

Anna CHŁADZYŃSKA, Monika MARGOL, Dariusz KWIATKOWSKI
Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Instytut Technologii
Mechanicznych, Zakład Przetwórstwa Polimerów
e-mail: margol@ipp.pcz.pl

Analiza wpływu starzenia promieniowaniem ultrafioletowym na strukturę i właściwości jakościowe różnobarwnych tasiemek polipropylenowych

Streszczenie: W artykule przybliżono rodzaje polimerów, które stosowane są do wytwarzania tasiemek oraz środki pomocnicze – barwniki i stabilizatory. Zaprezentowano ponadto wyłaczarkę, przy pomocy której produkowane są tasiemki. Zwięźle opisano wyroby, które powstają z tasiemek polipropylenowych, jak również ogólne ich zastosowanie. W części badawczej przybliżono parametry procesu technologicznego. Próbkę tasiemek na bazie polimerów syntetycznych poddano badaniu starzenia promieniowaniem UV, po czym zbadano ich strukturę i właściwość jakościową – barwę.

Słowa kluczowe: promieniowanie UV, starzenie, struktura, barwa

ANALYSIS OF THE IMPACT OF AGING ULTRAVIOLET RADIATION STRUCTURE AND QUALITIES MULTICOLORED RIBBONS OF POLYPROPYLENE

Summary: The article brought closer types of polymers, which are used to produce ribbons and additives - pigments and stabilizers. They presented further extruder with which tapes are produced. Briefly describe the products that are produced from polypropylene tapes, as well as their general use. In the research part approximated parameters of the process. Comp tapes based on synthetic polymers were subjected to UV aging, and examined its structure and property of quality - color.

Keywords: UV radiation, aging, structure, color

1. POLIMERY STOSOWANE DO PRODUKCJI TASIEMEK SYNTETYCZNYCH

W technologii wytwarzania tasiemek na bazie polimerów syntetycznych najczęściej używany jest PP i PE. Polipropylen to przejrzyste bezzapachowe tworzywo barwy białe – żółte. Jest jednym z najłżejszych tworzyw polimerowych – jego gęstość wynosi 920 kg/m^3 . Odnacza się on dobrą odpornością chemiczną na działanie tłuszczów, kwasów, zasad, rozpuszczalników organicznych, soli, olei, mleka oraz wody [1, 3]. Jego właściwości cieplne, jak również mechaniczne są zależne od stopnia krystaliczności polimeru. Cechuje się łatwą zgrzewalnością, nie przewodzi ciepła. Niestety, polipropylen nie wyróżnia się wysoką odpornością na działanie

czynników atmosferycznych. Cecha ta sprawia, że jest on, w porównaniu do polietylenu, łatwiej podatny na procesy starzenia [2, 4, 5]. Polipropylen może być używany w zakresie temperatury od -25°C do $+130^\circ\text{C}$. Jego długotrwałe wykorzystywanie w temperaturze przekraczającej 100°C może spowodować przyspieszenie niekorzystnego procesu degradacji. W szczególności może to nastąpić w kontakcie z kobaltem, miedzią, manganem, jak również stopami wymienionych metali. Polipropylen nie jest odporny na działanie promieniowania ultrafioletowego – w dłuższym kontakcie staje się kruchy. W celu spowolnienia procesów starzenia promieniami UV wprowadza się do tworzywa wielorakie środki pomocnicze w postaci właściwych stabilizatorów albo wypełniaczy [1, 4].

Polietylen jest porowatą substancją lub proszkiem w kolorze białym. Charakteryzuje się parafinowym połyskiem. Jego gęstość mieści się w granicach 920–970 kg/m³. Polietylen może być używany w zakresie temperatury od -120°C do +120°C. W temperaturach niższych niż 60°C jest niepodatny na działanie rozpuszczalników organicznych, kwasów, zasad, utleniaczy oraz roztworów soli. Nie jest on odporny na działanie kwasu azotowego (HNO₃) i kwasu siarkowego (H₂SO₄). Polietylen w temperaturach wyższych niż 70°C pęcznieje w węglowodorach chlorowanych i aromatycznych, a także rozpuszcza się w związkach chemicznych, takich jak: dekalina, tetralina oraz ksylen [6, 7].

2. RODZAJE BARWNIKÓW I STABILIZATORÓW

Istnieje wiele metod barwienia włókien. Barwienie może odbywać się na wielu etapach procesu wytwarzania. Operacja ta może zachodzić już w samej masie surowcowej, ale także w kąpieli barwiarskiej. Można barwić luźne włókna, przędzę, tkaniny, dzianiny, tasiemki oraz wyroby gotowe.

