

BARBARA PILCH-PITERA

Politechnika Rzeszowska
Wydział Chemiczny
Zakład Technologii Tworzyw Sztucznych
ul. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów
e-mail: barbpi@prz.edu.pl

Współczesne perspektywy rozwoju lakierów proszkowych

Streszczenie — Przedstawiono przegląd literatury obejmujący najważniejsze zagadnienia związane z aktualnymi kierunkami rozwoju poliuretanowych (PUR) lakierów proszkowych z uwzględnieniem nowych doniesień dotyczących stosowania do tego celu różnych diizocyjanianów. Szczególną uwagę zwrócono też na procesy zewnętrznego i wewnętrznego blokowania grup izocyjanianowych. Te pierwsze polegają na wprowadzeniu związku blokującego z labilnym atomem H (np. alkoholu lub aminy), zwanego utajonym środkiem sieciującym, który po odblokowaniu w temperaturze pokojowej ulatnia się do atmosfery. Blokowanie wewnętrzne polega na tworzeniu kosztem reakcji z udziałem grup izocyjanianowych różnych pochodnych ugrupowań uretidionowych, alofanianowych czy biuretowych.

Słowa kluczowe: lakiery proszkowe, poliuretany, diizocyjaniany, blokowanie, środki sieciujące.

CONTEMPORARY PERSPECTIVES OF POLYURETHANE POWDER LACQUERS DEVELOPMENT

Summary — The paper presents a literature review covering most important problems related to present directions of polyurethane (PUR) powder lacquers development, including new contributions concerning the use of various diisocyanates in this field. Special attention has been paid to the processes of external and internal blocking of isocyanate groups. First of them consist in introducing of blocking agent with labile H atom (e.g. alcohol or amine), called latent blocking agent, which after unblocking at curing temperature escape to the atmosphere. Internal blocking consists in forming of various groups uretidione, allophanate or biuret ones at the cost of reactions with part of isocyanate groups.

Key words: polyurethane, powder lacquers, diisocyanates, blocking, curing agents.

UŻYTKOWE ZNACZENIE LAKIERÓW PROSZKOWYCH

Znaczny postęp dokonany w ostatnich latach w technologiach wytwarzania i aplikacji lakierów proszkowych wynika zarówno z szerokich, ciągle udoskonalanych możliwości w zakresie syntezy przydatnych do tego celu polimerów i substancji pomocniczych, jak i ze względu na spełnianie przez te wyroby ostrych wymagań użytkowników odnoszących się do właściwości chemicznych oraz mechanicznych uzyskiwanych z nich powłok, które powinny zapewnić przede wszystkim długoterminową ochronę zabezpieczanych nimi powierzchni [1, 2].

Lakiery proszkowe — w przeciwieństwie do wyrobów lakierowych w postaci roztworów w rozpuszczalnikach organicznych bądź farb wodorozcieńczalnych — ze względu na specyficzne ich właściwości stosuje się głównie do zabezpieczania antykorozyjnego i zdobienia wyrobów w miejscu ich wytwarzania, a więc w liniach produkcyjnych w zakładach przemysłowych i fabrykach, natomiast dwie pozostałe grupy mają też istotne znaczenie w renowacji już wybudowanych obiektów lub wy-

tworzonych wcześniej urządzeń. Dlatego więc głównym miejscem użytkowania lakierów proszkowych jest przemysł samochodowy i właśnie jego wymagania stanowią swoistą siłę napędową dla rozwoju tej technologii. Nie bez znaczenia jest tu także wielkoseryjna produkcja wielu przedmiotów powszechnego użytku, np. artykułów gospodarstwa domowego i wyrobów sportowych, a także dekoracyjne malowanie elementów pojazdów jednośladowych albo metalowych mebli. Do zastosowań o znacznie większej skali należy zaliczyć zabezpieczenie — pracujących na ogół w trudnych warunkach — maszyn rolniczych. Lakiery proszkowe wykorzystuje się także do ochrony elementów aparatury przemysłu chemicznego (cyklony, suszarki), spożywczego i farmaceutycznego (armatura, zbiorniki), czyli w przypadku tych urządzeń, gdzie wymagana jest duża odporność powłoki na wpływy środowiska naturalnego i mediów korozyjnych. Malowanie proszkowe może być również stosowane na szkło, ceramikę oraz odporne na temperaturę duroplasty, choć nie są to zastosowania dominujące.

