

Zbigniew Czech^{1)*}, Jagoda Kowalska¹⁾, Paulina Ragańska¹⁾, Adrian Krzysztof Antosik¹⁾

Zastosowanie lasera ekscymerowego do sieciowania poliakrylanowych klejów samoprzylepnych

Przeprowadzono syntezę fotoreaktywnych rozpuszczalnikowych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych zawierających w swojej strukturze nienasycone fotoinicjatory wbudowane w trakcie polimeryzacji, a mianowicie 4-akryloilooksybenzofenon (ABP), 4-akryloilooksyetyloksybenzofenon (AEBP) oraz fenylo-(1-akryloilooksy)-cykloheksyloketon (PAC). Otrzymanymi klejami powlekano folię poliesterową, którą następnie suszono w kanale suszącym przez 10 min w temperaturze 110°C. Otrzymane w ten sposób jednostronne taśmy samoprzylepne, o gramaturze kleju 60 g/m², sieciowano pod lampą UV-C lub stosując do sieciowania promieniowanie UV emitowane przez laser ekscymerowy. Stwierdzono, że zastosowanie monochromatycznego lasera ekscymerowego pozwala na uzyskanie produktów samoprzylepnych o lepszej kleistości (tack), lepszej adhezji, wyższej kohezji oraz mniejszym skurczu niż w przypadku zastosowania do sieciowania spektralnej lampy UV.

Słowa kluczowe: fotoreaktywne kleje samoprzylepne, poliakrylany, sieciowanie, lampa UV, laser ekscymerowy, kleistość, adhezja, kohezja, skurcz

Application of excimer-laser for crosslinking of acrylic PSA

The synthesis and properties of photoreactive solvent-based acrylic pressure-sensitive adhesives (PSA) containing, incorporated during radical solvent polymerization unsaturated photoinitiators, such as 4-acryloyloxy benzophenone (ABP), 4-acryloyloxyethoxy benzophenone (AEBP) and phenyl-(1-acryloyloxy)cyclohexyl ketone (PAC), were investigated. The synthesized UV-crosslinkable acrylic PSA were coated with 60 g/m² coat weight on polyester film and after drying 10 min at 110°C in drying canal crosslinked by the use of spectral UV-lamp emitted UV-C radiation. These samples were compared with samples crosslinked using monochromatic UV excimer-laser. It was observed that after UV crosslinking of acrylic PSA using excimer-laser in comparison with typical UV-C lamp, high quality PSA products with excellent properties, such as tack, peel adhesion, shear strength and shrinkage, were manufactured.

Key words: photoreactive PSA, acrylics, crosslinking, UV-lamp, excimer-laser, tack, peel adhesion, shear strength, shrinkage

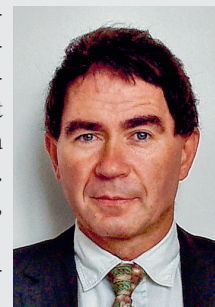
I. Wprowadzenie

Celem prezentowanej pracy było porównanie sieciowania fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych za pomocą monochromatycznego lasera ekscymerowego z zastosowaniem do tego celu typowej spektralnej lampy UV. Fotoreaktywność poliakrylanowych klejów samoprzylepnych uzyskano wbudowując w łańcuch polimeru w trakcie syntezy zdolne do kopolimeryzacji nienasycone fotoinicjatory, takie jak 4-akryloilooksybenzofenon (ABP), 4-akryloilooksyetyloksybenzofenon (AEBP) oraz fenylo-(1-akryloilooksy)-cykloheksyloketon (PAC). Sieciowanie przeprowadzono z użyciem lampy UV lub ekscymerowego lasera UV.

Niekonwencjonalne właściwości użytkowe rozpuszczalnikowych klejów samoprzylepnych na podstawie poliakrylanów spowodowały, że obecnie są one powszechnie stosowane do produkcji zarówno technicznych, jak i medycznych materiałów samoprzylepnych.

