

EWA KOWALSKA, JANINA PEŁKA

Instytut Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego  
ul. Rydygiera 8, 01-793 Warszawa

## Modyfikacja tworzyw termoplastycznych włóknami celulozowymi z makulatury

### Cz. II. MODYFIKACJA POLIOLEFIN WŁÓKNAMI CELULOZOWYMI Z MAKULATURY<sup>\*)</sup>

MODIFICATION OF THERMOPLASTIC POLYMERS WITH SCRAP PAPER CELLULOSE FIBRES. PART II. MODIFICATION OF POLYOLEFINS WITH SCRAP PAPER CELLULOSE FIBRES

**Summary** — The effect of the formulation of polyolefins based compositions (PE but mainly PP filled with scrap paper cellulose fibres and containing various coupling agents) on the compositions properties has been investigated (tables 1 and 2, figures 2—4). It has been found that maximal amount of scrap paper cellulose fibres which can be used in the composition is 42 wt.%. The most advantageous coupling agent appeared to be aminosilane, decreasing water absorption of the composition. The compositions obtained characterize with considerable rigidity and hardness as well as mechanical properties similar to PP filled with either the same amount of talc or 20 wt.% of glass fibre. Properties of samples obtained are suitable for chosen applications for some short use products. Properties of PE-LD based compositions are much worse than PP based ones.

**Key words:** scrap paper cellulose fibres, PP compositions, coupling agents, mechanical properties, processability.

Niniejszy artykuł jest kontynuacją opisu przedstawionych w poprzedniej części [1] badań dotyczących modyfikacji tworzyw termoplastycznych [poli(chlorku winylu)] włóknami celulozowymi z makulatury. Poniżej przedstawiamy wyniki pracy dotyczącej wykorzystania celulozy z makulatury jako napełniacza poliolefin (PO) — polipropylenu (PP) i polietylenu małej gęstości PE-LD — w postaci zarówno polimerów pierwotnych, jak i recyklatów. Metodą tą otrzymano nowe kompozycje charakteryzujące się zaletami omówionymi już w części I, tj. tańsze od typowych tworzyw sztucznych i bardziej podatne na biodegradację, zatem mniej uciążliwe dla środowiska.

Celulozę, jako napełniacz kompozycji poliolefinowych, stosuje się w ilości 10—70% mas., ale najczęściej ilość ta nie przekracza 40% mas. Kompozycje takie mają na ogół dobre właściwości mechaniczne, a ich koszty materiałowe są niższe niż w przypadku kompozycji tradycyjnych. Zastosowanie napełniacza celulozowego powoduje zwiększenie wytrzymałości i sztywności kompozycji polimerowych [2—8]. Ze względu na dużą

różnicę pomiędzy ciężarem nasypowym modyfikowanego tworzywa i napełniacza, podstawowym problemem jest otrzymanie modyfikowanego tworzywa w odpowiedniej do dalszego przetwórstwa postaci. Aby uzyskać taką postać tworzywa, stosuje się np. kinetyczne mieszalniki w połączeniu z młynami kulowymi. W przypadku elementów wytwarzanych metodami wytłaczania (np. płyt) można je otrzymywać bezpośrednio, wykorzystując wytłaczarkę dwuślیمakową z odpowiednim dozownikiem napełniacza celulozowego.

W celu osiągnięcia korzystnych właściwości tych kompozycji wymagane jest zastosowanie środków zwiększających wzajemne oddziaływanie celuloza-matryca polimerowa. Najlepsze rezultaty uzyskano stosując do tego celu maleinowane małowcząsteczkowe poliolefiny (np. "Epolene", "Polybond"), poliizocyjaniany, silany, silany z nadtlenkami, kalafonię, epoksydowane oleje, chlorowany PE [5—18].

Oprócz tego rodzaju dodatków kompatybilizujących, na właściwości mechaniczne duży wpływ wywiera postać napełniacza drzewnego (włókna, mączka, trociny) oraz wymiary i kształt jego cząstek [2]. Bardzo ważny

<sup>\*)</sup> Cz. I — por. [1].

czynnik w procesie otrzymywania kompozycji poliolefin/napełniacz drzewny stanowi też wilgotność tego ostatniego. Najczęściej konieczne jest suszenie samego napełniacza [10, 12] lub gotowej kompozycji do wilgotności < 1% mas.

Kompozycje omawianego tu typu stosuje się przede wszystkim do wytłaczania różnych profili, zwłaszcza drewnopodobnych, takich jak np. ramy okienne, profile przypodłogowe, ołówki.

