

Krzysztof Markiewicz

Cela diamentowa – możliwości aplikacyjne w kryminalistycznej analizie mikrośladów

W polskiej literaturze kryminalistycznej jako mikroślady określa się drobne cząstki materii, które ze względu na swoje rozmiary wymagają stosowania specyficznych metod ujawniania, pobierania i zabezpieczania. O możliwości ich zauważenia i wykrycia decyduje współczesna wiedza, doświadczenie technika (eksperta) oraz dostęp do właściwych narzędzi [1]. Kompleksowa analiza mikrośladu kryminalistycznego determinowana jest jego ilością, co promuje niedestrukcyjne techniki pomiarowe. Właściwe opracowanie sposobu przygotowania próbki oraz przemyślany dobór metody analitycznej wraz z odpowiednimi technikami pomiarowymi stanowią klucz do precyzyjnego sformułowania końcowych wniosków na użytek organu procesowego rozpatrującego daną sprawę. Jedną z wiodących metod w jakościowej analizie mikrośladów (np. włókien czy odprysków tworzyw sztucznych) jest fourierowska spektroskopia w podczerwieni (w skrócie FTIR, od ang. *Fourier Transformation Infrared*). W Biurze Badań Kryminalistycznych Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego pomiar w zakresie promieniowania podczerwonego jest dokonywany przede wszystkim przy wykorzystaniu techniki refleksyjnej i transmisyjnej, w oparciu o mikroskop zaopatrzony w obiektywy ATR (od ang. *Attenuated Total Reflectance* – osłabione całkowite odbicie) i GIR (od ang. *Grazing Angle*) oraz przystawki, w tym m.in. w celę diamentową.

Spektroskopia w podczerwieni

Promieniowanie podczerwone (podczerwień, z ang. *Infrared* – IR) to promieniowanie elektromagnetyczne o długości fal pomiędzy światłem widzialnym, a falami radiowymi. Jest to zakres długości fali od 0,7 μm do 1000 μm . W obrębie tego obszaru spektralnego promieniowanie podczerwone można podzielić na następujące zakresy [2]:

- bliską podczerwień (ang. *near infrared* – NIR) od 0,7 μm do 5 μm ,
- średnią podczerwień (ang. *mid infrared* – MIR) od 5 μm do 30 μm ,
- daleką podczerwień (ang. *far infrared* – FIR) od 30 μm do 1000 μm .

Wynik pomiaru otrzymuje się w postaci widm¹. Widma w pracowni IR wykonywane są w zakresie od 2,5 μm do 16,7 μm (od 4000 cm^{-1} do 600 cm^{-1}), ponieważ zakres ten, zwany *fingerprint region*², dostarcza cennych informacji dotyczących różnych grup funkcyjnych występujących w badanej próbce. Spektroskopia IR, wykorzystując matematyczne przekształcenie całki Fouriera z interferogramu [2], stała się szybką i precyzyjną techniką pomiarową, która badając fizyczne własności materii, interpretuje otrzymane wyniki w powiązaniu z budową chemiczną tej materii [3 i 4].

¹ Widmo w podczerwieni to wykres intensywności (absorpcji lub procentu transmisji) w funkcji położenia (liczby falowej). Liczba falowa (ν) równa się odwrotności długości fali (λ jest wyrażana w cm^{-1}).

² Tj. rejon odcisku palca – obszar, gdzie każdy związek organiczny ma własną niepowtarzalną absorpcję.

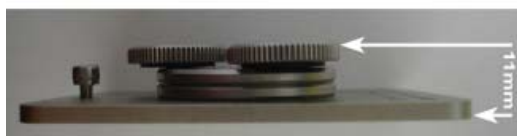
Aparatura

W Biurze Badań Kryminalistycznych ABW badania z użyciem celi diamentowej wykonuje się, wykorzystując spektrometr podczerwieni VERTEX 70 i mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker Polska. Analizy mikrośladów przeprowadzono, używając celi diamentowej wyprodukowanej przez *Sumitomo Electric Hardmetal Corp.* (fot. 1, 2 i 3), która została skonstruowana w celu ułatwienia preparatyki próbek i pomiarów wykonywanych za pomocą mikroskopu FTIR. Mimo, iż cewa diamentowa została zaprojektowana do badań FTIR, to z powodzeniem może być używana w pomiarach wykorzystujących inne metody spektroskopowe, np.: w spektroskopii korelacji fluorescencji (FCS) [5], transmisyjnej spektroskopii elektronowej (TES) [6] czy spektroskopii ramanowskiej [7].