Właściwości użytkowe samoprzylepnych klejów poliakrylanowych, charakteryzowane przez kleistość (tack), adhezję, kohezję oraz skurcz, zależą od ciężaru cząsteczkowego kopolimeru poliakrylanowego, metody polimeryzacji, rodzaju rozpuszczalnika i inicjatora użytych w procesie polimeryzacji, a przede wszystkim od rodzaju substancji sieciujących i stosowanej technologii sieciowania. Z informacji literaturowych wiadomo, że najbardziej istotnym w modyfikowaniu właściwości klejów samo-

Prof. dr hab. inż. Zbigniew CZECH jest kierownikiem Laboratorium Klejów i Materiałów Samoprzylepnych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Jest absolwentem Politechniki Szczecińskiej, doktorat w 1981 r., habilitacja w 2004 r., nominacja profesorska w 2011 r. Od 1981 do 2002 r. pracował w Firmach: Lohmann (Niemcy), UCB (Belgia) oraz Chemitec (Niemcy). Jest autorem ponad 500 publikacji naukowych oraz 100 patentów.



¹⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

* Autor do korespondencji

przylepnych, w celu otrzymania materiału o ściśle określonym profilu, jest proces sieciowania [1–3].

Od około 10–15 lat obserwuje się wzmożone zainteresowanie przemysłu wszelkiego rodzaju materiałami sieciowanymi promieniowaniem UV, w tym przede wszystkim szeroką gamą klejów, w tym klejów samoprzylepnych, wśród których prym wiodą samoprzylepne kleje poliakrylanowe.

Promieniowanie ultrafioletowe jest częścią promieniowania elektromagnetycznego. W skład klasycznego promieniowania UV wchodzi: promieniowanie z obszaru UV-A (315–400 nm), z obszaru UV-B (280–315 nm) oraz UV-C (200–280 nm) [4].

W porównaniu z technologią UV, polegającą na wykorzystaniu do sieciowania typowych spektralnych lamp UV [5–10], technologia zastosowania laserów

2. Część eksperymentalna

2.1. Synteza fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych

Badane fotoreaktywne poliakrylanowe kleje samoprzylepne otrzymano w wyniku syntezy mieszaniny monomerów: 95% mas. akrylanu 2-etyloheksyłu, 5% mas. kwasu akrylowego oraz od 0,1 do 2,0% mas. nienasyconych fotoinicjatorów (Tab. 1) w odniesieniu do całkowitej masy polimeru, w temperaturze wrzenia octanu etylu w obecności 0,1% mas. rodnikowego inicjatora termicznego AIBN. Wszystkie monomery, octan etylu oraz AIBN

Tabela 1. Nienasycone fotoinicjatory zastosowane do syntezy fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych

Table 1. Unsaturated photoinitiators used for the synthesis of acrylic PSA

Nienasycony fotoinicjator	Wzór chemiczny	Nazwa chemiczna
ABP		4-akryloilooksybenzofenon
AEBP		4-akryloilooksyetyloksybenzofenon
PAC		fenylo-(1-akryloilooksy)cykloheksyloketon

ekscymerowych w procesie sieciowania fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych jest dopiero w powojakach. Lasery ekscymerowe są stosunkowo nowymi typami laserów, wprowadzonymi na rynek w 1975 roku, jako pulsacyjne lasery UV najnowszej generacji, charakteryzujące się dużą mocą emitowanego promieniowania w zakresie od 170 do 351 nm. Charakterystyczna długość fali emitowanego promieniowania UV laserów ekscymerowych zależy od rodzaju zastosowanej mieszanki gazu szlachetnego i halogenu. Czasy pulsacji laserów ekscymerowych mierzone są w nanosekundach, stanowiąc tym samym nieodłączne ogniwo nanotechnologii.

Zastosowanie laserów ekscymerowych, emitujących monochromatyczne promieniowanie UV, w porównaniu z zastosowaniem klasycznych lamp UV ma szereg zalet umożliwiających fotoreaktywną syntezę wielu nowych związków chemicznych. Wielce obiecujące zastosowania laserów ekscymerowych dotyczą obszaru fotopolimeryzacji oraz fotosieciowania [11–12].

otrzymano od firmy BASF (Niemcy), natomiast przedstawione w tabeli 1 nienasycone fotoinicjatory zsyntetyzowano w Laboratorium Klejów i Materiałów Samoprzylepnych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie.