Konkretny kolor surowca można uzyskać za pomocą dodatków, które zawierają układy chromoforowe. Układy te przepuszczają pożądaną długości fal światła białego, natomiast pozostałe absorbują. Wśród nich są barwniki organiczne (tłuszczowe i spirytusowe) oraz pigmenty. Barwniki tłuszczowe rozpuszczają się w związkach mało polarnych lub niepolarnych. Przykładem takich związków może być parafina, benzyna oraz olej. Natomiast barwniki spirytusowe rozcieńczają się w związkach o większej polarności – ketonach, eterach oraz alkoholach. W barwieniu polimerów bardzo dużą rolę odgrywają czerwone oraz żółte barwniki azowe, a także niebieskie i fioletowe barwniki antrachinonowe. Stosowane są również barwniki bazujące na benzopiranie, ftalocjaninie, piralozonie i perylenie oraz polimery liniowe z wbudowanymi grupami chromoforowymi [8].

W cząsteczkach barwników znajdują się ugrupowania chromoforowe, dzięki którym związki te selektywnie absorbują promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie widzialnym, oraz auksochromy, nadające barwnikom powinowactwo do materiałów barwionych. Ze względu na metodę wykonania barwienia barwniki dzieli się na: bezpośrednie, kwasowe, zasadowe, lodowe, kadziowe, zaprawowe. Klasyfikacja chemiczna oparta jest na rodzaju ugrupowania chromoforowego [9, 10]. Rozróżnia się m.in.:

- a) barwniki azowe (-N=N-, oranż metylowy),
- b) barwniki chinoidowe (O=C₆H₄=O, alizaryna),
- c) barwniki dwufenylometanowe ((Ar)₂C=N, oranż akrydynowy NO),
- d) barwniki iminochinoidowe (N=C₆H₄=O lub N=C₆H₄=N, błękit indofenolowy),
- e) barwniki azynowe (błękit metylenowy),
- f) indygoidy (indygotylna),
- g) barwniki nitrowe (-NO₂, kwas pikrynowy),
- h) barwniki nitrozowe (-NO, trwała zieleń O),
- i) barwniki polienowe ((-C=C-)n, żółcień chinolinowa),
- j) barwniki pironowe (pyronina G),
- k) barwniki trójfenylometanowe ((Ar)₂C=Ar, zieleń malachitowa).

Szczególną grupę stabilizatorów UV stanowią pigmenty, wśród których ważne miejsce zajmuje sadza, działająca jako wysokoefektywny absorber całego zakresu światła widzialnego, pułapka wolnych rodników (obecność grup fenolowych) i wygaszacz stanów wzbudzonych. Podobne właściwości wykazuje TiO₂. Pigmenty nieorganiczne, zwane mineralnymi, dzieli się na naturalne (farby ziemne) i sztuczne (sole i tlenki metali otrzymywane sztucznie). Dopigmentów nieorganicznych zalicza się także pigmenty otrzymywane z metali nieżelaznych np. glinu, miedzi i ich stopów. Pigmenty organiczne również dzieli się na naturalne i syntetyczne. Naturalne występują w organizmach żywych, np. chlorofil, hemina, sepia, indygo. Natomiast pigmenty syntetyczne są najczęściej nierozpuszczalnymi barwnikami: azowymi, antrachinowymi, lakami barwnymi [9, 10]. Do najważniejszych pigmentów nieorganicznych należą:

- a) pigmenty białe: biel cynkowa (ZnO), biel ołowiana, biel tytanowa,
- b) pigmenty czarne: sadze,
- c) pigmenty żółte: żółcień kadmowa ($CdS+BaSO_4$), żółcień chromowa ($PbCrO_4$), żółcień cynkowa ($ZnCrO_4Zn(OH)_2$).
- d) pigmenty czerwone: czerwień kadmowa ($CdS+CdSe$), cynober, glejta ołowiana, minia ołowiana, czerwień żelazowa (Fe_2O_3).
- e) pigmenty zielone: zieleń chromowa (Cr_2O_3),
- f) zieleń szwajnfurcka ($3Cu(AsO_2) \cdot Cu(CH_3COO)_2$).
- g) pigmenty brązowe: ochra, umbra.
- h) pigmenty błękitne: ultramaryna, lazur miedziowy ($2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$).

Tasiemki polipropylenowe posiadają zwarłą strukturę i nie chłoną wilgoci przysparzając dużo trudności w barwieniu. Tego rodzaju włókna z reguły nie barwią się za pomocą typowych technik, które są stosowane we włókiennictwie. Zabarwianie tasiemek polipropylenowych odbywa się najczęściej w masie, „przede wszystkim metodą bocznego wtrysku koncentratu pigmentu do stopionej masy polimeru” [10].

Innym sposobem jest dodanie do białego granulatu przedmieszek, czyli granulatu, który zawiera bardzo dużo pigmentu [8, 9, 11].

Barwienie w masie tasiemek polipropylenowych znalazło najobszerniejsze zastosowanie w przemyśle tekstylnym [8, 11–15].

Wśród stabilizatorów UV występują absorbery UV oraz dodatki zwane stabilizatorami

HALS (Hindered Amine Light Stabilizers), które stanowią 44% fotostabilizatorów [16]. Są to aminy z przeszkodą przestrzenną, które wyłapują wolne rodniki nadtlenkowe przez przerywanie reakcji łańcuchowych powodujących świetlną degradację polimeru. Opóźniają przez to proces starzenia. Mają także predyspozycje do kompleksowania hydronadtlenków. Istnieją trzy główne rodzaje stabilizatorów HALS:

- a) HALS o niskich ciężarach cząsteczkowych (HALS I),
- b) HALS o wysokich ciężarach cząsteczkowych (HALS II, HALS III),
- c) NOR HALS [17].