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

### Materiały

Jako wyjściowe polimery zastosowano poliolefiny produkcji Petrochemii Płock SA: dwa gatunki PP "Malen P J 330" i "Malen P J 430" (ten drugi charakteryzujący się większą płynnością niż pierwszy) oraz PE-LD typu "Malen E FGNX 23-D022". Ponieważ założeniem naszej pracy było otrzymanie tanich kompozycji napełnianych, m.in. przeznaczonych na wyroby jednorazowe, przeprowadzono także próby wprowadzania włókna celulozowego do odpadów PE powstających podczas produkcji kabli w Fabryce Kabli w Ożarowie.

Jako napełniacze celulozowe stosowano włókna celulozowe z makulatury gazetowej otrzymywane na drodze rozwłókniania makulatury opatentowaną metodą opracowaną w IChP, bardziej szczegółowo przedstawioną w [1].

Oprócz włókien celulozowych z makulatury, do napełniania odpadów PE-LD z produkcji kabli stosowano także bezpośrednio makulaturę w postaci pociętych pasków z niszczarki papieru.

Do kompozycji PO z napełniaczem celulozowym wprowadzano także środki zwiększające siły wzajemnego oddziaływania pomiędzy hydrofilowym napełniaczem naturalnym a hydrofobową matrycą polimerową, czyli tzw. dodatki kompatybilizujące lub sprzęgające, mianowicie:

— olej parafinowy firmy Witco lub Shell;

— epoksydowany olej sojowy "Ergoplast ES" prod. Boryszew SA, Sochaczew;

— oligomery tlenku etylenu "Polikol 300" prod. Zakładów Przemysłu Organicznego Rokita, Brzeg Dolny;

—  $\gamma$ -aminopropylotrimetoksylsilan "Silquest A-1110" firmy Witco;

— maleinowany wosk PP "Epolene G-3003" firmy Eastman Chemical.

Cztery pierwsze dodatki mają postać cieczy i pokrywano nimi włókna celulozowe już w procesie rozwłókniania, natomiast "Epolene G-3003" jest granulatem i był wprowadzany wraz z tworzywem termoplastycznym.

Tabela 1 przedstawia składy badanych kompozycji; dotyczy ona również stosowanego w celach porównawczych PP modyfikowanego talkiem i włóknem szklanym.

### Sporządzanie kompozycji poliolefin z napełniaczem celulozowym oraz ich przetwórstwo

Ze względu na duże różnice pomiędzy ciężarami nasykowymi modyfikowanego tworzywa (granulat) i napełniacza celulozowego (rozwłókniona makulatura) kompozycje poliolefin — zarówno pierwotnych, jak i wtórnych — sporządzono przy użyciu walcarki. Stosowano walcarkę o walcach ogrzewanych elektrycznie do temp. 190—210°C w przypadku PP i 180—200°C w odniesieniu do PE-LD. Do skóry otrzymanej ze stopionej poliolefiny stopniowo dodawano włókna celulozowe (tworzywa pierwotne) lub paski z niszczarki papieru (tworzywo wtórne — proces rozwłókniania napełniacza zachodził wówczas dopiero podczas wprowadzania do matrycy polimerowej pasków makulatury, pod wpływem dużych sił ścinających występujących w procesie walcowania).

Okazało się, że w przypadku modyfikacji PO włóknami celulozowymi można je wprowadzić w ilości do 42% mas., w razie stosowania makulatury w postaci pasków z niszczarki ich udział w kompozycji może osiągnąć 33% mas.

Tabela 1. Skład (w % mas.) kompozycji PO z włóknem celulozowym z makulatury

Table 1. Compositions (wt. %) of PO compounds with scrap paper cellulose fibre

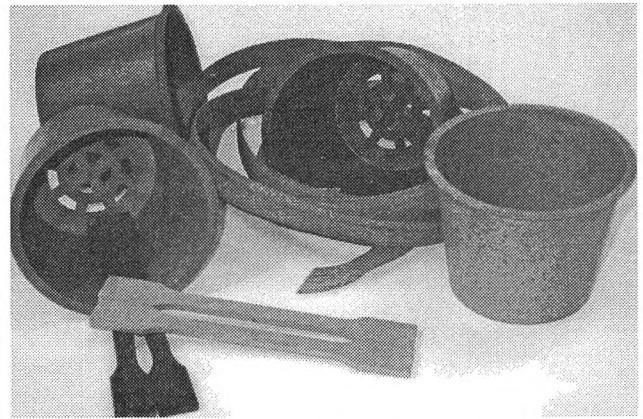
Symbol	PP1	PP2	talk	szkło	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	PE1	PE2
"Malen P J 330"	100	—	—	80	68	68	58	58	58	58	58	58	—	—	—	—	—	—	—
"Malen P J 430"	—	100	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	60	60	60	60	—	—
"Malen E FNGX"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68	68
Włókno z makulatury	—	—	—	—	32	31,2	42	40,95	40	40	40	39,9	40	39,2	38	38	38	32	42
Talk	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Włókno szklane	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aminosilan	—	—	—	—	—	0,8	—	1,05	—	—	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—
"Epolene G-3003"	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
"Polikol 300"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Olej parafinowy	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	—	—	—
"Ergoplast ES"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	—	—	—	—	2	—	—