2.2. Sieciowanie UV zsyntetyzowanych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych

Fotoreaktywne rozpuszczalnikowe poliakrylanowe kleje samoprzylepne, zawierające w swojej strukturze nienasycone fotoinicjatory II rodzaju: 4-akryloilooksybenzofenon (ABP), 4-akryloilooksyetyloksybenzofenon (AEBP) oraz fotoinicjator I rodzaju fenylo-(1-akryloilooksy)-cykloheksyloketon (PAC), nanoszono na folię poliesterową, a następnie odparowano w kanale suszącym rozpuszczalnik – octan etylu – przez 10 minut w temperaturze 110°C. Otrzymane w ten sposób filmy klejowe

o gramaturze 60 g/m^2 sieciowano przez 20 s pod lampą UV firmy Hönle UVASPOT 400, emitującą dawkę promieniowania 160 mJ/cm^2 . Inne otrzymane w ten sam sposób filmy klejowe sieciowano promieniowaniem UV, wykorzystując do tego celu laser ekscymerowy LPX 210 firmy Lambda Physik (Niemcy), emitujący promieniowanie UV o długości fali 351 nm. Laser ten w trakcie procesu sieciowania charakteryzował się następującymi parametrami:

energia emitowanych impulsów	200 mJ
czas pomiędzy impulsami	30 ns
częstotliwość impulsów	10 Hz
ilość impulsów	200
dawka UV	$5,4 \text{ mJ/cm}^2$

Do badań skurczu fotoreaktywne poliakrylanowe kleje samoprzylepne suszono w kanale suszącym w tych samych warunkach (10 min w 110°C), a następnie nanoszono na folię PVC. Otrzymane w ten sposób próbki były kondycjonowane przez 4 tygodnie w temperaturze 60°C .

2.3. Pomiar dawki emitowanego promieniowania UV

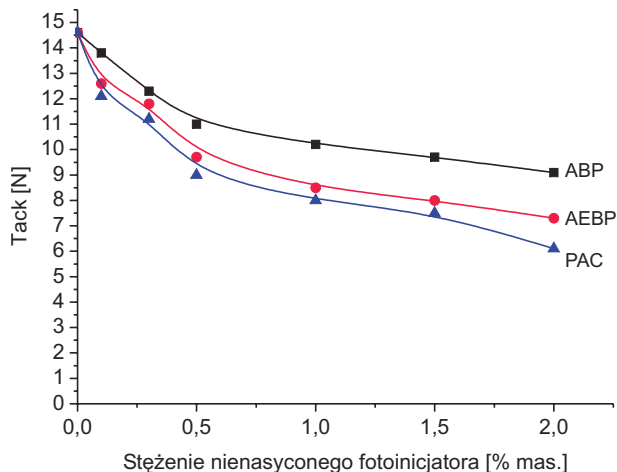
Do pomiaru dawki emitowanego promieniowania UV użyto radiometru DynachemTM, Model 500 firmy Dynachem Corporation (USA).

2.4. Badanie kleistości, adhezji, kohezji oraz skurczu

Wyżej wymienione właściwości badano wg międzynarodowych norm AFERA (Association des Fabricants Européens de Rubans Auto-Adhésifs): kleistość (AFERA 4015), adhezja (AFERA 4001) i kohezja (AFERA 4012), wykorzystując do tego celu maszynę wytrzymałościową Zwick/Roell Z-25. Skurcz mierzono w milimetrach skurczu folii PVC pokrytej usieciowanym poliakrylanowym klejem samoprzylepnych, po naklejeniu jej na płytkę szklaną o wymiarach $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ i nacięciu na jej powierzchni cienkim nożem do cięcia materiałów samoprzylepnych krzyża o wymiarach $8 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$ oraz po jej leżakowaniu w 60°C przez cztery tygodnie. Do powlekania folii PVC nadają się kleje samoprzylepne, których skurcz nie przekroczył $0,5 \text{ mm}$. Dla światowej klasy materiałów samoprzylepnych opartych na foliach PVC akceptowalny skurcz nie powinien przekraczać $0,2\text{--}0,3 \text{ mm}$.