Stabilizatory typu HALS o dużym ciężarze cząsteczkowym mają niższą tendencję do migrowania oraz niższą lotność niż pozostałe rodzaje tego typu stabilizatorów. Są też bardziej zharmonizowane z polimerami, mają również lepszą wytrzymałość na ekstrakcję, jak również lepiej wpływają na trwałość termiczną [15]. Związki tego typu mają zwiększoną odporność na działanie substancji chemicznych. Zapewniają skuteczną ochronę produktów w kontakcie z siarką, halogenami oraz innymi substancjami kwasowymi [17].

3. STANOWISKO DO PRODUKCJI TASIEMEK SYNTETYCZNYCH

Tasiemki polipropylenowe produkuje się na wylączarkach posiadających ślimakowy



Rys. 1. Schemat linii do produkcji tasiemek PP Starlinger STAREX 1000 90/30 D [20, 21]

Fig. 1. Line for the production of PP tapes Starlinger STAREX 1000 D 90/30 [20, 21]

układ uplastyczniający, system zgarniająco – odsysający, urządzenie do cięcia wzdłużnego, mechanizm przytrzymujący oraz rozciągowy i stabilizujący [18, 19]. Na rysunku 1 przedstawiono widok ogólny stanowiska do produkcji tasiemek syntetycznych.

4. MATERIAŁY DO BADAŃ

W celu przeprowadzenia badań uwzględniono siedem rodzajów tasiemek polipropylenowych. Ich gęstość liniową [tex] oraz barwy przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 2. Przy produkcji każdej z tasiemek dodano stabilizator UV GM 0008.

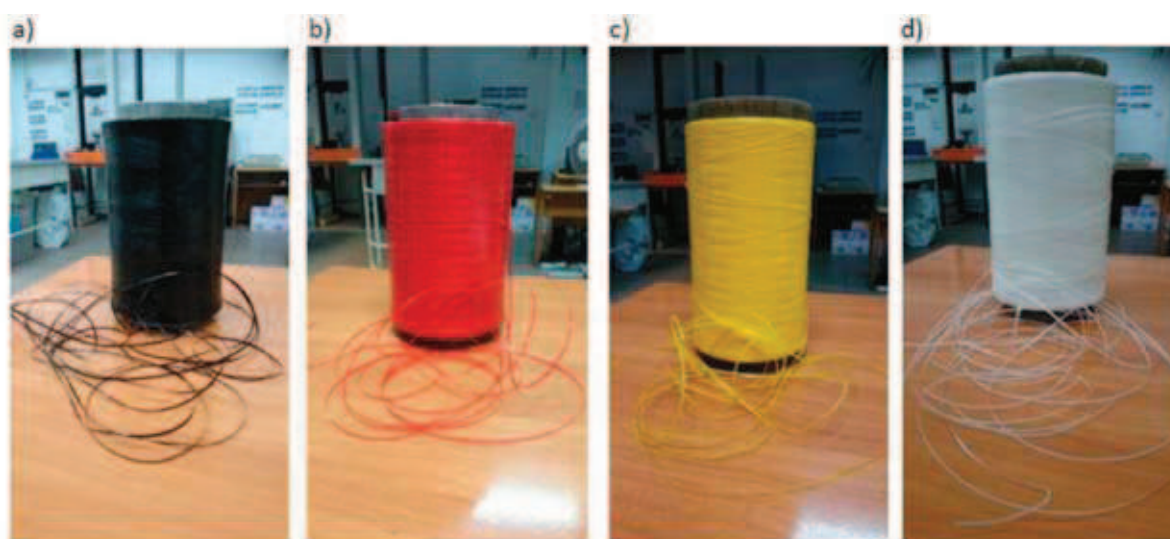
Występują dwa rodzaje tasiemek polipropylenowych. Pierwszą jest tasiemka płaska, natomiast druga – tasiemka fibrilizowana.

Tasiemki fibrilizowane są wzdłużnie ponacinane za pomocą wałka uigłonego. Poddaje się je procesowi fibrylizacji w celu zniwelowania napięć wewnętrznych, które zmniejszałyby wytrzymałość wyrobów podczas poddawania ich dużym naprężeniom.

Tabela 1. Rodzaje tasiemek polipropylenowych wykorzystanych do badań

Table 1. Types of tapes of polypropylene used for tests

Oznaczenie	Gęstość liniowa [tex]	Barwa
I	100	czarny
II	110	czerwony
III	110	żółty
IV	110	biały



Rys. 2. Nawoje tasiemek polipropylenowych przeznaczonych do badań: a) czarna 100 tex, b) czerwona 110 tex, c) żółta 110 tex, d) biała 110 tex

Fig. 2. Winding ribbons of polypropylene for testing: a) black 100 tex, b) red 110 tex, c) yellow 110 tex, d) white 110 tex

5. SUROWCE UŻYTE DO PRODUKCJI TASIEMKI POLIPROPYLENEWEJ

W produkcji tasiemek zastosowano granulaty polimerowy oraz środki pomocnicze w postaci zabielaacza lub barwnika. Wszystkie rodzaje zastosowanych materiałów zestawiono w tabeli 2.

