



**Adam Niesłochowski\***

## **BADANIE EMISJI LOTNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH (VOC) TECHNIKĄ TERMICZNEJ DESORPCJI I CHROMATOGRAFII GC-MS**

Termiczna desorpcja to metoda uwalniania pod wpływem ciepła związków lotnych z matryc będących ciałami stałymi. To również jedna z technik dozowania do chromatografu próbek w fazie gazowej. W połączeniu z detektorem mas wydaje się być stosunkowo prostą, szybką i tanią metodą oceny zawartości związków lotnych w próbach materiałów, między innymi wyrobów budowlanych. Wykonano badania kilkudziesięciu wyrobów budowlanych oraz wyrobów służących do wyposażenia budynków. W artykule omówiono wyniki badań i podstawowe cechy procedury badawczej.

### **1. Wprowadzenie**

Termiczna desorpcja to jedna z technik dozowania do chromatografu gazowego próbek chemicznych [1–3]. Próbki zostają najpierw przetransportowane z adsorbentów stałych do fazy gazowej. Adsorbentami stałymi mogą być różne rodzaje węgla aktywnego, polimery, krzemionka. Istotą działania jest ogrzewanie niewielkiej próbki adsorbentu do określonej temperatury (maks. ok. 400°C). Pod wpływem ciepła następuje desorpcja związków chemicznych do fazy gazowej, którą stanowi gaz obojętny, zwykle hel. Gaz przepływa kwarcowymi przewodami, które są również ogrzewane, do kolumny chromatograficznej. W celu zagęszczenia wydzielonych związków, w strumieniu gazu nośnego umieszcza się dodatkowo pułapkę kriogeniczną, której temperaturę można obniżyć do –30°C. Temperatura pułapki podnoszona jest bardzo szybko dopiero po zakończeniu procesu desorpcji, dzięki czemu cała mieszanina związków lotnych trafia do kolumny w tym samym czasie.

Powyższy schemat działania można zastosować do usuwania lotnych związków chemicznych z dowolnych próbek ciał stałych [4–6]. Podstawowym warunkiem powodzenia jest stabilność matrycy w temperaturze desorpcji. W przypadku matryc orga-

---

\* dr inż. – Zakład Fizyki Ciepłej, Instalacji Sanitarnych i Środowiska ITB

nicznych (np. większości budowlanych materiałów wykończeniowych) temperatura desorpcji nie może przekraczać 100°C. Dla matryc nieorganicznych, w których występuje woda krystalizacyjna (np. beton), temperatura również nie może być większa. Woda powoduje trwale zablokowanie pułapki kriogenicznej i uniemożliwia analizę.

Czas desorpcji, temperaturę desorpcji, temperaturę przewodów nośnych, szybkość przepływu gazu należy dobrać odpowiednio do warunków analizy. Wykonano badania kilkudziesięciu próbek wyrobów różnego pochodzenia i składu chemicznego: wykładzin podłogowych, kleju, farby ściennej, płyt drewnopochodnych, polistyrenu spienionego, pianki poliuretanowej, papy izolacyjnej, konserwowanego drewna. Zbadano wpływ temperatury desorpcji związków lotnych na wyniki badań. Oszacowano precyzję i niepewność rozszerzoną wyniku pomiaru.