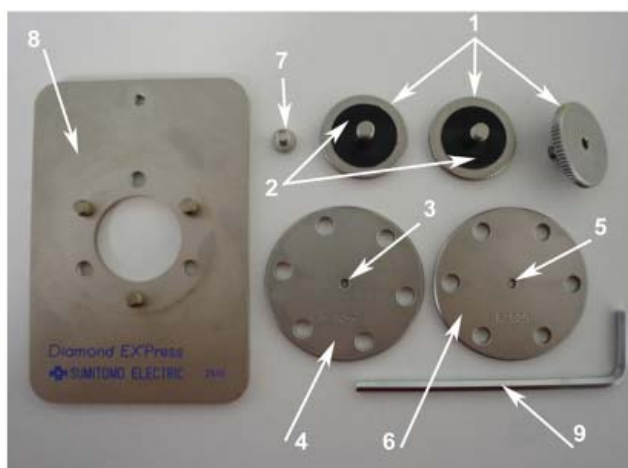
Cewa diamentowa składa się z dwóch wysokiej jakości syntetycznych diamentów typu 2a (o bardzo niskiej procentowej zawartości azotu), umieszczonych w metalowych okienkach. Każde z nich ma średnicę 1mm. Okienka są umiejscowione tak, że 0,85 mm wysokości diamentu znajduje się w uchwycie, a 0,15 mm wystaje poza uchwyt. Cewa została skonstruowana w taki sposób, aby zapewnić jak największą powierzchnię roboczą przy jak największej aperturze³. Trzy śruby dociskowe (radełkowane lub skrzydełkowe) zapewniają równomierny rozkład sił ściskających poprzecznie do powierzchni diamentów. Cewa posiada również minimalny przekrój poprzeczny, dzięki czemu znajduje zastosowanie przy najmniejszych odległościach roboczych mikroskopu.



Fot. 1. Cewa diamentowa firmy Sumitomo Electric Hardmetal Corp. – widok z przodu.



Fot. 2. Cewa diamentowa – widok z boku.



Fot. 3. Cella diamentowa – części składowe: 1 – śruby dociskowe (radelkowane), 2 – podkładki pod śruby, 3 – diament A, 4 – oprawa A, 5 – diament B, 6 – oprawa B, 7 – śruba stopująca, 8 – metalowa płytką (podstawka), 9 – klucz heksagonalny.

Cella diamentowa wykorzystuje wysokiej czystości syntetyczne kryształy diamentowe o średnicach 1 mm i aperturze 1,6 mm. Umożliwia wykonanie pomiaru w transmisji przy szerokim paśmie spektralnym – od zakresu ultrafioletu po zakres dalekiej podczerwieni. Zaprojektowano ją z myślą o preparatyce próbek do badań metodą spektroskopii w podczerwieni, a wykorzystując mikroskop IR może być z powodzeniem stosowana do identyfikacji chemicznej bardzo małych próbek. Włókna, ślady farby, tworzywa gumowe i sztuczne są tym rodzajem próbek, które szczególnie dobrze analizuje się za pomocą celi diamentowej. Zazwyczaj próbki te stwarzają trudności (zwłaszcza przy pomiarach opartych na transmisji), głównie ze względu na grubość warstwy, znaczną absorpcję czy rozproszenie promieniowania padającego na nieregularne kształty. Ciśnienie powstające między powierzchnią diamentów „spłaszcza” próbkę, co z kolei eliminuje wysycenie detekcji. Co więcej, proces formowania cienkiej warstwy (owo „spłaszczenie”) zapewnia maksymalną wydajność pracy detektora.

Cella używana w BBK ABW może pracować w przedziale temperaturowym od -190°C do 100°C . Co więcej, znajduje zastosowanie do pomiarów wykorzystujących obiektywy pracujące przy odległościach tak małych, jak np. 6 mm. Zazwyczaj używanie śrub dociskowych wystarcza do uzyskaniażądanego ciśnienia. Jednakże, gdy zachodzi potrzeba dodatkowego skręcenia metalowych oprawek, można posłużyć się kluczem heksagonalnym dołączonym do zestawu.

³ Apertura to efektywna średnica otworu instrumentu optycznego, przez który wpada światło, lub też soczewki albo lustro zapoczątkowującego dany układ optyczny, mierzona jako rozwartość układu, czyli jako kąt pomiędzy promieniami świetlnymi wpadającymi do układu z najbardziej odmiennych kierunków [13]. Apertura wzrasta ze średnicą układu, a maleje z jego długością. Im większa apertura układu, tym czulszy instrument.

Eksperyment i jego rezultaty

Celę diamentową wykorzystuje się do analizy mikrośladów, które, jak wykazuje praktyka, coraz częściej są przedmiotem badań kryminalistycznych. Dzieje się tak m.in. dlatego, że sprawca nie zwraca uwagi na ich obecność, a często nawet nie jest w stanie ich usunąć [11]. Do mikrośladów można zaliczyć te spośród śladów kryminalistycznych, które ze względu na swoje małe wymiary, albo inne szczególne własności są, bez odpowiednich instrumentów obserwacyjnych, niedostrzegalne albo słabo dostrzegalne przez człowieka [12]. W niniejszym artykule skupiono się na kilku wybranych rodzajach mikrośladów, takich jak włosy, włókna, tworzywa sztuczne, farby i tworzywa gumowe.

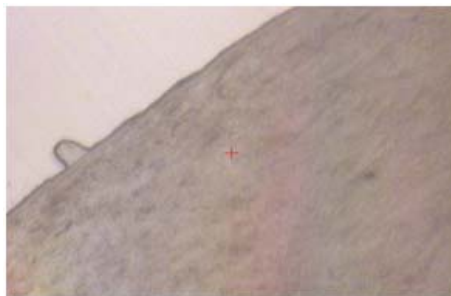
Włosy

Kryminalistyczne badanie włosów ma na celu przede wszystkim ich identyfikację, bowiem nawet u jednej osoby spotyka się często włosy różniące się co do grubości, zabarwienia czy zachowania się rdzenia. Stąd też można mówić o podobieństwie włosów, a nie ich tożsamości [11].