Dodany satabilizator UV GM 0008 występuje w postaci cylindrycznego, bezzapachowego granulatu w kolorze żółtawym. Jest to środek pomocniczy stosowany do zabezpieczania folii polipropylenowej przed działaniem promieni słonecznych. Występuje jako mieszanina stabilizatorów typu HALS a także absorberów UV. Jest niereaktywny i w warunkach normalnych stabilny.

Tabela 2. Granulat podstawowy oraz środki pomocnicze zastosowane w produkcji tasiemek PP
Table 2. Granules basic and auxiliary agents used in the production of PP tapes

Oznaczenie tasiemki	Zastosowanie	Rodzaj granu- latu	Dozowanie granulatu [%]	Rodzaj barw- nika	Dozowanie barwnika [%]	Dozowanie stabilizatora UV [%]
I	wątek do agrotkanin, które służą jako ochrona upraw przed chwastami	PP MOPLEN HP-456J	95,0	czarny HP99611	1,5	3,5
II	osnowa siatki gazejskiej oraz do produkcji siatek budowlanych na rusztowania	PP MOPLEN RB 0703745	95,5	czerwony GM 3877	2,0	2,5
III		PP MOPLEN RB 0873722	95,5	żółty GM – 1595	1,5	2,5
				koncentrat zabiela- jący GRANIC 1025	0,5	
IV	osnowa do tkanin stosowanych do wytwarzania worków big – bagowych, w których przewożone są różnorodne materiały, takie jak na przykład mąka lub gruz.	PP MOPLEN HP-456J	87,5	koncentrat zabiela- jący GRANIC 1025	2,0	2,5
		PE MALEN	8,0			

6. PARAMETRY PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

Parametry procesu, w których powstały wymienione wyżej tasiemki polipropylenowe zaprezentowano w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry zastosowane w poszczególnych etapach procesu produkcyjnego
Table 3. Parameters used in the various stages of the production process

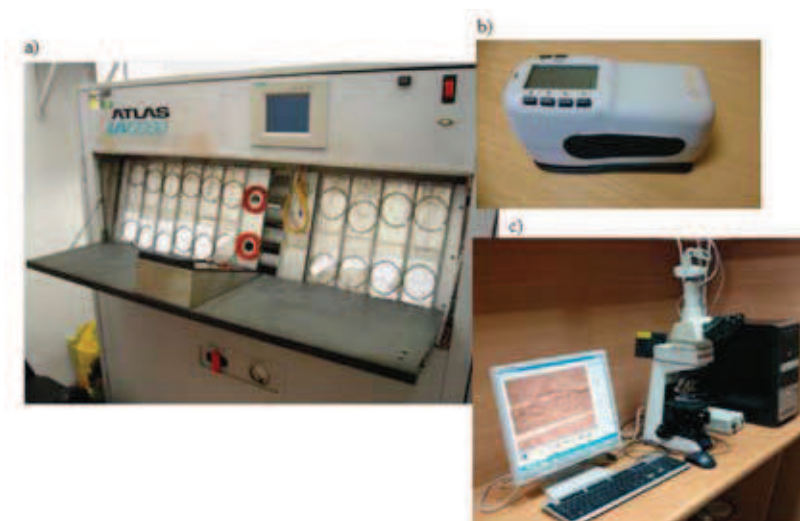
Parametr	Rodzaj tasiemki			
	I	II	III	IV
Temperatura wyłaczania [°C]	255	240	235	250
Temperatura tworzywa wyłaczanego [°C]	260	263	264	259
Prędkość obrotowa ślimaka [obr/min]	105	141,1	112	114
Temperatura wody chłodzącej [°C]	31,4	28,4	24,0	26,2
Temperatura komory rozciągowej [°C]	145,2	161	165	165
Temperatura wałków kalandrujących [°C]	105	125	120	120
Prędkość wałków kalandrujących [m/min]	144	149	129	141

7. METODYKA BADAWCZA

Próbki badanych rodzajów tasiemek zostały poddane starzeniu promieniowaniem ultrafioletowym w komorze starzeniowej z fluorescencyjnymi lampami UV i kondensacją Atlas UV2000 na okres od 200÷1000h, w odstępach 200h. Następnie tasiemki poddano analizie strukturalnej pod mikroskopem Nikon Eclipse oraz ocenie barwy z wykorzystaniem spektrofotometru sferycznego SP60 wyprodukowanego przez firmę X-Rite (rys. 3).