Obecnie wytwarzane powłoki z lakierów proszkowych charakteryzują się nie tylko dużą odpornością na

działanie promieniowania UV oraz na trudne warunki atmosferyczne i erozyjne panujące w różnych miejscach, lecz ponadto dobrą odpornością na działanie wielu substancji chemicznych a także, co istotne, czynników biologicznych. Warto też wspomnieć o ważnym na etapie ich aplikacji dużym bezpieczeństwie dla ludzi i środowiska, ponieważ od stosowanych do ich wytwarzania surowców i półproduktów wymagane jest obecnie spełnianie najwyższych standardów w zakresie wymagań ekologicznych. Jeżeli do powyższych zalet doda się możliwość uzyskiwania z udziałem lakierów proszkowych wyrobów o doskonałej zewnętrznej trwałości powierzchni, dobrej przyczepności powłoki do podłoża, przydatności do stosowania w szerokim zakresie temperatury i wymaganej zwykle znacznej twardości w połączeniu z odpowiednią elastycznością a także ich przezroczystość bądź, w zależności od potrzeb, matowość, łatwość barwienia w całej gamie kolorów oraz uzyskiwanie odmian o różnych teksturach — czyni to omawiane wyroby w pełni nowoczesnymi materiałami powłokowymi.

Do wszystkich tych korzystnych cech malowania lakierami proszkowymi należy też zaliczyć łatwość powlekania z możliwością pełnej automatyzacji procesu, krótki okres wdrażania, jednorazowe malowanie prowadzące do uzyskiwania powłok zadanej grubości, wysoki stopień wykorzystania lakierów, brak ścieków i odpadów, brak emisji rozpuszczalników oraz łatwe magazynowanie. Nie dziwi więc, że tam gdzie tylko jest to możliwe i celowe malowanie proszkowe wypiera malowanie „na mokro”. Użytkowanie tej technologii wiąże się jednak z pewnymi wadami, mianowicie z prącochłoną zmianą koloru, dużymi wymaganiami odnośnie do przygotowania i odporności termicznej zabezpieczanej powierzchni — co jest dość trudne do spełnienia np. w przypadku powlekania elementów wykonanych z drewna — a także towarzyszącą utwardzaniu powłoki emisją do atmosfery koniecznych tu do stosowania środków blokujących diizocyjaniany. Ten ostatni aspekt, szczególnie istotny dla ochrony środowiska, stanowi swoiste wyzwanie dla technologów opracowujących nowe, oparte na poliuretanach lakiery proszkowe i dlatego zostanie szczegółowo omówiony w dalszym tekście.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA POLIURETANOWYCH LAKIERÓW PROSZKOWYCH

Do powłok proszkowych, które w ostatnich latach najszybciej się rozwijają i przed którymi rysują się niewykorzystane jeszcze w pełni możliwości rozwoju, zaliczają się powłoki uzyskiwane z proszkowych lakierów poliuretanowych (PUR). Wyroby te stanowią obecnie ok. 11 % całkowitej produkcji powłok proszkowych, obok powłok poliestrowych (19 %), hybrydowych poliestrowo-epoksydowych (51 %), epoksydowych (17 %) i akrylowych (2 %) [2, 3]. Z danych statystycznych wyini-

ka, że powłoki PUR rozpowszechniają się zwłaszcza w Ameryce Północnej i w Azji, ponieważ tam właśnie są produkowane w największych ilościach (po ok. 30 % ogólnej produkcji wyrobów lakierowych), natomiast Europie mają jeszcze stosunkowo małe znaczenie (10 % produkcji). Jednak zainteresowanie nimi wzrasta, i — co istotne — kosztem ograniczania udziału powłok poliestrowych zawierających toksyczny izocyjanuran triglicydyłu (TGIC). Na przykład w Japonii produkcja systemów zawierających TGIC z powodu jego toksyczności została już całkowicie zastąpiona wytwarzaniem lakierów poliuretanowych.