3. Wyniki badań oraz dyskusja

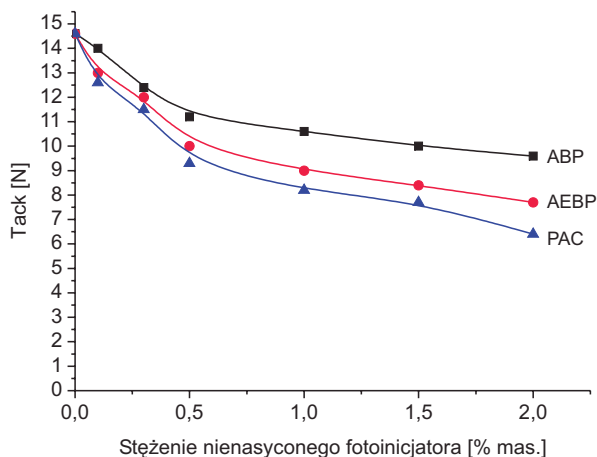
Na rysunkach 1–2 przedstawiono wpływ stosowanych w reakcji polimeryzacji nienasyconych fotoinicjato-



Rys. 1. Kleistość poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych za pomocą lampy UV

Fig. 1. Tack of acrylic PSA crosslinked by means of UV lamp

rów oraz ich stężenia na kleistość badanych fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych, przy czym rys. 1 ilustruje zastosowanie do sieciowania klejów lampy UV, a rys. 2 zastosowanie lasera ekscymerowego.



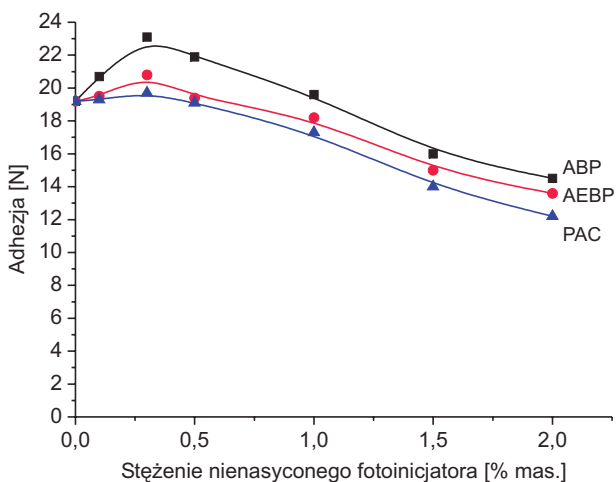
Rys. 2. Kleistość poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych za pomocą lasera ekscymerowego

Fig. 2. Tack of acrylic PSA crosslinked by means of excimer laser

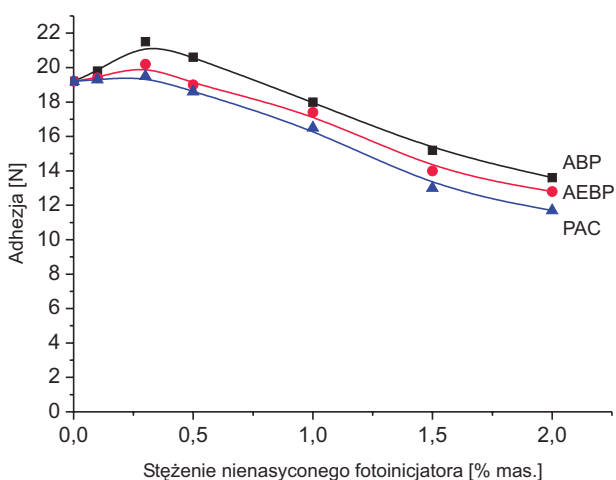
Jak przedstawiono na rys. 1 i 2, w przypadku wszystkich badanych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych sieciowanych lampą UV oraz laserem ekscymerowym, zawierających nienasycone fotoinicjatory, zaobserwowano spadek kleistości wraz ze wzrostem stężenia fotoinicjatorów wbudowanych w łańcuchach polimeru. Wzrost stężenia fotoinicjatora w kompozycji klejowej powodował większe usieciowanie kleju, co w logiczny sposób skutkowało spadkiem kleistości bardziej usieciowanej powierzchni samoprzylepnej kleju.

