0,81       0,305       26,5       2,9       3,3       4220,0       144,0       415,0       60,0         621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285 <td< td=""><td>612,0</td><td>5,0</td><td>0,63</td><td>0,244</td><td>27,0</td><td>4,2</td><td>4,7</td><td>2460,0</td><td>94,0</td><td>524,0</td><td>49,0</td></td<>	612,0	5,0	0,63	0,244	27,0	4,2	4,7	2460,0	94,0	524,0	49,0
529,0       6,3       0,49       0,218       23,0       4,5       5,2       3260,0       96,0       494,0       47,0         554,0       6,0       0,59       0,285       24,0       3,6       4,8       4520,0       88,0       526,0       46,0         557,0       6,0       0,68       0,273       25,0       3,8       4,2       5260,0       164,0       313,0       51,0         550,0       5,3       0,74       0,298       23,0       3,5       3,9       3850,0       201,0       594,0       119,0         538,0       7,0       0,81       0,305       26,5       2,9       3,3       4220,0       144,0       415,0       60,0         621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       <	647,0	5,0	0,51	0,265	26,0	5,1	5,6	3980,0	52,0	663,0	34,0
554,0         6,0         0,59         0,285         24,0         3,6         4,8         4520,0         88,0         526,0         46,0           557,0         6,0         0,68         0,273         25,0         3,8         4,2         5260,0         164,0         313,0         51,0           550,0         5,3         0,74         0,298         23,0         3,5         3,9         3850,0         201,0         594,0         119,0           538,0         7,0         0,81         0,305         26,5         2,9         3,3         4220,0         144,0         415,0         60,0           621,0         4,5         0,53         0,208         28,5         3,1         3,4         4840,0         82,0         322,0         26,0           601,0         5,0         0,72         0,196         29,0         2,7         2,9         6270,0         115,0         1018,0         117,0           533,0         6,5         0,39         0,285         24,0         3,6         4,3         4500,0         194,0         743,0         144,0           544,0         5,5         0,77         0,264         23,0         2,3         2,6         3760,0	529,0	6,3	0,49	0,218	23,0	4,5	5,2	3260,0	96,0	494,0	47,0
557,0       6,0       0,68       0,273       25,0       3,8       4,2       5260,0       164,0       313,0       51,0         550,0       5,3       0,74       0,298       23,0       3,5       3,9       3850,0       201,0       594,0       119,0         538,0       7,0       0,81       0,305       26,5       2,9       3,3       4220,0       144,0       415,0       60,0         621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       23,0       2,3       2,6       3760,0       162,0       820,0       133,0	554,0	6,0	0,59	0,285	24,0	3,6	4,8	4520,0	88,0	526,0	46,0
550,0       5,3       0,74       0,298       23,0       3,5       3,9       3850,0       201,0       594,0       119,0         538,0       7,0       0,81       0,305       26,5       2,9       3,3       4220,0       144,0       415,0       60,0         621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       23,0       2,3       2,6       3760,0       162,0       820,0       133,0         565,0       7,3       1,02       0,273       23,5       2,7       2,3       160,0       162,0       820,0       133,0	557,0	6,0	0,68	0,273	25,0	3,8	4,2	5260,0	164,0	313,0	51,0
538,0       7,0       0,81       0,305       26,5       2,9       3,3       4220,0       144,0       415,0       60,0         621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       23,0       2,3       2,6       3760,0       162,0       820,0       133,0         565,0       7,3       1,02       0,273       23,5       2,7       2,3       1400,0       144,0	550,0	5,3	0,74	0,298	23,0	3,5	3,9	3850,0	201,0	594,0	119,0
621,0       4,5       0,53       0,208       28,5       3,1       3,4       4840,0       82,0       322,0       26,0         601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       23,0       2,3       2,6       3760,0       162,0       820,0       133,0	538,0	7,0	0,81	0,305	26,5	2,9	3,3	4220,0	144,0	415,0	60,0
601,0       5,0       0,72       0,196       29,0       2,7       2,9       6270,0       115,0       1018,0       117,0         533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       23,0       2,3       2,6       3760,0       162,0       820,0       133,0         565       0       7       3       1       0.2       273       2       2       140,0       144,0	621,0	4,5	0,53	0,208	28,5	3,1	3,4	4840,0	82,0	322,0	26,0
533,0       6,5       0,39       0,285       24,0       3,6       4,3       4500,0       194,0       743,0       144,0         544,0       5,5       0,77       0,264       23,0       2,3       2,6       3760,0       162,0       820,0       133,0         565       0       7       3       1.02       0.273       23,5       2,7       2,2       1400,0       1440,0	601,0	5,0	0,72	0,196	29,0	2,7	2,9	6270,0	115,0	1018,0	117,0
544,0 5,5 0,77 0,264 23,0 2,3 2,6 3760,0 162,0 820,0 133,0 565 0 7 3 1 02 0 273 23 5 2 7 2 3 102 0 113 102 0 133,0	533,0	6,5	0,39	0,285	24,0	3,6	4,3	4500,0	194,0	743,0	144,0
565 0 7 3 1 02 0 272 22 5 2 7 2 2 4400 0 4400 0 444 0 700 0	544,0	5,5	0,77	0,264	23,0	2,3	2,6	3760,0	162,0	820,0	133,0
303,0 7,3 7,02 0,273 22,3 2,7 3,3 4490,0 141,0 705,0 99,0	565,0	7,3	1,02	0,273	22,5	2,7	3,3	4490,0	141,0	705,0	99,0

Wyniki badań własności mechanicznych i parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy TK 250/3 - przenośniki powierzchniowe

Tablica 4.2.5

\*

### Tablica 4.2.7

Wyniki analizy korelacyjnej taśmy TK 250/3 - przenośniki powierzchniowe

Lp.	Współzależ- ność pomię-	Współczynn: regi	iki funkcji resji	Odchylenie standardowe	Współczynnik korelacji
	uzy	A	В	6	R
1	1/2	13,111	0,0123	1,043	-0,6876
2	1/3	0,046	0,0011	0,292	-0,2456
3	1/4	0,437	-0,0010	0,071	-0,3329
4	1/5	32,487	-0,0009	3,832	-0,0370
5	1/6	1,393	0,0051	1,381	0,2926
6	1/7	4,925	0,0001	1,233	0,0456
7	8/1	661,638	-0,0102	82,544	-0,2712
8	9/1	664,519	-0,1443	79,094	-0,3866
9	10/1	595,080	0,0174	85,583	0,0637
10	11/1	613,096	-0,0173	81,172	-0,3227
11	8/2	4,727	0,0002	1,330	0,3907
12	9/2	5,437	0,0016	1,397	0,3569
13	10/2	6,091	0,0000	1,445	0,0056
14	11/2	6,015	0,0002	1,413	0,2098
15	8/3	0,504	0,0000	0,300	0,0876
16	9/3	0,532	0,0001	0,300	0,0671
17	10/3	0,634	-0,0001	0,299	-0,1219
18	11/3	0,571	0,0000	0,301	0,0351
19	8/4	0,250	0,0000	0,076	0,0466
20	9/4	0,214	0,0001	0,071	0,3319
21	10/4	0,310	0,0001	0,070	-0,3708
22	11/4	0,256	0,0000	0,075	0,1167
23	8/5	34,721	-0,0006	3,592	-0,3462
24	9/5	32,434	-0,0023	3,792	-0,1374
25	10/5	32,420	-0,0016	3,794	-0,1354
26	11/5	31,351	-0,0003	3,801	0,1207
27	8/6	4,466	0,0000	1,448	-0,0236
28	9/6	4,470	-0,0002	1,448	-0,0334
29	10/6	4,381	0,0000	1,449	-0,0006
30	11/6	4,356	0,0001	1,446	-0,0616
31	8/7	5,438	0,0000	1,227	-0,3951
32	9/7	5,110	0,0005	1,223	0,0950
33	10/7	5,384	-0,0001	1,228	-0,0289
34	11/7	5,218	-0,0002	1,179	0,2806

Tablica 4.2.6

Wyniki badań własności mechanicznych i parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy TK 420/4 – przenośniki powierzchniowe

										the second se
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1232,0	4,0	0,22	0,315	27,0	4,8	5,8	2400,0	226,0	380,0	86,0
940,0	5,5	0,83	0,263	23,5	3,6	6,1	3020,0	543,0	478,0	259,0
1230,0	5,0	0,61	0,239	22,5	8,4	9,6	6240,0	685,0	49,0	33,0
1400,0	4,3	0,50	0,480	17,0	3,5	7,7	2220,0	451,0	919,0	414,0
1022,0	5,5	0,22	0,318	24,5	6,0	8,2	3740,0	411,0	57,0	23,0
1262,0	5,0	0,39	0,230	20,0	4,1	8,3	6540,0	598,0	1090,0	651,0
1079,0	5,2	1,39	0,190	30,5	2,4	4,4	4980,0	1129,0	375,0	423,0
1487,0	2,6	0,44	0,375	20,5	3,7	6,2	2060,0	371,0	326,0	121,0
1488,0	2,3	0,39	0,269	17,5	4,0	5,1	4860,0	297,0	769,0	228,0
1649,0	2,8	0,78	0,242	25,0	5,5	5,9	8700,0	138,0	131,0	18,0
1434,0	3,3	0,72	0,312	19,0	4,2	8,2	5540,0	79,0	184,0	14,0
1301,0	4,8	0,33	0,218	17,5	3,5	5,6	7020,0	386,0	189,0	73,0
1300,0	3,3	0,56	0,258	24,0	7,2	6,9	9700,0	1280,0	1414,0	1810,0
1509,0	2,3	0,39	0,157	12,5	4,2	5,8	1060,0	15,0	838,0	12,0
1205,0	4,3	0,67	0,258	23,5	5,9	7,8	7920,0	434,0	660,0	286,0
1515,0	3,0	0,50	0,184	28,5	7,2	8,0	5460,0	515,0	864,0	445,0
1505,0	3,7	0,16	0,301	19,5	3,3	7,3	14500,0	808,0	1158,0	836,0
1268,0	4,1	0,32	0,268	27,5	5,7	7,6	7150,0	275,0	7150,0	1966,0
1189,0	4,8	0,38	0,292	19,2	4,4	7,6	15650,0	1476,0	1335,0	1970,0
1154,0	5,2	0,17	0,320	25,3	4,4	7,6	17050,0	801,0	745,0	597,0
1264,0	4,6	0,19	0,284	20,0	4,6	5,6	8950,0	360,0	223,0	80,0
1601,0	3,0	0,29	0,246	18,8	3,4	4,9	4250,0	153,0	797,0	122,0
1486,0	3,0	0,11	0,336	21,5	2,6	4,4	3400,0	47,0	290,0	14,0
1188,0	6,0	0,27	0,378	25,5	7,4	8,3	9650,0	1042,0	2811,0	2929,0
1050,0	5,0	0,26	0,332	22,0	5,6	5,2	8250,0	844,0	124,0	105,0
1276,0	4,3	0,38	0,316	25,0	3,8	4,2	6260,0	454,0	1408,0	639,0
1488,0	2,3	0,46	0,265	27,5	4,0	3,9	4730,0	373,0	789,0	294,0
1578,0	2,3	0,52	0,285	27,0	5,2	5,5	4730,0	136,0	789,0	107,0
1440,0	3,0	0,69	0,420	20,0	3,3	3,2	2870,0	1017,0	326,0	331,0
1332,0	3,5	0,52	0,258	25,0	3,8	3,9	4990,0	380,0	826,0	314,0
1150,0	4,8	0,40	0,286	24,0	3,6	3,6	2560,0	126,0	894,0	126,0
1200,0	5,0	0,26	0,360	21,5	2,9	3,8	3240,0	492,0	650,0	320,0
1420,0	2,8	0,38	0,248	17,5	3,1	3,6	3920,0	256,0	384,0	98,0
1290,0	5,3	0,32	0,196	19,0	4,1	5,2	4250,0	593,0	720,0	427,0
1362,0	5,0	0,28	0,408	20,0	3,6	4,2	3630,0	386,0	514,0	198,0
1182,0	5,2	0,71	0,264	21,0	6,8	7,1	8590,0	129,0	632,0	82,0
.1333,0	3,3	0,83	0,313	26,0	4,4	5,1	4780,0	293,0	394,0	115,0
1320,0	3,3	0,62	0,326	28,0	3,7	4,3	3620,0	756,0	-456,0	345,0
1422,0	3,0	0,47	0,353	15,0	3,1	3,8	4860,0	420,0	422,0	177,0
1244,0	4,0	0,56	0,274	21,0	4,4	5,6	5980,0	334,0	1120,0	374,0

Т

Wyniki analizy korelacyjnej taśmy TK 250/4 - przenośniki powierzchniowe

Lp.	Współzależ- ność pomię-	Współczynni) regre	ki funkcji esji	Odchylenie standardowe	Współczynnik korelacji
	dzy	A	В	6	R
1	1/2	12,655	-0,0081	0,715	-0,7632
2	1/3	0,688	-0,0001	0,197	-0,0337
3	1/4	0,585	-0,0004	0,038	-0,7326
4	1/5	35,634	-0,0170	3,249	-0,4784
5	1/6	3,383	0,0010	0,751	0,1931
6	1/7	2,941	0,0023	1,063	0,2250
7	8/1	875,446	0,0090	103,166	0,1530
8	9/1	992,984	-0,4039	98,594	-0,3287
9	10/1	1072,006	-0,2794	82,672	-0,6106
10	11/1	998,725	-0,6801	88,974	-0,5231
11	8/2	4,930	0,0000	1,504	0,0547
12	9/2	4,534	0,0039	1,056	0,2974
13	10/2	4,179	0,0019	1,018	0,3893
14	11/2	4,610	0,0061	0,991	0,4440
15	8/3	0,799	0,0000	0,191	-0,2519
16	9/3	0,591	0,0002	0,193	0,1047
17	10/3	0,471	0,0003	0,194	0,3602
18	11/3	0,568	0,0007	0,189	0,2892
19	8/4	0,245	0,0000	0,055	-0,1169
20	9/4	0,180	0,0003	0,051	0,4111
21	10/4	0,170	0,0001	0,050	0,4264
22	11/4	0,191	0,0004	0,047	0,5319
23	8/5	21,452	-0,0003	3,671	-0,1256
24	9/5	17,877	0,0131	3,538	0,2928
25	10/5	16,780	0,0061	3,431	0,3742
26	11/5	18,162	0,0197	3,344	0,4281
27	8/6	4,713	0,0000	0,765	-0,0049
28	9/6	4,964	-0,0017	0,751	-0,1882
29	10/6	5,224	-0,0010	0,728	-0,3077
30	11/6	4,942	-0,0028	0,731	-0,2945
31	8/7	4,530	0,0001′	1,077	0,1599
32	9/7	5,036	0,0006	1,090	0,0458
33	10/7	5,876	-0,0015	1,038	-0,3083
34	11/7	5,332	-0,0024	1,074	-0,1747
	1				