W skład proszkowych lakierów PUR wchodzi następujące związki i substancje pomocnicze [4]:

- środki sieciujące, będące zablokowanymi diizocyjanianami lub poliizocyjanianami, najczęściej alifatycznymi bądź cykloalifatycznymi, rzadziej aromatycznymi;
- żywice zawierające reaktywne grupy hydroksylowe — najczęściej utworzone z nasyconych oligoestrolu, głównie na podstawie pochodnych kwasu tereftalowego lub izoftalowego i glikolu neopentylowego;
- pigmenty i barwniki;
- napelniacze poprawiające m.in. zdolność krycia powierzchni przez lakier oraz niektóre właściwości użytkowe powłok;
- inne dodatki, zwiększające np. zdolność do przyjmowania ładunków elektrycznych przez ziarna farby (co ma znaczenie podczas malowania techniką elektrostatyczną), poprawiające rozlewność oraz zdolność mieszanki do odpowietrzania podczas procesu utwardzania a także wygląd i jakość powłok;
- katalizatory reakcji sieciowania, przeciwutleniające, absorbery promieniowania UV i stabilizatory termiczne.

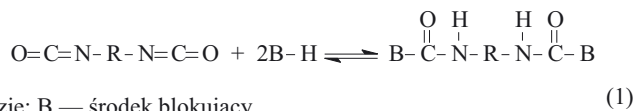
REAKCJE BLOKOWANIA DIIZOCYJANIANÓW

Środki sieciujące stosowane do produkcji poliuretanowych lakierów proszkowych powstają wskutek reakcji blokowania diizocyjanianów, w której wyniku grupy izocyjanianowe tworzą wiązania stabilne w temperaturze pokojowej, a nietrwałe w podwyższonej temperaturze sieciowania. Grupa izocyjanianowa $-N=C=O$ z dwoma skumulowanymi wiązaniami podwójnymi jest bardzo reaktywna. Dzięki takiej budowie może wchodzić w reakcje z grupami będącymi zarówno donorami jak i akceptorami elektronów, a także z innymi grupami izocyjanianowymi. W związku z tym blokowanie diizocyjanianów można prowadzić różnymi sposobami. W zależności od typu tej odwracalnej reakcji blokowania rozróżniamy blokowanie zewnętrzne i wewnętrzne.

Blokowanie zewnętrzne

Blokowanie zewnętrzne polega na reakcji diizocyjanianu ze specjalnie wprowadzanym związkiem blokują-

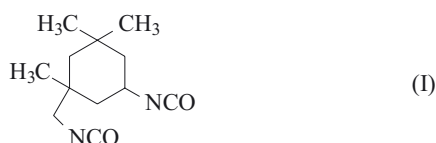
cym (tzw. utajonym środkiem sieciującym), który po odblokowaniu ulatnia się do atmosfery [2]. Reakcję tę można przedstawić poniższym równaniem.



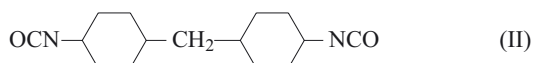
gdzie: B — środek blokujący

Mechanizm tej reakcji polega na addycji środka blokującego BH do grupy izocyjanianowej, podczas której następuje przeniesienie aktywnego atomu wodoru do atomu azotu grupy -NCO i utworzenie — w zależności od rodzaju użytego do blokowania izocyjanianu związku z labilnym atomem wodoru — bądź ugrupowania uretanowego -NH-CO-O- w przypadku użycia alkoholu, bądź ugrupowania mocznikowego -NH-CO-NH- w przypadku użycia aminy.

Spośród stosowanych do tego celu diizocyjanianów największe znaczenie mają diizocyjaniany alifatyczne i cykloalifatyczne, ponieważ nie tworzą one podczas utleniania struktur chinoidowych odpowiedzialnych za żółknięcie powłok poliuretanowych z upływem czasu. W ostatnich latach największą rolę w technologii powłok proszkowych PUR odegrał diizocyjanian izofornu (IPDI) [2, 5, 6]:



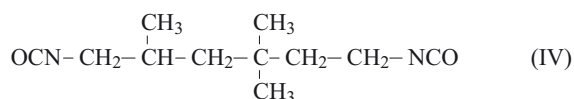
Bardzo duże znaczenie ma również 4,4'-diizocyjanian dicykloheksylenometanu (H₁₂MDI) [5, 7]:



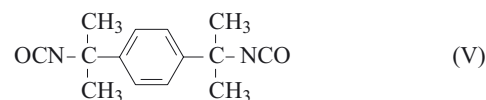
Spośród diizocyjanianów alifatycznych najczęściej stosuje się obecnie diizocyjanian 1,6-heksametylenu (HDI), odznaczający się bardzo dużą odpornością na działanie światła [5, 8]:



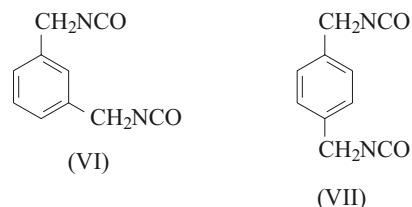
Znaczenie technologiczne ma także 1,6-diizocyjanian izomerycznych trimetyloheksametylenów (TMHDI) będący mieszaniną izomerów 2,4,4-TMHDI i 2,2,4-TMHDI [5, 9]:



Największą odpornością na żółknięcie spośród powłok wytworzonych z udziałem diizocyjanianów aromatycznych wykazują powłoki PUR otrzymywane przy użyciu diizocyjanianu α -tetrametylo-(*m*- i *p*-)ksylilenu (TMXDI) o wzorze (V) (izomer *para*), ponieważ związek ten nie tworzy po utlenieniu struktur chinoidowych [5]:



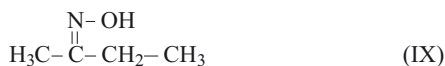
Dużą odporność na żółknięcie można też uzyskać stosując alkiloaromatyczny diizocyjanian ksylilenu (XDI) [5] będący zwykle mieszaniną dwu izomerów, *meta*- i *para*- [wzory (VI) i (VII)]:



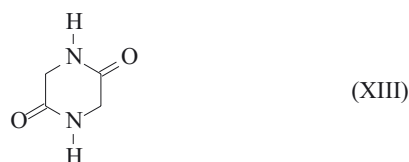
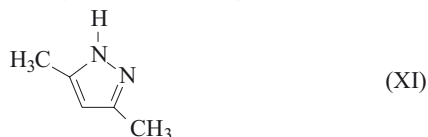
Najdawniej znanym związkiem blokującym izocyjaniany jest fenol, który jednak ze względu na toksyczność dla środowiska został już obecnie wycofany z użycia, lecz jeszcze kilkanaście lat temu był stosowany do wytwarzania tzw. powłok piecowych. Obecnie do tego celu najczęściej wykorzystuje się ϵ -kapolaktam [wzór (VIII)], który ulega odblokowaniu w szerokim zakresie temperatury 150—220 °C [5]:



Temperatura odblokowania zależy od rodzaju środka blokującego [5]. Można ją obniżyć o 20—50 °C dodatkiem katalizatora. Obniżenie temperatury odblokowania i jednocześnie sieciowania z udziałem diizocyjanianów, w połączeniu z ewentualnym bardzo pożądanym skróceniem czasu żelowania (utwardzania) powłoki, umożliwiłoby zastosowanie lakierów proszkowych do powlekania przedmiotów o mniejszej odporności termicznej, co prowadzi do zmniejszenia kosztów produkcji np. elementów wysokiej jakości stolarki budowlanej (parkietów, paneli podłogowych). Należy tu jednak uwzględnić także drugi czynnik, mianowicie fakt, że im niższa jest temperatura odblokowywania, tym łatwiej przebiega ta reakcja już na etapie procesu wytłaczania proszków, prowadząc do niepożądanego wówczas częściowego usieciowania lakieru. Także niekorzystne jest tu współistnienie zazwyczaj w takich przypadkach zwiększanie się tendencji do samoistnego odblokowania podczas przechowywania lub transportu środka powłokowego w temperaturze pokojowej, co ograniczałoby znacznie jego zastosowanie. W praktyce wymagane jest odpowiednie wyważenie wszystkich wymienionych powyżej czynników [10]. Poszukuje się więc takich związków, które ulegają odblokowaniu w stosunkowo niskiej temperaturze a jednocześnie są stabilne podczas przechowywania. Wymagania takie spełniają stosowane od niedawna oksymy, np. oksym butan-2-onu [MEKO, wzór (IX)] i oksym cykloheksanonu [wzór (X)] [5, 11]:

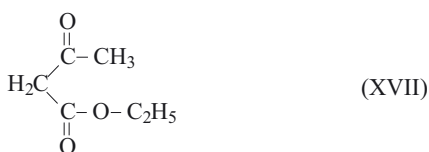
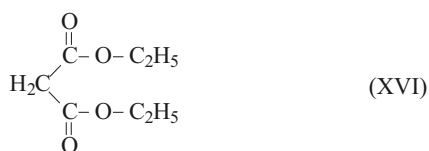