Włosy są to gładkie, nitkowate włókna, które powstają z komórek naskórka. O ile trzon włosa zbudowany jest z martwych komórek, o tyle jego wnętrze wypełnione jest bogatym w siarkę białkiem, zwanym keratyną. Poza tym, włos zawiera glikogen i białka bogate w aminokwas zwany cytruliną [1]. Fotografia 4 i 5 przedstawiają odpowiednio fragment powierzchni włosa ludzkiego widziany pod mikroskopem i w celi diamentowej.

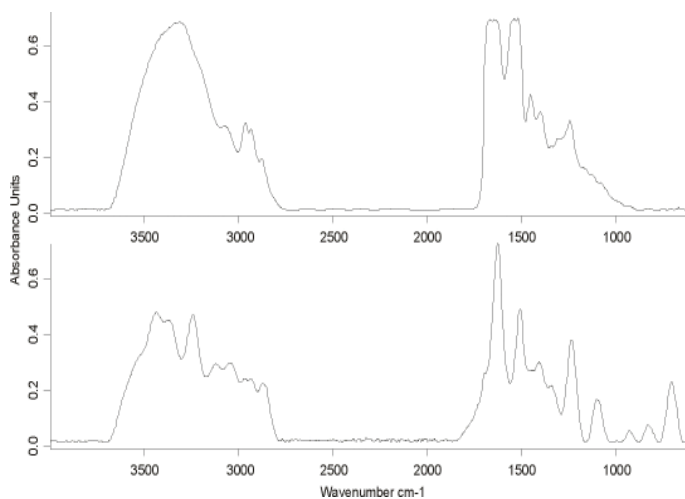


Fot. 4. Fragment powierzchni włosa ludzkiego widziany pod mikroskopem w 200-krotnym powiększeniu w świetle widzialnym. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.

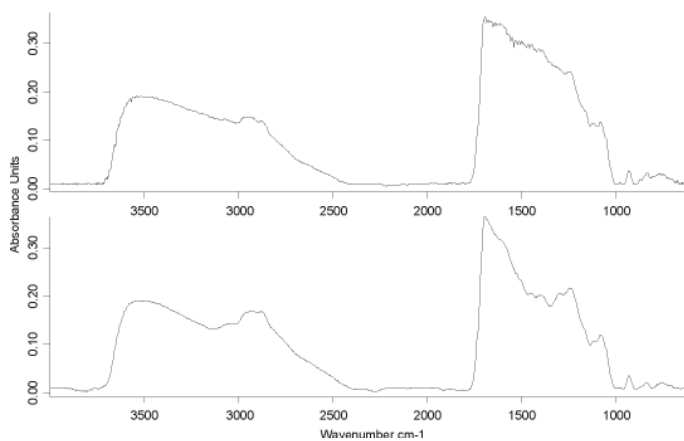


Fot. 5. Fragment powierzchni włosa ludzkiego widziany pod mikroskopem w 200-krotnym powiększeniu, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruke.

W celi diamentowej kolejno umieszczono mikroślady w postaci dwóch fragmentów czarnych włosów, z czego jeden poddany był procesowi farbowania (zawierał kryjącą substancję barwiącą – pigment [13]). Eksperyment miał na celu wykrycie różnic w budowie chemicznej pomiędzy próbkami i potwierdzenie lub wykluczenie podobieństwa. Wyniki przedstawiono poniżej na rysunku 1. Celi diamentowej użyto z uwagi na fakt, iż widma włosów zarejestrowane przy użyciu trybu refleksyjnego nie nadają się do celów porównawczych (rys. 2).

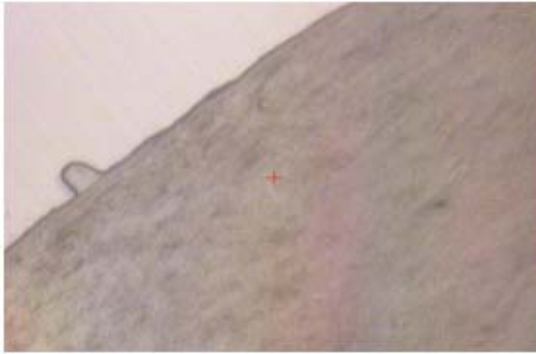


Rys. 1. Widma absorpcyjne FTIR próbek włosów ludzkich uzyskanych w celi diamentowej, gdzie: góra – to widmo włosa naturalnego, dół – widmo włosa farbowanego.

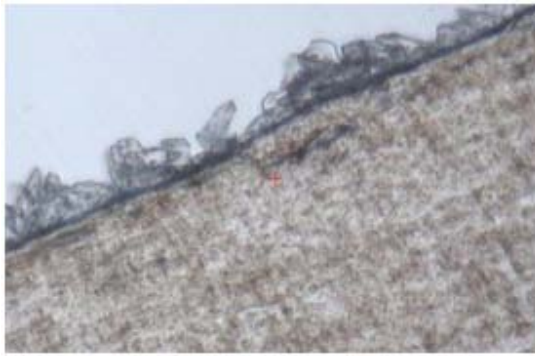


Rys. 2. Widma absorpcyjne FTIR próbek włosów ludzkich uzyskanych refleksyjnie, gdzie: góra – to widmo włosa naturalnego, dół – widmo włosa farbowanego.