Tablica 4.2.8

Wyniki analizy korelacyjnej taśm TK 420/3 - przenośniki podziemne

Lp.	Współzależ- ność pomię-	Współczyni rec	niki funk <mark>cji</mark> gresji	Odchylenie standardowe	Współczynnik korelacji
-	dzy	A	В	6	R
1	1/2	13,816	-0,0009	0,868	-0,8084
2	1/3	0,447	-0,0001	0,099	-0,1612
3	1/4	0,243	0,0002	0,047	0,1023
4	1/5	40,300	-0,0130	2,870	-0,5880
5	1/6	3,977	0,0003	0,620	0,0696
6	1/7	4,421	0,0001	0,588	0,0284
7	8/1	1237,474	-0,0381	124,720	-0,5963
8	9/1	1122,637	-0,6272	147,344	-0,3170
9	10/1	1055,126	-0,0198	155,298	-0,0277
10	11/1	1122,896	-1,0910	147,264	-0,3186
11	8/2	4,648	0,0002	1,376	-0,3615
12	9/2	4,988	0,0071	1,369	0,3723
13	10/2	5,746	-0,0002	1,475	-0,0226
14	11/2	4,948	0,0129	1,356	0,3950
15	8/3	0,298	0,0000	0,099	0,2018
16	9/3	0,343	-0,0001	0,101	-0,0595
17	10/3	0,289	0,0001	0,099	0,1658
18	11/3	0,343	-0,0001	0,101	-0,0607
19	8/4	0,283	0,0000	0,047	-0,0806
20	9/4	0,260	0,0002	0,045	0,2874
21	10/4	0,270	0,0000	0,047	0,0480
22	11/4	0,257	0,0004	0,845	0,3406
23	8/5	23,738	0,0005	3,334	0,3424
24	9/5	25,251	0,0081	3,490	0,1804
25	10/5	28,085	-0,0035	3,470	-0,2080
26	11/5	25,661	0,0066	3,535	0,0847
27	8/6	4,347	0,0000	0,620	-0,0630
28	9/6	4,326	-0,0005	0,620	-0,0694
29	10/6	4,772	0,0008	0,595	-0,2870
30	11/6	4,446	-0,0030	0,605	-0,2295
31	8/7	4,463	0,0000	0,587	0,0651
32	9/7	4,583	-0,0005	0,587	0,0681
33	10/7	4,992	-0,0008	0,565	-0,2781
34	11/7	4,694	-0,0029	0,573	-0,2242

- 35 -

- 34 -

Tablica 4.2.10

### C.C.A. and Marth

### Tablica 4.2.11

Wyniki analizy korelacyjnej taśm TK 250/3 - przenośniki podziemne

Lp.	Współzależ- ność pomię-	Współczynn re	iki funkcji gresji	Odchylenie standardowe	Współczynnik korelacji
		A	В	6	R
1	1/2	11,962	-0,0103	0,882	-0,6134
2	1/3	0,776	-0,0003	0,171	-0,1093
3	1/4	0,546	-0,0005	0,037	-0,6477
4	1/5	7,073	0,0328	2,414	0,6691
5	1/6	1,895	0,0038	0,880	0,2753
6	1/7	2,828	0,0030	0,870	0,2238
7	8/1	571,187	0,0077	65,670	0,1426
8	9/1	642,669	-0,2294	61,675	-0,3686
9	10/1	583,116	0,0398	65,738	0,1352
10	11/1	619,782	-0,1441	65,198	-0,1853
11	8/2	6,553	-0,0002	1,092	-0,2070
12	9/2	5,061	0,0040	1,031	0,3840
13	10/2	5,920	-0,0004	1,113	-0,0749
14	11/2	619,782	-0,1441	65,198	-0,1853
15	8/3	0,613	0,0000	0,172	-0,0135
16	9/3	0,601	0,0000	0,172	0,0149
17	10/3	0,627	0,0000	0,171	-0,0518
18	11/3	0,621	-0,0002	0,171	-0,0828
19	8/4	0,247	0,0000	0,049	0,0480
20	9/4	0,240	0,0001	0,048	0,2030
21	10/4	0,299	-0,0001	0,046	-0,3552
22	11/4	0,257	0,0000	0,049	-0,0216
23	8/5	23,643	0,0007	3,122	0,2760
24	9/5	29,177	-0,0140	2,882	-0,4609
25	10/5	28,268	-0,0024	3,203	-0,1660
26	11/5	28,291	-0,0141	3,018	-0,3697
27	8/6	4,371	0,0000	0,914	-0.0528
28	9/6	4,162	0,0002	0,915	0.0235
29	10/6	4,795	-0,0011	0,883	-0,2607
30	11/6	4,270	-0,0008	0,913	-0,0712
31	8/7	5,116	-0,0001	0,884	-0,1422
12	9/7	4,606	0,0003	0,892	0,0344
3	10/7	4,997	-0,0006	0,882	-0,1536
4	11/7	4,653	0,0000	0,893	-0,0002

Wvniki	analizy	korelacyjnej	taśm	ТK	420/3 - przenośniki	powierzchniowe
--------	---------	--------------	------	----	---------------------	----------------

Lp.	Współzależ- ność pomię-	Współczynnik regr	i funkcji esji	Odchylenie standardowe	korelacji
	dzy	A	В	б	R
1	1/2	11,818	-0,0072	0,568	-0,8951
2	1/3	0,377	0,0000	0,082	-0,0298
3	1/4	0,359	-0,0000	0,052	-0,2853
4	1/5	25,839	0,0001	2,007	0,0080
5	1/6	3,366	0,0008	0,635	0,2187
6	1/7	2,970	0,0016	1,052	0,2700
7	8/1	1220,485	-0,0322	158,869	-0,3384
8	9/1	1178,813	-0,4234	161,660	-0,2884
9	10/1	1168,763	-0,1893	162,674	-0,2680
10	11/1	1138,334	-0,4421	161,110	-0,2990
11	8/2	3,857	0,0000	1,242	0,2237
12	9/2	3,571	0,0042	1,194	0,3495
13	10/2	3,933	0,0008	1,238	0,2364
14	11/2	4,272	0,0023	1,250	0,1948
15	8/3	0,375	0,0000	0,082	-0,0570
16	9/3	0,292	0,0002	0,077	0,3471
17	10/3	0,369	0,0000	0,082	-0,0405
1.8	11/3	0,341	0,0001	0,081	0,1573
19	8/4	0,239	0,0000	0,054	0,1431
20	9/4	0,245	0,0000	0,054	0,0899
21	10/4	0,260	0,0000	0,055	0,0040
22	11/4	0,239	0,0000	0,053	0,2499
23	8/5	26,074	0,0000	2,006	-0,0242
24	9/5	26,679	-0,0032	1,984	-0,1515
25	10/5	26,557	-0,0011	1,990	-0,1283
26	11/5	26,298	-0,0021	1,993	-0,1159
27	8/6	4,417	0,0000	0,649	-0,0859
28	9/6	4,441	0,0000	0,650	-0,1199
29	10/6	3,977	0,0008	0,641	0,1791
30	11/6	4,207	0,0000	0,650	0,0525
31	8/7	5,508	0,0000	1,065	-0,2234
32	9/7	5,327	-0,0016	1,073	-0,1892
33	10/7	4,502	0,0010	1,085	0,1217
155	10/1	1 0 0 7	-0 0009	1.088	-0,0971

Wyniki analizy korelacyjnej taśm TK 420/4 -Lp. 8 9 110 111 111 112 112 113 113 115 115 115 5 UT. w N Współzależ-ność pomię-dzy 8/5 11/2 10/2 11/1 10/1 11/4 10/4 11/3 10/3 11/5 10/5 8/2 10/7 11/6 10/6 8/4 9/3 8/3 9/2 9/1 8/1 1/7 1/6 1/5 1/4 1/3 1/2 9/5 9/4 11/7 8/7 9/6 8/6 9/7 1327,16 1411,197 1342,356 1366,592 Współczynniki funkcji regresji 30,543 11,257 8,448 6,399 0,302 21,205 21,643 3,461 > 21,682 21,584 3,923 3,414 0,654 0,532 0,286 0,292 0,280 0,300 0,485 0,492 0,413 3,784 4,169 3,772 5,582 5,414 4,619 4,156 4,258 5,459 -0,0078 -0,0515 0,0000 0,0055 -0,1872 -0,0015 -0,0063 0,0001 -0,0087 -0,0019 -0,0001 -0,0001 0,0000 0,0000 0,0001 0,0012 0,0000 0,0000 0,0005 0,0003 0,0013 0,0000 0,0002 0,0006 0,0001 0,0008 0,0021 0,0001 0,0000 0,0000 0,0008 0,0010 0,0003 0,0010 . Odchylenie standardowe 162,097 165,050 152,247 162,972 0,066 0,242 1,036 1,660 1,396 3,888 0,588 1,003 0,066 0,067 0,066 0,241 0,239 0,240 0,239 1,079 0,007 1,040 3,941 3,924 3,957 4,009 1,399 1,351 a 1,383 1,334 1,643 1,659 1,578 1,514 Współczynnik korelacji -0,0212 -0,8401 -0,3901 -0,2583 -0,0989 -0,0211 0,1172 0,1437 0,2797 0,0863 0,3769 0,2928 -0,1972 -0,0597 -0,1687 -0,1904 -0,1693 -0,0799 -0,1348 -0,1674 -0,1722 0,2223 0,0892 0,3371 0,4444 0,1936 0,2170 0,1825 0,1574 0,3004 0,2029 0,1005 0,3594 0,2360 R

								Z	esta	wier	nie v	wynil	ków	ana	lizy	kore	elad	cyjn	ej						Τá	abli	ca 4.	.2.13
Nr ta- blicy	8/1	9/1	10/1	11/1	8/2	9/2	10/2	11/2	8/3	9/3	10/3	11/3	8/4	9/4	10/4	11/4	8/5	9/5	10/5	11/5	8/6	9/6	10/6	11/6	8/7	9/7	10/7	11/7
4.2.7	-	x	-	x	x	×	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-
4.2.8	-	x	x	x	-	-	x	×	-		x	-	-	x	x	x	-	-	x	x	1	-	-	-	-	-	-	
4.2.9	x	x	-	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
4.2.10	x	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.2.11	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
4.2.12	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	x

współczynnik korelacji o wartości wyższej od krytycznej

współczynnik korelacji o wartości niższej od krytycznej

£, 36 -

Tablica 4.2.12

przenośniki powierzchniowe

- 37 -

Dokonując dalszej analizy uzyskanych w badaniach wyników, wyznaczono współczynnik korelacji krzywoliniowej, zakładając tym samym inny charakter związku pomiędzy zmiennymi. Miara ta jest niesymetryczna. Z punktu widzenia badań istotne było opisanie własności mechanicznych taśmy względem jej parametrów eksploatacyjnych. Współczynnik korelacji krzywoliniowej [8], inaczej stosunek korelacji Pearsona zmiennej y (własności mechaniczne) względem zmiennej x (parametry eksploatacji), definiuje się następująco:

$$\eta_{y/x} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{k} (\tau_i - \bar{y})^{2} n_i, \\ \sum_{j=1}^{s} (y_j - \bar{y})^{2} n_{j}, \\ \end{bmatrix}^{1/2} = \frac{6(y/x)}{6(y)}, \qquad (4.2.6)$$

gdzie:

 $\tau_i$  - średnia warunkowa zmiennej  $x_i$ ,  $i=1, \frac{1}{2}$ , 6(y/x) - warunkowe odchylenie standardowe zmiennej x,

δ(y) - odchylenie standardowe zmiennej y.

Estymatorem średniej warunkowej jest statystyka:

$$\mathbf{v}_{i} = \frac{1}{\mathbf{n}_{i,}} \sum_{j=1}^{s} \mathbf{n}_{ij} \mathbf{s}$$

(4.2.7)

### gdzie:

x. - średnia arytmetyczna j-tego przedziału zmiennej x.

Postać zależności (4.2.6) wynika z przyjęcia, że dane będące podstawą obliczeń są przedstawiane w postaci tablicy kontyngencyjnej. Współczynnik korelacji krzywoliniowej jest miarą niemianowaną, która przyjmuje wartość z przedziału [0,1]. W miarę zwiększania się wartości tego współczynnika do jedności związek oceniamy jako silniejszy. Miara ta nie pozwala na stwierdzenie kierunku zmian. Na podstawie wyników z tablicy 4.2.14 uznano, że istnieją pewne podstawy do przypuszczeń o związku pomiędzy wytrzymałością a cyklami pracy taśmy oraz masą przetransportowanego tą taśmą urobku. Odnieść to można do taśm TK 250/3 i TK 420/3 eksploatowanych na powierzchni i w podziemiach kopalń oraz do taśmy TK 250/4.

### 4.3. Matematyczny model zmian wytrzymałości taśmy

Przeprowadzona analiza korelacyjna wykazała, że jedynie w przypadku wytrzymałości taśmy oraz jej wydłużenia względnego można mówić o pewnych związkach z liczbą cykli pracy i masą przetransportowanego przez nią urobku. Wydawało się więc interesujące przedstawienie graficznego obrazu danych pre-

### Współczynniki korelacji krzywoliniowej

Tablica 4.2.14

						1		_			_	_		
Tablica nr	9/1	10/1	9/2	10/2	9/3	10/3	9/4	10/4	9/5	10/5	9/6	10/6	9/7	10/7
4.2.1	0,52	0,68	0,39	0,42	0,48	0,51	0,46	0,33	0,28	0,39	0,38	0,47	0,35	0,42
4.2.2	0,68	0,73	0,26	0,53	0,38	0,42	0,45	0,41	0,33	0,42	0,38	0,38	0,44	0,49
4.2.3	0,71	0,69	0,50	0,41	0,36	0,42	0,31	0,43	0,71	0,56	0,49	0,62	0,33	0,48
4.2.4.	0,78	0,74	0,53	0,49	0,58	0,39	0,42	0,47	0,39	0,29	0,63	0,52	0,49	0,50
4.2.5.	0,60	0,67	0,35	0,49	0,28	0,53	0,49	0,37	0,52	0,47	0,63	0,32	0,38	0,42
4.2.6	0,48	0,42	0,54	0,39	0,43	0,38	0,55	0,42	0,53	0,37	0,43	0,50	0,46	0,48
							_	_		the second second				

zentowanych w tablicach 4.2.1 - 4.2.5 (dane z tablicy 4.2.6 wykazują bardzo małą siłę więzi). Prezentowane rysunki 4.3.1 - 4.3.5 mają charakter poglądowy. Łatwo jednak zauważyć znaczny rozrzut uzyskanych wyników wytrzymałości, nieregularność powierzchni. Na rys. 4.3.2, 4.3.3 i 4.3.4 zauważalna jest również pewna tendencja zmian wytrzymałości taśmy zależna od liczby cykli i masy przetransportowanego urobku. Utworzona powierzchnia wydaje się być typu hiperboloidy. Charakter zmian wytrzymałości opisany więc może być funkcją o postaci:

$$R_{c}(C,Q) = \frac{R_{p}}{C^{G} Q^{H}}, \qquad (4.3.1)$$

gdzie:

R - wytrzymałość początkowa (pierwotna) taśmy,

G,H - wykładniki zmiennych odpowiednio liczby cykli i masy przetransportowanego urobku.

Dla celów obliczeń opracowano odpowiedni program i wykonano obliczenia używając minikomputera IBM PC/XT.

W obliczeniach tych R zadawano jako wartość średnią wytrzymałości z wyników atestów przeprowadzanych w Zakładach Gumowych Górnictwa w Miechowicach oraz badań własnych. Dane dotyczyły 1978, 1979, 1980 roku. Ogółem dysponowano dla obliczenia wartości średniej taśm TK 250/3; TK 250/4, TK 420/3 i TK 420/4 480 danymi. Dla każdego typu taśmy obliczano też od-chylenie standardowe  $\mathbf{6}_r$  wytrzymałości na rozciąganie. Z wykorzystaniem opracowanego programu obliczane były wykładniki G i H funkcji (4.3.1) aproksymującej dany zbiór punktów z poszczególnych tablic. Ponadto, mając za podstawę odchylenie standardowe i wyniki z tablic, obliczane są odchył-ki wykładników G i H (G i G; H i H) oraz w dalszej kolejności odchyłki funkcji  $R_c(C,Q)$ ; ( $R_c$  i  $R_c$ ).