W ostatnim czasie duże znaczenie technologiczne uzyskały też azaheterocykliczne środki blokujące zawierające grupy iminowe: pochodne pirazolu [5, 12] [wzór (XI)], imidazolu [5, 12] (wzór (XII)), diketopiperazyny



[9] [wzór (XIII)], 1,2,4-triazolu [5, 12] [wzór (XIV)] i 3-amino-1,2,4-triazolu [13] [wzór (XV)], charakteryzujące się dość niską temperaturą odblokowania, nietoksycznością i zapewniające zwiększoną w porównaniu z oksymami odporność na żółknięcie wytwarzanych z ich udziałem powłok.

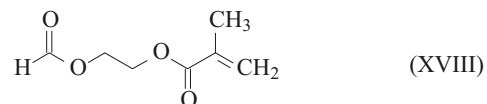
Niską temperaturą odblokowania (ok. 140 °C) charakteryzują się również addukty o labilnych wiązaniach C-H otrzymane z malonianu dietylowego [wzór (XVI)] i acetylooctanu etylu [wzór (XVII)] [5, 14, 15]:



Izocyjaniany blokowane tego rodzaju związkami mogą ulegać usieciowaniu w wyniku zarówno reakcji

odblokowania, jak i transestryfikacji wiązań estrowych grupami hydroksylowymi pochodzącymi z żywic polimerowych (por. dalszy tekst).

Na uwagę zasługuje też metakrylan 2-formyloksyetylu [FEMA, wzór (XVIII)], który — dzięki obecności podwójnego wiązania — po odblokowaniu nie emituje do atmosfery, lecz może ulec wbudowaniu na drodze



polimeryzacji rodnikowej. Usieciowany produkt końcowy będzie w takim przypadku składał się z dwu wzajemnie przenikających się sieci polimerowych: poliuretanowej i poliakrylanowej [16].

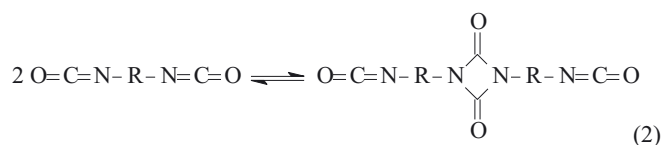
Oprócz diizocyjanianów zablokowanych zewnętrznie często jako utajone środki sieciujące stosuje się zablokowane produkty ich trimeryzacji [5, 8, 17] zawierające pierścienie izocyjanurowe (2,4,6-triazyno-1,3,5-trionowe) lub prepolimery otrzymane w reakcji z małowczątkowymi związkami trójfunkcyjnymi z grupami hydroksylowymi. Najczęściej stosowane są addukty diizocyjanianu z trimetyloloetanem, butan-1,2,4-triolem i trimetylolopropanem (TMP) [5]. Utworzenie prepolimeru bądź trimeryzacja ma na celu zminimalizowanie ryzyka zatrucia podczas pracy z diizocyjanianami i z tego powodu jest zabiegiem często stosowanym w technologiach poliuretanowych.

Blokowanie wewnętrzne

Wewnętrzne blokowanie diizocyjanianów polega na tworzeniu ugrupowań uretidionowych (2,4-diazyno-1,3-dionowych) [2, 6, 7, 18—30], alofaniańskich [31—34] lub biuretowych [35, 36].

Pierścienie uretidionowe powstają w wyniku reakcji dimeryzacji grup izocyjanianowych:

Proces dimeryzacji przebiega z największą wydajnością w obecności katalizatorów fosfinowych, przede