Największy spadek kleistości zaobserwowano w przypadku klejów sieciowanych pod lampą UV, zawierających w swoim składzie 0,3% mas. badanych fotoinicjatorów, przy czym w przypadku klejów samoprzylepnych sieciowanych monochromatycznym promieniowaniem UV pochodzącym z lasera ekscymerowego spadek kleistości był zdecydowanie łagodniejszy niż w przypadku stosowania do sieciowania spektralnej lampy UV. Najlepszym z badanych fotoinicjatorów okazał się tutaj 4-akryloilooksybenzofenon (ABP), gwarantujący najwyższą kleistość usieciowanych klejów samoprzylepnych.

Także adhezja poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych promieniowaniem UV zależy w dużym stopniu od rodzaju użytego podczas polimeryza-

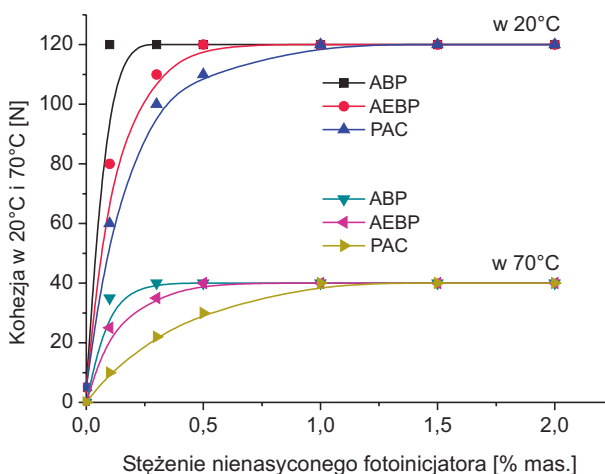


Rys. 3. Adhezja poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych za pomocą lasera ekscymerowego
Fig. 3. Peel adhesion of acrylic PSA crosslinked by means of excimer laser



Rys. 4. Adhezja poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych za pomocą lampy UV
Fig. 4. Peel adhesion of acrylic PSA crosslinked by means of UV lamp

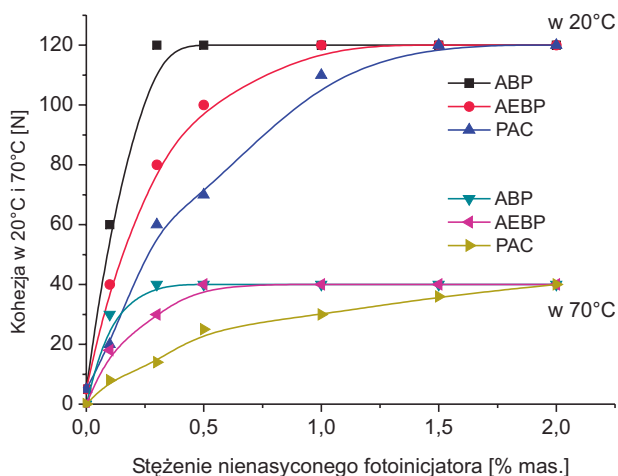
cji nienasyconego fotoinicjatora, jego stężenia oraz rodzaju źródła sieciującego promieniowania UV (Rys. 3–4). Niezależnie od rodzaju źródła promieniowania UV, badane kleje wykazywały maksimum adhezji przy zawartości 0,3% mas. fotoinicjatora, przy czym większą adhezję wykazywały kleje samoprzylepne sieciowane laserem ekscymerowym. Najlepszym fotoinicjatorem, podobnie jak przy badaniu kleistości, okazał się fotoinicjator II rodzaju 4-akryloilooksybenzofenon (ABP). Najmniej efektywnym fotoinicjatorem okazał się fotoinicjator I rodzaju fenylo-(1-akryloilooksy)-cykloheksyloketon. Analizując wyniki kleistości oraz adhezji, stwierdzono wyraźnie, że fotoinicjatory II rodzaju, sieciujące na zasadzie wewnątrzcząsteczkowych eliminatorów wodoru, są bardziej efektywne niż fotoinicjatory I rodzaju, gdzie podczas działania promieniowania UV następuje fotolityczny rozpad części chromoforowej inicjatora na co najmniej dwa rodniki: związany z łańcuchem polimerowym makrorodnik oraz minirodnik, co w pewnym stopniu pogarsza efektywność sieciowania.