Rys. 4.3.1. Obraz graficzny funkcji  $R_c = f(C,Q)$  dla danych z tablicy 4.2.1 Fig. 4.3.1. Graphical picture of function  $R_c = f(C,Q)$  for data from table 4.2.1

Wykładniki G i H obliczane są z układu równań algebraicznych liniowych o postaci:

$$\begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix}$$

;dzie:

$$g_{11} = \sum_{i=1}^{N} (\ln c_i)^2$$

(4.3.2)

(4.3.3)



Rys. 4.3.2. Obraz graficzny funkcji  $R_c = f(C,Q)$  dla danych z tablicy 4.2.2 Fig. 4.3.2. Graphical picture of function  $R_c = f(C,Q)$  for data from table 4.2.2

$$g_{22} = \sum_{i=1}^{N} (\ln Q_i)^2$$
 (4.3.4)

$$g_{21} = g_{12} = \sum_{i=1}^{N} \ln c_i \cdot \ln Q_i$$
 (4.3.5)

$$h_{1} = \sum_{i=1}^{N} (\ln R_{p} - \ln R_{c_{i}}) \ln C_{i}$$
(4.3.6)

- 43 -

$$n_2 = \sum_{i=1}^{N} (\ln R_p - \ln R_{c_i}) \cdot \ln Q_i$$
 (4.3.7)

Wartości odchyłek obliczone są z zależności

$$\overline{X} = X(R_p + \delta_r) - X(R_p)$$

$$\underline{X} = X(R_p) - X(R_p - \delta_r)$$

$$(4.3.8)$$

przy czym X oznacza tu jedną z obliczanych wielkości G, H lub R.



Fig. 4.3.3. Graphical picture of function  $R_{c} = f(C,Q)$  for data from table 4.2.3

Prezentowana tablica 4.3.1 przedstawia wyniki obliczeń wykonane dla wszystkich tablic 4.2.1 - 4.2.6.

Z przedstawionych w tablicy wartości parametrów wynika, że w pięciu przypadkach wytrzymałość taśmy przenośnikowej maleje wraz ze wzrostem liczby cykli pracy taśmy. Wyniki sugerują także, że w pięciu przypadkach wraz ze wzrostem masy przetransportowanego urobku rośnie wytrzymałość taśmy. Drugie spostrzeżenie nie ma fizykalnego uzasadnienia i jest sprzeczne z wcześniej uzyskanymi wynikami analizy korelacyjnej (tablica 4.2.13). Opracowany program umożliwia również oszacowanie funkcji (4.3.1) na podstawie zadanych argumentów C i Q oraz na podstawie wyznaczonej wcześniej aproksymanty.



Rys. 4.3.4. Obraz graficzny funkcji  $R_c = f(C,Q)$  dla danych z tablicy 4.2.4 Fig. 4.3.4. Graphical picture of function  $R_c = f(C,Q)$  for data from table 4.2.4 Tablica 4.3.1

TK-420/4 powierzchniowe 4.2.6 TK-250/4 powierzchniowe 4.2.2 TK-420/3 powierzchniowe 4.2.3 TK-250/3 powierzchnio e 4.2.7 TK-420/3 powierzchniowe tablicy tasmy TK-250/3 podziemne 4.2.5 4.2.4 TYP Nr przenośnikowych +1,89 10^2 -2,20 10-2 +1,31 10<sup>-2</sup> -1,48 10<sup>-2</sup> 10<sup>-3</sup>  $+1,49 10^{-2}$  $1,68 10^{-2}$ +1,35 10<sup>-2</sup> -1,51 10<sup>-2</sup> -po +1,08 10<sup>-2</sup> -1,25 10<sup>-2</sup> Wartość chyłek +5,65 IH H Wartość śred-nia wykładni-ka funkcji Wyniki obliczeń wykładników funkcji dla poszczególnych typów taśm 10-2 10-2 10-2 3,63 10^2 10-2 -3,40 10-2 H -2,48 -2,36 -2,63 -1,47 -po -4,45 10-3 +3,84 10-3 5,06 10<sup>-3</sup> -5,72 10<sup>-3</sup> +6,13 10<sup>-3</sup> 10-3 10-3 +1,19 10<sup>-2</sup> -1,38 10<sup>-2</sup> +4,06 10<sup>-3</sup> -4,53 10<sup>-3</sup> Wartości chyłek 10 01 +5,59 -6,93 W rtość śred-nia wykładni-ka funkcji 10-2 -1,19 10^2 1,08 10-1 6,40 10^2 10-2 2,39 10-2 0 5,36 7,02 Odchylenie standardowe wytrzymałoś-ci na roz-ciąganie kN/m 110 146 146 122 122 118 6 r wartość ś ed-nia w trzyma-łości taśmy kN/m 826 1534 1187 1187 1085 826 RP 9 4 10 Lp. m 10 -

- 44 -



4.4. Uwagi końcowe

-6,07

-6,00

Przeprowadzone badania niektórych własności mechanicznych taśm przenośnikowych po pewnym okresie ich eksploatacji wykazały, że własności te ulegają istotnym zmianom. Zmienia się wytrzymałość na rozciąganie, a wielkość tych zmian jest różna w zależności przede wszystkim od rodzaju taśmy. Największe zmiany zauważyć można w taśmach TK 250 trójprzekładkowych. We wszystkich przypadkach badanych próbek ich wytrzymałość była mniejsza od średniej wytrzymałości taśmy nowej (826 kN/m). W ok. 60% próbek ich wytrzymałość była mniejsza od nominalnej, przy czym ok. 37% poniżej 10% tej wartości. Taśmy o wytrzymałościach większych miały korzystniejsze relacje zmian. W taśmie TK 420/3 ok. 10% próbek miało wytrzymałość na rozciąganie większą od śred-

- 45 -

niej wytrzymałości taśmy nowej, a w 51% próbek wytrzymałość ich była większa od nominalnej. W ok. 25% próbek wytrzymałość była mniejsza od nominalnej o ponad 10%.

Podobnie głębokie zmiany zachodzą w przypadku innych własności mechanicznych. Wydłużenie względne wzrasta ponad ustaloną normą granice 3,5% do 7% w niektórych z taśm TK 250/3. Taśmy o większej wytrzymałości TK 420/3, TK 420/4 charakteryzują się mniejszymi zmianami wydłużenia względnego średnio do ok. 4.5 - 5.5%. Wydłużenie trwałe maleje wskutek eksploatacji we wszystkich niemal typach taśm blisko 10-krotnie. Dla taśm nowych wynosi bowiem od 1,53% - TK 250/3 do 2,52% - TK 420/4. Stosunkowo niewielkie zmiany zaobserwowano w sztywności wzdłużnej taśm eksploatowanych. Miara tej własności kat wychylenia wahadła - nieznacznie wzrastał. Najwieksze przyrosty notowano w taśmach TK 420/3 - od kilku do nawet 11° wobec pomierzonych 21° dla taśm nowych. W przypadku sztywności poprzecznej w taśmach TK 250/4, TK 420/3, TK 420/4 notowano wzrost w wielu przypadkach o ok. 50%, Pomierzone sztywności taśm nowych wynosiły bowiem odpowiednio 0,276, 0,208, 0,196. Również przeciętnie o około 50% zmniejszała się w taśmach eksploatowanych wytrzymałość taśm na rozwarstwienia zarówno okładki i rdzenia, jak okładek pomiędzy sobą. Dla nowych taśm TK 250 wytrzymałości te bowiem oszacowano w badaniach odpowiednio na 7,6 i 8,3 kN/m, a dla taśm TK 420 na 7,9 i 8,7 kN/m,

Zmiany własności mechanicznych kształtują się na dość wysokim poziomie. Największe zagrożenie niosą ze sobą zmiany wytrzymałości. W taśmach nowszych, o tworzywie charakteryzującym się mniejszą wytrzymałością np. tkanina PTM-0016; (380 kN/m) wobec stosowanej poprzednio PT-27; (430 kN/m) w tym samym typie taśm o wytrzymałości nominalnej 1000 kN/m, zmiany te mogą wystąpić znacznie ostrzej. Nabiera to istotnego znaczenia wobec zabiegów regeneracyjnych, które sprawiają że taśma stosowana jest ponownie.

Wspomniane własności wytrzymałościowe taśmy są skorelowane ujemnie z ilością cykli pracy taśmy jako parametru opisującego warunki eksploatacji. Korelacja ma charakter liniowy. Drugi z przyjętych parametrów eksploatacji masa przetransportowanego urobku tylko w jednym z typów taśm wykazał współzaleźność z wytrzymałością.

Wyniki korelacji krzywoliniowej i obrazy graficzne wyników badań dla pewnej części taśm sugerowały, że istnieje pewna współzależność pomiędzy najistotniejszą z własności mechanicznych - wytrzymałością na rozciąganie a dwoma parametrami opisującymi warunki jej eksploatacji. Płaszczyzna, która wydawała się odwzorowywać charakter zachodzących zmian, była hiperboloidą. Obraz tej hiperboloidy na rysunkach przedstawia powierzchnię nieregularną, o dużej ilości ostrych wzniesień, co świadczy o dużym rozrzucie wyników. Jest to niewątpliwie konsekwencją znacznego odchylenia standardowego wytrzymałości taśmy nowej - co łatwo zauważyć w tablicy 4.3.1 oraz innych czynników zarówno mechanicznych (wysokość przesypu, kąt nachylenia przenośnika itp.), jak i chemicznych, biologicznych nie uwzględnionych w żadnym z parametrów opisujących warunki eksploatacji. Wyznaczona funkcja (4.3.1) charakteryzuje zachodzące zmiany wytrzymałości taśmy. Wykładniki zmiennych opisujących warunki eksploatacji posiadają znaczne odchyłki wartości. Tym samym uzyskiwane na podstawie tej zależności oszacowanie wytrzymałości taśmy ma znaczny błąd. Analiza tego błędu dokonana metodą Gaussa wykazała, że waha się on w dość szerokim przedziale i wynosi od 38% dla taśm TK 250/3 (podziemnych) do 23% dla TK 420/4 (powierzchniowych) dla obliczeń bliskich dolnym wartościom parametrów eksploatacyjnych obserwowanych w badaniach.

- 47 -

Przeprowadzona weryfikacja modelu matematycznego dla 10 przypadków obliczeń taśm TK 420/3 eksploatowanych w zakładzie przeróbczym wykazała błędy oszacowania do 15 do 34% w stosunku do wartości rzeczywistych uzyskanych w próbie zrywania. Istnieją więc podstawy do stwierdzenia, że przyjęty model matematyczny zmian wytrzymałości taśmy nie dość dokładnie opisuje zjawisko. Z tego względu słuszne wydawało się podjęcie badań mających na celu znalezienie efektywniejszej metody oceny wytrzymałości taśmy na rozciąganie.

- 46 -

5. BADANIA MIKROSKOPOWE TASM PRZENOŚNIKOWYCH

Wątpliwość dotycząca efektywności modelu matematycznego, który opisuje zmiany wytrzymałości na rozciąganie taśmy po pewnym okresie jej eksploatacji, skierowała uwagę na fizykę zjawiska tych zmian. Poznanie fizyki zmian wymaga głębokiej analizy ich przyczyn bezpośrednich. Szczególnie zainteresowano się więc rdzeniem taśmy, jako podstawowym elementem przenoszącym siły i decydującym o wytrzymałości. Rdzeń ten jest z tkanin wykonanych z włókien poliamidowych.

Polimery i ich kompozycje dzięki charakterystycznej strukturze wewnętrznej przejawiaja, już nawet w normalnych temperaturach, cechy reologiczne. Ich łańcuchowa budowa sprzyja rozwijaniu procesów reotermokinetycznych w trakcie wytężenia i znużenia pod obciążeniem.

W [74] opisano zmiany wytrzymałości wraz z szeroką analizą ich przyczyn i skutków w odniesieniu do polimerów jako tworzyw konstrukcyjnych.

Taśma w czasie eksploatacji w przenośniku poddawana jest zmiennym obciążeniom, przy czym charakter tych obciążeń, z uwagi na czas ich narastania, jest dość zróżnicowany. Obciążenie zmienne o stosunkowo długim czasie narastania wynika z pokonywania przez taśmę oporów na trasie przenośnika. Narasta ono w miarę, jak rozpatrywany odcinek taśmy (przekrój) przemieszcza się w kierunku napędu. Cykl narastania obciążeń jest funkcją prędkości taśmy i długości przenośnika. Wielkość obciążenia jest natomiast funkcją długości przenośnika, jego nachylenia, postaci konstrukcyjnej zespołów i podzespołów, masy transportowanego urobku itp. [3, 78].

Obciążenie zmienne poszczególnych przekładek, o stosunkowo krótkim czasie narastania, wynika z przewijania się taśmy przez bębny. Najniekorzystniej przebiega to zjawisko w obszarze bębnów napędowych [63, 14, 68, 75]. Bardzo krótki czas narastania obciążeń obserwowany jest również przy załadunku urobku na przenośnik [4]. Zjawiska te powodują znużenie włókien, z których wykonana jest tkanina przekładki i są przyczyną ich uszkadzania. Wydawało się więc istotne wykonanie badań mikroskopowych włókien w celu sprawdzenia zachodzących w nich zmian jakościowych. Do badań wytypowano taśmy TK 420 i TK 250 po pewnym czasie eksploatacji. Powierzchnie ich nie miały istotnych cech zużycia, lecz tylko w pewnym stopniu starte bieżniki bez naruszenia warstwy frykcji czy rdzenia. Badaniami objęto zarówno warstwy rdzenia usytuowane bezpośrednio pod bieżnikami, jak i w jego środku. Badania wykonano mikroanalizatorem rentgenowskim IXA-50A firmy JEOL (Japonia). Przygotowanie próbek do badań wymagało specjalnych wieloetapowych zabiegów zgodnie z zaleceniami zawartymi w [9, 28, 72]. W pierwszym etapie przygotowywania próbek materiał badawczy cięto na kilkucentymetrowe odcinki taśmy, a następnie umieszczano na 12 godz. w mieszaninie: tlenek propylenu + Epon 812 (żywica epoksydowa). Następnie materiał zatapiano w przygotowanym odpowiednio Eponie 812 i polimeryzowano w ciągu trzech dni w temperaturze odpowiednio: 45°C, 60°C i 65°C. Ostatecznie otrzymano materiał przesycony i otoczony spolimeryzowaną żywicą.

Drugim etapem przygotowania próbek było krojenie materiału. Bloczki z zatopionym materiałem trymowano w odpowiednim urządzeniu. Polegało to na takim przycinaniu bloczka, aby otrzymać tzw. piramidkę, na szczycie której znajduje się materiał. Jest to niezbędne dla prawidłowego krojenia materiału. Przygotowane bloczki były krojone na mikrotomach z dokładnością rzędu 100-200 Å grubości skrawka, za pomocą specjalnie przygotowanych noży szklanych. Mikrotom ręczny pozwolił na uzyskanie skrawków rzędu 500 Å.

W trzecim etapie przygotowania próbek usuwano ze skrawków epon pokrywający powierzchnię obiektu. Dokonywano to przez zanurzenie skrawków w roztworze absolutnym tlenku propylenu lub 4% roztworze NaOH w absolutnym metanolu rozcieńczonym równą objętością etanolu z ksylenem (1:1). Czas usunięcia żywicy w temperaturze pokojowej, w zależności od pożądanego obszaru, wahał się od 6 do 24 godzin.

W etapie czwartym próbki przyklejane były klejem przewodzącym do stolika preparatowego i napylane w napylarce próżniowej przez odparowanie złota lub mieszaniny złota i miedzi w proporcji 1:1. Tak przygotowane próbki były poddane obserwacji, po czym wykonano szereg zdjęć.

Opisana procedura jest stosowana do otrzymania skrawków ultracienkich do elektronowych mikroskopów transmisyjnych i odnosi się do materiału biologicznego. Wyniki badań mikroskopowych opisano w [35, 40].