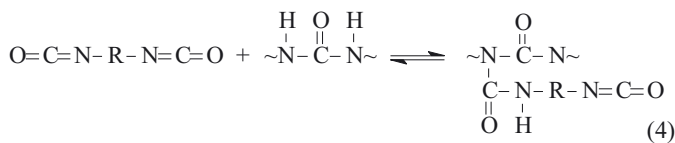
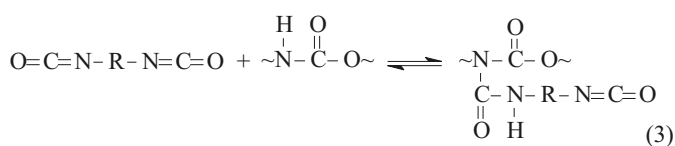


wszystkim tri(dimetyloamino)fosfiny, oraz, z mniejszą wydajnością, w przypadku zastosowania norbornylo-dimetylofosfiny, trinorbornylofosfiny [26], cyklopentylo-dimetylofosfiny lub dicyklopentylobutylofosfiny [27]. Powstałe dimery w wysokiej temperaturze (>180 °C) ulegają rozpadowi do odpowiednich diizocyjanianów. Istotną wadą dimeryzacji są trudności w doborze odpowiednich warunków reakcji. W celu ograniczenia przebiegu konkurencyjnej reakcji tworzenia struktur izocyjanurowych konieczne jest tu użycie wysoce selektywnych katalizatorów oraz usunięcie z mieszaniny poreak-

cyjnej znacznych ilości nieprzereagowanych diizocyjanianów.

Aczkolwiek proces dimeryzacji diizocyjanianów aromatycznych przebiega znacznie łatwiej niż alifatycznych lub cykloalifatycznych to jednak ich zastosowanie do otrzymywania powłok jest ograniczone ze względu — jak już wspomniano — na mniejszą odporność wytwarzanych z nich powłok na działanie UV. Większe nadzieje należy więc w tej technologii wiązać z dimerami niearomatycznymi diizocyjanianów. Dotychczas udało się uzyskać z zadowalającą wydajnością jedynie dimer IPDI (99 % właściwego produktu w stosunku do niepożądanych struktur izocyjanurowych), co jest spowodowane różnicą reaktywności pomiędzy obydwoma grupami izocyjanianowymi w IPDI. Podczas dimeryzacji innych powszechnie stosowanych diizocyjanianów (HDI i H₁₂MDI), ze względu na równocenną chemiczną obu grup izocyjanianowych, tworzą się znaczne ilości struktur izocyjanurowych (25—50 %). Jednym z kierunków badań podstawowych jest więc poszukiwanie wysoce selektywnych katalizatorów (ewentualnie optymalizacja warunków omawianej reakcji), w celu zwiększenia wydajności tworzenia się struktur uretidionowych kosztem zmniejszenia ilości nieprzereagowanych diizocyjanianów.

Blokowanie wewnętrzne za pomocą wiązań biuretowych lub alofanianowych zachodzi z dużą wydajnością i znacznie łatwiej. Reakcje te są odwracalne w temperaturze niższej (120—180 °C) niż dimeryzacja (180 °C) i mogą stanowić konkurencję w stosunku do trudnej i długotrwałej tej ostatniej reakcji. Związki alofanianowe i biuretowe powstają w wyniku oddziaływania grup izocyjanianowych z ugrupowaniami, odpowiednio, uretanowymi [równanie (3)] i mocznikowymi [równanie (4)]:



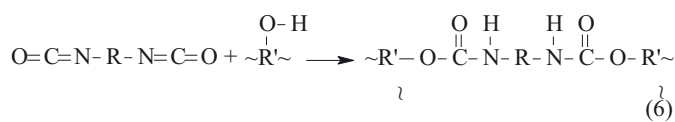
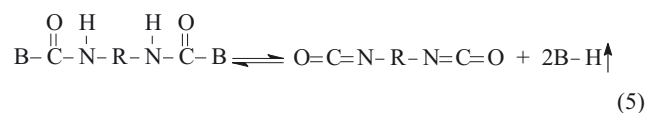
Powstawaniu tych połączeń sprzyja środowisko zasadowe, dlatego podczas otrzymywania związków zawierających wiązania uretanowe i mocznikowe nie stosuje się kwaśnych inhibitorów, np. chlorku benzoilu, zapobiegających dalszej ich reakcji z diizocyjanianami w kierunku tworzenia alofanianów i biuretów. Grupy izocyjanianowe znajdujące się na końcach łańcucha tak otrzymanych oligomerów blokuje się natomiast za pomocą opisanych wyżej związków zawierających labilne atomy wodoru. Otrzymane w ten sposób środki sieciujące wykazują więc też cechy zewnętrznie zablokowa-

nych diizocyjanianów z jednoczesnym ograniczeniem wydzielania się środka blokującego.