## 2. Wyroby wykończeniowe pobrane z obiektów budowlanych

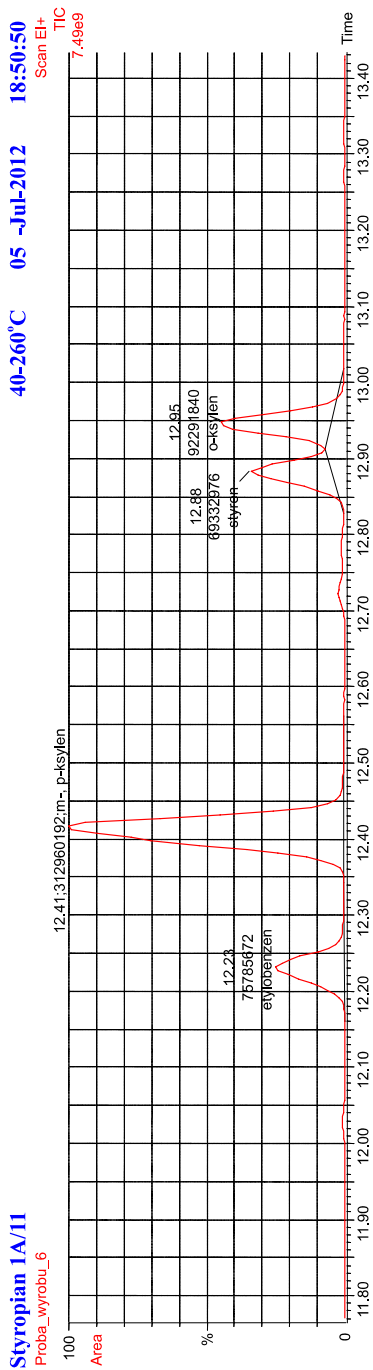
Metodę termicznej desorpcji zastosowano do zbadania zawartości lotnych związków organicznych w próbkach wyrobów pobranych z obiektów budowlanych [7]. Były to wyroby nowe, zastosowane kilka tygodni przed badaniem, oraz wyroby użytkowane przez rok lub dłużej. Poniżej przedstawiono wyniki szczegółowych badań wyrobów podłogowych zastosowanych w pomieszczeniach biurowych. Kilka tygodni po zastosowaniu wyroby te zostały usunięte z powodu skarg użytkowników pomieszczeń.

Zbadano między innymi próbkę wykładziny dywanowej. Miała nieprzyjemny chemiczny zapach. Badanie wykazało, że wykładzina rzeczywiście odbiega od standardów i jest złej jakości. Zawiera dużą ilość aldehydu masłowego (10,3 µg/g). Aldehyd ten to bezbarwna ciecz o charakterystycznym, ostrym, drażniącym, przenikliwym zapachu. Ponadto w wykładzinie wykryto rozpuszczalniki: alkohol butylowy (3,4 µg/g), toluen (1,2 µg/g) i ksylen (1,1 µg/g).

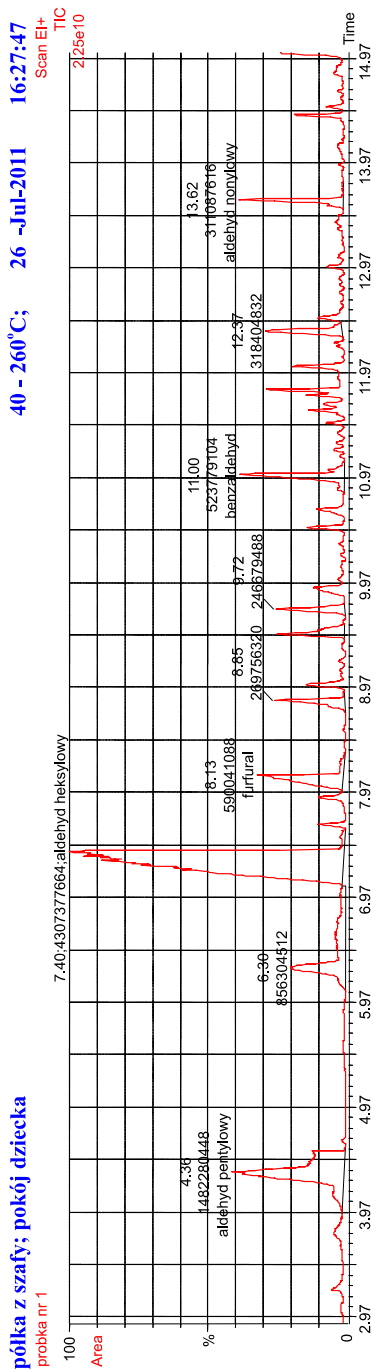
Na rysunku 1 przedstawiono chromatogram lotnych związków organicznych zawartych w próbce polistyrenu spienionego zastosowanego jako izolacja podpodłogowa. Polistyren zawierał typowe związki występujące w tym tworzywie: styren (1,1 µg/g) i etylobenzen (1,2 µg/g). W próbce wykryto ponadto znaczną ilość ksylenu (6,5 µg/g), który prawdopodobnie pochodził z innego źródła.