Zamieszczone poniżej zdjęcia prezentują niektóre z uzyskanych w badaniach obrazów włókna. Zdjęcia 5.1 i 5.2 przedstawiają włókna osnowy taśmy nowej nie eksploatowanej. Prezentacja tych włókien, celem porównania obrazu z później prezentowanymi, jest w dwóch różnych powiększeniach. Widoczne na zdjęciach powierzchnie włókien są gładkie, włókna są równe o zbliżonej średnicy i niezespojone. Pozostałe zdjęcia prezentują włókna taśmy po pewnym okresie jej eksploatacji. Na zdjęciu 5.3 prezentowane są włókna przekładki taśmy, której wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż osnowy była ok. 40% niższa od wytrzymałości taśmy nowej. Wyraźnie widoczne są tam zniszczenia powierzchni włókien, które są ze sobą jakby zespojone. Daje się zauważyć zmienność średnicy tego włókna wzdłuż jego długości. Podobna postać włókien przedstawiona jest na zdjęciu 5.4. Posiadają one zespojenia oraz wyraźne wgniecenia i deformacje kształtu. Na pozostałych zdjęciach prezentowane są w znacznie większym powiększeniu charakterystyczne postacie uszkodzenia włókna. Zdjęcie 5.5 przedstawia złuszczenie powierzchni w postaci niewielkich, przylegających do włókna płatów. Na zdjęciu 5.6 przedstawiono miejscowy ubytek włókna na niewielkiej jego długości. Włókna te pochodzą z przekładki środkowej rdzenia taśmy. Na zdjęciu 5.7 prezentowane jest miejscowe spulchnienie tworzywa

włókna wraz z jego złuszczeniem warstwy wierzchniej. Powtarzające się postacie zniszczeń włókien nie zależą od miejsca usytuowania przekładki w rdzeniu taśmy. W badaniach zauważono, że w przekładkach zewnętrznych rdzenia było nieco więcej uszkodzeń i bardziej rozległych niż w przekładkach środkowych rdzenia.

- 50 -

Przeprowadzone badania mikroskopowe pozwoliły na stwierdzenie jakościowych zmian w rdzeniu użytkowanej taśmy. Potwierdziły przypuszczenie, że włókna przekładek ulegają zniszczeniom, których wielkość i charakter mają niewątpliwy wpływ na wytrzymałość taśmy.

Wnioskowanie na podstawie wyników tych badań o ilościowych zmianach wytrzymałości wydaje się bardzo trudne i wręcz niecelowe.

Uzyskane wyniki tworzą jedynie podstawę do stawiania hipotez weryfikowanych w badaniach innego typu.

shorts" [ True Lindle P Trates of the second s



Fot. 5.1. Włókna taśmy nowej typu TK 420 Phot. 5.1. Fibres of new belt of the TK 420



Fot. 5.2. Włókna taśmy nowej typu TK 420 w innym powiększeniu – powierzchnia Phot. 5.2. Fibres of new belt of the TK 420 in another amplification – surface



Fot. 5.3. Włókna taśmy eksploatowanej typu TK 420 o znacznym spadku wytrzymałości Phot. 5.3. Fibres of used belt of the TK 420 type with a substantial drop



Fot. 5.4. Włókna taśmy eksploatowanej typu TK 420 Phot. 5.4. Fibres of used belt of the TK 420 type



Fot. 5.5. Powierzchnia włókna eksploatowanego - złuszczenie warstwy wierzchniej Phot. 5.5 Surface of used fibre - delamination of top layer



Fot. 5.6. Powierzchnia włókna eksploatowanego - ubytek miejscowy Phot. 5.6. Surface of used fibre - local loss



Fot. 5.7. Powierzchnia włókna eksploatowanego – spulchnienie tworzywa wraz ze złuszczeniem warstwy wierzchniej

Phot. 5.7. Surface of used fibre - fluffing of material with delamination of top layer

### 6. METODY IDENTYFIKACJI WYTRZYMAŁOŚCI TAŚMY W BADANIACH NIENISZCZĄCYCH

Wyniki przeprowadzonych badań własności mechanicznych taśm oraz badania mikroskopowe stały się inspiracją do poszukiwań nowych, niekonwencjonalnych metod identyfikacji wytrzymałości taśmy na rozciąganie. Niemal jednocześnie podjęto następujące badania wstępne:

- a) ultradźwiękowe rdzeni taśm,
- b) rentgenograficzne struktury włókna,
- c) emisji akustycznej taśm.

Z uwagi na szeroko przeprowadzone badania wstępne (rozdz. 4) podjęto również badania właściwe wydłużenia względnego taśm. We wszystkich rodzajach badań ich wyniki odnoszono do wytrzymałości taśm. Z wymienionych powyżej rodzajów badań tylko badania ultradźwiękowe przeprowadzone w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN [42, 56] nie dały podstaw do pomyślnego rokowania o metodzie identyfikacji wytrzymałości taśmy. Wyniki pomiarów prędkości podłużnych fal ultradźwiękowych wprowadzanych prostopadle do powierzchni taśmy, jak i czasu przejścia fal ultradźwiękowych wzdłuż taśmy oraz anizotropii akustycznej taśm TK 420/3 (25 próbek) i TK 420/4 (19 próbek) nie wykazały współzależności korelacyjnej z wytrzymałością taśmy. Pozostałe z wymienionych rodzajów badań nieniszczących dały podstawy do decyzji o ich pogłębieniu i rozwinięciu, co pozwoliło na opracowanie nowych metod identyfikacji wytrzymałości taśm eksploatowanych.

6.1. <u>Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy</u> na podstawie badań rentgenograficznych

Powszechnie wiadomo, że o własnościach mechaniczno-technologicznych włókna poliamidowego, z którego wykonane są splotki, a następnie przekładki taśmy tkaninowej, decydują: masa cząsteczkowa, orientacja i krystaliczność polimeru. W celu uzyskania włókien o wysokiej wytrzymałości konieczna jest wysoka krystalizacja łańcuchów molekularnych oraz ich zorientowanie w kierunku długości włókna. Orientacja giętkich łańcuchów, jakie istnieją np. w polimerach i poliestrach, uzyskiwana jest w procesie przędzenia, a ściślej mówiąc w procesie wyciągania nici z filiery, gdyż istniejące w fazie stałej luzowanie łańcuchów, ślizganie się łańcuchów utrudnia ich wyprostowanie i determinuje osiąganą granicę orientacji, jak również wytrzymałości włókna. Pewną ilustrację tego stwierdzenia stanowi rys. 6.1.1. Przedstawiono na nim łańcuchy molekularne polimeru (a) i jego włókna (b). Łańcuchy molekularne włókna podczas eksploatacji taśmy poddawane są, jak stwierdzono już wcześniej, zmiennym obciążeniom oraz zmiennej



i uporządkowania. Implikuje to zmianę wytrzymałości włókna, a co za tym idzie zmianę wytrzymałości taśmy na rozciąganie. Przejawem zmian orientacji i uporządkowania łańcuchów molekularnych są postacie zniszczeń włókna prezentowane w rozdz. 5.

temperaturze, co wpływa na zmiane ich orientacji

Pierwszym wstępnym badaniem struktury włókna było badanie jego dwójłomności optycznej. Opisane jest ono zależnością:

 $\Delta n = n \parallel - n \bot$ 

(6.1.1)

gdzie: n∥ - współczynnik załamania światła dla kierunku

Rys. 6.1.1. Łańcuchy molekularne

a) poliamidu, b) włókna poliamidowego

Fig. 6.1.1. Molecular chains

 a) polyamide, b) polyamide fibre drgań fali świetlnej równoległego do osi optycznej włókna, n⊥ – współczynnik załamania światła dla kierunku

drgań fali świetlnej prostopadłego do osi optycznej włókna.

Włókno wykazuje tzw. naturalną anizotropię optyczną. Jest ona wypadkową trzech składowych: anizotropii

optycznej właściwej, anizotropii optycznej orientacyjnej i anizotropii kształtu. Anizotropia właściwa jest związana z budową cząsteczkową tworzywa, a ściślej ze zdolnością polaryzacyjną cząsteczek. Anizotropia orientacyjna jest uwarunkowana uporządkowaniem makrocząsteczek i krystalitów w objętości włókna. Anizotropia kształtu wynika ze zróżnicowania współczynników załamania światła w obszarach krystalicznych i bezpostaciowych tworzywa włókna oraz kształtu obszarów krystalicznych. Dla określonego rodzaju włókna w tej samej temperaturze i wilgotności względnej powietrza oraz stałej krystaliczności przyjmuje się, że przy różnej orientacji cząsteczkowej tworzywa składowe anizotropii - właściwa i kształtu będą posiadały stałe wartości. Zmiana orientacji będzie się więc ujawniała w zmianie anizotropii orientacyjnej. Pomiar anizotropii optycznej charakteryzuje ilościowo orientację tworzywa włókna, jest funkcją ogólnej orientacji wewnętrznej włókna. Dwójłomność optyczna włókna służy więc do ilościowego charakteryzowania orientacji wewnętrznej.

Badaniom poddano kilkucentymetrowe włókno losowo pobrane z wierzchnich warstw rdzenia 16 taśm TK 420/3 eksploatowanych w różnych warunkach, przez różny okres czasu i z taśmy nowej (próbka nr 1).

W badaniach wykorzystano metodę [57] stosując mikroskop polaryzacyjno-interferencyjny. Włókna ustawiono prostopadle do interferencyjnego pola prążkowego. Mierząc średnicę włókna (d), odległość międzyprążkową (a) oraz odchylenie prążka interferencyjnego włókna (b) przy znanej długości fali ( $\lambda$ ), dwójłomność wyznaczono z zależności:

 $\Delta n = \frac{b}{d \cdot a} \lambda$  (6

Przy pomiarach wartości (b) korzystano z prążka zerowego rzędu. Oceny wymiarów liniowych dokonano stosując okular mikrometryczny typ K-15 (PZO). Obserwacje prowadzono obiektywem o powiększeniu 20-krotnym i aperturze liczbowej 0,24 oraz okularem o powiększeniu 10-krotnym.

Dane liczbowe dwójłomności optycznej (wartości średnie z 30-50 niezależnych pomiarów) i jej odchyleń standardowych oraz wyniki badania wytrzymałości (średnia z trzech próbek) i jej odchylenia standardowe przedstawiono w tablicy 6.1.1.

Tablica 6.1.1

### Wyniki badań dwójłomności optycznej i wytrzymałości taśmy

Nr prób- ki	Dwójłomność optyczna An	Odchylenie standardowe 6 x 10 <sup>3</sup>	Wartość średnia wytrzymałości taśmy R <sub>c</sub> [kN/m]	Odchylenie standardowe 6c [kN/m]
1	0,0431	1,4	1520	62.4
2	0,0428	1,5	1250	22,9
3	0,0455	1,9	1255	31,2
4	0,0437	1,4	1270	48,2
5	0,0452	2,4	1183	51,1
6	0,0441	1,5	968	36,6
7	0,0441	1,5	1049	41,6
8	0,0451	1,5	832	33,0
9	0,0457	3,6	894	47,6
10	0,0454	2,2	901	68,8
11	0,0444	2,2	966	102,0
12	0,0448	1,1	940	18,0
13	0,0440	2,0	1020	74,9
14	0,0442	1,3	1176	49,1
15	0,0443	1,8	1236	84,0
16	0,0441	1,9	906	112,1
17	0,0441	1,2	914	36,7

Wyniki badania dwójłomności optycznej  $\Delta n$  i wytrzymałości średniej na rozciąganie R<sub>c</sub> porównano pomiędzy sobą wyznaczając ich współzależność przez obliczenie współczynnika  $\rho$  korelacji rangowej Spearmena [76]. Obliczony współczynnik korelacji rangowej wyniósł  $\boldsymbol{\varphi} = -0,4782$ . Wartość krytyczna współczynnika dla przyjętego poziomu ufności  $\boldsymbol{\alpha} = 0,05$  i liczności n = 18 wynosi R<sub>kr</sub> = 0,4123. Daje to podstawy do przypuszczenia o współzależności pomiędzy wytrzymałością taśmy a dwójłomnością włókien jako miarą ich struktury.

Wynik ten stworzył podstawę do dalszych bardziej wnikliwych badań struktury włókna celem odniesienia ich do wytrzymałości taśmy, z której zostały pobrane.

Parametrem struktury nadcząsteczkowej polimerów, warunkującym między innymi wytrzymałość zmęczeniową, jest wymiar obszarów uporządkowanych (krystalitów, lamel) [52].

Do oceny tej wielkości stosowane są głównie metody rentgenograficzne. Podstawę tych metod stanowi symetryczne poszerzenie linii dyfrakcyjnych dla wybranej rodziny płaszczyzn sieciowych tworzywa próbki, zmierzonych na rentgenogramie (dyfraktogramie) proszkowym.

Kryterium podziału metod dyfrakcyjnych stosowanych do wyznaczania wymiarów krystalitów jest sposób wykorzystania danych doświadczalnych. Można więc wykorzystać szerokość połówkową linii dyfrakcyjnych przy założeniu teoretycznej funkcji opisującej jej profil lub korzystać z informacji o kształcie linii opierając się na danych uzyskanych z rozwinięcia współczynnika profilu linii w szereg Fouriera, lub innych wielkości w większym stopniu czułych na kształt linii niż szerokość połówkowa.

W przeprowadzonych badaniach oznaczenia wymiaru krystalitów dokonano przez pomiar, prostopadle do płaszczyzn (200) i (020) + (220), szerokości połówkowej linii dyfrakcyjnych, przy założeniu teoretycznej funkcji opisującej ten profil. Szczegółowy opis badań znajduje się w [47]. Przykład takiego oznaczenia pokazano na rys. 6.1.2 i 6.1.3. Rys. 6.1.2 przedstawia obraz przebiegu funkcji I = f(2 $\Theta$ ) profilów superpozycyjnych, a rys. 6.1.3 rozdzielone funkcje charakteryzujące linie dyfrakcyjne od rodziny płaszczyzn (200 i (020) + (220). Na rysunku tym podano wymiary



Rys. 6.1.2. Przebieg funkcji I =  $f(2\Theta)$  profilów superpozycyjnych Fig. 6.1.2. Course of function I =  $f(2\Theta)$  of superposition of profiles charakterystyczne dla oznaczenia wielkości krystalitów: kąt 20 i szerokość połówkową linii dyfrakcyjnej  $\beta_{(hkl)}$ .



Rys. 6.1.3. Rozdzielone funkcje charakteryzujące linie dyfrakcyjne pochodzące od rodziny płaszczyzn (200) i (020) + (220)

Fig. 6.1.3. Distributed functions characterizing the diffraction lines originating from the family of planes (200) and (020) + (220)

Zależność pomiędzy szerokością połówkową linii dyfrakcyjnej (w skali 20) a wymiarem krystalitu, ocenianym wzdłuż prostopadłej do wybranej rodziny płaszczyzn (hkl), ma postać:

$$\theta_{(hkl)} = \frac{c \cdot \lambda}{D_{(hkl)} \cdot \cos \theta_{(hkl)}}, \qquad (6.1.3)$$

gdzie:

c - wielkość stała,  $\lambda$  - długość fali, [A],

D - wymiar krystalitu, [A],

9 - kat odbłysku [rad].

- var oupryska [rad].

Obliczenia prowadzono wykorzystując krzywe doświadczalne I =  $f(2\Theta)$  otrzymane na dyfraktometrze Rigaku-Denki, stosując promieniowanie Cu K<sub>gt</sub>. Oprócz wymiarów krystalitów wyznaczono również stopień krystaliczności próbek metodą [70] stosując wzorzec bezpostaciowego polimeru PA-6 przygotowany wg [26]. Ponadto wyznaczono powierzchnię krystalitu S<sub>k</sub> jako iloczyn wymiarów krystalitu mierzonych w płaszczyznach (200) i (020) + (220). Próbki w liczbie kilkunastu, w postaci kilkucentymetrowych odcinków przędzy (splotek włókien) pobierano z warstw wierzchnich rdzenia taśmy TK 420/3 o powierzchni ok. 1 m<sup>2</sup>. Następnie losowano 3 do 6 odcinków przędzy i na każdym z nich dokonywano po trzy niezależne oznaczenia wymiarów krystalitów. Wartość średnia tych wyników reprezentowała jedną próbkę taśmy badanego typu. Liczność próbek wynosiła 17. Następnie z każdego obszaru taśmy, z którego pobierano włókna wycinano trzy próbki wg PN-75/C-05011 i zrywając je, oznaczono wytrzymałość. Wartość średnia trzech wyników reprezentowała wytrzymałość próbki taśmy. Szczegółowe wyniki badania włókien i wytrzymałości taśmy TK 420/3 przedstawiono w tabl. 6.1.2, a ilustrację graficzną tablicy stanowią rysunki 6.1.4 ± 6.1.7. Wyniki zbiorczę przeprowadzonych badań zaprezentowano w tablicy 6.1.3.