Uzyskane z walcarki skóry poliolefinowe zawierające napełniacz celulozowy i, ewentualnie, kompatybilizator mielono następnie w młynie nożowym i przetwarzano metodą wtryskiwania na kształtki do badań. Przeprowadzono też próby wtryskiwania jednorazowych doniczek ogrodniczych z wybranych kompozycji PP i kompozycji odpadowego PE-LD z produkcji kabli. Ze względu na wrażliwość na temperaturę napełniacza celulozowego stosowano przy tym możliwie łagodne warunki procesu wtryskiwania, mianowicie:

— w przypadku PP temperaturę  $\leq 200^\circ\text{C}$ , ciśnienie wtrysku i dotłaczania  $\leq 12$  MPa, prędkość wtrysku średnią lub dużą do  $25\text{ cm}^3/\text{s}$  i czas cyklu do 40 s;

— w przypadku PE-LD temperaturę  $\leq 190^\circ\text{C}$ , ciśnienie wtrysku i dotłaczania  $\leq 10,5$  MPa, prędkość wtrysku średnią lub dużą do  $25\text{ cm}^3/\text{s}$  i czas cyklu do 40 s.

Proces wtryskiwania nieskomplikowanych kształtek do badań przebiegał prawidłowo, natomiast podczas wtryskiwania doniczek zaobserwowano (podobnie jak w przypadku kompozycji PVC [1]) pewne trudności z uzyskiwaniem pełnych kształtek. Wynika to przede wszystkim z kształtu wtryskiwanego wyrobu, który jest wysoki i cienkościenny, oraz z dużego stopnia napełnienia tworzywa (do 42% mas.), a także z konstrukcji formy. Kompozycje poliolefin z włóknem celulozowym wymagają wprawdzie specjalnej konstrukcji kanałów doprowadzających, przewężek i kanałów odpowie-



Rys. 1. Wyroby z kompozycji poliolefin z włóknem celulozowym z makulatury

Fig. 1. Articles made of polyolefines — scrap paper cellulose fibre compositions

trzających, jednakże, po odpowiednim doborze parametrów, z wszystkich ocenianych kompozycji uzyskaliśmy prawidłowe wyroby (rys. 1).

Przeprowadzono też próby wytłaczania na płaskie listewki granulatów niektórych omawianych kompozycji. Temperatura wytłaczania PP wynosiła  $180/200/220^\circ\text{C}$ , a PE-LD  $180/190/200^\circ\text{C}$ . Procesy wytłaczania przebiegały stabilnie, a uzyskane profile również przedstawia rys. 1.

T a b e l a 2. Właściwości kompozycji PO z włóknem celulozowym z makulatury

T a b l e 2. Properties of PO compositions filled with scrap paper cellulose fibre