8. ANALIZA STRUKTURALNA TASIEMEK POLIPROPYLENOWYCH

Mikroskopia białej tasiemki przed badaniem o masie liniowej 110 tex wykazuje czarne plamki. Są to zanieczyszczenia cząstkami stałymi, powstałe przy produkcji tasiemki. Brud ten pochodzić mógł z agregatu lub też z granulatu. Wszelkiego rodzaju zabrudzenia, które tworzą widoczne na rysunkach ślady, kontrastują z zasadniczą barwą badanej tasiemki. Czarne plamki mogły zostać również

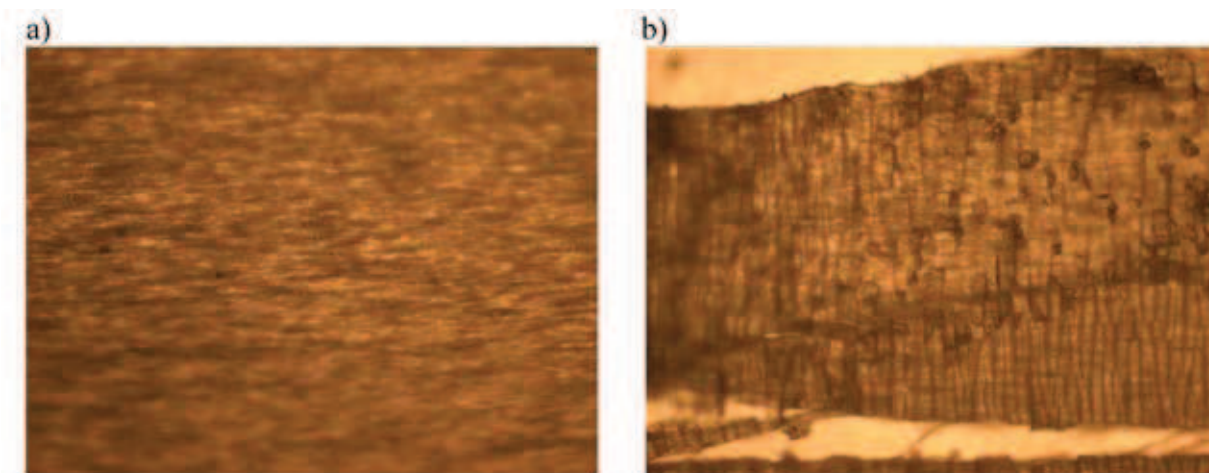


Rys. 3. Stanowiska pomiarowe: a) komora starzeniowa ATLAS UV2000 z fluorescencyjnymi lampami UV i kondensacją, b) spektrofotometr SP60, c) mikroskop Nikon Eclipse E200 [18, opracowanie własne]

Fig. 3 Posts Instruments: a) the chamber to aging ATLAS UV2000 with fluorescent UV lamps and condensation, b) spectrophotometer SP60, c) microscope Nikon Eclipse E200 [18, own elaboration]

wywołane niejednorodnością tworzywa lub nierozpuszczonym barwnikiem. Podczas gdy barwnik rozpuści się niewłaściwie, jego kryształy osadzają się na tasiemce, dając charakterystyczne

cętki. Dodatkowo można dostrzec zgrubienia z pęcherzykami powietrza. Wada ta mogła powstać na skutek miejscowej obecności niewielkiej ilości utlenionego polimeru (rys. 4).

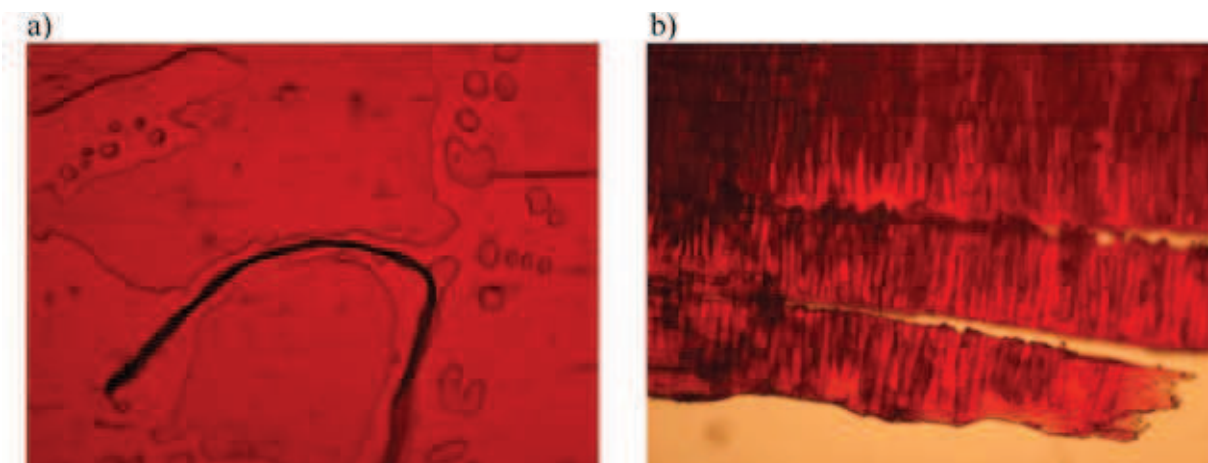


Rys. 4. Struktura tasiemki białej 110 tex: a) próbka wyjściowa, b) próbka po starzeniu promieniowaniem UV po 400h

Fig. 4. Structure of the white ribbons 110 tex: a) the output sample, b) sample after aging UV radiation after 400h

Szczególnie ciekawą strukturą odznacza się czerwona tasiemka przed procesami starzenia. Na jej powierzchni ukazują się plamy wodne, które występują na równomiernym

tle próbki. Powstały najprawdopodobniej podczas wyjścia folii z kąpieli wodnej. Mogą to być także ślady po rozpuszczaniu się barwnika (rys. 5).