Zbadano próbkę kleju zastosowanego do przyklejenia cokołu na ścianach wokół podłogi. Spoina klejowa była bezbarwna, przezroczysta i elastyczna. Klej zawierał dużą ilość pozostałości rozpuszczalników organicznych. Były to rozpuszczalniki polarne: octan butylu (5,6 µg/g), propionian butylu (7,6 µg/g), maślan butylu (6,3 µg/g), eter butylowy (7,2 µg/g), oraz składniki rozpuszczalnika benzynowego: n-dekan (4,8 µg/g), n-undekan (4,8 µg/g), n-tridekan (3,2 µg/g) i n-tetradekan (5,0 µg/g).

Wykładzina dywanowa pobrana w innym pomieszczeniu biurowym zawierała pozostałości węglowodorów aromatycznych: etylobenzenu i ksylenu. Zawartość etylobenzenu była równa 0,8 µg/g, a ksylenu 8,8 µg/g. Rozpuszczalniki mogły pochodzić z kleju użytego do przyklejenia wykładziny. Kleje do tego celu zawierają zwykle niewielką ilość – do kilku procent – rozpuszczalnika aromatycznego.



Rys. 1. Chromatogram lotnych związków organicznych zawartych w próbce polistyrenu  
 Fig. 1. GC-MS chromatogram of VOC enclosed in polystyrene sample



Rys. 2. Chromatogram lotnych związków organicznych wydzielających się z półki meblowej  
 Fig. 2. GC-MS chromatogram of VOC enclosed in piece of furniture shelf

Przedmiotem odrębnego badania było mieszkanie w Warszawie, którego lokatorzy przypuszczali, że zastosowane tam wyroby budowlane nie spełniają wymagań jakościowych. Mieszkanie było użytkowane ponad rok. Obok badań zanieczyszczeń powietrza pobrano próbki wyrobów wykończeniowych, a następnie poddano je badaniu techniką termicznej desorpcji.

Do badania pobrano próbkę farby ze ściany. Była to biała farba emulsyjna o standardowym wyglądzie. Bardzo niski próg wykrywalności zastosowanej metody pozwolił na zidentyfikowanie związków chemicznych występujących w farbie w śladowej ilości. Badanie wykazało, że farba zawiera ślady rozpuszczalnika n-dodekanu (0,1 µg/g), plastyfikatorów ftalan dibutyli (0,1 µg/g) i TXIB (0,1 µg/g). Występowanie w farbie plastyfikatorów jest w pełni uzasadnione, gdyż są stosowane w produkcji.

Na rysunku 2 przedstawiono chromatogram lotnych związków organicznych zawartych w próbce pobranej z półki szafy wbudowanej w badanym mieszkaniu. Półka zawierała bardzo dużo aldehydu heksylowego (68,9 µg/g), pentylowego (23,6 µg/g) i innych – nonylowego (4,7 µg/g), benzaldehydu (8,4 µg/g) i furfuralu (9,3 µg/g). Występowanie aldehydów w wyrobach drewnopochodnych jest powszechne. Najczęściej spotyka się aldehydy alifatyczne od C<sub>4</sub> do C<sub>10</sub> atomów węgla. Furfural powstaje ze związków występujących w hemicelulozie, zawartej w większości roślin. Aldehydy mają zwykle drażniący zapach, który może być przyczyną dyskomfortu i uczuleń.

### 3. Sztywna pianka poliuretanowa

Sztywna pianka poliuretanowa tworzy bezspoinowe termoizolacje przegród budowlanych metodą wytwarzania *in situ*. Stosowana jest jako izolacja termiczna przegród w nowych obiektach oraz budynkach eksploatowanych: mieszkalnych, przemysłowych, inwentarskich, w przechowalniach owoców i warzyw. Ze względu na bardzo dobre parametry wytrzymałościowe używa się jej jako termicznej izolacji posadzek. Przeznaczona jest również do wypełniania pęknięć i niewielkich szczelin w połączeniach między elementami przegród w budynkach (z wyjątkiem przegród ogniochronnych).