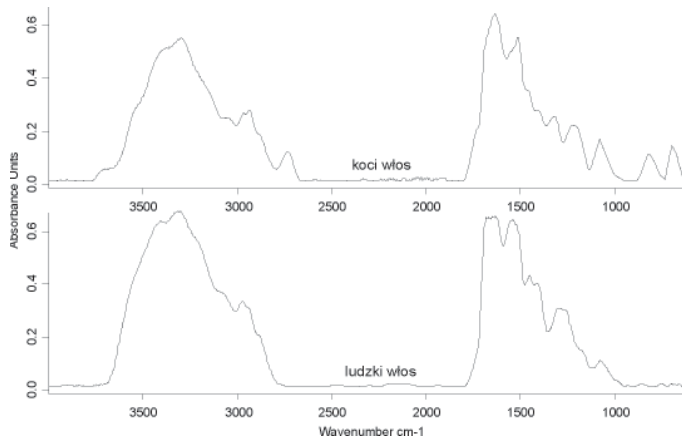
Podobne badania wykonano, porównując mikroślady w postaci dwóch czarnych włosów pochodzenia ludzkiego i zwierzęcego. Okazuje się, że przy 200-krotnym powiększeniu obraz mikroskopowy obydwu włosów umieszczonych pomiędzy diamentami celi różni się teksturą (fot. 6 i 7). Co więcej, sygnały spektralne w postaci widm zarejestrowane dla badanych próbek również wykazują rozbieżności względem siebie (rys. 3).



Fot. 6. Fragment powierzchni włosa ludzkiego widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.



Fot. 7. Fragment powierzchni kocij sierści widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.



Rys. 3. Widma absorpcyjne FTIR próbek włosa zwierzęcego i ludzkiego w celi diamentowej.

Włókna

Możliwości wykorzystania włókien, a także ich wartości dowodowej, są w praktyce kryminalistycznej często niedoceniane. Jest to niesłuszne, bowiem niewidoczne gołym okiem włókna (szczególnie syntetyczne), nie ulegają zniszczeniu nawet w przypadku zacierania śladów przez sprawcę, gdyż często nie zdaje on sobie sprawy z ich pozostawienia na miejscu przestępstwa lub na ofierze [11]. Dzięki zastosowaniu celi diamentowej otwierają się nowe perspektywy w dziedzinie analitycznego badania włókien.

Włókno jest podstawową jednostką struktury wielu materiałów, która charakteryzuje się znaczną długością i niewielkim przekrojem. Zwykle przyjmuje się, że włóknem jest struktura, której długość jest minimum 100 razy większa od jej przekroju [13]. Włókna generalnie dzieli się na naturalne, tj. pochodzenia roślinnego (np. len, bawełna) i zwierzęcego (np. jedwab, wełna), mineralne (np. azbest) oraz syntetyczne (np. szklane, poliestrowe, aramidowe, nylonowe).

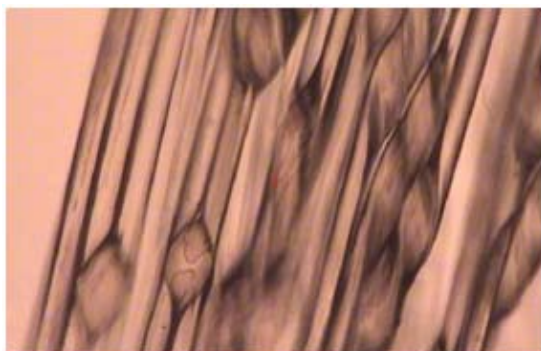
Badanie FTIR włókien syntetycznych w celi diamentowej miało na celu sprawdzenie, czy możliwe jest uzyskanie widm, na podstawie których jednoznacznie można określić grupy funkcyjne obecne w badanej próbce. Innymi słowy, czy możliwa jest pełna identyfikacja chemiczna związku. Jako przykład włókna syntetycznego wybrano kevlar – polimer z grupy poliamidów aromatycznych, a dokładniej aramidów, z którego przedzie się włókna sztuczne o bardzo wysokiej odporności mechanicznej na rozciąganie (fot. 10). Inny powód, dla którego wybrano ten materiał, jest taki, że nie rozpuszcza się on w rozpuszczalnikach organicznych stosowanych w klasycznej preparatyce FTIR. Stąd też pomysł użycia celi diamentowej. Co więcej, nie jest możliwe zbadanie za pomocą spektroskopii w podczerwieni (przy wykorzystaniu techniki refleksyjnej i transmisyjnej) włókien tak cienkich i podatnych na ruchy powietrza.



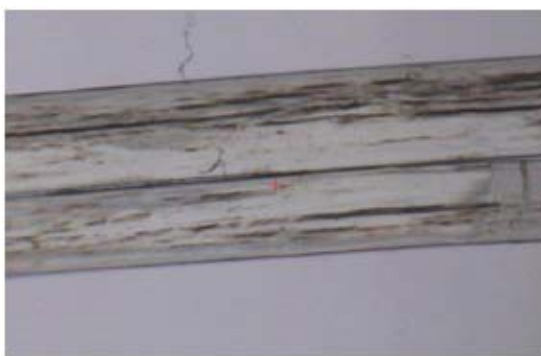
Fot. 8. Fragment splecionych włókien kevlaru.

Widmo w podczerwieni uzyskane w celi diamentowej dla kevlaru (rys. 4) w pełni koreluje z wzorem strukturalnym, a tym samym ze składem chemicznym analizowanej próbki, czego dowodzi interpretacja głównych pasm.