Rys. 5. Kohezja poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych za pomocą lasera ekscymerowego
Fig. 5. Shear strength of acrylic PSA crosslinked by means of excimer laser

Wysoką kohezję poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciowanych promieniowaniem UV lasera ekscymerowego (Rys. 5), mierzoną zarówno w 20°C, jak i w 70°C, uzyskano już przy stężeniu 0,1% mas. 4-akryloilooksybenzofenonu (ABP). Fotoinicjator ten okazał się również najbardziej efektywny w uzyskaniu bardzo wysokiej kohezji usieciowanych klejów, odpowiednio 90 N w 20°C oraz 40 N w 70°C. Do uzyskania maksymalnych wartości kohezji, w tych samych warunkach sieciowania, niezbędne jest stężenie 0,5% mas. fotoinicjatora 4-akryloilooksybenzofenonu (AEBP) oraz 1,5% mas. fenylo-(1-akryloilooksy)-cykloheksyloketonu (PAC).

Wzrost stężenia nienasyconych fotoinicjatorów, wbudowanych podczas polimeryzacji w poliakrylanowy

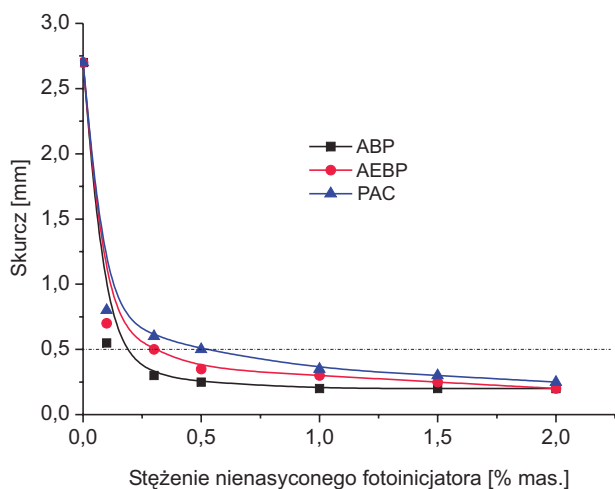


Rys. 6. Kohezja poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciovanych za pomocą lampy UV
Fig. 6. Shear strength of acrylic PSA crosslinked by means of UV-lamp

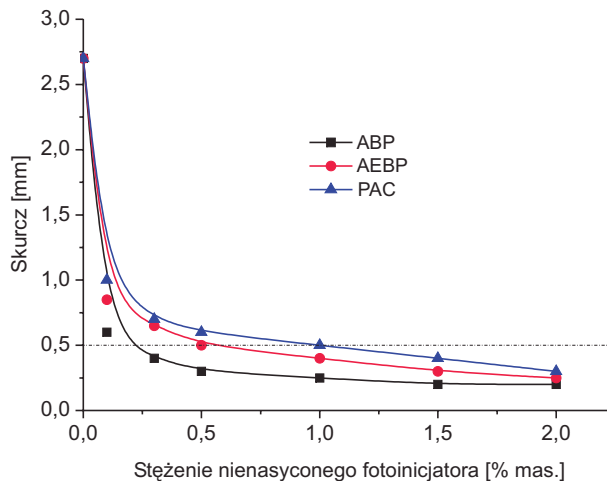
łańcuch polimerowy, podwyższa również kohezję poliakrylanowych klejów samoprzylepnych sieciovanych pod lampą UV, przy czym do osiągnięcia maksymalnej kohezji niezbędne są wyższe stężenia badanych fotoinicjatorów (Rys. 6). I tak dla osiągnięcia maksymalnej kohezji usieciovanych klejów, mierzonej zarówno w 20°C jak i 70°C, niezbędne jest wbudowanie w łańcuch polimeru 0,3% mas. ABP, 1,0% mas. AEBP oraz 2,0% mas. PAC.