Podczas wytwarzania pianki zachodzą reakcje chemiczne, których produktem jest przestrzenna struktura polimeru. Związki małowcząsteczkowe ulegają polimeryzacji. Związki pełniące funkcje dodatków fizycznie wbudowują się w strukturę i mogą stopniowo dyfundować do otoczenia. Dyfuzja zachodzi tym szybciej, im temperatura jest wyższa. Na rysunku 3 przedstawiono chromatogram lotnych związków organicznych występujących w piance PUR po około 1 miesiącu od jej wytworzenia.

Pianka w temperaturze 70°C wyemitowała dużą ilość fosforanu trietylu. Zawartość tego związku wyniosła 135,6 µg/g masy wyrobu. Fosforan trietylu jest środkiem opóźniającym palenie tworzyw sztucznych, ma również charakter uplastyczniający. Pianka zawierała również glikol dipropylenowy (35,7 µg/g) oraz 2-(N,N-dietylamino)metoksypropan (61,7 µg/g). Glikol dipropylenowy stosuje się jako plastyfikator w wyrobach z tworzyw sztucznych. 2-(N,N-dietylamino)metoksypropan może być produktem reakcji izocyjanianów ze związkami hydroksylowymi występującymi w mieszaninie reakcyjnej.



## 4. Izolacja podłogowa konserwowana Xylamitem

Próbki wyrobów podłogowych zostały pobrane z mieszkania w dzielnicy Bródno w Warszawie. Budynek pochodzi z lat siedemdziesiątych XX w. Deszczułki posadzkowe, leżące na podłodze prawdopodobnie od czasu budowy, przyklejono do podłoża betonowego za pomocą lepiku asfaltowego. Pod wylewką betonową stwierdzono występowanie papy izolacyjnej oraz płyt pilśniowych porowatych konserwowanych preparatem w ciemnym kolorze. Papa i płyta pilśniowa miały intensywny smolisty zapach. Pobrane z czterech pomieszczeń próbki poddano badaniu techniką termicznej desorpcji. Z uwagi na dużą zawartość w próbkach lotnych związków, desorpcję prowadzono w temperaturze 50°C. Badanie wykazało, że jakościowo próbki nie różniły się pomiędzy sobą. W wyrobach izolacyjnych występowały następujące związki chemiczne:

- naftalen i jego pochodne alkilowe,
- inne od naftalenu węglowodory aromatyczne policykliczne,
- chlorowane pochodne węglowodorów aromatycznych,
- węglowodory alifatyczne o C<sub>14</sub> ÷ C<sub>16</sub> atomach węgla.

Tablica 1. Wyniki badania emisji lotnych związków organicznych z próbek wyrobów podłogowych izolacyjnych pobranych w mieszkaniu w Warszawie

Table 1. VOC emission from isolation floor materials taken from old dwelling building in Warsaw

Zidentyfikowany związek chemiczny	Emisja związku, µg/mg	
	próbka z pokoju I	próbka z pokoju II
Naftalen i jego pochodne alkilowe		
Naftalen	0,0040	0,0074
Metylnaftaleny	0,0103	0,0102
Etylnaftaleny	0,0034	0,0027
Dimetylnaftaleny	0,0073	0,0070
Inne policykliczne węglowodory aromatyczne		
Bifenyl	0,0035	0,0026
Acenaften	0,0034	0,0019
Dibenzofuran	0,0073	0,0053
Fluoren	0,0025	0,0014
Fenantren	0,0014	0,0010
Pochodne chlorowane		
p-Dichlorobenzen	0,0003	0,0002
1-Chloronaftalen	0,0059	0,0054
1,4-Dichloronaftalen	0,0061	0,0023

W tablicy 1 przedstawiono ilościowe wyniki badań. Główne składniki emitujących związków to naftalen, metylonaftaleny, dimetylonaftaleny, dibenzofuran i 1-chloronaftalen. Skład zanieczyszczeń powietrza wskazuje, że do konserwacji płyty pilśniowej mógł zostać zastosowany impregnat do drewna i materiałów drewnopochodnych o nazwie Xylamit Super. Według receptury w jego skład wchodziły oleje węglowodopochodne i chlorowane naftaleny. W skład niektórych Xylamitów wchodziła również mieszanina chlorowanych benzenów. Na rysunku 4 przedstawiono chromatogram par desorbujących z próbki wyrobów izolacyjnych pobranych z jednego z pomieszczeń.