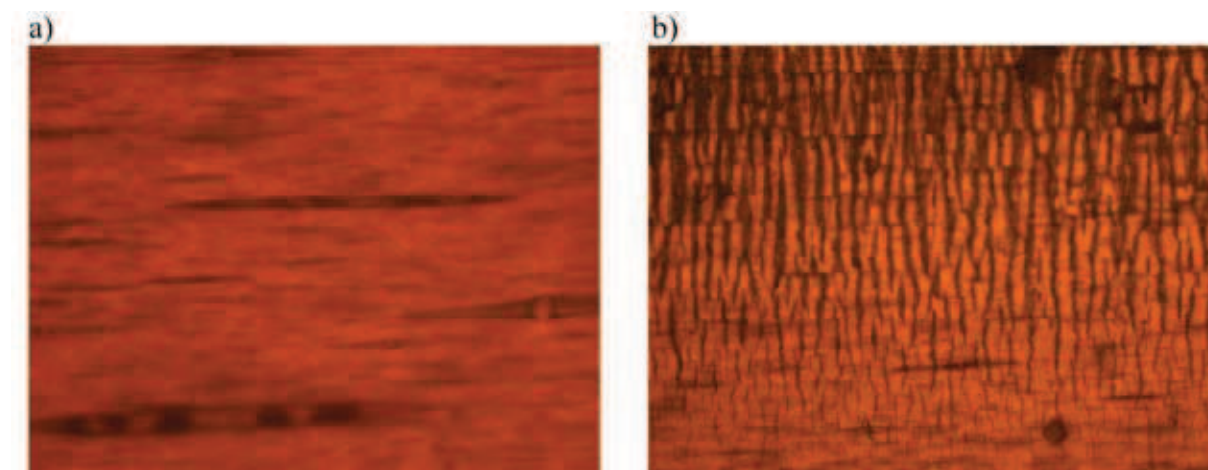


Rys. 5. Struktura tasiemki czerwonej 110 tex: a) próbka wyjściowa, b) próbka po starzeniu promieniowaniem UV po 1000h

Fig. 5. Structure of red ribbons 110 tex: a) the output sample, b) sample after aging UV radiation after 1000h

Najciekawszą strukturą odznaczają się próbki tasiemek po starzeniu promieniowaniem ultrafioletowym, kiedy to zaczęła się ich degradacja. Ich fragmenty są bardzo postrzępione na krańcach (rys. 5b). Wszystkie popękały wzdłużnie, a ich struktura diametralnie się zmieniła. Wiązania intermolekularne

zostały przerwane, utworzyły się lokalne siatki makrocząsteczek. Tasiemki polipropylenowe popękały prostopadle, wystąpiły naderwania i rozerwania zarówno w pionie jak i w poziomie próbki. Im dalej od środka tasiemki polipropylenowej, tym liczniejsze defekty (rys. 5b, 6, 7).

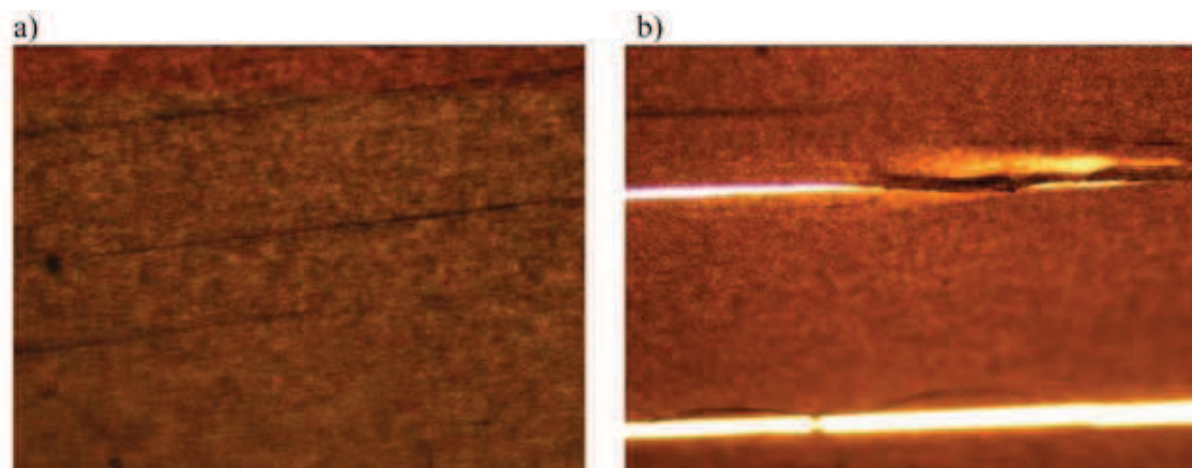


Rys. 6. Struktura tasiemki żółtej 110 tex: a) próbka wyjściowa, b) próbka po starzeniu promieniowaniem UV po 1000h

Fig. 6. Structure of the yellow ribbons 110 tex: a) the output sample, b) sample after aging UV radiation after 1000h

Na tasiemkach polipropylenowych białych o masie liniowej 110 tex i na tasiemkach czarnych

zaobserwować można wzdłużne linie cięcia folii podczas fibrylizacji (rys. 4b, 7b).