Najlepsze optymalne właściwości badanych fotoreaktywnych rozpuszczalnikowych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych w usieciovanym stanie zaobserwowano w przypadku klejów zawierających w swojej strukturze 4-akryloilooksybenzofenon (ABP).

Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono wpływ rodzaju oraz stężenia badanych fotoinicjatorów: 4-akryloilooksybenzofenonu (ABP), 4-akryloilooksyetyksybenzofeno-



Rys. 7. Skurcz poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciovanych za pomocą lasera ekscymerowego
Fig. 7. Shrinkage of acrylic PSA crosslinked by means of excimer laser



Rys. 8. Skurcz poliakrylanowych klejów samoprzylepnych usieciovanych za pomocą lampy UV
Fig. 8. Shrinkage of acrylic PSA crosslinked by means of UV lamp

nu (AEBP) oraz fenilo-(1-akryloilooksy)-cykloheksyloketonu (PAC) na skurcz poliakrylanowych klejów samoprzylepnych powleczonych na folii PVC, sieciovanych pod lampą UV oraz przy użyciu lasera ekscymerowego.

Analizując wykresy na rys. 7–8, można ogólnie stwierdzić, że skurcz wszystkich badanych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych zmniejsza się drastycznie wraz ze wzrostem stężenia badanych w tej pracy nienasyconych fotoinicjatorów. Wynika to oczywiście ze wzrostu stopnia usieciovania, który determinowany jest zawartością nienasyconego fotoinicjatora w strukturze sieci polimerowej. Kleje samoprzylepne sieciovane przy użyciu lasera ekscymerowego charakteryzują się mniejszym skurczem niż analogiczne kompozycje klejowe sieciovane pod lampą UV.

Akceptowalny skurcz poniżej 0,5 mm zaobserwowano w przypadku fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych sieciovanych pod lampą UV, zawierających odpowiednio powyżej 0,3% mas. ABP, 0,5% mas. AEBP i 1,0% mas. PAC. W przypadku identycznych klejów samoprzylepnych sieciovanych wiązką lasera ekscymerowego, granice te wynosiły odpowiednio 0,2% mas. ABP, 0,3% mas. AEBP oraz 0,5% mas. PAC (Rys. 8). Bardzo niski skurcz fotoreaktywnych klejów samoprzylepnych, o wartości 2 mm, uzyskano w przypadku kleju sieciovanego laserem ekscymerowym, przy bardzo niskim stężeniu nienasyconego fotoinicjatora ABP wynoszącym 0,1% mas.

4. Wnioski

Analizując wyniki badań kleistości, adhezji, kohezji oraz skurczu fotoreaktywnych poliakrylanowych klejów samoprzylepnych, usieciovanych spektralnym promieniowaniem lampy UV oraz monochromatycznym promieniowaniem lasera ekscymerowego, należy stwierdzić, że najwyższą kleistość, najwyższą adhezję, najwyż-

szą kohezję oraz najmniejszy skurcz otrzymano w przypadku klejów samoprzylepnych zawierających nienasycony fotoinicjator 4-akryloilooksybenzofenon (ABP), wbudowany w trakcie polimeryzacji w łańcuchach polimerowych.