## 5. Więźba dachowa konserwowana Xylamitem

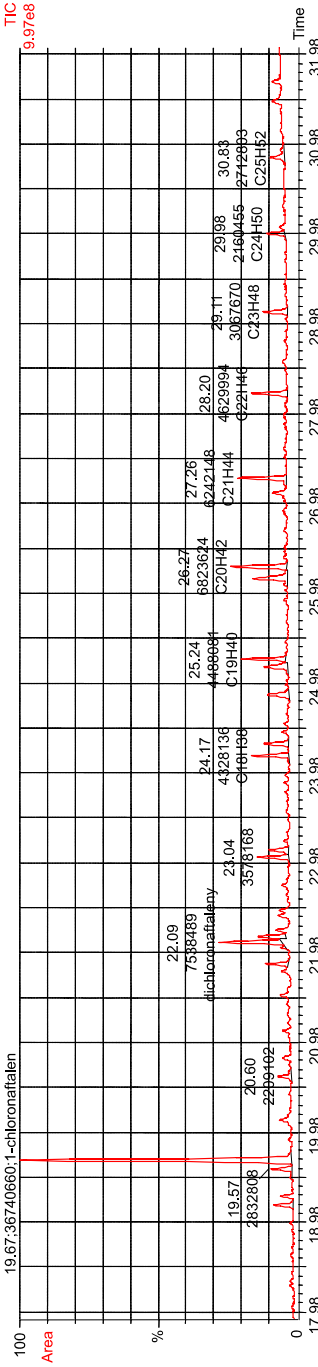
Próbki do badania zostały pobrane z elementów konstrukcji dachu budynku przemysłowego pochodzącego z końca XIX w. W latach siedemdziesiątych XX w. konstrukcja konserwowana była preparatem olejowym. Drewno ma ciemny kolor, ale nie tak ciemny, jak po impregnacji kreozotem. Pobrano próbki z powierzchni drewna i poddano je badaniu techniką termicznej desorpcji w temperaturze 50°C. Na rysunku 5 przedstawiono chromatogram par lotnych związków organicznych emitujących z jednej z badanych próbek.

Na chromatogramie stwierdzono zawartość 1-chloronaftalenu, dichloronaftalenów oraz węglowodorów alifatycznych o  $C_{15}$ - $C_{24}$  atomach węgla. Na skutek długiego okresu sezonowania zabezpieczonego drewna zawartość związków lotnych była bardzo mała. Emisja par 1-chloronaftalenu nie przekraczała 0,002  $\mu\text{g}/\text{mg}$  masy drewna, a emisja par dichloronaftalenów 0,001  $\mu\text{g}/\text{mg}$ . Skład zanieczyszczeń powietrza wskazuje, że konstrukcja dachu mogła być zabezpieczona preparatem Xylamit stolarski. W skład tego preparatu wchodziły chloronaftaleny i oleje mineralne.

Preparaty o nazwie handlowej Xylamit stosowano do impregnacji drewna i wyrobów drewnopochodnych w budownictwie w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Były to między innymi: Xylamit popularny, Xylamit budowlany, Xylamit destylowany stolarski, Xylamit Super. Jako składniki biologicznie czynne zawierały: 1-chloronaftalen, chlorofenole, chlorowane oleje węglowe, chlorobenzeny. Toksyczność ostra Xylamitów nie była duża – zostały zakwalifikowane do IV klasy toksyczności jako środki o słabym działaniu toksycznym. Z czasem stosowanie większości Xylamitów ograniczono do elementów drewnianych znajdujących się poza obrębem budynków. Badania prowadzone przez Instytut Techniki Budowlanej od wczesnych lat osiemdziesiątych wykazały, że budynki, w których stosowano Xylamit, są zanieczyszczone parami naftalenu, metylonaftalenów, 1-chloronaftalenu, fenolu i krezoli. Chlorofenole i chlorobenzeny wykrywane były w powietrzu budynków w nielicznych przypadkach.