Rys. 7. Struktura tasiemki czarnej 100 tex: a) próbka wyjściowa, b) próbka po starzeniu promieniowaniem UV po 400h

Fig. 7. Structure of black ribbons 100 tex: a) the output sample, b) sample after aging UV radiation after 400h

9. BADANIA WŁAŚCIWOŚCI JAKOŚCIOWYCH

Ocena barwy metodą przestrzeni barw CIE-Lab za pomocą kolorymetru SP60 dotyczy zakresu barw percypowanych przez ludzkie oko. Bazuje ona na trzech współrzędnych: L, a, b, które opisują odcień, nasycenie i jasność badanej próbki.

W tabelach 4 i 5 przedstawiono wyniki pomiarów badania barwy czterech próbek tasiemek polipropylenowych.

Dodatknie wartości współrzędnej „b” wyrażają udział barwy żółtej, zaś ujemne wyrażają udział barwy niebieskiej. Obecność żółtego koloru wykryto we wszystkich pomiarach dla próbek czerwonej i żółtej tasiemki polipropylenowej zarówno wyjściowej, jak i po starzeniu promieniowaniem UV. Dodatkowo wartości współrzędnej „b” ukazują się również w próbkach tasiemki polipropylenowej czarnej. Występują one jednak tylko we fragmentach wyjściowych tasiemki oraz w próbkach po starzeniu promieniowaniem ultrafioletowym po 1000 godzinach. Największym udziałem żółtej barwy odznacza się próbka żółtej, wyjściowej tasiemki polipro-

pylenowej. Najmniejszą wartością wynoszącą 23,78 charakteryzuje się próbka tasiemki żółtej po starzeniu promieniowaniem ultrafioletowym w komorze Atlas UV2000 po 400 godzinach.

Tabela 4. Wyniki badania barwy próbek tasiemek polipropylenowych przed i po starzeniu promieniowaniem UV po 400h

Table 4. Test results of color samples ribbons of polypropylene before and after aging after UV 400h

Rodzaj tasiemki	Przed starzeniem			Po starzeniu		
	L	a	b	L	a	b
Biała 110 tex	93,246	+0,183	-3,365	92,896	+0,173	-2,838
Żółta 110 tex	84,54	+2,585	+85,521	84,675	+1,716	+77,031

Po badaniach starzeniowych jasność próbek zmienia się najmniej w przypadku tasiemki polipropylenowej żółtej. Po starzeniu promieniowaniem ultrafioletowym próbka uległa zmianie tylko o 0,16% względem próbki wyjściowej. Po starzeniu naturalnym jasność tasiemki koloru czarnego zmieniła się najbardziej – aż o 7,98% w porównaniu do tasiemki przed badaniami, natomiast po starzeniu promieniowaniem UV najbardziej przeformowała się jasność tasiemki czerwonej (4,19%).

Tabela 5. Wyniki badania barwy próbek tasiemek przed i po starzeniu promieniowaniem polipropylenowych po 1000h

Table 5. Results from testing the samples of color tapes before and after aging 1000 hours after radiation polypropylene

Rodzaj tasiemki	Przed starzeniem			Po starzeniu		
	L	a	b	L	a	b
Czerwona 110 tex	46,341	+61,647	+39,977	48,285	+58,166	+29,935
Czarna 100 tex	23,673	+0,036	+0,167	22,796	+0,065	+0,204

WNIOSKI

Z badań przeprowadzonych pod kątem struktury tasiemek polipropylenowych wynika, że próbki wyjściowe badanych tasiemek polipropylenowych charakteryzują się geometrycznym uporządkowaniem makrocząsteczek, które położone są w jednakowych odległościach za pomocą wiązań intermolekularnych. Tylko w próbkach przed starzeniem zauważyć można zgrubienia z pęcherzykami powietrza, które uwidaczniają się na skutek miejscowej obecności niewielkiej ilości utlenionego polimeru. W próbce wyjściowej koloru czerwonego występują ślady po rozpuszczaniu się barwnika oraz plamy wodne, których przyczyną jest przejście przez kąpiel wodną.

Badania wykazały, że najlepszą odpornością na promieniowanie ultrafioletowe odznacza się czarna tasiemka polipropylenowa o masie liniowej 100 tex. Natomiast najmniej odporne na działanie promieniowania ultrafioletowego okazały się być dwie tasiemki polipropylenowe: żółta i biała. W ich przypadku dozowanie koncentratu stabilizującego w wysokości 2,5% zaprezentowało się najmniej korzystne. Już po 400 godzinach napromieniowania nastąpiła degradacja fragmentów tych tasiemek.