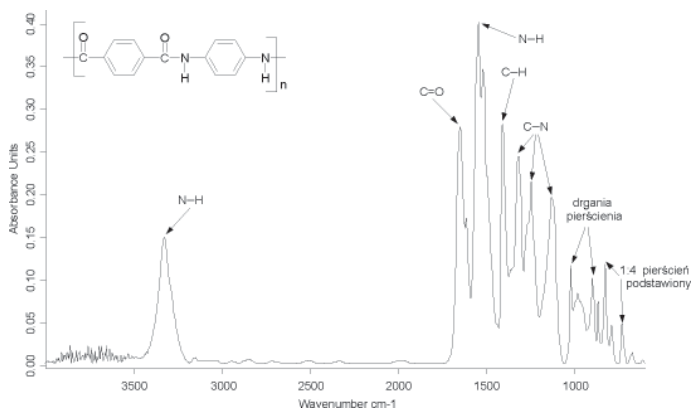
Zadowolające rezultaty otrzymane dla włókien syntetycznych podsunęły pomysł zbadania dwóch fragmentów przędzy koloru białego (fot. 11). Przędza jest wyrobem włókienniczym (dowolnie długą nitką) o strukturze walcowatej, powstającym przez skręcenie pasma włókien naturalnych lub syntetycznych w procesie przędzenia. Stano-



Fot. 9. Fragment splecionych włókien kevlaru widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.

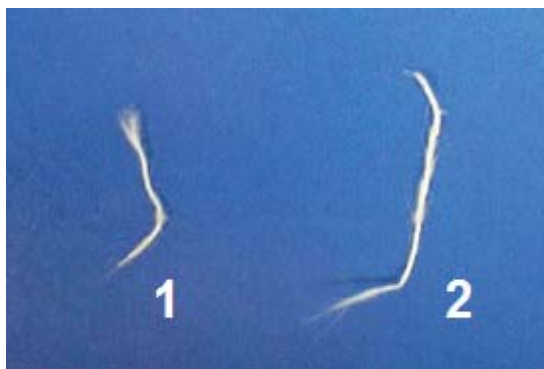


Fot. 10. Fragment pojedynczego włókna kevlaru widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.

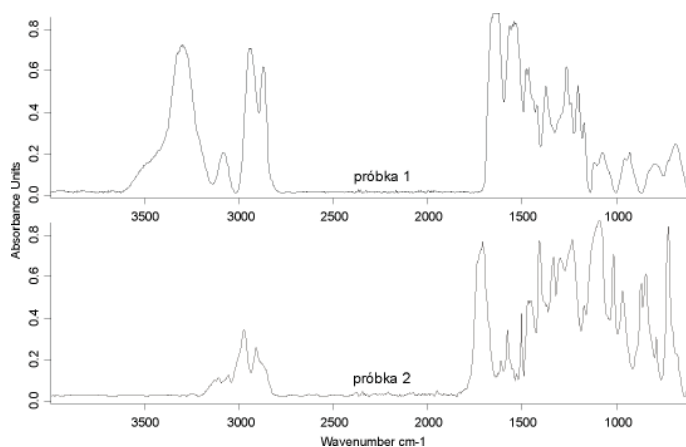


Rys. 4. Widmo absorpcyjne FTIR zarejestrowane dla pojedynczego włókna kevlaru wewnątrz celi diamentowej wraz ze wzorem strukturalnym związku.

wi surowiec do produkcji między innymi nici, lin, a także dzianin, tkanin i plecionek [13]. Nitka oznaczona numerem 1 wykorzystywana jest do tkania, zaś numerem 2 – do szycia. Eksperyment, poprzez analizę porównawczą otrzymanych widm, miał na celu zbadanie różnic w budowie chemicznej obiektów dostarczonych do badań. Nitka przeznaczona do szycia (nr 2), oprócz standardowych procesów przygotowania przędzy, wymaga nieco więcej modyfikacji (w tym np. opalania i klejenia włókienek) [14]. Uwidocznione to zostało na widmie FTIR chociażby w większej liczbie zarejestrowanych pików (rys. 5).



Fot. 11. Fragmenty dwu nici koloru białego.

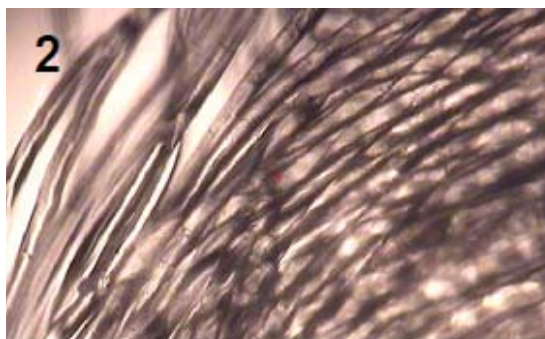


Rys. 5. Widma absorpcyjne FTIR uzyskane w celi diamentowej dla próbek nr 1 i nr 2.

Również obrazy uzyskane z mikroskopu FTIR poświadczają różnice w morfologii badanych próbek (fot. 12 i 13).



Fot. 12. Fragment białej nitki (do tkania) widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.

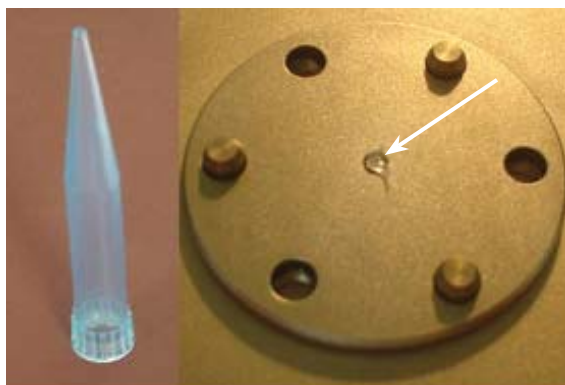


Fot. 13. Fragment białej nitki (do szycia) widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwieni HYPERION 2000 firmy Bruker.