Właściwości <sup>1)</sup>	Jednostka	Symbol próbki wg tabeli 1																		
		PP1	PP2	talk	szkło	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	PE1	PE2
Twardość, D	"Sh	60,5	62,1			67,8	66,6	67,3	67,7											
Wodochłonność po:	dobie	%				2,56	1,36	3,56	2,92	5,06										
		mg/cm <sup>2</sup>					1,45	0,72	2,12	1,76	2,90									
	7 dobach	%					5,00	2,96	7,01	5,86	9,17									
		mg/cm <sup>2</sup>					2,82	1,58	4,17	3,36	5,26									
	14 dobach	%					5,92	3,70	8,46	7,37	9,87									
		mg/cm <sup>2</sup>					3,80	1,98	5,03	4,44	4,91									
$E_r$	MPa	—	1370	—	3390	2630	2810	3380	3310	3040	3240	1810	2310	2804	2474	2512	2190	2620	1120	1320
$\sigma_s$	MPa	21,9	23,8	—	—	25,2	26,6	25,2	26,1	—	26,1	19,5	22,0	23,1	23,1	23,0	20,8	22,1	—	12,5
$\epsilon_s$	%	7,3	7,2	—	—	3,3	3,5	2,8	3,1	—	3,3	5,7	4,6	2,4	3,7	2,5	3,6	2,8	—	3,3
$\sigma_r$	MPa	29	26,8	27,7	20,0	24,7	25,8	24,8	25,9	28,3	25,7	18,3	21,2	22,6	21,9	22,6	19,5	21,7	14,3	12,3
$\epsilon_r$	%	$\geq 570$	464	7,6	3,0	3,6	4,0	3,0	3,2	2,7	3,5	7,5	5,0	2,5	4,2	2,7	4,4	3,0	3,9	3,5
$E_x$	MPa	1420	1170	3600	3340	2670	2820	3220	3250	2910	3260	1780	2470	2825	2250	2290	2210	2510	1060	1270
$\sigma_{zf}$	MPa	31,9	26,5	50,0	35,0	42,9	42,6	47,0	47,4	46,5	45,0	28,7	35,4	39,7	37,2	38	31,7	37,7	18,3	21,1
$a_k$ (Izod)	kJ/m <sup>2</sup>	9,4	12,5	2,3	—	6,0	5,95	5,47	5,52	4,11	5,0	6,81	7,32	5,1	7,9	4,6	6,0	5,3	8,57	5,84

<sup>1)</sup>  $E_r$  — moduł przy rozciąganiu,  $\sigma_s$  — granica plastyczności,  $\epsilon_s$  — wydłużenie względne przy granicy plastyczności,  $\sigma_r$  — naprężenie przy zerwaniu,  $\epsilon_r$  — wydłużenie względne przy zerwaniu,  $E_x$  — moduł przy zginaniu,  $\sigma_{zf}$  — naprężenie zginające,  $a_k$  — udarność wg Izoda

## Metodyka badania kompozycji

W sposób opisany w [1] określano następujące właściwości:

- przetwarzalność,
- właściwości mechaniczne,
- strukturę,
- chłonność wody po 1, 7 i 14 dobach.

## WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badań kompozycji poliolefin z napełniaczami celulozowymi oraz próbek porównawczych zawiera tabela 2; zobrazowano je też na rys. 2—4.

Spośród badanych właściwości kompozycji PO z włóknami celulozowymi podstawową rolę odgrywiają właściwości mechaniczne. Zmieniają się tu one w sposób typowy dla tworzyw termoplastycznych z napełniaczami mineralnymi lub włóknistymi — w porównaniu z polimerem bez napełniacza (próbki PP1 i PP2) charakteryzują się one znacznie większymi (prawie dwukrotnie) modułami przy zginaniu i przy rozciąganiu, a także większym naprężeniem zginającym. Zmniejszeniu o 2 rzędy wartości ulega natomiast wydłużenie względne przy zerwaniu i pogarsza się udarność z karbem wg Izoda oraz wydłużenie względne przy granicy plastyczności. Naprężenie przy zerwaniu jest w przybliżeniu takie same. Charakter zmian właściwości mechanicznych

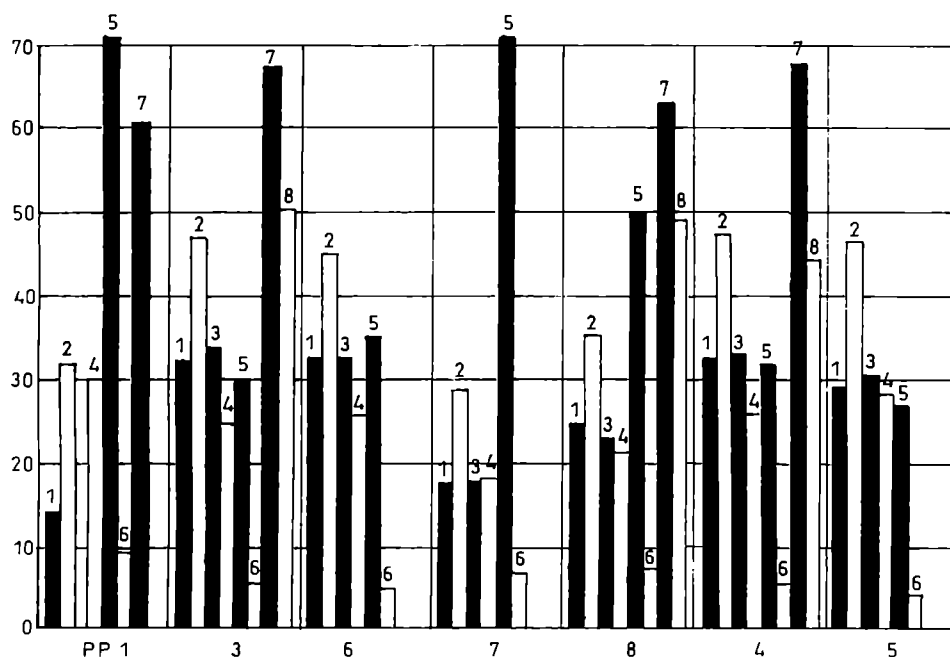
jest podobny w przypadku "Malenu P J 330" i "Malenu P J 430"; lepsze na ogół właściwości mechaniczne kompozycji na podstawie "Malenu P J 330" w porównaniu z kompozycjami opartymi na "Malenie P J 430" wynikają z jednej strony z lepszych właściwości mechanicznych wyjściowego polimeru, a z drugiej — z nieco większej (o 2% mas.) ilości napełniacza celulozowego.