ŻYWICE POLIMEROWE

Do wytwarzania poliuretanowych lakierów proszkowych stosuje się żywice poliestrowe lub specjalnego rodzaju poliakrylany zawierające grupy hydroksylowe i karboksylowe [4].

Zdolne do odtwarzania grup izocyjanianowych związki sieciujące podczas procesu utwardzania powłoki mogą wchodzić w reakcje z żywicami zawierającymi grupy hydroksylowe, rzadziej karboksylowe [4]. Proces utwardzania powłoki jest w takim przypadku dwuetapowy: na pierwszym etapie przebiega odblokowanie di- lub poliizocyjanianu [równanie (5)], a na drugim — proces sieciowania powłoki w wyniku reakcji grup -NCO z pochodzącymi z żywicy grupami -OH, z utworzeniem ugrupowania uretanowego [równanie (6)].



Temperatura zeszklenia stosowanych do tego celu żywic powinna mieścić się w przedziale 50—60 °C.

W zależności od struktury żywicy polimerowej otrzymuje się powłoki o zróżnicowanym efekcie wizualnym. Można przy tym uzyskać układy charakteryzujące się bardzo dobrą współmieszalnością składników, tworzące powłoki o dużym połysku i znacznej przezroczystości.

Najbardziej interesujące z aplikacyjnego punktu widzenia są jednak obecnie powłoki matowe lub metaliczne, a także zawierające ozdobne faktury. Tego typu kompozycje otrzymuje się dobierając składniki o zróżnicowanej budowie chemicznej, zawierające segmenty hydrofilowe i hydrofobowe, co prowadzi do zmniejszenia ich współmieszalności [2, 37, 38]. Można to osiągnąć np. w wyniku homogenizacji dwu gotowych mieszanek proszkowych różniących się znacznie krystalicznością lub liczbą hydroksylową. Proces ten jest czasochłonny i kosztowny ponieważ obie mieszanki sporządza się i wytłacza osobno, a niewykorzystany podczas nakładania proszek nie może być już użyty ponownie. Znacznie korzystniejszy ekonomicznie jest proces jednoetapowy, w którym miesza się ze sobą obie wspomniane żywice, środek sieciujący oraz pozostałe składniki, a następnie wytłacza się układ i poddaje go mieleniu. Otrzymany w ten sposób proszek zachowuje swoje właściwości podczas wielokrotnego używania. Podobne efekty osiąga się stosując dwa środki sieciujące o zróżnicowanej

reaktywności lub w wyniku modyfikacji aminami mającej na celu utworzenie obok struktur uretanowych także struktur mocznikowych [2].

Powłoki o zmniejszonym połysku otrzymuje się też w wyniku dodania wosków lub innych środków matujących, ale odbywa się to kosztem odpowiedniego ograniczenia wprowadzanej do mieszanki ilości żywicy i środka sieciującego, co w efekcie może prowadzić do pogorszenia właściwości eksploatacyjnych powłoki. Inne efekty wizualne, takie jak metaliczny połysk bądź ozdobną teksturę, osiąga się na drodze dodatku pigmentów, sproszkowanych metali, żywic oraz prowadzenia procesu technologicznego we właściwych warunkach [39].

PODSUMOWANIE

Podsumowując można stwierdzić, że badania prowadzone obecnie w ramach technologii wytwarzania poliuretanowych lakierów proszkowych koncentrują się przede wszystkim na następujących zagadnieniach [6]:

— opracowaniu technologii wytwarzania nowych systemów sieciujących w możliwie jak najniższej temperaturze, co zapewnia oszczędność energii i stwarza możliwość zastosowania tego rodzaju układów lakierowych do powlekania materiałów o mniejszej odporności termicznej, np. powierzchni drewna lub jego prefabrykatów.

— syntezie środków sieciujących o dużej zawartości reaktywnych grup funkcyjnych z jednoczesnym zminimalizowaniem ilości środka blokującego.

— dalszej poprawy właściwości użytkowych powłok uzyskiwanych z lakierów proszkowych, przede wszystkim ich elastyczności, gładkości i odporności na czynniki atmosferyczne.

— wytwarzaniu powłok matowych o zróżnicowanych efektach wizualnych.

— szczególnym rozwoju procesów otrzymywania produktów spełniających zaostrożone wymagania ekologiczne.