Rys. 6.1.4. Współzależność pomiędzy stopniem krystaliczności W<sub>r</sub> a wytrzymałością taśmy R<sub>c</sub> Fig. 6.1.4. Interrelation between the cristallinity degree W<sub>r</sub> and the strength of the belt R<sub>c</sub>

Jak łatwo zauważyć, wytrzymałość taśmy z wymiarami krystalitów i ich powierzchniami jest silnie skorelowana. Zachodzi pomiędzy nimi związek typu liniowego, co zobrazowane jest na rysunkach. W tablicy 6.1.3 podano współczynniki funkcji regresji dla odpowiednich par badanych parametrów.

Zaprezentowane zależności można uznać za wzorcowe. Wobec powyższego wyniki uzyskane w następnych badaniach rentgenograficznych włókien pobranych z dowolnego odcinka taśmy danego typu, porównane z zależnością wzorcową, pozwolą na identyfikacje wytrzymałości tego odcinka.

Takie podejście pozwoliło na sformułowanie metody identyfikacji wytrzymałości taśmy w badaniu nieniszczącym, którą zgłoszono do Urzędu Patentowego PRL [46].

		1	 -	_	-		-					1			1	1	1		-
	Powierzchnia krystalitu	s <sub>k</sub> [å²]	1785,8	1925, 8	1939,3	1952,8	1,1701	2029,2	2088,1	2092,1	2209,8	2274.7	2565,4	2576,9	2696,6	2728,4	2739,2	2773,0	3313,9
tości taśmy TK 420/3	Wymiar krystalltu w kierunku prosto- pađłym do płasz- czyzny (020) + (220)	D2 [A]	49,4	50,9	51,0	51,2	51,4	52,0	52,6	52,7	53,9	54,6	57,8	57,9	59,2	59,5	59,6	60,0	65,9
ń włókna i wytrzymał	Wymiar krystalitu w kierunku prosto- padłym do płasz- czyzny (200)	D, [X]	36,7	38,0	38,1	38,3	38,4	39,0	39.6	39,6	40,7	41,3	44,1	44,2	45,3	45,6	45,7	46,1	51,2
enograficznych bada	Stopień krysta- liczności	Wr [&]	45	39	42	37	40	39	46	36	42	42	42	37	40	39	31	31	40
Wyniki rentg	Wytrzymałość na rozciąganie	R <sub>c</sub> [kN/m]	832	894	106	906	914	0+6	966	968	1020	1049	1176	1183	1236	1250	1255	1270	1520
1	Nr próby		00	6	10	16	17	12	11	9	13	7	14	5	15	2	С	4	1



Rys. 6.1.5. Współzależność pomiędzy wymiarem krystalitu w kierunku prostopadłym do płaszczyzny (200) – D $_1$ a wytrzymałością taśmy R $_{\rm C}$ 

Fig. 6.1.5. Interrelation between the crystallite dimension in the perpendicular direction to the plane (200) -  $D_1$  and the strength of the belt  $R_c$ 

### Tablica 6.1.3

Wyniki analizy korelacyjnej i współczynniki funkcji regresji współzależności pomiędzy wymiarami krystalitów i ich powierzchniami a wytrzymałością taśmy

Taśma	Korelowane parametry	Wartość współ- czynnika kore- lacii liniowej	Współczynn: regre	Odchylenie standardo- we	
-11-		R	A	В	б
	R <sub>c</sub> /w <sub>r</sub>	0,3886	1779,0	-17,9	173,6
	R <sub>c</sub> /D <sub>1</sub>	0,9999	-894,9	47,0	2,4
TK 420/3	R <sub>c</sub> /D <sub>2</sub>	0,9999	-1214,9	41,4	1,9
	R <sub>c</sub> /S <sub>k</sub>	0,9999	33,2	0,4	2,1



Rys. 6.1.6. Wspóizależność pomiędzy wymiarem krystalitu w kierunku prostopadłym do plaszczyzny (020)+(220) –  $D_2$  a wytrzymałością taśmy  $R_c$ Fig. 6.1.6. Interrelation between the crystallite dimension in the perpendicular direction to the plance (020) + (220) -  $D_2$  and the strength of the belt  $R_c$ 

- 59 -

### 6.2. Metoda indentyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań emisji akustycznej

Przez pojęcie emisji akustycznej (AE) ciał stałych rozumie się generowanie fal sprężystych w strukturze ciała stałego, pojawiające się wskutek szybkiego wyzwolenia energii zakumulowanej w materiale. Materiały rozumiane sa tu bardzo szeroko jako organiczne i nieorganiczne, jednorodne i niejednorodne, w tym tworzywa sztuczne i ich kompozyty. Każdy z takich materiałów posiada pierwotny lub nabyty w trakcie eksploatacji niejednorodny rozkład energii sprężystej. Jeśli pojawiają się zewnętrzne przyczyny zmieniające ten stan rzeczy (bodźce mechaniczne, chemiczne, radiac jne), to w jednym lub w wielu obszarach materiałów zachodzi proces deformacyjny, w trakcie którego wyzwolona energia może być częściowo wypromieniowana w postaci fal sprężystych. Najczęstsze są bodźce mechaniczne [59], a generowane w procesach deformacyjnych fale sprężyste AE wskazują na występowanie zmian w strukturze materiału. Powoduje to, że zakres badań AE ulega ciągłemu rozszerzaniu. Są to: badania podstawowe opisane np. w [11, 31, 69], badania z zastosowaniem konkretnych metod odniesionych do wybranych materiałów [20, 27, 53], w tym do kompozytów podobnych w swej budowie do taśm (masa plastyczna zbrojona włóknami węglowymi) [1], oraz badania kontrolne jakości dla uszczelek stosowanych w samochodach, jak to opisano w [67].

Wspomniane procesy deformacyjne są procesami niszczenia materiałów, dlatego dla fizycznej interpretacji pomiarów AE badanego materiału potrzebna jest znajomość jego mechaniki niszczenia, która w przypadku włóknistych kompozytowych materiałów jest zazwyczaj mechaniką niszczenia dwufazowego układu: wysoko wytrzymałe włókna – plastyczna matryca. Dla przypadku taśmy przenośnikowej ze zrozumiałych względów bardziej interesujący jest proces deformacyjny włókien.

Struktura mikrodefektów włókien jest zwykle opisywana fenomenologicznie poprzez wprowadzenie funkcji rozkładu wytrzymałości włókien. Najczęściej jest to rozkład Weibulla [10]:

$$P(G_{f}) = 1 - \exp\left\{ \frac{1}{1} \left( \frac{k - k}{k_{o}} \right)^{k} \right\}, \qquad (6.2.1)$$

gdzie:

- P(6<sub>f</sub>) prawdopodobieństwo tego, że włókno zerwie się przy naprę-,żeniu 6<sub>c</sub>,
- k<sub>p</sub>,k<sub>m</sub>,k<sub>o</sub>, & parametry wyznaczane doświadczalnie,

długość włókna,

- długość uznana za standardową.

Zerwanie włókna jest elementarnym stanem, prowadzącym do utworzenia w materiale mikroszczeliny. W przypadku małych wartości właściwej energii sprężystej zgromadzonej we włóknie, w chwili zerwania mikroszczelina rozwija się na granicy matryca - włókno, przy dużych energiach mikroszczelina rozwija się w matrycy prostopadle do kierunku ułożenia włókien. Rozwój mikroszczeliny w pierwszym przypadku prowadzi najczęściej do pojedynczych zerwań włókien. W drugim przypadku pole naprężeń propagującej się w matrycy szczeliny powoduje przeciążenie włókien sąsiednich do pękających, co wpływa na wzrost prawdopodobieństwa ich zerwania. Moduł sprężystości włókna zwykle znacznie przewyższa moduł sprężystości matrycy i dlatego szczelina we włóknistym kompozytowym materiale wzrasta. Rozwój procesu kolejnych zerwań włókien może być typu lawinowego narastania i wtedy utworzona mikroszczelina (nawet od zerwania pojedynczego włókna) zamienia się w szczelinę powodującą przerwanie próbki. Może się zdarzyć, że w próbce nastąpi zanik narastania procesu 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.

Dysponując wynikami badań mikroskopowych (rozdz. 5) oraz badań rentgenograficznych (rozdz. 6.1), które potwierdziły przypuszczenie o zmianach struktury włókien rdzenia taśmy wskutek eksploatacji, podjęto badania ich emisji akustycznej. Badania te przebiegały w kilku etapach. W badaniach wstępnych, opierając się na analizie wyników z pomiarów trój- i czteroprzekładkowych taśm, ustalono wymagania zapewniające powtarzalność pomiarów, optymalne parametry układu pomiarowego, geometrię i stan próbki [54]. W badaniach zasadniczych wykonywanych na małowymiarowych próbkach pomiary pro-



Rys. 6.2.1. Schemat blokowy układu pomiarowego do rejestracji aktywności AE próbek taśm

1 - badana próbka, 2 - przetwornik AE, 3 - przedwzmacniacz, 4 - wzmacniacz, filtr górnoprżepustowy, 5 - analizator amplitudy, przetwornik c/a, 7 - rejestrator, 8 - magnetofon pomiarowy

Fig. 6.2.1. Block diagram of the measuring system for recording the AE activity of belt specimens

1 - tested specimen, 2 - AE converter, 3 - preamplifier, 4 - omplifier, high-pass filter, 5 - amplitude analyzer, c/a converter, 7 - recorder, 8 measuring tape recorder

- 61 -

wadzono na stanowiskach pomiarowych, których schematy blokowe przedstawione zostały na rys. 6.2.1 i 6.2.2. Rys. 6.2.1 przedstawia stanowisko do zapisu aktywności AE próbek poddanych jednoosiowym naprężeniom w maszynie wytrzymałościowej VEB THURINGER INDUSTRIE WERK o sześciu zakresach pomiarowych 0-2; 4; 10; 20; 40; 100 kN. Jako przetwornik odbiorczy zastosowano piezoelektryczny przetwornik AE 8313 B&K. Elementy 3-6 ze schematu na rys. 6.2.1 to urządzenie pomiarowe "DEMA" produkcji TECHPAN Warszawa. Sygnały AE rejestrowano na taśmie magnetofonu pomiarowego TI 80 Bell & Howell. Przy stosowanej predkości zapisu 60 cali na sekundę ma on pasmo przenoszenia 300 kHz. Tak zarejestrowane sygnały poddawano wielorakiej analizie elektronicznej, wykorzystując do tego celu układy pomiarowe, których schematy przedstawione są na rys. 6.2.2. Układ pomiarowy (rys. 6.2.2a) pozwala na wielokrotna analizę amplitudowo-obciążeniową zarejestrowanych uprzednio sygnałów. Układ pomiarowy (rys. 6.2.2b), poprzez zastosowanie heterodynowego analizatora częstotliwości 2010 B&K (jako filtra środkowoprzepustowego) umożliwia wielokrotna analize obecności różnych składowych w widmie często-

- 62 -



Rys. 6.2.2. Schematy blokowe układów pomlarowych do elektronicznej analizy zarejestrowanych impulsów

1 - TI Bell & Howell magnetofon pomiarowy, 2 - 2600 B&K wzmacniacz, 3 - 7633 Tektronix-oscyloskop, 4 - analizator amplitudy, 5 - przetwornik c/a, 6 - rejestrator, 7 - 2010 B&K heterodynowy analizator częstotliwości, 8 - 7502 B&K magnetofon cyfrowy, 9 - 2034 B&K dwukanałowy analizator częstotliwości FFL, 10 - 231 B&K rejestrator graficzny

Fig. 6.2.2. Block diagrams of measuring systems for electronic analysis of registered pulses

1 - TI Bell & Howell measuring tape-recorder, 2 - 2600 B&K amplifier,
3 - 7633 Tektronix-oscilloscope, 4 - amplitude analyser, 5 - c/a converter,
6 - recorder, 7 - 2010 B&K heterodyre frequency analyser, 8 - 7502 B&K digital tape-recorder, 9 - 2034 B&K double-channel FFL frequency analyser,
10 - 231 B&K graphical recorder tliwościowym uprzednio zarejestrowanych sygnałów. Układ pomiarowy z rys. 6.2.2c dzięki zastosowaniu magnetofonu cyfrowego 7502 B&K, dwukanałowego analizatora częstotliwości FFT 2035 B&K umożliwia pomiar: gęstości zdarzeń, sumy zdarzeń, charakterystyk częstotliwościowych wybranych impulsów (pojedynczych lub sumy). Badane próbki taśmy miały kształt prostokąta o wymiarach 50 x 400 mm. Pozostawiano na nich okładki bieżników. Próbkę do badań wytrzymałości wycinano z ww. prostokąta o wymiarach przewężenia zgodnych z PN-75/C-05011, a przewężenie sytuowano w strefie przyłożenia przetwornika odbiorczego. W badaniach AE próbkę taśmy obciążano siłą na granicy 10 i 20% nominalnej siły zrywającej dla danego typu taśmy. Prędkość przesuwu szczęk wynosiła 20 mm/min. Wykonano również badania AE w całym zakresie obciążeń próbki aż do jej zerwania. Kształt próbki w tych badaniach był zgodny z ww. normą. Wyniki badań zaprezentowano w [60, 73].

W niniejszej pracy przedstawione zostaną przykładowo wyniki z badań próbek taśmy TK 420/3. Na rys. 6.2.3 - 6.2.5 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 milisekundy. Widmową gęstość mocy impulsu PSD uzyskiwano przy dodatkowej filtracji i zastosowaniu korekcji prostokątnej. Położenie krzywej korekcji jest dodatkowo zaznaczone na przebiegu czasowym. 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. 6.2.3 zarejestrowano impuls AE o małej energii. Impulsy o małej energii to takie, których czasy trwania są małe, rzędu kilkudziesięciu mikrosekund. 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).

Na rys. 6.2.4 zarejestrowany jest impuls AE o średniej energii. Amplitudy impulsów tego typu rosną, a czasy ich trwania osiągają wartość kilkudziesiątych części milisekundy. Charakter impulsów jest dwojaki: jak poprzednio lub ze znacznie wolniejszym czasem narastania. W charakterystykach częstotliwościowych pojawia się wyraźne maksimum dla częstotliwości z przedziału [0,31-0,33] x 64 kHz (niższe częstotliwości są odcinane przez filtr górnoprzepustowy "Demy" w celu nie rejestrowania hałasów). Wraz ze wzrostem częstotliwości spadek wartości PSD jest niemal monotoniczny, pojawiają się jedynie lokalne minima w pobliżu częstotliwości 500x64 kHz . Ogólnie ujmując, do tej grupy należą impulsy, które są efektem działania wielu źródeł słabo skorelowanych.

Rys. 6.2.5 przedstawia impuls AE o dużej energii. Amplitudy tego typu impulsów osiągają maksymalne wartości, a czasy ich trwania wynoszą około milisekundy. Charakter impulsów jest bardzo złożony, co łatwo jest zauważyć na charakterystykach zmian amplitudy. Dla impulsów tego typu charakterystyczne jest utrzymywanie się przez znaczną część czasu trwania impulsu sta-





Rys. 6.2.3. Przykładowy impuls AE o małej energii wraz z charakterystyką Fig. 6.2.3. Example of AE pulse of low energy together with characteristic curve



Rys. 6.2.4. Przykładowy impuls AE o średniej energii wraz z charakterystyką Fig. 6.2.4. Example of AE pulse of medium energy tohether with characteristic curve





Rys. 6.2.5. Przykładowy impuls AE o dużej energii wraz z charakterystyką Fig. 6.2.5. Example of high energy pulse tohether with characteristic curve łaj wartości amplitudy. Charakterystyki impulsów AE o dużej energii są typowe dla źródeł oddziałujących o dużym stopniu korelacji i w porównaniu z charakterystykami poprzedniej grupy impulsów wolniej opadają.