Spośród badanych dodatków sprzęgających najkorzystniejszy wpływ na właściwości wywiera aminosilan (próbki 4 i 10) oraz "Epolene G 3003" (próbka 5). Jednak "Epolene" został odrzucony ze względu na jego bardzo niekorzystny wpływ na przetwarzalność kompozycji. Warto też zauważyć, że właściwości mechaniczne kompozycji zawierających włókna celulozowe bez dodatków sprzęgających (próbki nr 3 i 9) są tylko nieznacznie gorsze od właściwości kompozycji, w których włókna celulozowe zostały powleczone aminosilanem.

Jak wynika z rys. 4, opracowane przez nas kompozycje zawierające ok. 40% mas. włókien celulozowych z makulatury charakteryzują się właściwościami mechanicznymi zbliżonymi do właściwości PP napełnianego podobną ilością talku albo 20% mas. włókna szklanego.

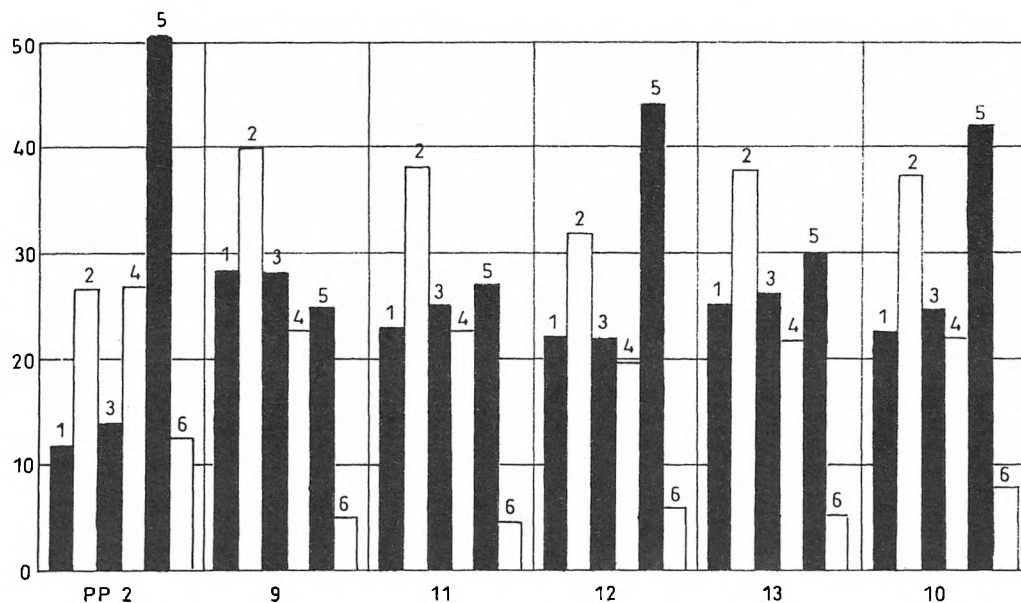
Omawiane w niniejszym artykule kompozycje mogą być potraktowane jako tworzywa konstrukcyjne, do których zalicza się właśnie PP napełniany talkiem lub włóknem szklanym.