Maksymalną wartość adhezji zaobserwowano dla stężenia 0,3% mas. ABP, przy czym już niższe stężenie ABP gwarantuje otrzymanie kleju o bardzo wysokiej kohezji oraz niezwykle niskim skurczu, rzędu 0,2 mm.

Porównując spektralne promieniowanie UV o dawce 160 mJ/cm² oraz monochromatyczne promieniowanie lasera ekscymerowego o dawce 5,4 mJ/cm² można zauważyć, jak efektywne jest w tym przypadku zastosowanie lasera ekscymerowego do procesu sieciowania poliakrylanowych klejów samoprzylepnych.

W wyniku przeprowadzonych badań zauważono również przewagę nienasyconych fotoinicjatorów II rodzaju nad nienasyconymi fotoinicjatorami I rodzaju w technologii sieciowania fotoreaktywnych polimerów.

Porównując wyniki badań klejów samoprzylepnych zawierających ten sam typ nienasyconego fotoinicjatora, różniącego się tylko odstępem grupy chromoforowej benzofenonu od nienasyconego wiązania grupy akrylanowej (ABP, AEBP) można zaobserwować wyraźną przewagę pod względem wszystkich badanych właściwości na korzyść technologii sieciowania UV nienasyconych fotoinicjatorów o stosunkowo bliskim sąsiedztwie grupy chromoforowej oraz nienasyconego wiązania.

Otrzymane wyniki badań mogą zostać z powodzeniem wykorzystane w produkcji poliakrylanowych klejów samoprzylepnych o niskim skurczu, sieciowanych promieniowaniem UV, szczególnie za pomocą lasera ekscymerowego, co predestynuje tego typu kleje do wytwarzania szerokiego asortymentu folii dekoracyjnych, znaków drogowych oraz banerów reklamowych na bazie PVC.

Nierozwiązanym wciąż problemem przemysłowego zastosowania laserów ekscymerowych w technologii UV jest ich bardzo wysoka cena, przekraczająca często dwudziestokrotnie ceny konwencjonalnych lamp UV, a także ich rozmiary i ciężar, utrudniające montaż w komercyjalnych powlekanach, przeznaczonych do powlekania fotoreaktywnymi klejami samoprzylepnymi.

Literatura

1. Czech Z., Wesolowska M., *European Polymer Journal* 2007, **43**, 3604–3612.
2. Czech Z. *Vernetzung von Haftklebstoffen auf Polyacrylatbasis*. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, 1999, Szczecin.
3. Czech Z., *Journal of Adhesion Science and Technology* 2007, **21**, 625–635.
4. Pichavant L., Coqueret X., *Progress in Organic Coating* 2008, **63**, 55–62.
5. Kajtna J., Sebenik U., Krajnc M., *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2014, **49**, 18–25.
6. Czech Z., Kowalczyk A., Kabatc J., Świdarska J., *European Polymer Journal* 2012, **48**, 1446–1454.
7. Czech Z., Blum W., Herrmann F., 1993, WO 94/14853
8. Scherzer T., *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry* 2004; **42**, 894–901.
9. Czech Z., Butwin A., *Review of Advantages Materials Science* 2010, **23**, 14–34.
10. Kajtna J., Krajnc M., *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2013, **31**, 822–831.
11. Czech Z., Blum W., Herrmann F., 1992, DE 42 43 270.
12. Tcheng J. E., Volkert-Nöthen A. A., *Lasers Medicine Science* 2001, **1**, 122–12.
13. Czech Z., Kowalczyk A., Kabatc J., Shao L., Bai Y., Świdarska J., *Polymer Bulletin* 2013, **70**, 479–488.

PSAT
Pressure-Sensitive Adhesives
Technology

1st International Conference
Pressure-sensitive adhesives and adhesive
materials - research, development,
technology and application

**01-03 JUNE
2015
SZCZECIN**

Organizer:
LKiMS
LABORATORY
FOR ADHESIVES AND
SELF-ADHESIVE MATERIALS

**West Pomeranian
University of Technology
Szczecin**

**Faculty Of
Chemical Engineering**

www.psat.zut.edu.pl **psat@zut.edu.pl**