Dążąc do realizacji wytyczonego przed badaniami celu, to jest stwierdzenia przydatności badań AE do prognozowania wytrzymałości próbek taśmy, dokonano szczegółowej analizy parametrów impulsów AE. Do parametrów tych zaliczono:

a) gęstość amplitud AE,

b) gęstość zdarzeń AE,

c) sume zdarzeń AE,

d) sume "typowych" zdarzeń AE.

Ad a) W układzie pomiarowym z rys. 6.2.2a uzyskiwano rodziny charakterystyk amplitudowo-obciążeniowych (rys. 6.2.6). W przypadku próbek o wytrzymałości znacznie mniejszej od nominalnej dla danego typu taśmy porównanie gęstości amplitud przy tej samej wartości progu dyskryminacji U daje możliwość rozróżnienia próbek pod względem ich wytrzymałości. Natomiast w przypadku próbek o wytrzymałości zbliżonej do nominalnej dla danego typu taśmy pomiar gęstości amplitud AE nie daje możliwości rozróżnienia próbek pod względem ich wytrzymałości. Wzrasta w tym przypadku rola losowego charakteru zjawisk AE.

Ad b) Pomiary gęstości zdarzeń AE wykonano w układzie pomiarowym c z rys. 6.2.2. W zakresie stosowanych obciążeń próbek taśm (10 lub 20% nominalnej wytrzymałości na zrywanie) dominują impulsy o małych i średnich energiach, tak że pojedyncze impulsy sensownie jest określić jako zdarzenie AE. Przykładowe krzywe przedstawiono na rys. 6.2.7. Jak łatwo zauważyć, rozróżnienie następuje również wśród próbek o dobrych własnościach wytrzymałościowych. Prognozowanie własności wytrzymałościowych próbek na podstawie krzywych gęstości zdarzeń wydaje się możliwe.

Ad c) Na rys. 6.2.8 przedstawione zostały rodziny krzywych będących sumami zdarzeń AE (dla różnych wartości progu dyskryminacji U) w funkcji obciążenia próbek taśm. Wartości końcowe tych sum zdarzeń (dla obciążenia ok. 20% nominalnej siły zrywającej próbkę) są przedstawione w kolumnach c÷f tablicy 6.2.1. Obliczone na tej podstawie liczby sum zdarzeń o amplitudach maksymalnych z różnych przedziałów są przedstawione w kolumnach g÷m tablicy 6.2.1. 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.

Ad d) Jak zauważono w badaniach, taśma eksploatowana, chwycona w badaniu szczękami maszyny wytrzymałościowej przy obciążeniu siłą ok. 20% siły zrywającej, uszkadza się na powierzchni bieżnika. Z tego względu podjęto badania AE dla obniżonej siły rozciągającej (ok. 10% R<sub>c</sub>), co jest istotne w procesach przygotowania taśmy do regeneracji. W badaniach zliczano zdarzenia



Rys. 6.2.6. 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. 6.2.6. 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 łaśmę

Rys. 6.2.7. Rodziny krzywych: gęstości zdarzeń AE w funkcji siły obciążającej dla próbek o różnych wytrzymałościach dla różnych progów dyskryminacji

Fig. 6.2.7. Families of curves: density of AE events in the function of the loading force for specimens of different strengths for different discrimination thresholds

- 69 -

68





Rys. 6.2.8. Rodziny krzywych: sumy zdarzeń AE w funkcji siły obciążającej dla próbek o różnych wytrzymałościach dla różnych progów dyskryminacji

Fig. 6.2.8. 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 Sumy zdarzeń AE dla obciążenia próbki taśmy równego 20% wytrzymałości nominalnej siły zrywającej

Lp.	Wytrzy- małość na roz-	Sumy wai dyski	zdar rtośc rymin	zeń A i pro acji	E dla gu Ug [V]	Sumy	v zdarzen	íAEoar	nplitu	dach max	z zakrest	J
	$R_{c}$ [kN/m]	0,5	1,0	1,5	2,5	0,5÷1,0	1,0÷1,5	1,5÷2,5	2,5<	0,5 <del>:</del> 1,5	0,5÷2,5	0,5>
a	b	с	d	е	f	g	h	i	j	k	1	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

Tablica 6.2.2

Tablica 6.2.1

Sumy zdarzeń AE o amplitudach maksymalnych z zakresu

Lp.	Wytrzymałość na rozciąga-		Sumy zdarzeń z zakresu [V]											
	R <sub>c</sub> [kN/m]	0,3÷0,6	0,6÷1,0	1,0÷1,5	1,5:2,0	2,0÷3,0	0,3÷1,0	0,3;1,5	0,6÷2,0					
а	b	с	d	е	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					

AE mające maksymalne wartości amplitud z następujących przedziałów  $[0,3\div0,6]$ ,  $[0,6\div1,0]$ ,  $[1,0\div1,5]$ ,  $[1,5\div2,0]$ ,  $[2,0\div3,0]$  V.

Wyniki pomiarów przedstawione zostały w kolumnach c‡g tablicy 6.2.2. Jak widać z kolumn h, 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 opisany w c. W tym zmniejszonym zakresie obciążenia próbki o wiele lepsza jest suma "typowych" zdarzeń AE. Przez pojęcie typowych zdarzeń AE rozumiane są tu wszystkie zdarzenia AE w próbce pomniejszone o zdarzenia AE mające skrajne wartości

amplitud maksymalnych. Ten fakt widoczny jest przez porównanie danych z kolumny j tablicy 6.2.2. Są one silnie skorelowane z wytrzymałością na zrywanie taśmy.

Wyniki badań zweryfikowano na szerokowymiarowych próbkach taśm TK 420/3, tj. o wymiarach 500x1500. Siła o wartości 10% zrywającej (prędkość przesuwu szczęk 20 mm/min) wywoływana była w odpowiednio przystosowanej poziomej zrywarce do lin. Wyniki badań zaprezentowano w tablicy 6.2.3.

Tablica 6.2.3

Wyniki badań AE szerokowymiarowych próbek taśm

Wytrzymałość taśmy R <sub>c</sub>	$\left[\frac{kN}{m}\right]$	604	1056	1168	1064	904	1080	956	1064	856
Suma zdarzeń AE	[0,6+2] [V]	2400	464	79	324	646	33	633	213	664

Wytrzymałość na rozciąganie obliczono zgodnie z wytycznymi normy PN-75/C--05011.

Wyniki przeprowadzonych badań posłużyły do opracowania metody [45], umożliwiającej ocenę własności wytrzymałościowych tkaninowych taśm przenośnikowych na podstawie wybranego parametru AE, która została zgłoszona do Urzędu Patentowego pod nr P 277560. Metoda ta polega na tym, że dokonuje się pomiaru sumy typowych zdarzeń emisji akustycznej taśmy poddanej działaniu określonej siły, która narasta z wymaganą prędkością. Uzyskany w ten sposób wynik porównuje się z wyznaczoną wzorcową zależnością pomiędzy liczbą typowych zdarzeń AE a wytrzymałością taśmy danego typu. Dla wyników tablicy 6.2.3 współczynnik korelacji wynosi R = -0,9430, a współczynniki funkcji regresji A = 1107,5 i B = -0,2226. Odchylenie standardowe natomiast  $\mathbf{6}$  = 56,3. Dokonując pomiaru sumy zdarzeń L przy zachowaniu wymaganych warunków - wielkości siły obciążającej taśmę i prędkość jej narastania wytrzymałość taśmy oszacować można z zależności:

 $R_{c} = 1107,5 - 0,2226 L - 56,3 kN/m$ 

Uzyskany błąd oszacowania jest nieco większy niż w przypadku metody opisanej w rozdz. 6.1.

### 6.3. <u>Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie</u> badań jej wydłużenia względnego

Spostrzeżenia poczynione w trakcie analizy wyników badania własności mechenicznych taśm (rozdz. 4) skierowały uwagę na wysoki współczynnik korelacji pomiędzy wytrzymałością taśmy na rozciąganie a wydłużeniem względnym

taśmy przy obciążeniu równym 10% siły zrywającej nominalnej we wszystkich rozpatrywanych typach taśm. Serie badań powtórzono dla kilkunastu prób z każdego typu na próbkach prostokątnych o wymiarach 50x400 mm. Z próbek tych wycięto następnie przewidziane normą próbki o kształcie wiosełkowym i wykonano próby zrywania. Porównane wyniki wykazywały wysoki poziom skorelowania, co dało podstawy do podjęcia badań na szerokowymiarowych próbkach. Wymiary tych próbek wynosiły 500x1500 mm. Taśmy pochodziły z warsztatów regeneracji KWK "Miechowice", "Bolesław Smiały" oraz KWK "Staszic" i "Siemianowice". Przeprowadzenie badań wymagało skonstruowania odpowiedniego przyrządu pomiarowego oraz prąc adaptacyjnych poziomej zrywarki do lin w takim zakresie, by mogły być w niej mocowane ww. próbki. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 6.3.1. Zasada pomiaru wydłużenia próbki jest następująca: przyrząd spoczywa na próbce taśmy podparty trójpunktowo: dwa punkty podparcia związane są konstrukcyjnie z czujnikiem rezystancyjnym suwakowym; a trzeci punkt podparcia z konstrukcją przyrządu; wzajemne oddalenie od siebie punktów podparcia związanych z czujnikiem i punktu związanego z konstrukcją wyznacza bazę pomiarową (1000 lub 500 mm) przyrzadu.



Rys. 6.3.1. Schemat przyrządu do pomiaru wydłużenia względnego szerokowymiarowych próbek taśm 1 - czujnik rezystancyjny, 2 - mikroamperomierz, 3 - rezystor montażowy

Fig. 6.3.1. Schematic diagram of the instrument for measuring the unit elongation of wide belt specimens

1 - sensing element, 2 - microammeter, 3 - resistor

Poddana obciążeniu próbka zwiększa swoją długość, a tym samym zwiększa się odległość pomiędzy punktami podparcia. Wymaga to oczywiście właściwego sprzężenia punktów podparcia z taśmą. Wielkość wydłużenia pomiędzy punktami odczytywana jest w mm na odpowiednio wyskalowanym mikroamperomierzu. Sposób i szczegółowe wyniki badania przedstawiono w [43]. Badania wykonano na 18 próbkach taśmy TK 420/3; 18 próbkach TK 250/3 i 12 próbkach taśmy

TK 250/5. W niniejszej pracy, dla zobrazowania metody, przytoczone będą wyniki ba-

dania taśmy TK 420/3. Próbki szerokowymiarowe mocowane były, przy zastosowaniu odpowiednich szczęk, w poziomej maszynie wytrzymałościowej do zrywania lin. W osi próbki umieszczono przyrząd pomiarowy jak na zdjęciu 6.3.1.

- 73 -

Próbkę obciążono siłą do 50 kN, z prędkością przesuwu szczęk 20 mm/min, mierząc wydłużenia dla pośrednich wielkości obciążenia.

- 74 -



Fot. 6.3.1. Widok przyrządu pomiarowego na próbce szerokowymiarowej taśmy przygotowanej do badania

1 - próbka taśmy, 2 - szczęki do mocowania taśmy w zrywarce, 3 - czujnik rezystancyjny suwakowy, 4 - przyrząd pomiarowy, 5 - mikroamperomierz, 6 - zasilacz 9 V

Phot. 6.3.1. View of measuring instrument on wide specimen of belt prepared for the investigation

1 - belt specimen, 2 - jaws for fastening the tensile testing machine, 3 - resistance sensor, 4 measuring instrument, 5 - microammeter, 6 - feeder 9 V

Ponieważ wielkość przemieszczenia suwaka czujnika rezystancyjnego jest ograniczona i wynosi 56 mm dla niektórych próbek taśm, wykonano pomiary mając za bazę pomiarową 500 mm. W trakcie wykonywania pomiarów zauważono, że dość trudno jest ustalić początek pomiaru, tzn. uzyskać obciążenie 0, przy który próbka nie zwisa pomiędzy szczękami i dla tego obciażenia rozpoczać pomiar. Z tego względu przyjęto, że zerem dla pomiaru wydłużenia bedzie obciażenie próbki taśmy wynoszące 27 kN (10<sup>5</sup> Pa odpowiednio wyskalowanego manometru zrywarki do lin). Tym samym w badaniach rozpatrywano przyrost wydłużeń próbki obciążanej siłą od 27 do np. 50 kN dla taśm TK 420/3, Sporządzony na podstawie tych pomiarów przykładowy wykres przyrostów wydłużeń czterech próbek poddanych rozciaganiu przedstawiono na rys. 6.3.2. Na rysunkach tych w próbkach 11 i 12 wyniki wydłużeń odniesiono, odpowiednio przeliczając, do bazy pomiarowej 1000 mm. Wyniki badań próbek taśmy TK 420/3 zamieszczone zostały w tabl. 6.3.1.

Po badaniu wydłużenia z każdej próbki szerokowymiarowej wycinano po trzy próbki do badań wytrzymałości, zgodnie z zaleceniami normy PN-75/C--05011. Zauważono, że w niektórych przypadkach jeden z trzech wyników

badania wytrzymałości odstaje od dwóch pozostałych. Wobec powyższego dokonano analizy korelacyjnej pomiędzy wydłużeniem względnym a wytrzymałością na rozciąganie dla dwóch wyników wytrzymałości. Jeden z nich był średnią wszystkich trzech uzyskanych wyników z badania wytrzymałości, drugi natomiast średnią po odrzuceniu wyników odstających. Analiza wykazała, że współczynniki korelacji są wyższe dla przypadku, gdzie brane były pod uwagę wszystkie trzy uzyskane w badaniu wyniki. Określono też charakter więzi pomiędzy badanymi własnościami mechanicznymi. Jest on liniowy.



Rys. 6.3.2. Wykresy wydłużeń czterech szerokowymiarowych próbek taśmy TK 420/3 Fig. 6.3.2. Diagrams of elongations of four wide belt specimens TK 420/3





- 76 -

W tablicy 6.3.2 przedstawiono wyniki badań wszystkich typów taśm w postaci współczynnika korelacji pomiędzy własnościami współczynników funkcji regresji oraz odchylenia standardowego. Na rys. 6.3.3 przedstawiono przykładowo wykres zależności pomiędzy wytrzymałością na rozciąganie a wydłużeniem względnym taśmy TK 420/3.

Zaznaczyć należy, że opisane badanie wydłużenia odcinka taśmy jest jednorazowe w dość znacznym przedziale czasu. Powtórzenie badania w krótkim czasie daje dość znaczne różnice wyników.