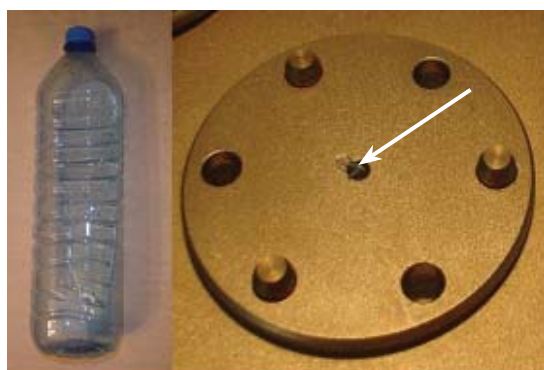
Tworzywa sztuczne

Mikroślady w postaci tworzyw sztucznych (fragmentów lub odprysków) charakteryzują się względną trwałością, głównie ze względu na właściwości materiałów, jakie posłużyły do ich produkcji.

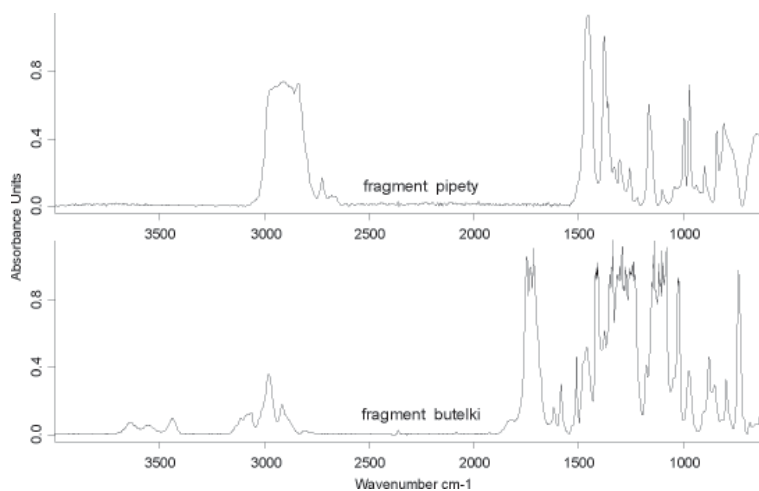
Do tworzyw sztucznych zaliczamy masy plastyczne (duromery, plastomery, elastomery), których zasadniczym składnikiem są syntetyczne lub naturalne związki wielkocząsteczkowe (polimery) z dodatkiem: napelnaczy, zmiękcaczy, stabilizatorów czy barwników [13 i 15]. Ponieważ wszystkie te dodatki zaznaczają swoją obecność na widmie w podczerwieni, w przypadku tworzyw sztucznych analiza FTIR w celi diamentowej ma charakter porównawczy. Do eksperymentu wykorzystano dwa odpryski tworzywa sztucznego koloru jasnoniebieskiego (zdz. 14 i 15). Mimo, iż obydwie są na bazie polipropylenu, to różnią się składem dodatków (fragment pochodzący z butelki zawiera chociażby więcej substancji zmiękcających), co widoczne jest na uzyskanym widmie (rys. 6).



Fot. 14. Odprysk niebieskiego tworzywa sztucznego, pochodzącego z jednorazowej końcówki do pipety.



Fot. 15. Odprysk niebieskiego tworzywa sztucznego, pochodzącego z butelki po wodzie mineralnej.

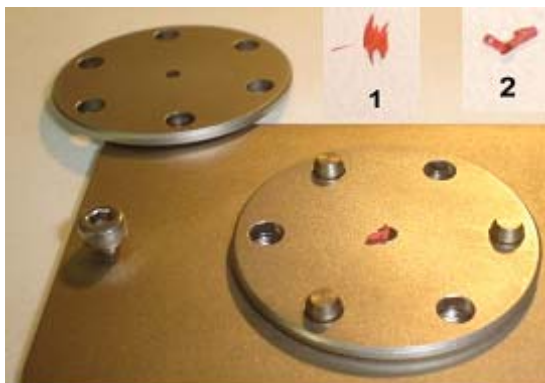


Rys. 6. Widma absorpcyjne FTIR uzyskane z celi diamentowej dla próbek tworzywa sztucznego.

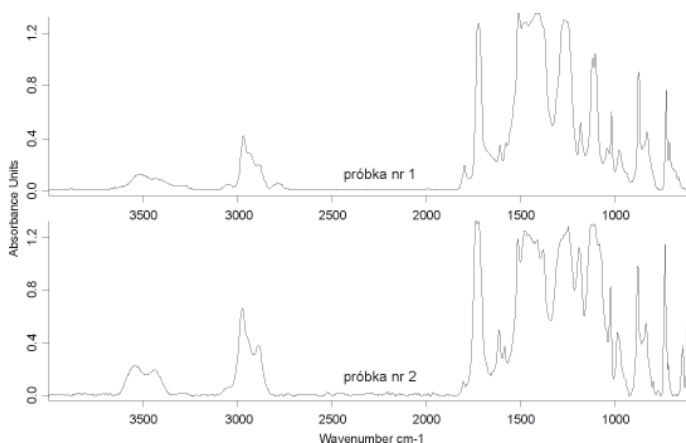
Farby

Ekspert kryminalistyki z zakresu badań fizykochemicznych podczas analizy fragmentów (odprysków) farb skupia się głównie na trzech zagadnieniach: zabarwieniu, składzie chemicznym oraz uwarstwieniu (dotyczy głównie lakierów samochodowych). W przypadku pomiarów farb, przeprowadzanych w celi diamentowej metodą FTIR, badano stopień podobieństwa składu chemicznego do materiału porównawczego.