Zastosowanie dodatków sprzęgających wywiera duży wpływ na wodochłonność kompozycji zawierających włókna celulozowe. Chłonność wody jest naj-



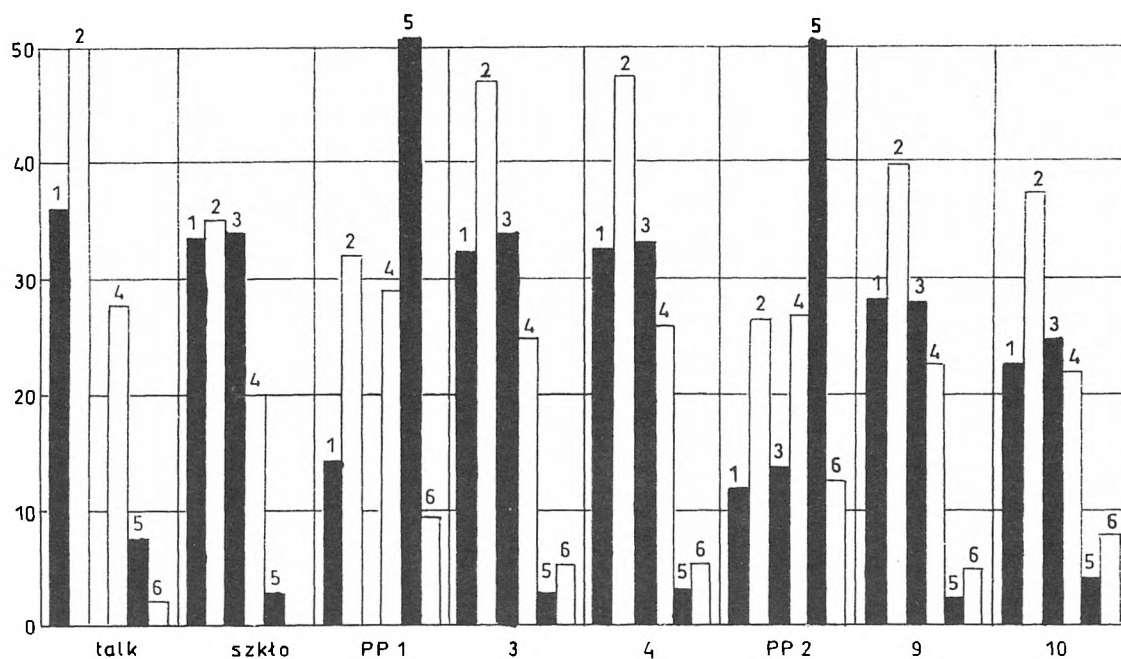
Rys. 2. Wpływ dodatków kompatybilizujących na właściwości polipropylenu "Malen P J 330" zawierającego ok. 40% mas. rozwłóknionej celulozy z makulatury: 1 —  $E_g \cdot 10^2$ , MPa; 2 —  $\sigma_{sp}$ , MPa; 3 —  $E_r \cdot 10^2$ , MPa; 4 —  $\sigma_v$ , MPa; 5 —  $\epsilon_r \cdot 10$ , %; 6 —  $a_k$ , kJ/m<sup>2</sup>; 7 — twardość, °Sh; 8 — wodochłonność  $\cdot 10$ , mg/cm<sup>2</sup> (symbole próbek wg tabeli 1)

Fig. 2. Properties of polypropylene (Malen P J 330) compositions containing 42 wt. % of defibrated scrap paper cellulose fibres in relation to coupling agent type: 1 —  $E_g \cdot 10^2$ , MPa; 2 —  $\sigma_{sp}$ , MPa; 3 —  $E_r \cdot 10^2$ , MPa; 4 —  $\sigma_v$ , MPa; 5 —  $\epsilon_r \cdot 10$ , %; 6 —  $a_k$ , kJ/m<sup>2</sup>; 7 — hardness, °Sh; 8 — water absorption  $\cdot 10$ , mg/cm<sup>2</sup>; symbols of samples as in Table 1



Rys. 3. Wpływ dodatków kompatybilizujących na właściwości polipropylenu "Malen P J 430" zawierającego ok. 40% mas. rozwłóknionej celulozy z makulatury; właściwości 1—6 wg rys. 2, symbole próbek wg tabeli 1

Fig. 3. Properties of polypropylene (Malen P J 430) compositions containing 40 wt. % of defibrated scrap paper cellulose fibres in relation to coupling agent type; properties 1—6 as in. Fig. 2, symbols of samples as in Table 1



Rys. 4. Wpływ obecności i rodzaju napełniacza oraz wprowadzenia aminosilanu na właściwości PP; właściwości 1—6 wg rys. 2, symbole próbek wg tabeli 1

Fig. 4. The influence of the presence and type of a filler as well as the presence of aminosilane on the PP composition properties; properties 1—6 as in. Fig. 2, symbols of samples as in Table 1

większa w przypadku kompozycji zawierających nie-modyfikowane włókno celulozowe (rys. 2, próbka 3). Spośród badanych dodatków najkorzystniejszy wpływ na zmniejszenie wodochłonności wywiera oczywiście aminosilan (tabela 2, próbka 4).