Tablica 6.3.1

Wyniki badań wydłużenia względnego oraz wytrzymałości taśmy TK 420/3

To	Wydłużenie ta	śmy Al mm	Wydłużenie	Wytrzymałość na
тр.	Długość bazy 1000	pomiarowej mm 500	wzgięane <u> <u> </u> </u>	R <sub>C</sub> kN/m
1	40		4,0	998,7
2	38		3,8	1058,7
3	36		3,6	1020,2
4	34	MEL 3-813=	3,4	1095,3
5	35	- 1	3,5	1183,3
6	32	- 1	3,2	1098,7
7	33	-	3,3	1105,3
8	33	-	3,3	1044,1
9	20	-	2,0	1345,3
10	· · · · · · ·	28	5,6	609,3
11	-	25	5,0	768,8
12		31	6,2	601,5
13 '		26	5,2	720,3
14	-	27	5,4	737,3
15	41		4,1	1048,2
16	40		4,0	1052,6
17	45	and a state of the	4,5	895,4
18	42	- self-	4,2	955,1
		and all the second second		in the second

Wyniki badań posłużyły do opracowania metody oznaczania wytrzymałości taśmy w procesie przygotowywania jej do regeneracji [39, 41]. Metoda zgłoszona została do Urzędu Patentowego PRL pod nr P.265528. Metoda polega na wykonaniu pomiaru wydłużenia względnego taśmy poddanej działaniu określonej siły, narastającej z określoną prędkością i porównaniu uzyskanego w ten sposób wyniku z wzorcową zależnością (danego typu taśmy) pomiędzy wydłużeniem a wytrzymałością na rozciąganie. Dla przykładu: w przypadku wydłużenia uzyskanego dla taśmy TK 420/3 poddanej obciążeniu 10% nominalnej siły zrywającej i przy prędkości szczęk zadającej siłę 20 mm/min wynik badania  $\Delta l/l$  w % posłużyć może do wyznaczenia wytrzymałości na rozciąganie z następującej zależności:

$$R_c = 1750, 6 - 191, 4 \cdot \Delta 1/1 - 50, 0 [kN/m]$$

Jest to więc oszacowanie z pewnym ok. 10% błędem. Do badań taśm wykonywanych tą metodą zbudowano urządzenie pomiarowe [43] oraz odpowiednie urządzenie siłowe, służące do naciągania taśmy [44]. Urządzenia te przekazane zostały, w ramach umowy wdrożeniowej, do zakładu regeneracji KWK "Miechowice".

Tablica 6.3.2

### Wyniki analizy korelacyjnej pomiędzy wydłużeniem względnym Al a wytrzymałością na rozciąganie R

Rodzaj taśmy	Współczynnik korelacji	Wartość krytyczna współczynnika korelacii	Współczynn regre	iki funkcji esji	Odchylenie standardo-
	R	R <sub>kr</sub> ( at = 0,05)	A	в	6
TK 250/5	-0,8495	0,5324	2018,5	-223,4	89,3
TK 420/3	-0,9688	0,4438	1750,6	-191,4	50,0
TK 250/3	-0,9935	0,4438	1210,8	-89,2	14,7

A) A proprior of the set of th

and the state of t

W tablicy 6.3.2 przedstawiono wyniki badań wszystkich typów taśm w postaci współczynnika korelacji pomiędzy własnościami współczynników funkcji regresji oraz odchylenia standardowego. Na rys. 6.3.3 przedstawiono przykładowo wykres zależności pomiędzy wytrzymałością na rozciąganie a wydłużeniem względnym taśmy TK 420/3.

Zaznaczyć należy, że opisane badanie wydłużenia odcinka taśmy jest jednorazowe w dość znacznym przedziale czasu. Powtórzenie badania w krótkim czasie daje dość znaczne różnice wyników.

Tablica 6.3.1

T	Wydłużenie taśm	iy Al mm	Wydłużenie	Wytrzymałość na
тр.	Długość bazy po 1000	miarowej mm 500	względne △l/l %	R <sub>C</sub> kN/m
1	40		4,0	998,7
2	38		3,8	1058,7
3	36	-	3,6	1020,2
4	34	1-	3,4	1095,3
5	35	- 1	3,5	1183,3
6	32	-	3,2	1098,7
7	33		3,3	1105,3
8	33		3,3	1044,1
9	20	-	2,0	1345,3
10		28	5,6	609,3
11	-	25	5,0	768,8
12		31	6,2	601,5
13 '		26	5,2	720,3
14	-	27	5,4	737,3
15	41	- / /	4,1	1048,2
16	40		4,0	1052,6
17	45		4,5	895,4
18	42	11-	4,2	955,1

Wyniki badań wydłużenia względnego oraz wytrzymałości taśmy 1K 420/3

Wyniki badań posłużyły do opracowania metody oznaczania wytrzymałości taśmy w procesie przygotowywania jej do regeneracji [39, 41]. Metoda zgłoszona została do Urzędu Patentowego PRL pod nr P.265528. Metoda polega na wykonaniu pomiaru wydłużenia względnego taśmy poddanej działaniu określonej siły, narastającej z określoną prędkością i porównaniu uzyskanego w ten sposób wyniku z wzorcową zależnością (danego typu taśmy) pomiędzy wydłużeniem a wytrzymałością na rozciąganie. Dla przykładu: w przypadku wydłużenia uzyskanego dla taśmy TK 420/3 poddanej obciążeniu 10% nominalnej siły zrywającej i przy prędkości szczęk zadającej siłę 20 mm/min wynik badania  $\Delta l/l$  w % posłużyć może do wyznaczenia wytrzymałości na rozciąganie z następującej zależności:

$$R_{c} = 1750, 6 - 191, 4 \cdot \Delta l/l - 50, 0$$
 [kN/m

Jest to więc oszacowanie z pewnym ok. 10% błędem. Do badań taśm wykonywanych tą metodą zbudowano urządzenie pomiarowe [43] oraz odpowiednie urządzenie siłowe, służące do naciągania taśmy [44]. Urządzenia te przekazane zostały, w ramach umowy wdrożeniowej, do zakładu regeneracji KWK "Miechowice".

Tablica 6.3.2

Wyni	.ki	analizy	koi	celacyjnej	pomie	dzy	wydłużeniem	względnym	Δ]
			a	wytrzymało	ością	na	rozciąganie	R	

Rodzaj taśmy	Współczynnik korelacji	Wartość krytyczna współczynnika korelacii	Współczynn regr	iki funkcji esji	Odchylenie standardo-	
	R	$R_{kr}$ (at = 0,05)	A	В	б	
<b>TK 250/5</b>	-0,8495	0,5324	2018,5	-223,4	89,3	
TK 420/3	-0,9688	0,4438	1750,6	-191,4	50,0	
TK 250/3	-0,9935	0,4438	1210,8	-89,2	14,7	

- state with a dependence [14] are presented as a set of the dependence of the set of

11. V proof optimize information attractions will be gradient theories that is a statistic on apprendix teless to minimum a similar products product the statistic set apprendix teless to minimum a similar require the information attract ( products of the apprendix the product attracted ( statistic attracts without ( products) of the apprendix temp, provide the statistic attracts without ( products) of the apprendix temp, products attracted attracts attracts without ( products) of the apprendix temp, products attracted attration at proposed with motion attracts of the apprendix temp, provide the attraction attracts and products of the attract of the attract ( attracts) attracts attracts and attracts); apprendix ( ) the products) attracted attraction attracts at her at attract ( ).

"Experimentary index concerning an enter interiorpropy investigation descent. -

----

### 7. PODSUMOWANIE PRACY I WNIOSKI

I. W pracy dokonano analizy zmian wybranych własności mechanicznych taśm przenośnikowych i porównano te zmiany z parametrami opisującymi warunki eksploatacji taśm. W wyniku analizy stwierdzono, że:

- Eksploatacja tkaninowych taśm przenośnikowych w warunkach wpływów wielu czynników fizycznych, chemicznych, biologicznych powoduje degradację ich własności mechanicznych.
- 2. W badanej próbie taśm różnych typów istnieją pewne związki korelacyjne pomiędzy niektórymi z badanych własności mechanicznych a parametrami opisującymi warunki eksploatacji. Nie znaleziono jednak w wykonanych badaniach podstaw do jednoznacznych stwierdzeń o istotnym wpływie we wszystkich przypadkach któregoś z rozpatrywanych parametrów opisujących warunki eksploatacji na wybraną własność mechaniczną taśmy.
- 3. Istnieje możliwość opisania zmian najistotniejszej z własności mechanicznych taśmy - jej wytrzymałości na rozciąganie w funkcji cykli pracy taśmy i ilości przetransportowanego tą taśmą urobku. Przyjęty model matematyczny oddaje jednak zachodzące zmiany w wytrzymałości taśmy z pewnym tylko przybliżeniem, a uzyskiwane na jego podstawie oszacowanie obarczone jest dość istotnym błędem. Oparta na tym modelu matematycznym metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy wydaje się być mało dokładna i nie wystarczająca w świetle np. pewnych wymogów [63] stawianych taśmom poddawanym regeneracji. Stanowi ona jednak pewien krok w kierunku uzyskania informacji o wytrzymałości w stosunku do istniejących obecnie metod jej rozpoznawania. Oszacowanie dotyczy jakby wartości przeciętnej, nie uwzględniając miejscowych jej zmian, które wyniknąć mogą z różnych przyczyn.

II. W pracy wykonano badania mikroskopowe włókien przekładek rdzenia taśmy. Badania te wykazały, że użytkowanie taśmy powoduje znaczne zmiany zachodzące we włóknach. Zmiany te polegają na złuszczeniu powierzchni, spulchnieniu włókna i powstaniu w nim ubytków. Zaobserwowane zmiany jakościowe są przyczyną degradacji wytrzymałości rdzenia taśmy. Wykonane badania mikroskopowe oraz rentgenograficzne i emisji akustycznej pozwoliły na opracowanie metod indentyfikacji wytrzymałości taśmy w badaniach nieniszczących. Są to:

 Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań rentgenograficznych włókien jej rdzenia, polegająca na określeniu wymiarów krystalitów lub ich powierzchni. Uzyskane wyniki porównuje się z wzorcowymi zależnościami pomiędzy wytrzymałością taśmy danego typu a wymiarami krystalitów lub ich powierzchni.

2. Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań emisji akustycznej, polegająca na pomiarze sumy typowych zdarzeń AE taśmy poddanej działaniu określonej siły, która narasta z określoną prędkością. Uzyskany w ten sposób wynik porównuje się z wyznaczoną wzorcową zależnością pomiędzy wytrzymałością taśmy danego typu a liczbą typowych zdarzeń AE. Wielkość siły obciążającej taśmę i prędkość jej narastania w badaniu identyfikacyjnym muszą być takie jak w badaniach wyznaczających zależność wzorcową.

Wyniki analizy zmian wybranych własności mechanicznych taśm przenośnikowych, które omówiono w pkt. I wniosków, były inspiracją szerszych badań dwóch spośród kilku wcześniej badanych. Efektem tych badań jest:

3. Metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań jej wydłużenia względnego polegająca na wykonaniu pomiarów wydłużenia względnego taśmy poddanej działaniu określonej siły, narastającej z określoną prędkością. Uzyskany z badania wynik porównywany jest z wyznaczoną wzorcową zależnością pomiędzy wytrzymałością na rozciąganie danego typu taśmy a jej wydłużeniem względnym. Wielkość siły obciążającej taśmę i prędkość jej narastania w badaniu identyfikacyjnym muszą być takie jak w badaniach wyznaczających zależność wzorcową.

Przedstawione powyżej metody identyfikacji wytrzymałości taśmy w badaniach nieniszczących pozwalają na uzyskiwanie oszacowań obarczonych stosunkowo niewielkim błędem. Najdokładniejsza wydaje się być metoda badań rentgenograficznych włókien, która nieznacznie narusza jednak strukturę rdzenia przez pobranie z niego próbek do badań. Istotną zaletą tych metod jest możliwość dokonania badań każdego dowolnego odcinka bez konsekwencji i z możliwością ponownego zastosowania taśmy. Opisane metody mogą być stosowane w procesie kwalifikowania taśmy do regeneracji, a więc po zdjęciu ich z przenośników. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że cel, jaki postawiono przed pracą, został osiągnięty.

And an analysis of the second second

is manipulated and Appendicute turking property interesting the second of the second

Bernet & Lister and State for a first state of the state of the second state of the se

- 79 -

animeterset and postation of the state and a second to be a speciation bags

### 8. KIERUNKI DALSZYCH BADAN

Uzyskane wyniki wykazują celowość kontynuowania prac nad doskonaleniem i wdrażaniem do praktyki metod identyfikacji własności mechanicznych w badaniach nieniszczących.

Prace te powinny obejmować następujące zagadnienia:

- identyfikację dynamicznych własności mechanicznych taśm eksploatowanych jako niezwykle istotnych w procesach analizy stanów nieustalonych przenośników,
- identyfikację wytrzymałości na rozciąganie taśmy zainstalowanej na przenośniku. Wydaje się, że metodą najodpowiedniejszą do tego celu badań będzie metoda badania emisji akustycznej taśm. Warunkiem koniecznym powodzenia w ewentualnym wdrożeniu tej metody jest zbudowanie przenośnych, prostych i skutecznych urządzeń do wymuszania siły w taśmie i pomiaru sumy zdarzeń AE.

21. S piter systemate being a province and provinces and provide the second statements in the second statement of the secon

include the second second second second states in printing to the second second

### LITERATURA

[1] AE geterogennych materiałow. Tematyczny Zbiór Referatów. Akademia Nauk ZSRR, Instytut Fizyko-Techniczny, Leningrad 1986.

- [2] Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wyd. "Sląsk", Katowice 1976.
- [3] Antoniak J., Czaplicki J.M., Lutyński A.: Eksploatacyjne badania niezawodności maszyn i systemów transportu ciągłego w podziemnym górnictwie węglowym. Materiały na KSEUT, OPT, Katowice 1977.
- [4] Bellhaus H.: Beanspruchung und Verschleiss von Gummifördergurten durch die Aufgabe stuckiger Schüttgütter. Glückauf - Forschungshefte 44 (1983) H.1.
- [5] Biłan I.E.: Issledowanije priczin iznosa i dołgowiecznosti konwiejernych lent na żelezorudnych gornoobogatitielnych kombinatach i rudnikach. Woprosy Rudnicznogo Transporta Nr 13, Izd. Naukowa Dumka, Kijów 1974.
- [6] Brodziński S., Lutyński A.: Reliability Testing of Undergrund Belt Conveyears. Colliery Guardian International, April 1981.
- [7] Cunningham J.: Ultrasound unit Detects Conveyor Belt Rips. World Mining Equipment, April 1986.
- [8] Czaplicki J.M., Lutyński A.: Transport poziomy. Zagadnienia niezawodności. Skrypt Pol. Sląskiej Nr 1330, Gliwice 1987.
- [9] Erlandsen E.L. i wsp.: A simple technique for correlating SEM with TEM on biological tissue originally embedded in epoxy resin. W: Scanning Electron Microscopy, II TRI Chicago, 1973.
- [10] Fizyka i mechanika rozruszenija kompozicionnych matieriałow. Tematyczny Zbiór Referatów, Akademia Nauk ZSRR, Instytut Fizyko-Techniczny, Leningrad 1986.
- [11] Galeski A., Koenczoel L., Piotrowska E., Baers E.: Acoustic emision during polymer crystallization. Nature, vol. 325, January 1987.
- [12] Gołoban W.P.: Rasczot konwiejernych lent na ustałost. Gornyje, stroitielnyje i dorożnyje masziny, 20, Izd. "Tiechnika", Kijów 1975.
- [13] Grajner S.: Wpływ moczenia taśm w wodzie na spadek ich sklejności. Prace GIG, nr 16, Katowice 1966.
- [14] Grimmer K.J.: Der Einflus von Trommelbelägen und Feuchtigkeit auf den Reibungbeiwert zwischen Fördergurt und Antriebstrommel. Braunkohle, Wärme und Energie 1966, nr 9.
- [15] Hardygóra M.: Metoda doboru taśm tkaninowo-gumowych z uwzględnieniem losowej zmienności wytrzymałości przekładek i nierównomierności rozkładu obciążeń. Praca doktorska, Instytut Górnictwa Pol. Wrocławskiej, Wrocław 1977.
- [16] Hardygóra M.: Zmiany wytrzymałości tkaninowo-gumowych taśm przenośnikowych podczas eksploatacji. Materiały Szkoły Naukowej "Eksploatacja maszyn w górnictwie", Wrocław 1980.

17] Hardygóra M.: Armidowe taśmy przenośnikowe. Przegląd Górniczy 1/1986.

[18] Hardygóra M., Pelc W.: Metody wykrywania uszkodzeń w taśmach przenośnikowych z linkami stalowymi. Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej nr 41, Wrocław 1981.