Farbą jest powłokotwórczy materiał kryjący, stanowiący jednolitą zawiesinę pigmentów wraz z wypełniaczami, którą najczęściej klasyfikuje się według rodzaju jej spoiwa (np. farba olejna, celulozowa, wapienna, krzemianowa, klejowa czy kazeinowa) [13]. Podstawową różnicą pomiędzy farbą a lakierem jest niewielkie stężenie pigmentów w lakierach lub całkowity ich brak oraz często ich mniejsza lepkość. Fotografia 18 przedstawia dwa odpryski farby koloru czerwonego, pobrane na miejscu zdarzenia. W wyniku ich analizy spektroskopowej w podczerwieni z wykorzystaniem celi diamentowej dowiedziono jednoznacznie, że fragmenty farb (mimo iż są na bazie tego samego barwnika), pochodzą z dwóch różnych obiektów (dwa piki w zakresie $650 \div 600 \text{ cm}^{-1}$ na widmie próbki nr 2 – rys. 7).



Fot. 16. Badane odpryski farby koloru czerwonego, pochodzące z powierzchni gaśnicy przeciwpożarowej (1) i skrzynki na narzędzia (2).



Rys. 7. Widma absorpcyjne FTIR w celi diamentowej uzyskane dla próbek czerwonej farby.

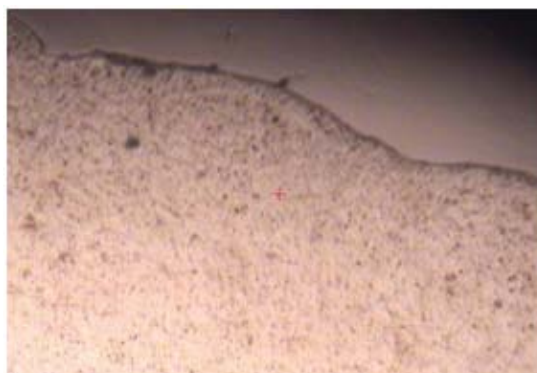
Tworzywa gumowe

Analiza FTIR tworzywa gumowego miała na celu zbadanie składu chemicznego, poprzez zestawienie otrzymanych widm z bazą danych widm FTIR (analiza porównawcza). Z uwagi na fakt, iż w skład wyrobów gumowych (będących produktem wulkanizacji kauczuku naturalnego lub syntetycznego) wchodzi dodatkowe, inne substancje, jak chociażby aktywatory, przyspieszacze i wypełniacze [13], nie można w omawianym przypadku określić rodzaju składników zmieszanych z kauczukiem. Użycie celi diamentowej podyktowane zostało ilością próbki. Zastanawiano się, czy obiekty, których masa wyrażona jest w mikrogramach (milionowe części grama), są w stanie, po umieszczeniu ich w celi, dać diagnostycznie dobre widma. Co więcej, ciśnienie uzyskane w wyniku skrócenia celi pozwala osiągnąć równomierny rozkład sił ściskających, działających prostopadle do powierzchni próbki, co pozwala na wydajniejszą pracę detektora.

Obraz mikroskopowy sprasowanego fragmentu tworzywa gumowego umieszczonego w celi diamentowej (biały punkt na fot. 17) przedstawia fotografia 18.

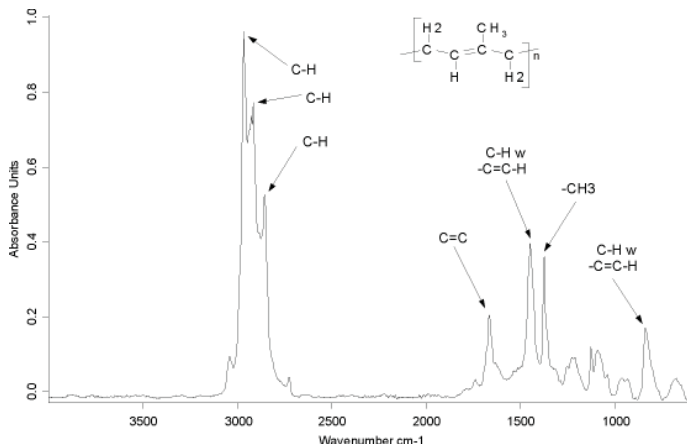


Fot. 17. Badany fragment tworzywa gumowego pochodzący z rękawiczki lateksowej, stu-procentowo bezpydrowej.



Fot. 18. Fragment tworzywa gumowego pochodzący z rękawiczki lateksowej bezpydrowej widziany pod mikroskopem w powiększeniu 200-krotnym, w świetle widzialnym w celi diamentowej. Zdjęcie wykonane aparatem fotograficznym wbudowanym w mikroskop podczerwi HYPERRION 2000 firmy Bruker.