Powyższe kierunki badań obejmują więc zarówno zagadnienia podstawowe związane z poszerzeniem bazy surowcowej dla technologii poliuretanowych powłok proszkowych, jak i zagadnienia czysto praktyczne uwzględniające zapotrzebowanie rynku na te produkty a także kierunki rozwojowe związane z promowaniem w ramach europejskiego programu badawczego ekologicznych technologii chemicznych. Dlatego też prace tego typu powinny moim zdaniem być realizowane także w Polsce, gdzie pożądane jest, aby zakłady wytwarzające wielkotonażowe surowce tradycyjnie stosowane w technologiach poliuretanowych (tj. diizocyjaniany i poliiole) wzbogaciły swoją ofertę rynkową o bardziej nowoczesne i wysoko przetworzone wyroby PUR. Mam nadzieję, że temu celowi posłuży przedstawiony artykuł.

LITERATURA

1. Chen A. T., Wojcik R. T.: *Met. Finish.* 2000, **98**, nr 6, 143.
2. Wenning A., Weiß J.-V., Greda W.: *Eur. Coat. J.* 1998, **4**, 244.
3. Irfab Chem. Consultants: *Focus Powder Coat.* 2002, nr 8, 6.
4. Subramanian R.: *Met. Finish.* 2003, **101**, nr 12, 21.
5. Wicks D. A., Wicks Jr Z. W.: *Prog. Org. Coat.* 2001, **41**, 1.
6. Rawlins J. W., Feng S., Sullivan C., Thometzek P.: *Paint Coat. Ind.* 2002, **18**, 38.
7. Dearth R. S., Mertes H., Jacobs P. J.: *Prog. Org. Coat.* 1996, **29**, 73.
8. *Pat. USA* 6 515 097 (2002).
9. *Pat. niem.* 4 204 995 (1993).
10. Rijkse K.: *Met. Finish.* 2001, **99**, nr 4, 47.
11. Witzeman J. S.: *Prog. Org. Coat.* 1996, **27**, 269.
12. Subramanian R.: *Focus Powder Coat.* 2004, nr 1, 4.
13. *Pat. USA* 6 586 552 (2002).
14. Subramanian R., Facke T., Vidra E., Smedley L.: *Focus Powder Coat.* 2005, nr 2, 3.
15. Kostyk B. W., Wicks Jr Z. W.: *J. Polym. Sci.; Polym. Chem. Ed.* 1979, **17**, 2423.
16. Tassel X., Barbry D., Tighzert L.: *Eur. Polym. J.* 2000, **36**, 1745.
17. *Pat. niem.* 10 142 816 (2002) (zgłoszenie).
18. Schmitt F., Wenning A., Weiss J.-V.: *Prog. Org. Coat.* 1997, **34**, 227.
19. *Pat. USA* 6 849 705 (2003).
20. Wicks D. A., Wicks Z. W.: *Prog. Org. Coat.* 1999, **36**, 148.
21. Meier-Westhues H.-U., Thometzek P., Laas H. J.: *Farbe Lack* 1997, **103**, 7.
22. *Pat. europ.* 1 382 649 (2004).
23. *Pat. europ.* 1 475 400 (2004).
24. *Pat. europ.* 317 744 (1989).
25. *Pat. europ.* 1 475 399 (2004).
26. *Pat. USA* 7 151 151 (2005).
27. *Pat. USA* 7 067 654 (2004).
28. *Pat. USA* 4 463 154 (1984).
29. *Pat. USA* 4 912 210 (1990).
30. *Pat. USA* 6 916 897 (2003).
31. Laprand A., Boisson F., Delolme F., Méchin F., Pascault J.-P.: *Polym. Degr. Stab.* 2005, **90**, 363.
32. *Pat. USA* 5 124 427 (1992).
33. *Pat. USA* 4 177 342 (1979).
34. *Pat. USA* 6 538 094 (2001).
35. Wicks D. A., Yeske P. E.: *Prog. Org. Coat.* 1997, **30**, 265.
36. *Pat. USA* 4 051 165 (1977).
37. Skora A., Green C. D.: *Focus Powder Coat.* 2002, nr 7, 4.
38. King C., Weiss J.-V., Greda W.: *Focus Powder Coat.* 2004, nr 12, 4.
39. Green P.: *Focus Powder Coat.* 2003, nr 8, 2.

Otrzymano 11 IV 2007 r.