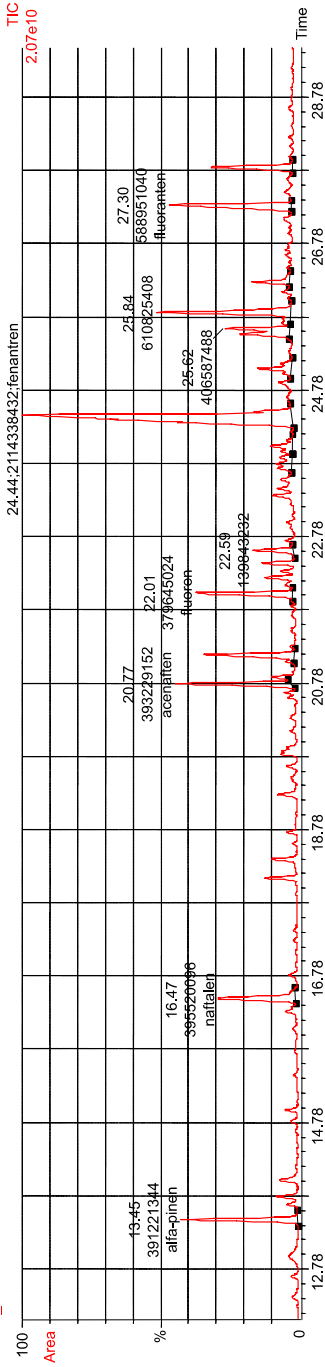
Pomimo upływu kilkunastu i więcej lat, w budynkach z wyrobami impregnowanymi Xylamitem wyczuwalny jest charakterystyczny chemiczny zapach. Potwierdzenie zastosowania Xylamitu można wykonać, pobierając próbki impregnowanych wyrobów w celu laboratoryjnych badań emisji [8], [9]. Budynki, w których prowadzone są badania, pochodzą z lat sześćdziesiątych, siedemdziesiątych i pierwszej połowy lat osiemdziesiątych XX w.

**próbka drewna nr 3** 40 - 300°C; 02 -Dec-2011 14:56:55  
 próbka\_3 Scan EI+ 9.97e8  
 19.6736740660,1-chloronafalen



Rys. 5. Chromatogram lotnych związków organicznych wydzielających się z próbki drewna konserwowanego Xylamitem  
 Fig. 5. GC-MS chromatogram of VOC enclosed in piece of wood preserved with Xylamit preservative oil

**próbka drewna nr 2** 300°C; 29 -Nov-2010 16:53:06  
 próbka\_2B Scan EI+ 2.07e10



Rys. 6. Chromatogram lotnych związków organicznych wydzielających się z próbki drewna konserwowanego olejem impregnacyjnym  
 Fig. 6. GC-MS chromatogram of VOC enclosed in piece of wood preserved with creosote oil



## 6. Wpływ temperatury desorpcji na wynik badania zawartości związków lotnych

Do badania wpływu temperatury desorpcji na badanie zawartości związków lotnych wybrano próbki drewna konserwowanego olejem impregnacyjnym. Próbki pochodziły z obiektu muzealnego, zabytkowego. Kilkadziesiąt lat przed badaniem drewno było impregnowane preparatem zawierającym składniki smoły. Zewnętrzna warstwa drewna do głębokości poniżej 1 mm miała ciemny kolor i smolisty zapach.

Próbki drewna o masie od 50 mg do 100 mg poddano badaniu techniką termicznej desorpcji. Temperaturę desorpcji ustalono na 50°C, 60°C i 70°C. Z drewna emitowały głównie pary policyklicznych węglowodorów aromatycznych od naftalenu do pirenu.

Na rysunku 6 przedstawiono chromatogram związków wydzielających się z próbki drewna w temperaturze równej 70°C. Wyniki badania zostały zestawione w tablicy 2.

Tablica 2. Wpływ temperatury desorpcji na wynik badania zawartości lotnych związków organicznych w próbkach konserwowanego drewna

Table 2. Effect of desorption temperature on VOC emission from samples of wood preserved with creosote oil

Zidentyfikowane związki chemiczne	Stężenie związku w próbce w różnej temperaturze desorpcji µg/mg		
	50°C	60°C	70°C
Fenantren	0,0036	0,0157	0,0423
Fluoranten	0,0040	0,0068	0,0118
Piren	0,0023	0,0036	0,0063
Acenaften	–	0,0022	0,0085
Fluoren	–	0,0023	0,0076
Cyklopentafenantren	–	0,0043	0,0122
Naftalen	–	–	0,0079
Metylnaftaleny	–	–	0,0041
α-pinen	–	–	0,0078

Wraz ze wzrostem temperatury desorpcji:

- zwiększa się masa emitujących związków do fazy gazowej, co wpływa na zwiększenie stężenia związków wykrytych w badanych próbkach,

- na chromatogramach pojawiają się nowe związki, które nie emitowały w niższej temperaturze; ilość emitujących związków zwiększa się.