Dodatek napełniacza celulozowego, podobnie jak i

innych napełniaczy, zwiększa twardość kompozycji w porównaniu z wyjściowym polipropylemem (rys. 2).

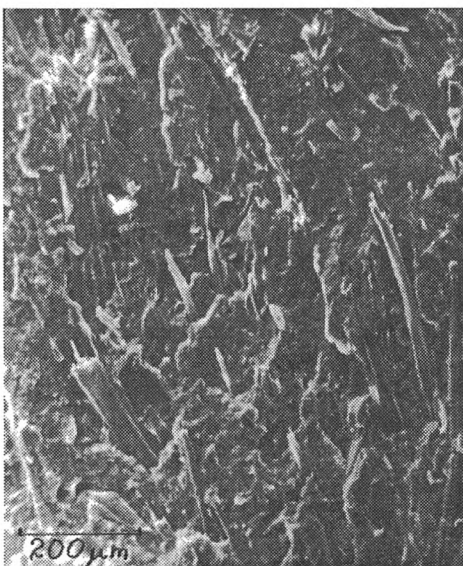
Badania struktury kompozycji wykazały, że zastosowanie aminosilanu w kompozycji PP z włóknom celulozowym zwiększa jednorodność rozproszczenia włókna w matrycy polimerowej (rys. 5 i 6).





Rys. 5. Struktura kompozycji na podstawie PP "Malen P J 330" zawierającej 42% mas. włókna celulozowego z makulatury (próbka 3 wg tabeli 1)

Fig. 5. Structure of the composition based on PP Malen P J 330 filled with 42 wt. % of scrap paper cellulose fibres (sample 3 in Table 1)



Rys. 6. Struktura kompozycji na podstawie PP "Malen P J 330" zawierającej 42% mas. włókna celulozowego z makulatury modyfikowanego za pomocą 1% mas. aminosilanu (próbka 4 wg tabeli 1)

Fig. 6. Structure of the composition based on PP Malen P J 330 filled with 42 wt. % of scrap paper cellulose fibres and modified with 1 wt. % of aminosilane (sample 4 in Table 1)

Stosowanie pierwotnego PE-LD typu "Malen E FGNX 23-D022" do sporządzania kompozycji wypełnionych włóknem celulozowym uznaliśmy za niecelowe, ponieważ właściwości mechaniczne takich kompozycji są gorsze niż kompozycji PP, a temperatura przetworstwa niewiele niższa (tabela 2, próbki PE1 i PE2).

Oceniając kompozycje z odpadów kablowych PE można je porównywać jedynie między sobą, a nie z kompozycjami PE1 i PE2. Ta nieporównywalność wynika z różnicy w podstawowym składniku, czyli PE, gdyż w kablownictwie stosuje się specjalne gatunki tego polimeru. Porównując kompozycje wykonane z takimi samymi ilościami włókna celulozowego albo pasków makulatury z niszczarki (proces rozwłókniania makulatury zachodzi na walcach), obserwuje się podobnie jak w przypadku PVC, większą sztywność kompozycji wykonanej z paskami papieru. Świadczy to o mniejszym rozwłóknieniu pasków makulatury w procesie walcowania w porównaniu ze stosowaniem wcześniej uzyskanego włókna z makulatury a następnie dalszego rozdrabniania włókna w procesie walcowania. Należy przy tym zaznaczyć, że usztywnienie kompozycji nie utrudnia dalszych procesów przetwórczych lecz wręcz przeciwnie, większa sztywność kompozycji może być korzystna w odniesieniu do niektórych uzyskiwanych z niej wyrobów (np. doniczek).

#### WNIOSKI

Z przedstawionych wyników badań właściwości mechanicznych oraz oceny przebiegu procesów sporządzania kompozycji i ich dalszego przetwórstwa wynikają następujące wnioski:

— Kompozycje poliolefin z napełniaczami celulozowymi sporządza się przy użyciu dwuwalcarki na drodze stopniowego dozowania napełniaczy (w postaci zarówno włókien z rozwłóknionej makulatury, jak i pasków z niszczarki papieru) do stopionego na walcach termoplastu. Tak otrzymane skóry mieły się następnie w młynie nożowym na granulaty do dalszego przerobu standardowymi metodami przetwórczymi. Ze względu na dużą różnicę pomiędzy ciężarami nasypowymi PO i napełniacza celulozowego niemożliwe jest otrzymywanie takich kompozycji metodą wytłaczania bez zastosowania wytłaczarki ze specjalnym dozownikiem z wymuszonym podawaniem włókna celulozowego z makulatury.