Po zarejestrowaniu sygnału analitycznego w postaci widma IR próbki, zostało ono skorelowane z bazą danych FTIR i zidentyfikowane jako próbka lateksu. Uzyskane widmo (rys. 8) okazało się na tyle dobrze wykształcone, że możliwe było przypisanie poszczególnym pikom ich odpowiednika w postaci drgań wibracyjnych określonych grup funkcyjnych.



Rys. 8. Widmo absorpcyjne FTIR uzyskane w celi diamentowej dla próbki lateksu pochodzącego z rękawiczki bezpudrowej wraz ze wzorem strukturalnym związku.

Podsumowanie

Praktyka kryminalistyczna jednoznacznie wskazuje, iż każde zdarzenie pozostawia po sobie różnej wielkości ślady. Nie zawsze jednak dysponujemy specjalnymi narzędziami niezbędnymi do ich ujawniania, a następnie – analizowania. Omówiona w tej pracy cewa diamentowa jest alternatywą dla badań mikrośladów przy wykorzystaniu spektrometru i mikroskopu w podczerwieni. O jej wartościach decydują głównie:

- nieniszczący sposób analizy chemicznej,
- szeroki zakres próbek, które mogą być badane z jej pomocą,
- możliwość pracy w szerokim przedziale temperaturowym (-190°C ÷ 100°C) [16],
- użycie mikrogramowych ilości materiału przeznaczonego do badań,
- możliwość swobodnego przenoszenia i transportowania mikroskopijnych obiektów (wewnątrz celi),
- brak konieczności używania rozpuszczalników organicznych na etapie przygotowania próbki,
- zastosowanie diamentów jako „kowadeł”, których niezwykła odporność mechaniczna idzie w parze z transparentnością dla promieniowania podczerwonego.

Literatura:

1. Boehler R., *Diamond cells and new materials*, „Materials Today” November 2005, nr 8.
2. Champagnon B., Martinet C., Boudeulle M., Vouagner D., Coussa C., Deschamps T., Grosvalet L., *High pressure elastic and plastic deformations of silica: In situ diamond anvil cell Raman experiments* [online], http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TXM-4R1FJ65-6&_user=10&_coverDate=01%2F15%2F2008&_alid=890030874&_rdoc=104&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5594&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=905&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=9d4847f252e0b37730b43d5231db1585-implicit0#implicit0; „Journal of Non-Crystalline Solids” 2008, nr 354.
3. Hołyst B., *Kryminalistyka*, Warszawa 2007, LexisNexisS.
4. Kędzierski W., *Uwag kilka o pojęciu mikrośladów*, w: *Doctrina multiplet veritas una. Księga Jubileuszowa ofiarowana Profesorowi Mariuszowi Kulickiemu, Twórcy Katedry Kryminalistyki*, red. A. Bulsiewicz, A. Marek, V. Kwiatkowska-Darul, Toruń 2004, Uniwersytet Mikołaja Kopernika.
5. *Leksykon naukowo-techniczny*, red. techn. W. Szczypiorski, Warszawa 1984, WNT.
6. Materiały informacyjne *Sumitomo Electric Hardmetal Corp.* wraz z całą diamentową.
7. Piotrowski G., *Podstawy fourierowskiej spektrofotometrii w podczerwieni*, „Problemy Kryminalistyki” 1995, nr 210.
8. Russell J., *The Revealing Role of Pressure in the Condensed Matter Sciences*, „Physics Today” 51, 1998.
9. Sikora R., *Tworzywa wielkocząsteczkowe. Rodzaje i własności*, Warszawa 1982, WNT.
10. Smith Jr. R.L., Zhen Fang, *Techniques, applications and future prospects of diamond anvil cells for studying supercritical water systems*, „The Journal of Supercritical Fluids” 2009, nr 47.
11. Solozhenko V.L., Gregoryanz E., *Synthesis of superhard materials*, „Materials Today” November 2005, nr 8.
12. Szymański H.A., Keiser W.E., Alpert N.L., *Spektroskopia w podczerwieni*, Warszawa 1980, PWN.
13. *Ślady kryminalistyczne – ujawnianie, zabezpieczanie, wykorzystanie*, red. nauk. M. Goc, J. Moszczyński, Warszawa 2007, DIFIN.
14. *Technologia chemiczna organiczna*, tom 1, red. S. Malinowski, T. Urbański, T. Ślebodziński, Warszawa 1957, PWN.
15. Ying-Ju Chang, Wu-Liang Huang, *Simulation of the fluorescence evolution of “live” oils from kerogens in a diamond anvil cell: Application to inclusion oils in terms of maturity and source*, „Geochimica et Cosmochimica Acta” 2008, nr 72.
16. Zieliński W., Rajca A., *Metody spektroskopowe i ich zastosowanie do identyfikacji związków organicznych*, Warszawa 2000, WNT.

ABSTRACT

The article describes the potential benefits of using diamond anvil cell (DAC) in Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrometry, as applied to quality analysis of microtraces of paints, fibers, plastics, rubber and hair. The DAC devices, based upon the opposed-diamond configuration have recently attracted attention of researchers representing various scientific disciplines, due to the unique physical properties of diamonds, guarantying highest analytical precision. To evaluate applicability of DAC in a forensic laboratory, the author attempted a series of tests on common microtraces, using the IR microscope – HYPERION 2000 equipped with DAC. The obtained FTIR spectra suggest that the FTIR-DAC analysis may be an interesting alternative to more traditional approaches by forensic laboratories to microtrace analysis.