- [19] Hardygóra M., Pelc W., Sozański L.: Metody wykrywania uszkodzeń w taśmach przenośnikowych z przekładkami tekstylnymi. Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej nr 45, Wrocław 1985.
- [20] Harris R.W., Wood B.R.A.: The detection, transmission and interpretation of AE signals. Metal Forum 5 no 4, 1982.
- [21] Jabłoński R., Paraszczuk J.: Aramid (Kevlar) nowe możliwości w budowie taśm przenośnikowych. Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej nr 42, Wrocław 1983.
- [22] Jabłoński R.: Identyfikacja wybranych własności taśm przenośnikowych. Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej nr 45, Wrocław 1985.
- [23] Jabłoński R.: Analiza i synteza urządzeń napinających taśmę w przenośnikach taśmowych dużej mocy. Praca habilitacyjna. Zeszyty Naukowe AGH, Seria: Mechanika, 15, Kraków 1989.
- [24] Janiczek S., Boryczko J., Majchrzak R.: Ultradźwiękowa kontrola jakości taśm przenośnikowych w warunkach eksploatacyjnych. Przegląd Górniczy nr 9, 1974.
- [25] Janneck K.H.: Radiographic Examination of Conveyor Belts during operation. Glückauf Mining Reporter, nr 2, 1985.
- 26 Jeziorny A., Kepka S., J. Polymer Sci., 10B(1972).
- [27] Koerner R.M., McCabe W.M., Lord Jr A.E.: Overview of AE monitoring of rock structures. Rock Mechanics, 14, 1981.
- [28] Laane M.M.: Sectioned specimens. W: Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy. Van Nostrand Reinhold, New York 1976.
- [29] Lachmann H.P.: Fördergurte, Aufwand und Verfühbarkeit. Braunkohle 6, 1981.
- [30] Lachmann H.P.: On the Investiment for Conveyor Belting. Bulk Solids Handling 2/1982/1.
- [31] Lord Jr A.E.: AE-an update. Physical Acoustics, vol XV, Academic Press, 1981.
- [32] Lutyński A.: Niezawodność układów przenośnikowych do transportu urobku ze ściany pod szyb w kopalniach głębinowych. Praca doktorska. Pol. Śląsla, Gliwice 1976.
- [33] Lutyński A.: Badania trwałości taśm i krążników przenośników taśmowych. Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej nr 41, Wrocław 1981.
- [34] Lutyński A.: Problemy niezawodności w projektowaniu systemów transportu ciągłego. ZN Pol. Śl. Górnictwo z. 113, Gliwice 1982.
- [35] Lutyński A.: Mikroschaden an Fördergurten zum Steinkohltransport. Der Maschinenschaden 4/85, Berlin.
- [36] Lutyński A.: Anderung der mechanischen Eigenschaften der Fördergurte im Betrieb. Wissentschaftliche Zeitschrifte Technische Hochschule Otto von Guericke, Magdeburg. Heft nr 7, 1985.
- [37] Lutyński A.: Zur Lebensdauer von Fördergurten mit Gewebeanlagen. Hebezeuge und Fördermittel. Berlin 25/1985/8.
- [38] Lutyński A.: Wpływ użytkowania na niektóre własności mechaniczne taśm przenośnikowych. Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej nr 45, Wrocław 1985.
- [39] Lutyński A.: Sposób oceny wytrzymałości na rozciąganie przenośnikowych taśm tkaninowych zwłaszcza w procesie przygotowania ich do regeneracji. Projekt wynalazczy P-265 528 zgłoszony do UP PRL dn. 5.05.1987.
- [40] Lutyński A.: O mikrouszkodzeniach taśm przenośnikowych stosowanych w kopalniach węgla kamiennego. ZN Pol. \$1. Górnictwo z. 148, Gliwice 1988.
- [41] Lutyński A.: Nieniszcząca metoda oceny wytrzymałości taśm przenośnikowych. Prace Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej, nr 50, Wrocław 1988.

- [42] Lutyński A. i inni: Prototypowe urządzenie do oceny stopnia zużycia taśm przenośników taśmowych w kopalniach węgla kamiennego. Punkt kontrolny nr 1 "Metoda pomiaru i koncepcja urządzenia do oceny stopnia zużycia eksploatacyjnego taśm przenośników taśmowych. Sprawozdanie z pracy w CPBR 13.2, Gliwice 1987. Praca nie publikowana.
- [43] Lutyński A. i inni: Prototypowe urządzenie do oceny stopnia zużycia taśm przenośników taśmowych w kopalniach węgla kamiennego. Punkt kontrolny nr 2: Prototyp urządzenia do oceny stopnia zużycia eksploatacyjnego taśm przenośników oraz zawarcie przedwstępnej umowy wdrożeniowej. Sprawozdanie z pracy w CPBR 13.2 Inst. Mech. Górnictwa Pol. \$1., Gliwice 1988. Praca nie publikowana.
- [44] Lutyński A. i inni: Prototypowe urządzenie do oceny stopnia zużycia taśm przenośników taśmowych w kopalniach węgla kamiennego. Punkt kontrolny nr 3: Badanie prototypu urządzenia do oceny stopnia zużycia taśm w warunkach laboratoryjnych i poligonowych. Sprawozdanie z pracy w CPBR 13.2. Inst. Mech. Górnictwa Pol. Śląskiej, Gliwice 1989. Praca nie publikowana.
- [45] Lutyński A., Opilski A., Witos F.: Sposób oznaczania wytrzymałości na rozciaganie przenośnikowych taśm tkaninowych. Projekt wynalazczy P-277 560 zgłoszony do UP PRL dn. 03.02.1988.
- [46] Lutyński A., Włochowicz A.: Sposób oznaczania wytrzymałości na rozciąganie taśm tkaninowych zwłaszcza w procesie przygotowania do regeneracji. Projekt wynalazczy P-276 347 zgłoszony do UP PRL dn. 12.12.1988.
- [47] Lutyński A., Wlochowicz A.: Zerstörungsfreie Methode zur Bestimung der Festigkeit eines Gewebeförderbandes. Der Maschinenschaden, (w druku).
- [48] Markusik S.: Dynamika rozruchu przenośników taśmowych z napędem jednolub dwubębnowym czołowym. Praca habilitacyjna. Zeszyty Naukowe Pol.Śl., Górnictwo 114, Gliwice 1982.
- [49] Matting A., Vierling P.: Zum dynamischen Verlhalten von Gummifördergurten mit Gewebeeinlagen. Förden und Heben 1962, Nr 5 i 6.
- [50] Mechanizacja pri podziemnych i otrkytych gornych razrabotkach, ekonomicznost konwiejernogo transporta. Materiały na seminarium firmy NILOS promujące jej technologie i wyroby. Moskwa 05.1985.
- [51] Monastyrskij D.Sz.: Rasczot, sborka i ispytanije riezinotkaniewych konwiejernych lent. Izd. Lemingradskogo Uniwiersitieta. Lemingrad 1974.
- [52] Nowak M.: Wytrzymałość tworzyw sztucznych. Pol. Wrocławska, Skrypt, Wrocław 1987.
- [53] Opilski A., Witos F., Ranachowski J., Ranachowski Z.: Application of AE for investigations of stresses in geological materials. Acoustic Letters 1985, 8 no 7.
- [54] Opilski A., Witos F., Lutyński A.: Wykonanie pomiarów AE próbek taśm przenośnikowych pod obciążeniem. Sprawozdanie z pracy Nr 209/16/87, Instytut Fizyki Pol. Śląskiej, Gliwice 1987. Praca nie publikowana.
- [55] Pavlov G.D.: Eigenschaften Gurtkonstruktionen Instalationen in Europa. Materiały seminarium "Kevlar in Fördengurten" firmy du Pont - Genewa 1984.
- [56] Pawłowski Z. i inni: Sprawozdanie z badań ultradźwiękowych taśm przenośnikowych. Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN. Warszawa 1986. Praca nie publikowana.
- [57] Pluta M.: Badania struktury polimerów PA-6. Przegląd Włókienniczy 19/1965.
- [58] Polański Z.: Metodyka badań doświadczalnych. Skrypt Pol. Krakowskiej, Kraków 1981.
- [59] Pollock A.A.: Metals and rocks: AE physics technology in common and in contrast. Proceedings First Conference on Acoustic Emission Microseimic activity in geologie structures and materials Trans Tech Publications, 1977.

- [60] Ranachowski J., Opilski A., Witos F., Lutyński A.: Untersuchung der akustischen Emission (AE) an einer einachsigen Spannung unterzogenen Gewebeförderbändern. Glückauf Forschungshefte (w druku).
- [61] Richtline Beurteilung der Aufarbeitungs-wurdigkeit von Textilfördergurten, VVB Braunkohle, VEB Gaskombinat Schwarze Pumpe, 1979.
- [62] Sapkowska J., Wieczorek W.: Problemy regeneracji taśm w KWB "TURÓW".
- Prace Naukowe Inst. Górn. Pol. Wrocławskiej, Nr 48, Wrocław 1986.
- [63] Soroczyński H.: Naciski międzywarstwowe w cięgnach wielowarstwowych w procesie zginania. Praca doktorska. Instytut Górnictwa, Politechnika Wrocławska 1977.
- [64] Szachmajster L.G., Dmitriew W.G.: Tieoria i rasczot lentocznych konwiejerow. Maszinostrojenije, Moskwa 1978.
- [65] Thomsen A.: Dehnung und Dehnungsverhalten bei Gummi Te: ill Fördergurten. Continental Transportband - Dienst 1974, nr 7.
- [66] Tomsia J., Wróbel F.: Nowe trudno palne taśmy przenośnikowe dla górnictwa rud. Cuprum 1975, nr 6.
- [67] Vahaviolos S.J.: Applications of AE factory automation and process controll. Material Evaluation, 43, December 1984.
- [68] Vierling A., Scheele K.: Die Biegebanspruchung von Gummifördergurten mit Geweb - Einlagen. Kautschuk und Gummi 1969, nr 1.
- [69] Wadley H.N., Mehrabian R.: AE for material pressing, a rewiew. Material and Engeniering, 65, 1984.
- [70] Wekelin J.H., Virgin H.S., Crystal E.: J. Appl. Phys. 30 (1959).
- [71] Westphal H.: Fördergurte. Herstelung und Anwendung. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Lipsk 1983.
- [72] Winborn W.A.: Removal resins from specimens for scanning electron microscopy. W: Principles and Techniques of Scanning Electron Microscoppy. Van Nostrand Reinhold. New York 1976.
- [73] Witos F., Opilski A., Lutyński A.: Acoustic emission investigations of the horizontal transport belts, unsed in mining, subject to uniaxial load. Ultrasonics 1989 Vol 27 May.
- [74] Zawadzki J.: Problemy wytężenia i znużenia polimerów jako tworzyw konstrukcyjnych. PWN, Warszawa 1978.
- [75] Zawgorodnyj E.: Ob izgibie mnogosłoinych sistiem tipa konwiejernych lent po krugowoj cilindriczeskoj powierchnosti. Gornyj Zurnał 11/1975.
- [76] Zieliński R.: Tablice statystyczne. PWN, Warszawa 1972.
- [77] Žur T.: Metoda obliczania trwałości taśm przenośnikowych. Górnictwo Odkrywkowe 1975, nr 1.
- [78] 2ur T.: Przenośniki taśmowe w górnictwie. Wyd. "Śląsk", Katowice 1979.

### IDENTYFIKACJA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH TKANINOWYCH TAŚM PRZEKŁADKOWYCH EKSPLOATOWANYCH W PRZENOŚNIKACH GÓRNICZYCH

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych własności mechanicznych kilku typów taśm powszechnie eksploatowanych w podziemiach kopalń i zakładach przeróbczych. Oszacowano zakresy występujących zmian wybranych własności. Uzyskane wyniki odniesiono do wybranych parametrów opisujących warunki eksploatacji badanych taśm, podejmując próbę budowy modelu matematycznego zmian najistotniejszej z własności mechanicznych – wytrzymałości na rozciąganie w funkcji cykli pracy taśmy i ilości przetransportowanego tą taśmą urobku.

Zaprezentowano również wyniki przeprowadzonych badań mikroskopowych włókien przekładek rdzenia, które, jak stwierdzono, ulegają dość istotnym zmianom jakościowym w wyniku eksploatowania taśmy.

Ponadto przedstawiono trzy oryginalne metody nieniszczące identyfikacji wytrzymałości na rozciąganie. Są to:

- metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badań rentgenograficznych włókien przekładek rdzenia, polegająca na określeniu wymiarów krystalitów lub ich powierzchni i porównaniu wyników z odpowiednim wzorcem,
- metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy na podstawie badania emisji akustycznej taśmy poddanej rozciąganiu, polegająca na pomiarze sumy typowych zdarzeń AE i porównaniu jej z odpowiednim wzorcem,
- metoda identyfikacji wytrzymałości taśmy polegająca na pomiarze wydłużenia względnego taśmy poddanej rozciąganiu i porównanie z odpowiednim wzorcem.

ИДЭНТИФИХАЦИЯ МЕХАНИЧЭСКИХ СВОИСТВ ТКАНЕВЫХ ЭКСПЛУАТИРОВАННЫХ ЛЕНТ ГОРНЫХ ЛЕНТСЧНЫХ КОНЗЕЙЕРОВ

### Резюме

В работе представлены результаты исследований избранных механических свойств нискольких типов лент широко эксплуатированных в шахтах и обогатительных фабриках. Оценили пределы выступающих изменений избранных свойств. Полученные результаты отнесли к избранным параметрам описывающих условий эксплуатации исследуемых лент предпринимая испытания постройки математической модели самых существенных из механических свойств - сопротивление растяжению в функции циклов работы ленты и количества переправленной этой лентой добычи.

Представлены также результаты проведенных микроскопических исследований волокон передвижек сердечника, которые, как установлено, подвергаются значительным качественным изменениям в результате эксплуатации ленты.

Кроме этого, представлены три оригинальные неразрушающие методы идентификации сопротивления растяжению, а именно:

- метод идентификации сопротивления ленты на основе рентгеновских исследований волокон передвижек сердечника, состоящий в том, что определяются величины кристаллитов или их поверхностей и сравниваются результаты с определенным стандартом;
- метод идентификации сопротивления ленты на основе исследования акустической эмиссии ленты, подвергнутой растяжению, состоящий в том, что измеряется сумму типовых событий АЗ и сравнивают её с соответствующим стандартом;
- метод идентификации сопротивления ленты, состоящий в том, что измеряют относительное удлинение ленты подвергнутой растяжению и сравнивают с соответствующим стандартом.

IDENTIFICATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF SANDWICH CONVEYOR BELTS USED IN MINE BELT CONVEYORS

### Summary

The paper presents the results of investigations on selected mechanical properties of some types of conveyor belts, which are in general use in underground mines and coal processing plants. An estimation of the ranges of changes of the selected properties, taking place, has been made. The obtained results have been referred to the selected parameters, which describe the operational conditions of the conveyor belts under study. Measures were also taken to try to elaborate a mathematical model of changes of the most essential of all mechanical properties – the tensile strength in the function of the working cycles of the conveyor belt and the amount of the run-of-mine being transported by this installation. The results of microscopic studies on fibres of the belt core interlayes are also presented, which, as it was found, are subject to essential qualitative changes, resulting from the belt operation. Moreover, three original non-destructive methods of identification of the tensile strength are presented:

- method of identification of the strength of the conveyor belt on the basis of X-ray studies of the fibres of the core of the conveyor belt interlayers, basing on the determination of the crystallites dimensions or of their surfaces and on the comparison of results with a suitable standard,
- method of identification of the strength of the conveyor belt on the basis of the acoustic emission of the belt, subject to tension, basing on the measurement of typical AE-events and on the comparison with a suitable standard,
- method of identification of the strength of the belt, basing on the measurement of the unit elongation of the belt subject to tension and on the comparison with a suitable standard.

Cena zl 150,-