Temperatura desorpcji nie może być mniejsza od 50°C, co wynika z konstrukcji urządzenia badawczego. Górna granica temperatury desorpcji ograniczona jest właściwościami badanej próbki. Desorpcja nie może naruszać struktury materiału (matrycy) poddawanego badaniu. W temperaturze zbliżonej do 100°C następują pierwsze objawy destrukcji, czyli wydzielanie się wody z wyrobu. Duża ilość wody może całkowicie zatrzymać badanie na skutek wykrystalizowania w strefie chłodzenia urządzenia. Temperatura 70°C wydaje się optymalna dla większości wyrobów. Przekroczenie temperatury 100°C powoduje beztlenową destrukcję termiczną materiałów organicznych, której towarzyszy wydzielanie się sadzy i substancji smolistych.

## 7. Powtarzalność wyników analizy otrzymanych metodą termicznej desorpcji

Do badania powtarzalności wyników wybrano ocenę zawartości związków lotnych w próbkach polistyrenu ekstrudowanego. Próbki o masie około 20 mg wycinano z głębokości około 1 cm. Desorpcję prowadzono w temperaturze 70°C. Stwierdzono, że próbki zawierają lotne związki organiczne: styren ( $t_R = 14,32$  min) i etylobenzen ( $t_R = 13,68$  min). Badanie zostało powtórzone 14-krotnie. Na podstawie testów Dixona i Grubbsa odrzucono wyniki obarczone błędem grubym. Zawartość styrenu i etylobenzenu w badanych próbkach podawano w przeliczeniu na 1 mg tworzywa ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ).

Obliczono odchylenie standardowe powtarzalności, które jest miarą precyzji pomiaru. Ponieważ liczba wykonanych pomiarów jest ograniczona do kilkunastu, oblicza się  $t$  odchylenie standardowe próbki, wyrażone wzorem:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Względne odchylenie standardowe próbki przedstawia wzór:

$$S_r = \frac{S}{x}$$

Współczynnik zmienności (CV) powstaje przez pomnożenie względnego odchylenia standardowego przez 100%. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelicy 3. Z obliczeń wynika, że względne odchylenie standardowe próbki jest równe 0,137 dla stężenia styrenu oraz 0,245 dla stężenia etylobenzenu. Po przeliczeniu na współczynnik zmienności, odpowiada to 13,7% oraz 24,5%. Przy dużej zawartości związku lotnego w próbce, równej około 0,03  $\mu\text{g}/\text{mg}$ , współczynnik zmienności przekracza 13%. Przy małej zawartości związku lotnego w próbce równej około 0,005  $\mu\text{g}/\text{mg}$  współczynnik zmienności jest bliski 25%.

Tablica 3. Wynik analizy zawartości lotnych związków organicznych w próbkach polistyrenu ekstrudowanego po odrzuceniu wyniku obarczonego błędem grubym  
 Table 3. The results of analysis of volatile organic compounds in extruded polystyrene after rejection of deviant values

Parametry	Stężenie styrenu µg/mg	Stężenie etylobenzenu µg/mg
Wartość średnia – 13 wyników pomiarów $\bar{x}$	0,0278	0,0053
Odchylenie standardowe próbki, $S$	0,0038	0,0013
Współczynnik zmienności, $CV$	13,7%	24,5%

Niepewność rozszerzona ( $U$ ) określa granice przedziału niepewności z określonym poziomem ufności. W przypadku mniejszej liczby prób (poniżej 30) niepewność rozszerzona równa jest iloczynowi odchylenia standardowego próbki i współczynnika  $k$  wynikającego z rozkładu Studenta, który zależy od przyjętego poziomu ufności i liczby pomiarów. Przy normalnym rozkładzie wyników pomiaru  $k = 2$  oznacza poziom ufności około 95%. Znaczy to, że rzeczywista wartość wyniku, z prawdopodobieństwem 95%, mieści się w przedziale

$$\bar{x} \pm U$$

Eksperyment wykazał, że niepewność pomiaru jest zależna od stężenia badanego związku w próbce. W naszym przypadku można ją wyrazić za pomocą wzoru

$$U = \pm(0,0015 + 0,22 \times M_i)$$

gdzie:  $M_i$  – stężenie badanego związku w próbce wyrobu, wyrażone w µg/mg.