Na rysunkach spod mikroskopu tasiemek polipropylenowych po starzeniu promieniowaniem UV dostrzec można wzdłużne i poprzeczne naderwania oraz rozerwania. Poja-

wiają się wady w postaci wzdłużnych pęknięć, następuje przerwanie wiązań intermolekularnych, których powodem jest degradacja. Na niektórych rysunkach próbek zarówno tych przed badaniami, jak i po badaniach starzeniowych spostrzec można czarne plamki. Powodem ich występowania są zanieczyszczenia cząstkami stałymi pochodzącymi z agregatu, granulatu lub barwnika, który nie został roztopiony w całości.

Z badań barwy spektrofotometrem sferycznym wynika, że najjaśniejszą próbka jest wyjściowa tasiemka polipropylenowa biała o masie liniowej 110 tex. Wartość jej współczynnika „L” wynosi 93,25. Sporą obecnością barwy żółtej odznacza się próbka tasiemki polipropylenowej koloru żółtego (b = +85,52), a barwy niebieskiej – próbka tasiemki białej przed wykonaniem na nich jakichkolwiek badań starzeniowych. Współczynnik „b” w przypadku tasiemki białej oznaczonej numerem VI wynosi średnio -3,37. Najmniejszą różnicą między dwiema barwami odznacza się próbka tasiemki polipropylenowej żółtej po 400 godzinach starzenia promieniowaniem UV.

LITERATURA

1. Hyla I., Tworzywa sztuczne własności-przetwórstwo-zastosowanie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2000.
2. Kozłowska A., Steller R., Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1998.
3. <http://tworzywa.com.pl/Wiadomo%C5%9Bci/Polipropylen-tworzywo-konstrukcyjne-w-%C5%BCyciu-codziennym-20884.html> – listopad 2015.
4. <http://mfiles.pl/pl/index.php/Polipropylen> – listopad 2015.
5. <http://www.tworzywa.pwr.wroc.pl/pl/dydaktyka/polipropylen> – listopad 2015.
6. <http://mfiles.pl/pl/index.php/Polietylen> – listopad 2015.
7. <http://www.ggtech.com.pl/12-polietylen-pe> – listopad 2015.
8. Kozłowska A., Steller R., Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1998.

9. <http://tworzywa.com.pl/Poradnik/A2-PODZIA%C5%81-SUBSTANCJI-BARWIC4%84CYCH-21703.html>
10. http://www.global-colors.net/gc_technical_sheets/pl/UV_masterbatches_1004_POL.pdf – październik 2015.
11. Wódka T., Gajdzicki B., Technologie wykończalnice bezpieczne dla środowiska i zdrowia człowieka, skrypt internetowy http://www.kolorysty.org.pl/download/mat-sem/kolorysty_2009.pdf, 2009 – czerwiec 2015.
12. Ankudowicz W. i inni, Przerób włókien chemicznych, Wydawnictwo, Przemysłu Lekkiego i Spożywczego, Warszawa, 1967.
13. Brzeziński S., Brzeziński J., Gajda J., Łukoś A., Okoniewski M., Szczepaniak W., Szadowski J., Poradnik inżyniera. Włókiennictwo, Tom II, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa, 1988
14. Boryniec A., Technologia włókien sztucznych, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa, 1956.
15. http://www.global-colors.net/gc_technical_sheets/pl/UV_masterbatches_1004_POL.pdf – październik 2015.
16. Masek A., Instrukcja laboratorium. Degradacja materiałów polimerowych (Degradation of polymers). Realizowanego w ramach Zadania nr 9, pn. Doposażenie laboratorium pod nazwą Materiały i Nanomateriały polimerowe jako materiały inżynierskie., skrypt internetowy <http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&sqi=2&ved=0CEMQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.pb.p.lodz.pl%2Fusers%2Fjoanna.pietrasik%2Fdownload%2F783%2F&ei=dpOZVffcEKqfygO43pCIDw&usq=AFQjCNGcgeZuaAyCpAbGFbQfNJ1stdKjaQ&sig2=BqblXqIHZ-4Cv3V2xhyw1IQ&bvmb=bv.96952980,d.bGQ&cad=rja>, 2009 – lipiec 2015.
17. www.shimiplastic.com/data/NOR-HALS_en.doc – listopad 2015.
18. Krässig H. A., Lenz J., Mark H. F., Fiber Technology: From Film to Fiber, International Fiber Science and Technology (Book 4), 1984.
19. Margol M., Kwiatkowski D.: Wpływ parametrów procesu technologicznego i masy liniowej tasiemki PP na wybrane jej właściwości. Przegląd Włókienniczy – Włókno, Odzież, Skóra 2014, nr 6, str. 25–28.
20. Informacje pozyskane z firmy STRADOM SA
21. Instrukcja obsługi, Agregat do produkcji tasiemek typ STAREX 1000 90/30 D, tłumaczenie: Biuro Tłumaczeń Języków Obcych GRUCA & WOLSKI, Częstochowa.

Publikację przyjęto do druku: 23.06.16