— Maksymalna możliwa do wprowadzenia do PO ilość napełniacza celulozowego wynosi 42% mas. w przypadku zastosowania włókna celulozowego z rozwłókniania makulatury i 33% mas. w przypadku pasków makulatury z niszczarki.

— Zastosowanie napełniaczy celulozowych w kompozycjach PO wywołuje zmiany właściwości mechanicznych typowe dla procesu napełniania tworzyw termoplastycznych. Następuje znaczne zwiększenie modułów przy zginaniu i przy rozciąganiu oraz naprężenia przy zerwaniu, wzrasta też twardość. Zmniejszeniu o dwa rzędy wartości ulega wydłużenie względne przy zerwaniu. Ogólnie biorąc, właściwości mechaniczne kompozycji PP z włóknami celulozowymi są zbliżone do właściwości PP napełnianego talkiem lub włóknem szklanym, stanowiącego tworzywo konstrukcyjne.

cyjne. Zastosowanie dodatków kompatybilizujących w kompozycjach PO z włóknem celulozowym nie wpływa w sposób zasadniczy na właściwości mechaniczne. Najkorzystniejszy spośród badanych dodatków jest aminosilan, powodujący wyraźne zmniejszenie wodochłonności.

— Ze względu na podatność celulozy na rozkład termiczny, kompozycje PO z włóknami celulozowymi wymagają łagodnych warunków i dużej ostrożności w procesie przetwórstwa.

— Ze wstępnej analizy ekonomicznej wynika, że dodatek napelniacza celulozowego do pierwotnych PO prowadzi do takiego samego obniżenia ceny (o ok. 20%), jak w przypadku najtańszych napelniaczy mineralnych typu kredy. Aminosilan jako dodatek sprzęgający należy stosować jedynie w kompozycjach do specjalnych celów, analizując przy tym jego dodatni wpływ na właściwości użytkowe w stosunku do wzrostu ceny o 5—10%, jaki ten dodatek powoduje.

— Najtańsze są kompozycje recyklatów PO z napelniaczem celulozowym w postaci pociętych paszków z niszczarki papieru lub włókna celulozowego z makulatury. Cena takich kompozycji jest co najmniej czterokrotnie niższa od ceny kompozycji na podstawie pierwotnych PO.

#### LITERATURA

1. Pełka J., Kowalska E.: *Polimery* 2001, 46, nr 2.
2. Błędzki A. K., Gassan J., Wronkowska H.: Mate-

- riały Konferencyjne PTS, Warszawa, 1—3 kwietnia 1998 r., str. 5—19.
3. Błędzki A. K., Gassan J.: *Materiały Konferencyjne "Polimery i kompozyty konstrukcyjne"*, Ustroń, 6—10 października 1998. t. 1., str. 1—16.
4. *Pat. jap.* 61.151.266 (1986).
5. Raj R. G., Kokta B. V., Daneault C.: *Int. J. Polym. Mater.* 1990, 14, nr 3—4, 233.
6. Kokta B. V., Raj R. G., Daneault C.: *Polym-Plast. Technol. Eng.* 1989, 28, nr 3, 247.
7. Raj R. G., Koktas B. V., Daneault C.: *Int. J. Polym. Mater.* 1989, 12, nr 3, 239.
8. Maiti S. N., Chawla C. P.: *J. Polym. Mater.* 1987, 4, nr 3, 155.
9. Mattus V., Selzer R., Neitzel M.: *Kunststoffberater* 1997, 42, nr 1/2, 30.
10. Woodhams R. T., Thomas C., Rodgers D. K.: *Polym. Eng. Sci.* 1984, 24, nr 15, 1166.
11. *Pat. europ.* 822 223 (1996).
12. *Pat. polski* 163 621 (1994).
13. *Pat. szwajc.* 683 997 (1994).
14. *Pat. ZSRR* 1 694 598 (1991).
15. Vigdorovich A. I., Stepanov L. I.: *Plast. Massy* 1988, nr 10, 41.
16. *Pat. USA* 4 717 742 (1998).
17. *Pat. jap.* 61.151.266 (1986).
18. *Pat. niem.* 3 428 119 (1986).

Otrzymano 8 II 2000 r.