Tak więc przedziały niepewności rozszerzonej obliczonej z wykorzystaniem współczynnika  $k = 2$ , co odpowiada poziomowi ufności 95%, wynoszą:

dla styrenu: (0,0278 ± 0,0076) µg/mg,

dla etylobenzenu: (0,0053 ± 0,0026) µg/mg.

## Podsumowanie

Badanie próbek wyrobów wykończeniowych i wyposażenia budynków wykazało, że metoda termicznej desorpcji dostarcza informacji na temat jakościowej i ilościowej zawartości lotnych związków organicznych. Korzyścią tej metody jest mała wielkość badanej próbki, dobra wykrywalność związków lotnych i krótki czas analizy. Temperatura desorpcji ma wpływ na wynik oznaczenia. Badane w ten sposób mogą być próbki wyrobów organicznych i nieorganicznych.

## Bibliografia

- [1] Ribes A., Carrera G., Gallego E., Roca X., Berenguer M.A., Guardino X.: Development and validation of a method for air-quality and nuisance odors monitoring of volatile organic compounds using multi-sorbent adsorption and gas chromatography/mass spectrometry thermal desorption system. *Journal of Chromatography A*, 2007, 1140 (1–2), pp. 44–55
- [2] Pankow J. F., Luo W., Lorne M. I., Bender D. A., Baker R. J.: Determination of a Wide Range of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Multisorbent Adsorption/Thermal Desorption and Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 1998, 70 (24), pp. 5213–5221
- [3] Heavner D. L., Ogden M. W., Nelson P. R.: Multisorbent thermal desorption/gas chromatography/mass selective detection method for the determination of target volatile organic compounds in indoor air. *Environmental Science and Technology*, 1992, 26 (9), pp. 1737–1746
- [4] Perez-Coello M.S., Sanzb J., Cabezudoa M.D.: Analysis of volatile components of oak wood by solvent extraction and direct thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1997, 778 (1–2), pp. 427–434
- [5] Robbat Jr. A., Liu T. Y., Abraham B. M.: On-site detection of polycyclic aromatic hydrocarbons in contaminated soils by thermal desorption gas chromatography/mass spectrometry. *Analytical Chemistry*, 1992, 64 (13), pp. 1477–1483
- [6] Demeestere K., Dewulf J., De Roo K., De Wispelaere P., Van Langenhove H.: Quality control in quantification of volatile organic compounds analysed by thermal desorption–gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2008, 1186 (1–2), pp. 348–357
- [7] Niestochowski A.: Zanieczyszczenie powietrza w budynkach preparatami pochodzenia smołowego. *Prace Instytutu Techniki Budowlanej – Kwartalnik*, 2011, 2(158), s. 3–14
- [8] Deptuła H., Prejzner H.: Ocena skutków stosowania Xylamitu w budynkach mieszkalnych. [W:] Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy rzeczoznawstwa budowlanego”. Cedzyna k. Kielc, 2002, s. 169–176
- [9] Niestochowski A.: Badania emisji par organicznych z wyrobów budowlanych. [W:] Materiały IX Konferencji „Ekologia a budownictwo”. Bielsko-Biała, 1997, s. 167–177

### DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOC) EMISSION BY THERMAL DESORPTION AND GC-MS CHROMATOGRAPHY

#### Summary

Thermal desorption means a method of sample injection in form of vapors to gas chromatograph. Combined with mass detector it seems to be simple, fast and not expensive method of volatile compounds estimation in different materials e.g. building products. Several dozen of building products and equipment were tested. Some case studies and characteristic properties of testing procedure were described briefly.

*Praca wpłynęła do Redakcji 13 II 2013 r.*